

# التأثيرات الصحية للهاتف الجوال وأبراجه وبعض الأجهزة الإلكترونية

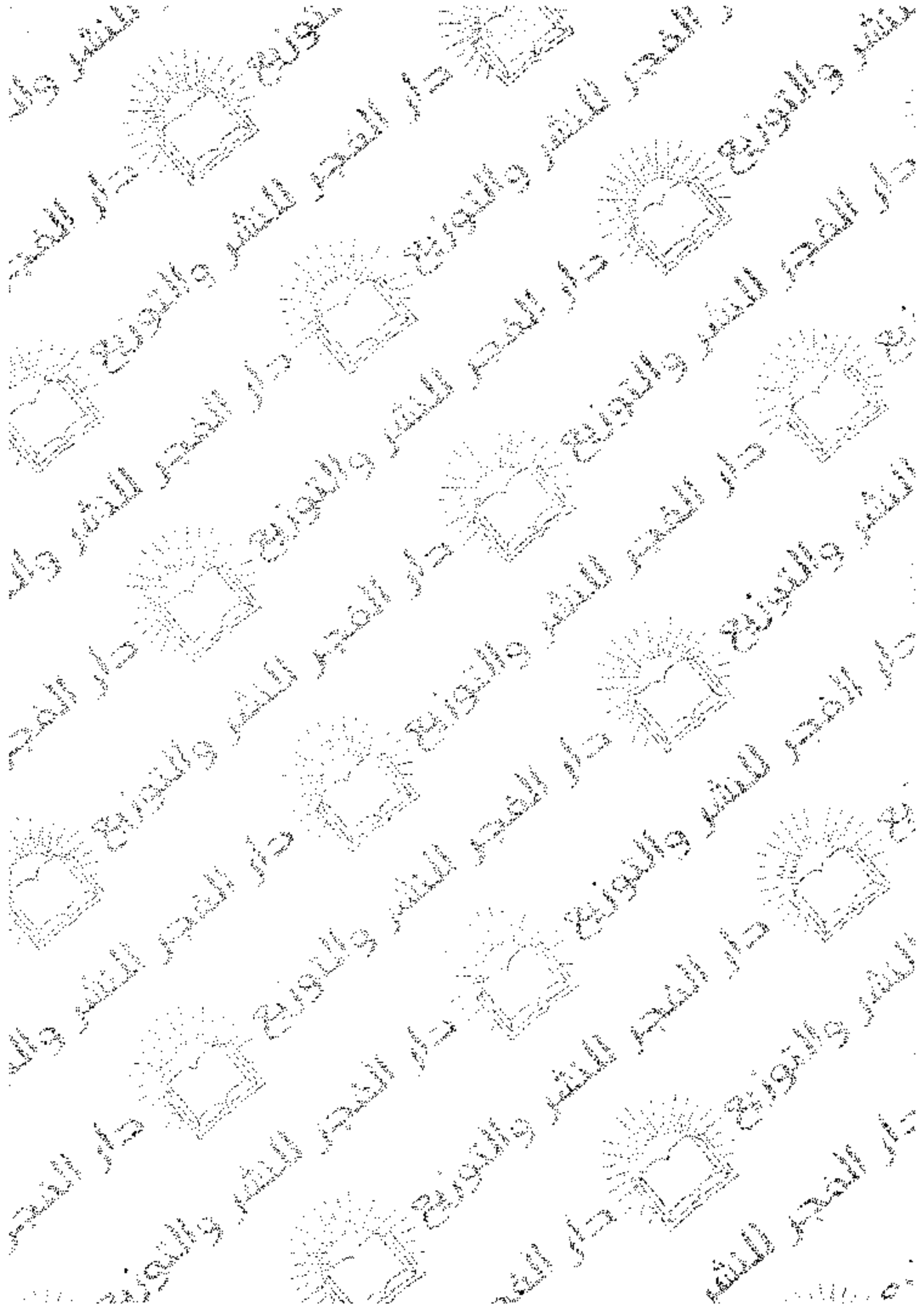
أ.د. عذاب طاهر الكناني  
خبيرة وقاية إشعاعية



دار الفجر للنشر والتوزيع









**التأثيرات الصحية للهاتف الجوال  
وأبراجه وبعض الأجهزة الإلكترونية**



# **التأثيرات الصحية للهاتف الجوال وأبراجه وبعض الأجهزة الالكترونية**

**تأليف**

**أ. د. عذاب طاهر الكناني**

**خبير وقاية إشعاعية**

**وزارة البيئة - دولة قطر**

**دار الفجر للنشر والتوزيع**

**2012**

# التأثيرات الصحية للهاتف الجوال وأبراجه وبعض الأجهزة الالكترونية

تأليف

أ. د. عذاب طاهر الكناني

خبير وقاية إشعاعية

وزارة البيئة - دولة قطر

رقم الإيداع 7921	حقوق النشر الطبعة الأولى 2012
الترقيم الدولي I.S.B.N. 978-977-358-250-5	جميع الحقوق محفوظة للناسر

دار الفجر للنشر والتوزيع

4 شارع هاشم الأشقر - النزهة الجديدة

القاهرة - مصر

تليفون : 26242520 - 26246252 ( 00202 )

فاكس : 26246265 (00202)

E-mail : daralfajr@yahoo.com

لا يجوز نشر أي جزء من الكتاب أو اختزان ماعنه بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي نحو أو بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو ميكانيكية أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة و مقدما



## الإهداء

الى ارواح احبتي اللذين فارقوني على حين غرة

والذي الرجل الحكيم الشجاع

والدتي الطيبة كطيبة ارض العراق

اختي الكبيرة فاطمة (ام يوسف) رمز الحب والايثار والدتي الثانية

اختي نورية (ام محمد) النبع الصافي للحنان

اهدي مؤلفي هذا متمنيا من

الله ان يرحمهما برحمته الواسعة



## المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	11
الفصل الأول: أساسيات الموجات الكهرومغناطيسية	15
1-1 المجال الكهربائي	16
1-2 الجهد الكهربائي $V$	18
1-3 المجال المغناطيسي: Magnetic field	20
1-4 القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي	26
1-5 العزم المؤثر على ملف يمر به تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي	30
1-6 الحث الكهرومغناطيسي	32
1-7 الموجة الكهرومغناطيسية	42
الفصل الثاني: الأدلة الإرشادية	49
2-1 التطور التاريخي لمعايير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية	50
2-2 آلية التواضع أو الاقتران بين المجالات والجسم	56
2-3 الأدلة الإرشادية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة	64
2-4 أسس الحد من التعرض	72
2-5 المستويات المرجعية reference levels للموجات الراديوية	84
2-6 المستويات المرجعية للتيارات الملامسة والمحتثة	95
2-7 المستويات المرجعية في تكنولوجيا الهواتف للجوال	97
الفصل الثالث: الهواتف	103
3-1 المقدمة	104
3-2 العوامل التي يعتمد عليها عمل الهوائي	105

3 - 3 أنواع الهوائيات	107
3 - 4 أنواع للهوائيات الاتجاهية.	116
3 - 5 أنواع منظومات الهوائيات	128
3 - 6 حدود الامتثال Compliance boundary أو منطقة الحظر	133
3 - 7 أنواع هوائيات شبكات الهاتف الجوال نسبة إلى اتجاه البث	134
3 - 8 إرسال الهوائيات للجوالة	138
<b>الفصل الرابع: المحطات الأرضية للهاتف الجوال</b>	141
4 - 1 المقدمة	142
4 - 2 الأبراج	143
4 - 3 المعدات	147
4 - 4 محطات استقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية للهوائيات الحرارية	151
4 - 5 الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية	170
4 - 6 الضوابط والمعايير الواجب إتباعها عند نصب المحطات الرئيسية والهوائيات	174
4 - 7 الإرسال من المحطات القاعدية	186
<b>الفصل الخامس: أجهزة قياس مكونات الموجات اللاسلكية</b>	191
5 - 1 المقدمه	192
5 - 2 خواص الموقع	192
5 - 3 الحسابات النظرية	198
5 - 4 القياسات العملية	201
5 - 5 طرق القياس	204
5 - 6 أنواع أجهزة القياس	207
<b>الفصل السادس: لجيل الهاتف الجوال</b>	217

1-6 المقدمة	218
2-6 الجيل الأول للهاتف الجوال G 1	226
3-6 الجيل الثاني للهاتف الجوال G 2	230
4-6 الجيل الثالث للهاتف الجوال G 3	243
5-6 الجيل الرابع للهاتف الجوال G 4	255
6-6 مكونات الهاتف الجوال	258
الفصل السابع: التأثيرات الصحية للهاتف الجوال	265
1 – 7 المقدمة	266
2 – 7 الدراسات والبحوث العلمية	274
3 – 7 التأثيرات غير الضارة	257
4 – 7 التأثيرات الحرارية Thermal Effects	276
5 – 7 التأثيرات غير الحرارية Non- Thermal Effects	281
6 – 7 السرطان	287
7 – 7 تأثيرات اخرى	294
الفصل الثامن: التأثيرات الصحية لأبراج الهاتف النقال	297
1 – 8 تقييم المخاطر Risk Assessment	298
2 – 8 إدارة المخاطر Risk Management	300
3 – 8 مبادئ الوقاية The Precautionary Principle	301
4 – 8 استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة	302
5 – 8 تأثير المحطات القاعدية على البيوت أو المدارس	307
6 – 8 استخدام الأطفال للهواتف الحرارية	308
7 – 8 استخدام الهاتف الجوال قريبا من المستشفيات	310
8 – 8 الدروع الواقية للحد من إشعاع الترددات اللاسلكية	310



312	8 - 9 الاجراءات الوقائية
321	8 - 10 الاحتياطات التي تقلل من التعرض لترددات للهاتف الجوال أو الهوائي
324	8 - 11 سلامة العمل في موقع المحطة الارضية أو الهوائي
327	تعليمات مقترحة للوقاية من الاشعاعات غير المؤينة
343	الفصل التاسع التأثيرات الصحية لبعض الاجهزة الالكترونية
344	9 - 1 الكمبيوتر وتأثيراته الصحية
345	9 - 2 مشاكل خصوبة الرجال
350	9 - 3 مشاكل العظام والعضلات
356	9 - 4 اجهاد العين
360	9 - 5 بطئ الدورة النموية
360	9 - 6 الامان على الانترنت
361	9 - 7 الاشعاع
362	9 - 8 المواصفات القياسية للحاسوب
369	9 - 9 جهاز مراقبة الطفل
376	9 - 10 التأثيرات الصحية لجهاز مراقبة للطفل
379	المصادر

## المقدمة

في عام 1890، ابتكر وطور ماركوني أول نظم للاتصالات الراديوية وبعد ذلك ازداد تطور معدات توليد ترددات القدرة ومجموعة الترددات الراديوية زيادة مطردة. ومنذ ذلك الحين استخدمت تكنولوجيا البث الإذاعي والتلفازي والاتصالات اللاسلكية والعديد من التقنيات الأخرى. وكان الهاتف الجوال الذي استخدم في بداية عام 1980، هو من أكثر التطبيقات الحديثة والناجحة لاختراع ماركوني. توصف الترددات الراديوية بأنها إشعاع غير مؤين، لأن طاقته أقل بكثير من ملي إلكترون فولط وهي طاقة غير كافية لتأين الذرات أو الجزيئات. الطاقة اللازمة لإزالة إلكترون من الذرة أو الجزيء هي بضع إلكترون فولت. فإذا كانت الطاقة أقل من 1 إلكترون فولط، فأنه من المستحيل أن يحدث التأين. الإشعاع ذات التردد العالي، مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية، لها طاقة أكبر من 1 إلكترون فولط، لذلك يمكنها بسهولة تأين الذرات والجزيئات، وتوليد بعض الأضرار البيولوجية في الأنسجة حتى في شدة منخفضة.

يمكن للترددات الكهرومغناطيسية ذات الترددات العالية أن تخترق أنسجة الجسم حسب قدرتها فتولد طاقة حرارية عادة ما يستطيع الجسم التعامل معها و تبديدها لأن الطاقة الصادرة من الهاتف الجوال منخفضة حيث يبلغ الحد الأقصى للهواتف الرقمية الجواله 0.25 واط. وقد تسببت زيادة موضعية في حرارة المنطقة الملامسة للجوال حسب مقدار التردد الذي يصدره الجوال.

يحتوي الكتاب في فصلة الأول أساسيات الموجات الكهرومغناطيسية وخواص المجال الكهربائي والمغناطيسي والحث المتبادل والذاتي ومكونات الطيف الكهرومغناطيسي وتطبيقاته المختلفة.

أما الفصل الثاني فيشمل الأدلة الإرشادية للتعرض الناتج من الإشعاع غير المؤين والذي أوصت به اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين. الغرض من المعايير تحديد حدود التعرض للموجات الكهرومغناطيسية ضمن الترددات التي

تتراوح بين أكثر من 3 هرتز إلى 300 جيجا هرتز حيث أن الأشخاص المعرضين دون المحددات الموضوعية سيكونون في حماية تامة من الآثار الضارة على الصحة.

الأدلة العلمية الحالية تدل بوضوح على أن هناك عتبة للآثار الضارة على الصحة من التعرض للترددات الراديوية منها التدفئة ، التحفيز الكهربائي، والتأثيرات على السمع. المحددات الأساسية لهذه المعايير ، مستمدة من هذه العتبات وتشمل على هوامش للسلامة.

وناقش الفصل الثالث مفهوم الهوائيات المرسلية والمستقبلة للموجات الكهرومغناطيسية والتي تحول الطاقة من شكل إلى آخر فهوائي الاستقبال يحول الطاقة الكهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو مغناطيسية. أما هوائي الإرسال فأنه يحول التغييرات في الطاقة الكهربائية أو المغناطيسية إلى طاقة كهرومغناطيسية.

الفصل الرابع يوضح المحطات الأرضية للهاتف الجوال والتي تتألف من عدد من المعدات منها الهوائي ، البرج الذي يكون بطول مناسب لكي يوفر التغطية الجيدة ، والمعدات الأخرى. وتقوم المحطات الأرضية بعملية بث واستقبال للموجات الراديوية . فعندما يتحدث شخص عبر الهاتف الجوال ، فيستلم التحدث إلى المحطة الأرضية ( الخلية ) القريبة من القاعدة. تنتقل المكالمات الهاتفية من تلك المحطة إلى المنظومة الأرضية .

أجهزة قياس شدة المجال الكهربائي  $E$  (V/m) شدة المجال المغناطيسي  $H$  (A/m). و الحدود المشتقة ، والتي تعطى بدلالة كثافة تدفق القدرة  $S$  ( $W/m^2$ ) .  
وانواع الأجهزة المحولة والشخصية موضحة في الفصل الخامس .

الفصل السادس وضح التطور التاريخي للهاتف الجوال منذ اختراع ماركوني للهاتف ثم للهواتف الاسلكية حتى عام 1980 بداية استخدام الجوال بالنظام التناظري حتى 1990 عند استبدال الأنظمة التناظرية بالتكنولوجيا الرقمية ، والتي

وفرت سعة أعلى ، جودة أفضل وخدمات جديدة. ثم العام 2000 والذي يستخدم نظام الجيل الثاني ( G2 ) للهاتف الجوال . ثم استخدم الجيل الثالث (G3) والذي قدم بيانات جديدة وخدمات جديدة متطورة .

الفصل السابع والثامن ناقش المعلومات المهمة عن تقييم المخاطر الصحية الناجمة عن التعرض لمجالات الموجات اللاسلكية من الهاتف الجوال ومحطاته الأرضية ومنها التأثيرات الحرارية وغير الحرارية. ولأن الحاسبات و الانترنت لها تأثيرات صحية تمت مناقشتها كذلك .

يمثل الكتاب معلومات مهمة وبمبسطة عن الهاتف الجوال والمحطات الأرضية وتأثيراتها الصحية حسب البحوث الأصلية لمجموعة من الباحثين ولم نتوخى التهويل لهذه المخاطر أو التقليل من شأنها ولكن البحوث تمت مناقشتها بعلمية وموضوعية واقترحنا إجراء مزيد من البحوث للوصول إلى قناعة راسخة بتلك التأثيرات. أمل أن أكون قد وفقت في مؤلفي هذا لخدمة الإنسان العربي أين ما كان.





## **الفصل الأول**

# **أساسيات الموجات الكهرومغناطيسية**

## 1-1 المجال الكهربائي:

هو المنطقة المحيطة بالجسم المشحون ويؤثر بقوة كهربائية عند دخول شحنة اختباريه ( شحنة موجبة مقدارها كولوم واحد ) في تلك المنطقة التي تظهر منحصرا القوة الكهربائية للشحنة.

شدة المجال الكهربائي  $E$ : هو مقدار القوة (  $F$  ) التي تؤثر فيها الشحنة على شحنة اختبار  $q$  موضوعه في مجال هذه الشحنة.

$$E = \frac{F \text{ Newton}}{q \text{ Coulomb}} \dots 1$$

ويمكن التعبير عن شدة المجال من قانون كولوم

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kq_1q}{r^2 q_1}$$

حيث أن  $k$  ثابت التناسب  $= 9 \times 10^9$  نيوتن.م<sup>2</sup>/كولوم<sup>2</sup>

$$E = \frac{kq}{r^2} \dots \dots \dots 2$$

أي أن لشدة المجال قانونان الأول من التعريف معادلة 1... ، والثاني من قانون كولوم معادلة 2.... ، يعتمد استخدام أي منهما على المعطيات في أي مسألة

رياضية. شدة المجال تقاس نيوتن/كولوم لان القوة الكهربائية وتقاس نيوتن ،  
ومقدار الشحنة الإخبارية وتقاس بالكولوم.

**خط المجال الكهربائي:** هو المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة  
عند وضعها في المجال.

مميزات خطوط المجال الكهربائي:

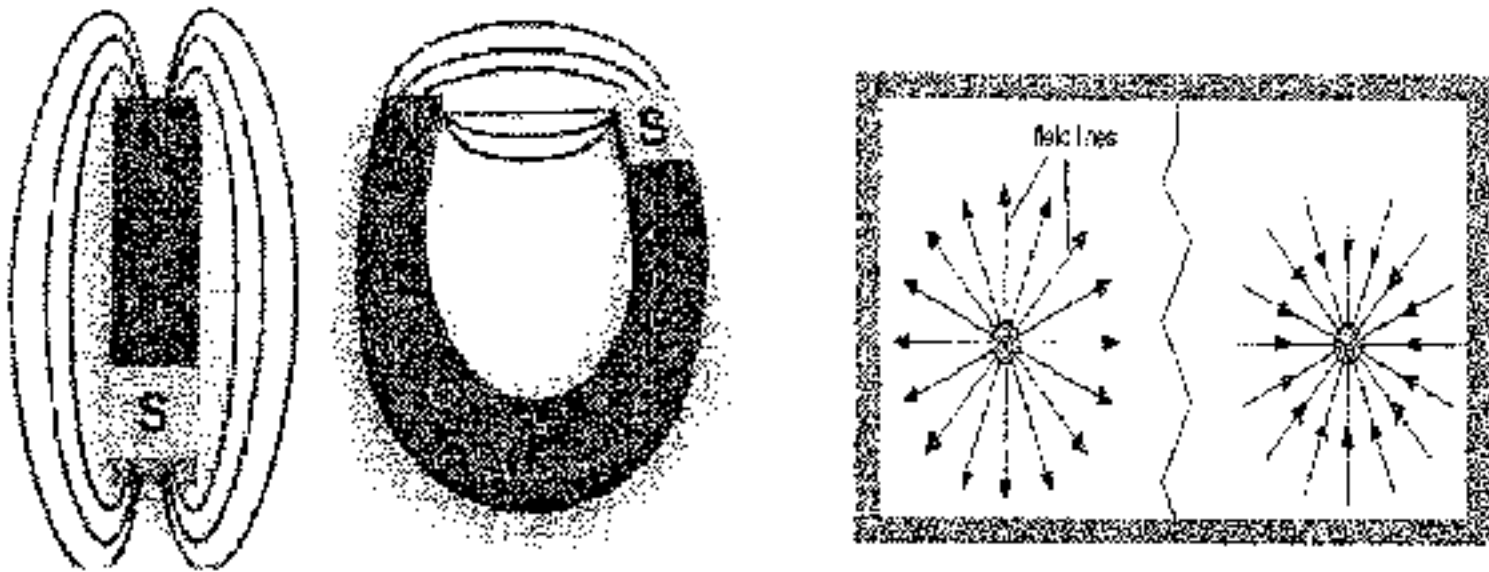
1 - تتبع خطوط المجال الكهربائي من الشحنة الموجبة بصورة عمودية على  
السطح وتنتهي عند الشحنة السالبة شكل ( 1-1 )

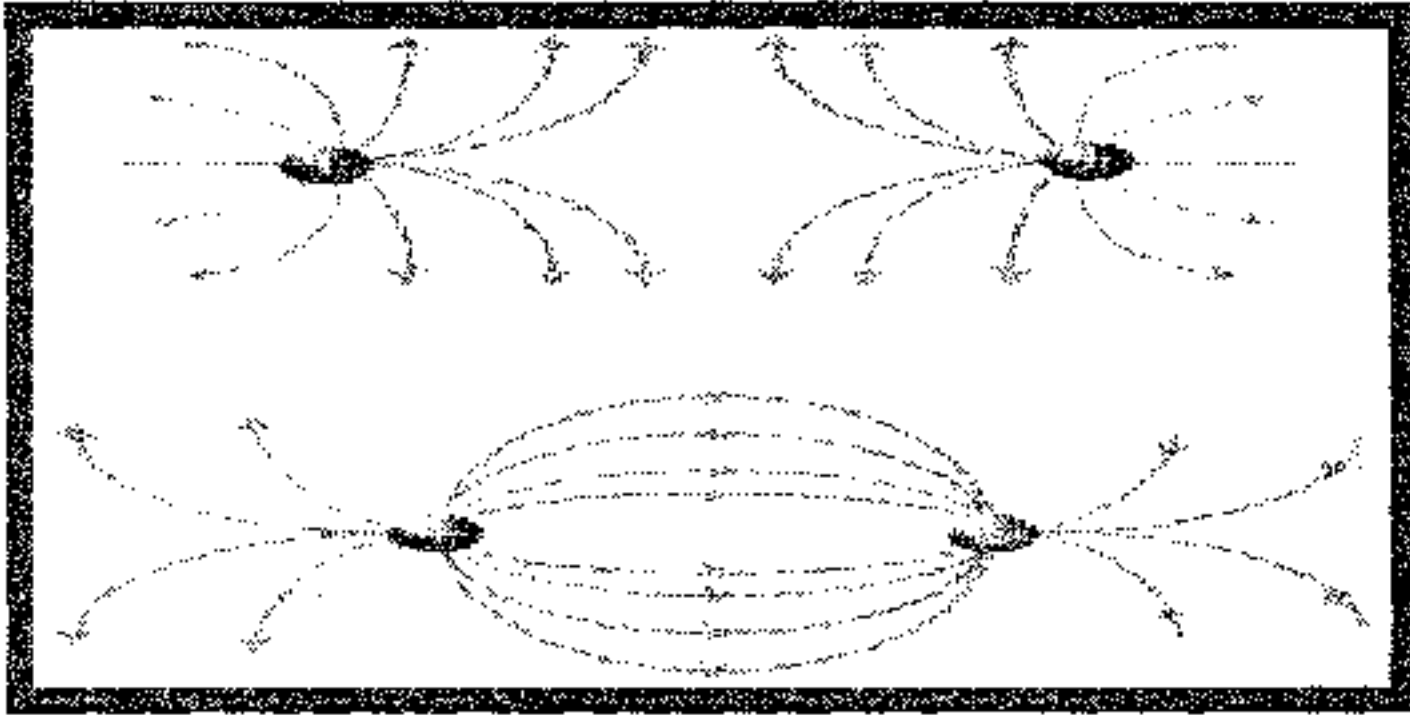
2 - تتناسب كثافة خطوط المجال طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية .

3- نحدد اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة بنفس اتجاه المماس عند تلك النقطة .

4- خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية تبين مسار واتجاه حركة شحنة اختبار  
موجبة توضع في النقطة المراد إيجاد شدة المجال عليها. وهي لا تتقاطع لأنها لو  
تقاطعت لكان بالإمكان رسم مماسين من نقطة التقاطع يمثلان اتجاهين مختلفين  
لشدة المجال وهذا غير ممكن لأن المجال له اتجاه واحد فقط.

شكل ( 1 - 1 ) خطوط المجال الكهربائي





المجال المنتظم هو المجال الذي قيمته ثابتة عند جميع النقاط ويمكن الحصول عليه من خلال صفيحتين متوازيتين مشحونتين بنفس مقدار الشحنة لكن الأولى موجبة والثانية سالبة.

### 1 - 2 الجهد الكهربائي $V$ :

عند نقل شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى يتطلب ذلك إنجاز شغل للتغلب على قوة التنافر فيتحول هذا الشغل إلى طاقة كهربائية كامنة أي تزداد طاقة الشحنة . لذلك يعرف الجهد الكهربائي بأنه الشغل المبذول على وحدة الشحنة الكهربائية لنقلها من نقطة إلى أخرى.

الجهد الكهربائي  $V = \frac{\text{الشغل المبذول (الطاقة) } W}{\text{الشحنة الكهربائية } q}$

= جول / كولوم = فولط.

$$V = \frac{W}{q} = \frac{\text{Joul}}{\text{Coulomb}} = \text{Volt} \quad \text{--- 3}$$

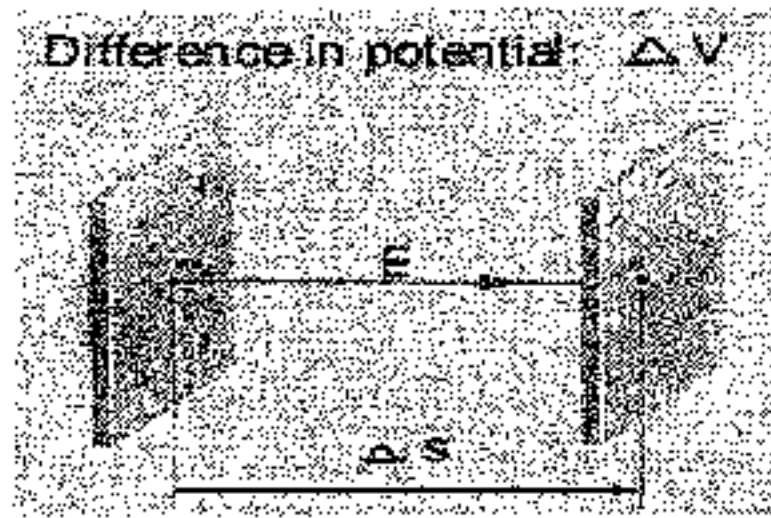
ويمكن كتابة القانون بدلالة الشحنات وابعادها

$$V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q} = \frac{kq_1q_2r}{r^2} = \frac{kq}{r}$$

$$V = \frac{kq}{r} \quad \text{---- 4}$$

أي أن الجهد الكهربائي له قانونان الأول من التعريف معادلة 3... والثاني من قانون كولوم معادلة 4... ويعتمد استخدام أي منهما على المعطيات في أي مسألة رياضية.

العلاقة بين شدة المجال وانحدار الجهد



$$V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q}$$

$$\frac{V}{r} = \frac{F}{q} \quad \text{----5}$$

الطرف الأيمن من المعادلة 5 هو شدة المجال والطرف الأيسر يسمى انحدار الجهد أي أن شدة المجال تساوي انحدار الجهد وهو قانون يربط بين الجهد و شدة المجال



أما فرق الجهد بين نقطتين فهو جهد النقطة الأكبر - جهد النقطة

$$V_{ab} = V_a - V_b \text{ الأصغر}$$

### 1 - 3 المجال المغناطيسي: Magnetic field :

نشأ علم المغناطيسية من ملاحظة أن بعض الأحجار والتي تسمى المغناطيت Magnetite  $Fe_3O_4$  تجذب إليها جسيمات الحديد. وكلمة مغناطيسية Magnetism هي مشتقة من منطقة مغناطيسيا Magnesia في آسيا الصغرى حيث توجد هذه الأحجار. وكما هو معروف أن الكرة الأرضية نفسها هي مغناطيس دائم. في عام 1820 لاحظ العالم أورستد Orested أنه إذا مر تيار في سلك فإنه ينشأ تأثير مغناطيسي متمثلاً في انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة بجوار السلك،

المجال المغناطيسي هو الحيز الذي تظهر فيه قوة مغناطيسية تؤثر في شحنة كهربائية متحركة أو مغناطيس موضوع في ذلك الحيز.

إما الفيض المغناطيسي ( $\Phi_m$ ): عدد الخطوط المغناطيسية المتجاورة المارة خلال مساحة ما من الحيز وتقاس بالويبر أو ماكسويل، (خط القوة) =  $10^8$  ويبر. و كثافة الفيض المغناطيسي (B): وهو الفيض المغناطيسي المار عمودياً خلال وحدة المساحة.

كثافة الفيض المغناطيسي (B) = الفيض ( $\Phi_m$ ) / المساحة (A).

وحداتها ، ويبر/م<sup>2</sup> (Weber/ m<sup>2</sup>) وتسمى (تسلا T) أو الجاوس في نظام

(سم.غم.ثا) والذي يساوي ماكسويل/سم<sup>2</sup>. شكل (1 - 2)

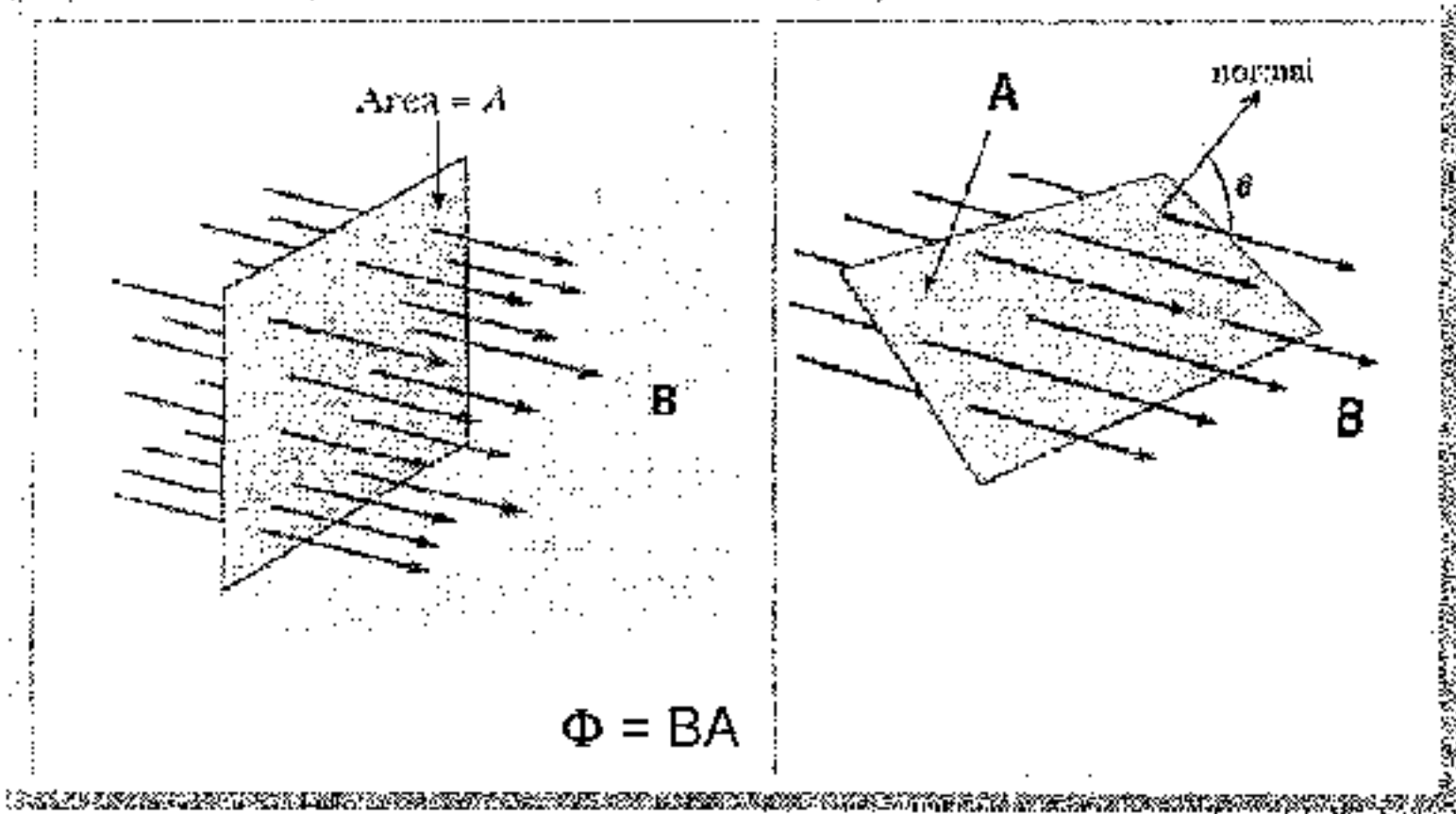
تسلا = ويبر/م<sup>2</sup> =  $10^8$  ماكسويل /  $10^4$  سم<sup>2</sup> =  $10^4$  ماكسويل/سم<sup>2</sup> =  $10^4$  جاوس.

## اكتشاف اورستد

أنجز العالم الدنماركي اورستد عام 1819 تجاربه عن المجال المغناطيسي في موصل على هيئة:

1 - سلك مستقيم 2 - ملف دائري 3 - ملف لولبي

## شكل ( 1 - 2 ) تعريف كثافة الفيض المغناطيسي



## 1 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في سلك مستقيم:-

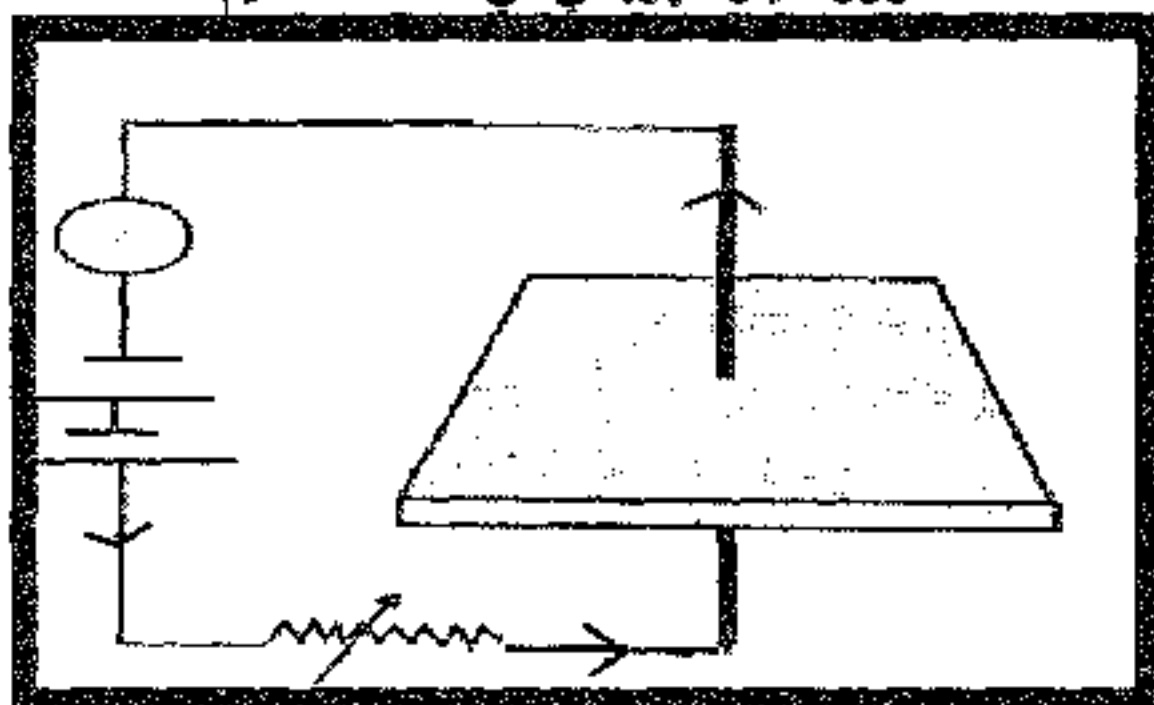
نضع مجموعة من البوصلات حول السلك نلاحظ أنها تشير إلى اتجاه الزوال المغناطيسي الأرضي. نغلق الدائرة الموضحة في الشكل ( 1 - 3 ) فيسري تيار مناسب في الموصل المستقيم و يتولد حول الموصل مجال مغناطيسي يعتمد اتجاهه على التيار خلالها نبعث البوصلات ثم ننثر برادة الحديد حول السلك ونطرق لوح الورق طرقا خفيفا. نفتح الدائرة ونبعد برادة الحديد ثم نرتب البوصلات حول السلك ونغلق الدائرة ونلاحظ اتجاه الأقطاب الشمالية للبوصلات لمعرفة اتجاه خطوط المجال حول ، نغير ربط أقطاب البطارية فيتغير اتجاه التيار ونتعرف على

اتجاه المجال من خلال تعيين اتجاه خطوط المجال حول الموصل بثلاث طرق هي :

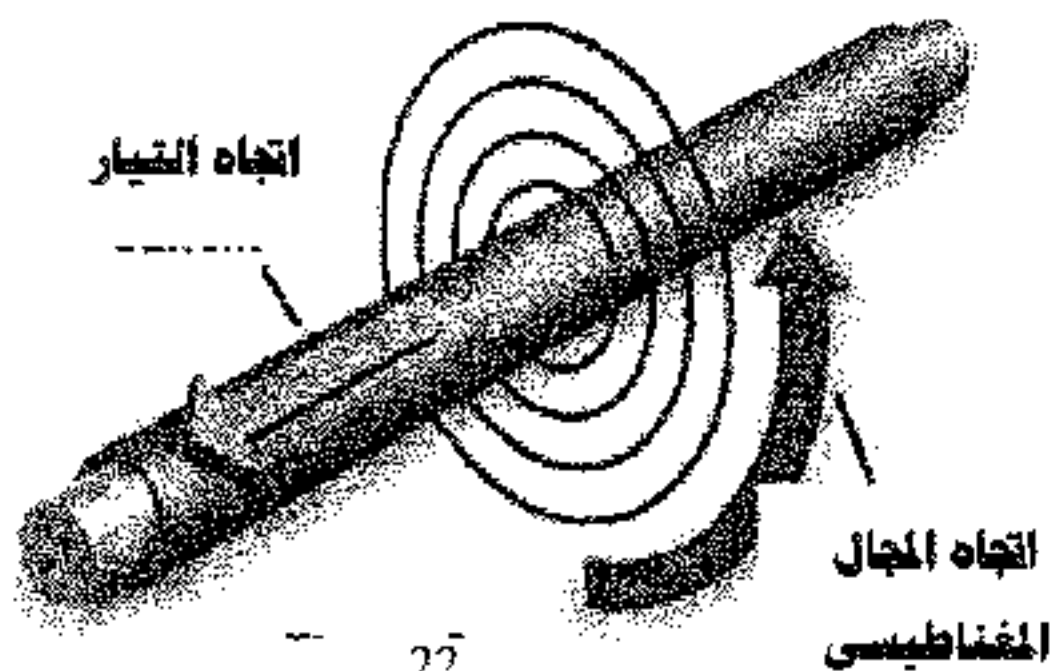
1 - قاعدة كف اليد اليمنى : عندما تقبض اليد اليمنى على الموصل بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربائي فان اتجاه حركة لف الأصابع حول السلك يحدد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي . الشكل ( 1 - 4 ) .

2 - قاعدة البريمة ( اللولب ) اليمنى لماكسويل : إذا أدت بريمة بحيث يشير اتجاه اندفاعها إلى اتجاه التيار فان دوراتها يحدد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي

الشكل ( 1 - 3 ) تجربة اورستد  
لمرور تيار كهربائي في سلك مستقيم



الشكل ( 1 - 4 ) قاعدة كف اليد اليمنى



3- باستخدام بوصلة مغناطيسية صغيرة: إذا وضعت بوصلة على لوح الورق المقوى الذي يخترقه الموصل فإن الاتجاه الذي يتخذه قطبها الشمالي يدل على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي ، ومن رسم شكلا للمجال المغناطيسي حول السلك فيكون شكل المجال بشكل دوائر مغلقة منتظمة متحدة المركز مركزها السلك ذاته وفي مستوى عمودي على السلك . من هذه التجربة نلاحظ أن :

1- الدوائر التي تمثل خطوط الفيض المغناطيسي تتزاحم بالقرب من السلك وتتباعد بتباعدتها عنه ونستنتج من هذا أن شدة المجال المغناطيسي للتيار تتناسب عكسيا مع بعدة عن السلك ( d ) .

2 - بزيادة شدة التيار الكهربائي في السلك وإعادة طرق لوح الورق المقوى يزداد تزاحم خطوط الفيض حول السلك حيث تصبح الدوائر أكثر ازدحاما .  
العوامل التي تتوقف عليها شدة المجال المغناطيسي هي :

أ. شدة التيار الكهربائي ( I ) تتناسب طردي مع شدة المجال ( B α I )

ب. بعد النقطة عن السلك ( d ) تتناسب عكسيا مع شدة المجال ( B α 1/d )

ونستنتج من هذا ان شدة المجال تتناسب طردي مع شدة التيار تسمى العلاقة السابقة قانون أمبير الدائري Ampere's Circuital Law . حيث أن  $\mu$  ثابت السماحية ( النفاذية ) للفراغ =  $4 \pi \times 10^{-7}$  ويبر / أمبير . متر . العلاقة في حالة سلك موضوع في الهواء فان قانون أمبير الدائري يكتب بالشكل التالي:

$$B = \mu I / 2 \pi d \quad \text{أي ان}$$

لذلك ينصح ببناء المساكن بعيدا عن أبراج الضغط العالي لان كثافة الفيض

المغناطيسي تتناسب عكسيا مع بعدة عن السلك ( B α 1/d )

إذا العلاقة في حالة سلك موضوع في الهواء تكتب على الصورة

$$B = 2 \times 10^{-7} I / d$$

## 2 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف دائري:

عند مرور تيار في الملف يتولد داخل قلب الملف مجال مغناطيسي يؤدي إلى تولد قطبين مغناطيسيين للملف حسب قاعدة الكف اليمنى حيث أن حركة لف الأصابع باتجاه التيار الكهربائي فيشير الإبهام إلى القطب الشمالي لجوف المغناطيس .  
العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري : عدد لفات الملف الدائري  $N$  تتناسب طردي ، شدة التيار الكهربائي المار في الملف  $I$  تتناسب طردي ، نصف قطر الملف الدائري  $r$  تتناسب عكسياً يمكن حساب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف من خلال نصف قطر الدوران ( $r$ ) وعدد اللفات ( $N$ ):

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2\pi r}$$

## 3 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف لولبي:

نضع بوصلة عند أحد طرفي الملف ثم نقفل الدائرة ونلاحظ البوصلة و نحركها داخل الملف على طول محوره ونلاحظ اتجاه قطبها الشمالي الشكل ( 1 - 5 )  
ننقل البوصلة إلى الطرف الثاني للملف ونكرر ما سبق - نعكس اتجاه التيار المار ونكرر ما سبق . نفتح الدائرة وننثر برادة الحديد عند طرفي الملف وعلى طول محوره من الداخل وحول نفتح الدائرة وننثر برادة الحديد عند طرفي الملف وعلى طول محوره من الداخل وحول الملف ثم نغلق الدائرة ونطرق لوح الورق المقوى طرفاً خفيفاً ونرسم شكل المجال فيكون بشكل خطوط مستقيمة متوازية ( مجال منتظم ) مغلقة يتجه في الداخل من الجنوبي إلى الشمالي وفي الخارج من الشمالي إلى الجنوبي . ولتعيين قطبي الملف نستخدم قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل باعتبار ان يتكون من مجموعة من اللفات الدائرية المتحدة المركز . إذا أدركنا رأس البريمة داخل الملف على محوره في نفس اتجاه التيار في الملف يكون اتجاه تقدم

البريمة هو نفس اتجاه خطوط المجال داخل الملف طرف الملف .عندما يكون اتجاه التيار مع حركة عقارب الساعة يكون ذلك الطرف قطب جنوبي والطرف الآخر شمالي. تتوقف كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة على المحور داخل الملف اللولبي على :

$$1 - \text{ شدة التيار [تناسب طردي]} \quad B \propto I$$

$$2 - \text{ عدد اللفات في وحدة الأطوال [تناسب طردي]} \quad B \propto N$$

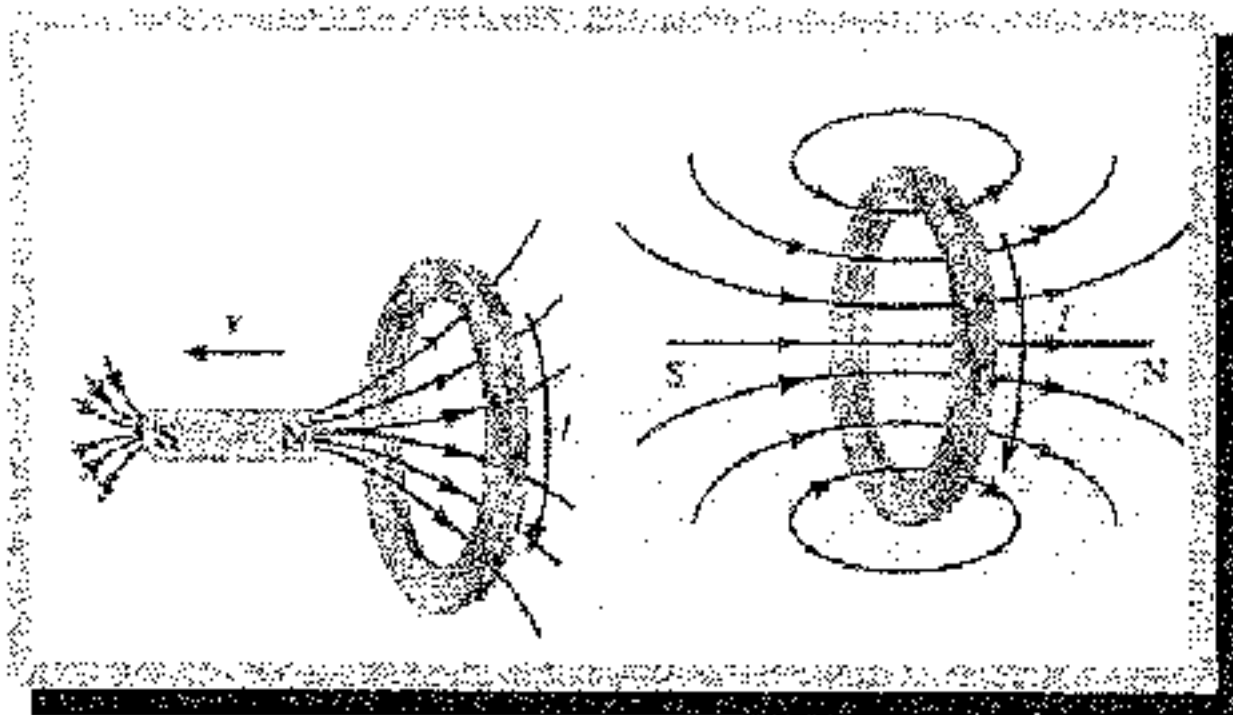
$$B \propto NI \quad \text{اذن}$$

$$I B = \mu N \quad \text{ومنها}$$

وتكتب هذه العلاقة أحيانا بالشكل التالي :

$$I B = \mu N I / L$$

شكل (1 - 5) تجربة المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف لولبي



## 1 - 4 القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي

### 1- على شحنة كهربائية (قوة لورنتز):

عند وضع شحنة لختبار ساكنة عند نقطة في منطقة مجال مغناطيسي فإن القوة المغناطيسية عليها تساوي صفر . ولكن تحريك الشحنة الاختيارية  $q_0$  بسرعة  $v$  خلال المجال المغناطيسي فإنها تتأثر بقوة عمودية على اتجاه السرعة تسمى قوة لورنتز . عمودية على اتجاه السرعة . يعتمد مقدار القوة المغناطيسية على كثافة الفيض المغناطيسي و على اتجاه سرعة الشحنة حيث أن  $B$  تتناسب طردياً مع  $\theta$  الزاوية بين السرعة والمجال المغناطيسي  $B$  . ولقد وجد عملياً أن اتجاه القوة يكون دائماً عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي  $B$  .

$$F = q_0 v B \sin \theta$$

وجد أن القوة المغناطيسية تصبح نهاية عظمى عندما تكون السرعة عمودية على

$$F = q_0 v B$$

المجال المغناطيسي . أي ان ويكون اتجاه المجال المغناطيسي في اتجاه دوران بريمية تدور من  $v$  إلى  $B$  . كما أن القوة المغناطيسية على الشحنة السالبة يكون في عكس القوة المغناطيسية على الشحنة السالبة.

### 2- سلك يمر فيه تيار كهربائي موضوع في هذا المجال.

أن التيار الكهربائي المار في سلك موصل هو حركة للشحنات في السلك، افترض سلك من مادة موصلة طولها  $L$  ومساحة مقطعها  $A$  يمر بها تيار كهربائي  $I$  ، والسلك موجود في منطقة مجال مغناطيسي  $B$  الشكل (1 - 6 أ و ب) .

تتحرك الشحنات داخل مادة الموصل بسرعة تسمى سرعة الانجراف  $Drift$  velocity  $V_d$

ويكون تأثير المجال المغناطيسي على الشحنة المتحركة هو

$$F = q_0 V_d \times B \sin \theta$$

ولإيجاد القوة المغناطيسية التي تؤثر على السلك يجب أن نوجد عدد الشحنات المارة في السلك وسنفترض أن عدد تلك الشحنات هو  $nAL$  حيث أن  $n$  هو عدد

الشحنات لكل وحدة حجم وعليه تكون القوة المغناطيسية الكلية تعطى بالمعادلة التالية:

$$F = q_0 V_d \times B (nAL) \sin \theta$$

ولكن سرعة الانجراف هي  $V_d = I/nqA$

بالتعويض عن سرعة الانجراف نحصل على المعادلة التالية :

$$F = I L \times B \sin \theta$$

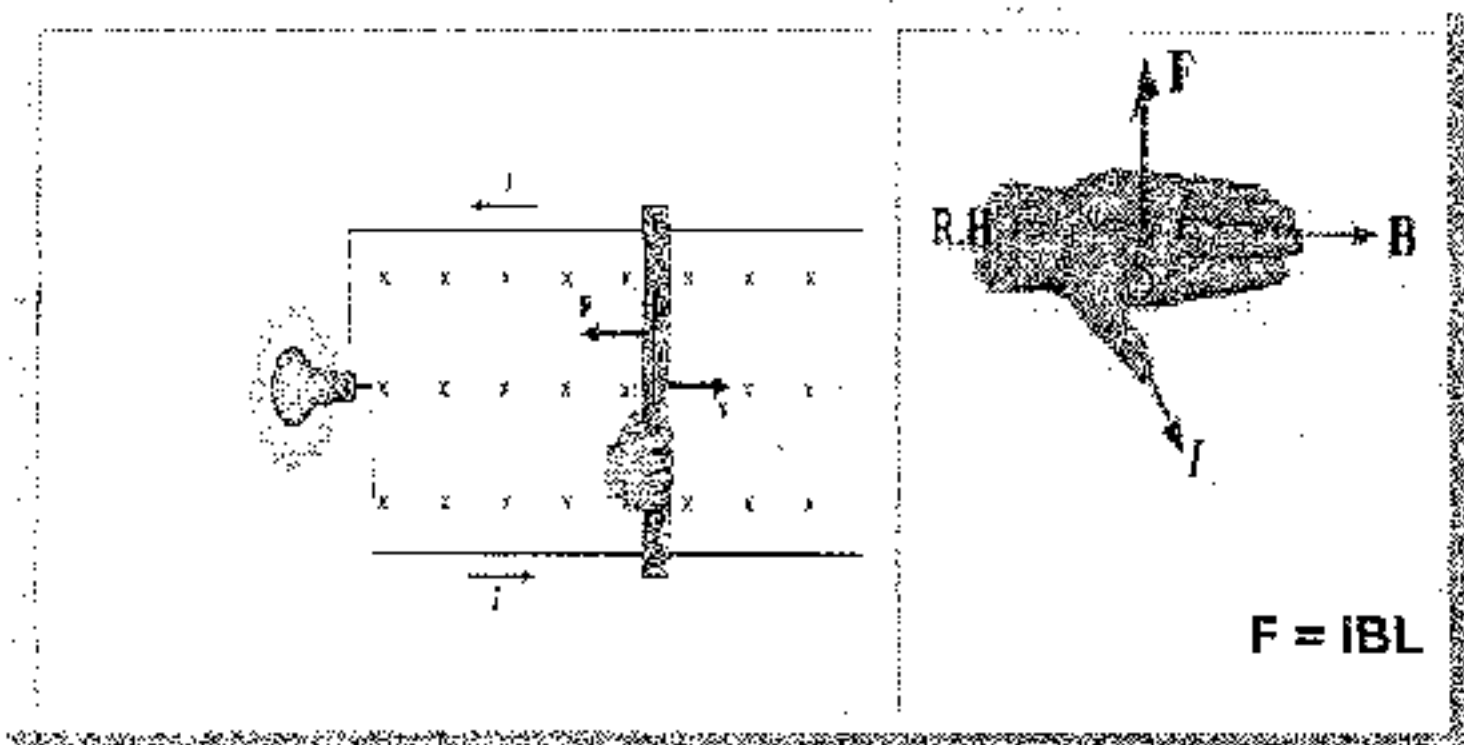
وعندما تكون القوة عمودية على السرعة فان  $\theta = 90$  و  $\sin \theta = 1$  فتكون القوة

$$F = I L \times B$$

في قيمتها العظمى

تتوقف القوة المؤثرة على السلك الذي يمر فيه تيار كهربى على طول السلك  $L$  تتناسب القوة طرديا مع طول السلك ، شدة التيار الكهربى  $I$  تتناسب القوة طرديا شدة التيار الكهربى المار في السلك ، وكثافة الفيض المغناطيسى  $B$  تتناسب القوة تناسبا طرديا مع كثافة الفيض المغناطيسى .

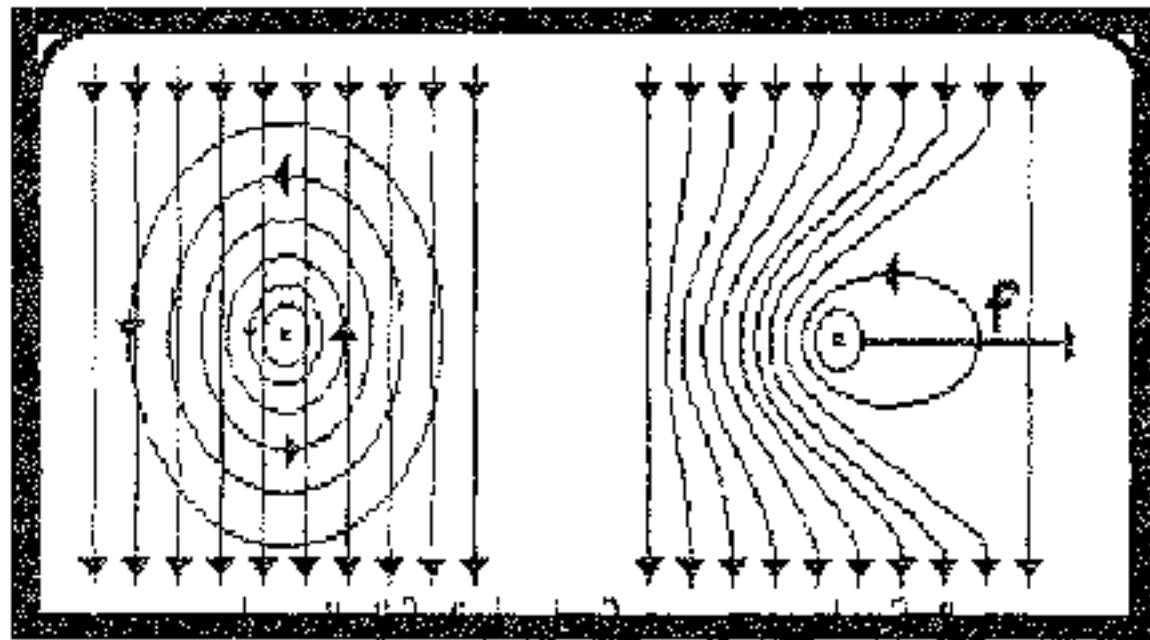
الشكل ( 1 - 6 ) القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسى على سلك يمر فيه تيار





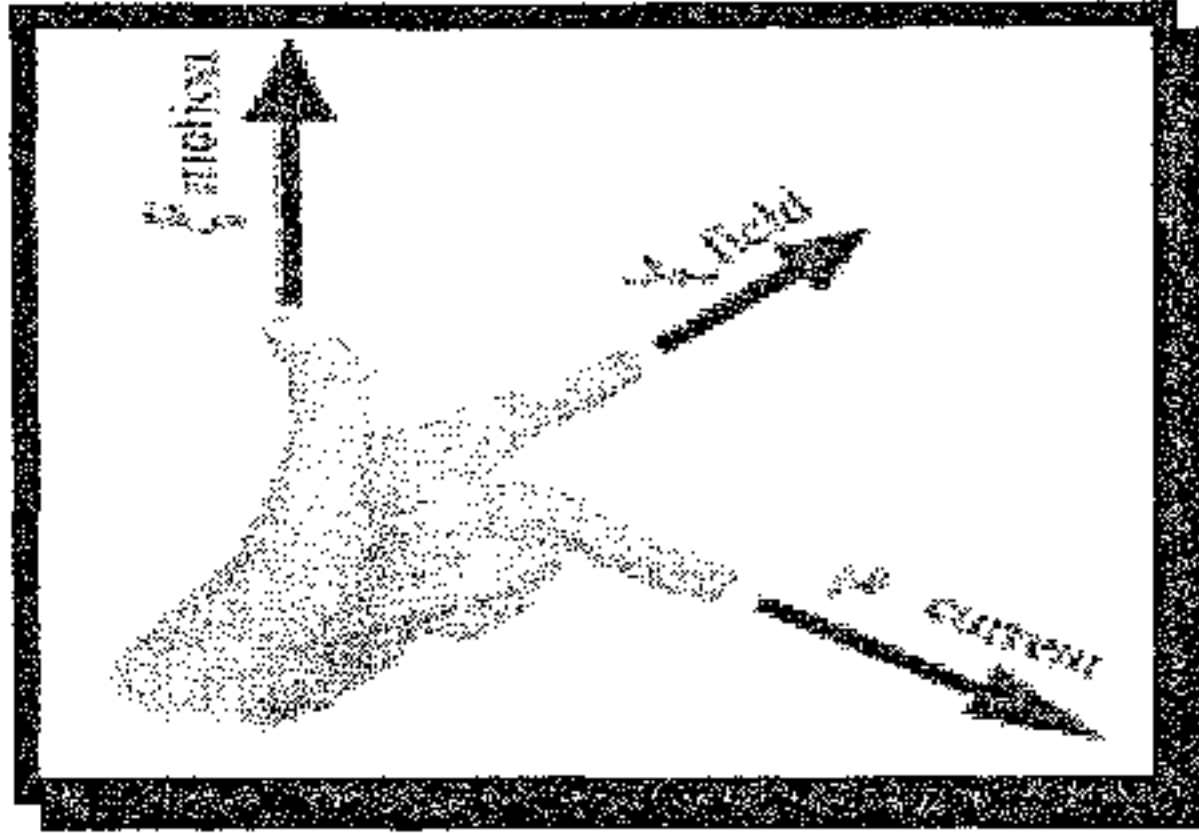
إن سبب هذه القوة وجود مجالين مغناطيسيين أحدهما ناشئ عن تيار للسلك و الأخر المجال المغناطيسي المؤثر خطوط فيض للمجالين قد تكون في اتجاه واحد في أحد جانبي السلك إذا تزداد كثافة الفيض وتتراحم خطوط الفيض وتتأخر مع بعضها البعض بينما في الجانب الآخر من السلك تكون خطوط فيض مجال التيار وخطوط فيض المجال المغناطيسي المؤثر في اتجاهين متضادين فنقل كثافة الفيض وتتباعد خطوط المجال نستنتج من ذلك أن قوة التناثر بين خطوط الفيض بعضها البعض تكون في جانب أكبر منها في الجانب الآخر فتعمل محصلة هاتين القوتين على تحريك السلك من جانب إلى آخر كما هو موضح في الشكل ( 1 - 4 ب )

الشكل ( 1 - 6 ب ) المجال المغناطيسي لسلك والثابت



ولتحديد اتجاه القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على سلك يمر فيه تيار كهربائي موضوع عموديا على اتجاه المجال نطبق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج وذلك بجعل إصبعي اليد اليسرى السبابة والإبهام متعامدين على بعضهما وعلى باقي الأصابع ماعدا الإبهام إلى اتجاه التيار، فإن الإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي لحركة السلك، الشكل ( 1 - 7 ).

الشكل ( 1 - 7 ) قاعدة اليد اليسرى لفلمنج



3 - القوة بين سلكيين متوازيين يحملان تيارين

عندما يمر تيار  $I_1$  في سلك وتيار في سلك آخر مواز له يتكون حول كل سلك مجال مغناطيسي يولد قوة يمكن تعين اتجاهها بتطبيق قاعدة الكف اليمنى شكل ( 1 - 8 ). يكون محصلة القوتين قليلة بين السلكيين إذا كان التيار باتجاه واحد في السلكيين فتنتج بينهما قوة تجاذب . وتقوى محصلة القوتين بين السلكيين إذا كان التيار باتجاهين متعاكسين في السلكيين فتنتج بينهما قوة تنافر . ويمكن كتابة القوة المؤثرة حسب المعادلة

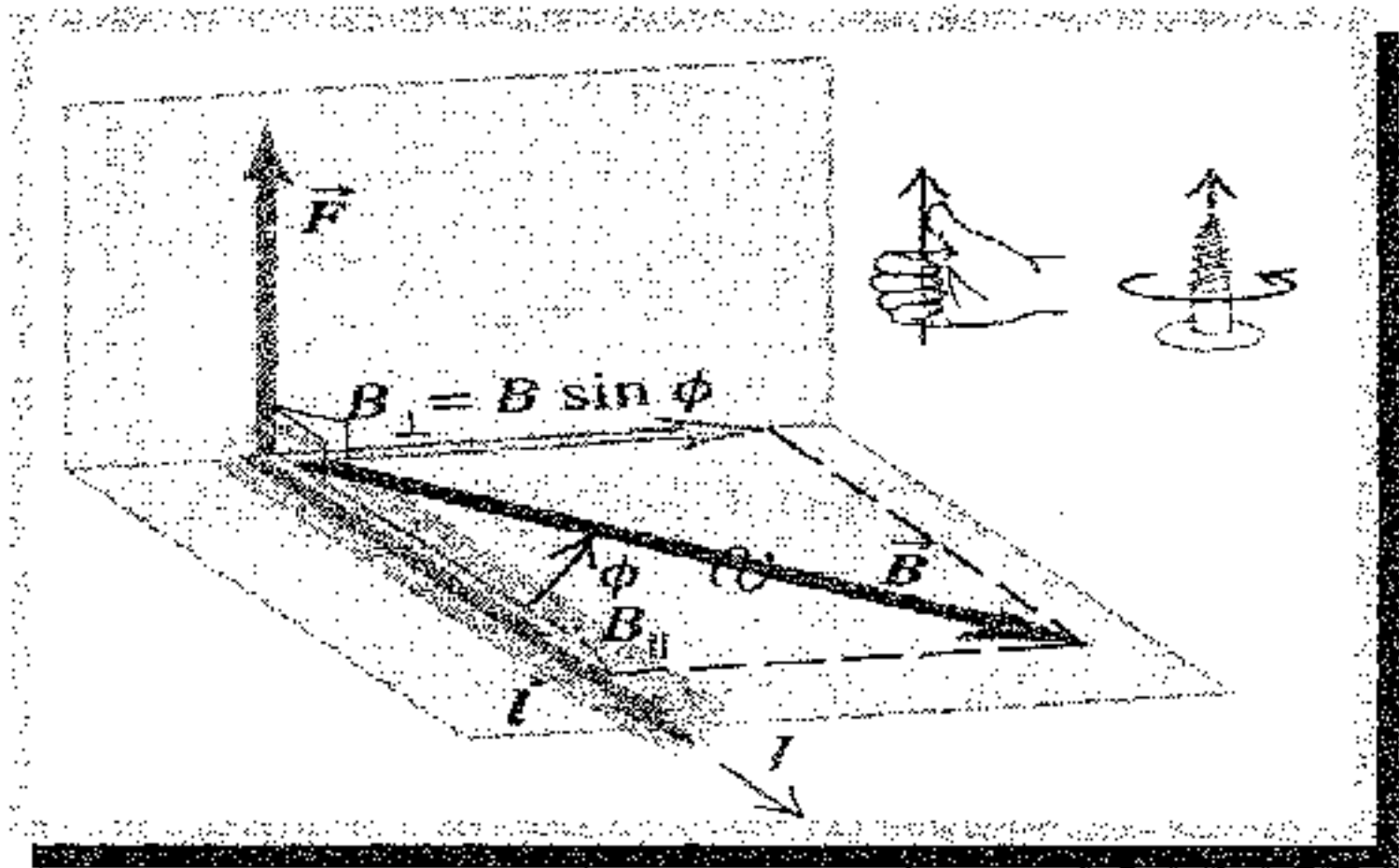
التالية :

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}$$

$$F_1 = B_2 I_1 L = \left[ \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} \right] I_1 L$$

$$F \uparrow = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2 \pi d}$$

شكل ( 1 - 8 ) القوة المغناطيسية



1 - 5 العزم المؤثر على ملف بمر بة تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي عندما ينساب تيار كهربائي مقداره I في سلك طوله L موضوع في مجال مغناطيسي

منتظم كثافة فيضه B. فان السلك يتأثر بقوة مغناطيسية عمودية على المستوي الذي يحتوي I و B وبينهما زاوية حادة مقدارها  $\theta$ .

$$F = q_0 V_d \times B \sin \theta = q_0 \times (L / t) \times B \sin \theta$$

$$F = I \times L \times B \sin \theta$$

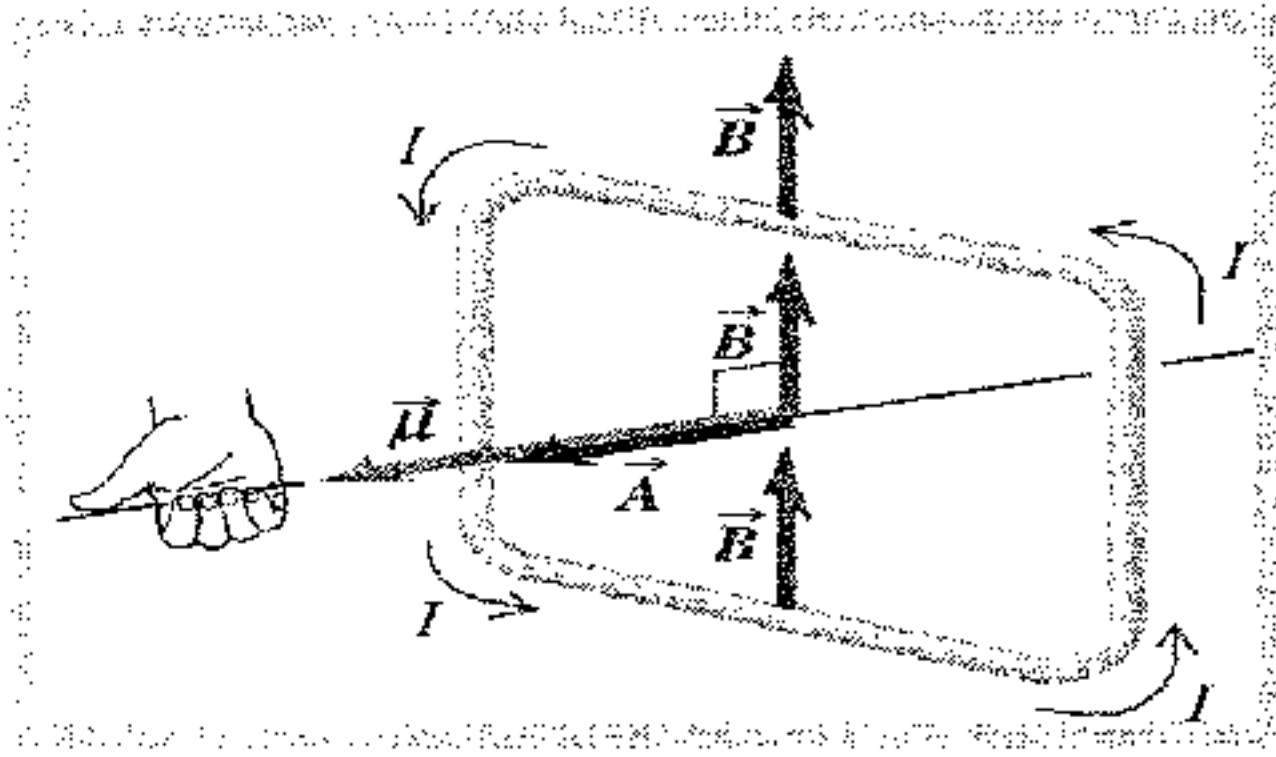
وتبلغ هذه القوة مقدارها الأعظم عندما يكون المجال المغناطيسي عمودي على السلك.

(  $90 = \theta$  ) إذن

$$F = I \times L \times B$$

ويحدد اتجاه هذه القوة بتطبيق قاعدة الكف اليمنى حيث ان الأصابع تدور من I نحو الفيض بزاوية  $\theta$  فان اتجاه الإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية (F). وفي حالة وجود ملف بشكل مستطيل مستواه يوازي خطوط المجال المغناطيسي و يمر فيه تيار كهربائي يتولد مجالاً مغناطيسياً آخر. ويتأثر الملف بقوتين متساويتين في المقدار متعاكستين في الاتجاه وتكونان متوازيتين شكل ( 1 - 9). ومقدار كل منهما  $F = I \times L \times B$  والمسافة العمودية بينهما تساوي عرض الملف يتأثر الملف بعزم ازدواج يعمل على دورانه حول محوره.

شكل ( 1 - 9). انسياب تيار كهربائي في الملف



عزم المزدوج = احد القوتين  $\times$  البعد العمودي بينهما

$$\tau = B \times I \times L \times S$$

حيث ان L و S طول وعرض اللفة , وحاصل ضربهما = مساحة الملف A. وإذا كان عدد لفات الملف N فان العزم الكلي يساوي:

$$\tau = B I L A N$$

ويسمى المقدار  $ANI$  عزم ثنائي القطب وهي كمية متجهة واتجاهها عمودي على المساحة. وإذا كان الملف عمودياً على خطوط الفيض فإن عزم المزدوج = صفر . وإذا كان مستوى الملف مائلاً على خطوط الفيض فإن عزم المزدوج

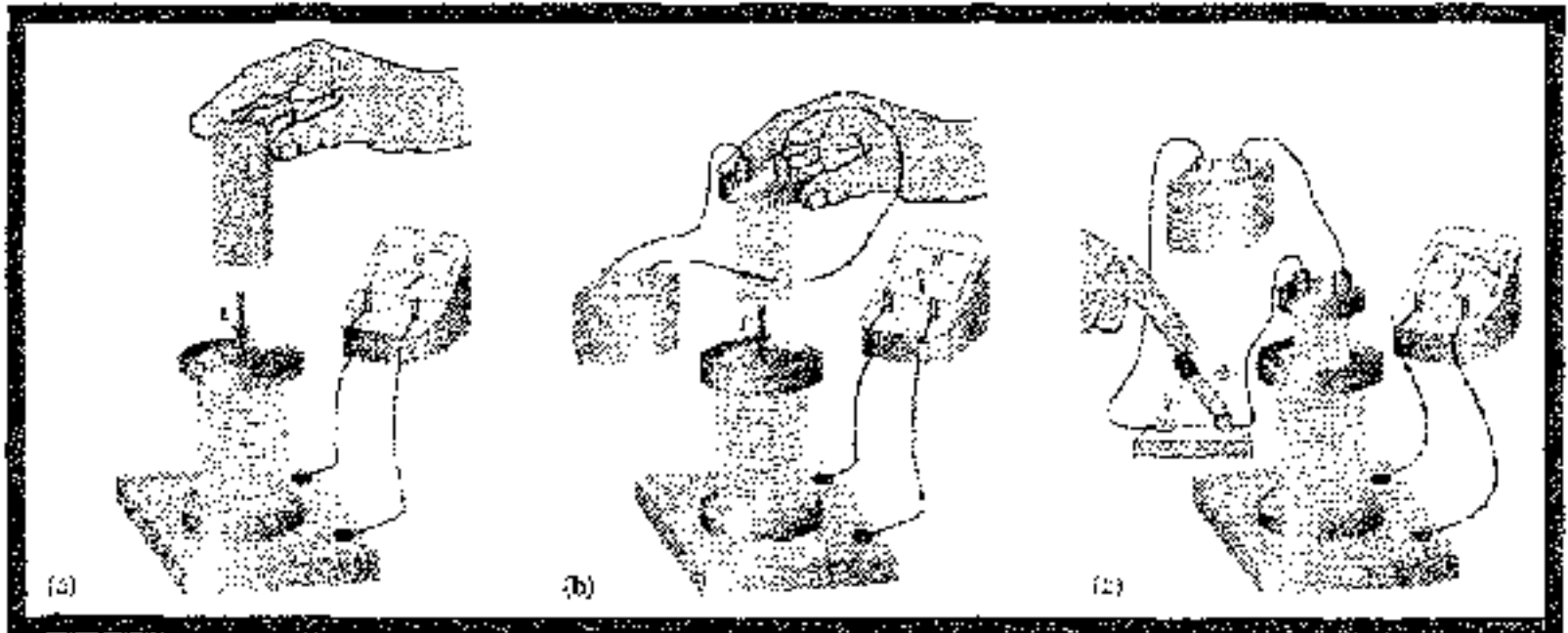
$$\tau = B I L AN \sin \theta$$

حيث أن الزاوية المحصورة بين العمود على مستوى الملف وخطوط الفيض المغناطيسي

### 1 - 6 الحث الكهرومغناطيسي.

من الفصل السابق عرفنا بأن مرور تيار في وصل يؤدي إلى توليد مجال مغناطيسي ، ولأن لكل ظاهرة في الحياة ظاهرة معضادة لها (علم الأضداد ) فلا بد من تولد تيار في موصل موضوع في مجال مغناطيسي وهذا ما فكر فيه العالم فرديني واستمر في تجاربه على هذه الظاهرة عشرون عاماً حتى نجح في الحصول على تيار في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي وبفضل هذا الاكتشاف تم تصنيع المولدات والمحركات ، من التجارب العملية التي توضح الحث الكهرومغناطيسي (تجارب فرديني) ما يلي :

- 1 - نأخذ سلك مستقيم أو ملف يتصل بجلفانوميتر صفره في الوسط، ونحركه بين قطبي مغناطيس نلاحظ انحراف مؤشر الجلفانوميتر باتجاهين متعاكسين مما يدل على تولد ق.د.ك.محتثة و تيار محتث ينساب في الجلفانوميتر.
  - 2 - يمكن الحصول على تيار محتث باستخدام ملف ابتدائي وملف ثانوي فيتحرك الملف الابتدائي المتصل به الجلفانوميتر بالنسبة إلى الملف الثانوي الذي يحمل تيار مستمر يتكون حوله مجال مغناطيسي أي داخل جوف الملف.
  - 3 - إذا تحرك مغناطيس داخل أو خارج ملف مكون من دائرة مغلقة يتولد في الملف تيار محتث تأثيري لحظي عكسي عند تقرب المغناطيس من الملف وطردي عند إخراج أو إبعاده المغناطيس من الملف. شكل (1 - 10)
- شكل (1 - 10) تجارب فرداي في الحث الكهرومغناطيسي تجارب فرداي



من شروط الحصول على تيار محتث تأثيري : وجود مجال مغناطيسي ، وجود سلك يكون دائرة مغلقة ، الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي مما سبق نستنتج أنه عندما يتغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه موصل في زمن معين بسبب الحركة بين الموصل والمجال المغناطيسي تتولد في الموصل قوة دافعة كهربائية تأثيرية. ويتوقف اتجاه القوة الدافعة التأثيرية على اتجاه حركة الموصل تولدت emf ق.د.ك.محتثة (اكتشاف فرداي) إذا تغير الفيض المغناطيسي

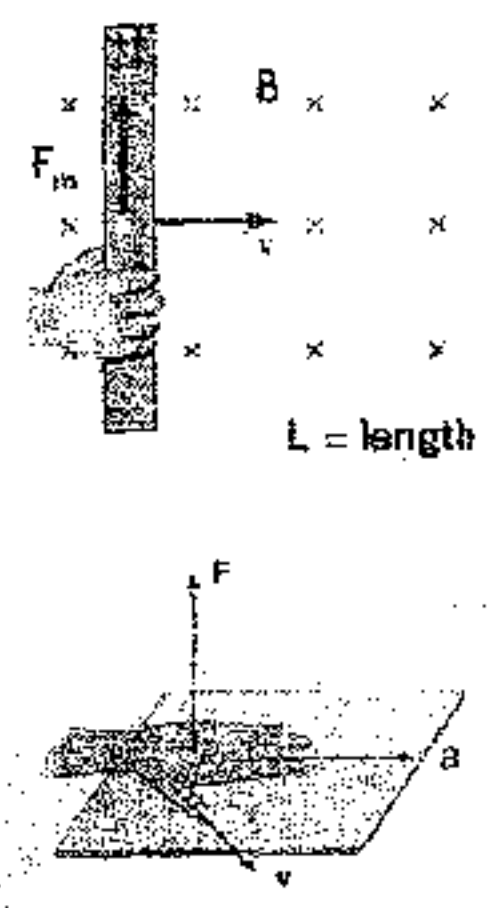
خلال دائرة كهربائية لسبب أو لآخر. تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة و تيار محتث في الدائرة يكونان باتجاه معين إذا كان الفيض في حالة نمو و باتجاه معاكس إذا كان الفيض في حالة تلاشي. ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي هي ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة (تأثيرية) و تيار محتث تأثيري في موصل بتأثير المجال المغناطيسي .

إيجاد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ( e . m . f )

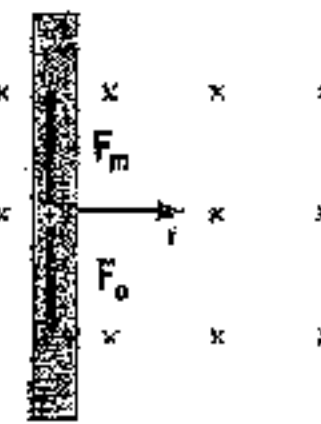
1 - قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ( e . m . f ) في سلك مستقيم:

عند تحريك ساق معدنية طولها  $L$  نحو اليمين بانطلاق مقداره  $(V)$  عموديا على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه  $(B)$  تتولد قوة لورنتز على الشحنات الموجبة في الساق وتزيحها نحو احد الطرفين ويصبح موجب الشحنة والطرف الأخر سالب الشحنة. شكل ( 1 - 1 ) .

شكل ( 1 - 1 ) تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في سلك مستقيم



$L = \text{length}$



**Charges at ends of rod exert electrostatic force on any charge q in rod.**

At equilibrium,

$$F_e = F_m \quad (1)$$

$$qE = F_m \quad (2)$$

$$qE = qvB \quad (3)$$

$$E = vB \quad (4)$$

Recall,

$$E = \Delta V / \Delta s \quad (5)$$

$$\Delta V = E \Delta s \quad (6)$$

$$= vBL \quad (7)$$

*(induced emf)*

$$\Delta V = vBL$$

يتولد على طرفي الساق نتيجة للشغل الذي تنجزه قوة لورنز عند حركة الشحنة من الطرف احد الطرفين الى الطرف الأخر قوة دافعة كهربائية محتثة وهي أكبر فرق جهد بين طرفي الساق .

الشغل الذي تنجز قوة لورنز هو ( قوة لورنز × طول الساق ):

$$W = L \times F$$

ولأن الساق يتحرك عموديا على الفيض فإن الزاوية  $\theta = 90^\circ$  فإن قوة لورنز هي:

$$F = q_0 v B$$

ولكن أكبر فرق جهد والذي يساوي القوة الدافعة الكهربائية المحتثة

= الشغل / الشحنة

$$e . m . f = W / q_0$$

$$= ( L \times F ) / q_0$$

$$= ( L q_0 v B ) / q_0$$

$$e . m . f = B \times V \times L \quad \text{إذن}$$

أما إذا تحرك الساق بانطلاق صانعا زاوية قياسها  $\theta$  مع كثافة الفيض المغناطيسي (B) تصبح المعادلة

$$e . m . f = B \times V \times L \sin \theta$$

2 - قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف (قانون فرداي).

من خلال تجارب فرداي يمكن استخلاص ما يلي:

أ - بسبب الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي تتولد في الموصل قوة دافعة كهربائية تأثيرية في الموصل. ويتوقف اتجاه القوة الدافعة التأثيرية على اتجاه حركة الموصل.

ب - متوسط القوة الدافعة الكهربائية المحتثة التأثيرية في الموصل تتناسب تناسباً طردياً مع المعدل الزمني للتغير في خطوط الفيض  $\Delta\phi$ .



$$emf \propto \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

ج - متوسط القوة الدافعة الكهربائية المحيثة التآثرية في الموصل تتناسب تناسباً طردياً مع عدد لفات الملف  $n$  التي تقطع خطوط الفيض. ومن العلاقتين السابقتين يمكن استنتاج العلاقة التالية:

$$e.m.f = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

وهو ما يعرف بقانون فردي.

أو يمكن اشتقاق بقانون فردي من قانون القوة الدافعة الكهربائية المحيثة في سلك مستقيم

$V \times L$  يمثل المساحة التي يمسخها الساق المتحرك في الثانية الواحدة ويساوي  $(\Delta l / \Delta t)$  في مجال مغناطيسي.

وكذلك  $B = \frac{\Delta \phi}{\Delta A}$  وبالتعويض عن القانون العام للقوة الدافعة الكهربائية المحيثة لسلك

$$e.m.f = B \times V \times L$$

$$emf = \frac{\Delta \phi}{\Delta V} \times \frac{LS}{\Delta t}$$

نحصل على

$$A = S \times L$$

ولكن

$$e.m.f = \frac{\Delta \phi}{\Delta A} \times \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$e.m.f = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

لكل لفة وفي عدد لفات مقدارها  $(n)$

فان:

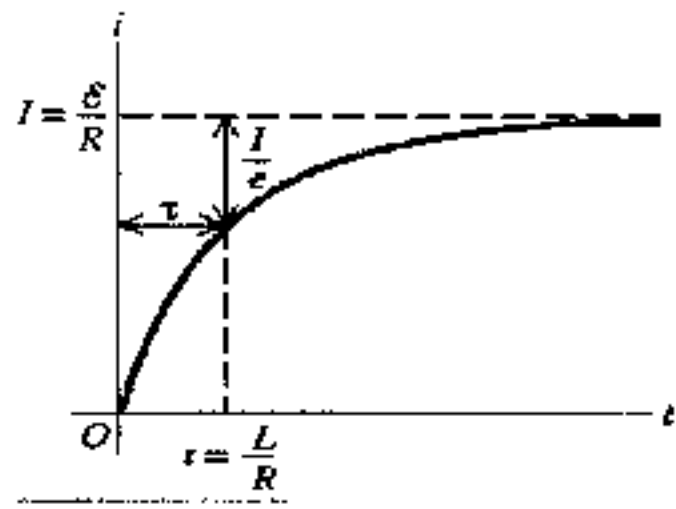
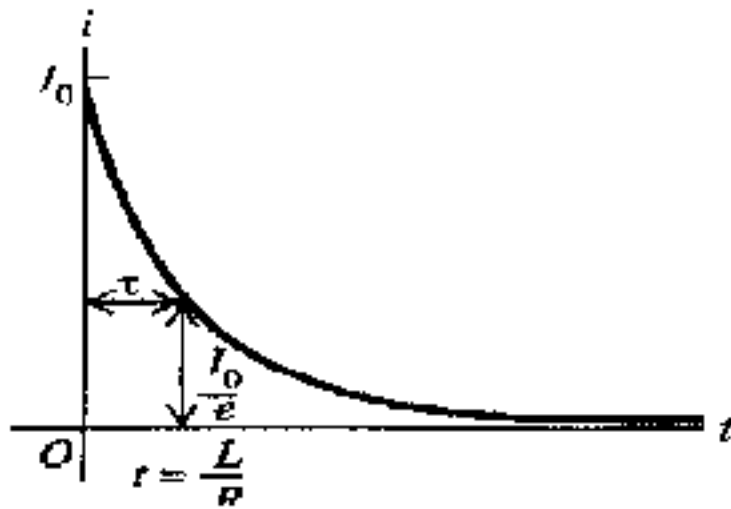
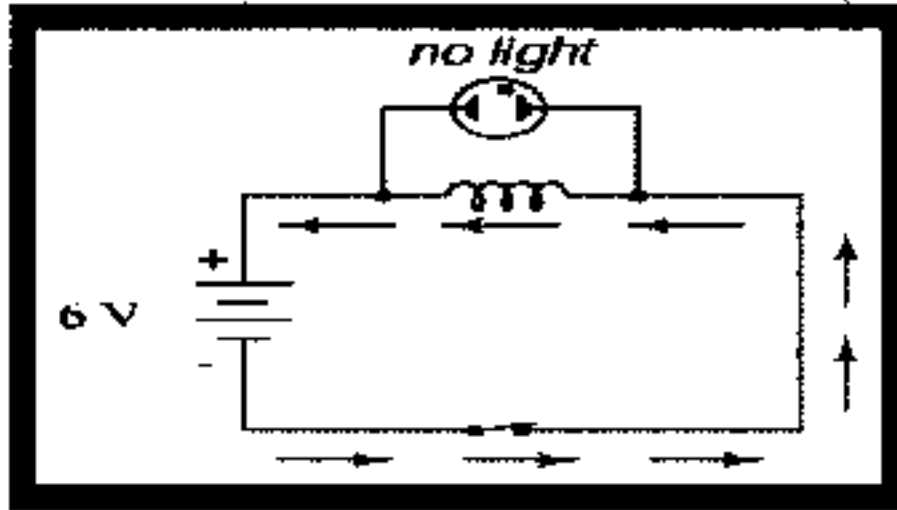
$$e.m.f = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

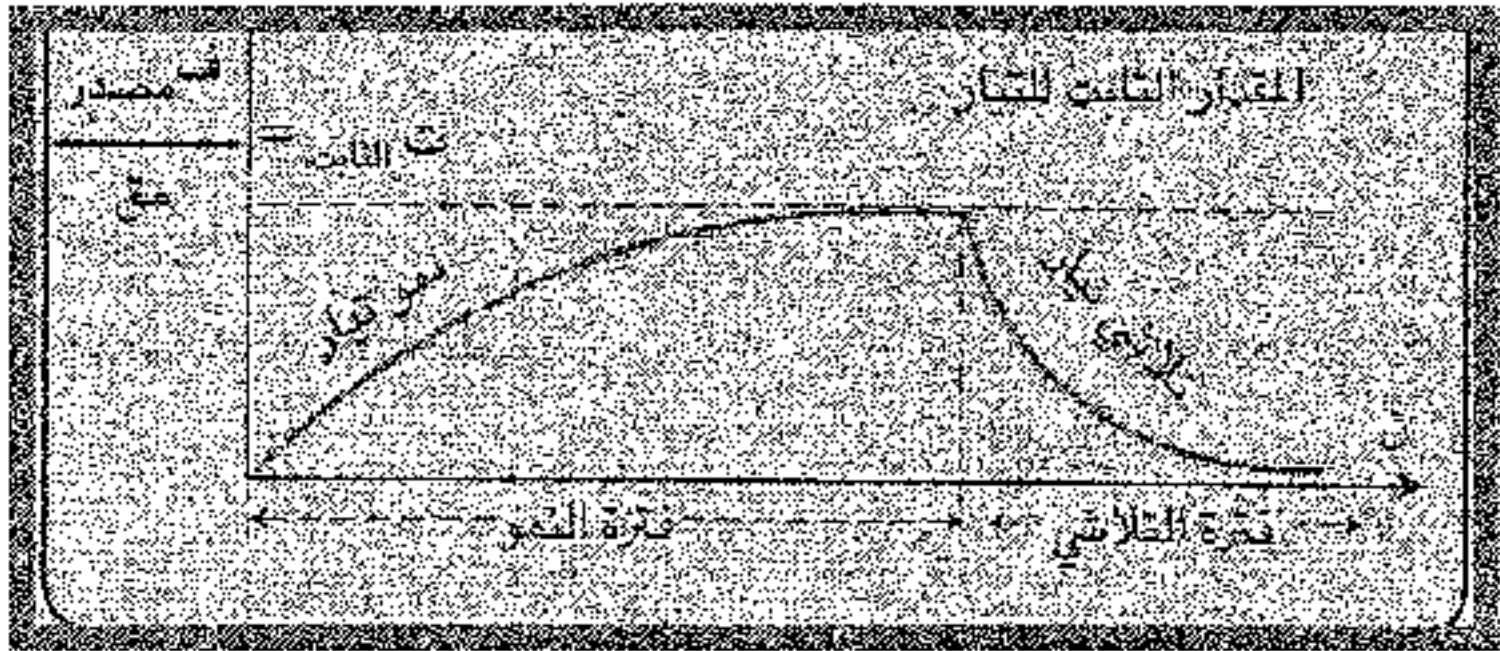
وتسمى الكمية  $(n \Delta \phi)$  وشيجة الفيض المغناطيسي والإشارة السالبة تدل على ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة باتجاه يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي الذي ولده حسب قانون لنز.

### 3- الحث الذاتي Self Inductance

تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة عندما يتغير الفيض المغناطيسي خلال دائرة كهربائية مغلقة مع الزمن، فعند غلق أو فتح الدائرة الكهربائية يتولد التيار ويسمى ذلك الحث الذاتي Self-Inductance. ويمكن إجراء تجربة توضح ذلك بتكويين دائرة كهربائية تسمى الدائرة الحثية الشكل (1 - 12 أ و ب)

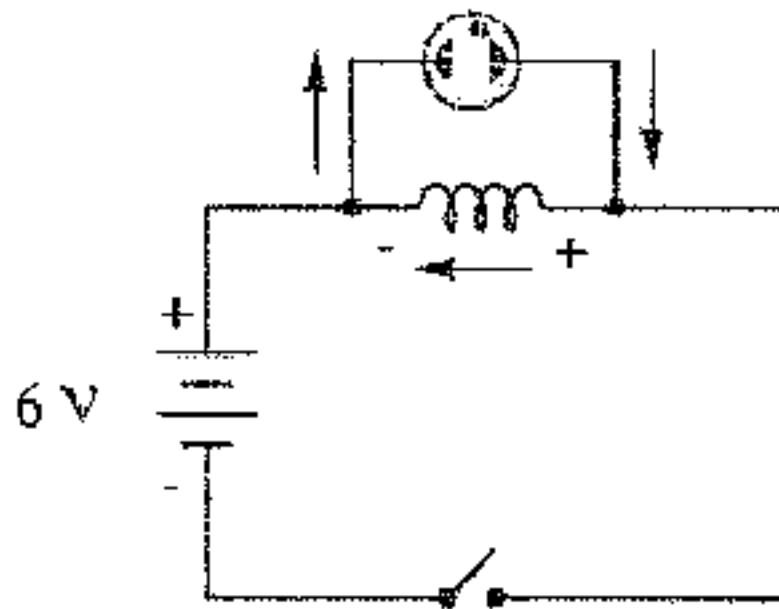
الشكل (1 - 12 أ) الدائرة الحثية عند غلقها





الشكل ( 1 - 12 ب ) الدائرة الحثية عند فتحها

Light!



تتكون من ملف ومصباح ومقاومة ومفتاح ونضيدة مربوطة جميعا على التوالي فعند:

أ- غلق الدائرة ينمو التيار بالتدريج ويزداد حتى يصل إلى قيمته الثابتة وإثناء النمو تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحثثة في الملف تعاكس الفولطية الموضوعة وتعرقل نمو التيار. ويكون المعدل الزمني لتغير التيار  $\Delta I / \Delta t$  في قيمتها الصغرى وكذلك القوة الدافعة الكهربائية المحثثة فلا يتوهج المصباح.

ب-فتح الدائرة تتولد قوة دافعة كهربائية المحتثة ذات قطبية مشابهة للفولطية الموضوعه على الدائرة وتكزن كبيرة خلال فترة تلاشي التيار ويكون المعدل الزمني لتغير التيار  $\Delta I / \Delta t$  في قيمتها العظمى وكذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة فيتوهج المصباح.

فائدة المقاومة في الدائرة الحثية هو تجنب تلف الملف بالتيار الكبير عندما يصل التيار الى مقداره الثابت وكذلك تكون المقاومة ضرورية في حالة عدم ثبوت المقاومة الكهربائية للدائرة عند إغلاق الدائرة أو لحظة فتحها إذ تتولد مقاومة كبيرة عند فتح المفتاح نتيجة لظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح ويكون المعدل الزمني لتغير التيار كبير جدا وبذلك يكون زمن التلاشي قليل جدا كما في الشكل المجاور يكون زمن التلاشي أسرع من زمن التنامي في الدائرة الحثية وذلك لأن تلاشي التيار يؤدي إلى حصول فجوة هوائية ذات مقاومة كبيرة جدا فيتلاشى التيار بسرعة وتتولد ق.د.ك. محتثة كبيرة لكبر المعدل الزمني لتغير التيار فيندفع التيار المتلاشي المحثت بسرعة في الأجهزة. ويؤدي إلى تلفها. وهو نفس السبب في حالة السؤال الأجهزة الكهربائية التي تكون عرضة للعطل عند انقطاع التيار ونفس السبب في حالة حصول شرارة كهربائية بين جزئي المفتاح عند فتح الدائرة. يعرف الحث الذاتي بأنه عملية تولد  $emf$ . محتثة في ملف طبقا لقانون الحث ونتيجة لتغير التيار في ذلك الملف والذي يسبب تغيرا في الفيض المغناطيسي. وان ق.د.ك. المحتثة المتولدة تعاكس السبب الذي ولده (قانون لنز) أي انها تعرقل نمو التيار في الملف.

$$N \phi \propto I$$

$$N \phi = LI \Rightarrow N \Delta \phi = L \Delta I$$

$$- N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$emf = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ويسمى (L) معامل الحث الذاتي، ويعرف بأنه النسبة بين emf. محتثة في الملف إلى المعدل الزمني لتغير التيار المناسب في نفس الملف ويقاس بالهنري H. ويمكن تحويله بدلالة الوحدات الأساسية كما يلي :

$$\begin{aligned} H &= \text{Volt} / \text{Amp} / \text{sec} = \text{Joule} / \text{Coul. Amp} \\ &= \text{Newton} \cdot \text{m} \cdot \text{sec} / (\text{C} \cdot \text{C} / \text{sec}) \\ &= \text{Newton} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2 / \text{C}^2 \\ &= \text{Kg} \times (\text{m} / \text{sec}) \cdot \text{sec} \cdot \text{m} / \text{C} \\ &= \text{Kg} \times \text{m}^2 / \text{C}^2 \\ H &= \text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{A}^2 \cdot \text{sec}^2 \end{aligned}$$

### 3- الحث المتبادل Mutual Inductance

إذا وضع ملفان متجاورين أحدهما قرب الآخر يمر في الملف الأول الذي عدد لفاته  $N_1$  تيار كهربى قيمته  $I_1$  يولد مجالاً مغناطيسياً يؤثر على الملف الثانى و عدد لفاته  $N_2$  بفيض مغناطيسى  $\Phi_2$  وتتولد فيه emf و تيار حثى في الملف الثانى و قيمته  $I_2$ . تولد emf محتثة في الملف الثانوى نتيجة لتغير التيار في الملف الابتدائى تسمى هذه العملية بالحث المتبادل. شكل (1 - 13)

$$(emf)_2 = -M \left( \frac{\Delta I}{\Delta t} \right)_1$$

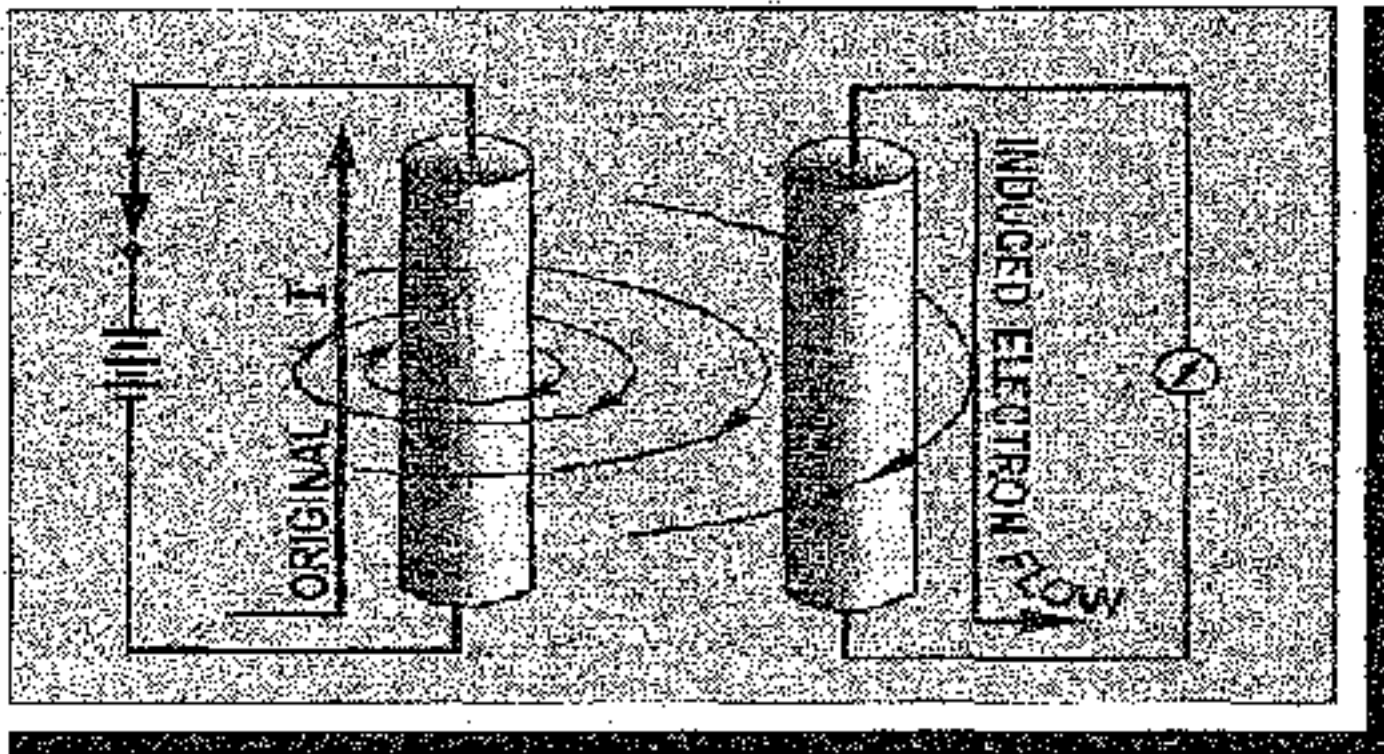
M معامل الحث المتبادل وتقاس بالهنري ويعتمد على:

1- ثوابت الملفين المتجاورين.

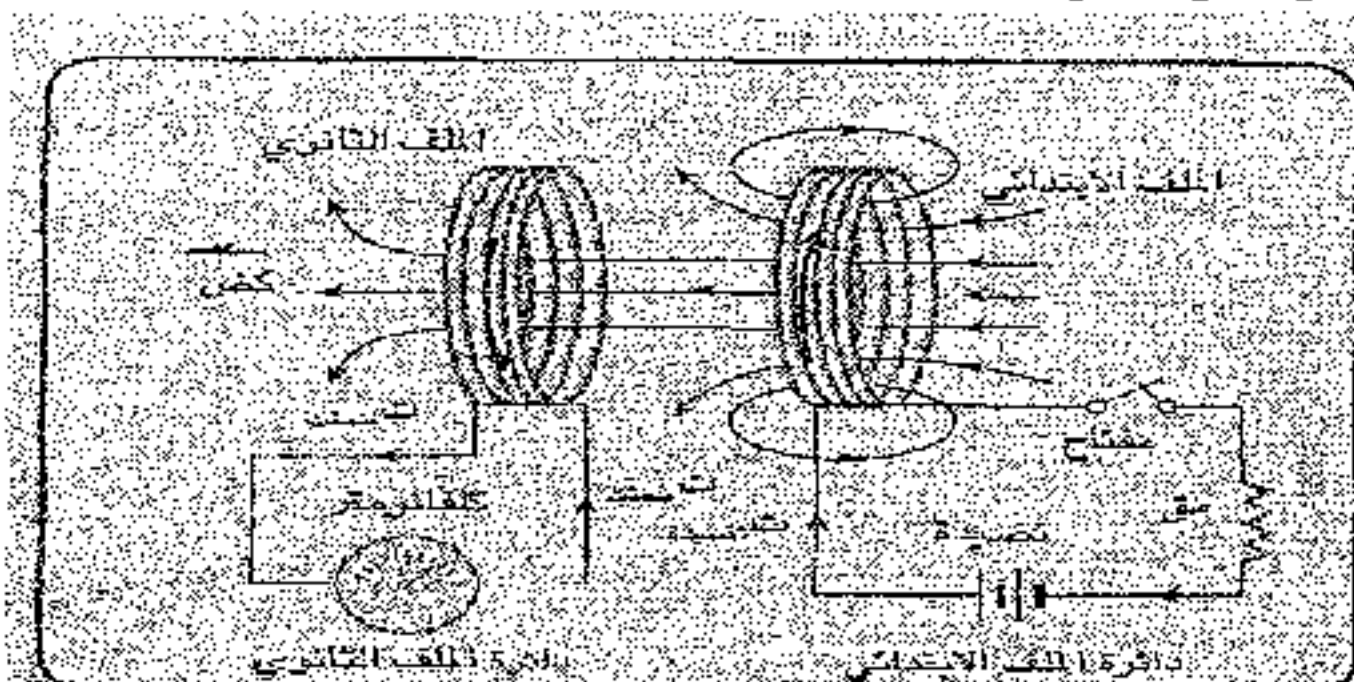
2-درجة التواشج او الاقتران. يتوقف معامل الحث المتبادل على معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي ( $L_1$ ) و معامل الحث الذاتي للملف الثانوي ( $L_2$ ) والعلاقة بينهما

$$M = \sqrt{L_1 L_2}.$$

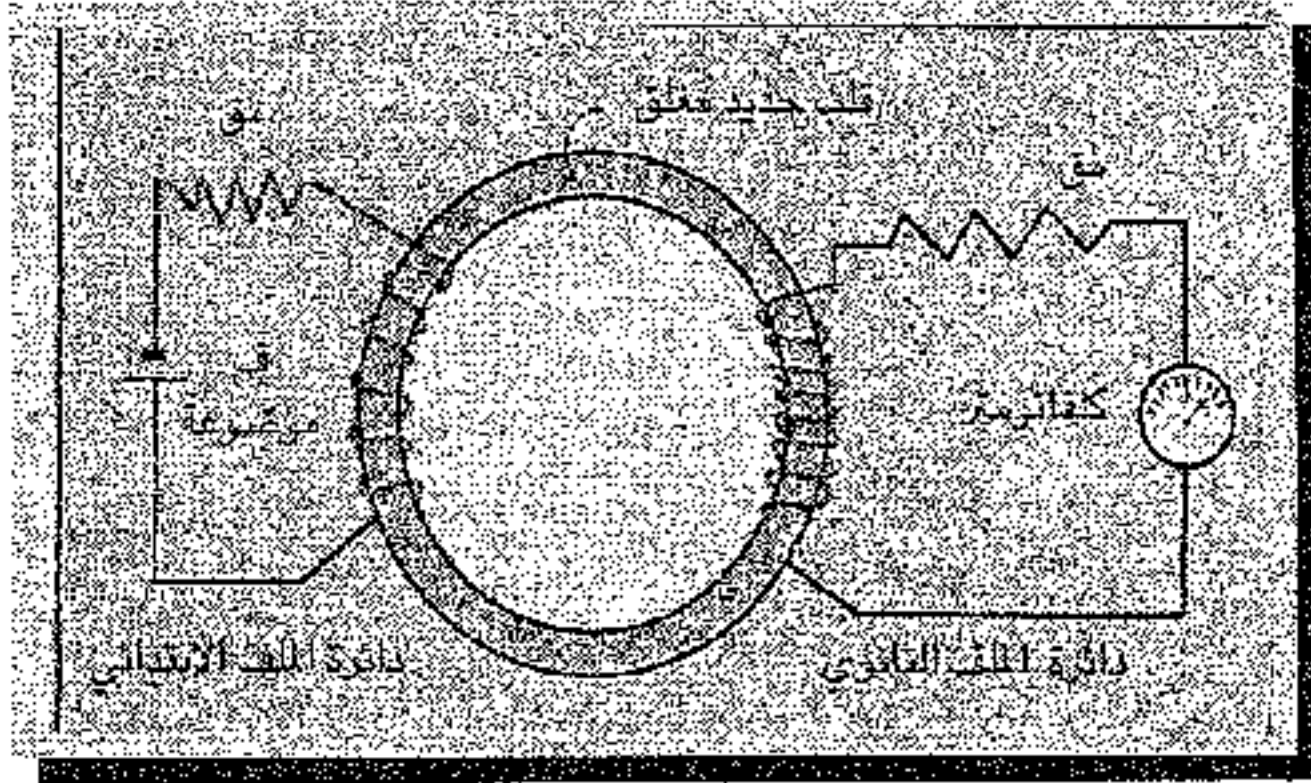
شكل (1 - 13) تجربة الحث المتبادل



### التواشج ضعيف

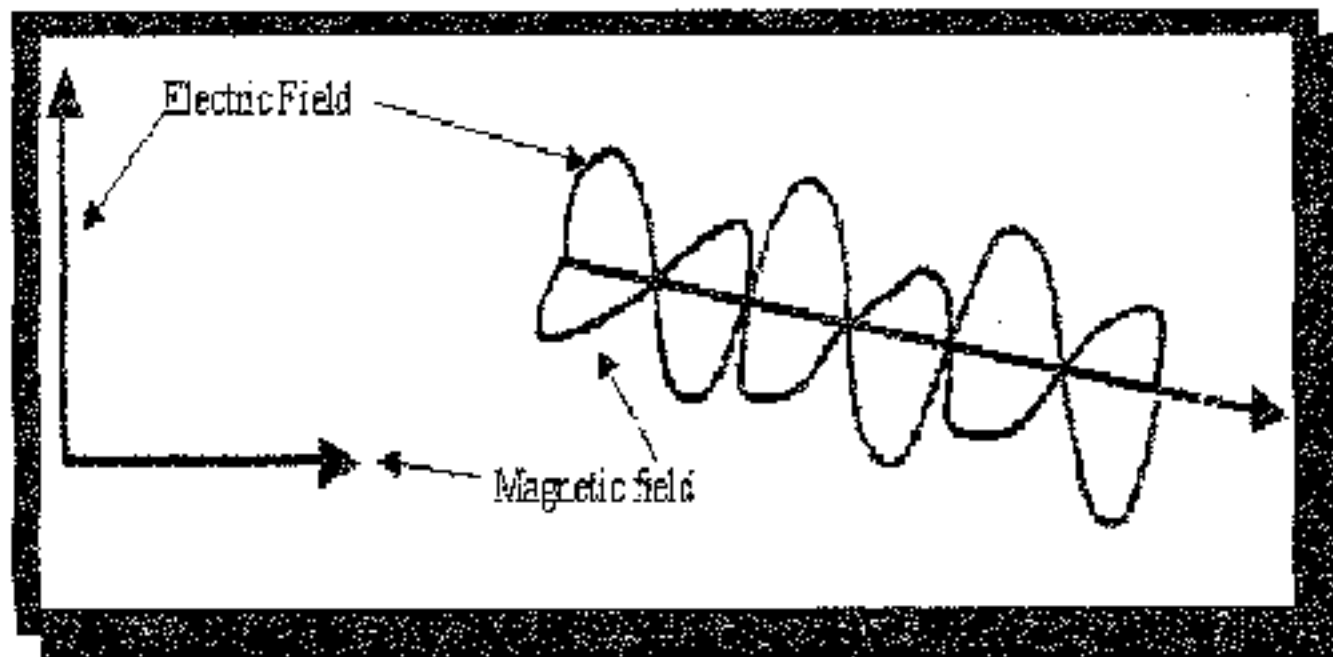


## التواضع تام



### 1 - 7 الموجة الكهرومغناطيسية :

هي الموجات المهتزة بتردد  $\nu$  التي تتكون من مجالين متعامدين احدهما كهربائي والآخر مغناطيسي يتحركان بنفس الطور وعموديان على انتشار الموجة فهي بذلك موجة مستعرضة شكل (1- 14). وتتولد من تذبذب الشحنات الكهربائية (الالكترونات) الحرة في الموصل وينتج عن ذلك تغيرات في المجالين الكهربائي والمغناطيسي بشكل حلقات مغلقة لخطوط القوى الكهربائية والمغناطيسية وبشكل مستويات متعامدة بعيدا عن ثنائي القطب الكهربائي. شكل (1- 14). الموجة الكهرومغناطيسية



يتولد المجال المغناطيسي بالطرق التالية:

1- عند حركة شحنات كهربائية في موصل.

2- عند مرور تيار في موصل يتكون حول الموصل مجال مغناطيسي.

3- المجال الكهربائي المتغير يولد مجالاً مغناطيسي. لأن المجال الكهربائي المتغير في الفضاء يولد تياراً يسمى تيار الإزاحة.

$\Delta$  شح

تار =  $\frac{\Delta}{\Delta t}$

$\Delta$  ن

لذلك وجد ماكسويل:

1- لمجال الكهربائي المتغير في الفضاء يولد مجالاً مغناطيسياً يكون عمودياً عليه ومتفقاً معه بالطور.

2- لمجال المغناطيسي المتغير في الفضاء يولد مجالاً كهربائياً عمودياً عليه ومتفقاً معه بالطور.

خواص الموجات الكهرومغناطيسية :

1- تنتقل جميع الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء ( $3 \times 10^8$  م / ثا).

2- تتكون من مجالين متعامدين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي وعموديان على خط انتشار الموجة ويتذبذبان بطور واحد. وهذه الموجات موجات مستعرضة.

3- تتوزع الطاقة بين المجالين بالتساوي.

4- للطاقة الكهرومغناطيسية مظاهر متعددة وذلك لاختلاف التردد أو الطول الموجي.

5- يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية عند اصطدامها بمادة وتحولها إلى طاقة حرارية أو كهربائية.



يمكن تقسيم الأشعة الكهرومغناطيسية إلى نوعين هما:

الأول : الأشعة المؤينة radiation Ionizing وهي تلك الأشعة التي تكون طاقتها كافية لانتزاع الذرات والجزيئات من الخلايا الحية، مثل أشعة جاما والأشعة السينية وهذا الأشعة تسبب إضرارا على الخلايا الحية.

الثاني :الأشعة غير المؤينة radiation Non-ionizing وهي أشعة معظمها لا تشكل خطر على الإنسان. ولكن بعضها تسبب ارتفاع درجة حرارة الجزء من الجسم الذي يتعرض لها. ومن هذه الأشعة الأمواج الراديوية والضوء المرئي وأمواج الميكروويف. وقد ثبت بان الأمواج الراديوية لها تأثير ضار على خلايا الإنسان، حيث أن لهذه الأشعة القدرة على تسخين الخلايا التي تتعرض لها بنفس فكرة أمواج الميكروويف التي تستخدم في الأفران لتسخين الأطعمة. وبالتالي فإن الضرر من هذه الأشعة يكمن في الأثر الحراري الذي تحدثه تلك الأشعة في الخلايا التي لا تستطيع تبديد الحرارة الزائدة بسهولة مثل الخلايا الموجودة في العين، حيث أن معدل تدفق الدم فيها قليل. هذا بالإضافة إلى التأثير على المدى الزمني البعيد . البحوث جارية حتى الآن لمعرفة الضرر الحقيقي للموجات الراديوية على جسم الإنسان.

من أهم مكونات الموجات الكهرومغناطيسية :

1-الموجات الراديوية: الموجات التي تتولد من حركة الشحنات الكهربائية في الموصل، ويمكن توليدها باستعمال المنبذب الكهربائي، (أطوالها من بضعة سم إلى  $3 \times 10^8$  نانومتر).

وفانيتها: 1- في الاتصالات. 2- في المذياع والنفاز. شكل (1- 15).

2- الموجات الدقيقة (الميكروية): وهي موجات ذات طول موجي قصير جدا. من  $10^5$  إلى  $3 \times 10^8$  نانومتر. ويستخدم:

أ- في الاتصالات. ب- في الرادار. ت- في أفران الموجات الدقيقة.

ويمكن توليدها بواسطة أجهزة الكترونية خاصة.

3- الأشعة تحت الحمراء: وهي موجات كهرومغناطيسية تتولد من الأجسام والجزئيات الساخنة وعند امتصاصها من قبل الأجسام تظهر بشكل حرارة لأن هذه الطاقة تهيج ذرات المادة وتعمل على زيادة الحركة الاهتزازية وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة. تستطيع بعض الحيوانات رؤية الأطوال الموجية العالية للضوء مثل النحل . ومن التطبيقات:

أ- استخدامها في العلاج الطبي.

ب- في التصوير الليلي.

ت- في دراسة التركيب البلوري للمواد.

ث- في تصويب القذائف وتوجيهها.

4- الضوء المرئي: هو الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن رؤيته ويتراوح طوله الموجي بين 380 نانومتر - 780 نانومتر (الأحمر). (يتولد من إعادة ترتيب الالكترونات في الذرات والجزئيات).

5- الأشعة فوق البنفسجية: أشعة غير مرئية ذات تردد عالي تستخدم:

أ- في التعقيم وقتل الجراثيم.

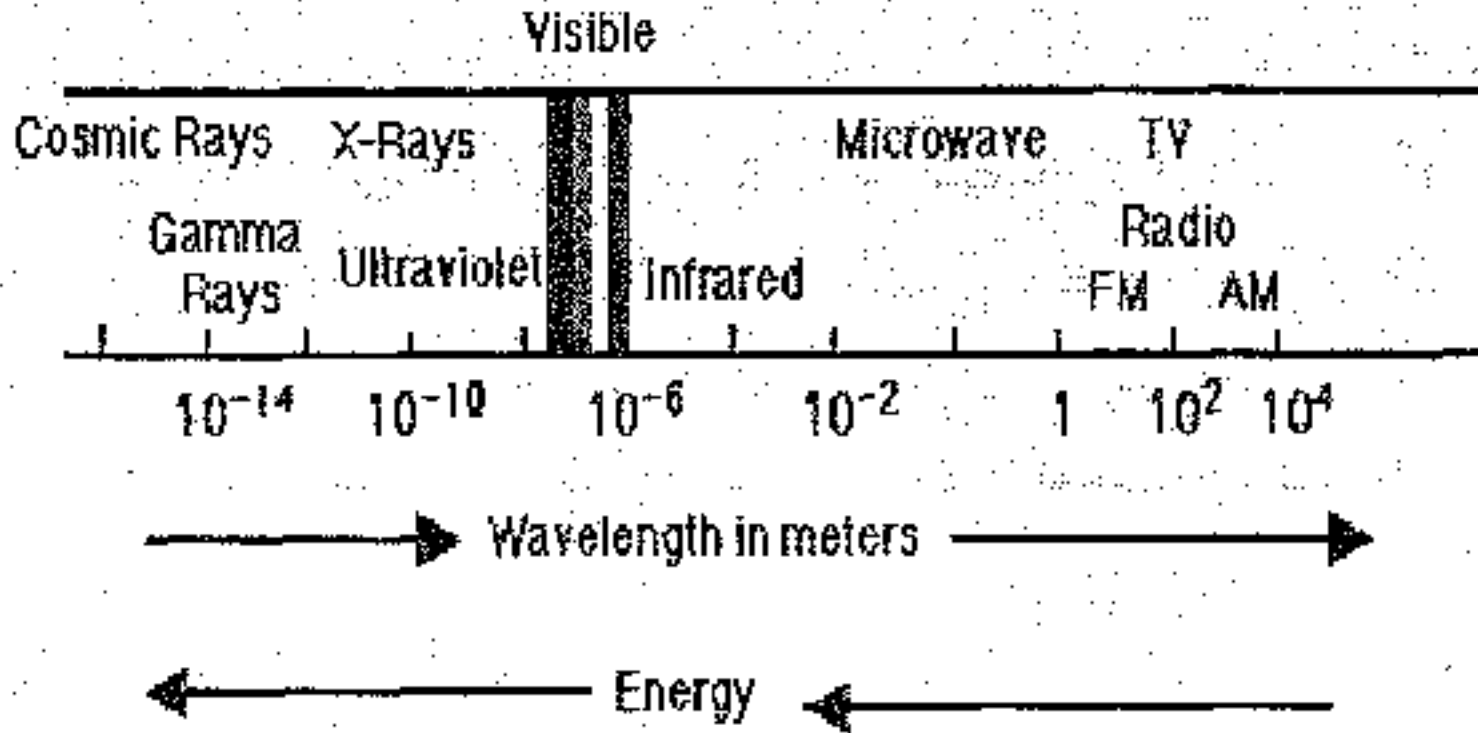
ب- تفلور بعض المواد التي تسقط عليها.

ت- تستخدم في كشف النصوص الممسوحة وتجعلها مرئية.

ث- لا تخترق الزجاج ولكنها تخترق بعض المواد مثل الكوارتز.

المدى من 380 نانومتر إلى 10 نانومتر.

شكل (1 - 15) الطيف الكهرومغناطيسي



6- أشعة جاما: وهو يختلف عن باقي الموجات لأنها تنبعث من نوى العناصر المشعة مثل السيزيوم - 137 والكوبالت - 60، وطاقاتها عالية لذلك فإنها تخترق الأجسام وتشكل خطرا على الإنسان ويتم الحماية باستعمال مواد ذات امتصاص عالي مثل طبقات الرصاص السمكة. تتكون الموجات الكهرومغناطيسية من مجالين متعامدين هما المجال الكهربائي والأخر المجال المغناطيسي حيث أن المجالات الكهربائية ترتبط بوجود الشحنة الكهربائية فقط، أما المجالات المغناطيسية فهي نتيجة الحركة المادية للشحنة الكهربائية (التيار الكهربائي). المجال كهربائي،  $E$ ، يؤثر بقوة على الشحنة الكهربائية، ويعبر عنه بالفولط/متر (V/m).

وكذلك فإن المجال المغناطيسي يمكن أن يؤثر بقوة على الشحنة الكهربائية، ولكن فقط عندما تكون هذه الشحنة في حالة حركة. المجالات الكهربائية والمغناطيسية كميات متجهة لها مقدار ولها اتجاه. المجال المغناطيسي يمكن أن يحدد بطريقتين

هما الفيض المغناطيسي  $B$  ، والذي يقاس بالتسلا (T) ، أو شدة المجال المغناطيسي  $H$  ، والذي يقاس بأمبير/ متر. ويمكن التعبير عن هذه الكميات:

$$B = \mu H$$

حيث  $\mu$  هو ثابت التناسب (انفاذية المغناطيسية) في الفراغ، والهواء ، وكذلك في المواد غير المغناطيسية (البيولوجية). قيمة الثابت  $\mu = (4 \times \pi \times 10^{-7})$  عندما يقاس بالهنري/ متر (H/ m). ولإغراض الوقاية من الإشعاعات غير المؤينة يوصف المجال المغناطيسي بوحدة من الكميتين  $B$  أو  $H$  فقط. في المنطقة الواسعة من المجال ، فإن نموذج الموجة المستوية هو التقريب الأفضل لمسار الموجة الكهرومغناطيسية. من أهم خصائص الموجة المستوية هي :

- جبهات موجة مستوية .
- الكميتين  $B$  و  $H$  كميات متجهة واتجاهه انتقالهما متعامدين .
- الكميتين  $B$  و  $H$  لهما نفس الطور، والنسبة بين ارتفاعي  $E/H$  نسبة ثابتة في الفضاء الحر والتي تساوي 377 اوم، والتي تمثل خواص ممانعة (impedance) الفضاء الحر .

• كثافة القدرة  $S$ ، أي القدرة لوحدة المساحة العمودية على اتجاه الانتقال

، والتي ترتبط بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية بالتعبير :

$$S = EH = E^2 / 377 = 377H^2$$

الوضع في حالة المنطقة المجال القريب تكون أكثر تعقيدا لأن القيمة السندنيا والقصوى لكل من المجالين  $B$  و  $H$  لا تحصل في نفس النقطة على طول اتجاه انتشار الموجة كما يحدث في المجال البعيد. في المجال القريب يكون المجال الكهرومغناطيسي غير متجانسا. وقد تكون هناك تباينات كبيرة في ممانعة الموجة المستوية عن المقدار 377 اوم . إي أن هناك مناطق يكون فيها مجال كهربائي فقط وفي أخرى مجال مغناطيسي فقط. التعرض في المجال القريب من الصعب تحديده ، وذلك لأن كلا من المجالين القريب من الصعب تحديده لأن كلا من

المجالين يجب قياسهما ، ولأن شكل المجال أكثر تعقيد في هذه الحالة ، فلا تعد كثافة الطاقة كمية مناسبة للاستخدام والتعبير عن حدود التعرض (كما في المجال البعيد) . التعرض الناتج عن الموجات المتغيرة بمرور الزمن يؤدي إلى توليد تيارات داخل الجسم وترسب الموجات الكهرومغناطيسية طاقتها في الأنسجة التي تعتمد على آليات الاقتران وتواتر حصوله. المجال الكهربائي الداخلي وكثافة التيار تخضع لقانون أوم :

$$J = \sigma E$$

حيث  $\sigma$  هي الموصلية الكهربائية للوسط. قياس كميات الجرعات التي سوف تستخدم وتأخذ بنظر الاعتبار ،مدى الترددات المختلفة ومديات شكل الموجة ،وعلى النحو التالي :

- كثافة التيار I ، في نطاق تردد يصل إلى 10 ( MHz ) ميغاهرتز
- التيار I ، في نطاق تردد تصل إلى 110 ( MHz ) ميغاهرتز ؛

## الفصل الثاني

# الأدلة الإرشادية

2 - 1 التطور التاريخي لمعايير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية

من المعروف أن المجالات الكهرومغناطيسية ذات التردد المنخفض والشدة الكافية يمكن أن ينتج عنها تحفيز كهربائي للعضلات والأنسجة العصبية (مثل الصعقة الكهربائية). الخلايا العصبية هي الأكثر حساسية للتحفيز الكهربائي في مدى التردد دون 1000 هرتز وخطرها ينخفض بسرعة كبيرة كلما ازداد تردد المجال الكهربائي المتذبذب .

اكتشف العالمة الفرنسية (Arsonval انرسنال في الفيزياء الحيوية) عام 1890 بان الموجات الراديوية ذات التردد أكثر من 10000 هرتز، وتيار كهربائي 3 أمبير يمكن استخدامها لتسخين الجلد دون التسبب بتحفيز الأعصاب ولكن يتولد ألم بسبب انكماش العضلات عند الترددات الواطئة لخطوط القدرة.

في العقود الأولى من القرن العشرين استطاع فيرجسون 1984 ؛ مومفورد 1961) من استخدام الترددات 0.05 ميغاهرتز و 10 ميغاهرتز في العلاج الطبي وسمي بالموجات الطويلة للعلاج الحراري ، لكن في وقت لاحق حذر استخدام هذه الطريقة بسبب مشاكل تداخل الموجات الراديوية.

في عام 1890، ابتكر ماركوني وطور أول نظم للاتصالات الراديوية وفي العقود التي تلت ذلك ازداد تطور معدات توليد ترددات القدرة و مجموعة الترددات الراديوية زيادة مطردة .

في عام 1928 اثبت أن الموجات الراديوية ذات الترددات العالية قادرة على تدفئة الأعضاء الداخلية للجسم البشري لذلك استخدمت على نطاق واسع خلال الثلاثينيات من القرن الماضي المعدات المتقدمة في العلاج الطبي بتقانة النفوذ الحراري (diathermy) والذي سمي العلاج العميق للحرارة . العلاج الطبي بتقانة النفوذ الحراري بالموجات القصيرة لا تتطلب التماس المباشر مع الجلد على عكس العلاج بالنفوذ الحراري بالموجات الطويلة .

قبل استخدام الرادار خلال الحرب العالمية الثانية فان العاملون لا يعلمون بان معدات الموجات الراديوية كان لها تأثيرات على الإنسان إلا إذا كانت في مكان

قريب جدا من أجهزة الإرسال أو موصلات الطاقة للترددات الراديوية. بعد فترة وجيزة من الحرب العالمية الثانية كانت هناك بعض التحقيقات في وقت مبكر عن الآثار الصحية الضارة المحتملة. في وقت مبكر من الخمسينيات كانت هناك أدلة كافية لاستنتاج بأن هناك آثار ضارة ترتبط بالتعرض لموجات الميكروويف لمستويات أعلى من حوالي  $100 \text{ mW/cm}^2$ ، وأن الآلية الرئيسية للإصابة تتعلق بالتسخين (التدفئة) الناتجة عن امتصاص طاقة الميكروويف في مختلف الأنسجة داخل الجسم.

في عام 1953 اعتمدت البحرية الأمريكية أقصى حد من التعرض المستمر مقداره  $10 \text{ mW/cm}^2$  لجميع الترددات الراديوية والموجات الميكرووية المستخدمة. في عام 1966 نشر المعهد الوطني الأمريكي للمعايير الطبعة الأولى للمعايير والتي حدد فيها كذلك المقدار  $10 \text{ mW/cm}^2$  كحد أقصى لتعرض الإنسان لترددات تتراوح بين 10 ميغاهرتز إلى 100 جيجا هرتز.

المعايير المبكرة للتعرض ليست كافية لأنها فشلت في حساب الجوانب الفيزيائية لتفاعل الموجات الكهرومغناطيسية مع الجسم. يتوقف امتصاص طاقة الترددات الراديوية على الشكل الهندسي للجسم نسبة إلى اتجاه المجالات المطبقة وكذلك على الخصائص الكهربائية للأنسجة الماصة .

الجسم أو أجزاء منه يمكن أن يعمل كهوائي مثبت على مدى محدد من الترددات الراديوية، وعلاوة على ذلك فإن اعتماد التردد على الرنين يؤدي إلى معدل امتصاص كبير للطاقة. الامتصاص الموقعي لطاقة الترددات الراديوية يمكن أن تحدث في حدود معينة من التردد، وقد طبق هذا المحدد على مستوى التعرض للمجال البعيد للموجة على جميع حالات التعرض. ولكن هذه الشروط لا يمكن تطبيقها في كثير من حالات التعرض قرب المعدات المشعة للموجات الراديوية.

بحلول أواخر الستينيات كان واضحا من التجارب الحيوانية وجود تأثيرات حيوية من الترددات الراديوية والموجات المايكرووية على الحيوانات الصغيرة عند



تعريضها لموجة مستمرة أو نبضية من الترددات الراديوية وعلى مستويات أقل بكثير من حدود زمن القدرة  $10 \text{ mW/cm}^2$ . كما لاحظ وجود تأثير في حجوم صغيرة في عينات من الأنسجة. مثل هذه التأثيرات يبدو بأنها أكثر بروزا عندما تتعرض حيوانات الاختبار إلى مجالات نبضية أو مضمنة كبيرة ، حيث أن ذروة الشدة تكون معتدلة أو مرتفعة ، ولكن مستويات معدل الزمن يمكن أن تكون متدنية نسبيا. في السبعينيات تركز البحث على جوانب قياس الجرعة في المدى الذي فيه وجد بان التعرض غير المتجانس يمكن أن يؤثر على امتصاص النظم البيولوجية للإشعاع الراديوي . في وقت مبكر من السبعينيات ، أجريت دراسات مكثفة لقياس الجرعة التي قام بها مختلف الباحثين في الولايات المتحدة الأمريكية .

ولكن البيانات الكبيرة لمعظم التأثيرات الحيوية للترددات الراديوية تعترتها الشكوك التي تتبع من عدم فهم مقياس الجرعة للترددات الراديوية. المعرفة السابقة عن ترسب طاقة الترددات الراديوية في داخل الجسم تعتمد اعتمادا كبيرا على البيانات المحدودة التي تحتوي على العديد من الافتراضات الجوهرية والتي تبسط بشكل كبير الطريقة التي يمتص الجسم البشري إشعاع الترددات الراديوية. ولكن بعد استخدام الحواسيب ذات القدرة العالية والتكنولوجيات الأخرى (مثل كاميرات التصوير الحراري ذات الحساسية العالية) ، حصل تقدم كبير في مجال قياس جرعات الترددات الراديوية. وحتى اليوم ، فقياس الجرعة لا يزال واحدا من أصعب المشاكل الكبيرة والتي يجب معالجتها من قبل الباحثين لمحاولة تفسير آثار التعرض للترددات الراديوية ، واستقراء البيانات البيولوجية لتعرض الإنسان. وهذا صحيح بغض النظر عما إذا كانت البيانات البيولوجية الأولية التي تم الحصول عليها إما من التجارب المختبرية خارج الجسم الحي أو من دراسات التعرض للحيوانية. لحد الآن لا يوجد معيار واحد معتمد دوليا لتحديد حدود التعرض للموجات الراديوية. ومع ذلك ، فإن الاتحاد الأوروبي أوصى باعتماد الأدلة الإرشادية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP)

وتبعتها العديد من البلدان مثل نيوزيلندا ، والحكومة الاسترالية إلا أن المعايير الأسترالية مختلفة عن المعايير الدولية إلا في الحالات التي يكون فيها ما يبرر النفع الكبير للمجتمع الأسترالي. وسبب الاختلاف يعود إلى جانب محدد من القضايا المرتبطة بتحسين المواصفات الفنية ، أو أن معايير ICNIRP غير كاملة. كما أن الأدلة الإرشادية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين أوصت بها منظمة الصحة العالمية لأن قواعد وإرشادات اللجنة تقتضي الأمانة العلمية لذلك فإن جميع أعضاء الهيئة من الخبراء المحايدين الذين لا ينتمون إلى منظمات تجارية أو صناعية.

الغرض من هذا المعيار هو تحديد حدود التعرض للموجات الكهرومغناطيسية ضمن الترددات التي تتراوح بين أكثر من 3 هرتز إلى 300 جيجاهرتز جدول ( 1 - 2 ) .

جدول ( 1 - 2 ) المدى الترددي للموجات الراديوية

المدى الترددي MHz	الاستخدام	نوع الموجة الراديوية
108—88	المذياع	FM VHF
223 - 174	البث الإذاعي الرقمي	TV3
830 - 470	التردد فوق العالي بث التلفزيون UHF	TV4&5
915 - 890	GSM الهواتف الجوالة (900 MHz)	GSMtx
960 - 935	GSM المحطات الأرضية (900 MHz)	GSMrx
1785 - 1710	GSM الهواتف الجوالة (1800MHz)	DCStx
1880 - 1805	GSM المحطات الأرضية (1800MHz)	DCSrx
1980 - 1920	3G الهواتف الجوالة	UMTStx
2170 - 2110	3G المحطات الأرضية	UMTSrx

حيث أن الأشخاص المعرضين دون المحددات الموضوعية سيكونون في حماية تامة من الآثار الضارة على الصحة.

الآثار الضارة على الصحة تنتج عن اكتشاف الاعتلال في الحالة الصحية للفرد المتعرض أو ذريته.

الأدلة العلمية الحالية تدل بوضوح على أن هناك عتبة للأثار الضارة على الصحة من التعرض للترددات الراديوية منها التدفئة ، التحفيز الكهربائي ، والتأثيرات على السمع. المحددات الأساسية لهذه المعايير ، مستمدة من هذه العتبات وتشمل على هامش السلامة.

هناك نقاش كثير حول حصول الآثار الصحية الضارة للترددات الراديوية دون عتبة التعرض القادرة على التسبب في التدفئة ، والتحفيز الكهربائي ، وعلى وجه الخصوص ما إذا كان أي تأثير يحدث عند أو أقل من حدود مستويات التعرض. وخاصة عند حدوث أي تأثيرات عند المستويات الواطئة من الترددات الراديوية ، وأنها غير قادرة على الكشف عنها بدقة بواسطة الأساليب العلمية الحديثة. بيانات التعرض على المدى الطويل محدودة ، وقد وجد بأن الأدلة عن تأثيرات المستويات المنخفضة المحتملة ضعيفة وغير مستقرة ، وأنه لا يقدم سببا لتغيير

مستوى حدود التعرض . الحدود المبينة في هذه المعايير والتي ترمي إلى الوقاية من الآثار الصحية المعروفة قد لا تمنع أي من التأثيرات المحتملة أو غير المعروفة لمستويات التأثيرات المنخفضة ، على الرغم من أن هامش الامان للمحددات يمكن أن يوفر بعض الحماية ضد هذه مستويات التأثيرات المنخفضة.

وعلاوة على ذلك ، فإن المستويات المرجعية المثبتة في هذه المعايير تستند على افتراض مفهوم "أسوأ حالات التعرض" وخاصة فيما يتعلق بشروط التعرض التي تؤدي إلى التعرض على مستوى المحددات الأساسية. في معظم حالات التعرض لا ينطبق مفهوم شروط "أسوأ حالات التعرض" ، وبالتالي فإن تطبيق المستويات المرجعية ستوفر هامش إضافية للسلامة.

هذه المعيار تحدد الحدود التعرض المهني وحدود تعرض الجمهور. ويحدث التعرض المهني بشكل عام في منطقة السيطرة حيث أن الأشخاص المعرضين على علم بتعرضهم للمخاطر.

من جهة أخرى فإن الجمهور قد لا يكون على بينة من وجود أي مستوى للتعرض من الترددات الراديوية. ويشمل الجمهور جميع الناس من مختلف الفئات العمرية وبحالات صحية مختلفة. أما بعض المخاطر الأخرى مثل التعرض للمواد الكيميائية أو الإشعاع المؤين فهناك فئات من الجمهور تكون أكثر عرضة للآثار الصحية من غيرها. في حين أن الأدلة العلمية لا تشير إلى أن أي الفئات أكثر عرضة لتأثيرات الترددات الراديوية من غيرها في مستويات أقل من حدود التعرض المهني ، وهذا الاحتمال لا يمكن استبعاده.

بالرغم من ذلك فإن هناك احتمال الاختلاف في تعرض بعض الفئات العمرية بالموجات الراديوية دون غيرهم وذلك نتيجة النقاش الجاري الآن حول الآثار الصحية المحتملة الناجمة عن استخدام أجهزة الهاتف الجوال ، فقد قيل إن الأطفال قد يكونون أكثر عرضة من الكبار بسبب عملية النمو والتطور في الجهاز العصبي وزيادة امتصاص الطاقة في أنسجة الرأس. ومع ذلك فإن الأدلة غير كافية لإثبات صحة هذه الفرضية لأجهزة الهاتف الجوال .

المحددات الأساسية لمقدار نروة معدل الامتصاص النوعي SAR تنطبق على جميع الأفراد من مختلف الأحجام بما في ذلك الأطفال. وأظهرت بعض البحوث بأن ترددات الهاتف الجوال تمتص من قبل الأفراد ولا يوجد فرق جوهري في امتصاص الطاقة الراديوية بين رأس الكبار أو رأس الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 3 و 7 سنوات. على الرغم من ذلك ، فإن المحددات الأساسية في هذه المعايير يأخذ بعين الاعتبار الاختلاف في الحجم وخصائص النسيج لجميع الأفراد بما فيهم أطفال.

أشارت بعض البحوث عام (1996) إلى أن البالغين يمتصون من الطاقة نحو 10 % أكثر مما يمتصه طفل يبلغ من العمر خمس سنوات. من الناحية النظرية ، رأس الكبار ينبغي ان يمتص قدر أكبر من القدرة مما يمتصه رأس الطفل بسبب كبر حجم رأس البالغ. استخدام النماذج في الحاسب وضح بأن أعلى ذروة لمستويات المقدار SAR

يحتمل أن تحصل في الأنسجة العضلية للبالغين ، ولكن الذروة المكانية للأطفال يحتمل أن تحصل داخل المخ. بيد أن هذه النتائج قد فندت من قبل الباحث شونبورن وزملاءه Schönborn, (1998) الذين أجروا دراسات تشريحية باستخدام أشباح ( قانتوم ) لرأس الأطفال والكبار ولم يجدوا اختلافات كبيرة في أي من إجمالي الامتصاص أو التوزيع المكاني لذروة SAR. كذلك بحثت مجموعة Schönborn مسألة احتمال الخلافات العمرية المتعلقة في الخصائص العازلية للأنسجة البشرية. وخلصوا بأنه من غير المرجح أن يوجد فرق كبير في خصائص امتصاص أنسجة البالغين والأطفال فوق سن سنة واحدة. بالرغم من أهمية الخصائص الفردية مثل اختلاف الشكل الهندسي للرأس وسمكة و الخصائص العازلية لمختلف أنواع الأنسجة ، فإنه من الواضح أن التوزيع المكاني للمقدار SAR يعتمد بشدة على قرب واتجاه الهاتف الجوال عن الجسم. وفي الختام ، يعتمد التوزيع الدقيق للطاقة على العديد من العوامل منها طريقة عملها والمدى الترددي المعتمد في البلد.

إن اختيار مستويين مستقلين أحدهما لحدود التعرض المهني والآخر للجمهور يوفر أفضل حماية من التعرض .

## 2 – 2 آلية التواشج أو الاقتران بين المجالات والجسم

هناك ثلاث آليات أساسية للاقتران الذي من خلاله يحصل تفاعل مباشرة بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية المتغيرة مع الزمن والمادة الحية للجسم:

- الاقتران بالترددات المنخفضة للمجالات الكهربائية .
- الاقتران بالترددات المنخفضة للمجالات المغناطيسية
- امتصاص الطاقة من المجالات الكهرومغناطيسية .

### 1 – الاقتران بالترددات المنخفضة للمجالات الكهربائية

تفاعل المجالات الكهربائية المتغيرة بمرور الزمن في جسم الإنسان يؤدي إلى تدفق الشحنات الكهربائية (التيار الكهربائي) والذي يؤدي إلى استقطاب الشحنات المقيدة (تشكيل ثنائيات الأقطاب الكهربائية) ، وإعادة تدوير ثنائيات الأقطاب الكهربائية الموجودة بالفعل في الأنسجة. القيمة النسبية للتأثيرات المختلفة من هذه الآثار تعتمد على الخصائص الكهربائية للجسم وهو الإيصالية الكهربائية (التحكم في تدفق التيار الكهربائي) والنفوذية (التحكم في تأثير الاستقطاب) . الإيصالية الكهربائية والنفوذية الكهربائية تعتمد على نوع أنسجة الجسم ، والتردد المطبق. يؤدي المجال الكهربائي خارج الجسم إلى حث شحنات على سطح الجسم ، والتي تؤدي إلى توليد تيارات المستحثة في الجسم ، يتوقف توزيعها على ظروف التعرض ، وعلى حجم وشكل الجسم ، وعلى موضع الجسم في المجال .

### 2 – الاقتران بالترددات المنخفضة للمجالات المغناطيسية

التفاعل المادي بين المجالات المغناطيسية المتغيرة مع الزمن و الجسم البشري يؤدي إلى حث مجالات كهربائية و تيارات دوامة Eddy current. مقدار المجال المستحث ، و كثافة التيار تتناسب مع نصف قطر الحلقة ، الإيصالية الكهربائية للأنسجة ، ومعدل التغير في كثافة الفيض المغناطيسي. عند مقدار وتردد معين للمجال المغناطيسي ، يتولد أعظم مجال كهربائي مستحث عند الحلقة ذات القطر الأكبر. المسار الدقيق ومقدار التيار المستحث في أي جزء من الجسم يعتمد على الموصلية الكهربائية للأنسجة، الجسم غير متجانس كهربائياً ، إلا أن كثافة التيار المستحث يمكن حسابها باستخدام نماذج تشرحية وكهربائية واقعية للجسم والطرق الحاسوبية ، والتي لها درجة عالية من الدقة . قياسات التيارات المستحثة ليست

ضرورية للترددات اقل من 450 كيلو هرتز للعاملين و اقل من 200 كيلو هرتز للجمهور ، أو إذا كانت شدة المجال منخفضه (16 ٪ عند التردد 27 ميغاهرتز). المجالات المغناطيسية الساكنة يمكن أن تتفاعل مع الكائنات الحية بأليات مختلفة من خلال عملية الحث المغناطيسي ، والجسيمات المشحونة التي تتحرك في المجال المغناطيسي يمكن أن تولد مجال كهربائي و تيار كهربائي صغير يسري في الدم، كذلك يمكن أن يحصل الحث عند حركة الكائن في المجال المغناطيسي الساكن وفقا لقانون فراداي وبذلك تتولد تيارات كهربائية صغيرة في الجسم.

التأثيرات الميكانيكية المغناطيسية Magneto mechanical هو آلية أخرى ، يمكن أن تحصل في الجزيئات والتراكيب الكبيرة ، والتي تتجه باتجاه المجال المغناطيسي الساكن (على غرار عمل البوصلة). الآثار البيولوجية لهذا النوع من التفاعل (على الأقل في البشر) يمكن اهمالة ، إذ أن عدد المواد المغناطيسية الطبيعية الموجودة في الجسم قليلة للغاية.

النوع الثالث من التأثير يتصل بالتفاعلات بين الجزيئات. المجال المغناطيسي الساكن يمكن أن يحدث تأثيرا على بعض النواتج الوسيطة للتفاعلات الكيميائية وبذلك يتغير معدل هذه التفاعلات. كما يحصل عند تشكيل الجذور الحرة radicals كمنتجات وسيطة ، لقد وجد بأن التأثير يمكن اكتشافه حتى عند مجال مغناطيسي ساكن شدته 10 ملي تسلا. إلا أن الآثار البيولوجية لم يتم اكتشافها في مثل هذه المجال ذات الشدة المنخفضه.

### 3 - امتصاص الطاقة من المجالات الكهرومغناطيسية

يؤدي التعرض للترددات المنخفضه الكهربائية والمغناطيسية عادة لامتصاص قليل للطاقة لا يمكن قياسه لذلك فان ارتفاع درجة الحرارة في الجسم لا يمكن قياسه كذلك. ومع ذلك ، فان التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية بترددات اكبر من 100 كيلو هرتز يمكن أن يؤدي إلى امتصاص كبير للطاقة وزيادة في درجات الحرارة. بشكل عام ، التعرض لمجال كهرومغناطيسي منتظم ( موجة مستوية )

في حالة الترسيب غير متجانس فان توزيع الطاقة داخل الجسم ، يجب تقييمها عن طريق قياس وحساب الجرعة.

وفيما يتعلق بامتصاص الطاقة من قبل الجسم البشري فان المجالات الكهرومغناطيسية يمكن تقسيمها إلى أربعة مديات :

1 - الترددات من حوالي 100 كيلو هرتز إلى أقل من 20 ميغاهرتز ، والتي يقل فيها الامتصاص في الجذع مع التردد ، و قد يحصل امتصاص كبير في الرقبة و الساقين.

2 - في الترددات التي تتراوح بين 20 ميغاهرتز إلى 300 ميغاهرتز ، يحصل عندها امتصاص عالي نسبيا للجسم كله ، ولمقدار أعلى في الرأس.

3 - في ترددات التي تتراوح بين نحو 300 ميغاهرتز إلى عدة جيجا هرتز ، يحدث عنده امتصاص غير منتظم ؛

4 - في الترددات اكبر من 10 جيجاهيرتز ، والتي يحدث فيها امتصاص للطاقة على سطح الجسم في البداية. تتناسب الطاقة النوعية الممتصة في الأنسجة SAR طرديا مع مربع شدة المجال الكهربائي الداخلي. توزيع الطاقة النوعية الممتصة ومعدلها يمكن قياسه أو تخمينه من القياسات المختبرية والتي تعتمد على العوامل التالية:

1- عوامل المجال الساقط ، مثل التردد ، الشدة ، الاستقطاب ، وترتيب المصدر- الجسم (المجال القريب أو البعيدة) ؛حيث أن المجال البعيد Far Field هو الحيز الذي تكون عنده المسافة عن الهوائي تتجاوز لطول الموجي للمجال الكهرومغناطيسي. في هذه المنطقة يكون المجال المغناطيسي متلاشي ولا يمكن قياسه بشكل واضح بينما يكون قياس المجال الكهربائي مناسباً. أما Near Field المجال القريب هو الحيز الذي تكون عنده المسافة عن الهوائي قريبة وتساوي

$$D \geq 4\lambda$$

حيث أن:

D هي اكبر أبعاد للهوائي



## λ الطول الموجي للمجال

2- تأثير الأرض وتأثيرات الأجسام العاكسة أو التأثيرات الأخرى بالقرب من الجسم المتعرض.

3- خصائص الجسم المعرض ، أي ، الحجم والشكل الداخلي والخارجي و الخصائص العازلة لمختلف الأنسجة.

عندما يكون المحور الطويل للجسم البشري موازيا لمتجه المجال الكهربائي ، وعند شروط التعرض لموجة مستوية (أي التعرض للمجال البعيد) ، فإن الطاقة النوعية الممتصة لكامل الجسم تصل قيمتها إلى الحد الأقصى. تعتمد كمية الطاقة الممتصة على عدد من العوامل ، أهمها حجم الجسم المتعرض وتأريضة. فعندما يكون الجسم غير مورضا فإن التردد الرنيني للامتصاص قريبا من 70 ميغاهرتز. يكون لامتصاص الرنيني للفرد الطويل قليلا ، أما للأفراد القصار البالغين ، الأطفال الرضع ، والأفراد الجالسين فإن التردد الرنيني للامتصاص قد يتجاوز 100 ميغاهرتز. القيم المرجعية للمجال الكهربائي تستند على اعتماد علاقة التردد- والطاقة الممتصة للإنسان على الأرض ، فإن التردد الرنيني يقل بحوالي 2 مرة. بالنسبة لبعض الأجهزة التي تعمل بترددات أعلى من 10 ميغاهرتز (مثل عوازل التسخين والتلفون الجوال) ، تعرض الإنسان يمكن أن يحدث في ظل ظروف المجال القريب .

اعتماد علاقة التردد- والطاقة الممتصة في إطار هذه الظروف تختلف كثيرا عن تلك التي وصفت للمجال البعيد. للمجالات المغناطيسية قد تكون هي المسيطرة في بعض الأجهزة ، مثل الهواتف الجوال ، في بعض ظروف التعرض فإن حسابات النماذج العددية ، وكذلك قياسات التيارات المستحثة في الجسم وشدة المجال الكهربائي مهمة لتقييم التعرض الناتج عن المجال القريب كما في الهواتف الجوال ، وأجهزة الاتصال الراديوية walkie-talkies ، وأبراج الاتصالات ومصادر عوازل التسخين. التعرض الناتج عن المجال القريب لهذه الأجهزة يمكن أن تؤدي

إلى تعرض عالي للطاقة النوعية الممتصة SAR (على سبيل المثال ، في الرأس ، والمعصمين والكاحلين) ، و SAR لكامل الجسم تعتمد اعتمادا شديدا على المسافة الفاصلة بين مصادر الترددات العالية والجسم. وأخيرا فان البيانات التي يتم الحصول عليها عن طريق قياس الطاقة النوعية الممتصة SAR ، تتطابق مع البيانات التي تم الحصول عليها من حسابات النماذج العددية.

الطاقة النوعية الممتصة SAR أو معدلها للجسم باجمعة هي كميات جيدة لمقارنة آثار التعرض الملاحظ في مختلف ظروف التعرض عند الترددات التي تزيد عن 10 جيجا هرتز ، فان عمق نفوذ المجال في الأنسجة يكون قليلا ، لذلك فان SAR ليست جيدة لتقييم الطاقة الممتصة ، وان كثافة القدرة الساقطة المقاسه هي أكثر دقة من قياس كمية الجرعة.

آليات الاقتران غير المباشرة :

هناك نوعان من آليات الاقتران غير المباشرة :

- التيارات الملامسة التي تنتج عندما يحصل اتصال بين جسم الإنسان وأي جسم موصل له جهد كهربائي مختلف (أي عندما يشحن الفرد و الجسم الموصل نتيجة لوجود موجات كهرومغناطيسية EMF )
- الاقتران بين الموجات الكهرومغناطيسية والأجهزة الطبية التي بداخل جسم الإنسان .

يسبب شحن الجسم الموصل بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية EMF تمرر التيارات الكهربائية عبر الجسم البشري. قيمة هذه التيارات وتوزيعها المكاني يعتمد على التردد ، حجم المادة ، حجم الشخص ، ومساحة الاتصال ، و الشحنة العابرة . أو يمكن أن تؤدي إلى حصول التفريغ (شرارة) أو يمكن أن يحدث التعرض للفرد والجسم الموصل في مجال قوي قريب.

الوحدات المستخدمة في هذا الكتاب موضحة في الجدول 2 - 2 .

جدول (2 - 2) كميات الموجات الكهرومغناطيسية ووحداتها بالنظام العالمي

الوحدة	الرمز	الكمية
أمبير (A)	I	التيار
سيمسن/ متر (S/ m)	s	الإصلالية
أمبير / متر <sup>2</sup> (A/ m <sup>2</sup> )	J	كثافة التيار
هرتز (Hz)	f	التردد
أمبير / متر (A/ m)	H	شدة المجال المغناطيسي
تسلا (T) Tesla	B	كثافة الفيض المغناطيسي
هنري/ متر (H/ m)	m	النفاذية المغناطيسية
فراذ/ متر (F/ m)	e	النفاذية
واط / متر <sup>2</sup> (W/ m <sup>2</sup> )	S	كثافة القدرة
جول/ كغم (J/ kg)	SA	الطاقة النوعية الممتصة
واط / كغم (W/kg)	SAR	معدل الطاقة النوعية الممتصة

الآثار المباشرة هي نتيجة التفاعل بين المجال الكهرومغناطيسي ، والأتسجة البيولوجية. فإنها قد تؤدي إلى تأثيرات صحية وبيولوجية . الآثار الصحية غير المباشرة قد تحدث عندما يكون هناك تفاعل بين المجالات الكهرومغناطيسية . في ظل ظروف معينة فإن المجالات الكهرومغناطيسية الخارجية قد تتدخل مع الدوائر الالكترونية للأجهزة الطبية التي تحتوي على الإلكترونيات وقد يؤدي ذلك إلى خلل في هذه الأجهزة والتي تعرض صحة الناس اللذين يستخدموها إلى المخاطر. وتشمل هذه الأجهزة أجهزة صغيرة أو أجهزة مزروعة في بعض الأحيان ، مثل أجهزة السيطرة على النبض في أمراض القلب ، ومضخة الأنسولين

ومقياس السكر في الدم ، وكذلك الأجهزة الأكبر حجماً مثل الكراسي المتحركة الكهربائية. الآثار غير المباشرة تنتج لمشاكل ذات طابع تقني . المجالات الكهربائية الساكنة تحت الشحنات على سطح الجسم ، العتبة لهذا التأثير يحصل عند مجال شدته 20 كيلو فولت / م. وإذا مسك الشخص المشحون المعزول جسم موصل متصل بالأرض ، فقد تحدث شرارة تفريغ صغيرة. كما يحصل مثلاً عند المشي فوق السجاد في بيئة جافة. هذا يتوقف على شدة المجال المتولد والذي تتراوح بين حوالي 10 كيلو فولت / م إلى أكثر من 1200 كيلو فولت / م. هذا التفريغ لا يؤدي إلى آثار صحية ضارة. ومع ذلك قد ، تسبب عدم الارتياح ورنود أفعال . لكنه قد يحدث انزعاج عند مجال شدته أكثر من 25 كيلو فولت / م.

#### التأثيرات الحرارية وغير الحرارية

هنالك فرق كبير بين التأثيرات الحرارية وغير الحرارية في حالة التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية ذات الترددات العالية. التأثير الحراري ينتج عن الترددات الكهرومغناطيسية ذات الترددات فوق 100 كيلو هرتز والذي يمكن أن يمتص في جزيئات المواد التي تحتوي على الماء (مثل الأنسجة البيولوجية) وتحويلها إلى حرارة. التسخين المفرط قد يؤدي إلى آثار صحية أو بيولوجية. بشكل عام فإن التعرض في الحياة اليومية لا ينطوي على تسخين الأنسجة ، وبالتالي لن يؤدي إلى التأثيرات الحرارية. ومع ذلك ، فإن الناس تخاف من أن هذا التعرض قد يؤدي إلى آثار صحية ، كما في بعض الأعراض مثل الصداع والأرق أو حتى من آثار تهدد الحياة مثل الإصابة بالسرطان. لأنه من غير المرجح حدوث التسخين ، وتسمى هذه الآثار غير الحرارية.

في بعض الأحيان فإن التأثير غير الحراري لا ينظر له عند تحليل المعلومات العلمية ، لأنها لا تستخدم كأساس للأدلة الإرشادية للتعرض. لقد قامت المنظمات العلمية بمراجعة جميع الدراسات ذات الصلة ، للتأثيرات غير الحرارية. في العديد

من هذه الدراسات فان التأثيرات البيولوجية غير الحرارية قد وضحت ، ولكن التأثيرات الضارة على الصحة على أساس هذه الآثار لم توضح. ولذلك لا يمكن أن تستخدم كأساس لوضع الأدلة الإرشادية للتعرض. من الجدير بالذكر ، فان ذلك ينطبق على الترددات العالية فقط لان الآثار لتردد المجالات المنخفضة هي بطبيعتها آثار غير حرارية دائما.

## 2 - 3 الأدلة الإرشادية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين

الغرض من الأدلة الإرشادية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين ICNIRP وضع مجموعة متناسقة من الأدلة الإرشادية للتعرض الناتج عن الطيف الكهرومغناطيسي للترددات من 1 هرتز إلى 300 جيجا هرتز. تؤدي الأدلة الإرشادية إلى توفير الوقاية الكافية من الآثار الضارة المباشرة وغير المباشرة على صحة الإنسان من المجالات الكهرومغناطيسية EMF.

على مر السنين ، وضعت ICNIRP نظاما شاملا للوقاية من آثار التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية سمي بمقياس الجرعة Dosimetry. يتضمن النظام المستويات الإرشادية للتعرض وضعت بطريقة واضحة وشفافة ، بعد وضع معايير وخطوات محددة مسبقا. تشمل هذه المعايير اختيار وتقييم دقيق وصارم للمعلومات العلمية. يحتوي هيكل النظام للأدلة الإرشادية (مقياس الجرعة) على ثلاث مقاييس أساسية هي :

### 1 - المحددات الأساسية Basic restrictions

### 2 - المستويات الإرشادية reference levels

التي يكون استخدامها مرنا وعمليا في أي حالة من حالات التعرض و تعرض أي فئة من فئات السكان.

### 3 – عوامل التخفيض Reduction factors

لغرض التعويض عن عدم الدقة و الاحتياط تستخدم عوامل لتخفيض المحددات الأساسية والمستويات الارشادية للتأكد من أنه في ظل الظروف الواقعية فإن التعرض يكون أقل بكثير من حد العتبة للتأثيرات الصحية.

عوامل التخفيض مقدارها يتفاوت تبعاً لدرجة عدم الدقة . بعض الآثار يمكن أن تكون في واقع الأمر بدقة معقولة . عوامل التخفيض تكون قليلة لغرض الحصول على مستويات أقل من الحد الأدنى ( العتبة ) المطلوب ، وعندما تكون الدقة قليلة فإن إدخال عامل تخفيض كبير قد يكون له ما يبرره. استخدام عوامل التخفيض للمحددات الأساسية هو تدبير وقائي، وتجدر الإشارة إلى أن مزيداً من التدابير الوقائية تقوم على النهج المحافظ المعتمد في اشتقاق المستويات المرجعية. عوامل التخفيض توضع بطريقة لضمان الامتثال للمحددات الأساسية في معظم الحالات غير المرغوبة لمجموعة من العوامل التي توصف التعرض. وهذا يعني أن هناك عوامل إضافية هي عوامل التخفيض والتي توضع تحت ظروف واقعية. هذه العوامل قد تكون أعلى بكثير من المحددات الأساسية الموضوعية .

تدرك ICNIRP أن الآثار الطويلة الأجل والتي اقترحتها بعض الدراسات الوبائية هي من نوع التأثيرات الحادة تقريباً ، ولكنها غير مدعومة بما يكفي من البحوث التجريبية ، أو الدراسات عن آليات التفاعل المحتملة. في رأي ICNIRP ، فإن جميع نتائج البحوث المتعلقة بالتعرض إلى المجالات الكهرومغناطيسية EMF واستحداث السرطان أو غيرها من الأمراض ليست قوية بما يكفي لتشكيل قاعدة علمية لوضع مبادئ ارشادية للتعرض. وبشكل عام ، تجدر الإشارة إلى أن التأثيرات طويلة الأمد ذات طابع عشوائي stochastic ، و ينبغي استخدام الاستراتيجيات الوقائية التي تختلف عن المبادئ الارشادية للتعرض. هذه الاستراتيجيات ينبغي أن تقوم على أساس قبول مخاطر معينة ، مع مراعاة طبيعتها

وإبعادها ولكن أيضا على الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية التي تقع خارج نطاق مسؤولية ICNIRP.

عند تقييم الآثار الصحية التي تقوم بها الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة (ICNIRP) ، يمكن تحديد ثلاث خطوات.

**الخطوة الأولى:** يتم تقييم كل دراسة من حيث أهميتها بالنسبة للآثار الصحية التي يجري النظر فيها ، ونوعية الوسائل المستخدمة. تستخدم أوزان مختلفة لتقييم هذه الدراسات ، ولذي يتوقف على مدى قدرتها على تلبية معايير الجودة فيما يتعلق بالتقنيات التجريبية المستخدمة ، وتقييم التعرض ، والسيطرة على الأوضاع البيئية ، وتكرار نتائج هذه التجارب.

**الخطوة الثانية:** تقييم جميع المعلومات ذات الصلة بالتأثيرات الصحية. هذا التقييم عادة ما يتم بشكل منفصل لغرض المعلومات الوبائية ، والفحوص المختبرية للإنسان والدراسات على الحيوان والبحوث في خارج الجسم الحي. وأخيرا ، فإن نتائج الخطوات المذكورة أعلاه مجتمعة تعطي تقييم شامل.

تترك ICNIRP أن هذه العملية تتطوي على بعض الأحكام للحد من التحيز للمواقف الشخصية ، والخطوات المبينة أعلاه تتم بشكل جماعي من قبل اللجنة بأكملها ، ودعم من لجانها الدائمة.

عندما يسمح التقييم الشامل لتحديد التأثير وعلاقة السببية بالتعرض ، ويصبح التأثير معروفا وثابتا. هذه المعايير المستخدمة لتحديد التأثيرات تكون ذات نتائج مكررة ومتطابقة مع دراسات ذات طبيعة مختلفة (مثل البحث عن المعلومات للبحوث خارج وداخل الجسم الحي والتي تعطي نتائج بيولوجية معقولة لتفسير العلاقات الإحصائية في الدراسات الوبائية).

## 1- قياس كميات الجرعات والمحددات الأساسية

### Dosimetric quantities & Basic restrictions

حدود للتعرض لمجالات الترددات الراديوية تكون الإلزامية لأنها تستند على التأثيرات الصحية والتي تسمى المحددات الأساسية. الوقاية من الآثار الصحية الضارة يتطلب عدم تجاوز هذه المحددات الأساسية والتي تعتمد على التردد . الكميات الفيزيائية المستخدمة لتحديد المحددات الأساسية هي كثافة التيار (J) ، ومعدل الامتصاص النوعي (SAR) و الامتصاص النوعي (SA) وكثافة فيض القدرة (S) جدول (3-2).

بيد أن هذه المحددات الأساسية الإلزامية من الصعب قياسها عمليا لقياس. لذلك فإن المستويات المرجعية (المجالات الكهربائية والمغناطيسية ، والتيارات المستحثة في الأطراف، والتيارات الملامسة) ، هي كميات يمكن قياسها عمليا ويمكن أن توفر وسيلة بديلة لإظهار الامتثال للمحددات الأساسية الإلزامية. علما بأن المحددات الأساسية يمكن استبعاد آثارها الصحية بالرغم من ان المستويات المرجعية قد تم تجاوزها. المستويات المرجعية قد صيغت بشكل متحفظ بحيث أن الامتثال للمستويات المرجعية الموضحة في هذه الأدلة الإرشادية تضمن الامتثال للمحددات الأساسية.

### جدول (3-2) بارومترات مقاييس الجرعة والمحددات الأساسية ICNIRP

البارومتر والوحدة	مدى الترددات
كثافة التيار J ( أمبير / م <sup>2</sup> )	1 Hz - 10 MHz
التيار I ( أمبير )	1 Hz - 10 MHz
معدل الامتصاص النوعي SAR (W/kg)	100 kHz - 10 GHz
كثافة القدرة S ( W/m <sup>2</sup> )	10 GHz - 300 GHz
المجال النبضي	
الامتصاص النوعي (J/kg)	300 MHz - 10 GHz



يبين الجدول (2-4) العلاقة بين المحددات الأساسية وما يقابلها من مستويات مرجعية. نوع التأثير البيولوجي الناتج عن التعرض للمجال الكهرومغناطيسي EMF ليس له علاقة بمستوى المجالات الخارجية فقط ، وإنما له علاقة مع تواضع المجال مع الجسم المتعرض.

العلاقة الكمية التي تسبب الآثار البيولوجية الخارجية للتعرض لها بارومترات فعالة للأنسجة المستهدفة عند التعرض المنفرد. ولذلك فإن التأثير يمكن وصفه على نحو أفضل بالكميات التي تعبر عن مدى كفاءة التعرض الخارجي والذي يسبب تأثيرات بيولوجية معينة. وتسمى هذه الكميات بالكميات الفعالة بيولوجيا ، أو مقاييس الجرعة.

ورغم أن العديد من مقاييس الجرعة أدخلت لمديات مختلفة من الطيف للمجال الكهرومغناطيسي EMF ، فإن أكثرها أهمية هي كثافة التيار المستحث ، والتي تكون مناسبة للترددات المنخفضة للمجالات المغناطيسية والكهربائية وحتى إلى ترددات تصل إلى 10 ميغاهرتز) ، الآثار البيولوجية والصحية تعتمد على عدة معايير للتعرض. تشمل ، على سبيل المثال لا الحصر ، شدة المجال الكهرومغناطيسي.

الجدول (2-4) العلاقة بين الأساسي القيود والمستويات المرجعية

المحددات الأساسية	المستويات مرجعية
المستويات اللحظية المكانية لقيمة معدل مربع الجزر التربيعي rms لكثافة التيار للتردد 3 10 MHz - kHz)	المستويات اللحظية لقيمة معدل مربع الجزر التربيعي للمجال الكهربائي E و/أو لمجال المغناطيسي H وتيارات التلامس للتردد (3 kHz - 10 MHz)

معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائي E و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz)	SAR لعموم الجسم للتردد 6 - 100 kHz (GHz)
معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائي E و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz) في الأطراف للساقين وللذراعين للترددات (10 MHz-110 MHz) وتيارات التلامس للتردد (10 MHz-110 MHz)	SAR اللحظية المكانية للأطراف للترددات (100 kHz - 6 GHz)
معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائي E و/أو لمجال المغناطيسي H (100 kHz - 6 GHz)	SAR اللحظية المكانية في الرأس و الجذع (100 kHz - 6 GHz)
معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائي E و/أو لمجال المغناطيسي H وكثافة فيض القدرة للترددات (300 MHz - 6 GHz)	SAR اللحظية المكانية في الرأس للترددات (300 MHz - 6 GHz)
معدل قيمة معدل مربع الجذر التربيعي للمجال الكهربائي E و/أو لمجال المغناطيسي H وكثافة فيض القدرة للترددات (10 MHz - 6 GHz)	SAR اللحظية المكانية في الرأس و الجذع للترددات (10 MHz - 6 GHz)
متوسط الزمن قيمة معدل مربع الجذر التربيعي اللحظية للمجال الكهربائي E و/أو لمجال المغناطيسي H للترددات (6 GHz - 300 GHz)	متوسط الزمن و كثافة فيض القدرة الحظي S للترددات (6 GHz-300 GHz)

تقوم إستراتيجية ICNIRP على تعريف المحددات الأساسية لقياس كميات الجرعات المناسبة بدلا من شدة المجالات نفسها، تكون المحددات الأساسية لكل

مدى من الترددات دون عتبة مناسبة للآثار الحرجة. لبعض المناطق من الطيف الكهرومغناطيسي EMF ، والتي تكون عندها المعلومات المتاحة غير كافية لإثبات الآثار الحرجة بالثقة الكافية ، فإن المحددات الأساسية يمكن الحصول عليها من استقراء الترددات الدنيا والعليا . المحدد الأساسي المهم لقياس الآثار البيولوجية والصحية الذي اعتمده معظم البلدان وأوصت به ICNIRP يهدف إلى ضمان توفير الوقاية للعاملين والجمهور من مجال الموجات الكهرومغناطيسية عالية التردد . هذه الكمية هي معدل الامتصاص النوعي للإشعاع في أنسجة الجسم SAR (Specific Absorption Rate) والتي تقاس بالواط / كغم والذي يرتبط بالتأثير الحراري الناجم عن التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية لتردد أكثر من 10 ميغاهرتز .

معدل الطاقة النوعية الممتصة ، SAR مقياس لامتصاص حرارة الموجات الكهرومغناطيسية من قبل الأنسجة الحية . فهي تمثل عملية انتقال الطاقة من المجالات الكهربائية و المغناطيسية إلى الجسيمات المشحونة في الوسط الماص . ومعدل الامتصاص هو انسياب الطاقة في وحدة الكتلة مقاسا بوحدات الواط / كيلوجرام . وعند الحديث عن أنسجة جسم الإنسان ، فإن ذلك يعني أن معدل الامتصاص هو قياس الحرارة التي تمتصها الأنسجة . وقد عرف معهد المعايير الوطني الأمريكي معدل الامتصاص النوعي بأنه " المعدل الزمني الذي يتم فيه نقل الطاقة الكهرومغناطيسية للترددات الراديوية إلى عنصر أو كتلة في الجسم البيولوجي . تحدد اللجنة الفيدرالية للاتصالات في الولايات المتحدة الحد الأقصى لكثافة الطاقة المنبعثة من الأجهزة التي تعمل على نفس مدى الترددات المخصصة للهواتف الجواله ، بالمقدار 4 ميلي واط/ سم<sup>2</sup> . أما الأجهزة التي يغطي الإشعاع الصادر منها على بعد 20 سنتيمتر من جسم الإنسان ، مثل الهاتف الجوال ، فيكون أقصى معدل امتصاص لها 1.6 واط / كغم .

يتم قياس معدل الامتصاص مباشرة من واقع زيادة الحرارة في منطقة محددة من الأنسجة. ولقياس معدل الامتصاص مباشرة، يلزم توصيل أجهزة قياس درجات الحرارة بالخلية الحية لمستعمل الهاتف وقد أجريت عدة دراسات لتحديد معدل الامتصاص في الأنسجة المعرضة للإشعاعات الضعيفة الصادرة من أجهزة الهاتف النقال. وشملت تلك الدراسات قياس معدل الامتصاص في نماذج من الأنسجة البشرية، وقد أوضحت بعض الدراسات الأمريكية أن الحد الأقصى المعقول للتعرض للإشعاع الذي يمكن التعرض له أثناء الاستعمال العادي للهواتف الجواله، يجب ألا يزيد على 1.6 واط / كغم. وقد توصل العلماء إلى أن تعرض الإنسان للإشعاعات الهوائيه الجواله يجب ألا يتخطى هذه الحدود. وتبين نتائج الدراسات أن الاستعمال العادي المنقطع للهوائيه الجواله من شأنه أن يعرض الإنسان لعدد قليل من الإشعاع لا يصل إلى الحدود القصوى المسموح بها.

ويعرف SAR ، عند نقطة في الوسط الماص بأنها معدل تغير زمن الطاقة المنتقلة إلى الجسيمات المشحونة في حجم منتهي في الصغر في تلك النقطة ، مقسوما على كتلة وحدة الحجم المنتهي في الصغر .

$$SAR = (\partial W / \partial t) \rho_m$$

حيث  $\rho_m$  هو كثافة كتلة الجسم عند تلك النقطة.

تعتمد SAR الموضوعية تعتمد على المجال الكهربائي من خلال المعادلة التالية :

$$SAR = P / \rho_m = \sigma E^2 / \rho_m = \omega \epsilon_0 \epsilon' E^2 / \rho_m$$

حيث أن:

P كثافة القدرة الممتصة

$\sigma$  (S/m) الايصالية الكهربائية للنسيج البشري

E (V/m) المجال الكهربائي الداخلي المقاس

$\rho$  كثافة النسيج البشري ( $\text{kg/m}^3$ )

$\epsilon$  السماحية الكهربائية permittivity

فإذا عرف المجال الكهربائي  $E$  والموصلية عند نقطة داخل الجسم ، (الدماغ) ، فإن SAR في تلك النقطة يمكن إيجادها بسهولة. جميع المعلومات عن العازلية و السماحية للأنسجة موضحة في الجدول (2-4) .

وفي حالة استخدام الهاتف الجوال فإن SAR هي مؤشر على كمية الإشعاع التي يمتصها الرأس ، في النطاق الترددي (100 kHz - 10 GHz). إما ، في المدى الترددي (10 - 300 GHz) فإن المؤشر على كمية الإشعاع التي تمتص قريبا من سطح الجسم هي كثافة القدرة  $S$  والتي تقاس  $\text{W/m}^2$ .

الجدول (2 - 4) خواص عازليه للأنسجة الدماغ البشري

السماحية	الكثافة الكتلية ( $\text{kg/m}^3$ )	الايصالية ( $\Omega/\text{m}$ )	التردد (MHz)
45.8055	1030.0	0.7665	900
43.5449	1030.0	1.1531	1800

#### 2 - 4 أسس الحد من التعرض

وضعت المبادئ الارشادية للحد من التعرض للموجات الكهرومغناطيسية بعد استعراض شامل لجميع البحوث العلمية. المعايير المطبقة في هذه البحوث هو تقدير آثار التعرض كأساس للمحددات المقترحة. علما بان استحداث السرطان الناتج من التعرض للموجات الكهرومغناطيسية على المدى الطويل من التعرض لم يؤخذ في الحساب .

المبادئ الإرشادية المستخدمة تقوم على التأثيرات ذات المدى القصير ، و الآثار الصحية الفورية مثل تحفيز الأعصاب المحيطية والعضلات ، الصدمات ، والحروق التي تسببها اللمس للأجسام الموصلة، وارتفاع درجات الحرارة في الأنسجة الناجمة عن امتصاص الطاقة من خلال التعرض للموجات الكهرومغناطيسية . في حالات التأثيرات المحتملة على المدى الطويل للتعرض ، مثل زيادة خطر الإصابة بالسرطان ،فان هيئة الوقاية الدولية من الإشعاعات غير المؤينة ICNIRP خلصت إلى أن المعلومات المتاحة لا تكفي لتوفير أساسا لتحديد التعرض ، على الرغم من أن الدراسات الوبائية وضعت بعض الفرضيات غير المقنعة على وجود علاقة ممكنة بين التعرض والآثار المسببة للسرطان في مستويات الترددات الواطئة .

لقد تم ملاحظة بعض التأثيرات الجوالة والنسجية العابرة في داخل الجسم الحي نتيجة للتعرض للموجات الكهرومغناطيسية على المدى القصير ولكن مع عدم وجود علاقة واضحة بين التعرض والاستجابة . هذه الدراسات هي ذات قيمة محدودة في تقييم الآثار الصحية لأن الكثير من الاستجابة لم يستدل عليها في داخل الجسم الحي. لذلك فان الدراسات المخبرية وحدها لا تقدم بيانات جديّة وتشكل أساسا ممكن للتقييم الابتدائي للآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية .

المعرضون مهنيا للموجات الكهرومغناطيسية هم السكان البالغين المعرضين للمخاطر المحتملة للموجات الكهرومغناطيسية تحت ظروف معينة ، لذلك عليهم الحذر واتخاذ الاحتياطات المناسبة. على النقيض من ذلك ،فان أفراد الجمهور والمجموعات أو الأفراد من جميع الأعمار والتي تتفاوت حالتهم الصحية ، لا يعلمون بتعرضهم للموجات الكهرومغناطيسية EMF . في كثير من الحالات علاوة على ذلك ، فإن أفراد الجمهور لا يتوقع أن يتخذوا الاحتياطات اللازمة لتجنب أو تقليل التعرض للمخاطر المحتملة للموجات الكهرومغناطيسية . لذلك من الضروري اتخاذ المزيد من القيود الصارمة لتقليل التعرض للجمهور .

محددات المستويات المرجعية لآثار التعرض تعتمد على أساس ، حصول الآثار الصحية والتي تؤثر على الفرد وتسمى المحددات الأساسية ، والتي تعتمد على التردد والكميات الفيزيائية المستخدمة لتحديد أسس المحددات المفروضة على التعرض للموجات الكهرومغناطيسية EMF هي كثافة التيار، الطاقة النوعية الممتصة SAR، وكثافة القدرة.

الوقاية من الآثار الصحية الضارة تتطلب أن تكون المحددات الأساسية لا تتجاوز المستويات المرجعية للتعرض والمستمدة من المقارنة مع الكميات الفيزيائية المقاسة والتي تتطابق مع جميع المستويات المرجعية الواردة في المبادئ التوجيهية الأساسية لهيئة الوقاية من الإشعاعات غير المؤينة . المعلومات عن الآثار البيولوجية و الصحية لتعرض البشر إلى الموجات الكهرومغناطيسية EMF غير كافية ، لذلك فإن تجارب الحيوانات المخبرية يمكن أن توفر الأساس لوضع عوامل السلامة على جميع مستويات التردد وجميع الترددات المحورة frequency modulations . وبالإضافة إلى ذلك فإن عدم الدقة الذي ينبع من نقص في المعرفة بشأن قياس الجرعات المناسبة يجعل هذه المعلومات غير كافية. هناك نوعين من التأثيرات تحدثها الموجات الكهرومغناطيسية :

1- تأثير حراري مباشر، ويؤثر على درجة حرارة الجسم خاصة الأعضاء التي تصلها كميات قليلة من الدم مثل العين وخاصة عدسة العين ويسبب حدوث عتمة العين أو المياه البيضاء، وأيضاً يؤثر على الخصية وينتج عنه انخفاض في عدد وحيوية الحيوانات المنوية وبالتالي انخفاض الخصوبة، وتزداد هذه الآثار الحرارية كلما زادت مدة التعرض لهذه الموجات.

2- تأثير غير حراري، ويحدث من خلال وجود ترددات مختلفة من المجالات الكهرومغناطيسية مما يؤثر على بيولوجية الخلية والتمثيل الحيوي بداخلها وانتقال

أيونات الصوديوم والليوتاسيوم والكالسيوم عبر جدارها، وأن الترددات التي تسببها هذه الموجات تؤثر على كهرباء المخ وعلى النوم.

المتغيرات العامة التي تأخذ بنظر الاعتبار تطوير عوامل السلامة للترددات العالية هي:

• آثار التعرض إلى EMF تحت ظروف بيئية قاسية (ارتفاع درجة الحرارة ، وزيادة مستويات النشاط ---- الخ).

• الحساسية الحرارية العالية في فئات معينة من السكان ، مثل الأفراد غير البالغين / أو كبار السن ، الرضع، الأطفال الصغار ، والأشخاص الذين يعانون من الأمراض أو يتناولون الأدوية التي تؤدي للتحمل الحراري .العوامل الإضافية التالية تأخذ بنظر الاعتبار لاشتقاق المستويات المرجعية للترددات العالية .

• الاختلافات في امتصاص الطاقة الكهربائية من قبل أفراد من مختلفي الأحجام ويختلف اتجاههم من المجال الكهربائي والمغناطيسي ؛

• الانعكاس ، والتركيز ، والتشتت للمجال الساقط ، والتي يمكن أن تؤدي إلى تعزيز الامتصاص الموقعي للطاقة العالية التردد.

الاختلافات في الأسس العلمية المستخدمة لتطوير أساسيات محددات التعرض لمديات مختلفة من الترددات كما يلي:

• للترددات ما بين 1 هرتز و 10 ميغاهرتز ، فإن المحددات الأساسية تعتمد على كثافة التيار التي تؤدي لمنع التأثيرات على وظائف الجهاز العصبي،

• لمدى الترددات بين 100 كيلو هرتز و 10 جيجا هرتز ، يجب أن تفرض المحددات الأساسية على الطاقة النوعية الممتصة SAR لمنع تعرض الجسم

كله ، والإفراط في الإجهاد الحراري الموقعي في النسيج .

• ما بين 100 كيلو هرتز - 10 ميغاهرتز تفرض القيود الأساسية على كل من كثافة التيار و الطاقة النوعية الممتصة SAR



• ما بين 10 ميغاهرتز - 300 جيجا هرتز ، تفرض القيود الأساسية على كثافة التيار لمنع الإفراط في تدفئة أنسجة الجسم ، أو قرب من السطح.

في مدى الترددات التي تتراوح بين بضعة هرتز إلى 1 كيلو هرتز ، لمستويات من كثافة التيارات المستحثة فوق 100 مايكرو أمبير/م<sup>2</sup> ، فإن عتبات التغيرات الحادة تحصل في الجهاز العصبي المركزي للاستثارة وغيرها من الآثار الحادة. وعلى أساس اعتبارات السلامة أعلاه ، تقرر ، بآنة للترددات التي تتراوح بين 1 هرتز إلى 4 كيلو هرتز فإن التعرض المهني يقتصر على المجالات التي تكون فيها كثافة التيار أقل من 10 ملي أمبير / م<sup>2</sup> ، أي استخدام عامل أمان مساويا 10 لعامة الجمهور يضاف عامل أمان آخر مقداره 5 ، وبذلك تطبق محددات تعرض مقدارها 2 ملي أمبير / م<sup>2</sup> ، لترددات مداها أقل من 4 هرتز وأكثر من 1 كيلو هرتز.

الآثار البيولوجية والصحية في المدى الترددي من 10 ميغاهرتز لبضعة جيجا هرتز تتفق مع استجابة الجسم على ارتفاع درجة الحرارة أكثر من درجة سلسيزية واحدة . هذا المستوى من ارتفاع درجة الحرارة ناجم عن تعرض الأفراد في ظل ظروف بيئية معتدلة على الجسم باجمعة فان الطاقة النوعية الممتصة SAR تقرب من 4 واط / كغم لنحو 30 دقيقة. و للجسم باجمعة فان SAR يقرب من 0.4 واط / كغم ، تم اختيار هذه المحددات لكي توفر الحماية الكافية للتعرض المهني. لقد تم وضع عامل أمان إضافي آخر مقداره (5) لتعرض الجمهور والذي يؤثر بمعدل للطاقة النوعية الممتصة SAR على الجسم باجمعة في حدود 0.08 واط / كغم. الحد الأدنى للمحددات الأساسية لتعرض الجمهور تأخذ في الاعتبار اختلاف الأعمار والحالة الصحية.

في مدى الترددات المنخفضة يوجد حاليا عدد قليل من المعلومات التي توضح الصلة بين التيارات العابرة والآثار الصحية. لذلك توصي الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة ICNIRP أن المحددات الحالية الناجمة عن كثافة التيار

المستحث بواسطة المجالات العابرة أو ذروة المجالات القصيرة جدا تعتبر قيم لحظية لذلك لا ينبغي أن يأخذ معدل زمن تأثيرها. المحددات الأساسية لكثافة التيار و SAR ، ومعدلها للجسم باجمعة ، للترددات التي تتراوح بين 1 هرتز و 10 جيجا هيرتز موضحة في الجدول (2- 5) ، وتلك لكثافة القدرة للترددات 10-300 جيجا هيرتز موضحة في الجدول (2- 6)

الجدول 5 - 2 المحددات الأساسية للمجال الكهربائي والمغناطيسي للترددات أكثر من 10 GHz \*

خواص التعرض	مدى التردد	كثافة التيار للرأس والجذع mA/ m <sup>2</sup>	SAR لعموم الجسم (W/ kg)	SAR الموضعية للرأس والجذع (W/ kg)	SAR الموضعية للأطراف (W/ kg)
التعرض المهني	أكثر من 1 هرتز	40	-	-	-
	1 - 4 هرتز	40/f	-	-	-
	4 هرتز - 1 كيلو هرتز	10	-	-	-
	1 - 100 كيلو هرتز	f/100	-	-	-
	100 كيلو هرتز - 10 ميغا هرتز	f/100	0.4	10	20
	10 ميغا هرتز - 10 جيجا هرتز	-	0.4	10	20
تعرض الجمهور	أكثر من 1 هرتز	8	-	-	-
	1 - 4 هرتز	8\ f	-	-	-

-	-	-	2	4 هرتز - 1 كيلو هرتز
-	-	-	f/500	1 - 100 كيلو هرتز
4	2	0.08	f/500	100 كيلو هرتز - 10 ميغا هرتز
4	2	0.08		10 ميغا هرتز - 10 جيجا هرتز

\* ملاحظات

1- f التردد مقاسا بالهرتز.

2- بسبب عدم التجانس الكهربائي للجسم، فإن كثافة التيار ينبغي أن تكون كمعدل لمقطع عرضي مقداره 1 cm<sup>2</sup> عمودي على اتجاه التيار.

3- ترددات تصل إلى 100 كيلو هرتز، قيمة ذروة كثافة التيار يمكن الحصول عليها عن طريق ضرب قيمة متوسط الجذر التربيعي ( $\sqrt{2} = 1.414$ ) لنبضات فترتها tp من التردد المعادل الذي يطبق إلى المحددات الأساسية التي ينبغي أن يحسب كما  $f = (1 / 2tp)$ .

4 - لترددات نبضية تصل إلى 100 كيلو هرتز للمجالات المغناطيسية، والحد الأقصى لكثافة التيار المرتبطة بالنبضة والتي يمكن حسابها من ارتفاع /أو انخفاض الزمن والحد الأقصى لمعدل تغير كثافة الفيض المغناطيسي. كثافة التيار المستحدث يمكن مقارنتها مع المحددات الأساسية المناسبة.

5- جميع قيم SAR يجب أن يأخذ معدلها في أي فترة مقدارها 6 دقائق.

6- SAR الموقعة يأخذ معدل كتلتها عند أي 10 غرام من الأنسجة المتجاورة؛ الحد الأقصى للمقدار SAR الذي نحصل عليه ينبغي أن يكون مساويا للقيمة المقدرة للتعرض.

7- لنبضات فترتها tp فإن التردد المعادل الذي يطبق للمحددات الأساسية ينبغي أن تحسب كما  $f = (1 / 2tp)$ . وبالإضافة إلى ذلك التعرض للنبضات في مدى التردد

0.3 إلى 10 جيجا هرتز ، وإلى التعرض الموضعي للرأس ، وذلك من أجل الحد من أو تجنب الآثار السمعية الناجمة عن التوسع المرن الحراري ، يوصى بإضافة المحددات الأساسية. هو أن SAR لا ينبغي أن يتجاوز 10 مللي جول/كغم للعاملين و 21 مللي جول/كغم للجمهور كمعدل لكتلة 10غم من الأنسجة.

خواص التعرض	كثافة القدرة ( $W/m^2$ )
التعرض المهني	50
التعرض للجمهور	10

• ملاحظات

1. كثافة القدرة يأخذ معدلها إلى 50 سم<sup>2</sup> في أي منطقة للتعرض أو أي فترة زمنية مساوية  $68/f^{1.05}$  (حيث  $f$  في جيجا هرتز) للتعويض عن أقصر عمق تغلغل تدريجي كلما زاد التردد.
  2. الحد الأقصى لكثافة القدرة المكانية، (حيث  $f$  في جيجا هرتز) كمعدل لمساحة 1 سم<sup>2</sup> ، ولا ينبغي أن يزيد 20 مرة من القيم أعلاه.
- ويوضح الشكل ( 1 - 2 ) المحددات التي أوصت بها الهيئة الدولية للإشعاع غير المؤين لكل من معدل للطاقة النوعية الممتصة SAR وكثافة القدرة S
- الشكل ( 1 - 2 ) محدّدات ICNIRP لتعرض العاملين



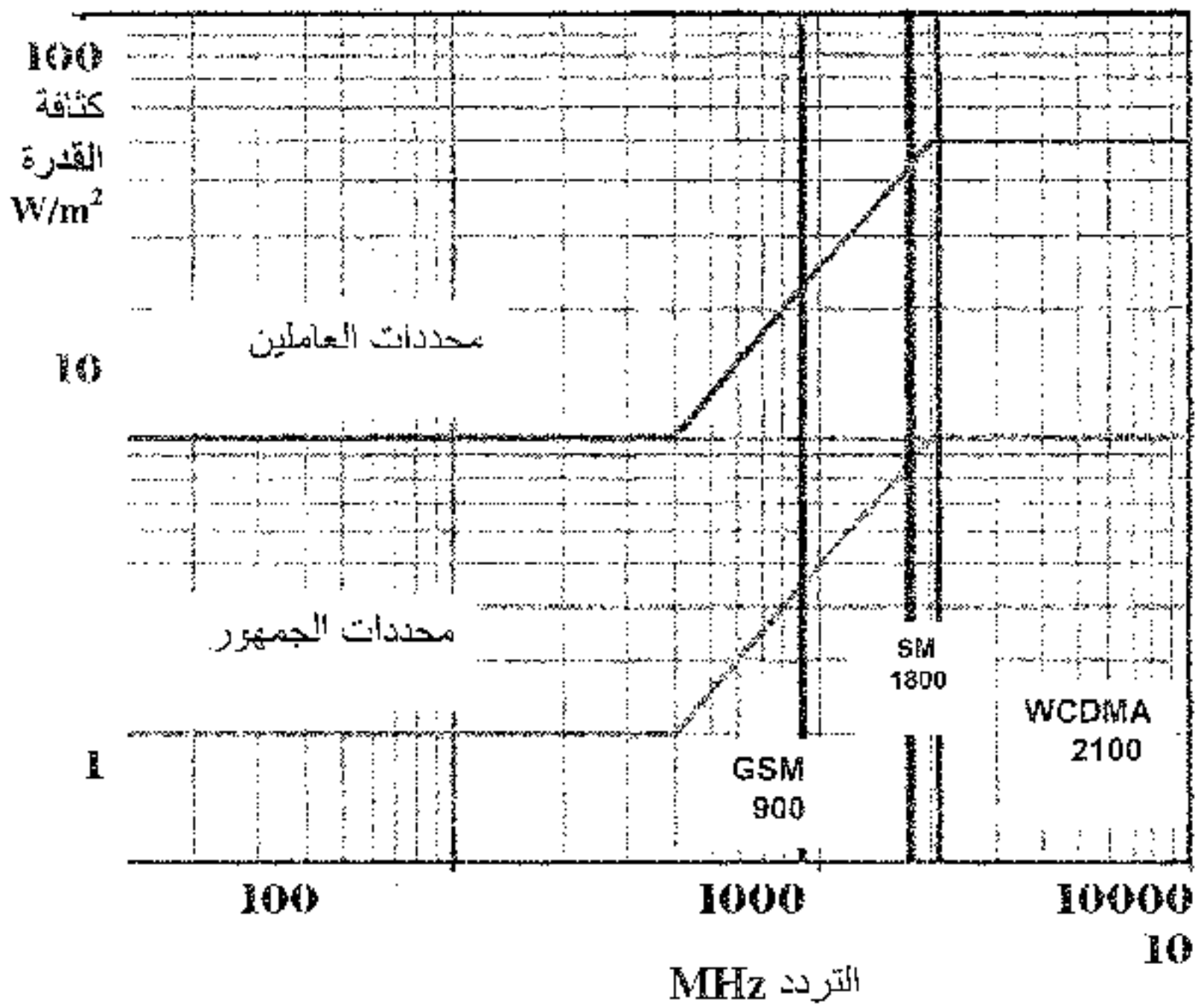
للرأس والجذع =  
SAR  
10 W/kg  
لنسيج 10 غم

للأطراف SAR = 20  
W/kg لنسيج 10 غم

لعموم الجسم  
 $0.4 W/kg = SAR$   
كثافة القدرة  
 $10 W/m^2$  لتردد 10-400 MHz  
 $f/40 W/m^2$  لتردد 400-2000 MHz  
 $50 W/m^2$  لتردد 2-300 GHz  
( $f$  = التردد MHz)

للتقييم العملي ، وباستخدام المراقبة الميدانية ، فإن المستويات المرجعية ICNIRP تعتمد على التردد ، والتي تسمى كثافة القدرة (S) ، وشدة المجال الكهربائي (E) وشدة المجال المغناطيسي (H). المستويات المرجعية يمكن استخدامها لإظهار امتثالها مع حدود SAR.

في مدى التردد من 10 ميغاهرتز و 10 جيجا هرتز ، وحدود التعرض للموجات الكهرومغناطيسية تقاس بمعدل الامتصاص النوعي SAR والموضحة في الشكلين (2-2) و (3-2) و الجدول (7-2) .  
الشكل (2-2) محددات كثافة القدرة



ملاحظة: هذه المحددات تطبق لمعدل تعرض لفترة 6 دقيقة.

الشكل (2 - 3) الحدود المعيارية المشتقة للنوع GSM 1800  
التأثيرات الظاهرة  
تبدأ التأثيرات الحرارية عند SAR - 4  
W/kg



SAR لعموم الجسم اكبر من 0.4



تنقص بمعامل 10  
محددات التعرض للعاملين  
W/kg



SAR لعموم الجسم اكبر من 0,08



ينقص بمعامل 5  
محددات التعرض للجمهور  
W/kg



المجال الكهربائي E اكبر من 59 V/m  
المجال المغناطيسي H اكبر من 0.16  
فيض كثافة القدرة S اكبر من 9.2

حصول أسوأ حالة



المستوى المرجعي

V/m

W/m<sup>2</sup>

جدول ( 2-7 ) محددات SAR

محددات ICNIRP		نوع التعرض	
SAR الموضعي كمعدل على 10 غم من الأنسجة للراس والجذع للأطراف		معدل SAR لعموم الجسم	
20 W/kg	10 W/kg	0.4 W/kg	حدود تعرض العاملين
4 W/kg	2 W/kg	0.08 W/kg	حدود تعرض الجمهور

ولكن تجاوز المستويات المرجعية لا يعني بالضرورة أن SAR تجاوزت الحدود المرجعية لمستويات كثافة القدرة.

يمكن تقليل الآثار البيولوجية للهاتف النقال باستخدام تقانة الحماية البيولوجية من المجالات الكهرومغناطيسية ، وهي تقنية تهدف إلى تقليل الآثار البيولوجية وبالتالي تقليل الآثار الصحية الناتجة من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية للهاتف النقال . الحماية البيولوجية هي تكنولوجيا تم تطويرها نتيجة لجهد بحثي كبير بتمويل من الجيش الأمريكي. وتم الحماية البيولوجية من خلال تراكب (تداخل) المجالات الكهرومغناطيسية الطبيعية وهي المجالات الكهرومغناطيسية الطبيعية المماثلة للمجالات العشوائية (الضوضاء الكهرومغناطيسية) مع المجالات الكهرومغناطيسية الخطرة ذات الترددات العالية .

يتولد من التداخل موجات كهرومغناطيسية حول الخلايا البيولوجية تمنع حصول أي تغييرات على الكيمياء الحيوية للخلايا. يمكن توليد موجات الضوضاء وهي الموجات الكهرومغناطيسية ذات الترددات الواطئة ELF والتي تتراوح بين 60 - 50 هرتز والتي تتبعث من دوائر الهاتف أو خطوط نقل الطاقة الكهربائية.

يمكن توليد موجات الضوضاء بواسطة رقائق نقيقة مثبتة في بطاريات الهواتف الجوالة والتي تزيل الآثار البيولوجية الناجمة عن الموجات المايكروويه المنبثقة من هوائي الهاتف .

هذه التقنية قد تم اختبارها بنجاح في خمس جامعات مختلفة أمريكية وكندية و دنماركية بشكل مستقل على النظم البيولوجية، و في جميع التجارب تبين إزالة المجالات الكهرومغناطيسية الخطرة حول الخلايا و القضاء على الآثار البيولوجية. المجالات الكهرومغناطيسية للحماية البيولوجية لن تتداخل على الإطلاق مع عمل أو مدى الهواتف الجواله لان مجال الضوضاء المنبعث له تردد مختلف تماما عن تردد تشغيل الهاتف.

كذلك فان الرقائق في البطاريات لا تؤثر على التحدث وزمن الانتظار لان عملية توليدها لا يتطلب سوى نسبة ضئيلة (نحو 0.5 %) من طاقة البطاريات ولا تؤثر على الهواتف الأخرى أو الأجهزة الكهربائية . هذه التكنولوجيا تولد حماية بيولوجية ، للرأس والجزء العلوي من الجسم عندما يوضع الهاتف على الأذن ، وعندما يوضع الهاتف في الحزام تتولد الحماية البيولوجية ، للورك ،خاع العظم ، الأجهزة التناسلية، وغيرها من أجزاء الجسم الحيوية في هذه المنطقة. تكنولوجيا المجالات الكهرومغناطيسية للحماية البيولوجية لن تقضي على تدفئة النسيج الحي و الإزعاج المرتبطة بذلك. علما بان التأثير البيولوجي ليست بالضرورة أن يكون مرتبطا بالتدفئة. أي أن الحماية البيولوجية تزيل التأثيرات البيولوجية الأخرى والتي لا ترتبط بالتدفئة ، وكذلك سيتم القضاء على حث التوتر لبروتين الإجهاد. أي إن هذه الحماية تكون فعالة من التأثيرات غير المرتبطة بالحرارة. استعمال الحماية البيولوجية سوف يزيل الآثار البيولوجية التي لا ترتبط بالتدفئة. وعندما يشعر مستخدم الهاتف بالإزعاج نتيجة التدفئة الفعلية ، فيمكن الجمع بين الحماية البيولوجية والدروع أو سماعة الأذن.



## 2 - 5 المستويات المرجعية reference levels للموجات الراديوية

بسبب الصعوبات العملية في قياس أو حساب الجرعة الناتجة عن الإشعاعات غير المؤينة ففي هذه الحالة تستخدم المستويات المرجعية التي تعبر بشكل مباشر بكميات قابلة لقياس التعرض الخارجي ( مثل كثافة القدرة ،شدة المجال الكهربائي أو شدة المجال المغناطيسي) .

هذه الإستراتيجية تكون محافظة. أي أن استخدام المستويات المرجعية يضمن في الواقع الامتثال للمحددات الأساسية ، نظرا لأن العلاقات بينها وضعت لتحقيق شروط أقصى قدر من الاقتران ( التوافق ) بين المجالات الخارجية والشخص المعرض. وعلى الجانب الآخر ، فإن تجاوز المستويات المرجعية لا يعني بالضرورة تجاوز المحددات الأساسية ؛وإذا حصلت هذه الحالة أو لم تحصل فينبغي أن نتأكد من خلال تحقيق مزيد من التقصي . الجدولين ( 2-8 ) و ( 2-9 ). يلخصان مستويات مرجعية للتعرض المهني ولتعرض للجمهور ، على التوالي ، والمستويات المرجعية موضحة في الشكلين ( 2 - 4 ) و ( 2 - 5 ) . لذلك فإن المستويات عبارة عن متوسط القيم على عموم الجسم للفرد المعرض، ولكن مع شرط أساسي هام وهو عدم تجاوز المحددات المفروضة للتعرض. لمجالات التردد المنخفض ، هناك عدة أساليب حسابية وطرق القياس قد طورت لوضع محددات المستويات المرجعية الأساسية .

توجد بعض الدول التي لا تستخدم المستويات المرجعية ICNIRP وإنما تضع قيم خاصة بها تتسجم وقوانينها الوطنية كما في الجدول ( 2-10 ).

عمليات التبسيط التي استخدمت حتى الآن لم تأخذ بنظر الاعتبار بعض الظواهر مثل عدم انتظام التوزيع وتباين الخواص للإيصالية الكهربائية وغيرها من عوامل الأنسجة ذات الأهمية بالنسبة لهذه الحسابات. اعتماد الترددات المرجعية على مستوى المجال تتطابق مع المعلومات عن الآثار البيولوجية واقتران هذا المجال. نماذج المجال المغناطيسي نفترض أن الجسم له إيصالية متجانسة ومتماثلة وتطبق

نماذج الحلقة الدائرية البسيطة للموصل لتقدير التيارات المستحثة في مختلف الأعضاء وأجهزة الجسم والمناطق ، مثال ، الرأس ، وذلك باستخدام المعادلة التالية لمجال منحنى عند تردده  $f$  يمكن اشتقاقه من قانون الحث لفاراداي

$$J = n R f \sigma B,$$

حيث أن  $B$  كثافة الفيض المغناطيسي  
 $R$  هو نصف قطرها الحلقة للحث التيار.

جدول ( 2- 8) المستويات المرجعية للتعرض المهني للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن \*

كثافة القدرة للموجات المستوية ( $S_q$ ) ( $W/m^2$ )	الفيض المغناطيسي $B$ ( $\mu T$ )	المجال الكهربائي $E$ ( $V/m$ )	المجال المغناطيسي ( $H$ ) ( $A/m$ )	المدى الترددي ( $f$ )
—	$2 \times 10^5$	—	$163 \times 10^3$	$< 1$ Hz
—		20,000	$163 \times 10^3/f^2$	1 - 8 Hz
—	$2.5 \times 10^4/f$	20,000	$2.0 \times 10^4/f$	8 - 25 Hz
—	$25/f$	$500/f$	$20/f$	0.025 - 0.82 kHz
—	30.7	610	24.4	0.82 - 65 kHz
—	$2.0/f$	610	$1.6/f$	0.065 - 1 MHz
—	$2.0/f$	$610/f$	$1.6/f$	1 - 10 MHz
10	0.2	61	0.16	10 - 400 MHz
$f/40$	$0.01 f^{1/2}$	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	400 - 2,000 MHz
50	0.45	137	0.36	2 - 300 GHz

## الملاحظات :

- 1 - f كما هو مبين في العمود لمديات التردد.
  - 2 - على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ، ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.
  - 3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ،  $(S_q)$  ،  $E^2$  ،  $H^2$  ، و  $B^2$  يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.
  - 4 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.
  - 5 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز. كما في الشكلين 1 و 2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميغاهرتز ، وذروة القيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عند 100 كيلو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميغاهرتز. لترددات تزيد عن 10 ميغاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة تتأخذ عند معدل خلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات  $(S_q)$  ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.
  - 6 - لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ،  $S_q$  ،  $E^2$  ،  $H^2$  ، و  $B^2$  يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل  $1.05/68f$  دقيقة (f يقاس في جيجا هرتز).
  - 7 - لا توجد قيمة للمجال الكهربائي E للترددات ، 1 Hz ، وهي عبارة عن الكهربائية الساكنة. يكون معلوماً بان للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث في مجال شدته أقل من 25 kV/m. التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه.
- المستويات المرجعية الأساسية تم الحصول عليها من المحددات الأساسية بواسطة النماذج الرياضية والاستقراء من نتائج الفحوص المختبرية لترددات محددة. تعطى عند شرط الحد الأقصى لاقتزان المجال و الفرد المتعرض ، وبالتالي توفير الحماية القصوى.

الجدول ( 2-9 ) المستويات المرجعية لتعرض الجمهور للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن \*

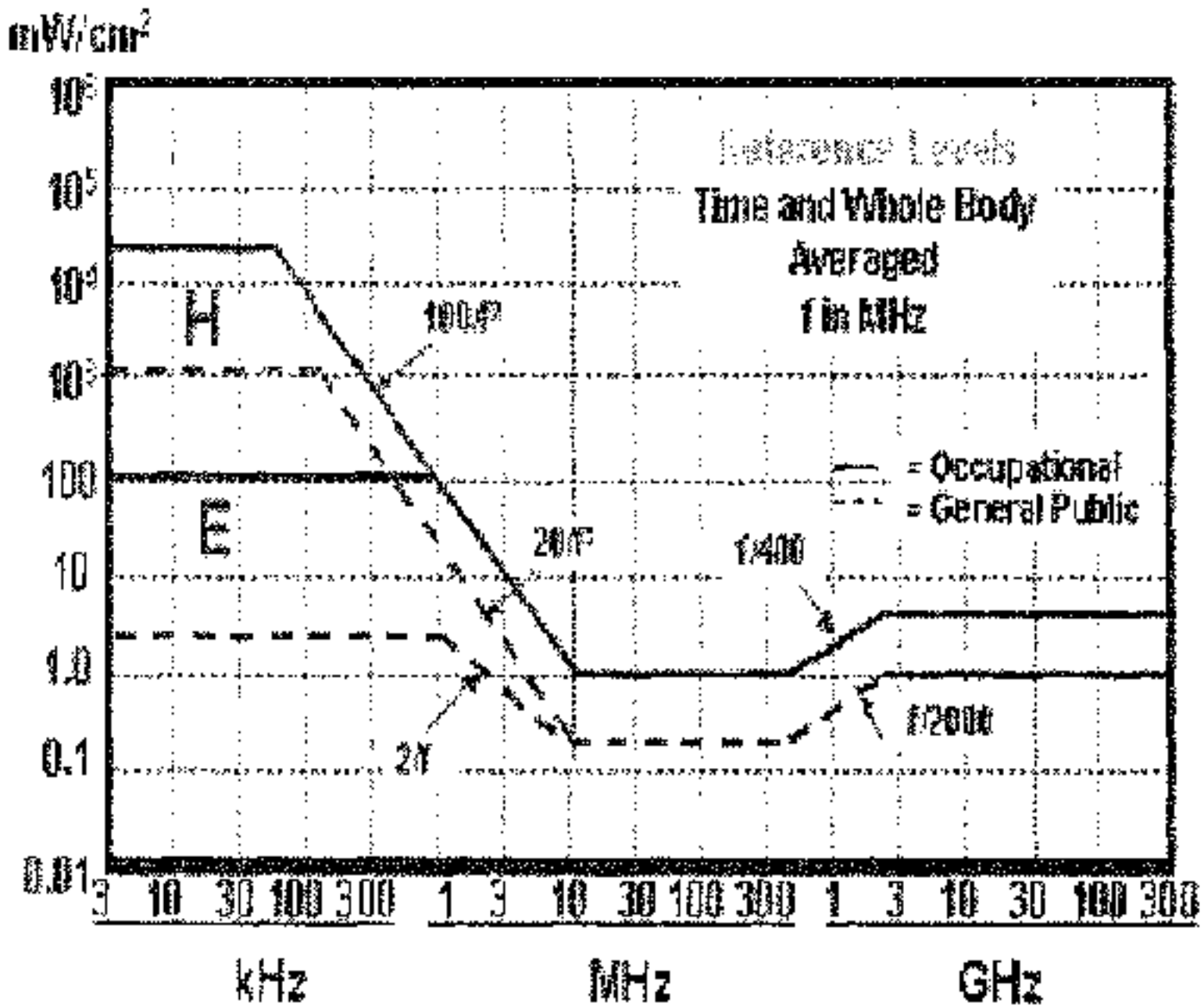
كثافة القدرة للموجات (S <sub>q</sub> ) المستوية (W/m <sup>2</sup> )	الفيض المغناطيسي B (μT)	المجال الكهربائي (V/m) (E)	المجال المغناطيسي (A/m) (H)	مدى التردد (f)
—	4 x 10 <sup>4</sup>	—	3.2 x 10 <sup>4</sup>	أكبر 1 Hz من
—	4 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	10,000	3.2x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	1 - 8 Hz
—	5000/f	10,000	4000 /f	8 - 25 Hz
—	5/f	250/f	4/f	0.025– 0.8 kHz
—	6.25	250/f	5	0.8–3 kHz
—	6.25	87	5	3–150 kHz
—	0.92/f	87	0.73/f	0.15–1 MHz
-	0.92/f	87/f <sup>1/2</sup>	0.73/f	1–10 MHz
2	0.092	28	0.073	10–400 MHz
f/200	0.0046f <sup>1/2</sup>	1.375f <sup>1/2</sup>	0.0037f <sup>1/2</sup>	400– 2,000 MHz
10	0.20	61	0.16	2 - 300 GHz

الملاحظات :

- 1 - F كما هو مبين في العمود لمديات التردد.
- 2 - على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ، ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.
- 3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ،  $(S_q)$  ،  $E^2$  ،  $H^2$  ، و  $B^2$  يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.

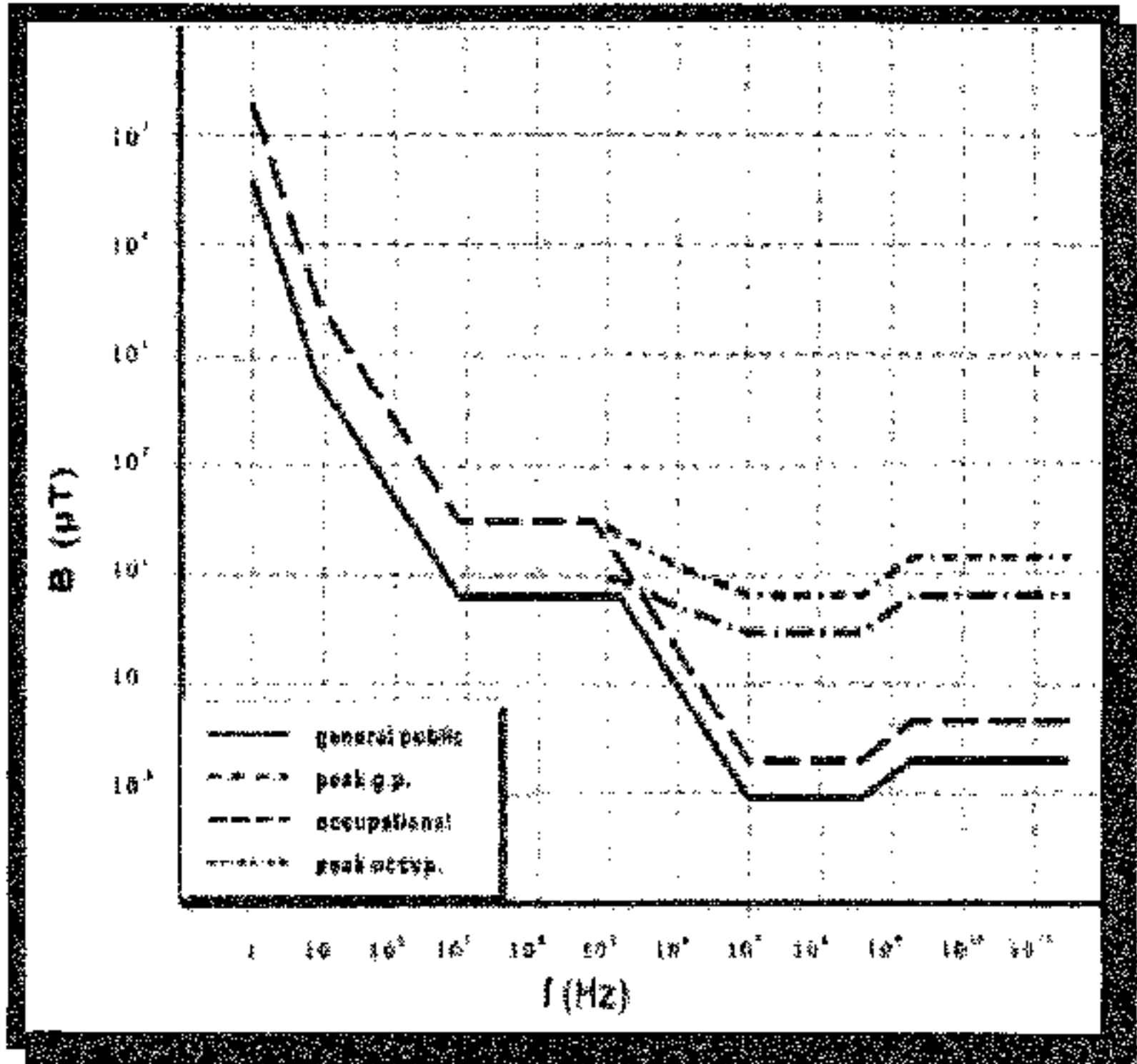
شكل ( 2 - 4 ) المستويات المرجعية للتعرض من المجال الكهربائي المتغير مع الزمن

- ذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.



- 5 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز. كما في الشكلين 1 و 2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميغاهرتز ، وذروة القيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عند 100 كيلو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميغاهرتز. لترددات تزيد عن 10 ميغاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة ، تأخذ عند معدل خلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات ( $S_q$ ) ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.
- 6 - لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ،  $S_q$  ،  $E^2$  ،  $H^2$  ، و  $B^2$  يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل  $1.05 \cdot 68/f$  دقيقة ( $f$  يقاس في جيجا هرتز).
- 7 - لا توجد قيمة للمجال الكهربائي  $E$  للترددات ،  $1 \text{ Hz}$  ، وهي عبارة عن الكهربائية الساكنة. يكون معلوماً بأن للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث في مجال شدته أقل من  $25 \text{ kV/m}$ . التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه. النماذج الأكثر تعقيداً تستخدم النموذج البيضوي لغرض تمثيل الجذع أو عموم الجسم لتقدير كثافة التيار المستحث على سطح الجسم وللسهولة نفرض أن الموصلية متجانسة مقدارها  $0.2$  سيمنس/متر ، عند التردد 50 هرتز ، كثافة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا تولد كثافة تيار بين 0.2 و 2 ملي أمبير/م<sup>2</sup> في محيط الجسم . وفقاً لتحليل آخر ، عند التردد 60 هرتز ، كثافة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا تولد كثافة تيار 0.28 أمبير/م<sup>2</sup> . والحسابات الأكثر واقعية تقوم على النماذج التشريحية الكهربائية أدى إلى أن يكون الحد الأقصى لكثافة التيار تتجاوز 2 أمبير/م<sup>2</sup> لكثافة الفيض المغناطيسي 100 مايكروتسلا وتردد 60 هرتز. ومع ذلك ، فإن وجود الخلايا البيولوجية يؤثر على التوزيع المكاني لنمط التيارات المستحثة والمجالات ، مما يؤدي إلى اختلافات جوهرية في كل من مقدار

الشكل (2-5) المستويات المرجعية للتعرض من المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن



وأنماط تدفق التيار المستحث مقارنة مع تلك التي تم تقييمها باستخدام التحليلات البسيطة

تمادج المجال الكهربائي يجب أن تأخذ في الاعتبار حقيقة أنه ، اعتمادا على ظروف التعرض والحجم والشكل ، وموقع الجسم المتعرض من هذا المجال ، فإن كثافة الشحنة يمكن أن تختلف اختلافا كبيرا ، مما أدى إلى توزيع متغير وغير متجانس للتيارات داخل الجسم . المجالات الكهربائية اللولبية عند ترددات تقل عن

10 ميغاهرتز ، فان مقدار كثافة التيار المستحث داخل الجسم يزداد مع زيادة التردد.

يتناسب توزيع كثافة التيار المستحث عكسياً مع المقطع العرضي للجسم والتي قد تكون مرتفعة نسبياً في الرقبة والكاحلين. عند مستوى تعرض 5 كيلو فولت /ملم للجمهور ففي أسوأ الأحوال فان كثافة التيار المستحث تصل حوالي 2 ملي أمبير /م<sup>2</sup> في الرقبة والجذع من الجسم إذ كان متجه المجال موازياً لمحور الجسم ، ومع ذلك فان كثافة التيار المستحث عن 5 كيلو فولت /متر سوف تتطابق مع المحددات الأساسية للتعرض في أسوأ الحالات.

الجدول ( 2- 10 ) حدود المستويات المرجعية لبعض الدول

الحدود عند تردد 900 MHz	الدولة
27.46 V/m	استراليا
6.14 V/m	روسيا
3 V/m	الصين
4 V/m	السويد
6.67 V/m 20.58 V/m	بولندا بلجيكا
6.14 V/m	بلغاريا
3.88 V/m	سويسرا
41,25 V/m	تركيا



ولأغراض إظهار التطابق بين المحددات الأساسية المرجعية للمجالات الكهربائية و المغناطيسية يجب أن تأخذ كل على حدة وليس بإضافتها. بالنسبة للحالات الخاصة للتعرض المهني بترددات تصل إلى 100 كيلو هرتز ، والمجالات الكهربائية المشتقة قابلة للزيادة بعامل مقداره 2 في ظل الظروف التي تكون فيها الآثار الوخيمة غير المباشرة الناتجة عن اتصال الجسم مع مادة موصلة كهربائياً يمكن استبعادها عند ترددات أكبر من 10 ميغاهرتز ، يمكن الحصول على شدة المجال الكهربائي والمغناطيسي المشتق من المحددات الأساسية للطاقة النوعية الممتصة لعموم الجسم تم الحصول عليها من الطاقة النوعية الممتصة لعموم الجسم باستخدام البيانات الحسابية والتجريبية. في أسوأ الأحوال ، تصل طاقة للمزاوجة القصوى بين 20 ميغاهرتز ، و عدة مئات من ميغاهرتز. في هذا المدى من الترددات ، تصل المستويات المرجعية الحد الأدنى من القيم. المستويات المرجعية لشدة المجال المغناطيسي تم حسابها من شدة المجال الكهربائي عن طريق استخدام العلاقة بين E و H للمجال البعيد ( $E/H = 377$  أوم). أما في المجال القريب ، فإن منحنيات تردد الطاقة النوعية الممتصة لم تعد صالحة ، علاوة على ذلك فإن مساهمات مركبات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي سينظر لها بشكل منفصل. ولقيم تقريبية محافظة ، فإن مستويات التعرض للمجال يمكن استخدامها في تقييم المجال القريب لأن اقتران الطاقة الكهربائية من مساهمات المجال الكهربائي و المغناطيسي لا يمكن أن تتجاوز المحددات المفروضة على الطاقة النوعية الممتصة لعموم الجسم . ولتقييم أقل تحفظاً فإن المستويات المرجعية لتعرض الجمهور قد تم الحصول عليها من التعرض المهني باستخدام العوامل المختلفة على كامل المدى الترددي. هذه العوامل قد اختيرت على أساس التأثيرات التي تعرف بمدى الترددات المختلفة وبصفة عامة ، من العوامل الأساسية لمتابعة المحددات على كامل المدى الترددي ، وقيمها وتتفق مع العلاقة الرياضية بين كميات المحددات الأساسية و المستويات المشتقة على النحو المبين أدناه :

- في المدى الترددي الذي يصل إلى 1 كيلو هرتز ، المستويات المرجعية لعموم الجمهور للمجال الكهربائي تصل نصف القيم المحددة للتعرض المهني. قيمة الجهد الكهربائي 10 كيلو فولتاً ملم عند التردد 50 هرتز أو 8.3 فولتاً ملم عند التردد 60 هرتز للتعرض المهني ويتضمن ما يكفي من هامش أمان للوقاية لمنع آثار التحفيز من التيارات الملامسة في جميع الظروف الممكنة. نصف هذه القيمة قد تم اختيارها كمستويات مرجعية لعامة الجمهور. مثل 5 كيلو فولتاً ملم لتردد 50 هرتز أو 4.2 كيلو فولتاً ملم لتردد 60 هرتز. في المدى الترددي 100 كيلو هرتز - 10 ميغاهرتز ، منع الآثار الوخيمة غير المباشرة لأكثر من 90 ٪ من الأفراد المعرضين.
- عند الترددات المنخفضة وحتى المدى 100 كيلو هرتز فإن المستويات المرجعية للمجال المغناطيسي لعامة الناس قد خفضت بعامل 5 عن القيم الموضوعة للتعرض المهني.
- في المدى الترددي 100 كيلو هرتز 10 ميغاهرتز ، فإن المستويات المرجعية لمجال المغناطيسي للجمهور قد زادت مقارنة مع الأدلة الإرشادية الموضوعة عام 1988. في تلك الأدلة الإرشادية ، فإن شدة المجال المغناطيسي المرجعية قد تم حسابها من القيم المرجعية لمستويات المجال الكهربائي باستخدام.
- الصيغة المتعلقة بشدة المجال الكهربائي E و المجال المغناطيسي H المجال البعيد. هذه المستويات المرجعية مستويات محافظة جداً ، لأن المجال المغناطيسي في ترددات تقل عن 10 ميغاهرتز لا تساهم مساهمة كبيرة في خطر الصعقات الكهربائية ، والحروق ، وأثار الشحنات السطحية أو التي تكون أساساً كبيراً للحد من التعرض المهني للمجالات الكهربائية عند تلك المنيات.
- عند مدى الترددات العالية 10 ميغاهرتز - 10 جيجا هرتز ؛ المستويات المرجعية للجمهور للمجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية تكون أقل بواقع 2.2 من تلك التي وضعت للتعرض المهني. العامل 2.2 يقابل الجذر

التربيعي للعدد 5 ، وهو عامل الأمان بين حدود التعرض الأساسي المهني لتعرض للجمهور. الجذر التربيعي يستخدم لربط كميات شدة المجال و كثافة القدرة.

• في مدى الترددات 10-300 جيجا هرتز ، فإن المستويات المرجعية للجمهور ، يمكن تعريفها بواسطة كثافة القدرة، كما هو الحال في المحددات الأساسية والتي نقل بعامل مقداره 5 من محددات التعرض المهني .

• بالرغم من قلة المعلومات المتاحة عن العلاقة بين الآثار البيولوجية و ذروة القيم للمجال النبضي ، لقد تم الاقتراح بأنه بالنسبة للترددات التي تزيد على 10 ميغاهرتز ، فإن معدل المقدار  $S_{eff}$  خلال عرض النبضة ينبغي أن لا يتجاوز 1000 مرة من المستويات المرجعية أو أن شدة المجال ينبغي أن لا يتجاوز 32 مرة من شدة المجال للمستويات المرجعية الموضحة في الجدولين ( 8-2 ) و ( 9-2 ) و الشكلين ( 2 - 4 ) و ( 2 - 5 ) لترددات بين نحو 0.3 جيجا هرتز ، و عدة جيجا هرتز ، ولتعرض موقعي للرأس ، من أجل الحد أو تجنب الآثار السمعية الناجمة عن المرونة الحرارية. تمديد الامتصاص النوعي الناتج من النبضات يجب أن يحدد. في هذا المدى من الترددات ، عتبة المقدار SA يساوي 4-16 ملي جول / كغم لتوليد هذا التأثير الذي يقابل نبضة زمنها 30 ملي ثانية ، أو لقيم ذروة SAR البالغة 130-520 واط /كغم في الدماغ. و بين الترددات 100 كيلو هرتز و 10 ميغاهرتز ، فإن قيم الذروة لشدة المجال في الشكلين 1 و 2 تم الحصول عليها عن طريق الاستقراء interpolation من الذروة التي تساوي 1.5 ضعف عند التردد 100 كيلو هرتز إلى الذروة 32 ضعف عند التردد 10 ميغا هرتز.

• في الجدولين ( 8-2 ) و ( 9-2 ) و الشكلين ( 2 - 4 ) و ( 2 - 5 ) نلاحظ أن هناك نقاط انقطاع لمختلف الترددات تحدث للعاملين والجمهور للمستويات المرجعية المشتقة. وهذا نتيجة للعوامل المختلفة المستخدمة لاشتقاق المستويات

المعيارية للجمهور ، في حين ينبغي الحفاظ على الاعتماد على التردد للعاملين والجمهور على حد سواء.

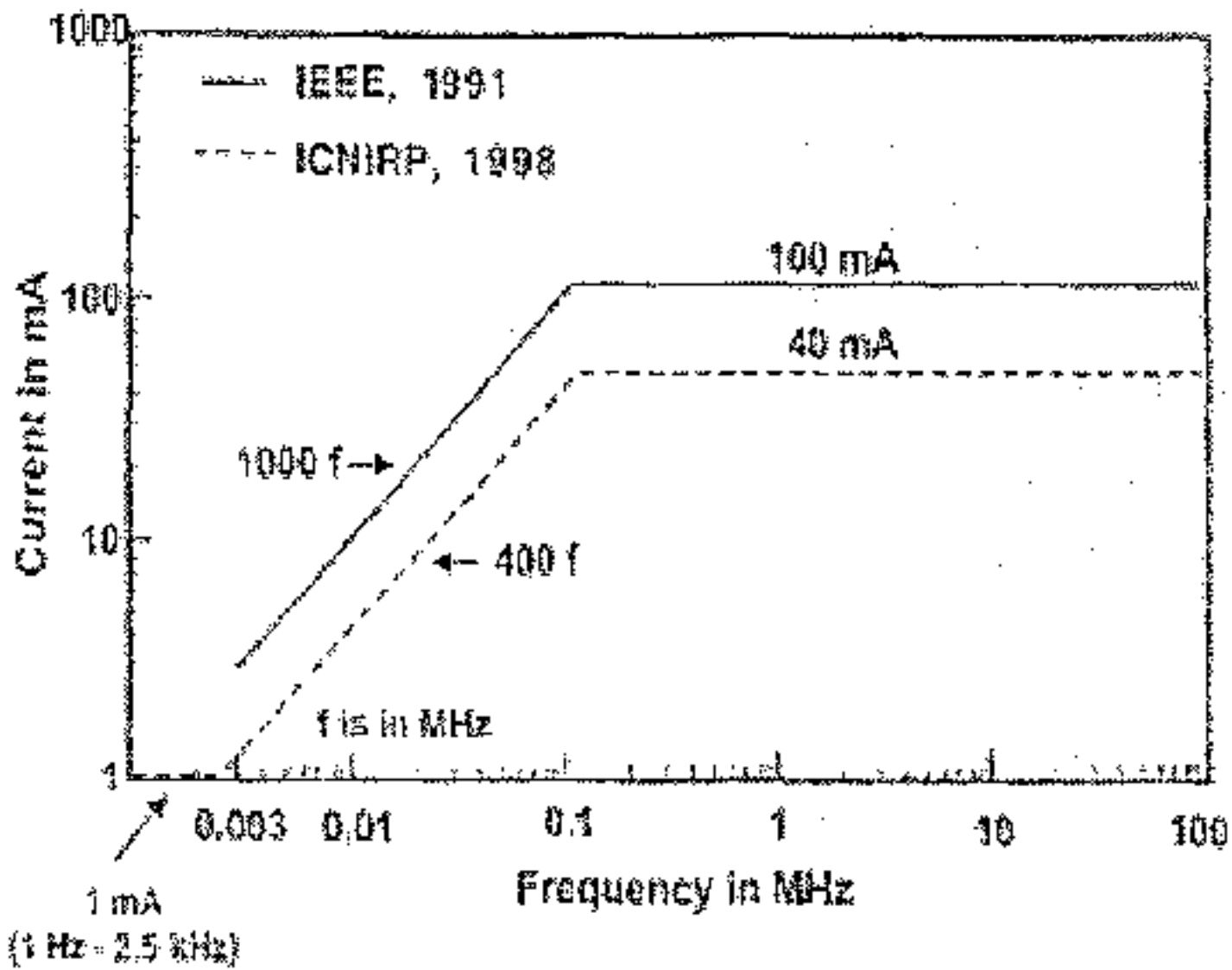
## 2 - 6 المستويات المرجعية للتيارات الملامسة والمحتثة

للترددات التي تصل إلى 110 ميغاهرتز ، والتي تضم حزم الترددات الراديوية المرسلة و المضمنة ترددياً ( FM ) ، فإن المستويات للتيارات الملامسة الموضحة أعلاه والتي يجب توخي الحذر منها لتجنب مخاطر الصدمة والحروق . النقطة المرجعية لمستويات الاتصال موضحة في الجدول ( 2 - 11 ) والشكل ( 2 - 6 ) . حيث إن عتبة التيارات الملامسة لها استجابة بيولوجية في الأطفال والنساء البالغات تتراوح بين ما يقرب من نصف والثلاثين ، على التوالي ، أما بالنسبة للرجال البالغين ، فإن المستويات المرجعية للتيارات الملامسة لعامة الناس تكون أقل بعامل 2 من قيم التعرض المهني للمدى الترددي 10-110 ميغاهرتز ، المستويات المرجعية لتيارات الأطراف تكون أقل من المحددات المفروضة على SAR الموضعية كما في الجدول ( 2 - 12 )

الجدول ( 2 - 11 ) المستويات المرجعية للتيارات المتغيرة مع الزمن من المواد الموصلة

مدى الترددات	التيار الأعظم ( مللي أمبير )	
	التعرض المهني	تعرض الجمهور
<2.5 kHz	1.0	0.5
2.5 - 100 kHz	0.4f	0.2/f
100 kHz - 110 MHz	40	20

شكل ( 2 - 6 ) القيمة العظمى للمستويات المرجعية للتيارات الملامسة للعاملين



الجدول ( 2 - 12 ) المستويات المرجعية للتيارات المستحثة في الأطراف

مدى الترددات	التيار الأعظم ( ملي أمبير )	
	التعرض المهني	تعرض الجمهور
10 - 110 MHz	100	45

ملاحظة :

1. المستوى المرجعي مساو لمستوى المرجعية المهنية مقسوما على 5.
2. للامثال للمحددات الأساسية للمقدار الموضوعي يساوي مربع الجذر التربيعي لمعدل الزمن قيمة مربع التيار المستحث لأي فترة من 6 دقائق من مقدار المستوى المرجعي.

من الصعب تحديد نوع وحجم الآثار الوخيمة للمجالات الكهرومغناطيسية EMF ، نظرا لعدم الدقة في المعلومات العلمية. مصادر عدم الدقة هذه تشمل التغيرات

الجوهرية في المعلومات البيولوجية ، الأخطاء التجريبية ، استقرار المعلومات من الحيوان إلى الإنسان ، والتحيز والإرباك. يتأثر انحراف المستويات المرجعية عن المحددات الأساسية كذلك بعدم الدقة في قياس الجرعات ، وتوصيف التعرض.

## 2 - 7 المستويات المرجعية في تكنولوجيا الهوائيات الجواله:

أحد تطبيقات النهج الوقائي في تكنولوجيا الهوائيات الجواله هو وضع مبادئ توجيهية للتعرض من أشعاع الترددات الراديوية . النهج الذي اعتمد في إدارة المخاطر هو تحديد حدود التعرض أو المبادئ التوجيهية ، والتي دونها لا تحصل الآثار الضارة. أول المبادئ التوجيهية بشأن التعرض لإشعاع الترددات الراديوية وضعت في المملكة المتحدة من قبل المجلس الوطني للوقاية من الإشعاعات (NRPB) وتم قبولها وتنفيذها من قبل الإدارات الحكومية والوكالات.

تستند المبادئ التوجيهية بشأن إمكانية إشعاع الترددات الراديوية للتسبب بالمرض أو الإصابة من خلال تسخين أنسجة الجسم. في حين أن بعض البحوث اقترحت أن الآثار الصحية الضارة الناجمة عن التعرض قد تحدث عند قيم أقل من تلك المطلوبة لإنتاج تسخين أنسجة الجسم ، هذه الأدلة لا تعتبر متينة بما يكفي لتشكيل أساساً لاشتقاق المبادئ التوجيهية للتعرض. إرشادات التعرض الذي وضعه NRPB تتضمن القيود الأساسية حول معدل الامتصاص النوعي للطاقة (SAR). بالنسبة للهوائيات الجواله ، فإن المحددات ذات الصلة هي للترددات بين 10 ميغاهرتز و 10 جيجاهرتز ، كما في الجدول (2 - 13). للتأكد من أن التعرض للفرد ضمن إطار المبادئ التوجيهية NRPB ، فمن الضروري إثبات أن أيا من المحددات الأساسية الأربعة لا يتم تجاوزها. معدل الامتصاص النوعي للطاقة (SAR) تم حساب معدلة خلال زمن التعرض معين وكتلة محددة من الأنسجة. متوسط الزمن يمكن تعينه بسبب الزمن الذي يستغرقه لرفع درجة حرارة الأنسجة عندما يتعرض الإنسان للإشعاع.

هذه القيود تنطبق على العاملين وأفراد الجمهور. وقد استند NRPB الي رأي مفاده أنها توفر حماية كافية ضد الآثار الضارة الحرارية للجميع الأفراد المعرضين و في كل الظروف. لان SAR لا يمكن أن تقاس بسهولة للأفراد الأحياء ، لذلك فان المبادئ التوجيهية التي وضعتها NRPB قد حددت مستويات التحقق أيضا investigation levels لشدة المجال الكهرومغناطيسي الخارجي ، التي عندها أو أقل منها تكون المحددات الأساسية والقيود المفروضة على الجسم كله لا يمكن أن تتجاوز SAR . إذا تم تجاوز مستوى التحقق ، فينبغي التحقق المفصل لتحديد وقياس SAR . بالنسبة للأطفال ، فيتم تطبيق تخفيضات إضافية في مستويات التحقق لكامل الجسم ، لأنه عند ترددات راديوية معينة، صغيرة فان الأطفال يمتصون طاقة اكبر من المجالات الكهرومغناطيسية الخارجية ، مقارنة بالبالغين. ويبين الجدول (2- 14) مستويات التحقق لنطاق الترددات التي تغطيها الهواتف الجواله.

الجدول (2 - 13) المحددات الأساسية للتعرض التي وضعها المجلس الوطني للوقاية من الإشعاعات (NRPB) عند الترددات 10 ميغاهرتز إلى 10 جيجاهرتز

المعدل		حدود SAR (واط /كغم)	النسيج
الزمن (دقيقة)	الكتلة (غم)		
15	-	0.4	عموم الجسم
6	10	10	الرأس ، الجنين
6	100	10	الرقبة ، الجذع
6	100	20	الأطراف

الجدول (2- 14) مستويات التحقيق التي وضعها NRPB للتعرض من ترددات الهاتف الجوال

كثافة القدرة (S <sub>g</sub> ) القدرة (W/m <sup>2</sup> )	شدة المجال الكهربائي E (V/m)	شدة المجال المغناطيسي (H) (A/m)	المدى الترددي (f)
26	100	0.26	400 – 800
41f <sup>2</sup>	125f	0.33f	800 – 1550
100	194	0.52	1550 – 3000

f التردد ميغاهرتز

مستويات التحقيق الثلاثة المبينة في الجدول (2- 14) يتعلّق بعضها مع البعض الآخر (على فرض أن المجال في المنطقة البعيدة (far-field region). وللتحقّق من الامتثال لهذه المستويات، يتمّ قياس المجال الكهربائي أو المجال المغناطيسي. للجبل الحالي من الهواتف الجوّالة والمحطات القاعدية فإن مستويات التحقّق تجري في مدى الترددات 800 - 900 ميغاهرتز فتكون كثافة القدرة بين 26 إلى 33 واط /م<sup>2</sup> و في مدى الترددات 1800-1900 ميغاهرتز فإن مستوى التحقّق 100 واط /م<sup>2</sup>.

كما تمّ وضع المبادئ التوجيهية بشأن التعرض لإشعاع الترددات الراديوية من قبل لجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤيّن (ICNIRP) وهي مماثلة للمبادئ التوجيهية التي وضعها الهيئة الوطنية البريطانية للوقاية من الإشعاع NRPB والتي صممت لمنع المرض والضرر من آثار التسخين. نقطة البدء هي التغييرات السلوكية التي وجدت عندا تعرض حيوانات التجارب لإشعاع الترددات الراديوية في المستويات التي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجسم كله ما يزيد على درجة سليزية واحدة. عندما تصبح قيم بين 1-4 واط / كجم أو أعلى وهي المطلوبة لحدوث هذه التغييرات (1 واط / كجم عندما تتعرض الحيوانات في ظروف ضارة من درجات الحرارة والرطوبة وحركة الهواء ، و 4 واط / كجم



تحت الظروف البيئية العادية). افترض (ICNIRP) بأنه لا يوجد دليل مؤكد عن أي تأثير من شأنه أن يضعف الصحة في مستويات واطئة من التعرض للإشعاع الترددات الراديوية .

المبادئ التوجيهية التي وضعها (ICNIRP)، على النقيض من المبادئ التوجيهية التي وضعها (NRPB)، لأن الأولى وضعت المبادئ التوجيهية لعامة الناس لقل من التعرض المهني للعاملين. قيم التعرض المهني والحدود المفروضة على SAR مساوية لتلك التي أوصى بها NRPB الجدول (2-15) ، إلا أن متوسط الزمن ست دقائق معدل الكتلة 10 جرام والتي تطبق إلى قيم SAR الثلاثة في الجدول. للمبادئ التوجيهية لتعرض الجمهور تكون أقل بخمس مرات مما للتعرض المهني والغرض من هذا الفرق يعود للأسباب التالية:

- التعرض لظروف بيئية قاسية مثل درجات الحرارة المرتفعة، الرطوبة العالية ، وانخفاض حركة الهواء و زيادة العبء الحراري thermal burden من التعرض للأشعة المنبعثة من الترددات الراديوية.

الجدول (2-15) المحددات الأساسية التي وضعتها ICNIRP عن التعرض المهني وتعرض عامة الناس (بين قوسين) عند الترددات 10 ميغاهرتز إلى 10 جيجاهرتز

المعدل		حدود SAR (واط /كغم)	النسيج
الزمن ( دقيقة)	الكتلة ( غم )		
6	-	0.4 (0.08)	عموم الجسم
6	10	10 (2)	الرأس ، الجذع
6	10	20 (4)	الأطراف

- الحساسية العالية للحرارة في مجموعات معينة من السكان مثل الضعفاء ، كبار السن ،الرضع ،الأطفال الصغار ، والأشخاص الذين يعانون من الأمراض أو يتناولون الأدوية التي توازن تحمل الحرارة.

• العمال عادة ما يكونون من البالغين الأصحاء ويتعرضون في ظل ظروف مسيطر عليها ، وهم مدربون للوقاية من المخاطر المحتملة ، واتخاذ الاحتياطات المناسبة لتجنب التعرض غير المبرر. ولا يمكن لعامة الناس أن يتخذوا نفس الاحتياطات.

• العمال يتعرض فقط خلال ساعات العمل (8 ساعات في اليوم لمدة 5 أيام أي أن الزمن الكلي 40 ساعة). في حين يمكن أن يتعرض الجمهور لمدة 24 ساعة في اليوم الواحد (24 ساعة في اليوم لمدة 7 أيام أي أن الزمن الكلي 168 ساعة) أي أن التعرض الكلي لمدة أسبوع للجمهور يقرب من خمس مرات في تلك العمال) ، ومن هنا وضع عامل سلامة إضافية لعامة الناس).

• عادة ما تعتبر الأطفال والرضع على أنهم أكثر حساسية للتعرض من العوامل الفيزيائية والكيميائية أو البيولوجية. في الترددات الأعلى ، يمتص الأطفال المزيد من الطاقة من المجالات الكهرومغناطيسية الخارجية ، مقارنة بالبالغين.

المبادئ التوجيهية مع المستويات المرجعية التي وضعتها ICNIRP مماثلة لمستويات التحقق التي وضعها NRPB ، وهذه تعكس أيضا العامل خمسة وهو الفرق بين الحدود الأساسية لتعرض للجمهور والتعرض المهني. بشكل عام وعند مدى الترددات المستخدمة في الهواتف الجوال ، فإن المستوى المرجعي للجمهور الذي وضعه ICNIRP أقل (من حيث كثافة الطاقة) من مستوى التحقق الذي وضعه NRPB بمعامل يتراوح ما بين 6.5 و 11. المستوى المرجعي للجمهور الذي وضعته ICNIRP للترددات المستخدمة في الهاتف الجوال موضحة في الجدول (2 - 16). المستويات المرجعية للاتصالات في الهاتف الجوال في مدى الترددات 800-1000 ميغاهرتز تساوي 4 - 5 واط / م<sup>2</sup> وعند الترددات 1800-1900 ميغاهرتز تساوي من 9 - 9.5 واط / م<sup>2</sup>.

الجدول (2 - 16) المستوى المرجعي لتعرض الجمهور الذي وضعته ICNIRP للترددات المستخدمة في الهاتف الجوال

كثافة القدرة ( $S_q$ ) ( $W/m^2$ )	شدة المجال المغناطيسي (H) (A/m)	شدة المجال الكهربائي E(V/m)	(f) المدى الترددي
$f / 200$	$0.0037f^{1/2}$	$1.375f^{1/2}$	400 – 2000
10	0.16	61	2000 – 3000

f التردد ميغاهرتز

بعد المقارنة التفصيلية للمبادئ التوجيهية مع المستويات المرجعية التي وضعتها ICNIRP و NRPB و آثار ذلك على عملية تقييم المخاطر ، أصدر المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع التوصيات التالية:

- خلص المجلس إلى أن الحدود الأساسية للتعرض المهني في المبادئ التوجيهية التي وضعتها ICNIRP لا تختلف بأي حال من الأحوال بشكل كبير من تلك التي سبق وأن أوصت بها NRPB وليس لها أي تأثير على المبادئ التوجيهية في المملكة المتحدة ، لأفراد الجمهور .

- خفضت ICNIRP بعامل يصل إلى خمسة عند وضع الحدود الأساسية عبر مدى مجموعة الترددات التي تصل إلى 300 جيجاهيرتز. مع ذلك ، لا يتوفر دليل علمي يدعم التخفيض الإضافية.

يعتقد المجلس بأن التوصيات في المملكة المتحدة التي وضعتها NRPB بشأن الحد من التعرض لعامة الناس يوفر حماية كافية من الآثار المباشرة وغير المباشرة ، وأن أي فوائد صحية يمكن الحصول عليها من إجراء المزيد من التخفيضات في التعرض. لذلك لا يوجد أي مبرر علمي ، لتغيير المشورة التي وضعتها NRPB على حدود التعرض لأفراد الجمهور. هولا ، ولكن هناك عوامل أخرى قد تحتاج إلى أن تؤخذ في الاعتبار من قبل الحكومة في وضع المبادئ التوجيهية للتعرض لعموم الجمهور

## الفصل الثالث

# الهوائيات Antenna

### 3-1 المقدمة:

يعرف الهوائي بأنه محول للطاقة transducer ، حيث إنه يحول الطاقة من شكل إلى آخر فهوائي الاستقبال يحول الطاقة الكهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو مغناطيسية. أما هوائي الإرسال فإنه يحول التغيرات في الطاقة الكهربائية أو المغناطيسية إلى طاقة كهرومغناطيسية لأن تولد التيار المحتث في الهوائي يحدث للمجالات الكهربائية والمغناطيسية. يمكن للهوائي أن يبت مجموعة واسعة من الترددات ، تتراوح من جزء من كيلو هيرتز إلى أكثر من مائة جيجا هيرتز .

الهوائي عبارة عن محيط متذبذب مفتوح لغرض بث وتسليم الموجات الكهرومغناطيسية حيث تحول طاقة الموجات الكهرومغناطيسية إلى تيارات كهربائية، وبالعكس ويصمم لبث واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية . تستخدم الهوائيات في البث الإذاعي والتلفازي والاتصالات ويتكون الهوائي من موصل واحد أو أكثر، ففي حالة الإرسال يطبق على الهوائي تيار متردد ، مما يسبب توليد مجالين متعامدين أحدهما كهربائي وآخر مغناطيسي (موجات كهرومغناطيسية) تبث في الفضاء ويحصل العكس في حالة لاستقبال. التيارات الكهربائية المترددة نحصل عليها باستعمال دائرة اهتزاز كهربائي مغلقة تتكون من ملف كهربائي ومنتسعة تولد محيط متذبذب مغلق هو تذبذب المجال الكهربائي المحصور في منطقة محدودة من الفضاء (بين لوحين للمنتسعة) ولكي نجعل تذبذب وانتشار المجال الكهربائي في محيط واسع من الفضاء ، نستعمل المحيط المتذبذب المفتوح باستعمال دائرة اهتزاز كهربائي مفتوحة ويتم ذلك بإبعاد لوحين المنتسعة إلى أبعد نقطتين ويكون المحيط المتذبذب أكثر كفاية من المحيط المتذبذب المغلق في بث الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء إلى مسافات بعيدة. استخدم الهوائي لأول مرة العالم هرتز في عام 1888 لإثبات وجود الموجات الكهرومغناطيسية التي تنبأت بها نظرية ماكسويل . ومن الشروط اللازمة لجعل الموجات الكهرومغناطيسية المرسله

من الهوائي تصل إلى مسافات بعيدة يجب توفر تيار كهربائي عالي الشدة واهتزاز وتردد عالي.

### 2-3 العوامل التي يعتمد عليها عمل الهوائي Antenna Parameters

هناك خمسة معايير أساسية لتحديد عمل وأداء الهوائي وهي :

#### 1 - خواص مقاومة الإشعاع radiation resistance.

مقاومة الإرسال ( $R_{rad}$ ) للهوائي تتناسب طرديا مع القدرة الكهربائية المجهزة

( $P_{rad}$ ) للهوائي والتيار المتدفق في الهوائي  $I$  حسب المعادلة التالية :

$$R_{rad} = \frac{P_{rad}}{I^2}$$

يتضح من المعادلة اعلاة بان زيادة مقاومة للإشعاع ،تؤدي إلى زيادة الطاقة المرسله أو المستلمة للهوائي.وتكون الكفاءة اكبر عندما تتساوى مقاومة الإرسال للهوائي مع مقاومة الإرسال أو الاستقبال (هذا النظام هو الأمثل). الهوائيات لها مقاومة اومية فعند نقصانها تنقص الكفاءة.

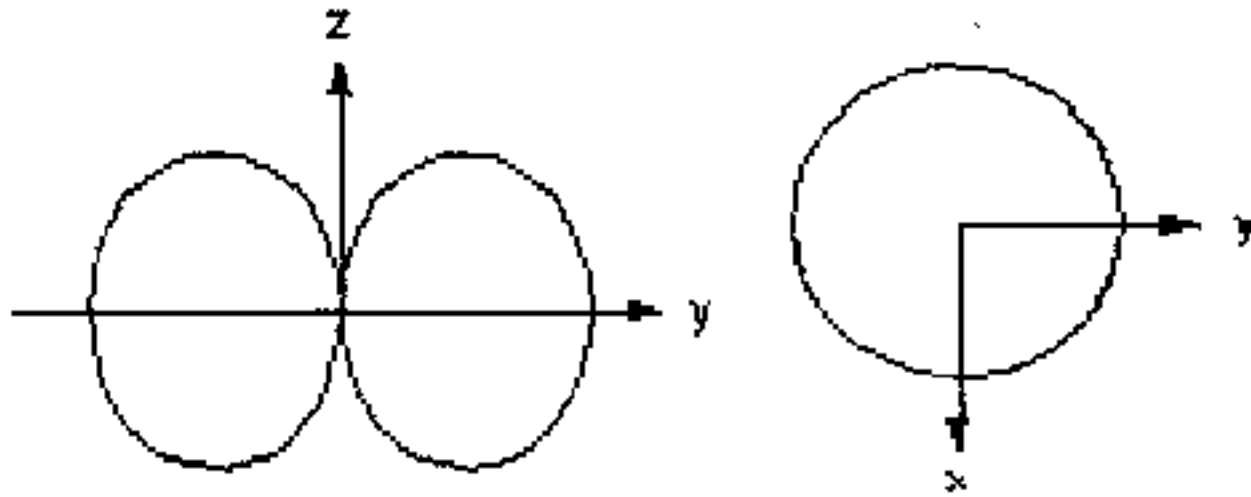
#### 2 - نمط الهوائي antenna pattern.

وهو توزيع الطاقة المرسله كدالة للاتجاه في الفضاء. عموما فان نمط الإرسال سوف يظهر بشكل مقاطع مستوية بدلا من المستويات بثلاثة ابعاد كاملة. الشكل الأكثر أهمية هي تلك التي يكون لها نمط المستوي E الأساسي E-plane والنمط H-plane H. نمط المستوي E يحتوي على مستوى المجال الكهربائي. إما نمط H فأنه يحتوي على مستوى المجال المغناطيسي. كما هو مبين في الشكل (3-1) الذي يعطي نمط هوائي ثنائي القطب لنصف الموجة والذي يكون بالاتجاه Z.

### 3 - الاتجاهية:

معظم الهوائيات لا تشع بشكل منتظم ، كما هو مبين في الشكل ( 3-1 أ). هذا يعني أن هناك بعض الاتجاهية . تعتمد الاتجاهية على كسب ( ربح ) الهوائي وهي مقياس لقدرة الهوائي على تركيز قدرة الإرسال في اتجاه معين و تعطى عادة في ديسي بيل ، وهي نسبة الطاقة الإرسالية الخارجة إلى الطاقة الإرسالية الداخلة . وبالتالي فإن استخدام هوائي ذات كسب أعلى يتطلب قدرة داخلة أقل . في الناحية العملية يكون الكسب أكثر أهمية من الاتجاهية.

الشكل ( 3-1 ) أ- النمط الأساسي E لثنائي القطب ب - النمط الأساسي H لثنائي القطب



### عرض الحزمة Bandwidth

وهي احد العوامل المهمة لأداء الهوائي والتي تشير إلى شمولية الترددات المتاحة والتي تقع خارج التردد المركزي. فمثلا ، مرسل يعمل على 10 ميغاهرتز بعرض حزمة 10 % فأنه سوف يرسل المعلومات على الترددات من 9 ميغاهرتز إلى 11 ميغاهرتز.

### 5 - نسبة إشارة إلى الضوضاء signal-to-noise ratio

وهي العلاقة بين إشارة المعلومات المطلوبة والضوضاء. إذا كانت هذه النسبة لا تتجاوز الواحد ، فإن المعلومات لا يمكن نقلها. يمكن أن تتكون الضوضاء نتيجة للعوائق ، المسافات الكبيرة بين الهوائيات ، والضوضاء الناتجة عن الترددات

اللاسلكية في المحيط، مثل خطوط إمدادات الطاقة الكهربائية ومفاتيح الأجهزة الرقمية.

### 3-3 أنواع الهوائيات

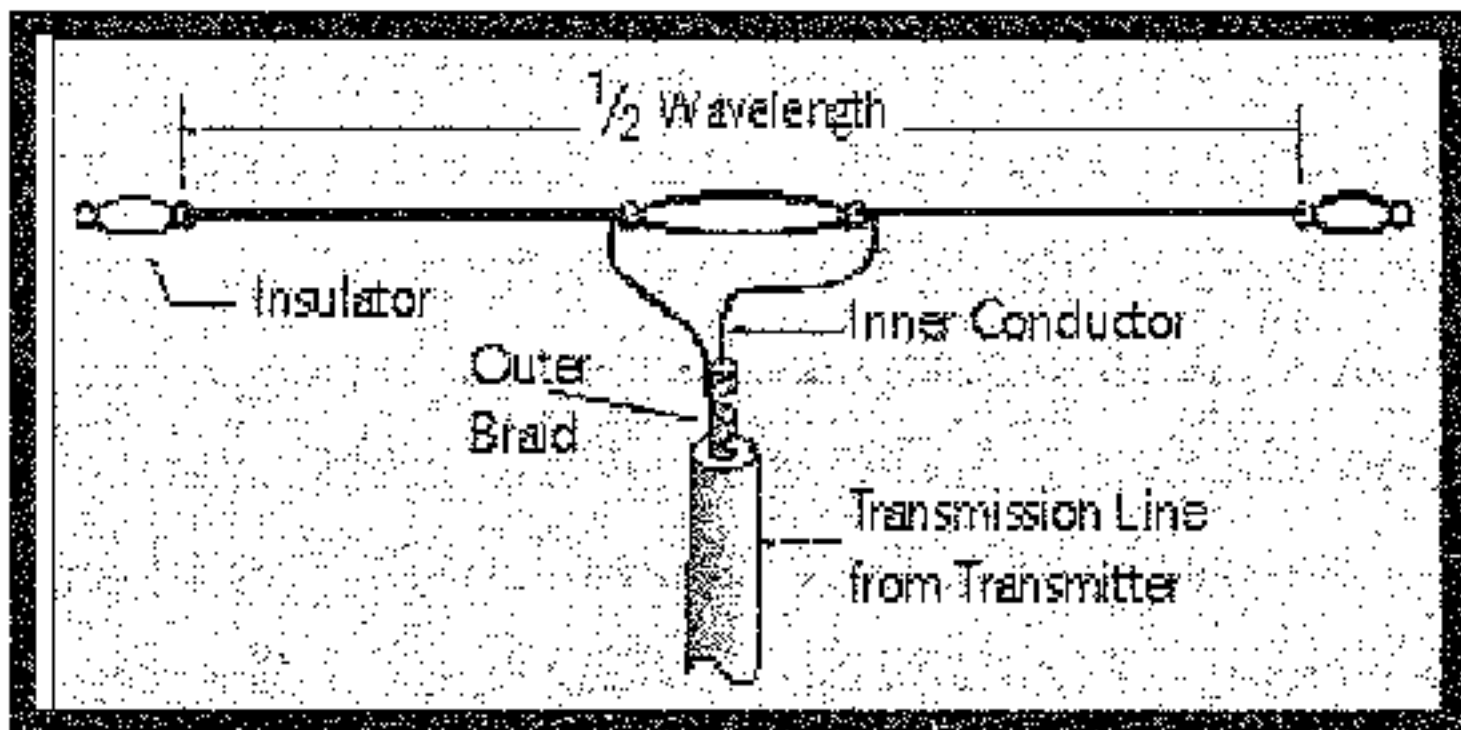
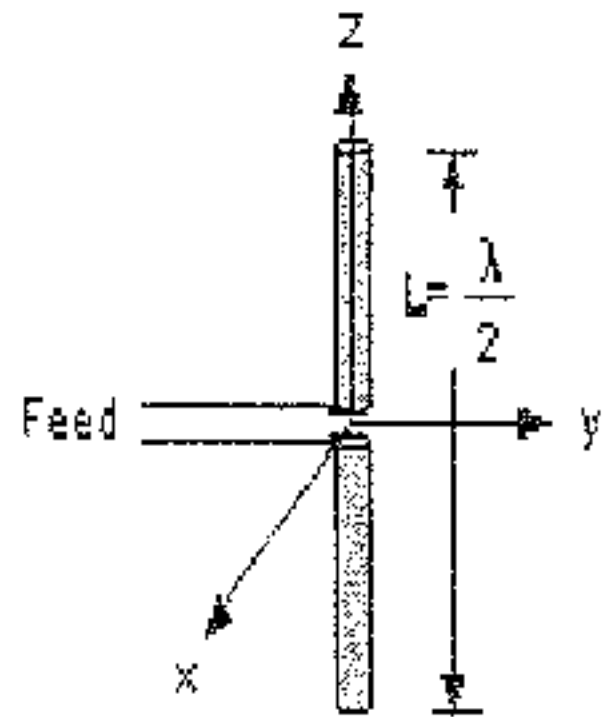
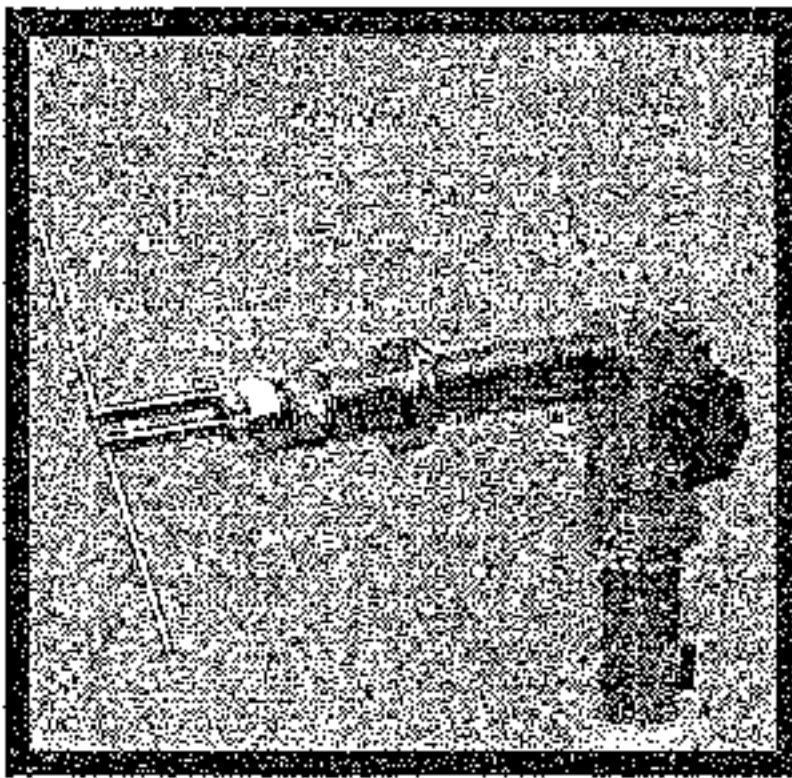
#### 1 – الهوائي ثنائي وأحادي القطب و Diploes & Monopoles :

هوائي ثنائي القطب من أكثر الهوائيات انتشاراً في العالم وقد يبلغ طول الهوائي نصف الطول الموجي أو أقل أو أكثر. شكل ( 3- 2 ) . هو سلك طويل يتم تعليقه بين نقطتين و يقطع السلك لطول معين ، ويتم تغذية في المنتصف بواسطة إشارة الترددات الراديوية (اللاسلكية) . يتم توصيل نصف الهوائي إلى السلك الأرضي لخط الإرسال ، والآخر يتم توصيلة إلى موصل مركزي . يتم تطبيق إشارة الترددات الراديوية على قطعة من الأسلاك ، وبذلك يتكون مجال مغناطيسي وكهربائي حول السلك. هذه الموجات سوف تنتقل خلال الهواء بدون حدود . وعندما تصل المجالات المغناطيسية والكهربائية إلى هوائي آخر (أو تنعكس عن أي جسم معدني في الطريق) فيحصل التأثير المعاكس حيث أن التغير السريع في المجالات المتولد في الترددات اللاسلكية يولد تيار يمكن الكشف بمنظومة الاستقبال. يمكن أن تكون مقاومة الإرسال المحسوبة  $73.1 \text{ اوم}$ . هوائي ثنائي القطب تتم تغذيته بواسطة سلكين ، حيث أن التيارين في الموصلين متساويين في المقدار ومتعاكسين في الاتجاه ولأن نهاية الهوائي تكون دائرة مفتوحة ، فإن توزيع التيار على طول نصف ثنائي القطب يكون بشكل موجة جيبيه ، الشكل ( 3- 3 ) . ينتج هذا الهوائي النمط المبين في الشكل ( 3- 1 ) . هذا النمط يظهر عندما يكون الهوائي رأسياً ، فأنه يشع أكثر في الاتجاه الأفقي ، والقليل جداً من نهاية الهوائي. والكسب النموذجي لهوائي ثنائي القطب هو 2 ديسي بيل ، وعرض الحزمة حوالي 10 %.

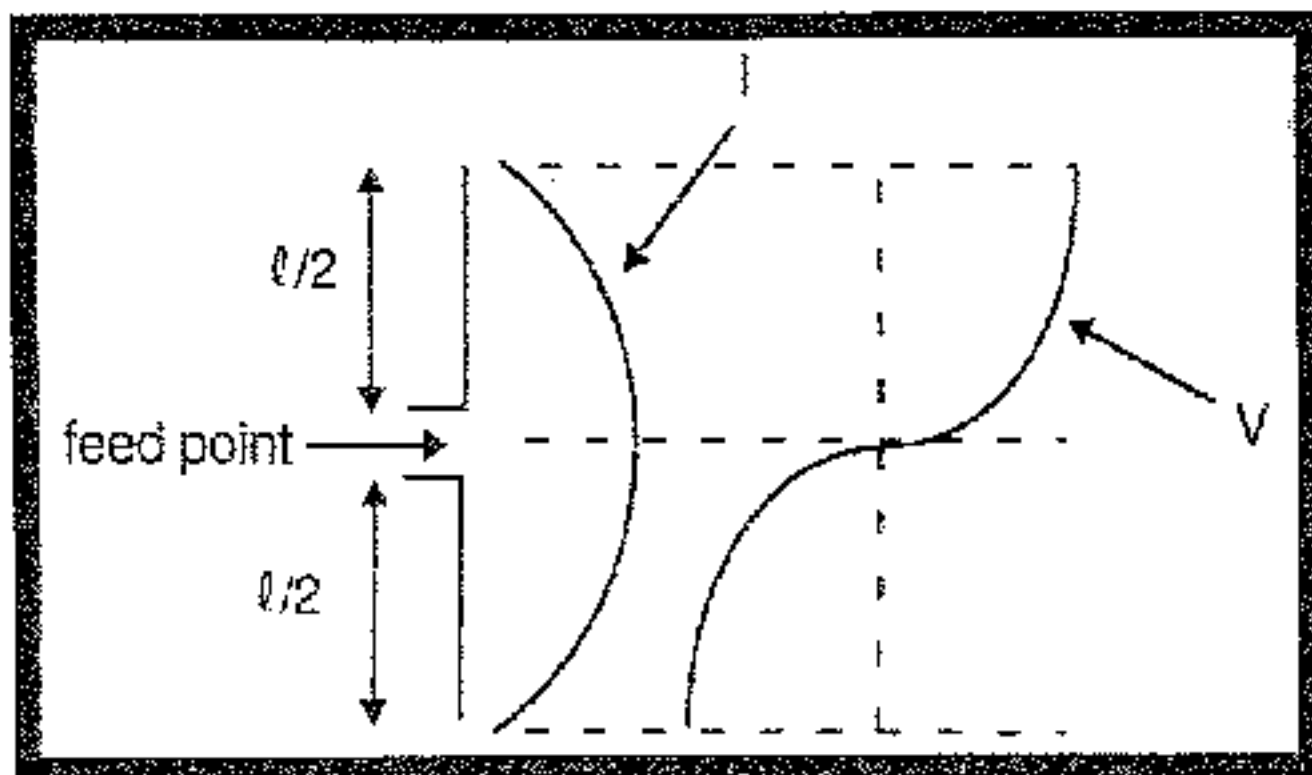


أما هوائي أحادي القطب فهو نصف ثنائي القطب ويوضع دائما فوق المستوى الأرضي ground plane بالإضافة إلى مستوى التوصيل التام. و يتصرف الهوائي بطريقة مشابهة لثنائي القطب ، ولكن معظم عواملها تصبح تصفا. ويبين الشكل ( 3- 4). هوائي أحادي القطب بربع طول الموجة ، ويسمى أحيانا هوائي السوط الرأسي

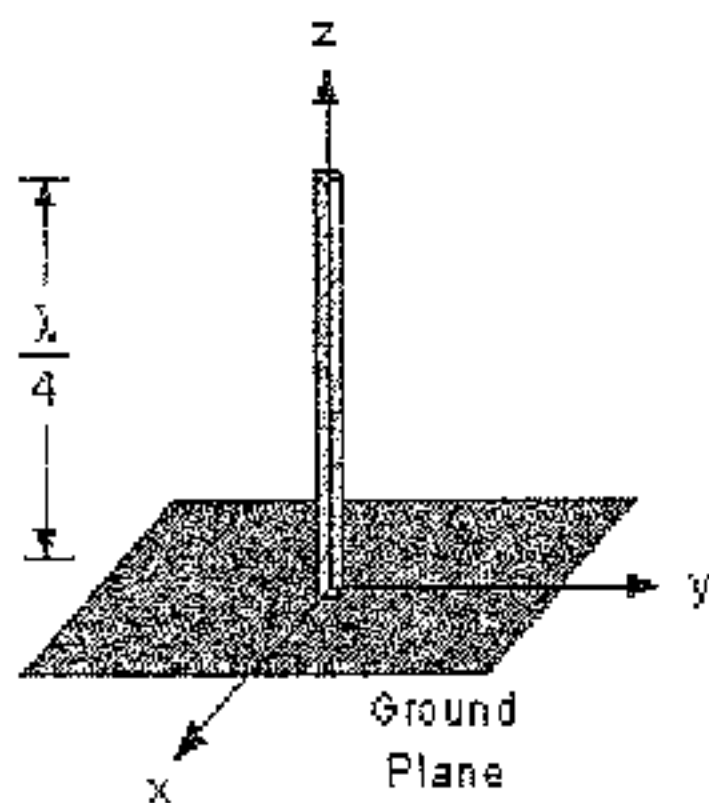
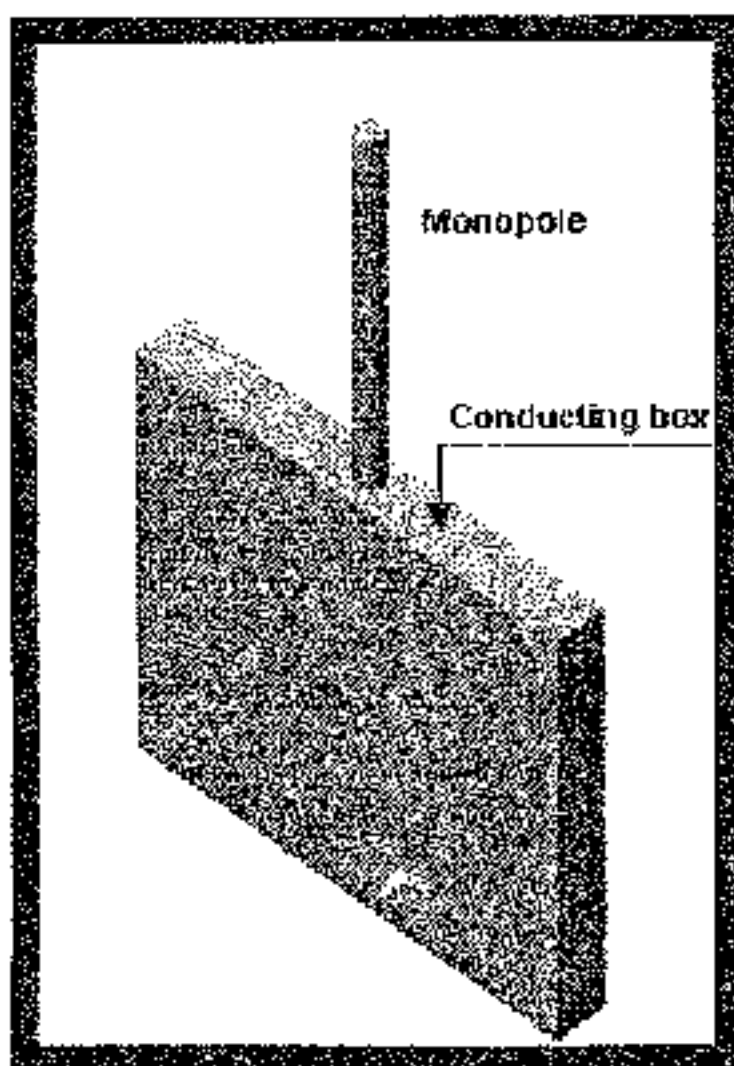
شكل ( 3- 2). هوائي ثنائي القطب بنصف الطول الموجي



شكل ( 3-3 ). توزيع الفولطية والتيار في هوائي ثنائي القطب بنصف الطول الموجي

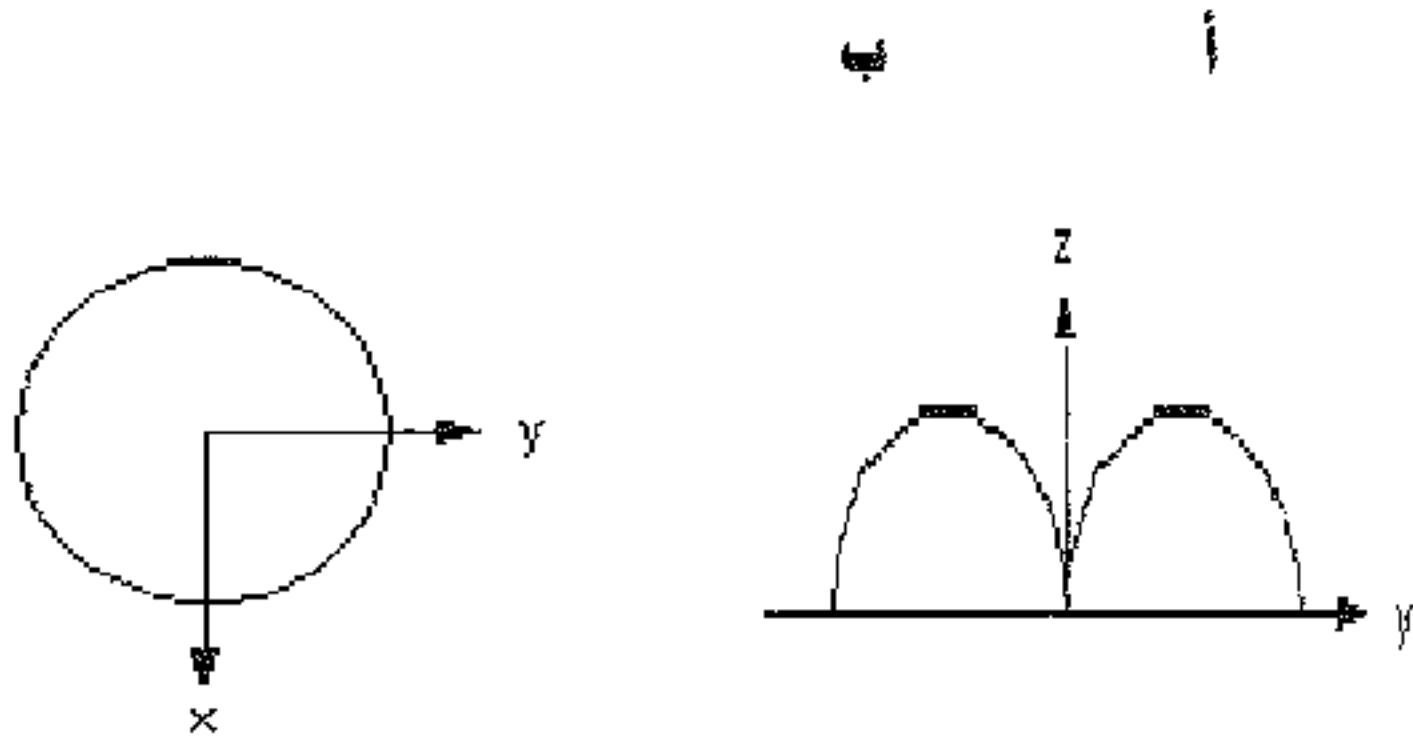


الشكل ( 3-4 ) هوائي أحادي القطب بربع طول الموجة



مقاومة الإرسال هي  $\Omega 36.5$  وهي نصف قيمة المقاومة لثنائي القطب. إجمالي القدرة المرسله تساوي نصف قدرة ثنائي القطب أيضا، نمط الإرسال مبين في الشكل (3-5). والكسب النموذجي لهوائي أحادي القطب يتراوح بين 2 إلى 6 نيسي بيل ، وعرض الحزمة حوالي 10 %.

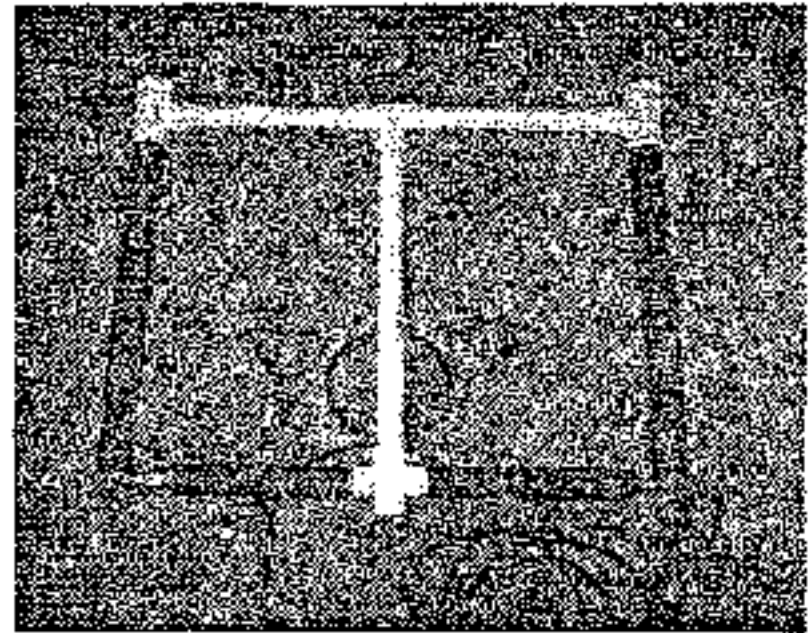
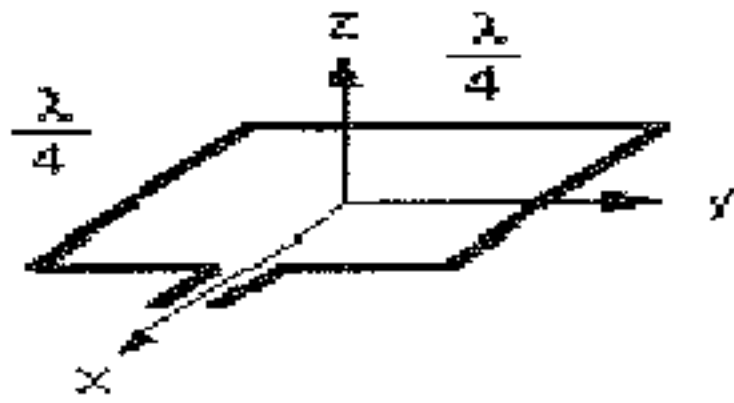
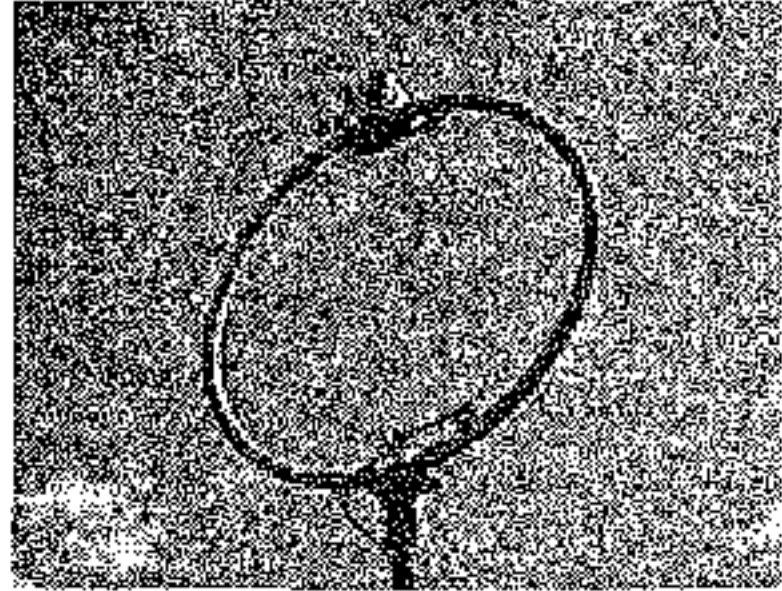
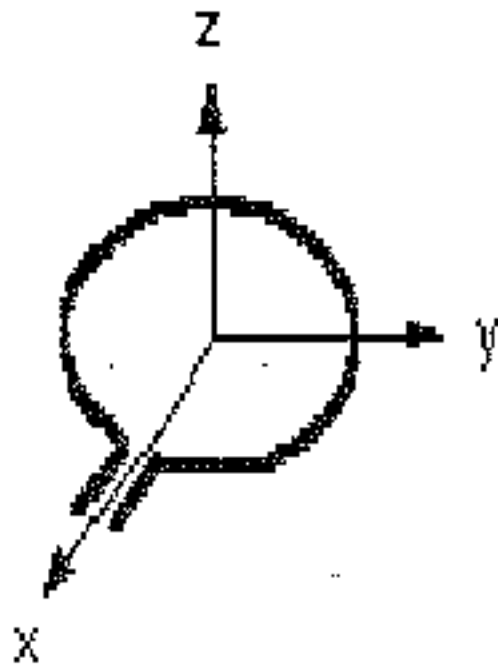
الشكل (3-5). أ- النمط الأساسي E لأحادي القطب  
ب- النمط الأساسي H لأحادي القطب



2 - هوائي الحلقة loop antenna:

هوائي الحلقة يكون بشكل موصل منحنى دائري مغلق أو مربع مغلق ، مع وجود فجوة في الموصل لتكون الأقطاب.

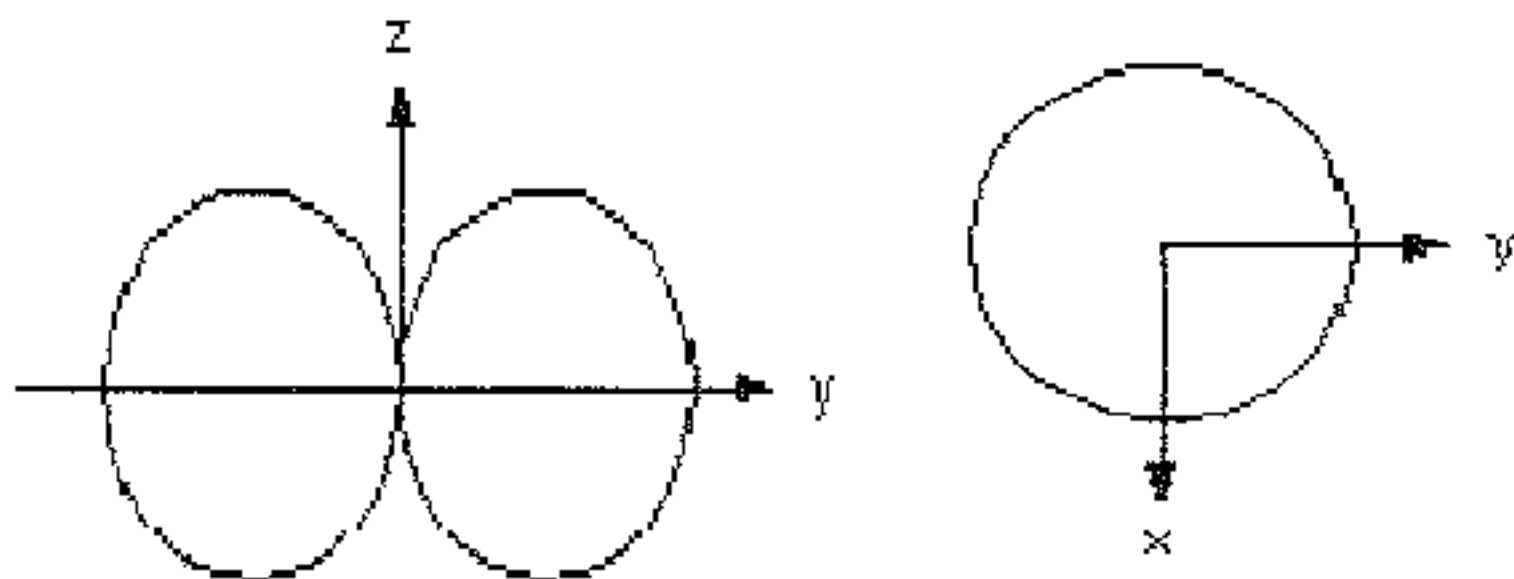
الشكل ( 6-3 ) . الشكل ( 6-3 ) هوائي بشكل حلقة دائرية و أخرى مربعة



. يدل على حلقة دائرية و أخرى مربعة. وقد تكون هذه الهوائيات على شكل حلقات متعددة المنحنيات أو بشكل ملف ، مصممة مع سلسلة من التوصيلات للحلقات المتعددة. هناك حجمين من الهوائيات حلقة كهربائية صغيرة و حلقة كهربائية كبيرة. فإذا كان الطول الكلي للموصل صغير بالمقارنة مع الطول الموجي ، فإنه يعتبر كحلقة صغيرة. أما إذا محيط الحلقة الكهربائية يقترب طول موجي واحد فيعتبر كحلقة كبيرة. التوزيع الحالي على هوائي حلقة صغيرة يفترض أن يكون متجانسا. وهذا يسمح بتحليلها باعتبارها موصل يرسل الطاقة.

عندما تستخدم أجهزة الإرسال الهوائيات الحلقية فيكون لها نمط كما في الشكل ( 3- 7 ). يتراوح كسب هوائيات الحلقة بين 2- 3 ديسي بيل وعرض الحزمة حوالي 10 %.

الشكل ( 3- 7 ) أ- النمط الأساسي E لهوائي حلقي  
ب - النمط الأساسي H لهوائي حلقي



### 3 - هوائي الأشرطة الدقيقة The microstrip or patch antenna :

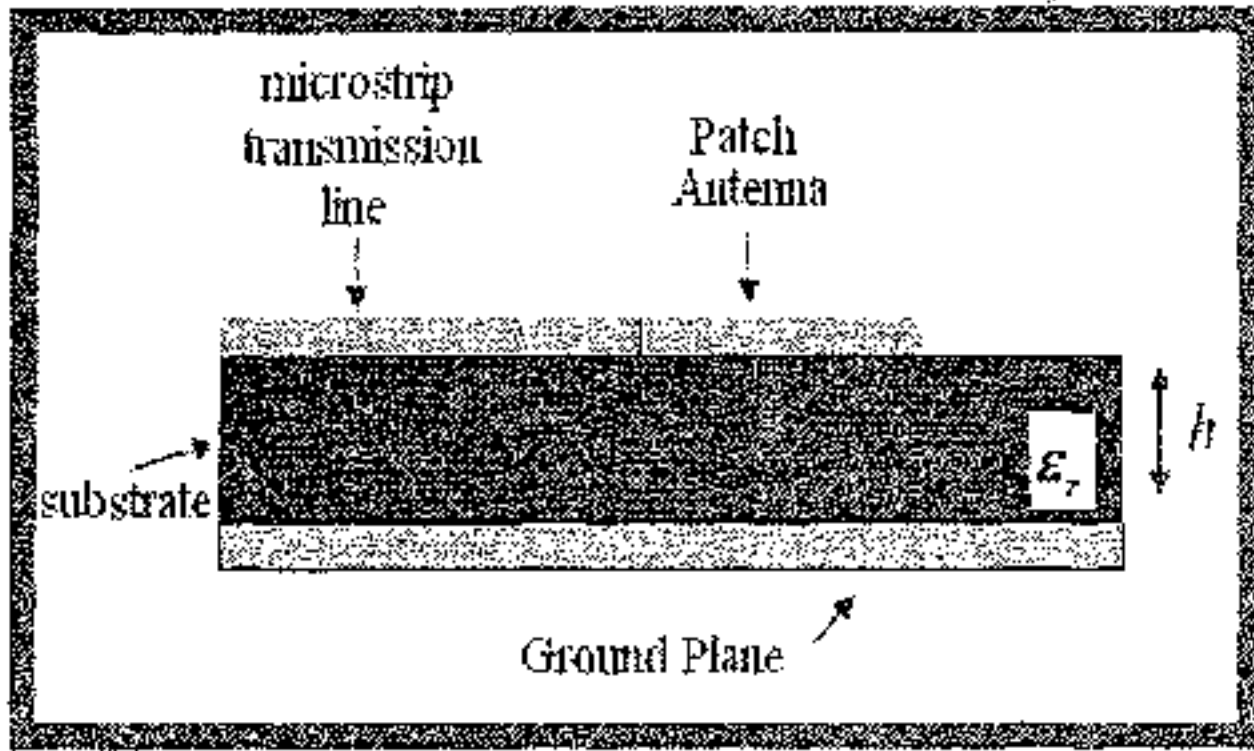
هوائي الأشرطة الدقيقة يستخدم الآن بشكل واسع في الهاتف الجوال لأنه يمكن طباعته مباشرة على لوحات الدوائر الالكترونية فهي منخفضة التكلفة ويمكن تصنيعها بسهولة. يكون الهوائي كعنصر مستطيل الشكل يحفر ضوئياً photo etched من جانب واحد من الوحة الشكل ( 3- 8 ). معظم عناصر الأشرطة الدقيقة يمكن تغذيتها بموصل محوري coaxial conductor يلحم على الركيزة substrate الخلفية من المستوى الأرضي. وعادة ما تكون لوحة الموصلات العلوية أصغر من المستوى الأرضي لغرض تهذيب المجال الكهربائي. المادة العازلة بين الأشرطة الدقيقة و المستوى الأرضي هو قاعدة الدائرة المطبوعة. الهوائي له مقاومة إرسال كفاءة ومصدر هذا الإرسال هو المجال الكهربائي الذي يتحفر بين حافات عناصر الأشرطة الدقيقة والمستوى الأرضي .

المعادلة لمقاومة الإرسال تكون دالة للطول الموجي ( $\lambda$ ) وعرض الأشرطة الدقيقة  
 : (W)

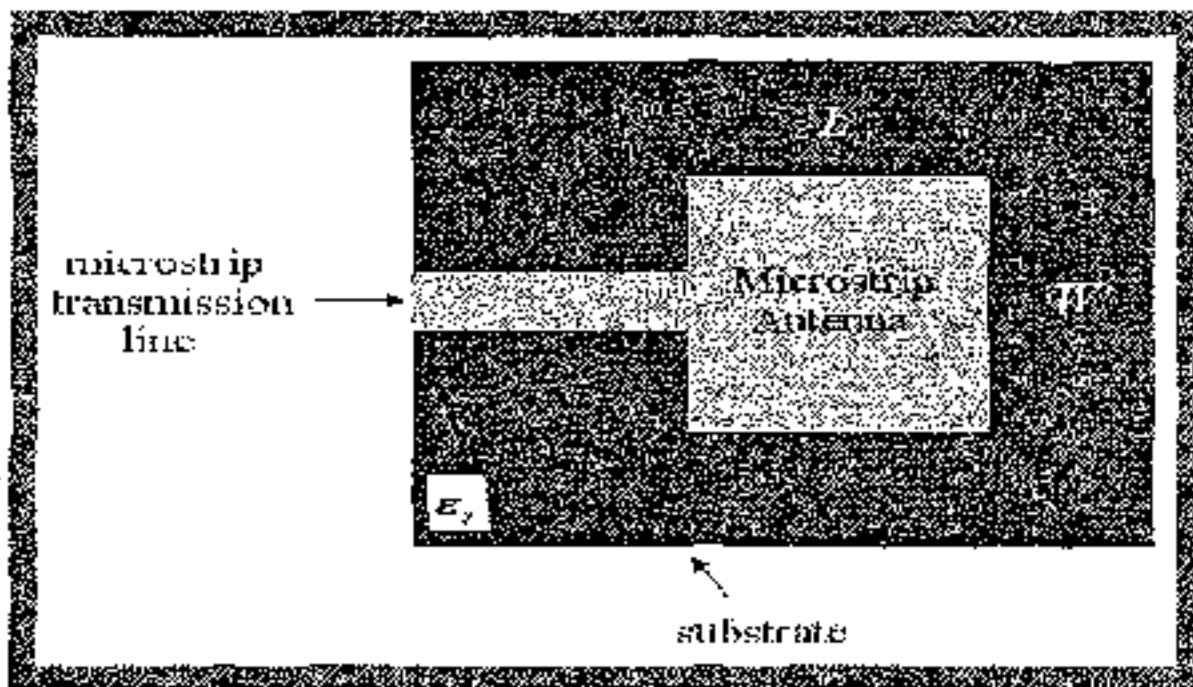
$$R_{rad} = \frac{120 \lambda}{W}$$

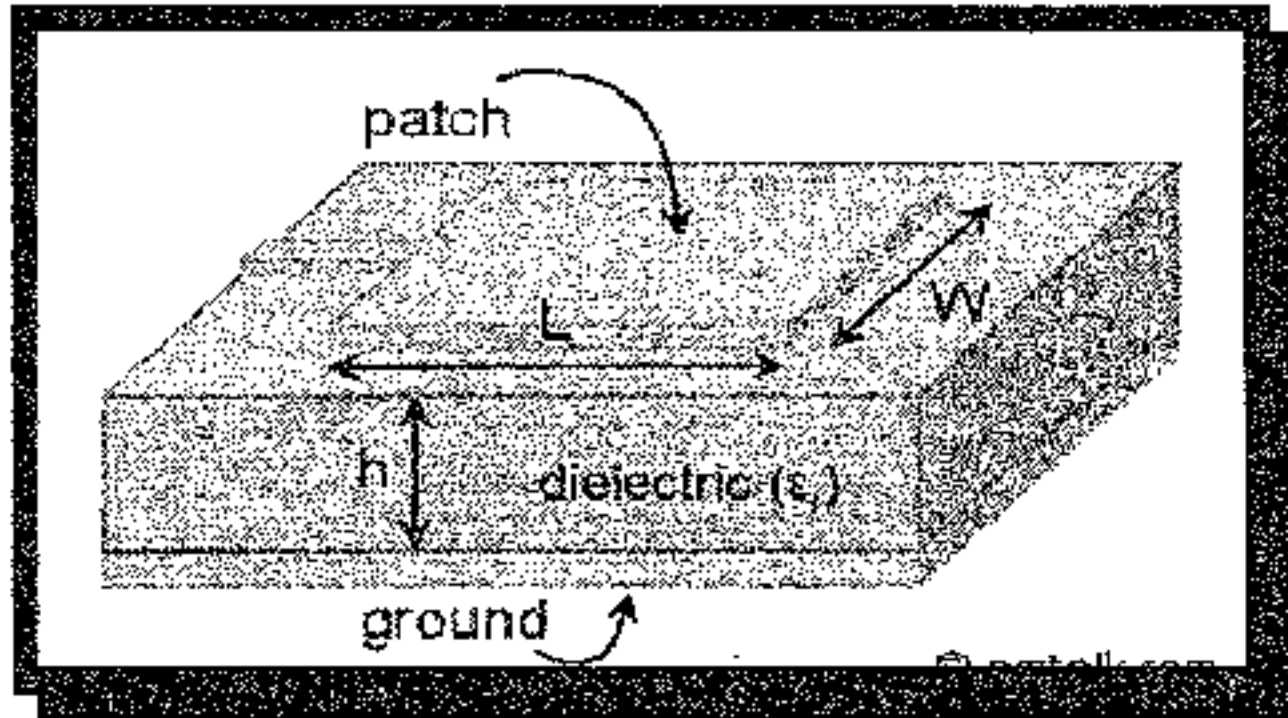
الشكل ( 3- 8 ) هوائي الدقيقة الأشرطة

مقطع جانبي



مقطع من الأعلى





هذا النوع من الهوائيات يستخدم للأجهزة التي تحتاج إلى هوائيات صغيرة ، وتعمل في مدى الترددات العالية (فئة جيگاهيرتز). معظم عناصر الهوائي فعالة جدا في أي مكان وتعمل بكفاءة تتراوح بين 80 - 99 % . العوامل التي تؤثر على كفاءة الهوائي هي الخسارة في العازلية ، الخسارة في الموصلات ، القدرة المنعكسة ، وتبديد الطاقة في أحمال العناصر. نحصل على كفاءة عالية جدا عندما يعتبر الهواء كركيزة ، ولكن ذلك ليس عمليا لهوائيات الحفر الضوئي.

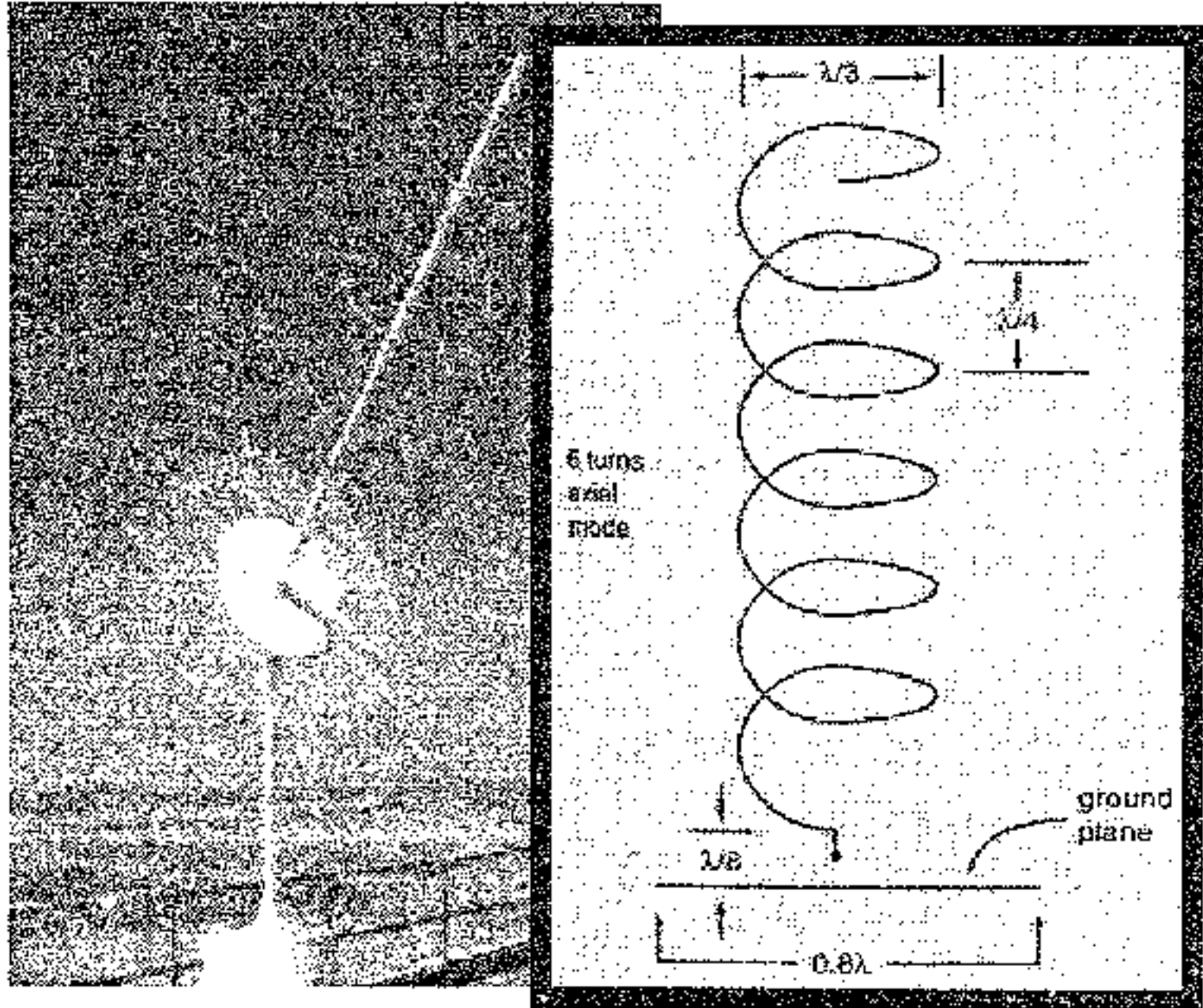
#### 4- الهوائيات الحلزونية Helical Antennas .

يتكون الهوائي الحلزوني من موصل واحد يلف في شكل حلزوني الشكل ( 9-3 ) ويكون مستقطبا بشكل دائري ، وهذا يجعل الهوائي يبيت الموجة الكهرومغناطيسية بالاتجاهين العمودي والأفقي. وهذا خلاف هوائي ثنائي القطب ، والذي يبيت بشكل عمودي على محوره فقط. الهوائي المبين في الشكل ( 9-3 ) له كسب مقداره 12 ديسي بيل ويعمل في مدى الترددات 100 - 500 ميگاهرتز ويتغذى بسلك محوري حيث أن مركز الموصل يتغذى من خلال المستوى الأرضي. والمسافة بين لفة وأخرى تساوي  $4/1$  طول الموجة وقطرها  $3/1$  طول الموجة. هذا مجرد مثال واحد من الهوائيات الحلزونية ، والبعض الآخر يمكن



أن تعمل على مدى آخر من الترددات. ويمكن أن يتم إدخال تعديلات أخرى وذلك بجعل قطره غير منتظم وبشكل هياكل حلزونية يمكنها توسيع عرض الحزمة وتحسين أداء البث.

الشكل ( 3- 9 ) الهوائي الحلزوني



يوجد نوع آخر شائع الاستخدام في التطبيقات اللاسلكية هو الهوائي الحلزوني ذات  $4/1$  الطول الموجي الشكل ( 3 - 10 ). فهو أصغر من هوائي السوط ، ويؤدي نفس الغرض . استخدم في الأونة الأخيرة لمدى الترددات 1000 - 800 ميگاهرتز والمستخدم في الهاتف الجوال.

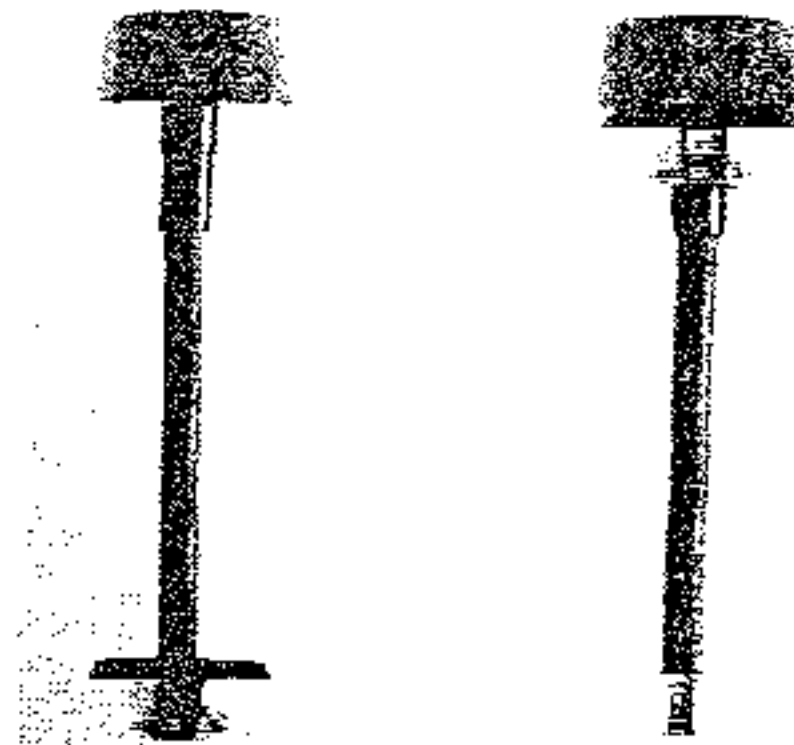


### 3-4 أنواع الهوائيات الاتجاهية.

#### 1 - الهوائي المسطح الأرضي ذو الربع الموجي:

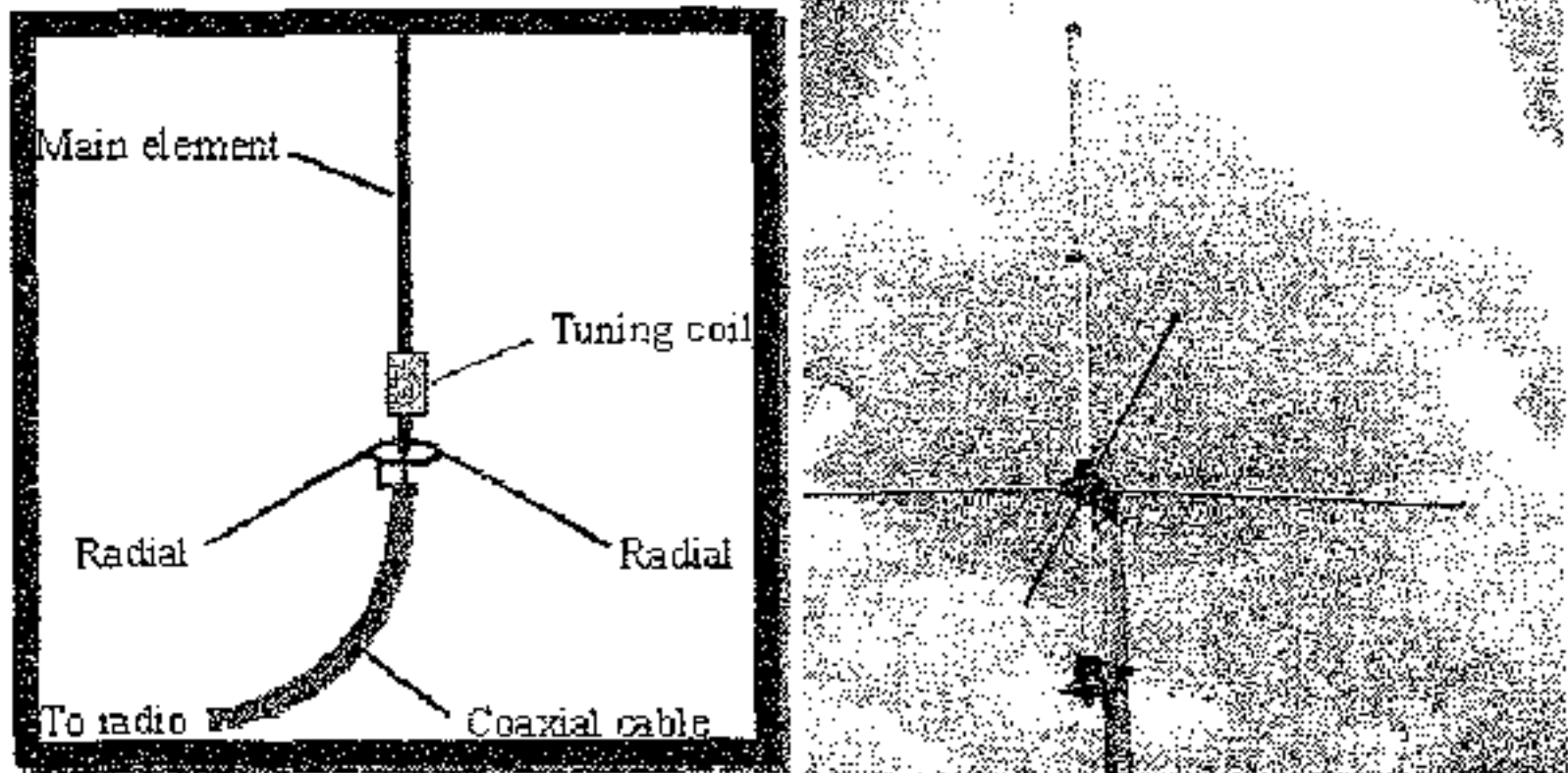
الهوائي المسطح الأرضي يتكون من طبقة من النحاس والسذي يظهر لمعظم الإشارات كأنة جهد ارضي لا نهائي . وهذا يساعد على الحد من السضوضاء ، ويساعد على ضمان أن تقوم جميع الدوائر المتكاملة في المنظومة مقارنة إشارات مختلفة الفونظية إلى نفس الجهد ، والتي تجعل تصميم الدوائر الكهربائية أسهل ، مما يتيح للمصمم تاريض أي جزء من دون الحاجة إلى تشغيل مسارات متعددة . العنصر الذي يحتاج إلى التاريض يتم توجيهه مباشرة إلى السطح المؤرض على طبقة أخرى. السطوح المؤرضة يمكن في بعض الأحيان أن توضع على الطبقات القريبة لمستويات القدرة مما يؤدي لتوليد متسعة كبيرة من الواح متوازية لتساعد على ترشيح القدرة المجهزة. السطوح المؤرضة في بعض الأحيان تسمح للفصل ثم الربط بأجزاء رقيقة وهذا يسمح للفصل بين الأقسام التناظرية والرقمية على اللوحة أو مدخلات ومخرجات المكبرات.

الشكل ( 3 - 10 ) الهوائي الحلزوني ذات ربع الطول الموجي في الهاتف الجوال



الأجزاء الرقيقة لها ممانعة منخفضة بما يكفي للحفاظ على الجانبين بنفس الجهد تقريبا مع الحفاظ على التيارات الأرضية من جانب واحد من التأثير على الآخر. الهوائي المسطح الأرضي يكون أحد طرفيه مؤرضاً وتحدث عند النهاية المؤرضة عقدة الفولطية وبطن للتيار وعند النهاية الطليقة عقدة للتيار و عقدة أيضا للفولطية. وهو هوائي بسيط في تركيبه منخفض الكلفة ومفيد للاتصالات. صمم هذا الهوائي لكي يرسل الإشارة باستقطاب عمودي، ويتألف من عنصر طوله يساوي ربع طول الموجة على شكل نصف هوائي ثنائي القطب بالإضافة إلى ثلاثة أو أربعة عناصر موصلة تؤدي وظيفة دليل الموجة ينحني كل منها بمقدار 30 إلى 45 درجة نحو الأسفل الشكل ( 3 - 11 ).

الشكل ( 3 - 11 ) الهوائي المسطح ذو ربع طول الموجة.



تعرف هذه المجموعة من العناصر (والتي تدعى بالأقطار) بالمسطح الناقل. يمتلك هذا الهوائي البسيط والفعال القدرة على التقاط الإشارات بشكل متساوٍ من جميع الاتجاهات. يمكن زيادة ربح الهوائي عبر تسطيح الإشارة للتخلص من التركيز

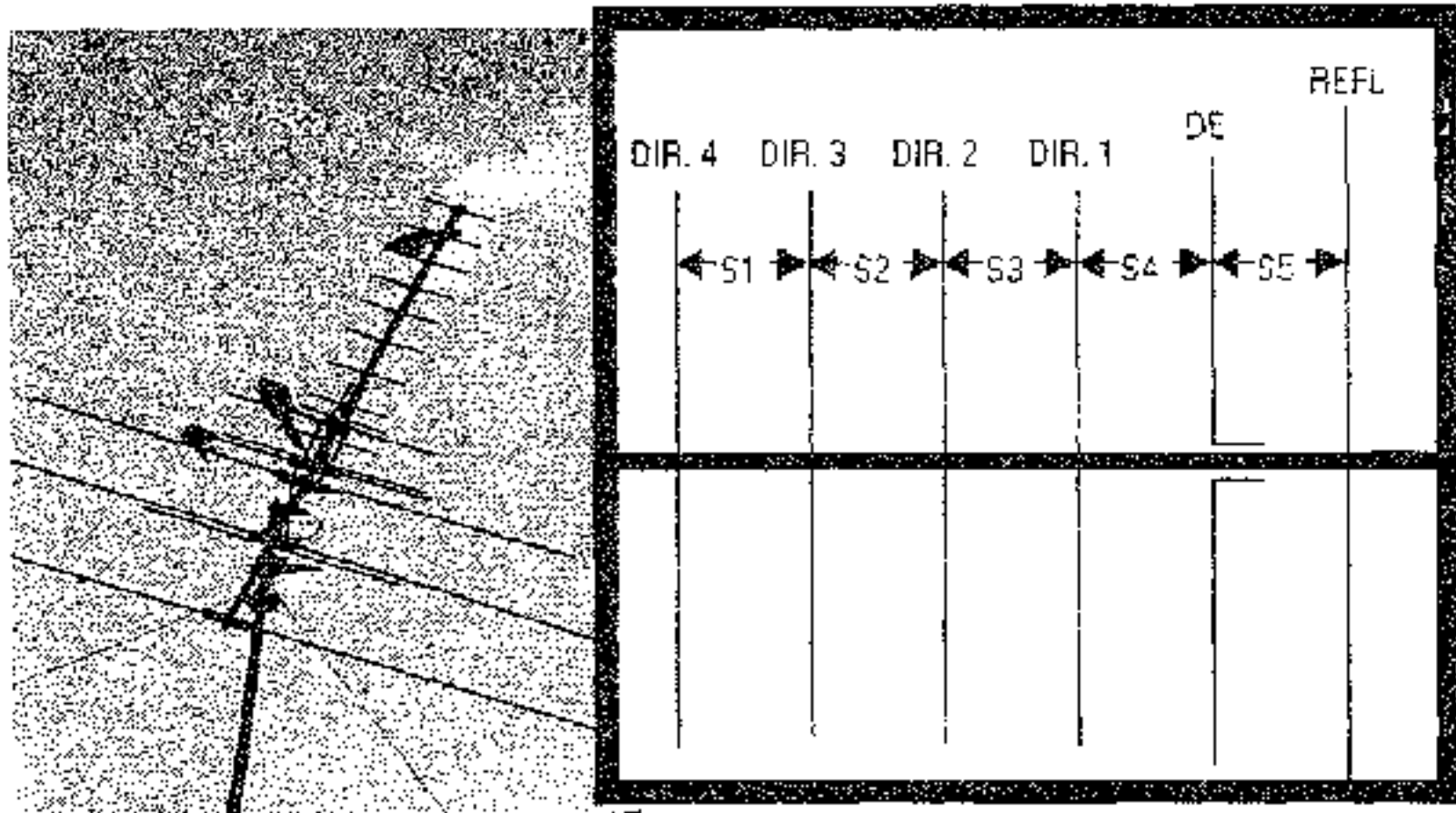
على المنطقة الواقعة فوق وتحت الهوائي مباشرة، والتركيز بشكل أفضل على الأفق. يمثل عرض المجال العمودي درجة التسطيح في تركيز إشارة الهوائي. تستمر هذه الخاصية في حالات الوصل من نقطة إلى عدة نقاط شريطة أن تملك جميع الهوائيات الأخرى الارتفاع ذاته. يتراوح ربح هذا الهوائي ما بين 2 - 4 ديسي بيل. الاتصالات والوصلات اللاسلكية، وتقنيات الهاتف الجوال تتم بسرعة وبطبيعة الحال، فإن تكنولوجيات الهوائيات بحاجة للهوائيات. اختيار الهوائي المناسب للجهاز المناسب يحسن الإرسال والاستقبال، يقلل من استهلاك الطاقة، ويستمر لفترة أطول. والهوائي الأكثر شيوعاً للهوائيات الجوال هو الهوائي متعدد الأقطاب monopole، وغالباً ما يسمى هوائي السوط whip antenna (الهوائي المسطح الأرضي). الهوائي ذو ربع الطول الموجي هو أبسط الأنواع المتاحة والمستخدم في مدى الترددات 400 - 500 ميغاهرتز. وهناك أنواع أخرى من هوائيات السوط المماثلة هي  $8/3$  - الطول الموجي ونصف الطول الموجي. وهذه أكبر من هوائي ربع الطول الموجي ولكنها أدت إلى تحسين الأداء.

## 2 - هوائي ياغي Yagi

سمي بهذا الاسم نسبة إلى مخترعة الياباني في أوائل عام 1900. هوائيات ياغي تركز على إرسال والاستقبال في اتجاه واحد. ويمكن استخدامها في مواقع ثابتة مثل المنازل والمكاتب والمزارع والمناطق النائية. وينبغي أن تكون محمولة على أعلى مستوى ممكن على أنابيب كما في هوائيات التلفزيون. يحتوي الهوائي على ثلاثة أنواع من العناصر: هي العنصر العاكس **Reflector Element** (REFL)، العنصر الفعال **(DE) Driven Element**، و العنصر الموجه **(DIR) Directors Element**. يتألف هوائي ياغي البسيط من عدد من العناصر المستقيمة يبلغ طول كل منها نصف طول الموجة تقريباً تسمى العناصر الفعالة وهي ثنائية القطب تتم تغذيتها من المركز. يثبت قضيب أو مجموعة من

القضبان أو الأسلاك المستقيمة تدعى بالعواكس وتكون على جانبي العنصر الفعال بالتوازي معه، وعلى مسافات تعادل 0.2 إلى 0.5 من طول الموجه،. يثبت أحسن هذه العواكس (والذي يزيد طوله قليلاً عن طول الموجه) خلف العنصر الفعال والعاكس هو في الجزء الخلفي من الهوائي ويكون بعيداً عن محطة الإرسال، كما يوضع أحد الموجهات (والذي يقل طوله عن طول الموجه بمقدار قليل) أمام هذا العنصر. يحتوي هوائي ياغي بشكل عام على عاكس واحد إضافة إلى موجه واحد أو أكثر. يوضح الشكل ( 3 - 12 ) صورة لهوائي يحتوي على أربع عناصر فعالة وموجه وعاكس واحد. يقوم الهوائي بإشعاع المجال الكهرومغناطيسي في الاتجاه المار من العنصر الفعال باتجاه الموجهات، لذلك فهو شديد الحساسية لقدرة المجال الواردة في هذا الاتجاه أيضاً.

شكل ( 3 - 12 ) هوائي من نوع ياغي



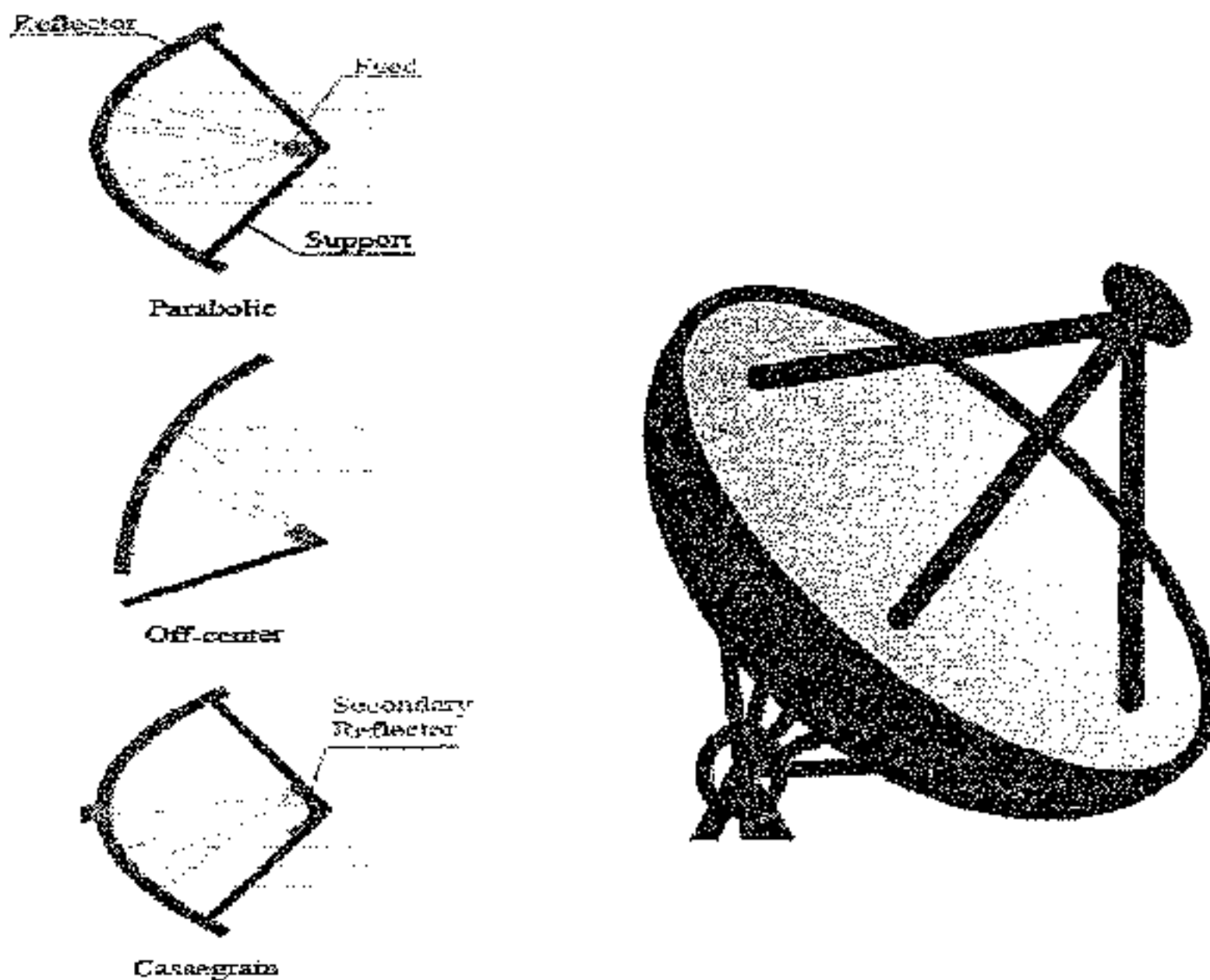
يزداد ربح هذا الهوائي بازدياد عدد الموجهات. كما يزداد طوله أيضاً بإضافة المزيد من الموجهات. تعمل هذه الهوائيات على تردد معين ( 800 أو 1900

ميجاهرتز). يجب أن يتطابق تردد الهوائي مع تردد مزود الخدمة الخاص المستخدم في تلك المنطقة. على الرغم من أن معظم الهوائيات يمكن أن تستخدم ترددات متعددة ، مزود الخدمة عادة ما يستخدم واحد فقط من هذه الترددات في منطقة معينة واحدة. 0 ارتفاع الهوائيات العاملة بتردد 800 ميجاهرتز لها ربح عالي يؤدي إلى تحسين الإرسال والاستقبال لذلك تستخدم في الهاتف الجوال في الولايات المتحدة. تستخدم هوائيات ياغي عادة في الوصلات بين نقطتين وتتمتع بربح يتراوح ما بين 10 إلى 20 ديسيبل وعرض مجال أفقي يتراوح ما بين 10 إلى 20 درجة. شيد العالم هرتز أول هوائي بشكل القطع المكافئ العاكس في العالم عام 1888. كان عرض الهوائي 1.2 متر ، وبعده البؤري 0.12 متر ، وكان يستخدم لتردد التشغيل 450 ميجاهرتز تقريبا . كان العاكس مصنوعا من شريحة رقيقة من معدن الزنك يدعمها إطار خشبي ، وكانت شرارة الفجوة تثير ثنائي القطب على طول خط الاتصال. استعمل هرتز اثنين من الهوائيات احدهما للإرسال والآخر للاستقبال ونجح في إثبات وجود الموجات الكهرومغناطيسية التي تنبأ بها ماكسويل قبل 22 عاما من إجراء هذه التجربة.

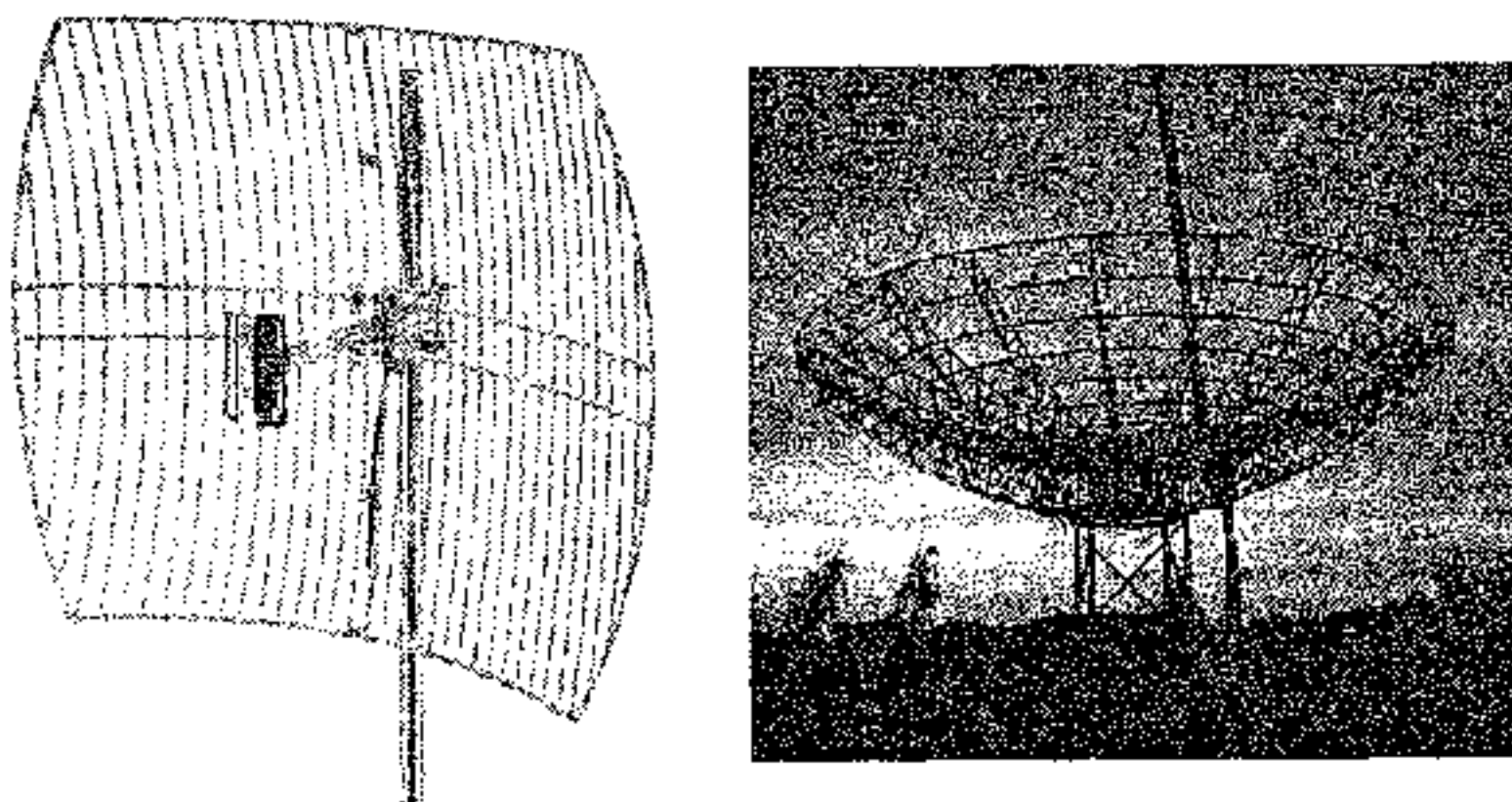
### 3 - هوائي طبق القطع المكافئ parabolic dish

تعتبر الهوائيات التي تحتوي على عاكس بشكل قطع ناقص أكثر أنواع الهوائيات الاتجاهية استخداماً عند الحاجة إلى قيم ربح عالية شكل (3 - 13).

شكل (3 - 13) هوائي طبق نوع Cassegrain



شكل (3 - 14) معدنية شبكات معدنية



على الرغم من ضعف نسبة إشارة الأمام للخلف في هذه الهوائيات إلا أن استخدامها أكثر أمناً وتصنيعها أسهل. هوائي قطع المكافئ النموذجي يتكون من عاكس مكافئ مع هوائي تغذية صغير في المركز. العاكس هو السطح المعدني لجسم الهوائي وتكون حافته بشكل دائري تشكل قطر الهوائي. هذا الجسم المكافئ يملك نقطة محددة للبؤرة بحكم وجود خاصية العكس للقطع المكافئ. هوائي التغذية في البؤرة العاكسة تكون عادة منخفضة الارتفاع مثل هوائي نصف ثنائي القطب أو هوائي البوق ذات النليل الموجي القليل في التصاميم الأكثر تعقيداً ، مثل هوائي Cassegrain حيث أن العاكس الفرعي يستخدم لتوجيه الطاقة إلى العاكس المكافئ من تغذية الهوائي التي تقع بعيداً عن مركز البؤرة. تغذية الهوائي تتصل إلى معدات الإرسال أو الاستقبال للترددات الراديوية عن طريق كابل محوري لنقل خط النليل الموجي المجوف .

#### 4- هوائي البوق Horn

هوائي البوق أو القرن يستخدم لإرسال واستقبال إشارات المايكروويف. يأخذ اسمه من مظهره الذي يكون بشكل البوق. و جزء البوق يمكن أن يكون مربع أو مستطيل ، أو مخروطي الشكل. الحد الأقصى للإرسال والاستجابة يتطابق مع محور القرن وعادة ما تغذي النليل الموجي. ولكي يعمل الهوائي بشكل صحيح ، فيجب أن يكون هناك الحد الأدنى من حجم معين نسبة إلى الطول الموجي للمجال الكهرومغناطيسي الواردة أو الصادرة. إذا كان القرن صغير جداً ، أو أن طول موجة كبيرة جداً (التردد قليل جداً) ، فإن الهوائي لا يعمل بكفاءة. هوائي البوق يكثر استخدامه كعنصر فعال في هوائي القطع المكافئ. ويكون اتجاه البوق نحو مركز السطح العاكس للطبق . استخدام هوائي القرن بدلاً من هوائي ثنائي القطب ، أو أي نوع آخر من الهوائيات ، في بؤره الطبق يقلل من فقدان الطاقة (التسرب) حول حواف الصحن العاكس. كما أنه يقلل من استجابة الهوائي للإشارات غير

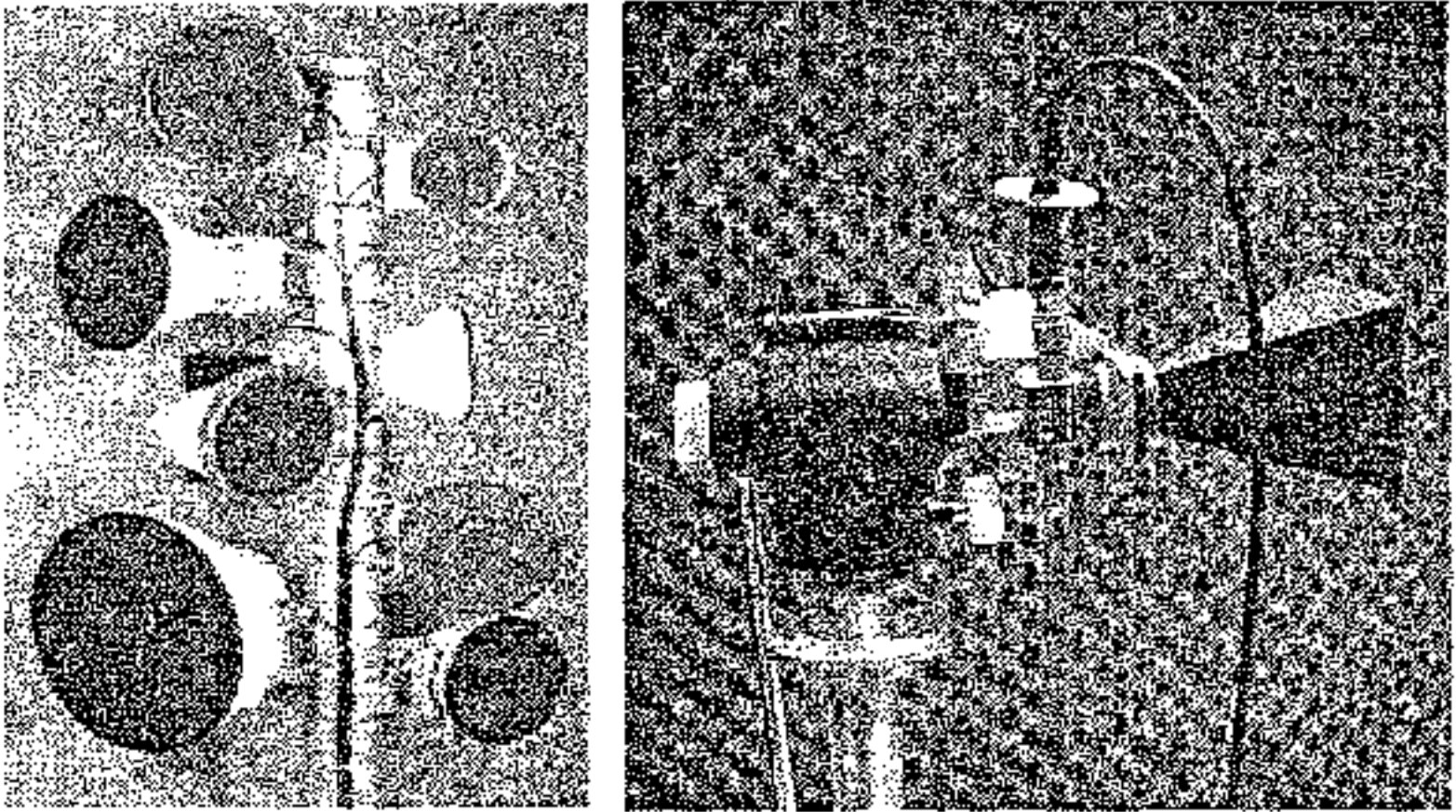
المرغوب التي لا تكون بالاتجاه المفضل للطبق. هوائيات البوق تستخدم في حد ذاتها في جميع أنظمة الرادار قصير المدى وخاصة تلك المستخدمة من قبل شرطة المرور لقياس سرعة الاقتراب أو الابتعاد للمركبات. يكون الهوائي مخروطياً ويتسع تدريجياً، و يمكن أن يكون مربعاً، مستطيلاً، أسطوانياً أو مخروطياً. يتحدد اتجاه الإرسال الأعظم بمحور هذا المخروط. يمكن تغذية هذا الهوائي بالإشارة الراديوية، كما يمكن تغذيته أيضاً باستخدام سلك محوري مع تحويله ملائمة. يستخدم هوائي البوق بكثرة كعنصر فعال في الهوائي الطبقي حيث يتم في هذه الحالة توجيه البوق اتجاه مركز الطبقة العاكس. يؤدي استخدام هوائي البوق عند المركز البؤري للطبق عوضاً عن الهوائي ثنائي القطب أو غيره من الهوائيات إلى تخفيض خسارة القدرة عند أطراف الطبقة العاكس يعمل الهوائي عند التردد 2.4 جيجا هرتز و يربح قد يصل حتى 10-15 ديسيبل. الشكل ( 3 - 15 ) صورة لهوائي البوق.

#### 5 - الهوائي الرباعي Piqued

هوائي سهل التصنيع يوفر اتجاهية جيدة ورياحاً معقولاً يصل إلى 11 ديسي بيبل للوصلات بين نقطتين مع عرض حزمة beam width واسعة إلى حد ما.. يتألف هذا الهوائي من عنصر إرسال مؤلف من مربعين متشابهين يبلغ حجم كل منهما ربع طول الموجة إضافة إلى صفيحة أو شبكة معدنية تقوم بدور العاكس شكل ( 3 - 16 ).



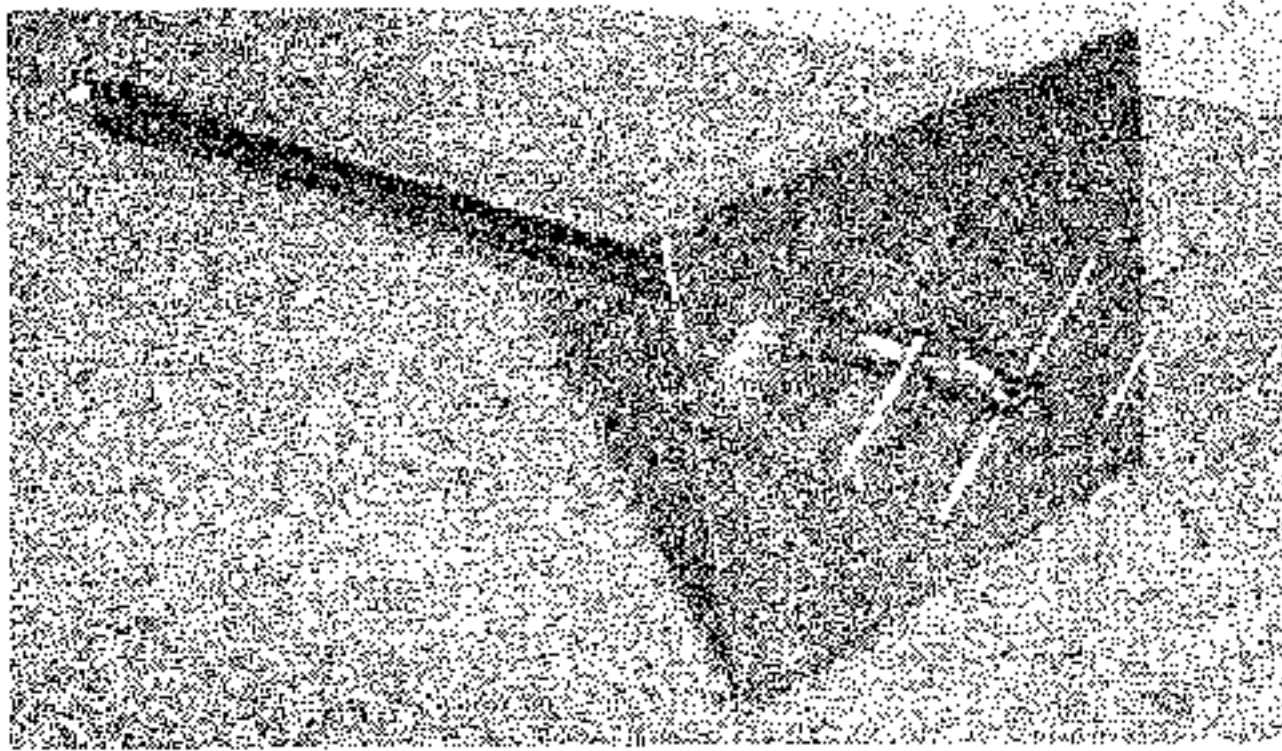
الشكل (3 - 15) صورة لهوائي اليوق



يبلغ عرض مجال هذا الهوائي حوالي 70 درجة ويتراوح ربحه ما بين 10 - 12 ديسي بيل. يمكن استخدامه بشكل منفرد أو كمغذٍ لطبقٍ على شكل قطع مكافئ. يمكن تحديد استقطاب هذا الهوائي من خلال النظر إلى المربعين من أمام الهوائي، إذا كان هذان المربعان متجاورين فإن الهوائي ذو استقطاب شاقولي. عند استخدام الهوائي الرباعي وللاتصال بجهاز لاسلكي آخر، يجب التأكد من أن استقطاب الهوائي الرباعي هو نفس استقطاب الهوائي الذي تتصل به. وبالمثل للاتصال مع اثنين من الهوائي الرباعي، يجب أن تضمن أن تكون الهوائيين موجهين بنفس الاستقطاب. عدم تطابق الاستقطاب سوف يتسبب في خسائر كبيرة في الإشارة. يحصل تغيير الاستقطاب بمجرد تدوير الهوائي بأكمله 90 درجة. الهوائي الرباعي لا يتميز بالاتجاهية، ولكن يتميز بعرض حزمة واسع. الهوائي ذات عرض حزمة 3 ديسي بيل هو عادة يكون بزواوية 40-50 درجة، مما يجعلها مثالية لتطبيقات تريد تغطية واسعة نسبياً. عرض حزمة الواسع نسبياً يجعل

الهوائي ملائمة لالتقاط إشارات دون الحاجة إلى ربط الهوائي مباشرة مع إشارة المصدر. في حين أن الهوائيات الاتجاهية ، مثل هوائي القطع المكافئ ذات عرض حزمة 3 ديسي بيل هو 7 درجات تقريبا ، هو أكثر ملائمة لربط نقطة إلى نقطة

### الشكل (3 - 16) هوائي Biquad.



### 6 - هوائي القطاع Sector antenna

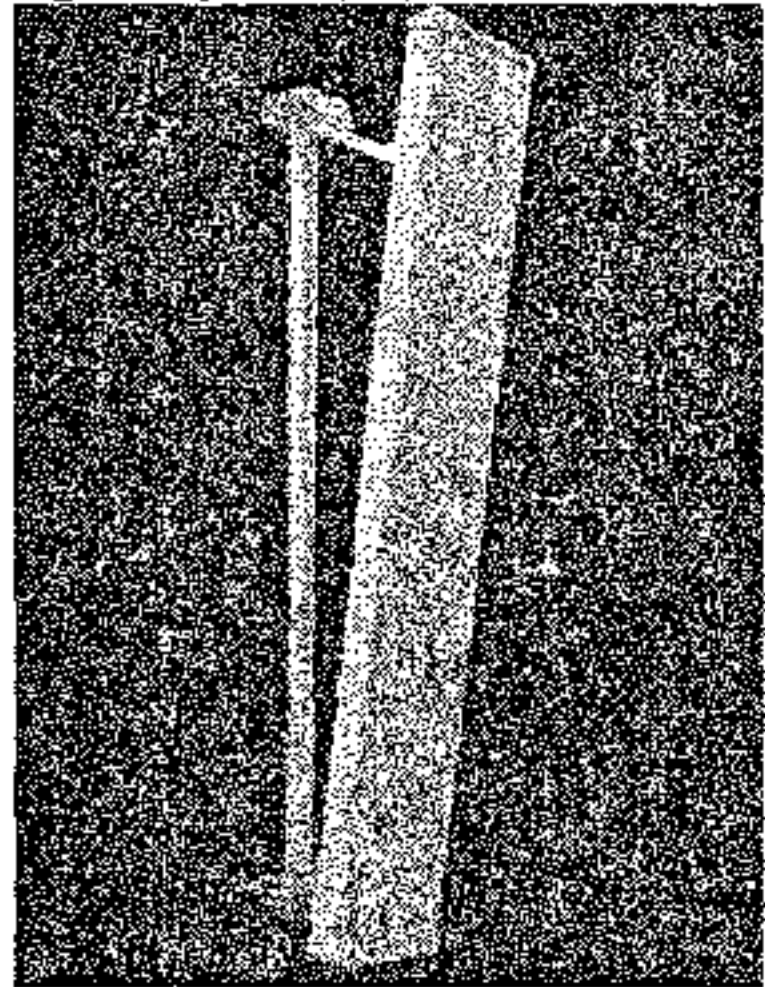
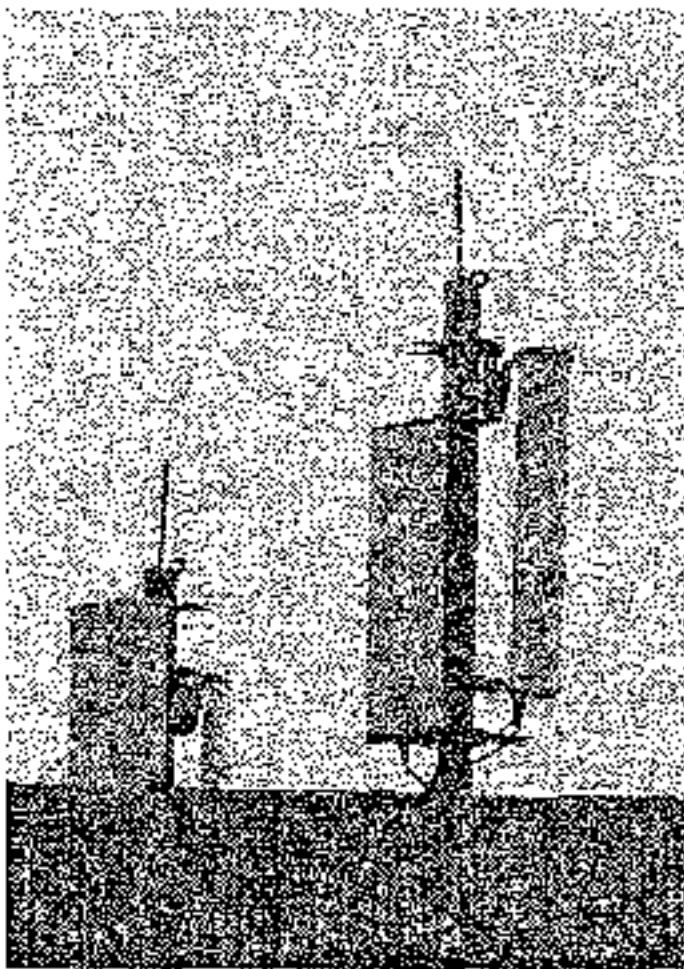
هوائي القطاع النموذجي مبين في الشكل ( 3-17 ) في الجزء السفلي ، والذي يحتوي على موصل للترددات اللاسلكية بشكل سلك متحد المحاور للتغذية ، ومعدات للسيطرة الميكانيكية. لوضعها في الهواء الطلق فان شاشة العاكس الرئيسية تصنع من الألمونيوم ، وجميع الأجزاء الداخلية توضع في غلاف مصنع من الألياف الزجاجية للحفاظ على عمل الهوائي بشكل مستقرة بغض النظر عن الأحوال الجوية. التأريض مهم جدا للهوائي في الهواء الطلق لذلك فان جميع الأجزاء المعدنية تارض .

والاتجاهية للهوائي تتحقق في شكله الضيق. وفقا لأنماط الإرسال فان الهوائي المستخدم عادة في القاعدة الارضية ذات القطاعات الثلاثة تميل بزاوية 66 ° مع عرض الحزمة الأفقي. وهذا يعني أن الحصول على الحد الأقصى للكسب

عند  $0^\circ$  وقيمته منخفضة قليلا في الاتجاه  $\pm 33^\circ$  وعند الاتجاه  $\pm 60^\circ$ ، فإن الحدود بين القطاع وكسب الهوائي يمكن إهمالها. عرض الحزمة العمودي لا يكون أوسع من 15 درجة، وهذا يعني  $7.5^\circ$  في كل اتجاه. خلافا لهوائيات محطات ألبت الإذاعي والتي يجب أن تغطي عشرات الكيلومترات، عادة ما يكون هناك ميل نحو الأسفل لكي تكون المحطة أكثر فعالية لتغطية المنطقة فوراً وعدم التسبب في تداخل الترددات الراديوية إلى الخلايا البعيدة.

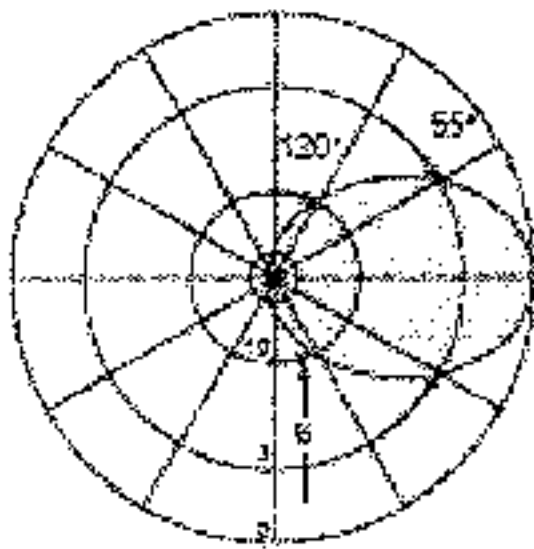
منطقة التغطية تساوي مربع مسقط القطاع على الأرض و يمكن تعديلها من خلال تغيير الميل نحو الأسفل كهربائياً أو ميكانيكياً. يتم تعبير الإمالة الكهربائية باستخدام وحدة تحكم خاصة والتي عادة ما توضع داخل الهوائي، لذلك تم تصنيع مختلف أجهزة التحكم عن بعد على نطاق واسع أما الميل نحو الأسفل الميكانيكي فيتم تنظيمه يدوياً من خلال تعديل الهوائي.

شكل (3 - 17) هوائي القطاع

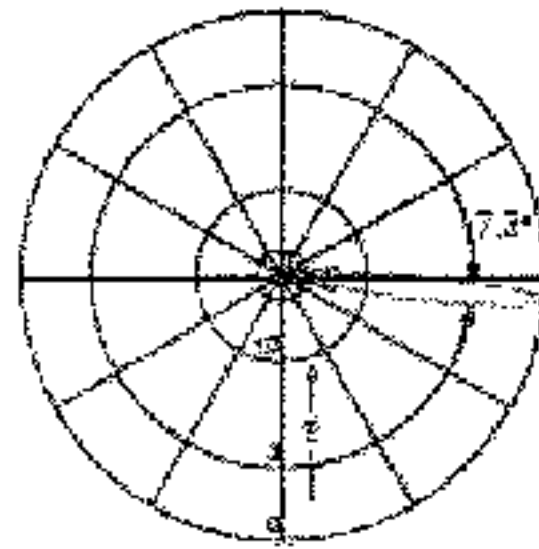


لزيادة أو توسيع مجال التغطية ، وبالتالي زيادة عدد الزبائن المستفيدين توضع عدة هوائيات القطاع على نفس البرج . مثل هذا التركيب غالبا ما يسمى الهوائي المنحني وتعمل هوائيات على عدة زوايا . وحالما توضع هوائيات القطاع على نفس البرج ، لا بد من توجيهها نحو قطاع معين .

### نمط توزيع الإرسال الأفقي والعمودي وكذلك الإمالة نحو الأسفل



Horizontal Pattern



Vertical Pattern

التوجيه لا يعني تحديد الاتجاه الصحيح الأفقي والشاقولي فقط وإنما الميل الصحيح نحو الأسفل كذلك. وعلى الرغم من أن المسافة محدودة فإن التوجيه يؤدي إلى خدمة العملاء بشكل أفضل مع ارتفاع معدل البيانات. قبل تحديد توجيه الهوائيات ، يجب تأريضها وضع مانعة الصواعق. الهوائي في الأسفل يكون ميلا الميكانيكي نحو الأسفل كبيرا . حسن اختيار الميل الميكانيكي نحو الأسفل من الإستراتيجية التي يمكن أن تقلل من الخسارة بسبب التغطية الشاملة للخلايا ومنع التدخل الشامل في الشبكة.

## 7- هوائيات أخرى

هناك الكثير من أنواع الهوائيات الأخرى لتلائم التطورات التقنية. الهوائيات القطاعية تستخدم بكثرة في شبكات الهواتف الجواله ويتم تصنيعها عادة بإضافة سطح عاكس لهوائي ثنائي القطب (أو أكثر). يمكن أن يصل عرض المجال الأفقي لهذا النوع من الهوائيات حتى 180 درجة كحد أقصى و 60 درجة كحد أدنى، في حين يكون عرض المجال الشاقولي أضيق بكثير. يمكن تصنيع هوائيات مركبة باستخدام عدة هوائيات قطاعية لتغطية مجال أفقي أعرض (الهوائي متعدد القطاعات multi sectorial antenna).

## 3-5 أنواع منظومات الهوائيات

### 1 - هوائيات البث Broadcast Antennas

هوائيات محطات الإذاعة و التلفاز تنقل إشاراتها عبر الموجات الكهرومغناطيسية . محطات الإذاعة تبث على مختلف الترددات اللاسلكية التي تتراوح بين حوالي 550 كيلو هرتز لموجات الراديو الطويلة حتى حوالي 800 ميغاهرتز لبعض محطات التلفزيون ذات الترددات العالية جدا. قدرة التشغيل تكون اقل من بضعة مئات من الواطات لبعض المحطات الإذاعية و حتى الملايين من الواطات لبعض المحطات التلفازية. بعض هذه الإشارات يمكن أن تكون مصدرا مهما لطاقة الترددات اللاسلكية في البيئة المحلية. مقدار طاقة الترددات اللاسلكية التي يمكن أن يتعرض لها العاملين و الجمهور كنتيجة لبث الهوائيات يتوقف على عدة عوامل ، منها نوع المحطة ، خصائص تصميم الهوائي المستخدم ، القدرة التي المرسله إلى الهوائي . ارتفاع الهوائي و المسافة عن الهوائي. طاقة بعض الترددات تمتصها جسم الإنسان أكثر من الطاقة في الترددات الأخرى ، وكذلك يعتمد امتصاص الطاقة على تردد الإشارة المرسله وكثافتها. وصول الجمهور قريبا من

هوائيات البث عادة ما تكون محددة لذلك لا يمكن تعرض الأشخاص للمجالات العالية التي قد تكون موجودة بالقرب من الهوائيات. للقياسات التي قدمتها منظمات حماية البيئة قد أظهرت أن مستويات إشعاع الترددات اللاسلكية في المناطق المأهولة بالسكان بالقرب من مرافق البث الإذاعي عادة ما تكون أقل بكثير من مستويات التعرض الموصى بها بالمعايير والمبادئ التوجيهية الحالية. هوائي في بعض الأحيان يقوم عمال الصيانة بالتسلق على الهوائي لأغراض مثل الطلاء والتصليح وفي مثل هذه الحالات يمكن أن يتعرض العاملون لمستويات عالية من طاقة الترددات اللاسلكية إذا كان العمل المنجز في برج يشتغل أو في المناطق المحيطة مباشرة بالهوائي. لذلك لا بد من اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان عدم تعرض العاملين في مجال الصيانة إلى مجالات التردد اللاسلكي غير الآمن.

## 2 - هوائيات أنظمة الهوائيات الجواله **Portable Radio Systems**

أنظمة الراديو الجواله الارضيه الاتصالات المتنقلة تشمل مجموعة متنوعة من منظومات الاتصالات الحرارية والجواله التي تتطلب استخدام مصادر الترددات اللاسلكية. هذه المنظومات تعمل في نطاق ضيق من الترددات بين 30 إلى 1000 ميغاهرتز. منظومات الراديو التي تستخدمها الشرطة وإدارات الإطفاء وخدمات التخاطب اللاسلكي ، وراديو الأعمال هي أمثلة قليلة من منظومات الاتصالات. هناك ثلاثة أنواع من أجهزة الإرسال اللاسلكية المرتبطة بالهوائيات الجواله الارضيه وهي محطة الإرسال القاعديه ، أجهزة الإرسال المركبة على عربات، وأجهزة الإرسال الحرارية. الهوائيات المستخدمة لهذه المحطات يتم تكييفها لغرض محدد. فمثلا ، هوائي محطة الإرسال القاعديه يجب أن يشع الإشارة إلى مساحة كبيرة نسبيا ، لذلك فأنه يحتاج إلى قدرة عالية مقارنة بالهوائيات الحرارية على المركبة أو لاسلكي الجوال باليد. على الرغم من أن محطة الإرسال القاعديه تعمل عادة مع مستويات عالية من القدرة فإن وصول



الجمهور إليها محنورا نظرا وهي محمولة على ارتفاعات كبيرة فوق سطح الأرض لتوفير تغطية كافية للإشارة. كما أن العديد من هذه الهوائيات يعمل على فترات متقطعة. ولهذه الأسباب ، فإن هوائيات محطة الإرسال القاعدية لم تكن مصدرا للقلق فيما يتعلق بتعرض الجمهور لإشعاع الترددات الراديوية . الدراسات للهوائيات فوق سطح البنائيات أشارت إلى أن الهوائيات التي تعمل على قدرة عالية قد تزيد من احتمالات تعرض عاملي الصيانة أو غيرهم عند الوصول إلى تلك المواقع. مستويات قدرة الإرسال للهوائيات المثبتة على العربات أو الهوائيات الأرضية المتحركة عادة ما تكون أقل من تلك التي تستخدمها هوائيات محطة الإرسال القاعدية. الهوائيات الأرضية المتحركة مثل الهوكي توكي هي أجهزة لاسلكية تعمل بقدرة منخفضة و تستخدم لنقل واستقبال الرسائل عبر مسافات قصيرة نسبيا. نظرا لمستويات القدرة المنخفضة وعملها البعيد عن الرأس ، فإن تعرض المستخدمين للترددات اللاسلكية لا تتجاوز الحدود الآمنة. ولذلك ، فإن هوائيات الاتصال لا تطلب الوثائق الروتينية للامتثال للحدود السلامة لمثل هذه الأجهزة.

### 3 - هوائيات الميكروويف Microwave Antennas

هوائيات الميكروويف ترسل وتستقبل إشارات الموجات المايكروية عبر مسافات قصيرة نسبيا (من بضعة كيلومترات إلى 50 كيلومتر أو أكثر). هذه الهوائيات عادة ما تكون مستطيلة أو دائرية الشكل وعادة ما تثبت على برج ، أو على أسطح المنازل وعلى جانبي المباني ، أو على الهياكل المماثلة لكي لا يمكن إعاقة البث والإرسال ، مثل نقل الصوت والبيانات والرسائل وتعمل على الربط بين استوديوهات الإذاعة أو التلفزيون والهوائيات. حزمة الإشارات اللاسلكية تنتقل من هوائي الإرسال لهوائي الاستقبال ، والنشئت في طاقة الميكروويف خارج الحزمة الضيقة نسبيا قليل جدا. بالإضافة إلى ذلك فإن هذه الهوائيات تعمل

بمستويات قدرة منخفضة جدا تقدر ببضع واط أو أقل. وقد بينت القياسات بان كثافة قدرة هوائيات الميكروويف على سطح الأرض هي اقل ألف مرة أو أكثر من حدود السلامة. وعلاوة على ذلك فهناك هامش للسلامة إضافي وهو عدم وصول الجمهور الى مواقع برج الميكروويف. التعرض الكبيرة من هذه الهوائيات يمكن أن يحدث في حالة وقوف الإنسان مباشرة أمام وقريب جدا من الهوائي لفترة من الزمن.

#### 4 - هوائيات منظومات الأقمار الصناعية Satellite Systems

هوائيات منظومات محطات الأقمار الصناعية تستخدم الأقمار الصناعية للاتصالات بالأرض وعادة ما تكون الهوائيات بشكل قطع مكافئ "طبق" ، وبعضها كبير يتراوح قطرة بين 10 إلى 30 مترا ، والتي تستخدم لإرسال إشارات الميكروويف (الموجات المرتفعة) أو تلقي (الموجات الهابطة) إلى أو من الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض. هذه الإشارات تسمح بتسلم مجموعة متنوعة من خدمات الاتصالات ، بما في ذلك خدمات الهاتف لمسافة بعيدة. بعض هوائيات المحطات الأرضية للأقمار الصناعية تستخدم فقط لاستلام إشارات الترددات اللاسلكية (تماما مثل هوائي التلفزيون على سطح المنازل) ، ونظرا لأنها لا ترسل الترددات اللاسلكية ، فإن خطر التعرض للأشعة المنبعثة ليست مهمة. نظرا لعملها لمسافات طويلة ، فإنها تستخدم مستويات كبيرة نسبيا من القدرة لنقل هذه الإشارات مقارنة ، لتلك المستخدمة في هوائيات الميكروويف. و كما هو الحال مع هوائيات الميكروويف فإن حزمة الموجات، إشارات الأقمار الصناعية تتركز باتجاه محدد للغاية . بالإضافة إلى ذلك ، سيكون وصول الجمهور إلى مواقع المحطة مقيدا حيث ان مستويات التعرض قريبا منها يمكن أن يتجاوز الحدود الآمنة.

5 - هوائيات منظومات هوائيات الرادار Radar Systems Antenna  
أجهزة الرادار تستخدم لكشف ، واتجاه ، ومدى ، الطائرات، البواخر، أو غيرها من



الأجسام المتحركة. يتحقق ذلك من خلال إرسال نبضات عالية من ترددات الكهرومغناطيسية . منظومات الرادار عادة ما تعمل على موجات راديوية تردداتها تتراوح بين 300 ميغاهرتز و 15 جيجاهرتز). تستخدم أنظمة الرادار على نطاق واسع في الملاحة والطيران والدفاع الوطني ، والتنبؤ بالأحوال الجوية. العاملين والناس الذين يعيشون بالقرب من أجهزة الرادار قد أعربت عن قلقها إزاء الآثار الصحية الطويلة الأجل الضارة ، بما في ذلك السرطان ، وإعتام عدسة العين ، والآثار السلبية على الأطفال. من المهم أن نميز بين الأخطار الحقيقية و المحتملة التي يسببها الرادار ونفهم الأسباب الكامنة وراء وضع معايير دولية للتعرض واتخاذ التدابير الوقائية. القدرة التي تتبع من أنظمة الرادار يتباين من أعداد قليلة من الملي واط (رادار شرطة المرور) إلى العديد من كيلواط (رادارات الفضاء). ومع ذلك ، هناك عدد من العوامل التي تقلل إلى حد كبير من تعرض الإنسان للترددات اللاسلكية الناتجة عن أنظمة الرادار ، وغالبا بمعامل لا يقل عن 100 وهي.

- منظومة الرادار ترسل الموجات الكهرومغناطيسية بشكل نبضات وليس بشكل مستمر. وهذا يجعل من متوسط الطاقة المنبعثة أقل بكثير من قدرة ذروة النبضة.
- الرادارات الاتجاهية لذلك فان طاقة الترددات اللاسلكية التي تولدها تحتوى حزمة ضيقة جدا وتشبه شعاع من الضوء. مستويات الترددات اللاسلكية تقل بسرعة كلما ابتعدنا عن الشعاع الرئيسي. في معظم الحالات فان هذه المستويات اقل آلاف المرات عما هي عليه في الشعاع الرئيسي.
- العديد من الرادارات هوائياتها تكور بشكل مستمر أو تغير ارتفاعاتها بصورة متفاوتة ، وبالتالي تتغير باستمرار في اتجاه الشعاع.

- المناطق الخطرة من حيث تعرض الإنسان لا يمكن للأفراد غير المصرح بهم الوصول إليها .

### 6-3 حدود الامتثال Compliance boundary أو منطقة الحظر exclusion zone

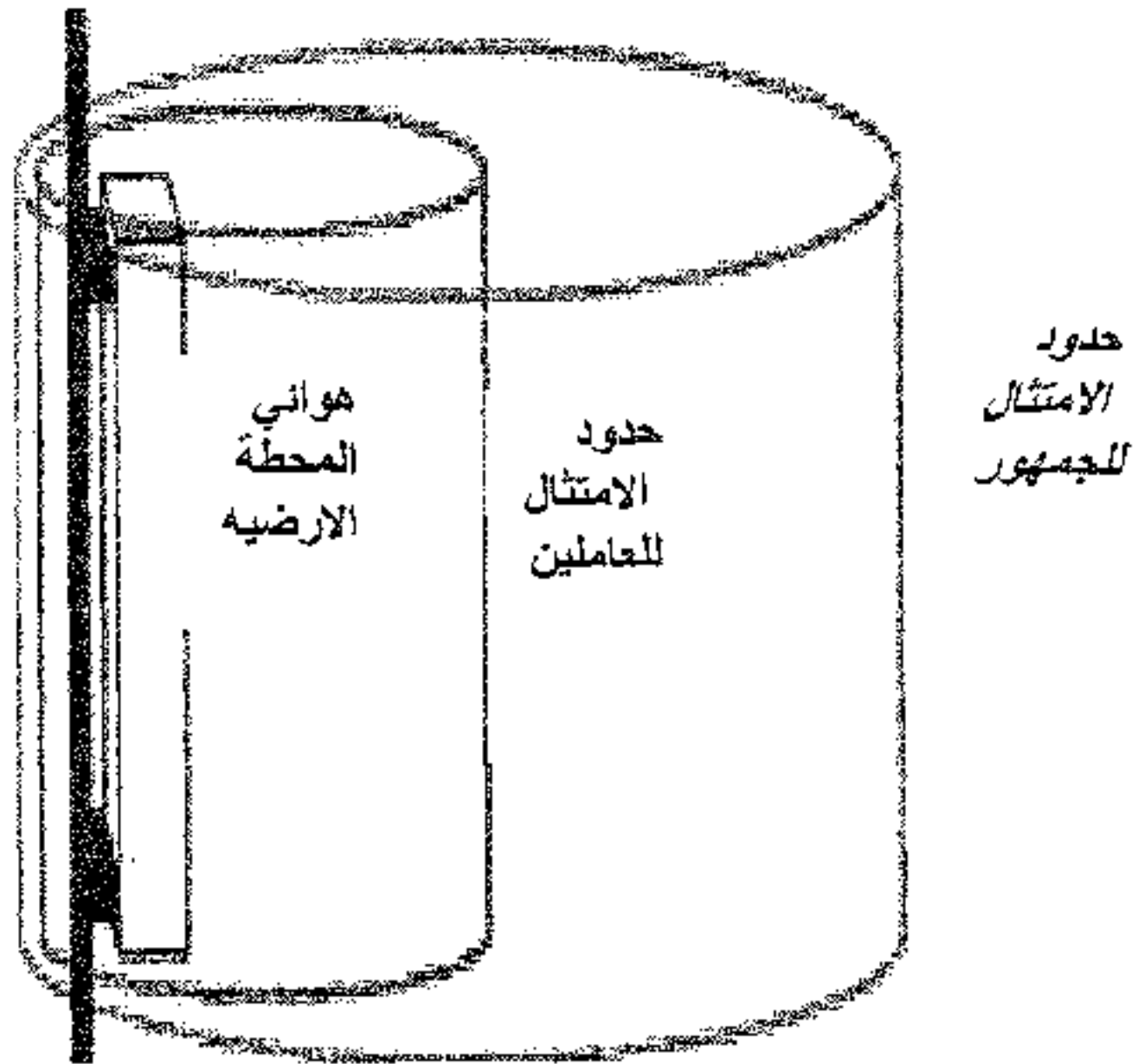
من حيث المبدأ ، تتخفف مستويات الترددات اللاسلكية بسرعة عندما يتحرك الفرد بعيدا عن المصدر (الهوائي) . يمكن أن يحسب مستوى الترددات اللاسلكية لكل هوائي، على أساس الخصائص الكهربائية أو قياسها . المسافة التي عندها تكون الترددات اللاسلكية دائما دون مستوى محددات الترددات اللاسلكية تسمى مسافة الامتثال . مسافة الامتثال قد تستند على المستويات المرجعية أو على تقييم SAR ، في كلتا الحالتين فإنها تشمل على هامش كبير من الأمان . من الممكن أيضا تحديد حدود الامتثال بثلاث ابعاد (3D) حول الهوائي كما في الشكل ( 3 - 18 ) . المنطقة التي تكون داخل منطقة الامتثال غالبا ما يطلق عليها منطقة الحظر . من فوائد تحديد حدود الامتثال هي أنها تحدد مسافة الامتثال في كل الاتجاهات . عادة ما تعتمد قاعدة المحطات الأرضية للهوائيات على الاتجاه ، وبالتالي فإن مستوى الترددات اللاسلكية وراء الهوائي أقل بكثير من أمامه .

المبادئ الإرشادية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين ICNIRP تحدد بالمعدل لكل 6 دقائق لتحديد مستوى التعرض . لذلك ، فإن الترددات اللاسلكية التي تتجاوز المستوى المرجعي لفترة قصيرة لا يعني بالضرورة بأن قد تجاوزت الحد . في الممارسة العملية ، هذا يعني أنه حتى إذا كان الفرد يتحرك ضمن حدود منطقة الامتثال ، فإنه من غير المرجح أن يتعرض إلى تعرض حاد . ومع ذلك ، فإن معدل الزمن يستخدم بمشورة الخبراء فقط .

### 3-7 أنواع هوائيات شبكات الهاتف الجوال نسبة إلى اتجاه البث

الهوائيات النمطية الشائعة التي تستخدم في المحطات الأرضية للهواتف الجواله أنواع كثيرة تعتمد على حدود مسافة الامتثال والتي قد تكون متجانسة حول الهوائي ، إمامة أو خلفه . هنالك عدد كبير من المعايير والقوانين العالمية بشأن التعرض للموجات اللاسلكية . وبشكل عام ، جميع هذه المعايير متشابهة وترتكز على توصيات منظمة الصحة العالمية واللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين . إن الحد الأعلى للتعرض للموجات اللاسلكية المسموح به يضمن درجة سلامة عالية ويمنع من حدوث أي آثار سلبية على صحة الإنسان .

الشكل ( 3 - 18 ) حدود الامتثال



كمية التعرض للموجات اللاسلكية تقل كلما ارتفعت هوائيات محطة التقوية عن الأرض ولذلك يتم وضع الهوائيات على أبراج حديدية مرتفعة . فإذا كنت تقف على بعد متر عن الهوائي (وليس البرج) فإن تأثير الموجات اللاسلكية يكون قد تلاشى تماما. لقد تم مراعاة وضع الهوائيات فوق الأبنية وعلى الأسطح والمناطق المرتفعة بما يضمن ابتعادها أكبر ما يمكن عن المواطنين ولهذا فإن مستويات التعرض للموجات اللاسلكية في الأبنية وعلى الأرض أقل بكثير من الحد الأعلى المتفق عليه دولياً.

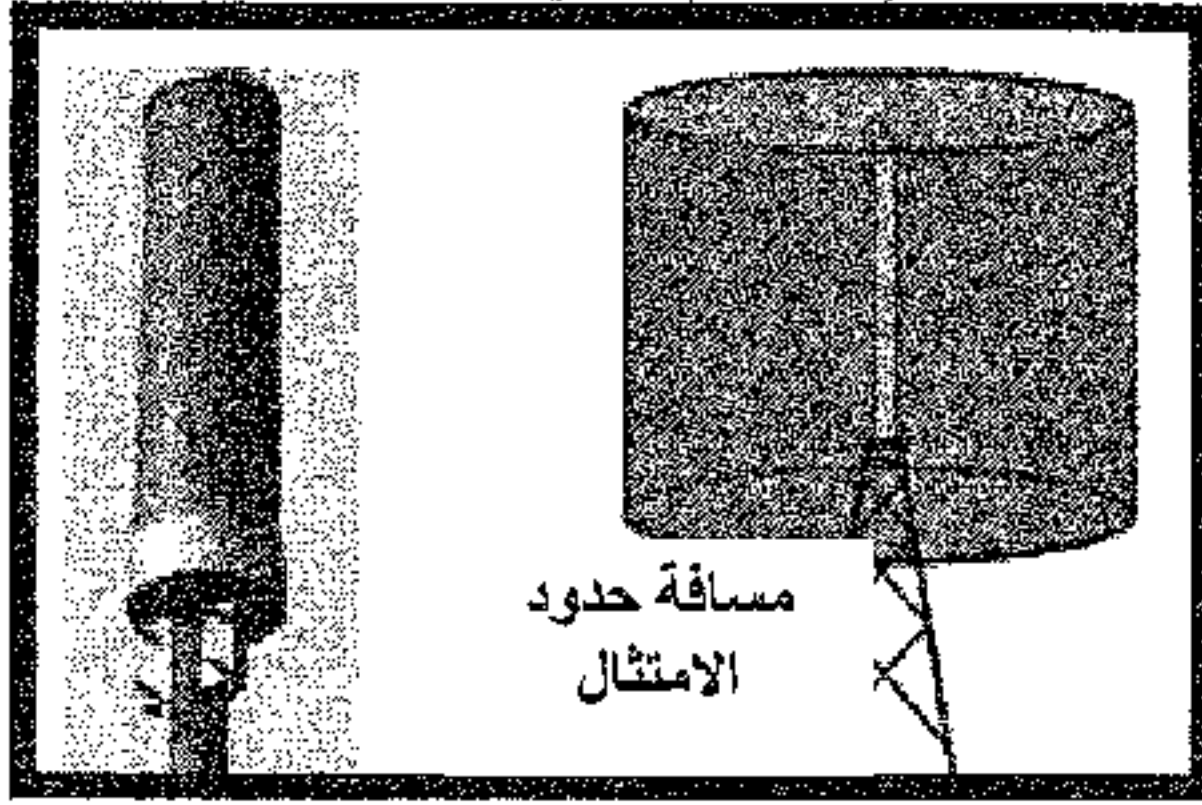
تختلف الهوائيات المستخدمة باختلاف الترددات المستخدمة. إن اختلاف طول الموجة المرافق للترددات المختلفة يتطلب هوائيات مختلفة الأحجام لكي تتمكن من إرسال الإشارات عند طول الموجة الصحيح. تكون أنواع الهوائيات نسبة إلى اتجاه البث منها على ثلاثة أنواع :

#### 1 - هوائي التغطية متعددة الاتجاه **Omni-directional coverage**

وهي الهوائيات متعددة الاتجاهات والتي تشع بنفس النمط وبجميع الاتجاهات (360 درجة) حول الهوائي الشكل ( 3 - 19 ). تعتبر هذه الهوائيات أكثر ملائمة للمواقع التي تستخدم للربط مع عدة نقاط من أهم هذه الهوائيات هو الهوائي ثنائي القطب dipole أو هوائي نصف طول الموجة وهو الهوائي الذي طوله يساوي نصف طول الموجة المستخدمة أو المبعوثة ويتكون التيار من عقدتين وبطن واحدة إما القولبية فتكون من عقدة واحدة وبطنين.

هذه الهوائيات تشع طاقة الترددات اللاسلكية بشكل متساو في جميع الاتجاهات في المستوى الأفقي. القدرة الخارجة من الهوائي 10 - 80 واط ، و حدود مسافة الامتثال تتراوح بين 0.1 - 1.5 متر من الهوائي.

الشكل ( 3 - 19 ) هوائي التغطية الاتجاهيه



### 2- هوائي تغطية القطاع Sector coverage

هذه الهوائيات تحدد معظم إشعاعها للطاقة الترددات اللاسلكية باتجاه زاوي ضيق الاتجاه إلى الأمام ويتراوح بين 60 إلى 120 درجة في الاتجاه الأفقي ، وبين ما بين 8 و 14 درجة في الاتجاه العمودي وهي تركز الإشارة اللاسلكية في منطقة محددة. القدرة الخارجة من الهوائي 10 - 80 واط ، و حدود مسافة الامتثال تتراوح بين 0.2 - 3 متر من الوجه الأمامي للهوائي.

### 3 - الهوائيات الاتجاهيه directional

وهي الهوائيات التي تشع بمجال أضيق بكثير من مجال الهوائيات القطاعية التي تعمل بالترددات التي تتراوح بين 2.4 - 5 جيجا هرتز. تتمتع هذه الهوائيات بالربح الأعلى من بين الأنواع الأخرى ولذلك فهي تستخدم في الاتصالات للمسافات البعيدة. الهوائيات الاتجاهيه تشكل الخيار الأمثل في حالات الوصل بين نقطتين والتي تستخدم فيها الهوائيات لتوصيل موقعين فقط مع بعضهما البعض. الشكل ( 3 - 20 ).

#### 4- مجموعة الهوائيات (أو مزارع) Antenna farms (or clusters)

وتكون بشكل شبكة من الهوائيات (مجموعة هوائيات) ذات التغطية الاتجاهية. وفي الشكل ( 3 - 21 ) توجد ثلاث مجموعات من الهوائيات المركبة فوق بعضها . في حالة وجود العديد من الهوائيات في الموقع ، كلما أضيف هوائي أخسر في الموقع ينبغي حساب حدود مسافة الامتثال ، مع مراعاة حساب التعرض الإضافي.

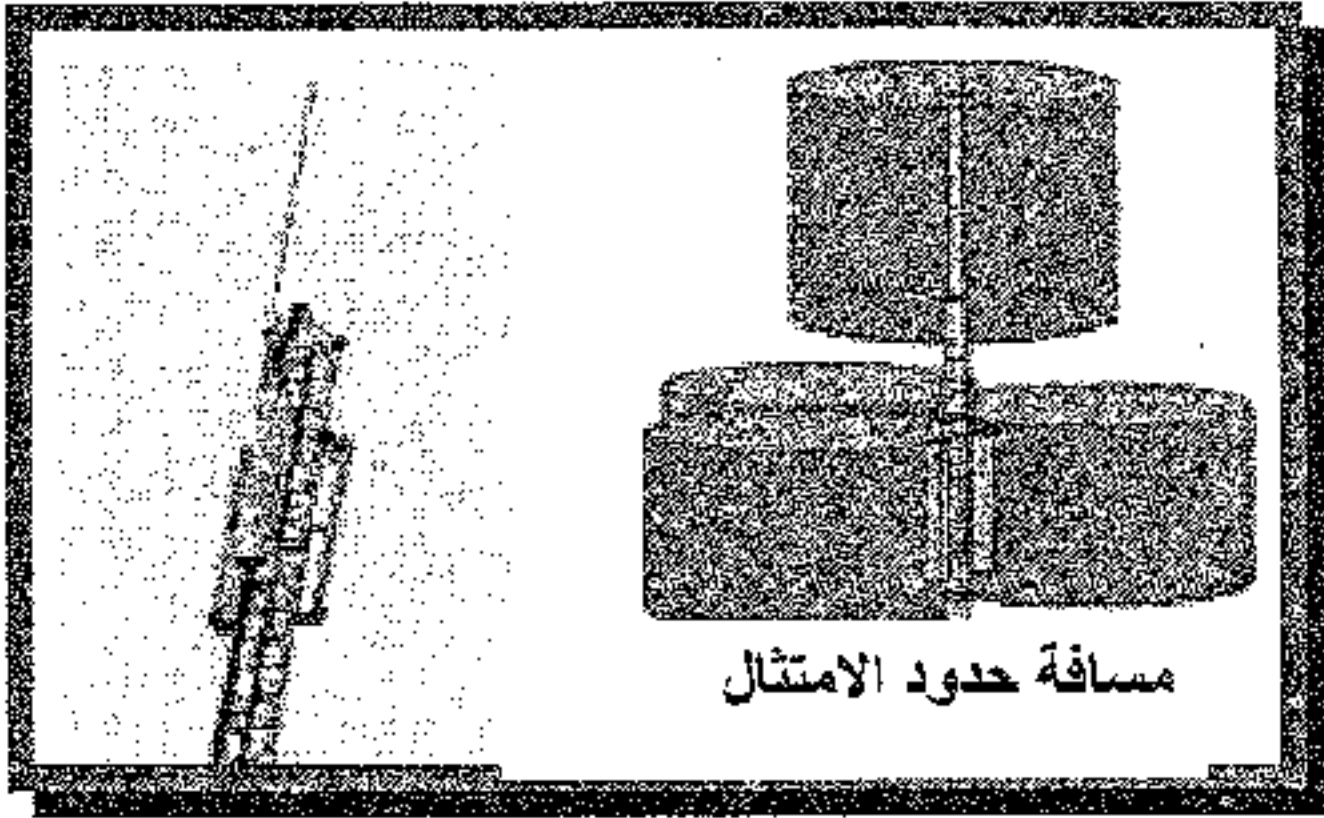
#### 5 - الهوائي اللاسلكي ذي المراحل (الاتصال من نقطة ثابتة إلى أخرى) fixed Radio relay point-to-point link

هذه الهوائيات تركز على نشر طاقة الترددات اللاسلكية بشكل حزمة ضيقة بالاتجاه الأمامي مثل الأطباق الشكل ( 3 - 22 ) . وعادة ما تكون مستويات القدرة لهذه الهوائيات منخفضة ، وأقل من 1 واط ، فان سلامة المسافات الآمنة بالاتجاه الأمامي (L) غالبا ما تكون صغيرة (بالسنتمترات) . في كثير من الحالات التي لا توجد حاجة لأية مسافة أمان للتعرض المهني. المناطق على فوق وتحسب وعلى جانبي الهوائي وزائه تكون آمنة في أقصر المسافات.

#### الشكل ( 3 - 20 ) الهوائيات الاتجاهية



### الشكل ( 3 - 21 ) مجموعة الهوائيات



ومع ذلك ، لا ينبغي أبداً وقوف العمال أمام هذه الهوائيات لأنه سوف يشوش على الاتصال قاطع الأسلكي.

وتكون الهوائيات متشابهة تقريباً وتقوم على نفس المبدأ في هواتف نظم الاتصالات الشخصية (PCS) الحرارية باليد وهي أجهزة إرسال واستقبال للإشارات الراديوية والتي تستخدم تكنولوجيا الإرسال الرقمية ، بدلاً من النظام التناظري والتي تستخدمها معظم الهواتف الجواله .

في الولايات المتحدة معظم الهواتف الجواله القديمة تعمل على ترددات تتراوح بين 860 - 900 ميجاهرتز ، في حين أن هواتف نظم الاتصالات الشخصية تعمل على ترددات تتراوح بين 1800 - 2200 ميجاهرتز . ، والهاتف الجوال وأجهزة الكمبيوتر وقاعدتهم هوائيات محطة مماثلة. في الولايات المتحدة ، و الهواتف الاسلكية تعمل على ترددات تتراوح بين 45 إلى 2500 ميجاهرتز .

### 3- 8 إرسال الهواتف الجواله

قدرة الترددات اللاسلكية من الهاتف تنتقل عن طريق الهوائي و الدوائر والعناصر داخل السماعة. الهوائي عادة ما يكون بشكل لولب معدني أو قضبان معدنية طولها

بضعة سنتيمترات تمتد من أعلى الهاتف ويكون كلا النوعين من الهاتف عبارة عن هوائيات اتجاهية. على الرغم من أن المزيد من القدرة تشع في بعض الاتجاهات دون غيرها. في نقاط تبعد من الهوائي 2.2 سم (المسافة التي أجريت عليها العمليات الحسابية) ، القيم القصوى للمجال الكهربائي التي تم حسابها حوالي 400 فولت/م لقدرة 2 واط ، لهاتف عند التردد 900 ميغاهرتز أو نحو 200 فولت/م لقدرة 2 واط ، لهاتف عند التردد 1800 ميغاهرتز . الحد الأقصى للمجال المغناطيسي الذي تم حسابه حوالي 1 مايكرو تسلا لكلا الهاتفين . لكل من لقدرة 2 واط ، لهاتف عند التردد 900 ميغاهرتز والهواتف 1 واط ، عند التردد 1800 ميغاهرتز الكثافة القصوى على بعد 2.2 سم من الهوائي حوالي 200 واط / م<sup>2</sup> وهذا هو حوالي ربع كثافة إشعاع الشمس في يوم صحو من أيام الصيف ، على الرغم من تردد الانبعاث من الهاتف حوالي مليون مرة أصغر من كثافة إشعاع الشمس) . هذه هي المجالات

الشكل ( 3 - 21 ) الهوائي ذي المراحل





والشعاع عندما يكون الهوائي بعيدا عن الرأس أو الجسم. عندما يكون الهوائي قريبا من الجسم ، فإن الإشعاع يخترق الجسم ، ولكن المجال في الداخل أقل بكثير عنة في الخارج ، لنفس الهوائي. على سبيل المثال ، أقصى مجال داخل الرأس عندما يبعد سطحه 1.4 سم من الهوائي حوالي ثلاث مرات أقل من القيم المذكورة أعلاه. وبالإضافة إلى هذه المجالات للترددات اللاسلكية ، والتي تكون بشكل نبضات عند التردد 8.34 هرتز و 217 هرتز ، وهناك مجالات مغناطيسية بالقرب من الهاتف والتي تتذبذب في نفس هذه الترددات ومقدارها بضع مايكرو تسلا . و هي التي تولدها التيارات المتدفقة من البطارية والتي تفتح وتغلق عند هذه الترددات نتيجة الاستخدام المتعدد بالتقسيم الزمني TDMA

## **الفصل الرابع**

# **المحطات الأرضية للهاتف الجوال Mobile Phone Base station**

المحطات الأرضية للهاتف الجوال هي عبارة عن محطات بث واستقبال للموجات الراديوية منخفضة القدرة. وكذلك فإن الهاتف الجوال جهاز منفرد القناة لبث واستقبال الموجات الراديوية منخفضة القدرة. عندما يتحدث شخص وربما عشرات الأشخاص عبر الهاتف الجوال ، فيتم للتحدث إلى المحطة الأرضية ( الخلية ) القريبة من القاعدة. تنتقل المكالمات الهاتفية من تلك المحطة إلى المنظومة الأرضية لأن الهوائيات الجواله والمحطات الأرضية هي أجهزة لبث واستقبال للموجات الراديوية ، والتي تؤدي إلى بعث إشعاع التردد الراديوي ، وتعرض الناس القريبين منها . كل من الهاتف الجوال والقاعدة الأرضية ذات قدرة منخفضة (قصيرة المدى) ، فإن مستوى التعرض للتردد الراديوي للموجات الراديوية تكون عموماً منخفضة للغاية . وقد بينت اللجان العلمية العالمية بأن القدرة المنبعثة من المحطات الأرضية لهوائيات الجواله منخفضة جداً بحيث لا تؤدي إلى مخاطر صحية جدية ما دام الناس لا يقتربون بشكل مباشر إلى هوائي المحطات الأرضية. ومن الأهمية بمكان أن ندرك الفرق بين الهوائي (الجهاز الذي ينتج التردد الراديوي) ، والأبراج وهي الهياكل التي توضع عليها الهوائيات. حيث يحتاج الناس إلى الابتعاد عن الهوائيات وليس عن الأبراج . ومن المهم أيضاً أن ندرك أن هناك العديد من التصاميم المختلفة من محطات قاعدة الهاتف الجوال التي تختلف بشكل واسع في قدرتها ، خصائصها ، وإمكاناتها لتعرض الناس للإشعاع التردد الراديوي.

تتألف المحطة الأرضية للهاتف الجوال من عدد من المعدات منها الهوائي ، البرج الذي يكون بطول مناسب لكي يوفر التغطية الجيدة ، والمعدات .

الأبراج هي هياكل حديدية لا تشع ولا تستقبل إلا عن طريق أعلى نقطة في البرج وهي الهوائي . قدرة الموجات اللاسلكية التي تنبعث من أبراج الهوائيات الجوالية مساوية أو أقل من قدرة الموجات اللاسلكية التي تنبعث من أبراج الراديو والتلفزيون والكمبيوتر .

توجد أربعة أنواع مختلفة من الأبراج:

#### أ. البرج المشبك **Lattice tower**

تسمى أحيانا البرج المسند ذاتيا ، وهو يتيح أكبر قدر من المرونة ، وكثيرا ما تستخدم في ظروف الاتصالات الكثيرة. ويتكون عادة من ثلاثة جوانب و قاعدة ثلاثية أو البعض من أربعة جوانب. شكل ( 4 - 1 أ )

#### ب - البرج أحادي القطب **Monopole Tower**

برج يتكون من أنبوب واحد. لا يزيد ارتفاعه على 50 متر. تثبت الهوائيات على السطح الخارجي للبرج. شكل ( 4 - 1 ب )

#### ت - البرج المرشد **Guyed Tower**

أرخص أنواع الأبراج ، و تحتاج إلى مساحة واسعة من الأرض. يصل ارتفاعه إلى 90 متر أو أكثر. معظم أبراج محطات الإذاعة والتلفاز هي من هذا النوع. ويثبت للبرج بواسطة أسلاك على سطح الأرض. شكل ( 4 - 1 ت )

#### ت - برج الشبح أو السري **Stealth Tower**

تكون هذه الأبراج أكثر كلفة من الأنواع الأخرى لأنها تحتاج إلى مواد إضافية لتخفي رؤية الهوائي وهي لا توفر نفس السعة من الهوائيات. ويوضح الشكل ( 4 - 1 ث ) واحد من أكثر أبراج الشبح شيوعا الموجودة في كنيسة في كاليفورنيا.

تحاول شركات الاتصالات عند تنصيب أبراج الهوائيات أن لا تكون سببا في حجب المناظر الطبيعية. لذلك تستخدم الأبراج النحيفة مع جعل رأسها صغيرا وتصيب بألوان تحاكي الطبيعة المحيطة أو جعلها بشكل شجرة أو تعلق بشكل خفي

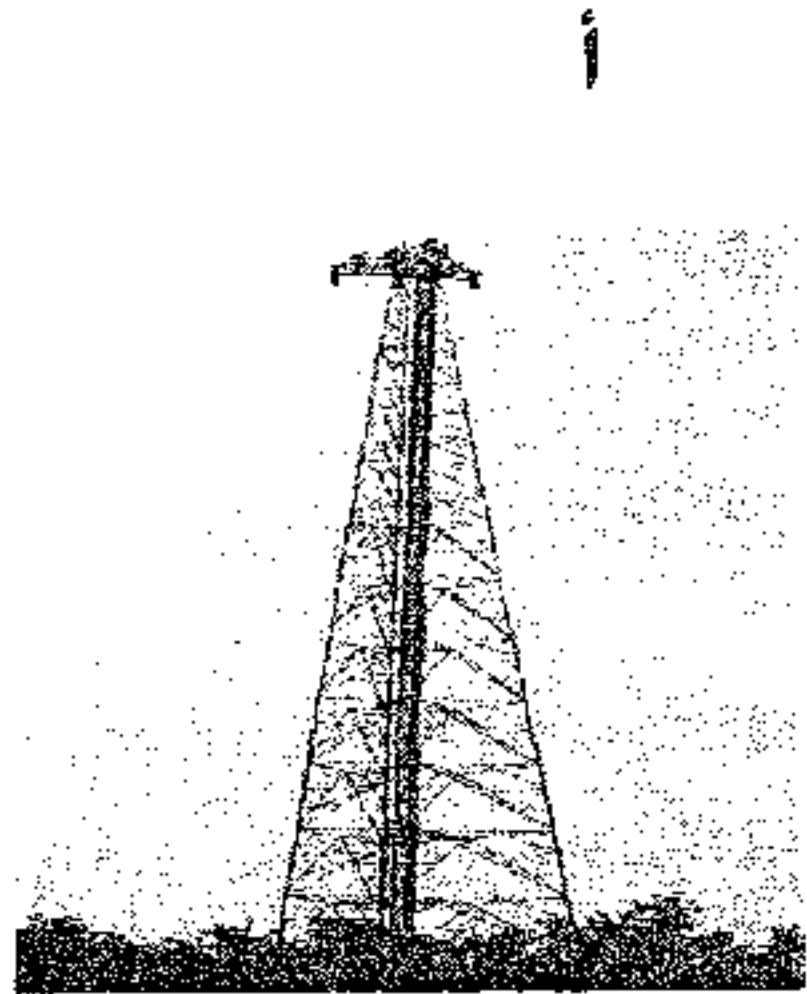
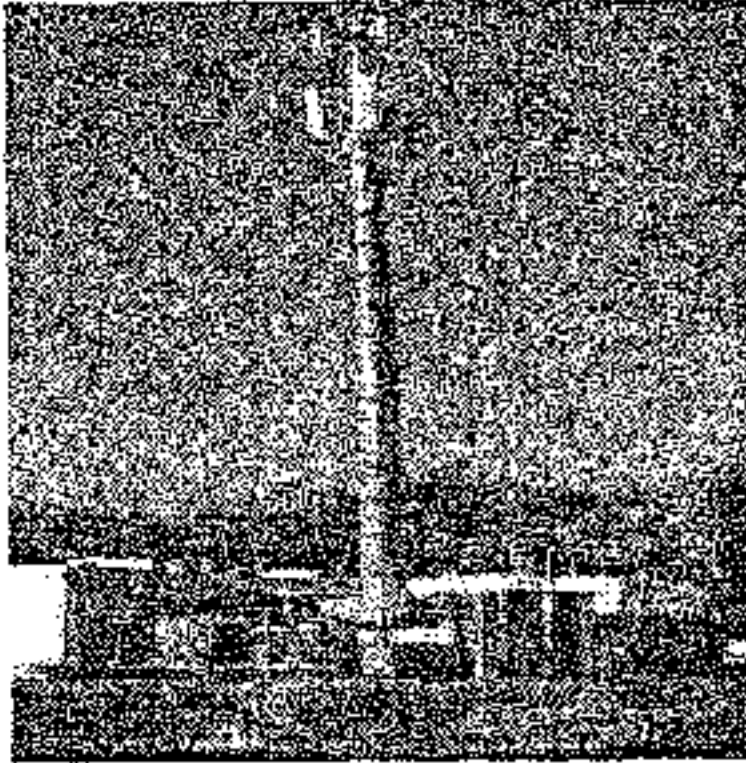
على مصابيح الشوارع. أو توضع على الأسطح أو على أبراج الكهرباء ذات الجهد العالي شكل (2)

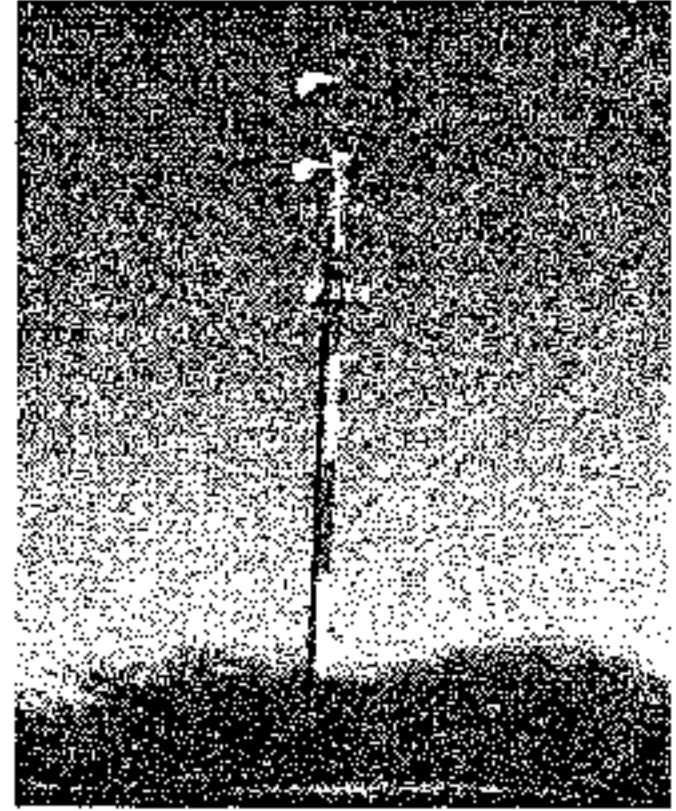
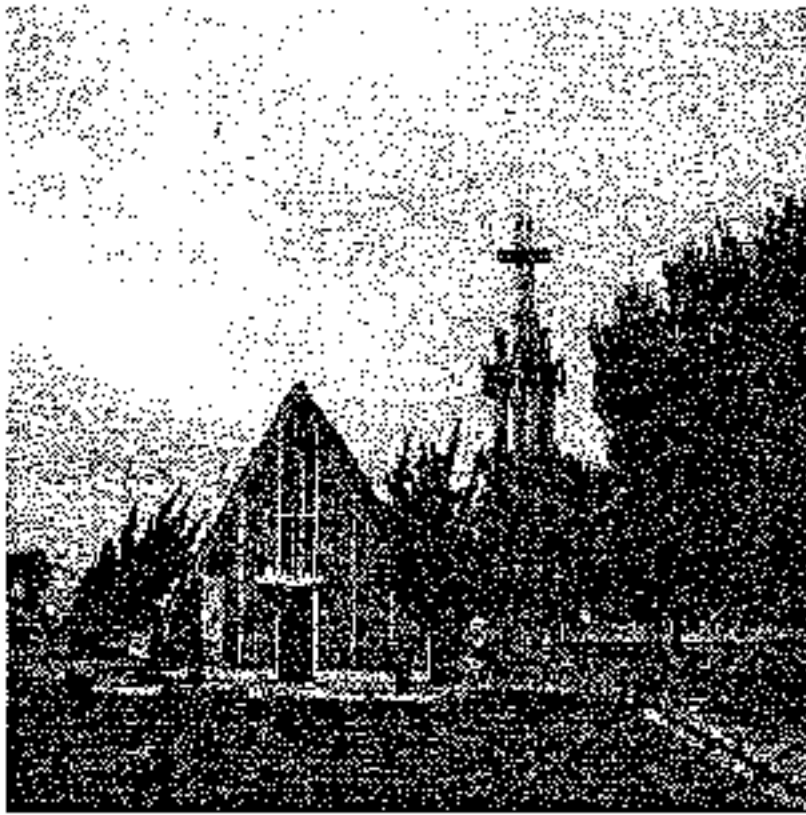
يتم وضع هوائيات المحطة الأساسية بمكان عال على السطح، على سارية أو برج لتكون قادرة على تغطية منطقة كبيرة. وفي مركز التسوق التجارية والمطارات و المكاتب والأماكن الأخرى التي بها العديد من المستخدمين، يتم غالبًا وضع الهوائيات على الحوائط أو بالأسقف لتقديم الخدمة لمناطق أصغر.

يتراوح مستوى الطاقة الصادر بين 10 و 40 واط للمحطة الأساسية الخارجية. ويمكن مقارنة هذا بأجهزة إرسال التلفاز والتي غالبًا ما تكون الطاقة الصادرة عنها أكبر بآلاف المرات. و الهوائيات التي يتم تثبيتها داخليًا يكون لها نفس الطاقة الصادرة من الهوائيات الجوّالة العادية تقريبًا.

#### شكل (4 - 1) أنواع الأبراج

ب

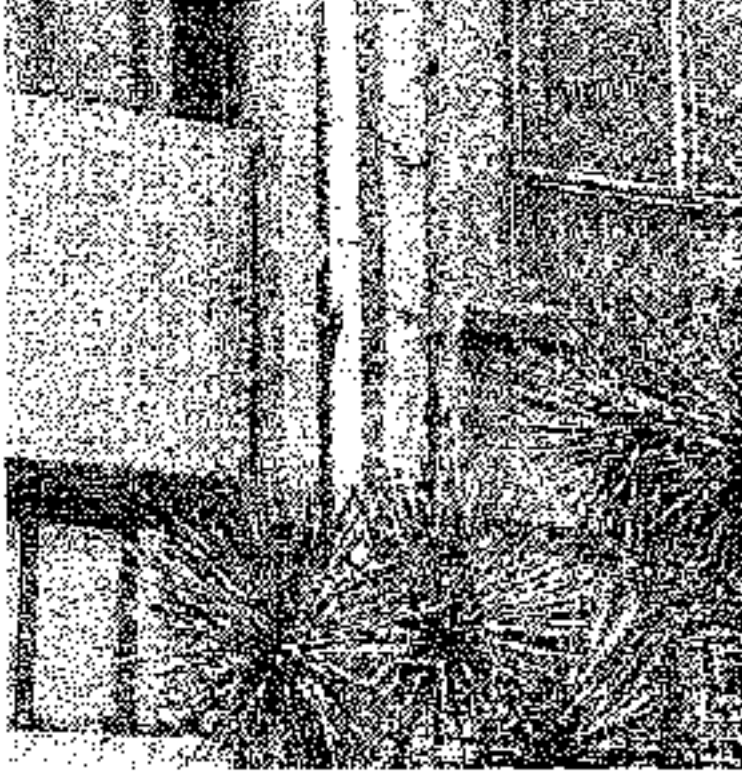




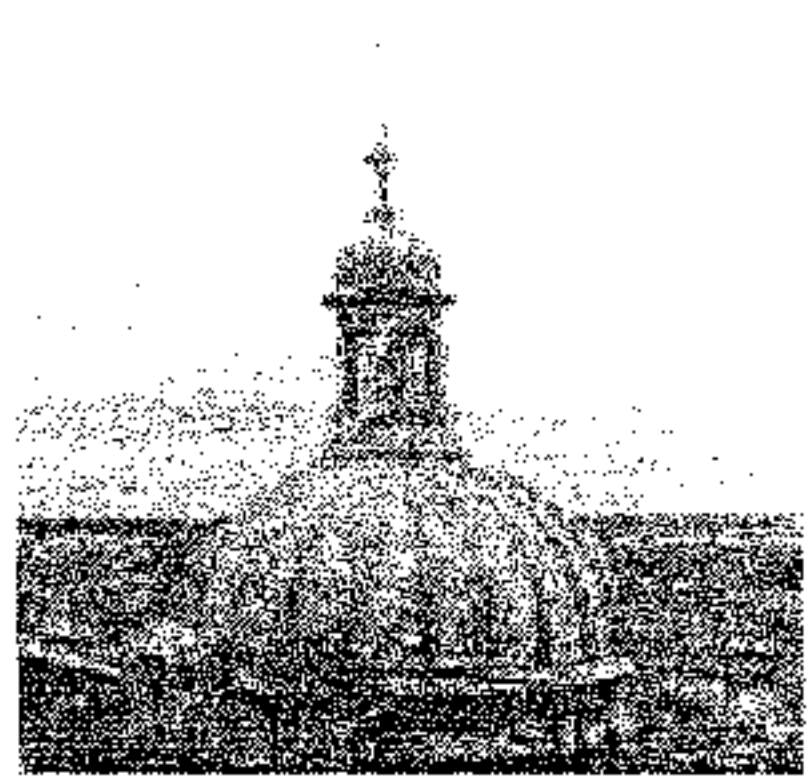
وتختلف مساحة هذه المنطقة من سنتيمترات قليلة للهوائيات الموجودة بالمباني الصغيرة إلى بعض الأمتار للهوائيات المثبتة في السواري وبالأسطح ويتم تركيب الهوائيات بهذا الشكل حتى لا يستطيع الأفراد غير المصرح لهم الوصول للمنطقة التي قد تتجاوز فيها حدود التعرض للموجات اللاسلكية.

وفي مراكز التسوق التجارية والمطارات والمكاتب والأماكن الأخرى فتستخدم محطات الهوائيات الصغيرة (Microcells) والتي تساعد الشركات على تلبية حاجات العملاء على ارتفاع الطلب للخدمة الهاتفية في المناطق المزدحمة. عادة ما تكون مركبة على الجدران الخارجية ، وعلى مصابيح النيون.

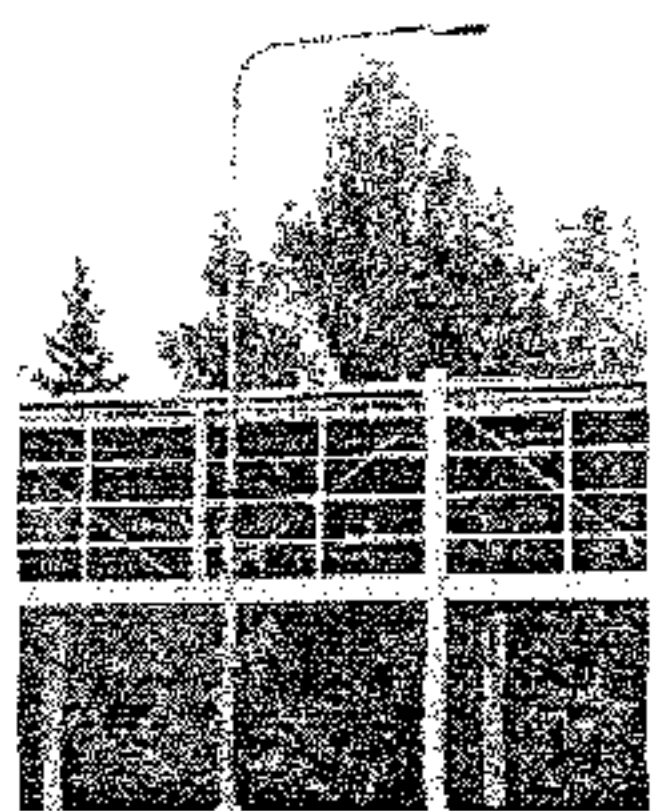
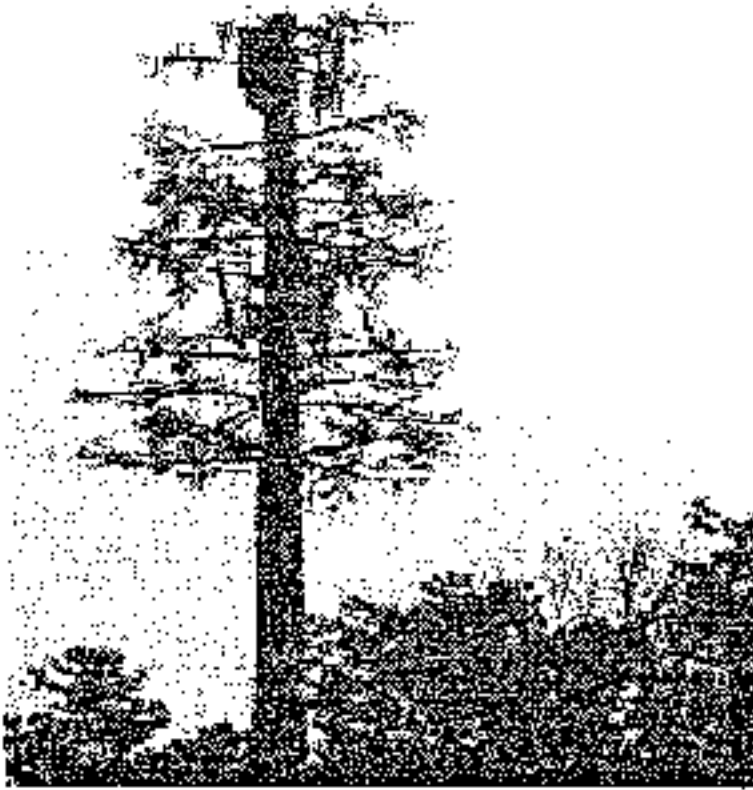
شكل (4 - 2) طريقة تثبيت ساريات الهوائيات السارية مختلفة في بناية تاريخية السارية مختلفة في واجهة البناية



برج الهوائي بشكل شجرة



السارية مختلفة بمصباح الشارع



العديد من المستخدمين، يتم غالباً وضع الهوائيات على الحوائط أو بالأسقف لتقديم الخدمة لمناطق أصغر. يتراوح مستوى الطاقة الصادر بين 10 و 40 واط للمحطة الأساسية الخارجية ويمكن مقارنة هذا بأجهزة إرسال التلفاز والتي غالباً ما تكون

الطاقة الصادرة عنها أكبر بالآلاف المرات. والهوائيات التي يتم تثبيتها داخليًا يكون لها نفس الطاقة الصادرة من الهوائيات الجوالة العادية تقريبًا. وتقدم كل محطة أساسية الخدمة فقط لعدد محدود من المستخدمين في نفس الوقت. عادة ما تكون المسافة بين محطات الهوائيات الصغيرة 300 متر - 1 كيلو متر وتكون القدرة الخارجة منها اقل مما هو للمحطات الكبيرة.

#### 4 - 3 المعدات

كل مستأجر لشركة اتصال من الذين وضعوا هوائي الهاتف الجوال على برج الإرسال يستخدمون أجهزة الإرسال التي توضع في كابينة أو بناية. الشركات تستخدم وسائل مختلفة لحماية معداتهم منها بناء سياج واقى يمنع دخول غير المخولين إليه وتوضع عليه علامات تحذيرية. هذه المعدات تسمى محطة الإرسال والاستقبال الأرضية BTS". شكل (4 - 3)

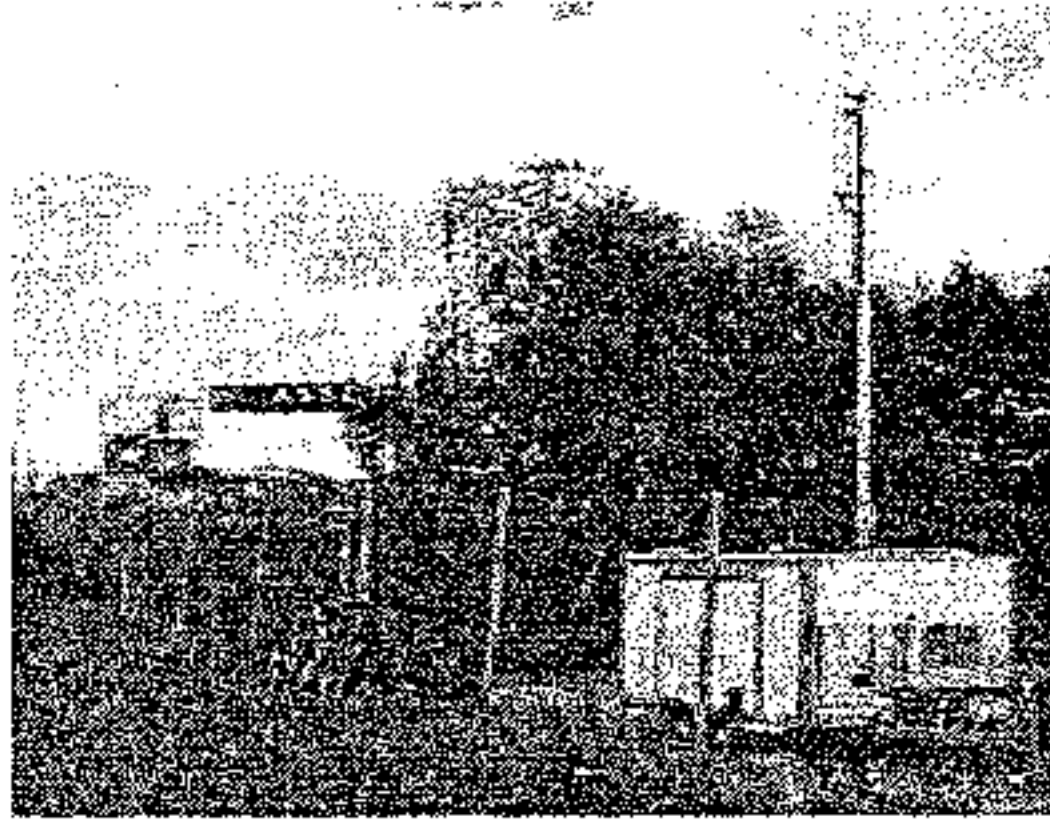
واهم المعدات في المحطة الأرضية للهاتف الجوال ما يلي :

#### 1 . قاعدة محطة الإرسال والاستقبال (BTS) Base transceiver station :

قاعدة محطة الإرسال والاستقبال هو مجموعة من المعدات التي تسهل الاتصال اللاسلكي بين أجهزة المستخدم والشبكة وهي الجزء التقليدي لشبكة الهاتف الجوال المسؤولة عن التعامل مع إشارات المرور بين شبكة الهاتف الجوال وشبكة التحويل الفرعية. والتي تنفذ تحويل الشفرة لقنوات التعبير ، تخصيص القنوات الراديوية على الهوائيات الجوالة ، الترحيل ، إدارة الجودة في الإرسال والاستقبال ، والعديد من المهام الأخرى ذات الصلة بالشبكة اللاسلكية. قاعدة محطة الإرسال والاستقبال ، تحتوي على معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية transceivers ، والهوائيات ، ومعدات لتشفير وفك التشفير .



### شكل (4 - 3) المعدات



معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية تتعامل مع مختلف الترددات والقطاعات المختلفة من الخلية. وتتم السيطرة عليها في المحطة الرئيسية بواسطة منظومة التحكم والمراقبة في المحطة والتي يتم تنفيذها كوحدة منفصلة أو تدمج في معدات إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية في المحطات القاعدية. قاعدة محطة الإرسال والاستقبال توفر عمليات التشغيل والصيانة المربوطة إلى نظام إدارة الشبكة ، فضلا عن التعامل مع البرامج. يختلف عمل المحطة باختلاف تكنولوجيا الهاتف الجوال المستخدمة وشركات الهاتف فبعض شركات الهواتف تبني محطاتها بحيث تسهل الإرسال والاستقبال بمنظومة الربط بالهواء UTM. وتستقبل المعلومات بجهاز الإرسال العادي. الربط الهوائي بين محطة التليفون الجوال و محطة إرسال واستقبال الإشارات اللاسلكية يستخدم بروتوكول LAPDM للإشارة لإجراء المكالمة، السيطرة على المكالمة. التقرير ، والتسليم ، السيطرة على القدرة ، والتوثيق ، والتحويل ، تحديد الموقع - الخ. يتم إرسال الإشارات بشكل رشقات بزمن 0.577 مللي ثانية على فترات من 4.615 مللي ثانية ، لتشكيل البيانات في 20 مللي ثانية.

ومن الربط الأرضي تحول إلى ربط المحطة ثم الربط المكرر Abis وأخيراً ترسل إلى محطة السيطرة BSC. وهناك شركات تبني محطات الإرسال والاستقبال بحيث أن المعلومات يعاد معالجتها بشكل كامل. الميزة المهمة في هذه الحالة هو الحمل القليل على الربط المكرر .

## 2 - قاعدة محطة السيطرة (BSC) base station controller

تقوم هذه المحطة بشكل تقليدي بتبادل المعلومات مع محطات الإرسال والاستقبال. وعادة ما تسيطر هذه المحطة على عشرات أو حتى مئات من محطات الإرسال والاستقبال. محطة التحكم تقوم بتخصيص القنوات الأسلكية، وتسيطر على عملية التسليم بين محطات الإرسال والاستقبال (ما عدا الحالة المشتركة بين التسليم في داخل محطة التحكم حيث تكون مهمة التحكم جزء من مسؤولية مركز التحويل للاتصالات الجوالة). ومن بين المهام الرئيسية لمحطة السيطرة هو عملها لتركيز مختلف الاتصالات ذات السعة والاستخدام القليل إلى محطات الإرسال والاستقبال وبذلك ينخفض عدد الاتصالات الجواله في اتجاه مركز التحويل (مستوى عال من الاستخدام). هذا يعني أن الشبكات في كثير من الأحيان تنظم لتتضمن العديد من محطات السيطرة إلى المناطق القريبة من محطات الإرسال والاستقبال التي يتم توصيلها إلى المواقع المركزية. ومما لا شك فيه تعتبر محطات التحكم العنصر الأكثر قوة في خدمات المحطات الأرضية لأنها ليست كوحدة تحكم في محطات الإرسال والاستقبال ، ولكن بالنسبة لبعض الشركات تعتبر مركز تحول كامل مع المحطة الرئيسية . كما يوفر جميع البيانات المطلوبة لدعم عملية المنظومات الفرعية ، وكذلك لقياس أداء المراكز. محطات التحكم غالباً ما تقوم على توزيع أسلوب بناء البرامج الحاسوبية ، مع تكرار تطبيقها لوحدات وظيفية حاسمة لضمان تجنب ظروف الخطأ. التكرار غالباً ما يمتد إلى أبعد من معدات محطات التحكم نفسها ويشيع استخدامها في إمدادات الطاقة الكهربائية ومعدات الإرسال التي توفر الربط الهوائي على علبة وحدة التحكم PCU Packet Control Unit .

قواعد البيانات لجميع المواقع ، والتي تشمل المعلومات مثل ناقل الترددات ،  
وتواتر التنقل بين القوائم ، وتقليل مستويات القدرة ، وتلقي المستويات لحساب  
حدود الخلية ، يتم تخزينها في محطة التحكم. هذه البيانات يتم الحصول عليها  
مباشرة من تخطيط الهندسة الإذاعية التي تطوي على نمذجة انتشار الإشارة  
وكذلك توقعات المرور .

### 3 - وحدة الترميز (التشفير) Transcoder

وحدة الترميز تكون مسؤولة عن ترميز قناة الصوت بين الترميز المستخدمة في  
شبكة الهاتف النقال ، والترميز المستخدم في دوائر التحكم بالشبكات في العالم ،  
والتحكم في شبكة الهاتف العامة. وعلى وجه التحديد ، فإن النظام العالمي  
للهواتف الجوال GSM التي يستخدم نبضات منتظمة متارة للتنبؤ على المدى  
الطويل . الترميز لبيانات الصوت يحصل بين الهاتف الجوال و محطات الخدمة  
( BSS ) ، ولكن ترميز نبضات التضمين ( A-law ) يكون موحدًا من قبل الاتحاد  
الدولي للاتصالات لكل محطات الخدمة. ترميز النبضات المنتظمة المتارة ، يؤدي  
إلى إنتاج معدل لبيانات الصوت مقدارها 13 كيلوبت / ثانية بينما معيار ترميز  
PCM هو 64 كيلو بايت / ثانية وبسبب هذا التغيير في معدل البيانات لنفس  
المكالمة الصوتية ، وظيفة وحدة الترميز هو التخزين المؤقت بحيث أن ترميز  
كلمات مقداره 8 بايت يمكن أن يسجل لبناء GSM بحظر حركة المرور بمقدار  
20 ملي ثانية. عملية الشفرة تعرف بأنها الوظيفة الأساسية للمحطة الأرضية ،  
وهناك عدد من الشركات التي وجدت حلاً خارج نطاق محطة السيطرة. بعض  
الشركات قد نفذت تلك في موقع قائم بذاته باستخدام الربط المناسب . قامت شركة  
سيمنس ونوكيا باستخدام التشفير في منظومات ثانوية منفصلة والتي عادة ما تقع  
في المحطة الرئيسية. في بعض منظومات إريكسون فإن التشفير يدمج في المحطة  
الرئيسية بدلاً من محطة السيطرة. السبب وراء هذه التصاميم أن ضغط القنوات

الصوتية يتم في المحطة الرئيسية ، عدد نوافل البث الثابتة بين محطة الخدمة والمحطة الرئيسية يمكن أن يتناقص ، وبذلك تقل تكاليف البنية التحتية للشبكة. المنظومات الثانوية يشار إليها بوحدات التشفير ووحدات التعديل. بعض الشبكات تستخدم 32 كيلو بيت / ثانية على الجانب الأرضي في الشبكة بدلا من 64 كيلوبت / ثانية. عندما يكون انتقال الإشارات غير صوتي ولكن جملة من البيانات مثل الفاكس أو البريد الإلكتروني ، فيمكن أن تكون وظيفة وحدة معدل التكيف لإعطاء التوافق بين معدل البيانات بين ، محطة الخدمة والمحطة الرئيسية.

#### 4 - علية وحدة التحكم Packet control unit PCU

علية وحدة التحكم هي إضافة الحديثة لمعيار نظام GSM وتؤدي بعض المهام في معالجة حزم البيانات لمحطة السيطرة. تخصيص قنوات للصوت والبيانات يتم السيطرة عليها بواسطة المحطة الأرضية ، وحال تخصيص القناة على وحدة PCU فإنها تأخذ السيطرة الكاملة على تلك القناة. وحدة يمكن أن تبنى في المحطة الأرضية ، أو محطة السيطرة ، أو حتى في بعض التصاميم المقترحة ، يمكن أن يكون في موقع SGSN.

#### 4 - 4 محطات استقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية للهواتف الحرارية

تقوم فكرة الهاتف الجوال على أساس عمل الراديو ، حيث يمكن تطوير تكنولوجيا جديدة لاستقبال وإرسال البيانات ، عبر مجموعة من الترددات التي يمكن استخدامها عدة مرات و ضغط البيانات ، وإرسالها ، عبر وحدات زمنية قصيرة جدا ، لإجراء مجموعة من المكالمات الهاتفية في نفس الوقت . تعتمد هذه التكنولوجيا على وحدة أساسية تسمى الخلية وهذه الخلايا الوهمية تكون في العادة مركزا لنطاق جغرافي محدد و يشبه إلى حد بعيد الشكل السداسي لخلايا النحل وتعتبر جزءا من النظام الجوال للشبكة . وهذه الخلايا تعمل على الترددات التي يتم إجراء المكالمات عليها . او يمكن أن تضم كل خلية مجموعة من الترددات ويمكن لكل تردد أن يعالج

ثمانى مكالمات في نفس الوقت ، فإذا كان لدينا 4 ترددات في خلية واحدة مثلا ، فإن هذه الخلية يمكن أن تعالج 32 مكالمات في نفس الوقت . وتشكل مجموعة الخلايا ما يسمى بالمحطة الأرضية (BTS) (Base Transceiver Station) ، وهي تشمل المحطات الموجودة فوق أسطح المباني . ويوجد نوعان من الشبكات المستخدمة :

### 1. الشبكة الشخصية اللاسلكية (WPAN) (Wireless Personal Area Network)

تكنولوجيا البلوتوث تعمل في مجال ضيق لا يتعدى أمتارا ، لذا فإن استعمالاتها تنحصر في الأماكن الضيقة عبر الشبكة اللاسلكية الشخصية كالمنازل والمكاتب الصغيرة . البلوتوث هو نظام تم تطويره من قبل مجموعة من شركات الالكترونيات العملاقة المساهمة في هذا المشروع من أمثال سيمينز وإنتل وتشيبيا وموتورولا وإيريكسون والتي قامت بصنع جهاز دائري صغير يوضع في أجهزة الكمبيوتر والتلفون للسماح لأي جهازين إلكترونيين - حواسيب وتلفونات خلوية ولوحات المفاتيح - بالقيام بعملية اتصال لوحدتهما بدون أسلاك أو كابلات أو أي تدخل من قبل المستخدم. لبلوتوث ثلاثة قوائد:

- البلوتوث هو لاسلكي ، فلا تحتاج إلى حمل الكثير من الأسلاك عند الانتقال من مكان إلى آخر! وأيضا تستطيع أن تصمم غرفة الكمبيوتر من دون القلق بشأن الأسلاك
- رخيص الكلفة
- لا يتطلب جهدا كبيرا في تنصيب المنظومة .

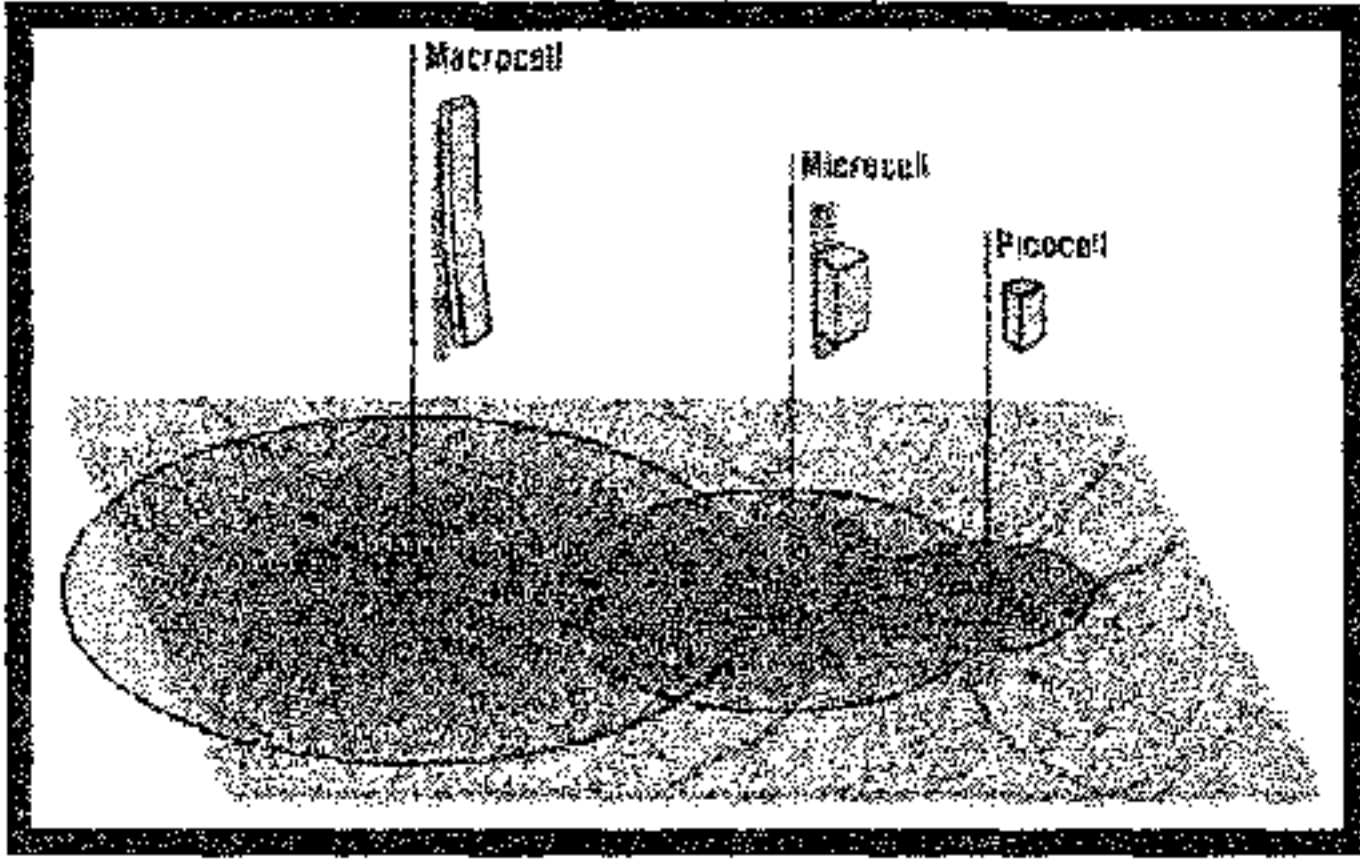
نظام البلوتوث يرسل إشاراته بتردد يبلغ 2.45 GHz وقيمة هذا التردد قد تم الاتفاق عليه من قبل الاتفاقية العالمية لاستعمال الأجهزة الصناعية والعلمية والطبية ISM. هذا التردد في أجهزة التحكم عن بعد كفتح الأبواب. من مشاكل استخدام النظام هو التداخل مع بقية الأنظمة مثل الكمبيوتر الشخصي ، أجهزة

التلفون أو التلفزيون . لأن هذه الأجهزة ستعمل على ترددات مختلفة وفي أوقات مختلفة مستخدمة تقنية معينة تسمى وثبة تردد الطيف المنتشر -spread spectrum frequency hopping باستخدام هذه التقنية فإن الجهاز المرسل سيغير قيمة التردد 1600 مرة في كل ثانية، . وعلى ذلك، فإن هناك احتمال بعيد جدا أن يقوم جهاز البلوتوث باستعمال نفس التردد في نفس الوقت بالإضافة إلى ذلك يتم إرسال إشارات ضعيفة جدا تبلغ قدرتها 1 ملي واط. وعلى الرغم من ضعف هذه الإشارات، فإنها تنفذ خلال الجدار ، مما يسمح لهذه التكنولوجيا الجديدة بالتحكم في الأجهزة الموجودة في غرف مختلفة مما يعني أن أجهزة أكثر تستطيع الاستفادة من طيف الراديو المحدد. وعلى ذلك، فإن هناك احتمال بعيد جدا أن يقوم جهازا بلوتوث باستعمال نفس التردد في نفس الوقت .

**2- الشبكات المحلية اللاسلكية WLAN -Wireless Local Area Network**  
وهي خاصة بالشبكات المحلية في الشركات والمنازل والأماكن العامة . فكل الأجهزة الموجودة في نطاق مغطي بالشبكات المحلية اللاسلكية WLAN يمكنها التوصل بينها وبين بعضها . وهنا توجد ملاحظة على صعوبة التغيير من نوعية الشبكة المحلية للشبكة الشخصية مثلما نعمل مع الهاتف الجوال عند تغير الشريحة ولكن من الممكن الدخول على الشبكات اللاسلكية المحلية المختلفة بشرط أن تكون في نفس إطار محيط البث، وتتيح الشبكات اللاسلكية المحلية الاتصال في محيط يصل إلى 100 متر .

تتكون شبكات الاتصالات المتنقلة للهاتف الجوال تنقسم إلى مناطق جغرافية تسمى الخلايا (cells) والتي أدت إلى تسمية الهاتف بالهاتف الجوال ،تحتوي الخلية على الهوائي و المحطة الأرضية التي تخدمه ومجموعة الخلايا تكون الشبكة . توجد ثلاثة أنواع من الخلايا والتي تعتمد على الحجم والطاقة المرسله من الهوائي وهي:

شكل (4 - 4) أنواع من الخلايا



#### الخلايا الكبيرة macrocells:

الخلايا الكبيرة توفر الهيكل الرئيسي لمحطة شبكة القاعدة وتوفر كذلك التغطية الرئيسية في شبكة الهاتف النقال وتوضع هوائياتها على الأرض أو على أسطح المنازل وغيرها من الهياكل القائمة. ولا بد من وضعها على ارتفاع بحيث لا يعوق انبعاثها من المباني المحيطة والتضاريس. المحطات القاعدية للخلايا الكبيرة تكون فيها الطاقة المرسلة من الهوائي عشرات من الواط وتستطيع الاتصال مع الهواتف إلى بعد 35 كيلومتر. القياسات تشير إلى أن التعرض لحامة السكان من هذه المواقع هي عادة أقل بمقدار عدة مئات أو آلاف المرات من حدود المبادئ التوجيهية للتعرض. لكن هناك مخاوف حول ما إذا كان الانبعاث من جميع المحطات القاعدية منخفضا ، أو حول ما إذا كان هذا الانبعاث له آثار صحية غير معروفة ، أو زيادة استخدام الاتصالات بالهواتف المتنقلة ، سوف يزداد.

#### الخلايا الصغيرة microcells:

تستخدم الخلايا الصغيرة لتحسين الشبكة الرئيسية وخصوصا عندما توجد فيها أعداد كبيرة من المستخدمين للهاتف.توضع الهوائيات على مستوى الشارع أي

على الجدار الخارجي للبنىات أو الهياكل الموجودة أو أعمدة الإنارة في الشوارع فهي توضع في أماكن مزدحمة مثل المطارات ومحطات القطارات ومراكز التسوق. هي أصغر من الخلايا الكبيرة ، وغالبا ما تثبت الهوائيات بحيث لا تؤثر على الناحية الجمالية للبنىات . هذه الخلايا توفر التغطية عبر مسافات صغيرة تتراوح بين 300 - 1000متر . هذه الخلايا أخذت بالازدياد بسرعة تماشيا مع النمو في الطلب على الهواتف الجواله. وهذه المحطات تبعث كميات أقل من الطاقة عادة ما يكون عدد قليل من واطات مقارنة مع الخلايا الكبيرة. وكذلك فإن التعرض لعامة السكان من هذه المواقع عادة أقل من حدود المبادئ التوجيهية للتعرض ، شريطة وجود الصندوق المحيط بالهوائي.

#### الخلايا الصغيرة جدا picocells

الخلايا الصغيرة جدا تبعث كميات أقل من الطاقة مقارنة مع الخلايا الصغيرة (واطات قليلة) ، توضع داخل المباني حيث التغطية قليلة أو التي يوجد فيها عدد كبير من المستخدمين. من المرجح أن عدد هذه الخلايا داخل المباني وسوف يزداد كثيرا. وعلى الرغم من أن انبعاثها لا يتجاوز قيم المبادئ التوجيهية ، ولكن تتطلب قياسات عملية مستمرة ليس فقط من هوائيات الخلايا الصغيرة جدا ولكن من جميع أنواع الخلايا شكل ( 4 - 4 ) .

تبعد المحطات الارضية الأساسية الكبيرة ( Macrocells ) بعضها عن البعض الآخر 200 - 500 متر في المدن 2 - 5 كم في المناطق الريفية. يتم وضع هوائيات المحطة الأساسية بمكان عال على السطح، على سارية أو برج لتكون قادرة على تغطية منطقة كبيرة. يمكن وضع أكثر من هوائي واحد على السارية، ولكن في بعض الحالات فإن المجتمع المحلي والمخططين قد تفضل عدة هوائيات صغيرة بدلا من واحدة كبيرة.

تقدم كل محطة أساسية الخدمة فقط لعدد محدود من المستخدمين في نفس الوقت . وكلما زاد عدد مستخدمي الهواتف الجواله، تطلب ذلك المزيد من المحطات



الأساسية .وعندما تكون للمسافات بين المحطة الأساسية ومستخدمي الهواتف الجوالة أقصر، تكون الطاقة للصادرة المطلوبة للاتصال أقل.

توجه هوائيات المحطة الأساسية الإشارات اللاسلكية بعيداً عن المبنى أو السارية للحصول على تغطية في منطقة معينة .وتقل كثافة الموجات اللاسلكية بشكل هائل مع زيادة المسافة من هوائي المحطة الأساسية .وتكون مستويات التعرض للموجات اللاسلكية الصادرة من المحطات الأساسية أقل من 1 % من حدود السلامة في الأرض والمنازل وفي الأماكن الأخرى التي يقطنها الأفراد. ولكن قد يحدث تجاوز في بعض الأحيان لحدود التعرض فقط في الأماكن المجاورة بشدة للهوائيات . وتختلف مساحة هذه المنطقة من سنتيمترات قليلة للهوائيات الموجودة بالمباني الصغيرة إلى بعض الأمتار للهوائيات المثبتة في السواري وبالأسطح .ويتم تركيب الهوائيات بهذا الشكل حتى لا يستطيع الأفراد غير المصرح لهم الوصول للمنطقة التي قد تتجاوز فيها حدود التعرض للموجات اللاسلكية. وكلما زاد عدد مستخدمي الهواتف الجوالة، تطلب ذلك المزيد من المحطات الأرضية والتي تكون أصغر ومقاربة من بعضها . كل محطة أرضية تستطيع أن تتعامل مع 100 مكالمات في نفس الوقت وخليئة واحدة .وعندما تكون المسافات بين المحطة الأساسية ومستخدمي الهواتف الجوالة أقصر، تكون الطاقة للصادرة المطلوبة أقل وتوجه هوائيات المحطة الأساسية الإشارات اللاسلكية بعيداً عن المبنى أو السارية للحصول على تغطية في منطقة معينة .وتقل كثافة الموجات اللاسلكية بشكل هائل مع زيادة معينة وتكون مستويات التعرض للموجات اللاسلكية الصادرة من المحطات الأساسية أقل من 1 % من حدود السلامة في الأرض والمنازل وفي الأماكن الأخرى التي يقطنها الأفراد. ولكن قد يحدث تجاوز لحدود التعرض في بعض الأحيان في الأماكن المجاورة بشدة للهوائيات.

تقوم الهواتف الجوالة باستقبال وإرسال الإشارات اللاسلكية من وإلى الهواتف الجوالة القريبة من المحطة الأساسية . هذه الموجات اللاسلكية من نفس النوع

المستخدم في بث التلفاز والراديو والاتصالات اللاسلكية منذ سنوات عديدة من قبل الشرطة والنقل الجوي والملاحة وشركات النقل والمواصلات.

هوائي المحطات الصغيرة يرتفع عادة بين 10 و 15 مترا فوق سطح الأرض ويصل إلى 50 مترا لهوائي المحطات الكبيرة. الإشارة الرئيسية تتجه نحو الأرض بزاوية ما يقرب من 6 درجات. الشكل ( 4 - 5 ) يبين أن المنطقة التي تقع مباشرة تحت الهوائي تكون أكثر أمنا لأن الإشارة عندها ضعيفة. وبعد فترة فإن الحزمة الرئيسية تصل مستوى الأرض وتكون شدتها أكبر.

الهواتف الجوالة عبارة عن راديو متطور يقوم بالاستقبال والإرسال للصوت والمعلومات وهو الوسيلة المستخدمة لربط المستخدم مع الشبكة. المنظومة تضمن للهواتف الحرارية الحفاظ على الاتصال مع الشبكة حتى في حالة النقل من خلية إلى أخرى. الاتصال بين الهواتف الجوالة والمحطات الأرضية يتم عن طريق تبادل إشارات الراديوية . مستوى هذه الإشارات يختار بعناية لتقوم الشبكة بأداء مرض.

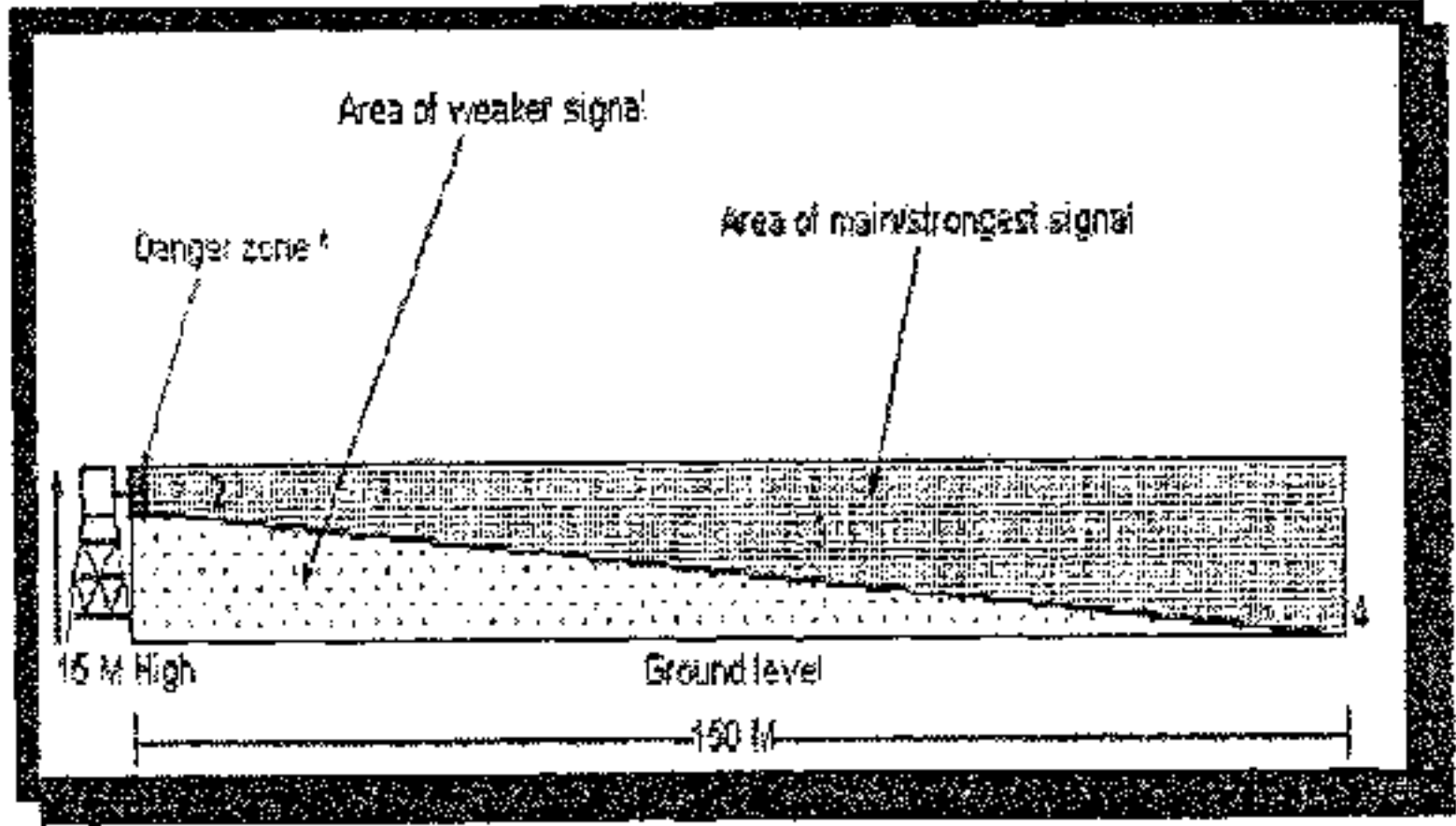
القوانين الوطنية والدولية تمنع أي تدخل مع الإشارات الراديوية الأخرى مثل ، خدمات الطوارئ ، وسيارات الأجرة وكذلك الإذاعة والتلفاز .

عند تشغيل الهاتف الجوال ، فإنه يستجيب لإشارات المحطة الأرضية القريبة. عندما يجد أقرب محطة في الشبكة ، يبدأ الاتصال. ثم يبقى الهاتف خامدا لفترة ، حتى يرغب المستخدم في إجراء مكالمة أو الجواب على مكالمة.

الهواتف الجوالة تستخدم السيطرة التلقائية على الطاقة كوسيلة للتقليل من الطاقة المرسلة إلى أدنى حد ممكن مع الحفاظ على النوعية الجيدة للاتصال. فمثلا عند استخدام الهاتف فان متوسط القدرة الخارجة يمكن أن تتفاوت بين الحد الأدنى 0.001 واط حتى الحد الأقصى والذي يقل عن 1 واط. هذه الميزة تم

تصميمها لإطالة عمر البطارية.

الشكل ( 4 - 5 ) توزيع الإشارة من الهوائي



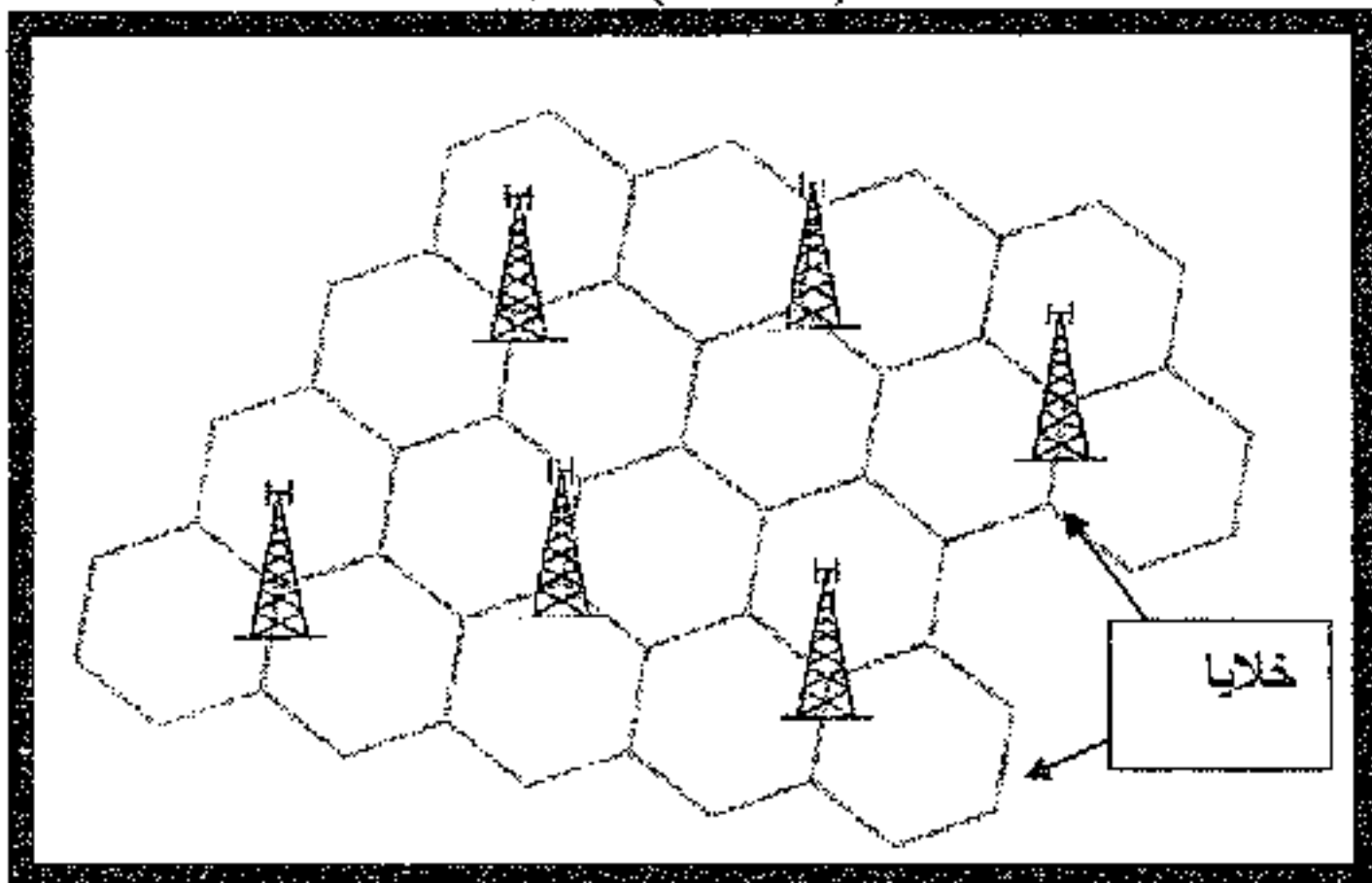
عند استخدام الهاتف الجوال ، يتم تحويل الموجات الصوتية إلى إشارة إلكترونية يتم إرسالها كموجات راديوية عبر مواقع المرسلات. وهذا مماثل لتكنولوجيا بث الإشارات التلفازية.

والفارق الهام هو أن شركات الهاتف الجوال ، تستخدم شبكة من المواقع لغرض إرسال واستقبال الإشارات ، مما يسمح لحاملي الهواتف الجواله للتحدث مع بعضهم البعض ، أو مع الشبكات الأخرى. فإن كل موقع من مواقع الإرسال يعمل لإرسال إشارة اللاسلكية من مكان مرتفع لتغطية منطقة معينة. و كل موقع يرتبط إلى الآخر ، وتنتقل الإشارة اللاسلكية عبر البلد من خلال الخلايا المتداخلة لشبكة تلقائيا و بحرية .

في نظام الهاتف الجوال فإن البلد يقسم إلى مناطق جغرافية تسمى الخلايا وفي كل خلية توجد محطة أرضية (base station) الشكل ( 4 - 6 ) ويكون الهاتف الجوال وسيلة الاتصال مع الشبكة وبهذه الطريقة يمكن إعادة استخدام نفس التردد في البلد وبالتالي فأنه يمكن استخدام الملايين من الهاتف الجوال في نفس الوقت.

وتأخذ الخلايا شكل سداسي الأضلاع. ولأن الهاتف الجوال له مدى محدود فأنه لا يمكن إجراء مكالمة إلا إذا كانت هناك محطة أرضية ضمن مداه. وهذا هو السبب الذي يدعو إلى وجود عدد من الخلايا المثبتة على مسافات منتظمة كما في مصابيح الشوارع. القدرة الخارجة العظمى للمحطات الأرضية تعتمد على المساحة الجغرافية التي تخدمها ، وعدد المستخدمين الذي تكون قادرة على التعامل معهم. المحطات الأرضية خارج المباني (في الهواء الطلق) ذات الهوائيات التي توضع على أسطح المباني والتي يكون الحد الأقصى للقدرة الخارجة منها يتراوح بين 5 و 40 واط. أما الحد الأقصى للقدرة الخارجة للهوائيات الصغيرة المثبتة في الأماكن المغلقة مثل مراكز التسوق والمكاتب ، ففي كثير من الأحيان أقل من واحد واط ، أي مقاربة للقدرة الخارجة من الهاتف الجوال. بعض الهوائيات تتركب على أبراج مرتفعة فقد تصل مستويات القدرة الخارجة منها 100 واط. وخلال عملية الاتصالات الفعلية فإن القدرة الخارجة تختلف مع عدد المكالمات الهاتفية. هوائيات المحطة الأرضية تثبت باستمرار بإشارات راديوية تساعد الهوائيات الجواله للتعرف على ولوصول للشبكة.

الشكل ( 4 - 6 ) الخلايا



القدرة الخارجة من المحطات الأرضية للهاتف الجوال تكون قليلة جدا بالمقارنة مع غيرها من أجهزة البث الإذاعي والتلفازي جدول ( 4 - 1 ) .

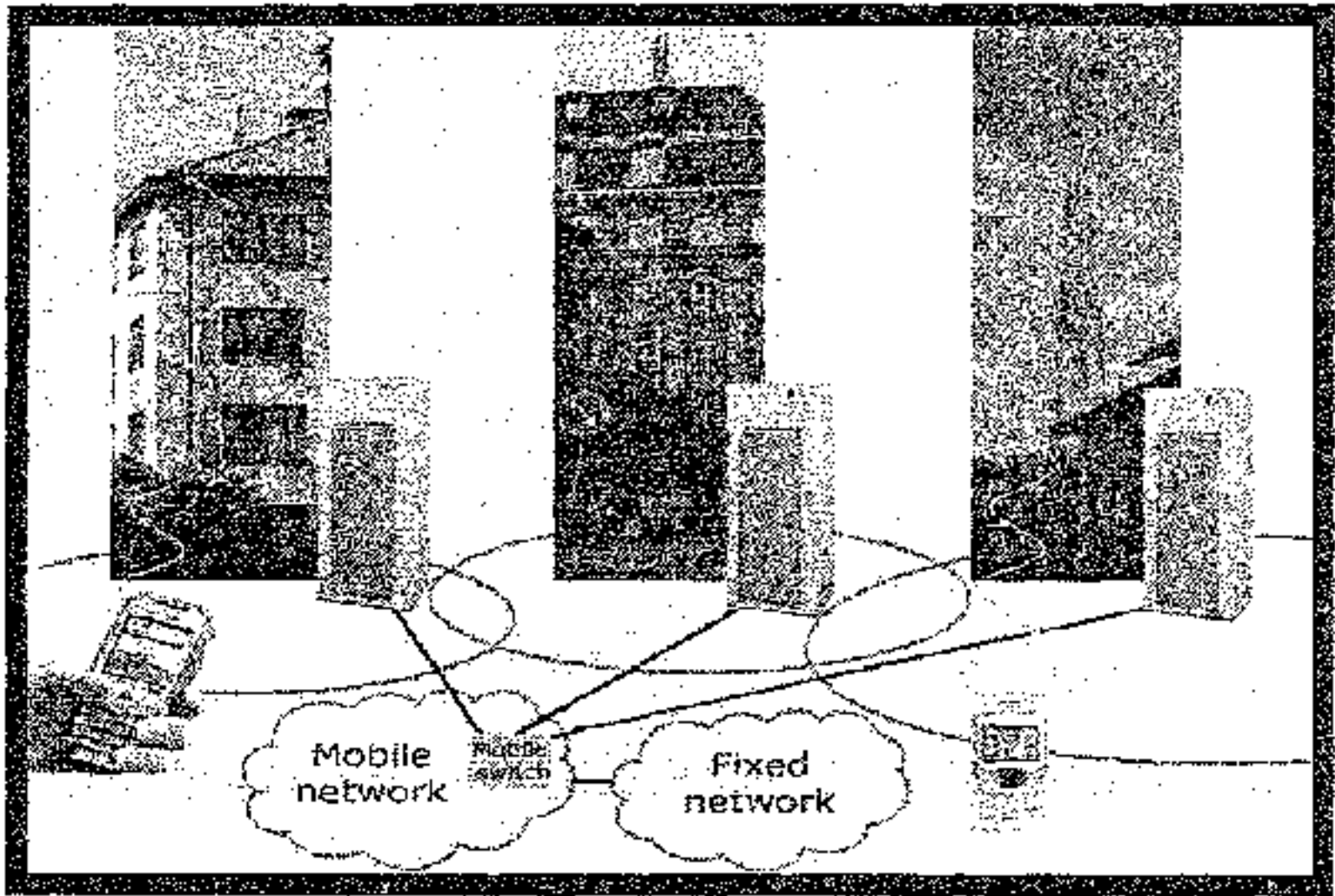
جدول ( 4 - 1 ) قدرة البث للمحطات الأرضية

القدرة الخارجة بالواط	محطات البث الأرضية
40000 W	البث التلفزيوني ( UHF )
2000 W	البث الإذاعي والتلفاز ( VHF )
40 W	المحطات الأرضية خارج المدن
10 W	المحطات الأرضية داخل المدن
0.5 W	المحطات الأرضية داخل المباني (الأماكن المغلقة )

تحتوي كل محطة أرضية على هوائي يرسل ويستقبل إشارات راديوية . عندما يتم الاتصال فإن الهاتف الجوال يرسل إشارات راديوية إلى اقرب هوائي محطة أرضية، الذي بدوره ، يرتبط بالتحويل للجوال بواسطة مفتاح الهاتف mobile switch . الذي يصل المكالمة لشبكة الهاتف الثابت fixed network إذا كانت المكالمة لشخص يستخدم الهاتف السلكي العادي الثابت الشكل ( 4 - 7 أ و ب ) . وإذا كانت المكالمة لشخص آخر مستخدم للهاتف الجوال فأنه يتصل بمحطة أرضية قريبة حيث يقوم هوائي المحطة بإرسال إشارات راديوية إلى مستخدم آخر للهاتف الجوال أي أن المحطة الأرضية ترسل وتستقبل الإشارات راديوية. عندما تنتقل من خلية إلى أخرى كما في حالة المكالمة من سيارة تسير على طول الطريق السريع ،حيث أن الاتصال بمحطة أرضية جديدة يتم تلقائياً . لا يمكن إجراء المكالمات عبر الهاتف الجوال إلا إذا توفرت محطات تقوية في نطاق المنطقة التي يتم استخدام الهاتف الجوال فيها وذلك هو سبب وجود محطات تقوية في بعض

المناطق السكنية طبقاً المخطط محدد يرسمه مهندسو شبكة الاتصالات الجواله. كل محطة تقوية من هذه المحطات تقوم بخدمة منطقة جغرافية محددة تسمى بالخلية ، وعندما التحرك من خلية إلى أخرى خلال السفر عبر الطريق السريع مثلا ، فإن محطة التقوية التي تقوم بتغطية الخلية الجديدة تعمل على التقاط الإشارات اللاسلكية الصادرة من المكالمة أوتوماتيكيا .

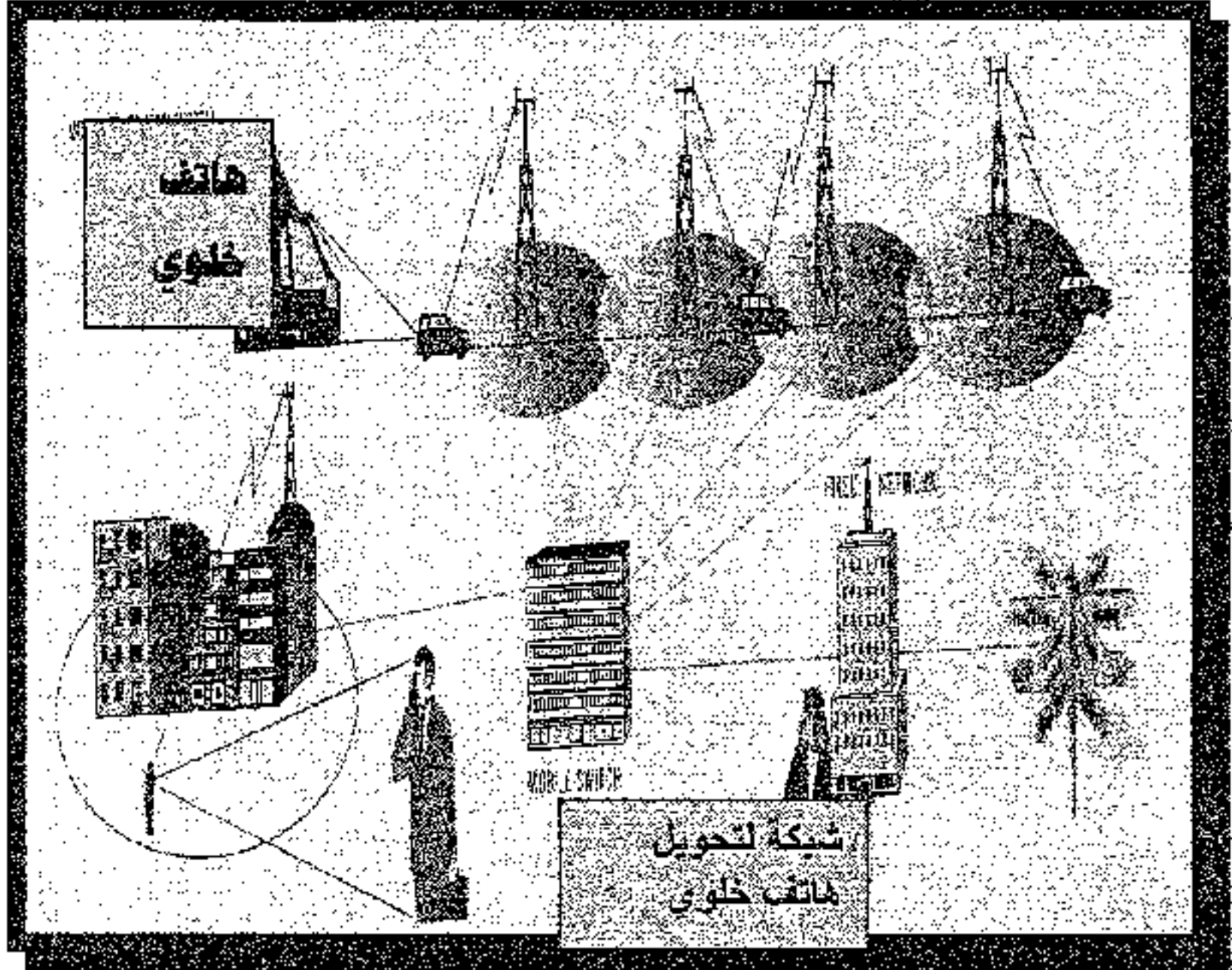
الشكل ( 4 - 7 ) الاتصال عبر شبكة الهاتف الجوال



كلما ازداد عدد المستخدمين للهواتف الجواله ، تزداد الحاجة لمحطات تقوية أكثر من أجل إجراء مكالمات هاتفية بطريقة أفضل ، وخاصة أن كل محطة تقوية لا تستطيع إرسال واستقبال أكثر من مائة مكالمه في ذات الوقت . ومن أجل السيطرة على الضغط المتزايد على الشبكة ، فقد تم وضع محطات التقوية في أماكن قريبة من مستخدمي الهاتف الجوال ، مثل واجهات البنائيات ، ومراكز التسويق ،

ومجمعات المكاتب ، وكلما كانت محطات التقوية أقرب من مستخدمي الهاتف الجوال كلما قلت الطاقة اللازمة للهاتف الجوال ومحطة التقوية من أجل توفير الاتصال .

سبا



هناك فكرة خاطئة مفادها أن التعرض للموجات الكهرومغناطيسية تحت الهوائيات مباشرة كبيرا وهذا يفسر بعض القلق بشأن تأثير محطة إرسال والهوائيات القريبة من المدارس أو المباني السكنية. تنخفض شدة الموجات الراديوية لهذه المعدات بسرعة عند التحرك بعيدا عن الهوائي. في الفضاء الحر ، عندما تنخفض الشدة إلى الربع عندما تتضاعف المسافة. في الواقع ، تقل الشدة بسرعة أكبر بكثير من ذلك

بسبب فقدان شدة الإشارة نتيجة للتوهين الذي يحصل نتيجة لمرورها عبر العوائق مثل الأشجار والمباني.

بعض الناس يطالبون بوضع المحطات الأرضية والهوائي في المناطق الصناعية أو المناطق البعيدة عن السكن ولكن ذلك غير عملي للأسباب التالية :

أولاً: إذا وضعت هذه المعدات في أماكن بعيدة كثيراً من المستخدمين فإن ذلك لا يعطي نوعية سيئة للاتصال حسب وإنما يزيد من القدرة المستهلكة للهاتف ، مما يقلل من عمر البطارية وزمن الحديث.

ثانياً : هناك محددات عملية على المنطقة الجغرافية للمحطة بحيث إنها تعمل بفعالية ، وخاصة إذا تواجد فيها أعداد كبيرة من المستخدمين. في هذه الحالة ، فإن المحطات الأرضية لا بد أن تكون قريبة من بعضها لتوفير المزيد من القدرات وليس للتغطية ، ونتيجة لقربها من بعضها البعض ، فإن كل محطة سوف تعمل على مستويات منخفضة للغاية من القدرة لتجنب التدخل مع المحطات القريبة. لذلك تصميم الشبكة على نحو مناسب يؤدي للتغطية المثلى وبأقل قدرة مستهلكة ، لتوفير اتصالات جيدة.

المحطات الأرضية ترسل أو تبث الطاقة بقدرة تتراوح بين بضعة واطات إلى 100 واط أو أكثر ، تبعاً لحجم المنطقة أو "الخلية" التي صممت لهذه الخدمة. هوائي المحطة الأرضية عادة ما يتراوح عرضه بين 20 - 30 سم وطولها متر واحد ، وتركب على المباني أو الأبراج على ارتفاع من 15 إلى 50 متراً فوق سطح الأرض. هذه الهوائيات تبعث منها الترددات الراديوية التي عادة ما تكون ضيقة جداً في الاتجاه الرأسي ولكنها عريضة جداً في الاتجاه الأفقي. بسبب ضيق انتشارها الرأسي ، فإن شدة الترددات الراديوية على سطح الأرض أسفل الهوائي مباشرة يكون قليل. شدة مجال الترددات اللاسلكية تزداد زيادة قليلة عند التحرك بعيداً عن المحطة ثم تنخفض كلما ابتعدنا عن الهوائي.



بصورة عامة عندما يكون الناس على بعد 2- 5 متر من الهوائي المثبت على سطح المنازل أو عند السياج الذي يحيط بالهوائي فان مجال الترددات الراديوية لا تتجاوز حدود التعرض الموضوعة . ولان الهوائي يبعث طاقته نحو الإمام مباشرة لذلك تكون الطاقة الصادرة من الخلف أو أعلى أو أسفل الهوائي قليلة ، ومستويات الطاقة اللاسلكية في داخل أو على جانبي للمبنى منخفضة جدا.

قاعدة محطة الإرسال والاستقبال ( BTS ) لمحطة الإرسال الارضية أو الهوائيات تحتوي على معدات للإرسال واستقبال الإشارات الراديوية ، الهوائيات ، والمعدات لتشفير و فك شفرة الاتصالات مع منظومة تحكم المحطة الارضية ( BSC ) . كذلك يمتلك الهاتف الجوال شفرات تستخدم لتعريف جهاز الهاتف ، وحاملة بالشركة للتابع لها . عند فتح الهاتف و تشغيله يكون جاهزاً للاستخدام فيستقبل إشارات تسمى بشفرة نظام التعريف SID ( System Identification Code ) وهو عبارة عن رقم من 5 أجزاء (بايت) مخصص لكل محطة إرسال من قبل مؤسسة الاتصالات الدولية FCC . كذلك توجد أرقام تعريفية مثل رقم تعريف الجوال (MIN) وهو عبارة عن رقم من 10 أجزاء (بايت) يشتق من رقم الجوال، والرقم التسلسلي الالكتروني ( ESN ) وهو عبارة عن رقم من 32 جزء (بايت) مبرمج عند تصنيع الجوال . عندما يقوم الهاتف بإجراء مكالمة فأنه يبث الرقمين التعريفيين ESN و MIN إلى الشبكة في بداية المكالمة. هذه الأرقام التعريفية علامة فريدة من نوعها للهاتف و هي الطريقة التي تعرف بها شركة الهاتف من يدفع أجرة المكالمة. يمكن باستخدام ماسح خاص سرقة هذه الأرقام والاستماع للمكالمة وكذلك يكون من السهل تعديل هاتف آخر بحيث يتضمن زوج الأرقام الخاصة بالهاتف والتي تسمح لبعض ما يسمى سارقي المكالمات الهاتفية لإجراء مكالمات على حسابك.

يتم التعرف بين جهاز الهاتف و محطة الإرسال باستخدام قناة تحكم ذات تردد محدد ليتمكن الهاتف من التقاط إشارة الخدمة من محطة الإرسال في الخلية القريبة

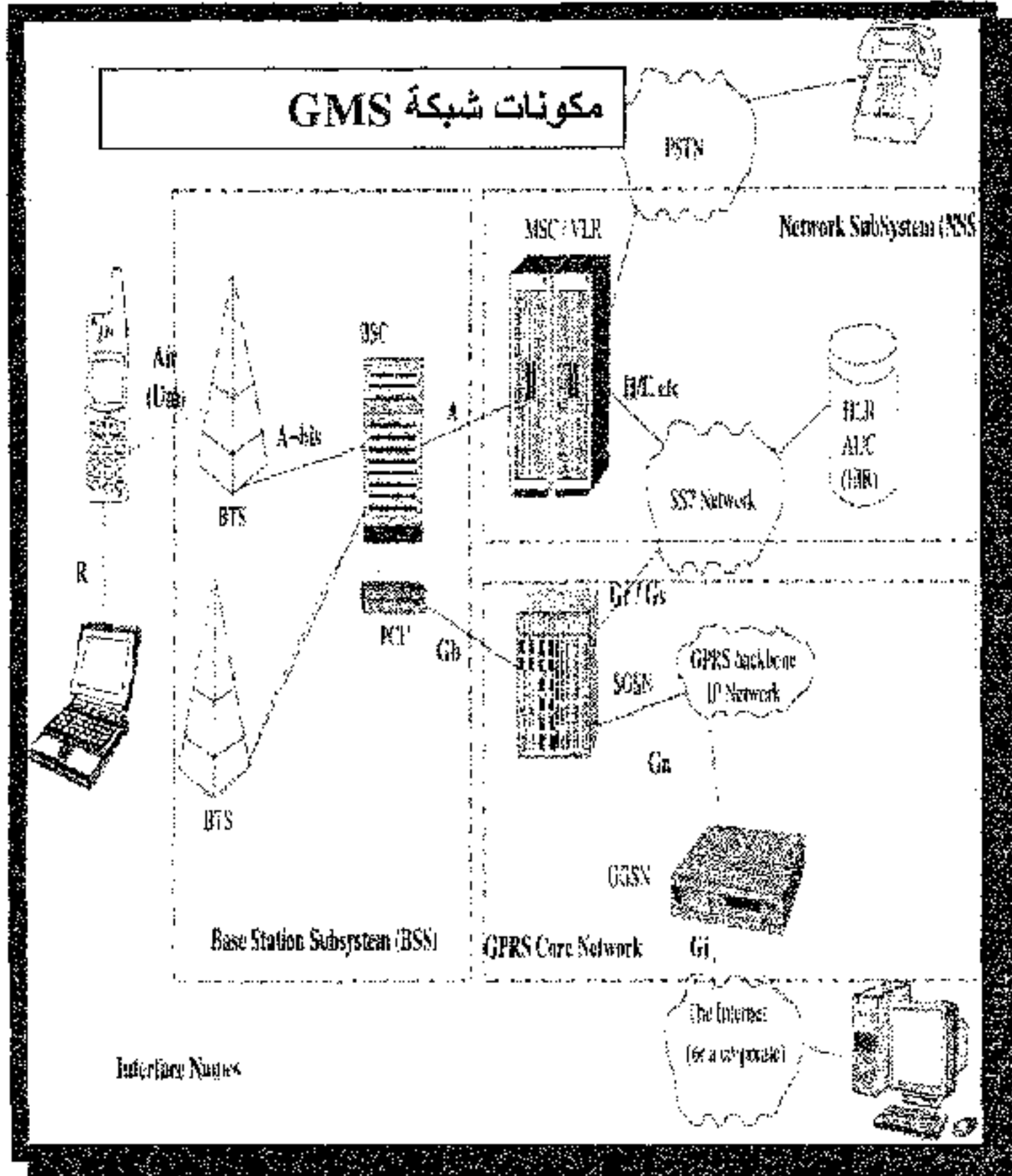
منه و تحديد محطة الإرسال التي في منطقة تواجدده. و إذا لم يجد الجوال قضاة التحكم فأنه يكون إشارة خارج منطقة التغطية. بعد استقبال نظام التعريف يقوم الهاتف بمقارنة شفرة نظام التعريف الخاصة التي استقبلها و مقارنتها بتلك المخزنة بالجهاز. فإذا ما تمت المقارنة و تبين أنها نفس الشفرة المتعارف عليها بين الهاتف و المحطة فإن يتعرف على الخلية التي سيتعامل معها.

منظومة تحكم المحطة الأرضية (BSC) لها العديد من معدات الإرسال (TRXS) التي تتيح لها أن تخدم عدة قطاعات من الخلايا بترددات مختلفة. الهوائيات في قاعدة محطة الإرسال والاستقبال (BTS) يتم السيطرة على إرسالها عن طريق منظومة تحكم المحطة (BSC). هذه المنظومة توفر الربط إلى شبكة منظومة إدارة عمليات التشغيل والصيانة. عمل الهوائي يعتمد على التكنولوجيا الجوال المستخدمة، والهاتف الجوال المستخدم، تسهيل الإرسال و تلقي المعلومات من محطة الجوال (MS) من خلال الاتصال الهوائي (Um). تقوم موائمات (A-bis interface) خاصة بإرسال المكالمات نحو منظومة تحكم المحطة الأرضية (BSC) بعدها يقوم الهاتف بالاتصال بمحطة مركزية لتحويلات الهاتف الجوال (Mobile Telephone Switching Office-MTSO) تعمل هذه المحطة على تعقب مكان تواجد الجوال وتخزن بيانات الموقع في قاعدة بيانات لاستخدامها في لحظة الاتصال وذلك لأنها تراقب دوما مكان الجوال والخلية التي تغطي الخدمة لتلك المنطقة المتواجد فيها الجوال الشكل (4 - 8).

كذلك تعمل هذه المحطة على التحكم في المحطات المنتشرة في المدينة (الخلايا) وتعمل أيضا على ربط كل الاتصالات من الهواتف الجوال مع الهواتف الأرضية التي تعمل بنظام الاتصال التقليدي. وتحتوي هذه المحطة كذلك على حاسب يتحكم في نظام الاتصال و يعطي الأمر للانتقال إلى خلية أخرى عندما تضعف الإشارة كما ويربط كل محطات التقوية الموجودة في كل الخلايا التابعة للمحطة المركزية و من مهامه أيضا قياس قوة الإشارة التي تصل للهاتف وتعقب مكان تواجد الهاتف

و تخزين بيانات الموقع في قاعدة بيانات وكذلك حساب مبلغ المكالمة. قدرة  
مرسلات المحطات الارضية تتراوح بين عدة واطات إلى 100 واط أو أكثر  
ويعتمد ذلك على حجم المنطقة أو الخلية التي صممت لهذه الخدمة. هوائيات  
المحطات الارضية عرضها حوالي 20-30 سم ، وطولها متر واحد ، وتركب  
على المباني أو الأبراج على ارتفاع من 15-50 مترا فوق سطح الأرض. هذه  
الهوائيات تنبعث منها الترددات الراديوية التي عادة ما تكون ضيقة جدا في الاتجاه  
الرأسي وواسعة جدا في الاتجاه الأفقي. بسبب ضيق الانتشار الرأسي للحزم فإن  
شدة المجال لترددات على الأرض تحت الهوائي مباشرة تكون منخفضة . ولكن  
شدة مجال الترددات اللاسلكية تزداد زيادة طفيفة كلما ابتعدنا عن المحطة ثم  
تتخفض أكثر في المسافات البعيدة عن الهوائي. بعض الهوائيات المثبتة على أسطح  
المنازل يجب إحاطتها بسور عرضة 2-5 متر لكي يبقى الناس بعيدا عن مجالات  
التردد الراديوية التي تتجاوز حدود التعرض. ولأن الهوائيات توجه قدرتها نحو  
الإمام (الخارج) فإنها لا تشع من الخلف أو أعلى أو أسفل الهوائي ، ومستويات  
الطاقة اللاسلكية في الداخل أو على جانبي المبنى عادة ما تكون منخفضة جدا.

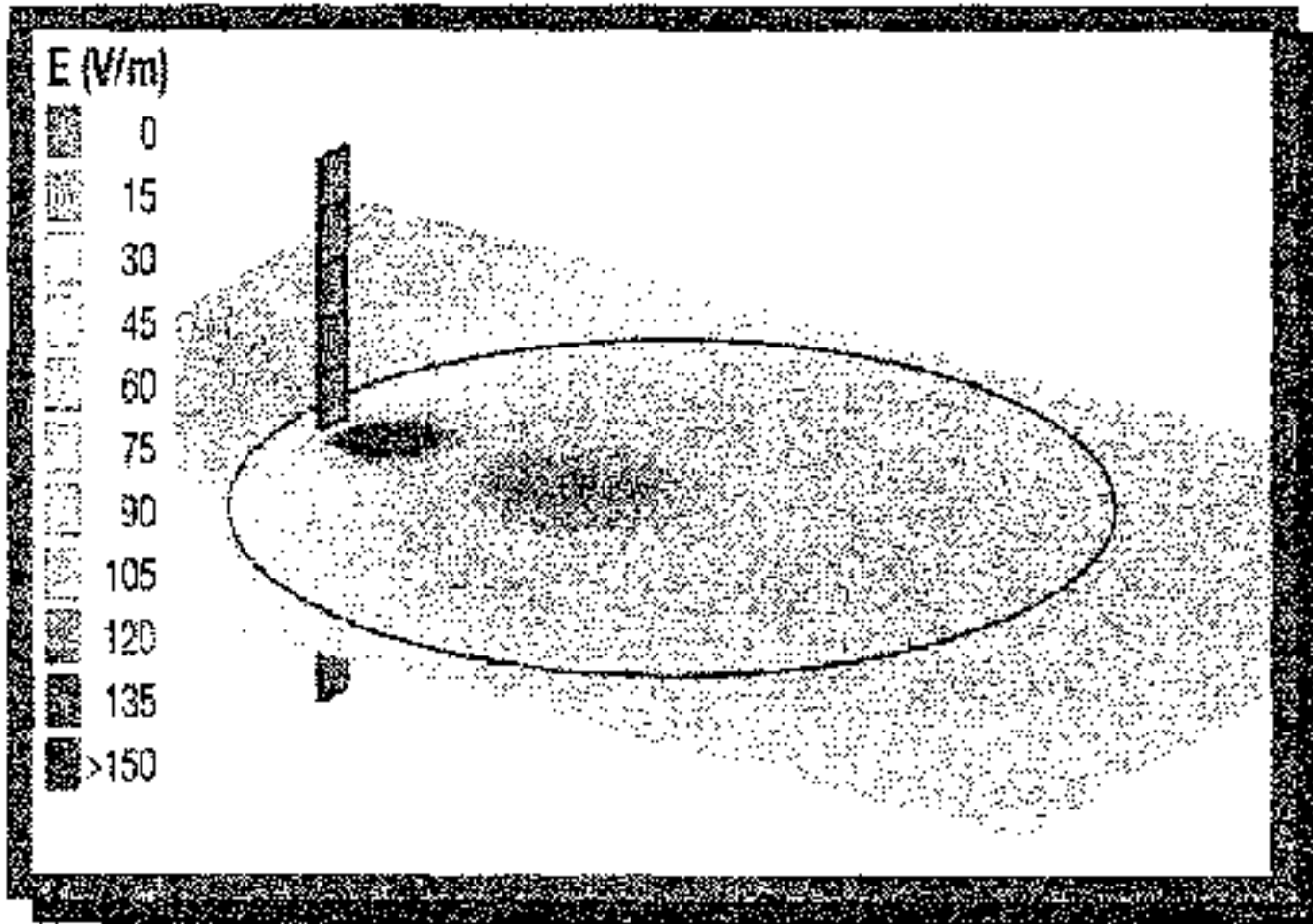
الشكل ( 4 - 8 ) محطة الإرسال الأرضية



المستويات المرجعية لعامة الناس لمحطة هوائي نوع 3G/WCDMA ربح الهوائي له يتراوح بين (14.5 - 18 ديسي بيل) (ربح الهوائي antenna gain هو النسبة بين القدرة المطلوبة لهوائي مرجعي إلى القدرة الداخلة إلى الهوائي الفعلي في اتجاه معين حتى يعطي الهوائيان نفس كثافة القدرة عند نفس المسافة

ويُقاس بالديسي بيل dB<sub>i</sub> لهوائي نصف موجي و ثنائي القطب ( وارتفاع الهوائي ( 60 - 130 سم) مستويات القدرة الخارجة المنبعثة تصل إلى 25 واط . تتكون حول كل هوائي منطقة لتوزيع شدة المجال تسمى حدود الامتثال وتكون على شكل اسطوانة قطرها 3 أمتار ويقابل ارتفاع الهوائي مضافا له 20 سم (10 سم اعلي الهوائي و 10 سم أسفلة). الشكل ( 4 - 9 )

الشكل ( 4 - 9 ) حساب توزيع شدة المجال الكهربائي قرب المحطة الارضية للهوائي ( قدرتها الخارجة 20 watt . الدائرة قطرها 3 متر)

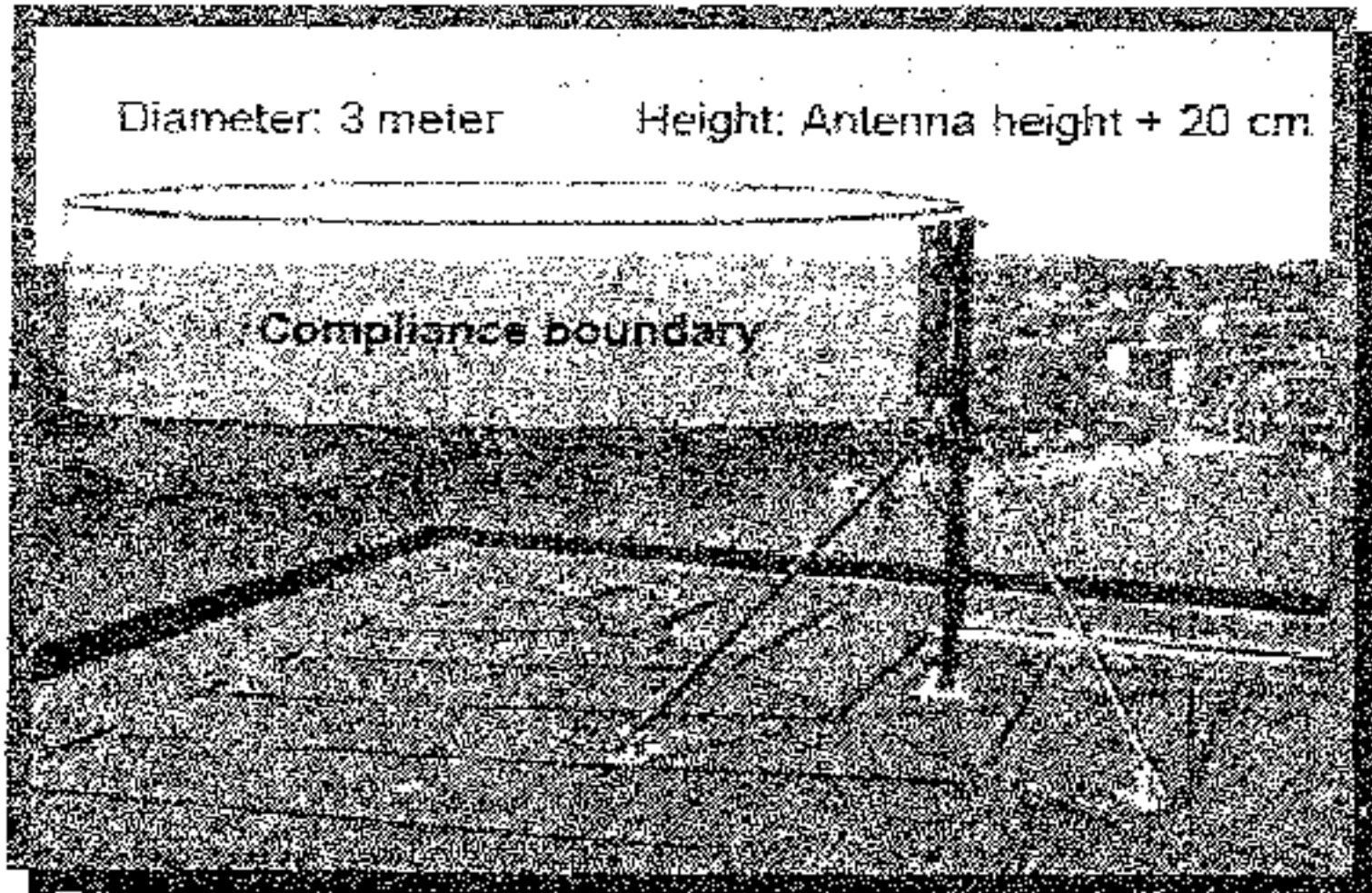


تبدأ الاسطوانة 10 سم وراء ظهر الهوائي. باستخدام المحددات الأساسية للمقدار SAR لعموم الجسم والتعرض المحلي ، فقد تبين من خلال الحسابات العددية باستخدام موديل عموم الجسم البشري بان قطر حدود الامتثال أقل من 1 م لنفس النوع من المحطة الارضية وعند تطبيق حدود التعرض المهني حسب توصيات ICNIRP فان حدود الامتثال ينخفض إلى نحو عشر المتر الشكل ( 4 - 10 )

الادلة الارشادية للتعرض حسب توصيات ICNIRP تتحدد بمعدل زمن ست دقائق بسبب الاتجاهية العالية لبث هوائيات المحطة ، مما يعني أن طاقة الحزمة الرئيسية المرسله تتركز أمام الهوائي ، وفي احد النجارب لشخص يمشي

قرب المحطة بسرعة طبيعية أمام الهوائي بلغ معدل زمن التعرض أقل بكثير من حدود التعرض. وينبغي أن نتاح للعاملين الذين يرومون إصلاح المباني التي على سطحها المحطة والهوائيات معلومات ذات صلة عن التعرض لمجال الموجات الكهرومغناطيسية EMF من المحطة والهوائيات ، والاحتياطات التي يتعين القيام بها قبل وأثناء تنفيذ المهام على سطح المباني ، وتعليمات العمل ، والمحددات المفروضة على الدخول وأي تحذيرات أخرى، كثير من عملي الشبكة التقنيين يقومون بتقديم هذه المعلومات لأصحاب العقارات أو أصحاب المباني التي يتم تركيب الهوائيات فيها . قد تكون هناك حاجة لتوحيد هذا النوع من المعلومات إلى العمال. وبالإضافة إلى ذلك ، يمكن أيضا أن تكون هناك حاجة ، لتحذير العمال اللذين يرتدون منظم لضربات القلب ، والمعالجات الدقيقة microprocessor التي تسيطر على جرعة الدواء والأجهزة والمعدنية الأصبطناعية ، الخ.

الشكل ( 4- 10 ) مثال للحدود الامتثال للمستويات المرجعية للجمهور حسب توصيات ICNIRP



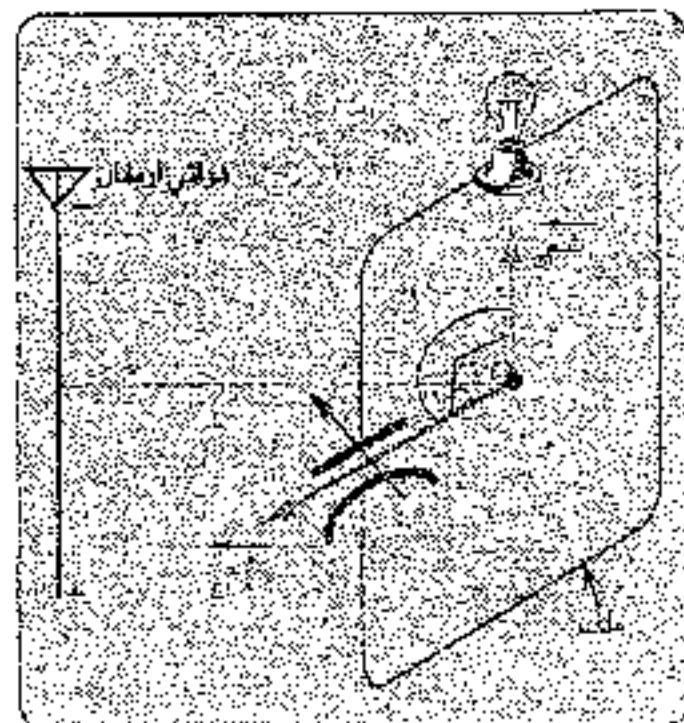
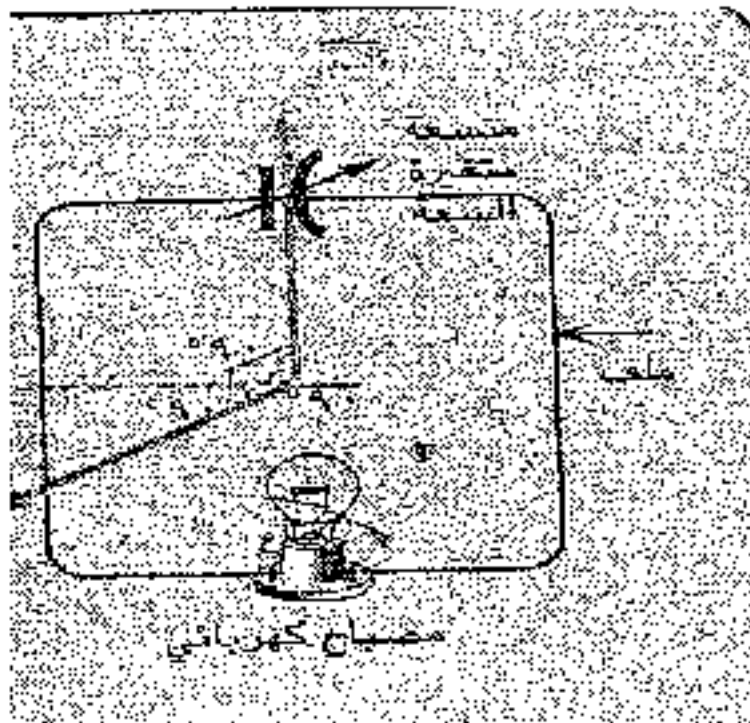
#### 4 - 5 الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية

جميع أنواع البث للموجات الكهرومغناطيسية ( الإذاعية و التلغرافية ، الهاتف الجوال ) ذات التردد الراديوي يمكن الكشف عنها على نفس الأساس ويستثم ذلك بواسطة دائرة رنينية تتألف من ملف متسعة وان مستوى الدائرة الرنينية يحدد أي نوع من المجالين الكهربائي والمغناطيسي هو الذي يتم بواسطته الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية ، والكشف نوعين موضحين في الشكل (4 - 11) والجدول (4 - 2). ولبث الموجات الصوتية تحول الموجات الصوتية الميكانيكية إلى إشارة كهربائية تسمى الإشارة السمعية وهذه الإشارة ترددها قليل (20 - 20000 هرتز) لذلك لا يمكنها الانتقال إلى مسافات بعيدة ولغرض نقلها نستخدم عدة هوائيات طويلة يلاءم كل منها تردد صوت معين ومستقبلي هذه الموجات سيستلمون الترددات من المحطات المجاورة مرة واحدة وبذلك تكون أجهزة التسلم ضوئية. لذلك يفضل ان تحمل الموجات السمعية على موجات راديوية حاملة عالية التردد وفق عملية تسمى التضمين. أنواع التضمين:

#### الشكل ((4-11)) الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية

ب - بواسطة المجال المغناطيسي

أ - بواسطة المجال المغناطيسي



- 1- التضمين الرقمي: وهو خاص بالاتصالات الرقمية الحديثة وشبكة الإنترنت.
- 2 - التضمين التماثلي: وهو عبارة عن تغير لأحد خواص موجة التيار عالي التردد (السعة، التردد، الطور) ويقسم إلى:

أ- التضمين السعوي: تغير سعة الموجة الراديوية الحاملة بتأثير سعة الموجة الحرارية (السمعية) فنحصل على موجة راديوية حاملة ثابتة التردد متغيرة السعة. من مشاكل هذا التضمين: التداخلات للموجات الكهرومغناطيسية الراديوية الناشئة عن الزوابع الرعدية أو المكائن الكهربائية والتي تؤثر على سعة الموجة بشكل ضوضاء.

ب- التضمين الترددي: يتغير تردد الموجة الراديوية الحاملة بتأثير تردد الموجة السمعية فنحصل على موجة راديوية حاملة ثابتة السعة متغيرة التردد.

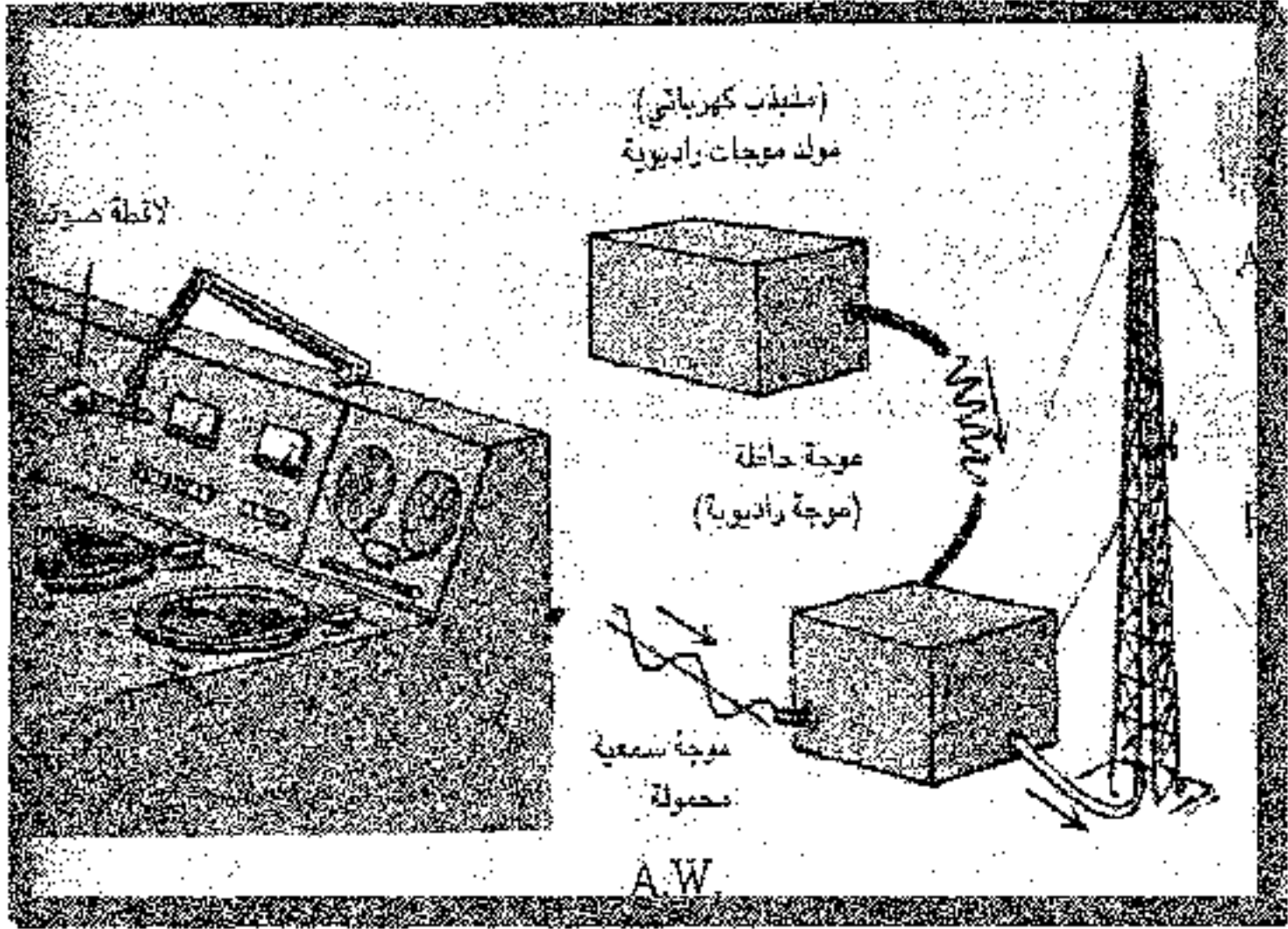


جدول (4 - 2) الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد الراديوية

ك	الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بواسطة المجال المغناطيسي	الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بواسطة المجال الكهربائي
1	نستخدم هوائي اطاري الشكل دائرته تتكون من متسعة متغيرة وملف ومصباح على التوالي.	نستخدم هوائي مستقيم دائرته تتكون من متسعة متغيرة وملف ومصباح على التوالي.
2	نجعل هوائي التسلم عمودي على المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي موازيا للوحي المتسعة.	نجعل هوائي التسلم (الملف) عمودي على المجال الكهربائي وموازيا للمجال المغناطيسي.
3	يحث المجال المغناطيسي المتغير ق.د.ك. محتثة (فرق جهد كهربائي) بينما لا يحث المجال الكهربائي لأنه موازي للوحي المتسعة.	يولد المجال الكهربائي تيار الازاحة والذي يولد فرق جهد بين لوحي المتسعة.
4	تولف الدائرة بتغير سعة المتسعة حتى يتوهج المصباح.	تولف الدائرة بتغير سعة المتسعة حتى يتوهج المصباح.

يحث الموجات الراديوية: تتكون شبكة بث الموجات الراديوية من لاقطة صوتية (تحتوي بلورة محولة للطاقة) تحول الموجات الصوتية الميكانيكية الى موجات سمعية بشكل اشارة كهربائية نبض التردد وبعد تضخيم الاشارة الكهربائية تحصل على موجات راديوية يولدها المذبذب وتحمل باستخدام المضمن بعدها تضخم الموجة الراديوية المضمنة وتبث بواسطة الهوائي. الشكل (4-12)

## الشكل (4-12) عملية تضمين وبت الموجات الراديوية



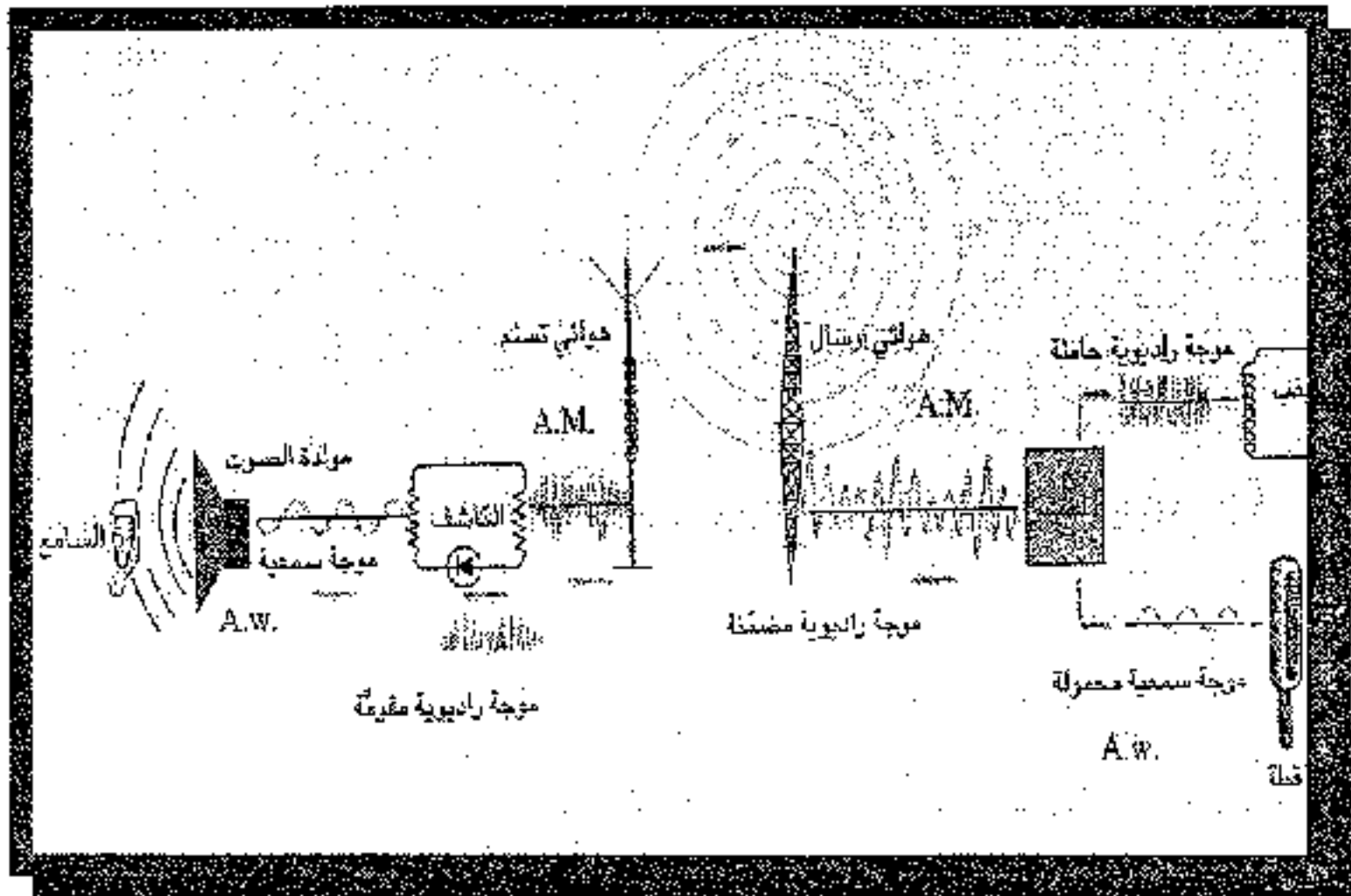
### استلام الموجات الراديوية

عملية التسلم تتم بواسطة الهوائي حيث تمرر على الدائرة الرنينية في جهاز التسلم ثم يتم انتقاء الإشارة المطلوبة بعملية التوليف أي تغير سعة المتسعة المتغيرة فسي الدائرة الرنينية حتى يتساوى تردد الدائرة الطبيعي مع تردد الموجة المراد استلامها. الشكل (4-13) بعد ذلك تمرر الى الكاشف لغرض فصل الموجة السمعية عن الموجة الراديوية ويتم ذلك:

- 1- يحتوي الكاشف على ثنائي بلوري (دايود) يقوم هذا الثنائي بالحصول على إشارة متغيرة سمعية باتجاه واحد فقط (أي يقوم بعملية التقويم).
- 2- تمرر هذه الإشارة على متسعة ذات سعة مناسبة تمرر الترددات الراديوية بسهولة وتعرقل مرور الترددات السمعية الواطئة  $\alpha \propto 1/\lambda$ .

3- تمرر الموجات السمعية على السماعه لجهاز التسلم والذي تحتوي على ملف يقوم بإمرار الترددات السمعية وخلق الترددات الراديوية العاليه (عكس المتسعة) ويحولها بعد ذلك إلى إشارة صوتية ميكانيكية.

#### شكل (4- 1.3) مراحل بث وتسلم الموجات الراديوية



#### 4 - 6 الضوابط والمعايير الواجب إتباعها عند نصب المحطات الرئيسية والهوائيات :

- 1- بغضل إقامة محطات البث الرئيسية خارج حدود التصاميم الأساسية للمدينة أما أبراج الهوائيات فيسمح بنصبها داخل المدن .
- 2- يكون ارتفاع المبني الذي تركيب فوقه الهوائيات ما بين 15متراً كحد أنفي إلى 50 متراً كحد أقصى عن مستوى سطح الأرض ،وفي حال تعذر وجود مثل هذا الارتفاع يتم تركيب الهوائيات على برج معدني أو سارية بحيث يصبح ارتفاع الهوائي عن سطح الأرض 15 متراً .أو أكثر.

3- يجب أن يكون ارتفاع هوائيات محطة الهاتف الجوال أعلى من المباني المجاورة للمبنى المختار بدائرة نصف قطرها 10 متراً .

4 - يجب أن يكون سطح المبنى الذي يتم تركيب الهوائيات عليه من الخرسانة المسلحة لكي يكون درعا واقيا من إشعاع الموجات الراديوية. يتم غلق السطح بالكامل بباب مغلق ويتم وضع سور غير معدني من جميع الاتجاهات على مسافة 6متر من مركز قاعدة البرج ومترين بالنسبة للسارية الموجود على حافة المبنى مع وضع إشارات تحذيرية . و لا يسمح بتركيب الهوائيات على الشرفات التي بدون سقف خرساني مسلح.

5 - عند تركيب أكثر من هوائي على نفس البرج يتم تركيب برج معدني بحيث تكون الهوائيات على ارتفاع لا يقل عن 6 متر من سطح المبنى ويفضل أن لا يزيد عدد الهوائيات التي يتم تركيبها على المستوى نفسه عن ثلاثة هوائيات مرسلة وثلاثة هوائيات مستقبلية. هوائيات في المستوى الواحد يشترط ان لا تقل المسافة الرأسية بين مركز الهوائيات عن 4 متر بين كل مستويين متتاليين .

6 - يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بين مركزي برجين لمحطتي الهاتف الجوال على سطح المبنى نفسه عن 12 متراً .

7 - عند تركيب الهوائيات يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بينها وبين العنصر البشري عن 6 متر باتجاه الشعاع الرئيسي

8- لا يفضل تركيب الهوائيات فوق المستشفيات والمراكز الصحية والمراكز العلمية والمدارس كي لا يحدث أي تداخل موجي مع الأجهزة الموجودة فيها والوقاية من التأثيرات الصحية المحتملة ،إلا في الضرورة القصوى وعزل الهوائي كهربائياً . ويجب عدم السماح لسقوط شدة عالية من الموجات الراديوية من المحطة في أي جزء من فناء المدرسة او المستشفيات والمراكز الصحية والتي عادة ما تسقط هذه الشدة الكبيرة على الأرض عند مسافة تتراوح بين 50 -200 متر من قاعدة الهوائيات. لذلك 10 يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بين الهوائيات

وسور المدارس عن هذه المسافات وذلك لكونهم في مرحلة نمو تجعلهم أكثر حساسية للترددات الراديوية .

قاعدة هوائي المحطة للهاتف الجوال ،الذي يكون على ارتفاع 10 أمتار فوق الأرض ، وتعمل على أعظم كثافة ممكنة ، قد تنتج كثافة قدرة تصل إلى 0.01 ملي واط / سم<sup>2</sup> على الأرض بالقرب من موقع الهوائي ، ولكن مستوى كثافة القدرة على سطح الأرض سوف يكون في أكثر الأحيان في المدى 0.00001 إلى 0.00005 ملي واط / سم<sup>2</sup>. هذه القيم هي أقل بكثير من المبادئ التوجيهية للسلامة ، علما بان المعايير الموضوعه هي أقل بكثير من المستوى الذي تسبب الخطر.وعلى بعد 200 متر من قاعدة موقع الهوائي ، تزداد كثافة القدرة كلما ارتفعنا فوق قاعدة موقع الهوائي (على سبيل المثال ، في الطابق الثاني من مبنى أو على تل). حتى في حالة وجود هوائيات متعددة على البرج نفسه ، فان كثافة القدرة قد تكون أقل من 5 ٪ من المبادئ التوجيهية الموضوعه من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه على جميع الارتفاعات وعلى جميع المسافات لأكثر من 55 مترا من موقع الهوائي.وعلى ارتفاع 200 متر (من موقع الهوائي فان كثافة القدرة لا ترتفع مع زيادة الارتفاع.كثافة القدرة داخل المبنى سيكون أقل من بمقدار 3 إلى 20 مرة من الخارج .الباحث بيترسن قام بقياس كثافة الطاقة حول محطات قاعدة الهاتف الجوال. كانت القياسات لهوائي قدرته 1600 واط للأبراج التي تراوح ارتفاعها بين 40 حتى 83 مترا. الحد الأقصى لكثافة القدرة على الأرض تساوي 0.002 ملي واط / سم<sup>2</sup>، وكان الحد الأقصى على بعد 20 إلى 80 مترا من قاعدة الأبراج. في حدود 100 متر من قاعدة الأبراج ، بلغ متوسط كثافة القدرة أقل من 0.001 ملي واط / سم<sup>2</sup>. أقصى كثافة لهذه الترددات اللاسلكية أقل من 1٪ من المبادئ التوجيهية الموضوعه من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينه لمعايير التعرض للجمهور.في

عام 1999 قام مجموعة من الباحثين من كندا ، بقياس مستويات الترددات اللاسلكية في خمس مدارس ، ثلاث منها كانت المحطات القاعدية عليها أو بالقرب منها جميع المدارس كانت ضمن المعايير الدولية بهامش واسع. أقصى هذه القراءات مبينة في الجدول ( 4 - 3 ).

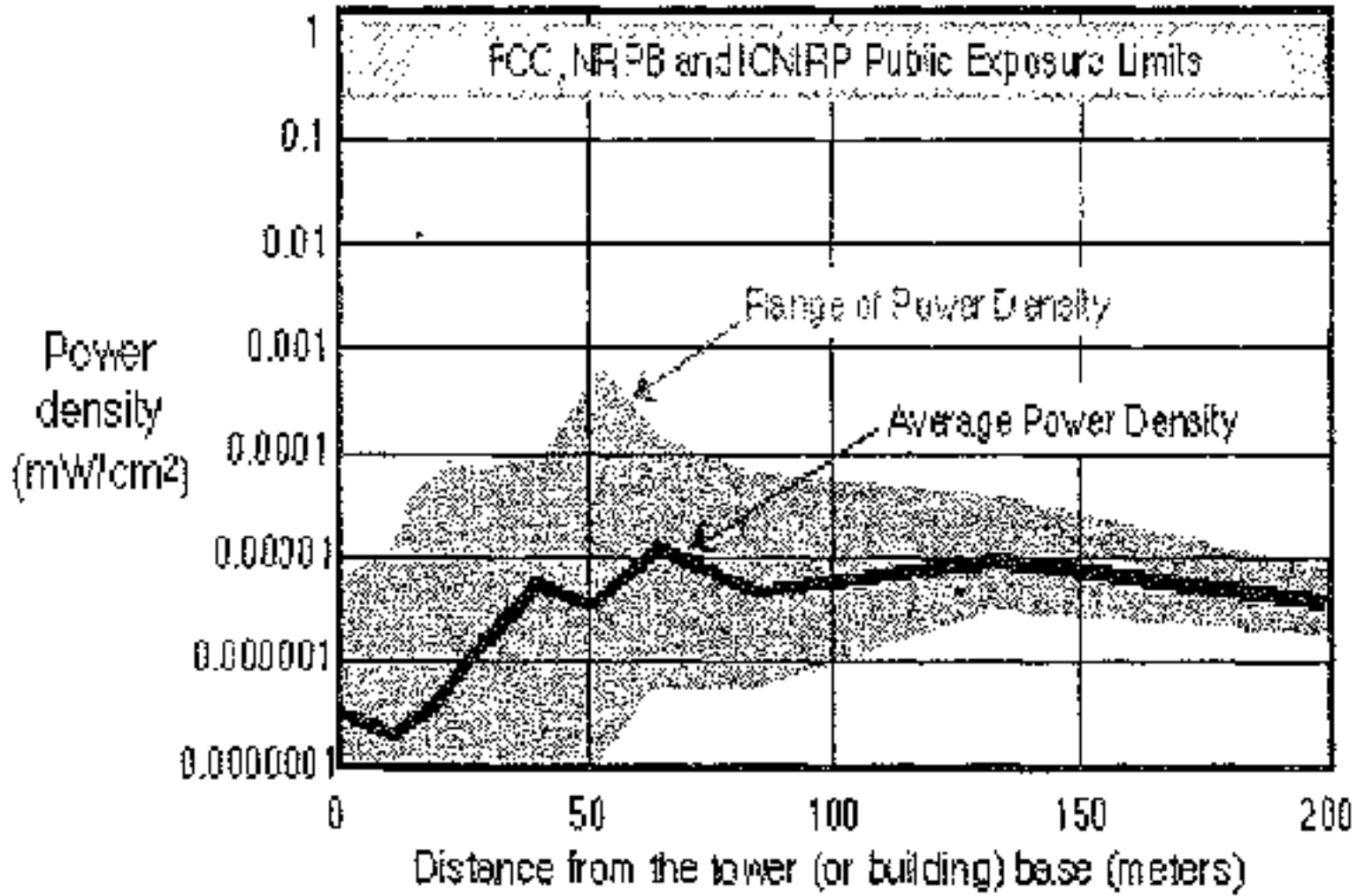
في عام 2000 ، أنجز المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع في المملكة المتحدة قياس مستويات الإشعاع للموجات الراديوية في 118 موقعا يمكن الوصول إليها والنتيجة من نحو 17 قاعدة هوائي الهاتف الجوال. التعرض الأقصى في أي موقع كان 0.00083 ملي واط / سم<sup>2</sup> على ملعب يبعد 60 مترا من مبنى مدرسة مثبت هوائي على سطحها. كثافة القدرة كانت أقل من 0.0001 ملي واط / سم<sup>2</sup> وهي أقل من 0.01% من المبادئ التوجيهية الموضوعة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة لتعرض الجمهور. كما في الشكل (4-14).

الجدول ( 4 - 3 ) مستوى الموجات الراديوية القريبة من بعض المدارس الكندية القريبة المحطات الأرضية

الحد الأقصى لمستوى الموجات الراديوية	موقع قاعدة هوائي الهاتف الجوال	المدرسة
0.00016 ملي واط / سم <sup>2</sup>	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية عبر الشارع	1
0.0026 ملي واط / سم <sup>2</sup>	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية على سقف المدرسة	2
0.00022 ملي واط / سم <sup>2</sup>	قاعدة هوائي الهاتف الجوال التناظرية عبر الشارع	3
أقل من 0.00001 ملي واط / سم <sup>2</sup>	لا قاعدة لهوائي الهاتف الجوال توجد	5 و 4

لأن كثافة القدرة للترددات الراديوية اللازمة لإنتاج التأثيرات البيولوجية تعتمد على التردد ، وهذا الرقم لا ينطبق إلا على ترددات تتراوح بين 800 و 2200 ميغاهرتز (أي تلك التي تستخدمها حاليا والهاتف الجوال التناظرية والرقمية). لذلك لا يجوز الدخول إلى المحطات الأرضية للهاتف بحيث يكون البعد الأفقي عن الهوائيات 6 متر .

الشكل (4-14). مستوى الإشعاع للموجات الراديوية قرب قواعد هوائي الهاتف الجوال في بريطانيا



أو بالقرب من سطوح المباني. ولقد وجد بأنه على بعد (1 متر) من هوائي على السقف فإن القدرة المرسله الفعاله ERP له 1600 واط وكثافة الطاقة تصل إلى 2 ميغا واط / سم<sup>2</sup> بالمقارنة مع التعرض القياسي للجمهور والذي يتراوح بين ( 0.57 - 1.2 ملي واط / سم<sup>2</sup>).

بعض المعايير العامة لتحديد مواقع المحطات الأرضية للهاتف .

1 - مواقع الهوائي يجب أن تكون مصممة بحيث لا يمكن للجمهور الوصول إلى المناطق التي تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعية من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة لتعرض الجمهور. وكقاعدة عامة ، لا يمكن للجمهور الوصول إلى مسافة 6 أمتار من الهوائي .

2. إذا كانت هناك مناطق يمكن للعمال الوصول إليها و التي تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعية من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة لتعرض الجمهور يجب أن يتأكد العاملین من الاحتياطات الواجب اتخاذها عند دخول هذه المناطق. وبشكل عام ، يكون للمناطق التي تبعد (6) أمتار من الهوائيات .

3. إذا كانت هناك مناطق تتجاوز عندها قيم المبادئ التوجيهية الموضوعية من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة لتعرض المهني يجب على العاملين معرفة هذه المناطق ، و يمكنهم إيقاف أجهزة الإرسال عند دخولهم لهذه المناطق. ومثل هذه المناطق قد لا تكون موجودة ، ولكن إذا وجدت ، فإنها ينبغي أن تقتصر على المناطق الواقعة ضمن 3 أمتار من الهوائيات. القدرة المرسله Transmitter power هو مقياس للقدرة الكلية ، في حين أن القدرة المرسله الفعالة ERP والمقاسة بالواط هو مقياس للقدرة في الشعاع الرئيسي. إذا كان الهوائي متعددة الاتجاهات وكفائته 100% ، فان القدرة المرسله و القدرة المرسله الفعالة ، سيكون لهما نفس المقدار. هوائيات الهاتف الجوال (مثل جميع الهوائيات) ليست متعددة الاتجاهات ، وتكون هوائياتها ذات ربح gain اتجاهي معتدل أي منخفض (و يعرف الربح بأنه مقياس لمدى اتجاه الهوائي ويقاس بالديسيبل ) أو ذات ربح عالي. أي أنها اتجاهية حيث تتركز طاقتها في بعض الاتجاهات ، ونقل طاقتها كثيرا في الاتجاهات الأخرى. ، نتيجة لذلك ، يمكن لقاعدة محطة إرسال قدرتها 20-50 واط ذات ربح هوائي عالي ان تولد قدرة مرسله فعالة



من أي مكان بقدره تتراوح بين من عدة مئات من الواطات إلى أكثر من 1000 واط. العلاقة بين مستوى كثافة القدرة للترددات الراديوية اللازمة لإنتاج تأثيرات بيولوجية معروفة و مستويات كثافة القدرة للترددات الراديوية المحددة في المبادئ التوجيهية للجنة الاتصالات الفدرالية الأمريكية هو كثافة القدرة للترددات الراديوية حول أبراج محطات الهاتف الجوال موضحة في الشكل (4-15).

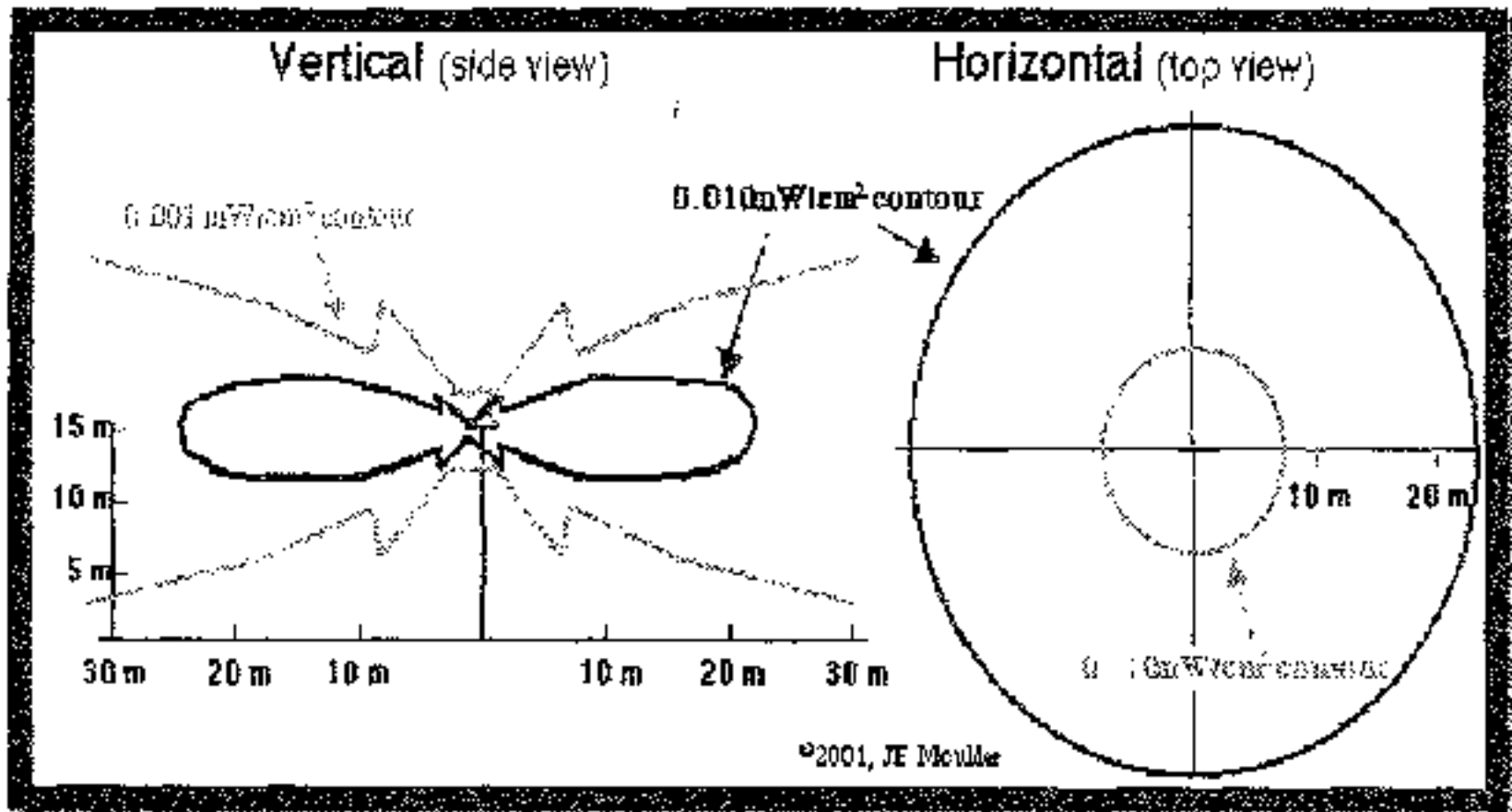
يمكن تفسير كل من مفهوم الريح و القدرة المرسله الفعالة بمقارنة مصباحين كهربائيين احدهما مصباح اعتيادي قدرته 100 واط والاخر مصباح نقطي له نفس القدرة لكن المصباح النقطي أكثر ضوءاً عند النظر باتجاه الحزمة النقطية وأضعف خارج الشعاع الرئيسي بالرغم من تساوي قدرتيهما . قاعدة هوائي الهاتف الجوال (ولاسيما الهوائي ذات الريح العالي) هو مماثل للمصباح النقطي ، و القدرة المرسله الفعالة تكون مكافئة لقدرة الشعاع الرئيسي للمصباح النقطي.

الشكل (4-15) المعايير لأبراج محطات الهاتف الجوال

100 mW/cm <sup>2</sup>	+	Clear Hazards
40 mW/cm <sup>2</sup>	+	Reproducible Effects
4 mW/cm <sup>2</sup>	+	Unconfirmed Reports of Effects
1 mW/cm <sup>2</sup>	+	FCC Public Exposure Standard (2000 MHz)
0.5 mW/cm <sup>2</sup>	+	FCC Public Exposure Standard (900 MHz)
0.01 mW/cm <sup>2</sup>	+	Maximum Near a Cell Phone Tower
0.0002 mW/cm <sup>2</sup>	+	Typical Near a Modern Phone Tower

ويوضح الشكل (4-16) و الشكل (4-17) مخطط الموجات الراديوية لموجة لهوائي قدرته المرسله الفعالة 1000 واط ذات ربح واطي وهو من النوع الذي يستعمل عادة في المحطات الارضية للهوائف الحرارية القديمة وأخر ذات ربح عالي وهو من النوع الذي يستعمل عادة في المحطات الارضية للهوائف الحرارية الحديثة .

الشكل (4 - 16 ) مخطط الموجات الراديوية لهوائي قدرته المرسله الفعالة



1000 واط وذات ربح واطي وعلى برج ارتفاعه 15 متر

وبناء على ما تقدم يمكن العيش في بناية مثبت على سقفها قاعدة برج هوائي الهوائف الحرارية للأسباب التالية :

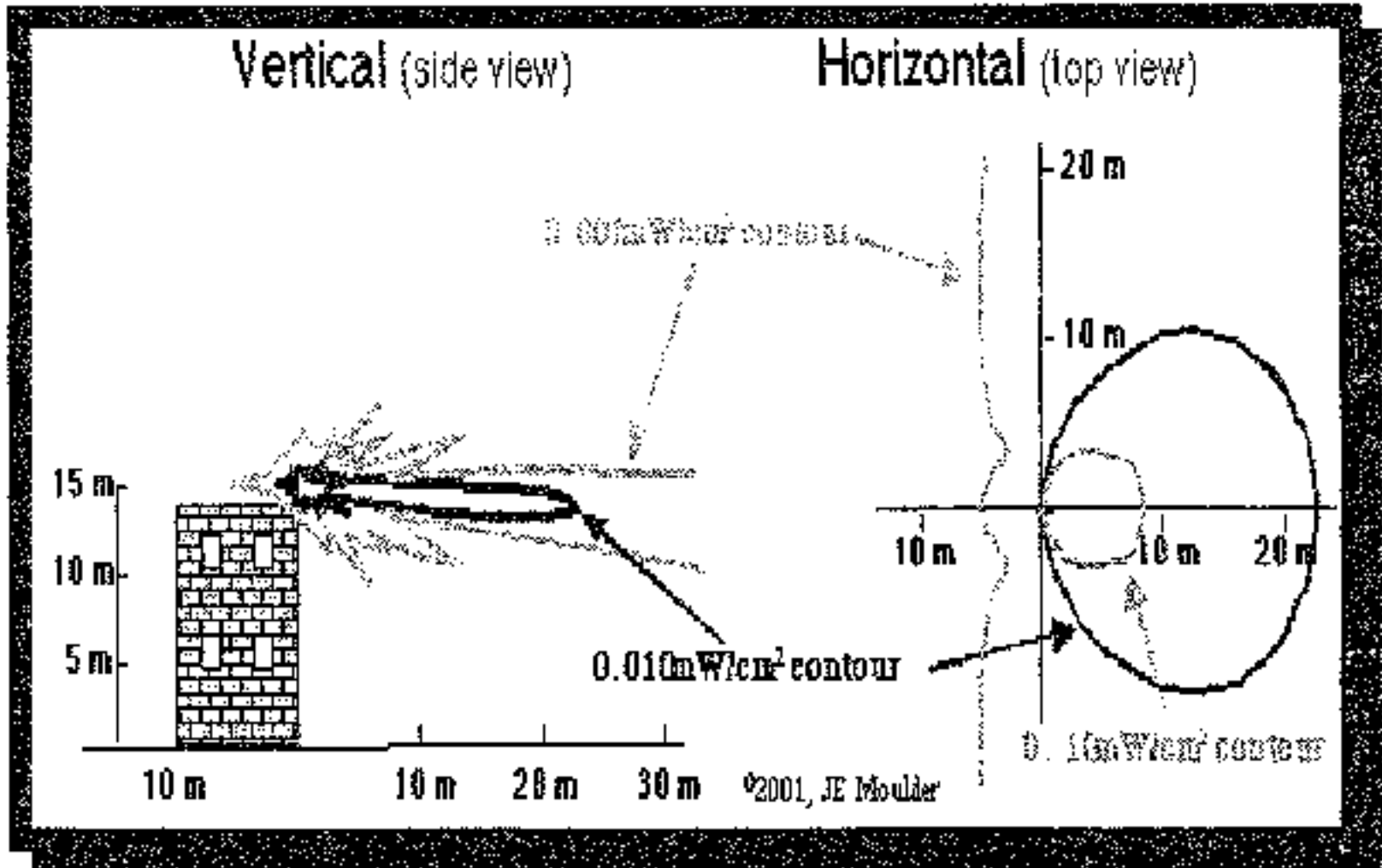
- 1 - يتضح من الشكلين السابقين بان كل من الهوائيات ذات الربح العالي أو الواطي لا تشع كثيراً من طاقتها نحو الأسفل

2 - سطح المبنى سوف يمتص كميات كبيرة من الطاقة الموجات الراديوية، وعادة ما يتوقع بان سطح المبنى يمكن أن يقلل من قوة الإشارة بمعامل 5 إلى 10 (أو أكثر بالنسبة للسقوف الخرسانية المسلحة أو المعدنية).

3- وقد تمت الحسابات حتى في أسوأ الحالات ووجد بأن كثافة الطاقة في البناية وتحت الهوائي سيكون ضمن قيم إرشادات السلامة المسموح بها.

4- كذلك أكدت كثير من القياسات الفعلية للشقوق في الطابق العلوي والممرات بان كثافة الطاقة أقل بكثير من جميع قيم المبادئ التوجيهية للسلامة من الترددات الراديوية.

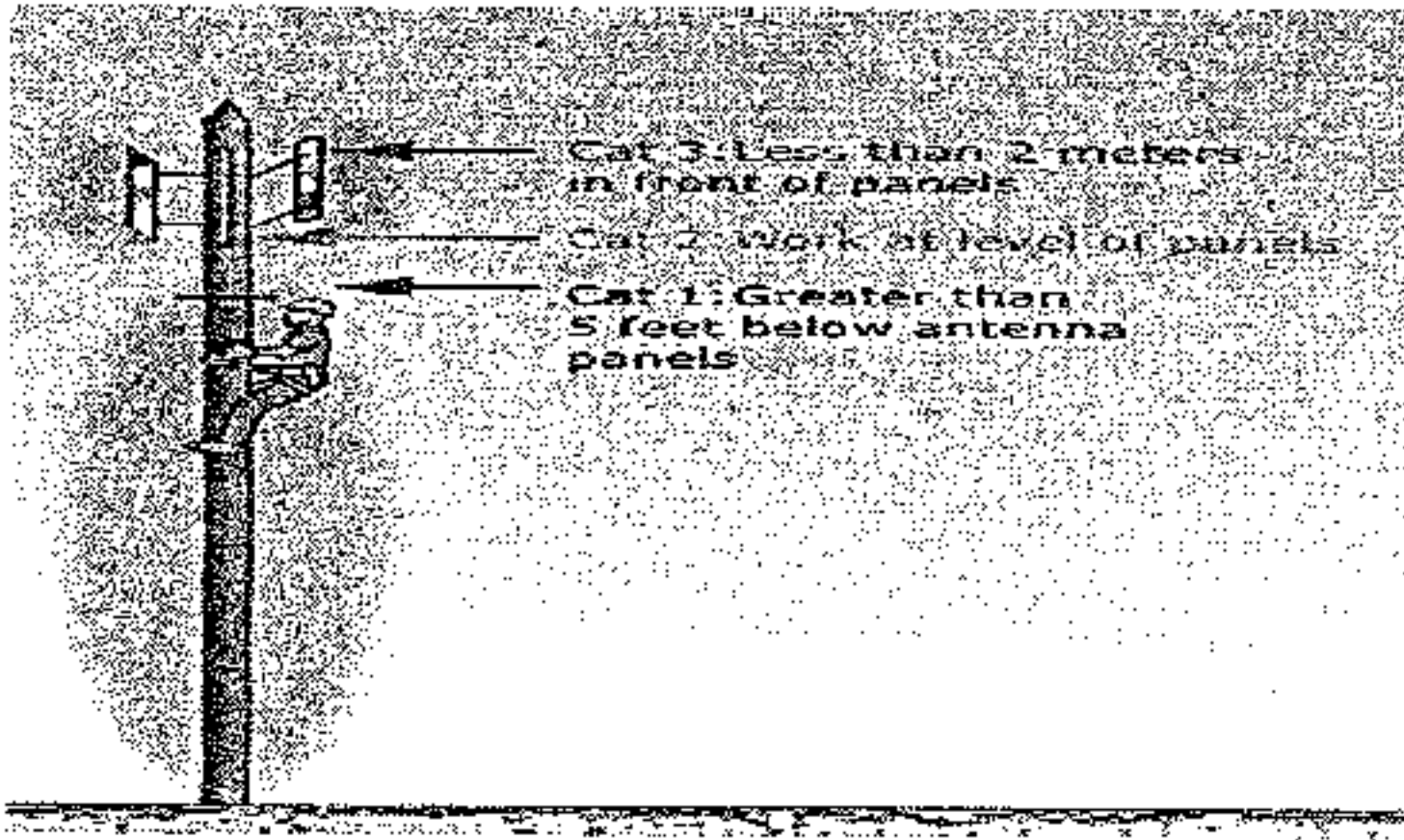
الشكل ( 4 - 17 ) مخطط الموجات الراديوية لهوائي قدرته المرسنة الفعالة 1000 واط وذات ربح عالي وعلى برج ارتفاعه 13متر



من أهم المبادئ التوجيهية لنصب أبراج الهوائي فوق البنايات .

- 1 - ترفع هوائيات الإرسال فوق البناية (وليس قاعدة البرج) إلى ارتفاع أكثر من ارتفاع أي شخص قد يكون على السطح الشكل (4- 18).
- 2- يفضل أن تكون هوائيات الإرسال بعيدا عن المناطق التي يمكن أن يتواجد بها الناس فوق البناية (مثل نقاط الدخول إلى السطح ، نقاط الخدمة الهاتفية ومعدات التكييف).
- 3- يوضع الهوائي بالقرب من محيط البناية ويوجه بعيدا عن المبنى.
- 4- معايير الترددات الراديوية أكثر صرامة للهوائيات ذات الترددات الواطئة (900 ميغاهرتز) عنها للهوائيات ذات الترددات العالية (1800 ميغاهرتز).
- 5- اتخاذ إجراءات وقائية خاصة لكي تكون الهوائيات ذات القدرة العالية بعيدا عن المناطق التي يمكن الوصول.
- 6- إبقاء الهوائيات في موقع متباعدة ما أمكن ذلك ؛ على الرغم من أن هذا قد يتعارض مع متطلبات تقسيم المناطق المحلية.

#### شكل (4- 18) الهوائيات ترفع فوق البناية



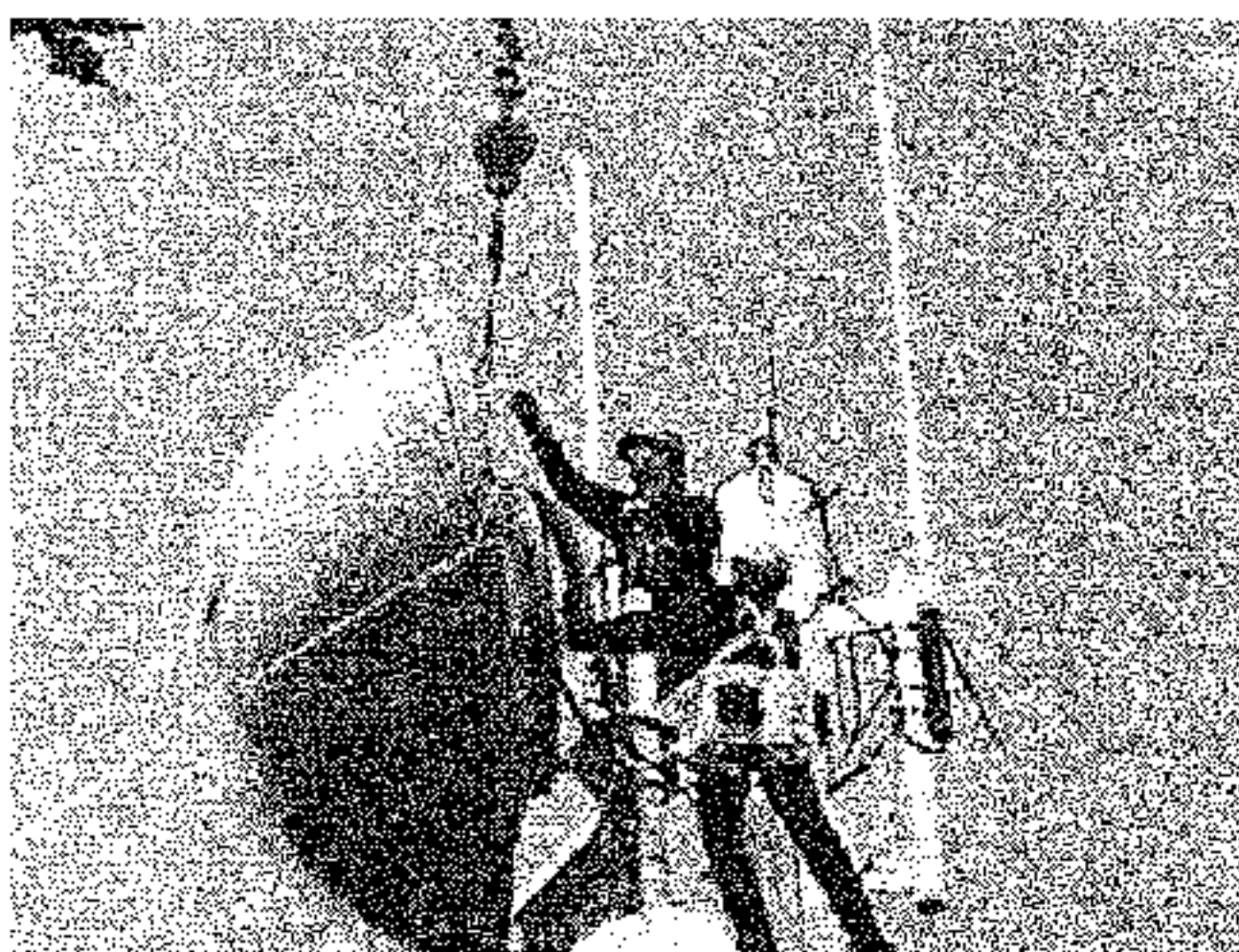
7- اتخاذ احتياطات خاصة عند تصميم المواقع المسماة "المشاركة في الموقع" ، حيث توضع هوائيات متعددة مملوكة لشركات مختلفة على نفس الهيكل. هذا ينطبق بشكل خاص على المواقع التي تتضمن هوائيات بث الطاقة العالية (الترددات الراديوية والتلفاز) الشكل (4- 19).

تقسم المناطق المحلية غالبا ما تفضل المشاركة في الموقع ، ولكن المشاركة في الموقع يمكن أن توفر تحديا لمشاكل السلامة للترددات الراديوية .

ولتقليل المخاطر للعاملين قرب الهوائيات ينبغي التقيد بما يلي :

1 - ينبغي إعلام الأفراد الذين يعملون في موقع الهوائي عن وجود إشعاع التردد الراديوي ، واحتمال التعرض للمخاطر والخطوات التي يمكن اتخاذها للحد من التعرض.

شكل (4- 19) هوائيات متعددة "المشاركة في الموقع"



2. إذا كان تردد الموجات الراديوية في الموقع يؤدي إلى تعرض يمكن أن يتجاوز المستويات الموصى بها عالمياً لعامة الناس ، ينبغي وضع إشارات تحذيرية مناسبة في الموقع.

3 - يجب قياس مستويات الإشعاع للموجات الراديوية في موقع.

4 - نفترض أن جميع الهوائيات تعمل في جميع الأوقات.

5 - قبل العمل قرب الهوائي يجب إغلاق جميع أجهزة الإرسال المربوطة.

6 - استخدام أجهزة الكشف الشخصية لضمان أن جميع أجهزة الإرسال قد تم بالفعل إيقافها.

7 - الحفاظ على مسافة آمنة تتراوح بين 1-2 متر عن الهوائيات لغرض تقليل التعرض.

8 - تجنب التعرض لفترات طويلة على مقربة من هوائيات وذلك بتقليل زمن التواجد.

9 - في بعض المواقع التي توجد فيها هوائيات متعددة ولا يمكن إغلاق بعضها يكون من الضروري استخدام ملابس واقية.

10 - عدم التعرض إلى العديد من المخاطر الناتجة من غير الترددات الراديوية في معظم المواقع (مثل ، أماكن الخطرة و الخطر من الصدمات الكهربائية ، ومخاطر السقوط) ، بحيث لا يسمح بالعمل إلا للعاملين المدربين جيداً في الموقع.

من أجل حماية السكان الذين يعيشون حول المحطات القاعدية ومستخدمي الهوائيات الجوالة ، اعتمدت الحكومات والهيئات التنظيمية معايير السلامة ، والتي تضع قيود على مستويات التعرض والتي أوصت بها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) للتعرض المهني ، و لعموم السكان. وقد

ضعت إجراءات الترخيص في معظم الدول لضمان الامتثال لمعايير ICNIRP أو غيرها من التشريعات البيئية. العديد من الهيئات الحكومية تلزم شركات الاتصالات المنافسة لتحقيق تقاسم الأبراج من أجل الحد من الآثار البيئية الجمالية و رفض تركيب هوائيات وأبراج جديدة إذا كانت هناك أبراج لبعض الشركات .

4 - 7 الإرسال من المحطات القاعدية

هوائي المحطات القاعدية التي تكون خلاياها كبيرة macrocells إما أن تكون محمولة على أبراج قائمة بذاتها ، عادة ما ترتفع 10-30 مترا ، أو على أبراج قصيرة على أعلى المباني ، أو تعلق على جانب المباني. في الترتيبات النموذجية ، فإن كل برج يحمل ثلاثة هوائيات ، كل منهما يثبت إلى القطاع 120 °. نسبة كبيرة من القدرة يتركز بشكل شعاع أفقي تقريبا عادة عرضة حوالي 6 ° في الاتجاه الرأسي والباقي يذهب إلى سلسلة من الحزم الضعيفة (تسمى فصوص الجانب) على جانبي الشعاع الرئيسي. الشعاع الرئيسي يميل قليلا إلى أسفل ، ولكن لا يصل إلى مستوى الأرض حتى مسافة لا تقل عن 50 مترا من البرج (عادة 50-200 م).

هوائيات المحطة القاعدية تبت قدرة أكبر من تلك التي يثبتها الهوائيات. حدود للقدرة يتم وضعه لكي يتم تجنب تداخل الترددات الراديوية والتي حددها الترخيص التي أصدرته سلطة الاتصالات اللاسلكية. هذه الطريقة لا تحد من القدرة الكلية المنبعثة ولكنه يفعل ذلك بصورة غير مباشرة عن طريق تحديد الشدة القصوى التي يمكن أن يثبتها الهوائي إلى الشعاع الرئيسي. يتم ذلك من خلال تحديد الحد الأقصى " لقدرة الإشعاع الفعالة والتي تبت بشكل متماثل equivalent isotropic ally " (EIRP) radiated power . قدرة الإشعاع الفعالة (EIRP) هي القدرة التي يجب أن تبت بشكل متماثل " بجميع الاتجاهات لنتج شدة معينة. في الواقع ، وكما سبقت الإشارة إليه ، فإن الهوائيات المستخدمة تكون بعيدة جدا من أن تبت بشكل متماثل isotropic ، حيث أن معظم القدرة المنبعثة تكون باتجاه الشعاع الرئيسي ،

نسبة قدرة الإشعاع الفعالة إلى القدرة الكلية يسمى كسب الهوائي. لقطاع  $120^\circ$  فإن كسب الهوائي ما بين 40 و 60. الترخيص يعين المقدار الأقصى لقدرة الإشعاع الفعالة عند المقدار 1500 واط لكل تردد قناة المقابلة للحد الأقصى لمجموع القدرة الإشعاعية لحوالي 30 واط لكل قناة ( $EIRP =$  الكسب). كما أنه يحد من عدد القنوات لكل هوائي إلى 16 (لتردد 1800 ميجاهيرتز) و 10 (لتردد 900 ميجاهيرتز). ومع ذلك ، فإنه في الممارسة العملية يكون عدد القنوات عادة أقل من 4 لتردد 1800 ميجاهيرتز ، و 2 إلى 4 في تردد 900 ميجاهيرتز ، التي من شأنها أن تتوافق مع الحد الأقصى للقدرة التي يشعها لأقل من 120 واط و 60-120 واط ، على التوالي. وبالمثل ، فإن القدرة الكلية المشعة المنبعثة من الهوائي تحدد بسبب خصائص المعدات إلى حد ما تحت 70 واط ، لا بد من التأكيد على أن عدد القنوات المستخدمة ، وبالتالي فإن القدرة الكلية المشعة ، تحدد تقنيا وليس لمتطلبات قانونية ، والتي من شأنها أن تسمح بإشعاع قدرة أكبر. كما هو الحال للهاتف ، وإلى حد كبير لنفس الأسباب ، فإن متوسط القدرة التي ترسلها المحطة القاعدية عادة أقل من أقصى قدرة ، في هذه الحالة يمكن أن يرتفع إلى الحد الأقصى في زمن (واحد إلى ثمانية من نزوة القدرة في حالة وجود الهاتف). من قانون التربيع العكسي ، فإن الحد الأقصى للشدة في الشعاع الرئيسي عند نقطة على الأرض تبعد 50 مترا من برج ارتفاعه 10 يحمل هوائي يرسل 60 واط بقطاع  $120^\circ$  هو حوالي 100 ملي واط / م<sup>2</sup> هذا يطابق مجالات كهربائية ومغناطيسية مقدارهما حوالي 5 فولت / م و 0,02 مايكرو تسلا، على التوالي أي حوالي تقريبا 50 إلى 100 مرة أصغر من تلك التي على مسافة 2.2 سم من هوائي للهاتف. آثار التسخين التي سوف تولدها هذه المجالات سوف تختلف مع الكثافة وتكون حوالي 5000 مره أقل من القيمة القصوى على مسافة 2.2 سم من هوائي الهاتف النقال.



كثافة الترددات الراديوية على سطح الأرض ليست صفراً خارج الشعاع الرئيسي ، وذلك بسبب القدرة التي تتبع في الفصوص الجانبية. قيمتها سوف تعتمد على تصميم الهوائي ولكن يبدو من غير المحتمل أن تكون أكثر من ذلك في الشعاع. حتى القيم المذكورة أعلاه يجب أن تكون مؤشرات معقولة عن الحد الأقصى للكثافة والمجالات التي من شأنها أن تكون موجودة على سطح الأرض حول مركز المحطة القاعدية. مع ذلك فإن الكثافة تكبر بشكل ملحوظ عند الاقتراب من الهوائي ، كما يحصل لعمال الصيانة. قامت NRPB بالقياس الموقعي لمعدل الكثافات حول المحطات القاعدية التي بعضها كانت محمولة على أسطح المدارس ، على الأبراج وعلى المباني. أجريت القياسات في نقاط مختلفة داخل المباني ، على سطح الأرض ، وفي مواقع أخرى لدخول الجمهور. تراوحت الكثافة المقاسة ما بين 0.01 و 1 ملي واط / م<sup>2</sup> والمقدار الأقصى لم يكن أبداً أكثر من 10 ملي واط / م<sup>2</sup> ، هذه القيم أقل بكثير من القيم المحسوبة في الشعاع المذكور أعلاه ، على الرغم من أن العينة صغيرة. وقد لوحظ بأن معظم الحسابات والقياسات كانت لأبراج مستخدمة من قبل مشغل واحد فقط. إن متوسط الكثافة المتوقع يكون أكبر قرب البرج المستخدم من قبل أكثر من مشغل. هناك خاصيتين مهمتين للموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهواتف الجوال ، والمحطات القاعدية ، يمكن أن تكون ذات أهمية لتفاعلها مع الأنسجة البيولوجية ، هما الطيف الترددي وزمن التشاكة (coherence time). الانبعاث من الهاتف الجوال يكون بتردد واحد أما من لمحطات القاعدية فيكون بترددات محددة مختلفة ، في كلتا الحالتين فإن الموجات لديها زمن طويل نسبياً للتشاكة يصل حوالي 4 ميكروثانية (زمن التشاكة هو متوسط الزمن بين التغير في الطور العشوائي). هاتان الخاصيتان مختلفتان تماماً عن تلك التي تحصل من الإشعاع الشمس الذي يتكون من طيف واسع من الترددات والموجات الكهرومغناطيسية بزمن تشاكة أقصر بحوالي مائة ألف. مجالات الموجات اللاسلكية تخترق الجسم إلى حد بحيث يقل مع زيادة التردد.

لفهم تأثير ذلك على الأنسجة البيولوجية ، فإن مقدار المجال يجب معرفته في مختلف الأجزاء المعرضة من الجسم. هذا يتطلب معرفة الخصائص الكهربائية لأنواع مختلفة من الأنسجة وعند معرفة ذلك ، فيمكن حساب المجال الكهربائي  $E$  والمغناطيسي  $B$  في كل جزء من أجزاء الجسم الناجمة عن مصدر معين من الإشعاع مثل الهاتف الجوال.

**معدل امتصاص الطاقة من كتلة معينة من الأنسجة  $m$  -  $\rho \sigma E^2 / m$  ،**

حيث  $\sigma$  و  $\rho$  الموصلية وكثافة النسيج على التوالي ، و  $E$  هو قيمة معدل مربع الجذر التربيعي rms للمجال الكهربائي. والمقدار  $\rho \sigma E^2$  يسمى معدل امتصاص الطاقة SAR ، ويقاس في (واط / كجم). وهي تختلف من نقطة إلى أخرى في الجسم بسبب التغيرات المجال الكهربائي مع الموقع، وكذلك فإن الموصلية تختلف لأنواع مختلفة من الأنسجة. (الكثافة متساوية تقريبا لجميع الأنسجة عدا العظام). ولأن متوسط قيم الموصلية في التردد 900 ميغاهرتز وكثافة أنسجة الجسم هي  $I$  S/m و 0.001 كغم / م<sup>3</sup> ، على التوالي ، القيمة النموذجية للمجال الكهربائي اللازمة لإحداث SAR مقداره 1 واط / كجم يساوي حوالي 30 فولط/ متر. (متوسط قيمة الموصلية يكون كبيرا إلى حد ما في التردد 1800 ميغاهرتز لذلك فإن المجالات الكهربائية المطلوبة تكون قليلة وبحود، 25 فولط / م ) SAR والتي تنتجها قيمة معينة من المجال الكهربائي يكون تأثيرها على الأطفال أكثر من البالغين لأن أنسجتهم يحتوي على عدد أكبر من الأيونات وبالتالي تكون التوصيلة عالية.



## الفصل الخامس

# اجهزة قياس مكونات الموجات اللاسلكية

## 5 - 1 المقدمة:

يمكن قياس الكميات المتعلقة بالموجات الراديوية في الزمن الحقيقي لغرض تقسيم إرسال المحطة القاعدية ومن أهمها شدة المجال الكهربائي والمغناطيسي  $E$  و  $H$ . ومنها يمكن حساب الحدود المشتقة ، والتي تعطى بدلالة كثافة تدفق القدرة  $S$  ( $W/m^2$ ) ، شدة المجال الكهربائي  $E$  ( $V/m$ ) ، و شدة المجال المغناطيسي  $H$  ( $A/m$ ). وعند الترددات المستخدمة في المحطة القاعدية للهوائي في اتصالات الهاتف الجوال ، فان منطقة المجال البعيد جدا (far-field region) يبدأ على مسافة قصيرة من الهوائي ، وبالتالي فان قياس شدة المجال الكهربائي ، تكون كافية بوجه عام.

طريقة القياس تأخذ في الاعتبار الهدف من المعلومات التي يتم الحصول عليها وخاصة عندما لا توجد معرفة مسبقة بمصادر الانبعاث. ألتحق من الامتثال للمعايير الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة لا يمكن تتبعها بالكامل ، نظرا لعدم عمل محاكاة قبل القياسات ولا يوجد مقياس مسبق بواسطة هوائي الحزمة العريضة. تفعيل القياسات يمكن تحقيقه في المواقع التي تعتبر من الناحية النظرية ذات الانتشار المثالي بواسطة جهاز انتقائية التردد ، وتلك القياسات ينبغي أن تتدرج في مجال الحد الأقصى لمستوى التوقعات. اختيار نقاط القياس (الموقع وعدد النقاط) تتم وفقا للتوصيات الدولية للإشعاعات غير المؤينة. وعلى أساسها تجهيز البيانات المقاسة والتقرير النهائي.

## 5 - 2 خواص الموقع

تستخدم الطرق الثلاثة التالية لتقييم التعرض في موقع الهوائي.

### الطريقة الأولى رصد المجال Field monitor:

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون مستويات شدة المجال الكهربائي غير معروفة أو كانت معروفة ولكن لم يتم التأكد بان بعض خواص الموقع قد تغير أم لا هذا يعني أنه لا حاجة إلى إجراء الحسابات قبل دخول الموقع. ينبغي أن يستخدم الرصد الميداني بواسطة الأجهزة الحرارية لقياس خواص الموجات الكهرومغناطيسية .

ويمكن أيضا أن تستخدم هذه الطريقة إذا كانت شدة المجال معروفة ولكن حدود المسافة لم تحدد بعد لغرض تقييم التعرض. خيارات المعدات المستخدمة لهذا الغرض ينبغي أن تعتمد على أساليب تقييم التعرض والترددات المستخدمة وهذا قد يعني استخدام نوعين أو أكثر من الأجهزة . هذا الأسلوب لا يمكن استخدامه إذا كان التردد غير معروف ويقسم رصد المجال إلى ثلاثة أنواع:

### 1 - المراقبة الشخصية Personal monitors

المراقبة الشخصية توفر وسيلة مستمرة لرصد مجال الترددات اللاسلكية التي يتعرض لها الشخص و توفر تغطية لمدى واسع من الترددات. ويمكن استخدام أكثر من جهاز واحد لتغطية جميع الترددات في المواقع المتعددة الاستخدام مثل الموجات المايكروية في الاتصالات الاعتيادية ، الهاتف الجوال ، وبت الترددات العالية جدا UHF والبت التلفازي. المراقبة الشخصية مناسبة بشكل مثالي لمواقع متعددة الاستخدام ، لأنها توفر قياسات تلقائية لمكونات المجال لمدى الترددات المستعملة ، وبالتالي توفير إنذار يقوم على أساس كثافة الطاقة لجميع المجالات. هذا الأسلوب يلغي الحاجة لأية مقاييس أو حسابات معقدة. وتجدر الإشارة إلى أن المراقبة الشخصية قد لا توفر دقة كافية ، نظرا لقربها من الجسم . بالنسبة للأشخاص الذين يعملوا في مناطق يكون احتمال التعرض لمجالات الترددات الراديوية تتجاوز التوصيات ذات الصلة للهيئة الدولية للإشعاعات غير المؤينة ، فإن الرصد الشخصي قد يكون خيارا مناسباً لأنه يتيح الرصد الحقيقي بشكل مستمر لمجالات الترددات الراديوية ، ويمكن للمستخدم التنقل بحرية في مناطق مختلفة تكون فيها شدة المجال غير معروفة ، مع العلم إن الجهاز يوفر تحذيرا قبل أن يتم تجاوز المستوى المرجعي. وعند تلقي التحذير يجب على المستخدم أن ينسحب فورا إلى منطقة آمنة.

## 2 - مراقبة المنطقة Area monitors

يمكن قياس شدة مجال الترددات اللاسلكية باستمرار بواسطة أجهزة مراقبة ثابتة مرتبطة بنظام إنذار.

## 3 - أجهزة المسح Survey instruments

أجهزة المسح تقيس المكونات الكهربائية أو المغناطيسية للمجالات الكهرومغناطيسية . ويمكن استخدامها لتحديد تسرب الترددات اللاسلكية من الكابلات المغذية وغيرها من المصادر ، وذلك باستخدام المجسات التي يمكنها القياسات في أماكن يصعب الوصول إليها نسبياً. حيث يوضع المجس ويكون المقياس بعيداً عن المجس.

## تقييم التعرض Exposure assessment

تقييم التعرض يختلف باختلاف المجال والبعد عن الهوائي :

(أ) إذا كانت شدة المجال معروفة ولكن حدود المسافة لم تحسب فإن قيم شدة المجال يتم مقارنتها مع التوصيات ذات الصلة. إذا كانت القيم أقل من الحدود العالمية الموصى بها للتعرض تتم مواصلة العمل دون اتخاذ أي احتياطات من التعرض. وعندما تكون القياسات أكبر من الحدود العالمية الموصى بها للتعرض فلا يسمح الدخول إلى المنطقة دون اتخاذ تدابير وقائية

(ب) إذا كانت شدة المجال غير معروفة فينبغي ان يكون هناك مبرر للقيام بمسح كامل للترددات اللاسلكية (مثل وجود عدد كبير من الهوائيات أو أن هوائيات البث ذات قدرة عالية). إذا كان الأمر كذلك ، فيتم تنفيذ مسح الترددات اللاسلكية للحصول على معلومات عن شدة المجال .

(ت) إذا تبين من الحسابات البسيطة بأن مستويات شدة المجال لا تتجاوز الحدود العالمية الموصى بها ، تتم مواصلة العمل دون اتخاذ أي احتياطات من التعرض.

ث) في الحالات الجديدة ، أي أن شدة المجال غير معروفة ولكن المؤشرات توضح بان القيم غير مرتفعة بما يكفي لتبرير إجراء دراسة استقصائية ، فعلى أولئك الذين يعملون في الموقع استخدام أجهزة الشخصية.

ح) على افتراض أن التعرض اكبر من الحدود العالمية الموصى بها ذات الصلة ، فينبغي تحديد مجموعة الترددات في الموقع ؛ تحديد اجهزة الرصد الشخصية المناسبة لكل عامل من المحتمل أن يتعرض ؛ والعمل على إيقاف العمل عندما تشغيل نظام الإنذار لأي من الأجهزة المستخدمة.

#### **الطريقة الثانية حدود المسافات Limit distances**

الشركة المسؤولة عن إي هوائي في الموقع ينبغي أن توفر حد المسافة ذات الصلة. المعلومات عن حد المسافة يجب تتوفر في الموقع من خلال العلامات التحذيرية. وإذا لم تكن المعلومات متوفرة في الموقع فيجب الحصول عليها من الشركة المسؤولة عن كل هوائي في الموقع وان تكون ضمن المعايير الدولية أو التوصيات لتقييم المسافات. ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار وجود هوائيات أخرى في المنطقة المجاورة للموقع عند تحديد حدود المسافات. المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة تعطي بعض الصيغ التي يمكن أن تستخدم عند تقييم التعرض لمجالات تحتوي على أكثر من عنصر واحد للتردد.

#### **الطريقة الثالثة تقسيم المنطقة zoning**

يستخدم مفهوم تقسيم "المنطقة" لتبسيط التعامل مع المجالات الكهرومغناطيسية وتوضيح احتمال التعرض عند دخول منطقة معينة. تقسيم المناطق يتحقق من خلال مقارنة القيم المقاسة للحدود وتصنيف القيم وفقاً لجوانب السلامة التي ينبغي التقيد بها. هذه الفئات المختلفة يتم تعريفها باستخدام مخطط للمنطقة. تعريف منطقة معينة يرتبط بالقدرة الخارجة للإرسال والهوائي. أية تغييرات (تنصيب هوائي جديد ، والتغييرات في القدرة الخارجة) قد يؤثر على فئة المنطقة. هذا الأسلوب يتطلب عددا من القياسات أو الحسابات لتحديد معدل الطاقة الممتصة أو شدة المجال



الكهربائي. معظم العمليات الحسابية لشدة المجال الكهربائي والمغناطيسي ومعدل الطاقة الممتصة تستخدم طريقة التحليل العددي. هذه الحسابات تتطلب النظر بعدد من العوامل (مثل الطاقة المنبعثة ، المسافة المقاسة ، المسافة بين الهوائيات ، الارتفاع العمودي للهوائي ... الخ). التحليل العددي يمكن أن يسفر عن نتائج سريعة ودقيقة بدون الحاجة لإجراء قياسات طويلة. ولكن قد تكون هناك حالات تكون فيها أنماط المجال معقدة مما يستوجب إجراء قياسات ميدانية فعلية. لتحديد المناطق المختلفة فمن الممكن استخدام القيم المحسوبة لمعدل الطاقة الممتصة (والمستويات المرجعية لمعدل الطاقة الممتصة) بدلاً من حسابات شدة المجال (والمستويات المرجعية المناظرة).

حدود التعرض تكون على نوعين:

• تلك التي تستند إلى متوسط التعرض على الجسم كله (التعرض الكلي للجسم) .

• تلك التي تستند لامتنصاص أكبر من الطاقة عندما تتعرض أجزاء من الجسم (التعرض جزئي للجسم). هذه المجموعة يمكن تقسيمها إلى مزيد من الحدود للرأس والعنق والجذع ، والاطراف. لكن المستويات المرجعية لا تميز بين التعرض الكلي للجسم والتعرض الجزئي للجسم. الامتثال للمستويات المرجعية كقيمة قصوى على كامل الجسم يضمن قيود أساسية لتعرض الجسم الكلي والجزئي.

تقسم المنطقة إلى أربعة أصناف :

#### المنطقة صنف A

هي المنطقة التي تكون عندها قيم التعرض الكلي أو الجزئي لجسم العاملين يتجاوز قيم المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة.

## المنطقة صنف B

هي المنطقة تكون التي تكون عندها قيم التعرض الكلي أو الجزئي لجسم العاملين لا تتجاوز قيم المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة في بعض النقاط والزمن عندما يأخذ المعدل في زمن محدد (مثل قاعدة الستة دقائق عن طريق الانتقال المكاني).

إن مصطلح قاعدة الدقائق الستة عن طريق الانتقال المكاني "تصف الوضع الذي فيه يكون التعرض لجزء من الجسم كبيرا ولكن لفترة زمنية محدودة. فإذا كان الشخص يتحرك في الموقع ، فإن المعدل من خلال تطبيق قاعدة الدقائق الستة ، يكون أقل من حدود التعرض الموصى بها للعاملين للجسم باجمعة أو جزا منة . إذا كان الشخص واقف فإن التعرض الجزئي للجسم قد تتجاوز التوصيات ذات الصلة للعاملين. إذا كان وجود الشخص في منطقة محدودة لفترة زمنية نقل عن ست دقائق ، فإن معدل الوقت ينبغي أن يتضمن أحكاما تتعلق بمستويات التعرض الفعلية في المناطق المجاورة C و D .

## المنطقة صنف C:

هي المنطقة تكون التي تكون عندها كل من قيم التعرض الكلي أو الجزئي لجسم العاملين أقل من أو مساوية لقيم المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة ذات الصلة للعمال والتي تتضمن التعرض الجزئي والكلي الجسم.

## المنطقة صنف D:

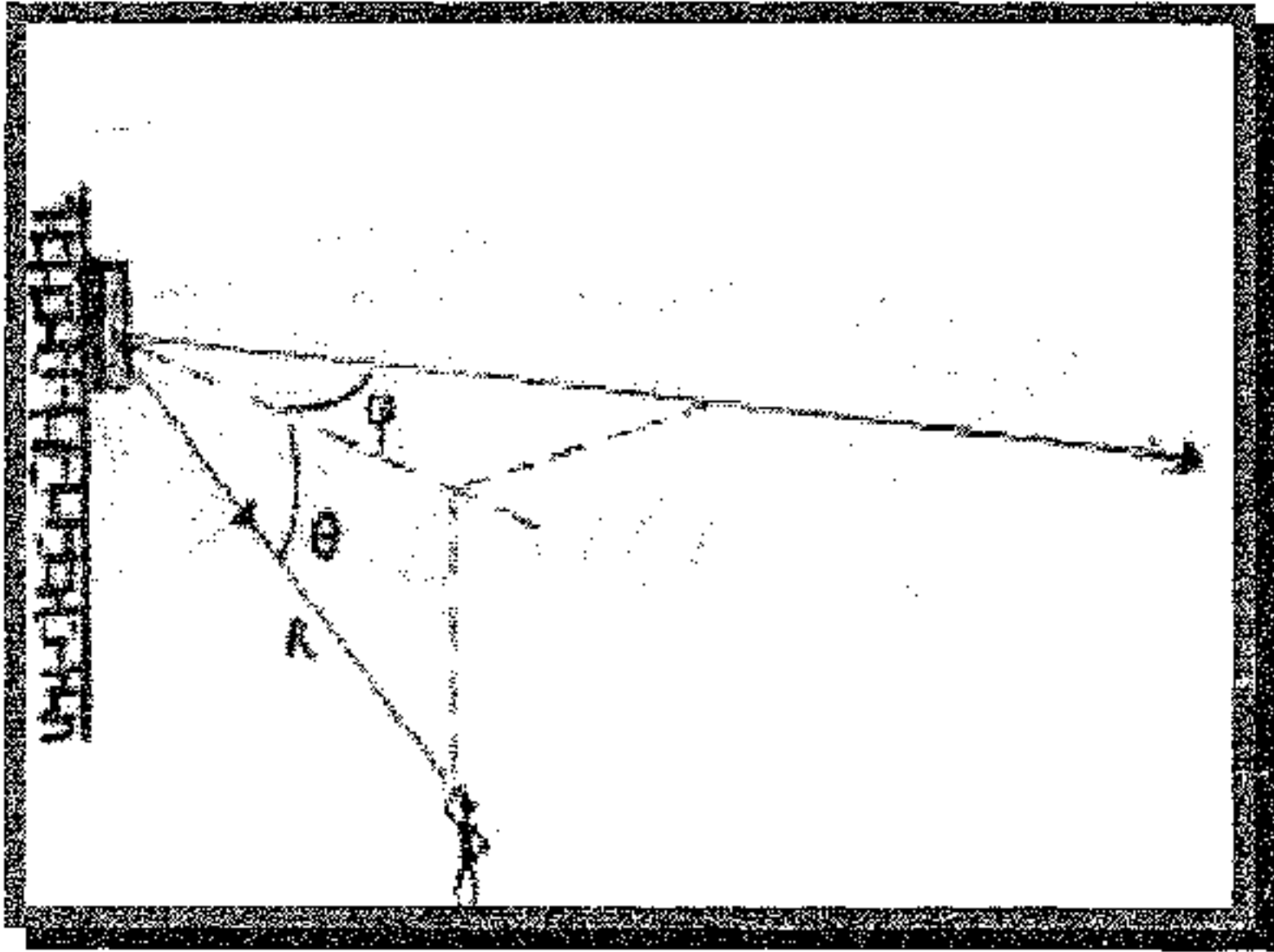
هي المنطقة تكون التي تكون عندها جميع قيم التعرض ضمن قيم التعرض للمبادئ التوجيهية للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة ل ذات الصلة بالجمهور.

### 5 . 3 الحسابات النظرية

يمكن أن تُحسب كثافة الطاقة power density في ذلك الموقع بدلالة المقادير (R، θ و φ) شكل ( 1- 5 ) من العلاقة التالية:

$$S = 0.08 \frac{P}{R^2} 10 \cdot G / 10 \quad [W/m^2]$$

شكل ( 1 - 5 ) تعرض الإنسان الناتج عن المحطات القاعدية للهاتف الجوال ذات المجال البعيد



حيث P هي القدرة المتبعثة من الهوائي (مقاسه بالواط) ، و G هو كسب الهوائي (في ديسي بيل) في اتجاه موقع الشخص نسبة للهوائي.

عندما يكون هناك عدد N من الهوائيات الموجودة في نفس الوقت ، فإن مجموع كثافة الطاقة التي تم الحصول عليها هو حاصل جمع كل Si الفردية لكل هوائي في نقطة الاهتمام. وهذه هي أبسط طريقة لتقدير التعرض في المجال البعيد

للمحطات القاعدية ، ولكن النتائج ليست سوى نتائج توجيهية ، نظرا لأنها لا تأخذ في الحسبان الظروف الواقعية للتعرض والآثار البيئية. صيغة التنبؤ يمكن تقديرها من متوسط كثافة الطاقة في المجال القريب للمحطات القاعدية أو ذروة كثافة الطاقة.

وقد تبين أن مجموعة العناصر على خط واحد للهوائي (إما أحادي الاتجاه أو قطاعي الاتجاه) يؤدي إلى أن متوسط كثافة الطاقة يصبح أسطوانيا نتيجة إلى الاضمحلال في المنطقة ذات المجال القريب ( $d > \lambda$ ) للهوائي ويكون الاضمحلال كرويا في المجال البعيد. تقنية التحليل تسمح للتحليل المكاني لتوزيع المجال وأليات الإشعاع الدورية و غير الدورية للمصفوفات الخطية في المجال القريب للمحطات القاعدية . تقدم النتائج معلومات مفيدة للغاية عند تقييم مدى الامتثال لحدود السلامة للترددات اللاسلكية وخاصة بالنسبة للتعرض المهني ، حيث أن الإشعاع في المجال القريب يكون ذات خواص أسطوانية بالقرب من المجال القريب والذي يتحول إلى خواص كروية على مسافة من الهوائي القطاعي:

$$\rho_0 = \frac{\phi_3 \text{ dB}}{6} D_A \cdot L \text{ -----1}$$

حيث  $\phi_3 \text{ dB}$  هو نصف القدرة الأفقي أو عرض الحزمة

$D_A$  الاتجاهية العريضة للهوائي

$L$  هو ارتفاع الهوائي.

في حالة هوائيات القطاع ، كما في معظم هوائيات المحطات القاعدية ، فإن متوسط كثافة القدرة في المجال القريب (الأسطواني) ، في حالة المسافة الأفقية

من مركز الهوائي تكون العلاقة بين  $\rho$  ، وزاوية السم  $\phi$  ، هي :

$$S_{\rho}(\rho, \phi) = \frac{W_{rad} \cdot 2^{-(\phi/\phi_{3dB})^2}}{2 \cdot \phi_{3dB} \cdot \rho \cdot L \sqrt{1 + \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^2}} \quad \text{-----2}$$

حيث أن :

$W_{rad}$  القدرة الكلية المشعة التي يمكن التعبير عنها على النحو التالي:

$$W_{rad} = eA \cdot W_{fwd}$$

$eA$  هو كفاءة الهوائي و  $W_{fwd}$  هي القدرة بالاتجاه الأمامي في الهوائي.

ويمكن أن حساب مسافة الامتثال لهوائي المحطات القاعدية على النحو التالي :

$$\rho = \rho(S) \approx \rho_0 \cdot \frac{q}{\sqrt[4]{1 + q^2}} \quad \text{-----3}$$

حيث أن

$$q = \frac{3 \cdot W_{rad} \cdot 2^{-(\phi/\phi_{3dB})^2}}{\phi_{3dB} \cdot L^2 \cdot D_A \cdot S} \quad \text{-----4}$$

العلاقات (2) و (3) توفر طريقة بسيطة ودقيقة لحساب مستوى التعرض ومسافة الامتثال للتعرض المهني ، وللمقارنة مع المستويات القصوى المسموحة للتعرض ، حسب توصيات ICNIR للمستويات المرجعية ، نروة كثافة الطاقة يتم حسابها بالمقارنة مع القيم المعيارية. في هذه الحالة ، فإن نروة كثافة الطاقة في منطقة المجال القريب للمحطات القاعدية تعطى بالعلاقة التالية :

$$S^{peak} \rho(\rho, \phi) = \frac{W_{rad} \cdot 2^{-(\phi / \phi_{3dB})^2}}{\phi_{3dB} \cdot \rho \cdot L \sqrt{1 + (2 \cdot \frac{\rho}{\rho_0})^2}}$$

و مسافة الامتثال

$$\rho^{peak} = \rho(S^{peak}) \approx \rho_0 \cdot \frac{2 \cdot q}{\sqrt[4]{1 + (4q)^2}}$$

حيث أن مقدار q موضح في المعادلة 4 مع ملاحظة استبدال S بالمقدار  $S^{peak}$

#### 5-4 القياسات العملية

عمل معدات قياس الترددات اللاسلكية تستند على متطلبات المبادئ الإرشادية للهيئة الدولية للإشعاع غير المؤين. الحاجة الرئيسية لمنظومة القياس تعتمد على انتقائية التردد ، وذلك بسبب الاعتماد على حدود التردد ، لكي يتسنى تقييم أسوأ حالة للتعرض من مجالات الترددات الراديوية المنبعثة من المحطة القاعدية. ويجب أن تكون معدات القياس حساسة بما فيه الكفاية ، و أن تسمح بقياس متوسط القيم لزمان أكثر من 6 دقائق ، مع الأخذ بنظر حجم الجسم البشري في المناطق المثيرة للاهتمام. من الضروري استخدام الإجراءات التي تسمح لقياسات تكون فيها عدم الدقة في القيم منخفضة وتكرار نتائج القياس جيدة.

المنظومة الحرارية للقياس والتي تستخدم لقياس المجالات الكهرومغناطيسية تتألف من جهاز تحليل الطيف الكهرومغناطيسي مع هوائي ذات خواص متماثلة وتعمل المنظومة ببرنامج يتيح الحصول على البيانات.

في حالة الرصد الميداني لمستوى الموجات الكهرومغناطيسية EMF تستخدم أجهزة لقياس القيمة الفورية في الوقت الحقيقي وعلى مدى واسع من الترددات ،

القيمة المقاسة يمكن بعد ذلك مقارنتها مع المستويات المرجعية التي تحددها  
.ICNIRP

يجري تشغيل النظام و السيطرة عليه بواسطة برمجيات خاصة وهو مصمم لإجراء  
قياسات لشدة المجال الكهربائي ويتم للحصول على ذلك من خلال تحديد الحزمة  
وقياسها وهذا يضمن الاستخدام الأمثل والذي يسمح للتقييم وفقا لترددات منفردة ،  
وانبعاث كلي. بسبب مكونات المنظومة يمكن إجراء قياسات دقيقة بسهولة لأن  
المتحسس ثلاثي المحاور وله خواص متماثلة لذلك فإن القياس لا يعتمد على  
الاتجاه أو استقطاب الباعث وهذا يجعل القياسات سهلة و لا حاجة لنقل الهوائي  
لتغطية جميع الاتجاهات والاستقطاب.

ترتيب القياس يمكن اتجاؤه باختيار الحزمة ذات الاهتمام في البرنامج وخاصة  
حزمة ،"GSM 900 " و حزمة "GSM 1800". حساب قيم شدة المجال  
المتجانس الخواص يتم تلقائيا من خلال القياسات في المحاور الثلاثة. والحد من  
البيانات عن طريق برنامج القياس ممكنا من أجل تقليل كمية بيانات القياس.  
من الممكن عرض البيانات لقياسات الانبعاث شدة المجال ، وكثافة القدرة والنسبة  
المنوية لحدود التعرض التي أوصت بها الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات  
غير المؤينة ICNIRP ، كقيم كلية و إلى حزم التردد إذا لزم الأمر. لتحقيق أفضل  
دقة في القياس ، فإن منظومة القياس ينبغي أن تكون معاييرة للمجالات  
الكهرومغناطيسية . و قيم المعاييرة مخزنة في البرمجيات و تحسب نتائجها تلقائيا  
في القياس.

منظومة قياس المجالات الكهرومغناطيسية TS-EMF يتم تعيورها من الشركة  
وتخزن قيم المعاييرة في البرنامج RFEX وقيم المعاييرة يتم احتسابها تلقائيا في  
نتائج القياس . ولتحقيق أفضل دقة في القياس ينبغي إجراء بعض التعيير أثناء  
القياس وهي:

## 1 - عامل الهوائي Antenna-factor:

عوامل الهوائي تأخذ من جدول بيانات خواص الهوائي ثلاثي المحاور وهذه العوامل تدخل في جدول البرنامج RFEX. عامل الهوائي متاح لكل محور من المحاور الثلاثة.

خسارة الكيبل النمطية تحسب من قبل الشركة المصنعة ويتم نقلها إلى البرنامج RFEX بواسطة جدول تحرير. إذا اقتضى الأمر فإن خسارة الكيبل يمكن قياسها بمنظومة مناسبة. الجداول داخل البرنامج RFEX يمكن تحديثها بواسطة النتائج الفعلية. في القياس تكون الخطوة لوغاريتمية وعرضها حوالي 10 %.

بعد تنصيب البرنامج RFEX لأول مرة فإن قاعدة البيانات لا تحتوي على قيم لعوامل الهوائي. و بعد التنصيب يتم نسخ العوامل الفردية للهوائي من القرص المضغوط RFEX (الدليل "Cal Data Antenna"). وبعد ذلك ينبغي انجاز معايرة العتبة.

## 2 - الخسارة في كابل الهوائي Cable-loss .

الخسارة في كابل الهوائي ثلاثي المحاور تكون ضمن مدخلات تحليل الطيف والتي تؤثر على تحليل الطيف والذي يكون جزء من عامل الهوائي لان السلك جزء منه . ولذلك يوجد داخل البرنامج RFEX ملف وهمي dummy file يستخدم (صفر ديسي بيل) لهذا المسار. وعند وجود تغير أو إضافة (تمديد الكيبل) أي وصل سلك آخر إلى السلك الأصلي والذي يربط إلى المجس ثلاثي المحاور ، فإن هذا السلك الإضافي يجب أن يضاف إلى عوامل الهوائي في البرنامج.

عوامل الهوائي ذي الثلاثة محاور تحسب من قبل الشركة المصنعة ويتم نقلها إلى البرنامج RFEX بواسطة جدول تحرير. عوامل الهوائي يتم تخزينها في الدليل ... \RFEX\Data\Antennas. ويشمل الفقدان في الكيبل المحوري التي هي جزء من الهوائي الثلاثي.



المسألة الأخرى الحاسمة والحساسة فيما يتعلق بإعداد محلل الطيف. فإنه من الأهمية بمكان تصحيح فصل عرض الحزمة لغرض قياس معدل المرور ( $S_R$ )، شدة المجال، أو كثافة الطاقة. قياس الحزمة يحدد مسبقاً من خلال برنامج حاسوبي (في نظام GSM). هذا يضمن الاستخدام الأمثل والذي يسمح بالتقييم وفقاً لتردد منفرد بالإضافة إلى الانبعاث الإجمالي. ولأن الهوائي يقيس بإبعاد ثلاثية ذات خواص متماثلة، والقياسات لا تعتمد على الاتجاه أو استقطاب الانبعاث وهذا يسهل القياسات. على النقيض فإن الهوائيات المتجهة لم تعد ضرورية لنقل الهوائي لتغطية جميع الاتجاهات والاستقطاب طريقة قياس متوسط الزمن مع تقييم عدم الدقة يمكن أن تنجز على نقطة واحدة وحيدة في مجال الاهتمام.

5 - 5 طرق القياس:

#### أ) القياس المنفرد Single Measurement :

هذا القياس يستخدم في الغالب للحصول على فكرة سريعة أو لإظهار القيم الفعلية كأساس للمناقشة. عند اختيار القياس المنفرد يتم اختيار كل حزم التردد وقياسها و تعرض النتائج. في أعلى التقرير يتم عرض مجموع قيم كل حزمة والمجموع الكلي للحزم هذا يتيح المقارنة السهلة بين النتائج. بعد ذلك تعرض النتائج التفصيلية بين 80 ميغاهرتز و 2.5 جيجاهرتز. هذا يضمن بأن جميع الترددات المنبعثة ذات الصلة قد تم عرضها وقياس شدة مجالها الكهربائي.

#### ب) قياس المتوسط Average Measurement :

عدة معايير تتطلب قياس زمن المتوسط (معدل 6 دقائق) تتم هذه القياسات عندما يكون الهوائي ثلاثي المحاور مهياً لقياس الذروة/ المتوسط واختيار متوسط الوقت المناسب.

### (ت) القياس على المدى الطويل Long term Measurement :

يستخدم هذا الأسلوب من القياس لتقييم التغيير في شدة المجال بمرور الزمن والذي يعتمد على قياس قيم زمن البدء والتوقف والذي يمكن أن يستمر من عدة دقائق إلى عدة أشهر. ويختار القياس على المدى الطويل في القياسات الروتينية بالإضافة إلى الحزم ينبغي تعيين زمن البدء والتوقف، بالإضافة إلى ذلك يتم كذلك تحديد الزمن الكلي. ولكل مدي يتم تخزين الذروة ، المتوسط ، والحد الأقصى لكل حزمة. وبالرغم من الاختزال في البيانات فان تفسير المعلومات ممكنا ، حتى خلال القياس في الزمن الطويل. خلال فترة لقياس الطويلة ينبغي الحرص على أن محلل الطيف FSH3 والكمبيوتر للجوال ينبغي تشغيلها في بيئة جافة. يوصى دائما بربط الهوائي ثلاثي المحاور إلى كيبول إضافي لكي يسمح لوضع محلل الطيف والكمبيوتر داخل السيارة مثلا. ولقياس المجال لمحطات ثابتة فتوجد في المنظومة خيارات إضافية مثل للتحكم عن بعد ونقل البيانات إلى شاشة طرفية.

### ث - القياس الكلي (المسح) Scanning Measurement

تستخدم هذه الطريقة للبحث عن أقصى شدة للمجال في منطقة معينة. وفي البدء يتم قياس الخلفية للمجالات في تلك المنطقة لان الانعكاسات في شدة المجال يؤدي إلى اختلاف التوزيع المكاني للمجالات. ولقياس الحد الأقصى للمجال نحرك الهوائي الجوال ببطء في المنطقة ذات الاهتمام. هذا الأسلوب مفضل لإجراء قياسات في الأماكن المغلقة ، ولكن يمكن أن يستخدم أيضا في المناطق المفتوحة. للقياس في منطقة معينة يتوقع أن يكون المجال الكهربائي في قيمته العظمى (قريبا من المرسل) يتم اختيار قياس الذروة أو المتوسط ثم تحدد الحزمة ذات الصلة. ويفضل قياس دورة واحدة مداها على الأقل دقيقة واحدة، خلال هذا الوقت ، تكرر حزمة القياسات المحددة بشكل مستمر. ولأن أي قياس يتم تنفيذه على ثلاثة محاور وبشكل متتالي ، فينبغي توخي الحذر خلال القياس المتنقل حيث أن القياسات الفردية تتم بأسرع وقت ممكن، وهذا يضمن تماثل أفضل للقياس. ولذلك فإن البرنامج RFEX

يجب أن يصمم للحصول على الحد الأدنى لزمن البقاء  $dwel\ time$  (عامل قياس الحزمة = 0).

يتم تحديد الزمن المطلوب لإجراء عملية المسح وعندها يتم البدء بالقياس ونقل هوائي المنظومة ببطء فوق المنطقة بحيث يكون بعيدا عن الجسم ولا ينبغي أن يقف الشخص بين الباعث و هوائي المنظومة. في حالة الانتهاء من المسح قبل الوقت المحدد للقياس يتم إيقاف المسح.

خلال زمن المسح يتم اختيار زمن البقاء بأقل قيمة ممكنة . وينبغي أن يتم اختيار حزمة واحدة فقط لتقليل وقت القياس. حتى ولو كان زمن القياس المطبق قصير فان هوائي المنظومة ينبغي تحريكه ببطء فوق المنطقة ، لكي يتم القياس بالإبعاد الثلاثة المحاور على التوالي.

عند القياس ضمن ترددات تقل عن 200 ميغاهرتز ، فان طريقة المسح تستخدم لإعطاء قياسات عامة غير دقيقة. في هذه الترددات ، يؤثر وجود الشخص الذي يقاس على القياسات الكهرومغناطيسية المحلية إلى درجة بحيث أن الاختلافات بعدد من الديسي ببل لأخذ القياسات بهوائي ثابت لا يكون امراً شائعاً.

قياسات المعدل و الذروة تحقق أفضل دقة للقياس لان منظومة قياس المجالات الكهرومغناطيسية لديها معايرة فردية ، قيم المعايرة تخزن في البرنامج تلقائياً ويتم احتساب نتائج القياس. لزيادة حساسية المنظومة ، فان تطبيق عتبة المعايرة يمكن استخدامه في جميع القياسات. في حالة نظام GSM900 يتم تحديد الحزمة مسبقاً بحيث أن قدرة التحليل لعرض الحزمة يساوي 200 كيلو هرتز ويوضع المتتبع عند القيمة العظمى و يكون زمن القياس 5000 مللي ثانية وفي حالة قياس معدل القيم فان زمن القياس يكون 6 دقائق. وفي حالة نظام GSM1800 فان قدرة التحليل لعرض الحزمة يساوي 200 كيلو هرتز ، وزمن القياس 10000 مللي ثانية. تظهر جميع القياسات بشكل آلي باستخدام برامج خاصة . ولا يتم تغيير المسافة عن المصدر فقط وإنما يتم قياس ارتفاع الهوائي .

### ج - القياسات في نقاط مختلفة **Measurements at different points**:

بهذه الطريقة يمكن إجراء القياسات في أماكن مختلفة وعلى مسافات متساوية من الهوائي ثلاثي المحاور، ويمكن تقييم النتائج وفقاً لأعظم قيمة أو متوسط القيم فعند القياسات خارج المبنى على ثلاثة ارتفاعات مختلفة (1m ، 1.5m ، 2m) وتقييمها وفقاً إلى أعظم حد فإن النتائج تكون مماثلة إلى طريقة القياس الكلي (المسح) . وميزة هذه القياسات هو قياس مجموعة من الحزم في وقت واحد.

### ح - قياس توزيع شدة المجال **Measurement of Field Strength Distribution**

في هذه الطريقة يتم إجراء قياسات متتالية تلقائية لتوزيع شدة المجال عند الانتقال من نقطة إلى أخرى. نوع القياس هو قياس طويل الأجل ثم تكامله من الزمن الصفري . وهذا يعني ، أن كل قياس منفرد يتم خزنة بزمنه المحدد. ينبغي إجراء احتياطات مماثلة لتلك التي تأخذ عند قياس المسح.

### 5 - 6 أنواع أجهزة القياس

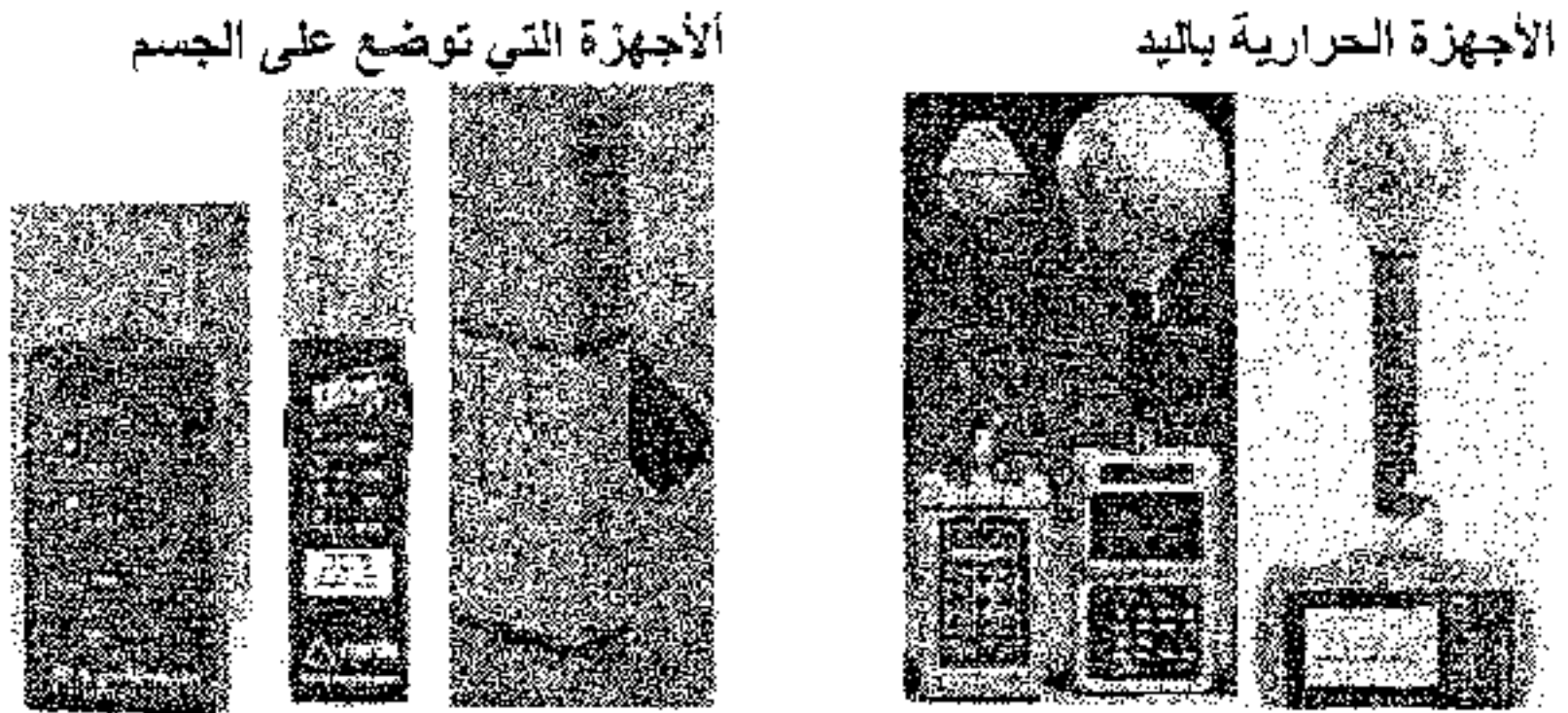
هناك عدة نماذج مختلفة موجودة في الأسواق ويمكن تصنيفها إلى نوعين مختلفين وهي الأجهزة التي توضع على الجسم والأجهزة الحرارية باليد . شكل ( 2- 5 ) تمتاز أجهزة الرصد التي توضع على الجسم بقدرتها على الرصد المستمر . جسم الإنسان قد من يكون كعائق لاستلام الموجات من المرسل في اتجاه معين ، لهذا السبب فإن الرصد المناسب يكون بدون عائق بين الهوائي وجهاز الرصد . في بعض الأحيان قد يكون من الضروري الدوران للحصول على القراءات المناسبة. إما الأجهزة الحرارية باليد فيمكنها القياس بدون وجود عائق الجسم . نفة القياس للأجهزة الحرارية أفضل في العادة من أجهزة الرصد التي توضع على الجسم وعادة ما تعطي القيم العددية لمستوى الموجات الكهرومغناطيسية EMF. معظم الأجهزة الحرارية باليد لها تحذير مسموعة / أو اهتزاز التي يمكن أن تعبر على الحدود المسموحة بحيث تطلق التحذير عند تجاوزها حدود التعرض. استخدام أجهزة الرصد الميداني يضمن الامتثال لحدود التعرض EMF ، ويجب أن تغطي

مدى الترددات للموجات المستخدمة في البلاد و يدرّب العاملين لاستخدامها على النحو الموصى به من قبل المصنّع.

يمكن لهذه الأجهزة قياس عناصر المجال بالإحداثيات الثلاثة المتعامدة في نقطة قياس يتم عندها اخذ المجموع الهندسي للمجال. في هذه الحالة ، تكون النتيجة غير معتمدة عن اتجاه الموجة الساقطة المستقطبة.

أكثر الأجهزة شيوعاً لقياس المجال الكهربائي للموجات الكهرومغناطيسية وكثافة القدرة هو الجهاز الجوال نوع TS-EMF من شركة ( Rohde and Schwarz ) لقياس المجال الكهربائي وكثافة القدرة من المحطة الأرضية للهاتف الجوال.

### شكل ( 5-2 ) أنواع أجهزة قياس الموجات الكهرومغناطيسية



نظراً لتصميمها المضغوط ، يمكن استخدامها كأجهزة ثابتة أو محمولة و هو يتألف من العناصر التالية :

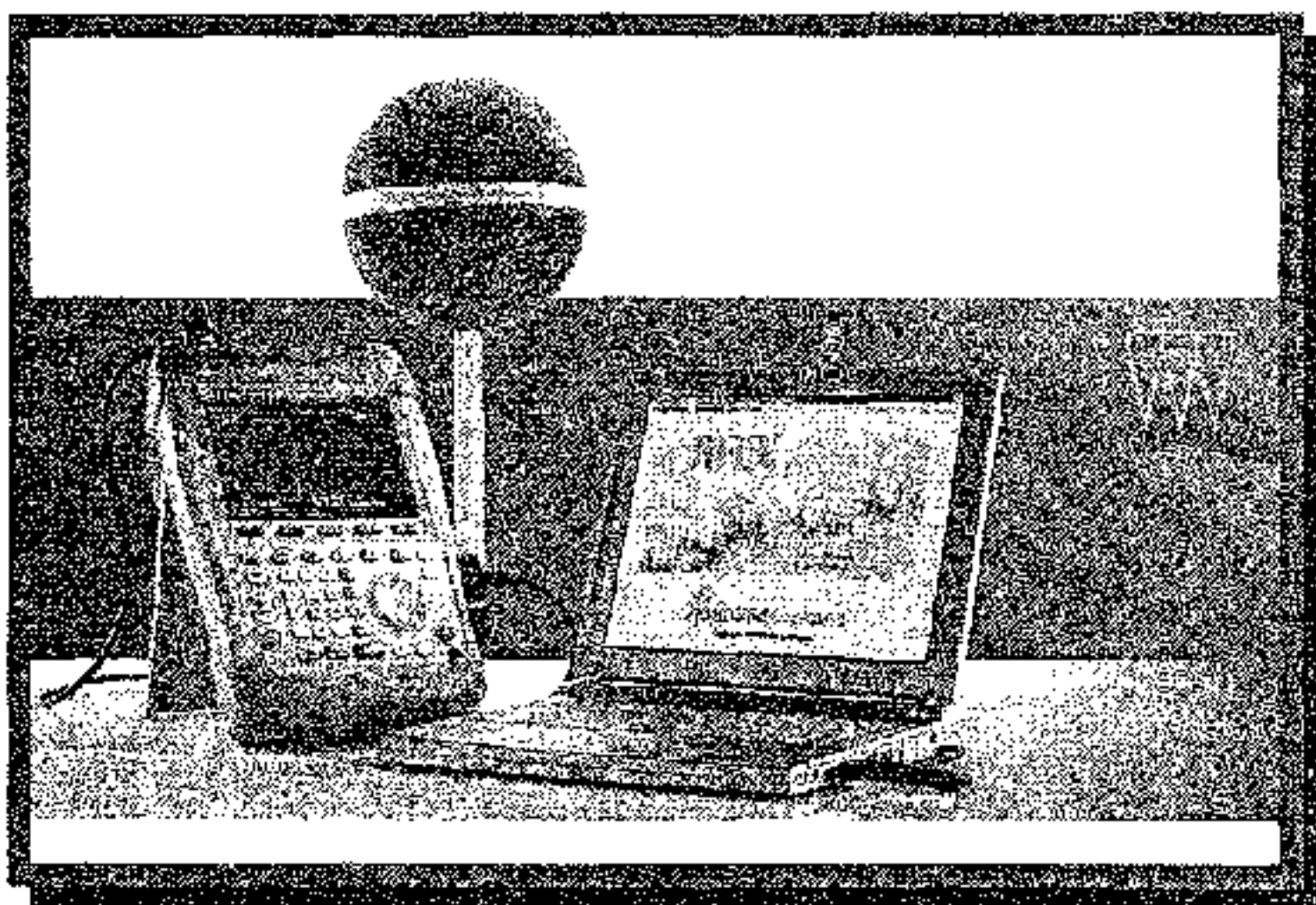
- مجس (الهوائي) الكاشف بالمحاور الثلاث ، له خواص متماثلة في المحاور الثلاث ، بحيث يستخدم لقياسات دقيقة للمجال الكهربائي و يكون القياس

مستقلا عن اتجاه الاستقطاب أو لانبعث لذلك فليس ضروريا نقل الهوائي ليشمل جميع الاتجاهات والاستقطاب ، على عكس الهوائيات الاتجاهية.

- جهاز محل الطيف FSH3 يقوم بتحليل مدى واسع من الطيف الكهرومغناطيسي وباختبار الموجات المستلمة وتحليل الموجات الاسلكية
- البرمجيات نوع RFEX، والتي تم تحميله على كمبيوتر محمول. كما مبين في الشكل 5 - 3.

يعمل الجهاز على مدى واسع من الترددات يتراوح بين 300 كيلو هرتز إلى 3 جيجا هرتز تغطي جميع الترددات الراديوية للهاتف الجوال نوع GSM, (CDMA and UMTS), بلوتوث (Bluetooth™), البث الإذاعي والبث التلفزيوني والشبكة المحلية اللاسلكية ، جهاز القياس مصمم لقياسات المجال الكهرومغناطيسي على المدى القصير والطويل .

الشكل 5 - 3. جهاز TS -EMF



مجس الكاشف ( الهوائي ) بالمحاور الثلاث يوفر قياسات سريعة لإعطاء فكرة من المجال الكهرومغناطيسي وكذلك قياسات لنقاط متعددة توضح متوسط ذروة القيم كدالة للزمن وكذلك قياسات متوسط القيمة المكانية والذروة على المدى الطويل لقياس . تحتوي المنظومة على إشارة تحذير صوتية وصوتية تفعل عندما تصبح القياسات في قيمها القصوى . يمكن استخدام هوائيات أخرى بديلاً من الهوائي ثلاثي المحور . من أجل الحصول على قياسات مفيدة فمن المستحسن عدم استخدام المنظومة خارج البناية عند تساقط المطر . الهوائي ثلاثي المحور قادراً على تحمل المطر ، ولكن المكونات الأخرى ، وخصوصاً الكابلات والتوصيلات ينبغي أن تكون محمية من الرطوبة قدر الإمكان . أما محلل الطيف FSH3 والحاسب الجوال فيجب أن تعمل في بيئة جافة . الحد الأقصى لشدة المجال التي يمكن قياسها تساوي 100 فولت /متر ومع ذلك لا يجوز تعريض محلل الطيف والكمبيوتر الجوال إلى مجال شدته أكثر من 10 فولت /متر . عندما يتم تعرض المنظومة لمجال شدته أكثر من 10 فولت /متر كما يحصل في حالة القياس على مقربة من هوائي ذات قدرة عالية فإن محلل الطيف يجب وضعه في علبة محمية أو أن القياس ينبغي يتم باستخدام كابل إضافي لتبتعد عن الهوائي .

ويوضح الجدول (5-1) مواصفات المجس .

المجس ذات المحور الثلاثي هو أداة قياس حساسة ، وبالتالي فإنه ينبغي التعامل معه بحذر . فلا ينبغي سقوط المجس وينبغي وضعه في الحقيبة بعد كل استعمال . استخدام المجس على مقربة من هوائيات الإرسال قد يسبب قياسات غير صحيحة بسبب التشكيل البيئي أو الحمل الزائد .

### الجدول (5 - 1) مواصفات المجس

المقدار	الكمية
للترددات من 80 ميغا هرتز إلى 2.5 جيجا هرتز	التردد
من 1mV/m إلى 100 V/m	مدى القياس لشدة المجال الكهربائي
من - 10°C إلى 50°C	مدى القياس لدرجات الحرارة
85%	الرطوبة
أقصى تيار يصل إلى 500 mA	التيار المستهلك

أقبل البدء في القياس في بيئة غير معروفة ينبغي القيام بقياس سريع لإعطاء نظرة عامة لتقييم العالوية المرجعية ومستوى مدخلات التوهين.

لمجس ذات المحور الثلاثي يربط مع كيبلي توصيل احدهما كابل متحد المحور لتترددات اللاسلكية RF مع موصل نوع N موصول إلى مدخلات الترددات اللاسلكية لتحليل الطيف. والأخر كابل السيطرة مع 9 رؤوس pin والمفتاح الفرعي - D يربط مع الصندوق المحول USB. هذا المحول يتمكن من فتح المحاور الثلاثة X, Y, و Z للمجس.

يربط محلل الطيف إلى كيبيل الموائمة interface cable والذي يستخدم لربط محلل الطيف إلى COM للكمبيوتر. البرنامج RFEX يستخدم عادة 115200 بايت / ثانية للتحكم عن بعد.

أما محلل الطيف فيتم التحكم به عن طريق GPIB بواسطة بطاقة موائمة نوع (PCI-GPIB) لأجهزة الكمبيوتر المكتبية أو GPIB - PCMCIA للكمبيوتر (الجوال).



محلل الطيف الجوال مصمم لقياسات الهاتف الجوال ،القياس في داخل البنائيات وخارجها ومقارنة النتائج بالقيم المعيارية،و المقارنة بين عدة محطات. يستخدم البرنامج RFEX لتحليل الإشارة الداخلة وبثلاث أنواع وهي القياسات المنفردة ( بمعدل 2 دقيقة)، ومعدل ذروة الإشارة ( بمعدل 6 دقيقة )،والقياس على المدى الطويل (تحديد الزمن في تغيرات في الإشارة) . يتصل المجس مع محلل الطيف والكمبيوتر الجوال الذي يضبط على 6 دقائق

قياس المجالات الكهربائية و كثافة القدرة بواسطة المكتبة المركزية للجهاز للإشارات نوع GSM 1800 تظهر كما في الشكل 5 - 4. و الشكل 5 - 5 ومن هذه القياسات والخواص العازلية الكهربائية الموضحة في الجدول (5 - 2) و استخدم المعادلة (2) يمكن تقدير وحساب معدل الامتصاص النوعي (SAR) في الدماغ وتقرن مع القيم المقاسة في الشكل 5 - 6 .

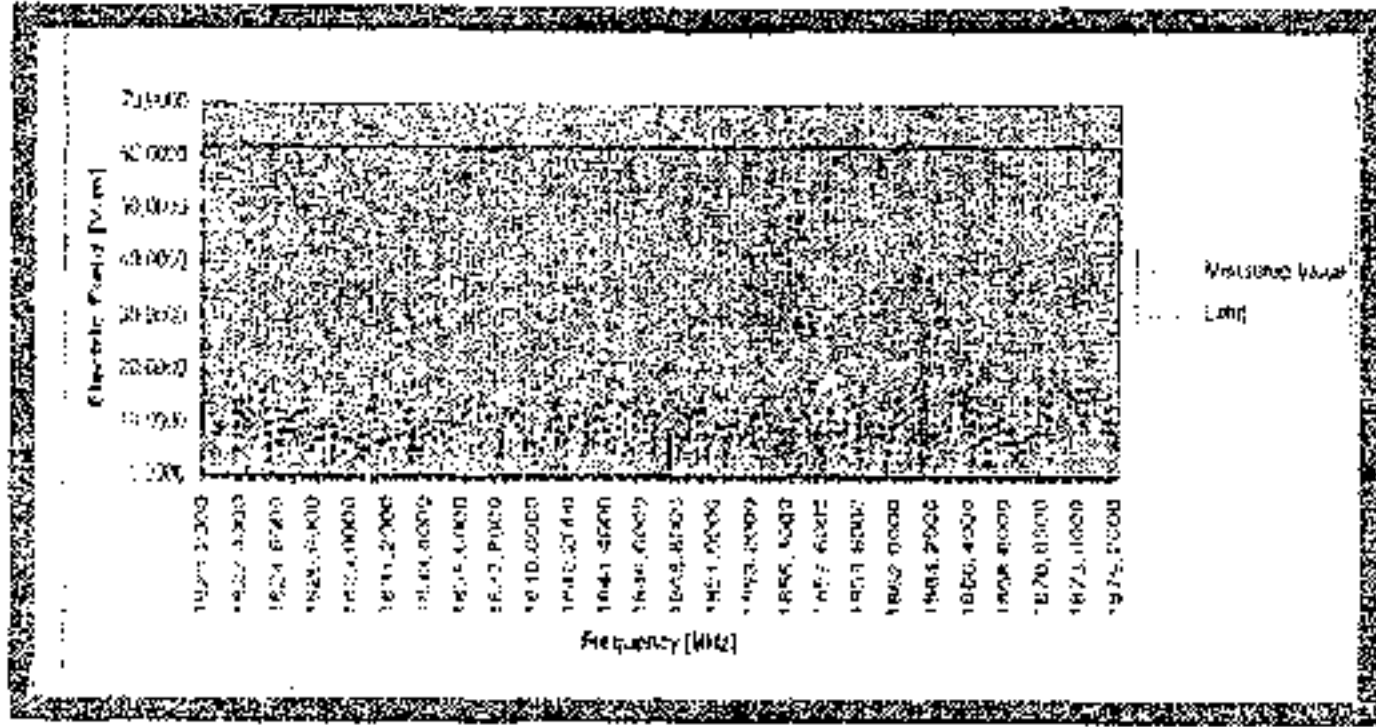
معدل الامتصاص النوعي هو مقياس الحرارة التي تمتصها الأنسجة. وتوصف بأنها انتقال الطاقة من المجالات الكهربائية والمغناطيسية إلى الجسيمات المشحونة في الوسط الماص. أو تعرف عند نقطة في الوسط الماص بأنها معدل التغيير في الطاقة المنقولة إلى الجسيمات المشحونة في حجم متناهي الصغر في تلك النقطة ، مقسومة على كتلة من ذلك الحجم المتناهي في الصغر.

$$SAR = \frac{\partial W_c / \partial t}{\rho_{m}}$$

حيث ان:

$\rho_{m}$  الحجم المتناهي في الصغر في تلك النقطة .

شكل (5 - 4) شدة المجال الكهربائي كدالة للتردد (GSM 1800)



علاقة المجال الكهربائي معدل الامتصاص النوعي SAR تعطي بالعلاقة التالية

$$SAR = \frac{P}{\rho_m} = \sigma E^2 / \rho_m$$

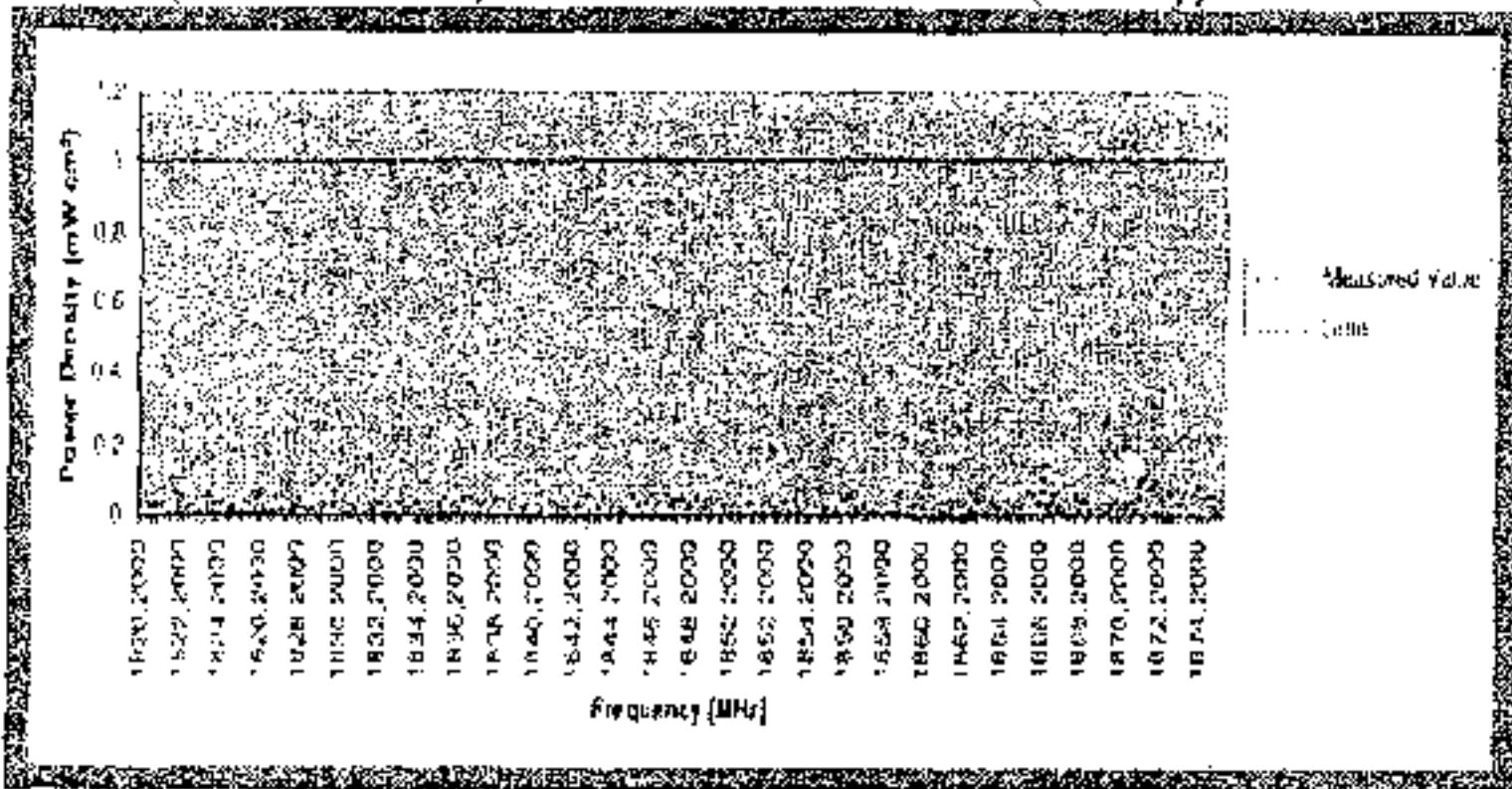
$$SAR = \omega \epsilon_0 \epsilon E^2 / \rho_m$$

حيث أن P هو كثافة الطاقة الممتصة

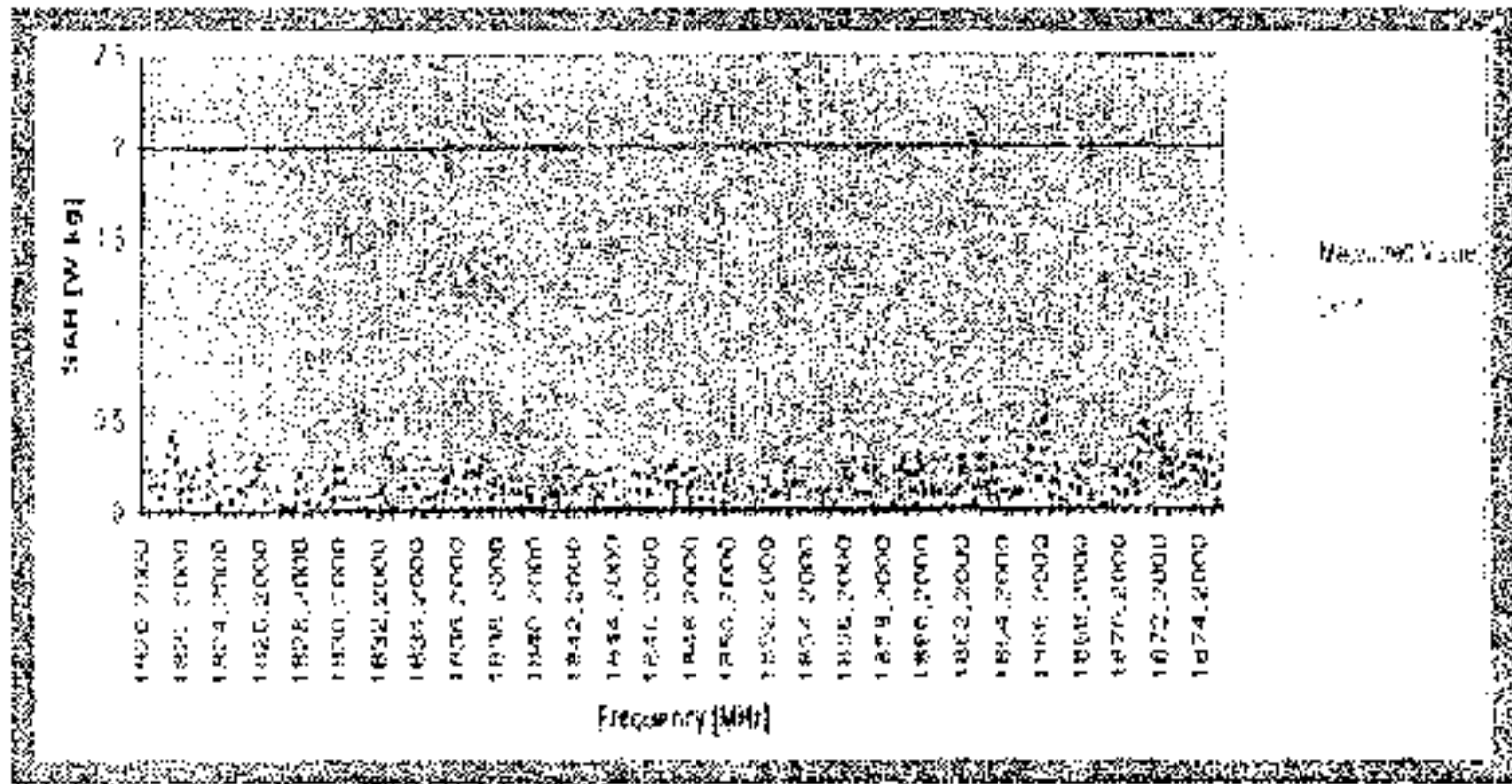
$\sigma$  هو الموصلية

$\epsilon$  السماحية

شكل (5 - 5) كثافة القدرة كدالة للتردد (GSM 1800)



شكل (5 - 6) SAR كدالة للتردد ( GSM 1800 )



فإذا عُنمت شدة المجال الكهربائي والموصلية عند نقطة داخل الجسم ، مثل الدماغ ، فإن معدل الامتصاص النوعي عند هذه النقطة يمكن حسابه بسهولة. جميع معلومات عن العازلة والسماحية للدماغ موضحة في الجدول (5-2).

الجدول (5-2) الخواص الكهربائية للدماغ للإنسان

التردد ميغا هرتز	السماحية $\epsilon$	الموصلية $\sigma$ / $\Omega m$	كتلة وحدة الحجم $\rho_m$ كغم/م <sup>3</sup>
900	45.8055	0.7665	1030
1800	43.5449	1.1531	1030

لزيادة حساسية منظومة القياس لمجالات الكهرومغناطيسية ، فإن وظيفة عتبة المعايرة يمكن إدخالها في البرنامج ، وتطبيقها في جميع القياسات. في حالة حزمة GSM900 يتم اختيار قدرة الفصل لعرض الحزمة 100 كيلو هرتز وطريقة التتبع تكون في قيمتها العظمى. وزمن البقاء (dwell time) يساوي 5000 ملي ثانية وفي حالة متوسط القيم فإن فترة القياس من 6 دقائق. المستوى المرجعي يثبت

على المقدار  $91 \text{ dB}\mu\text{V}$  وعتبة المعايرة يثبت على المقدار  $71 \text{ dB}\mu\text{V} / \text{m}$  لحزمة GSM1800 ، وقدرة الفصل لعرض الحزمة هو 200 كيلو هرتز وزمن البقاء 10000 ملي ثانية. المستوى المرجعي يثبت على المقدار 100  $\text{dB}\mu\text{V}$  وعتبة المعايرة يثبت على المقدار  $96 \text{ dB}\mu\text{V} / \text{m}$

بعد القياس يتم تحويل النتائج مباشرة لعرضها بنظام اكسل Excel بشكل جداول ورسوم بيانية. كما يمكن القيام بهذا التحويل في وقت لاحق باستخدام قائمة التصدير menu export ، لاسترداد نتائج القياس إلى تطبيقات أخرى ويمكن تخزين البيانات في ملفات ASCII. للحصول على تقرير الاختبار فمن المستحسن تنصيب نوع من الألكسل MS-Excel على كمبيوتر محمول. في حالة التصدير غير التلقائي إلى الإكسل Excel XP والذي يسند من قبل RFEX يمكن فتح التقرير يدويا بواسطة دليل التقارير RFEX .

#### قياس معدل الامتصاص النوعي SAR عمليا

لقياس معدل الامتصاص النوعي SAR يتم وضع الهاتف النقال قريبا من نموذج لرأس الإنسان. يملا نموذج الرأس بسائل له خواص كهربائية مشابهة لرأس الإنسان. بواسطة ربات سيطر عليه من خلال كمبيوتر يتم قياس المجال الكهربائي في السائل شكل (5 - 7) من هذه القياسات يمكن حساب معدل الامتصاص النوعي. كذلك يمكن قياس معدل الامتصاص النوعي أيضا بوضع الهاتف بالقرب من نموذج الجسم ، والسماع من خلال سماعة بحيث أن الهاتف يكون بعيدا عن الجسم كوضعه في مع حقيبة أو ما شابه ذلك. قياسات SAR يتم إجرائها عند المستوى الأقصى للقدرة الخارجة ، لعدد من المواقع ، و لجميع نطاقات التردد التي يعمل بها الهاتف . القيمة القصوى لمعدل الطاقة الممتصة التي يتم الحصول عليها من جميع هذه القياسات يجب أن تكون ضمن حدود الامتثال. الاختبارات الكاملة للهاتف الجوال قد تستغرق فترة تصل إلى ثلاثة أسابيع.

شكل (5 - 7) قياس معدل الامتصاص النوعي SAR عمليا



## الفصل السادس

# أجيال المهاتم الجوال

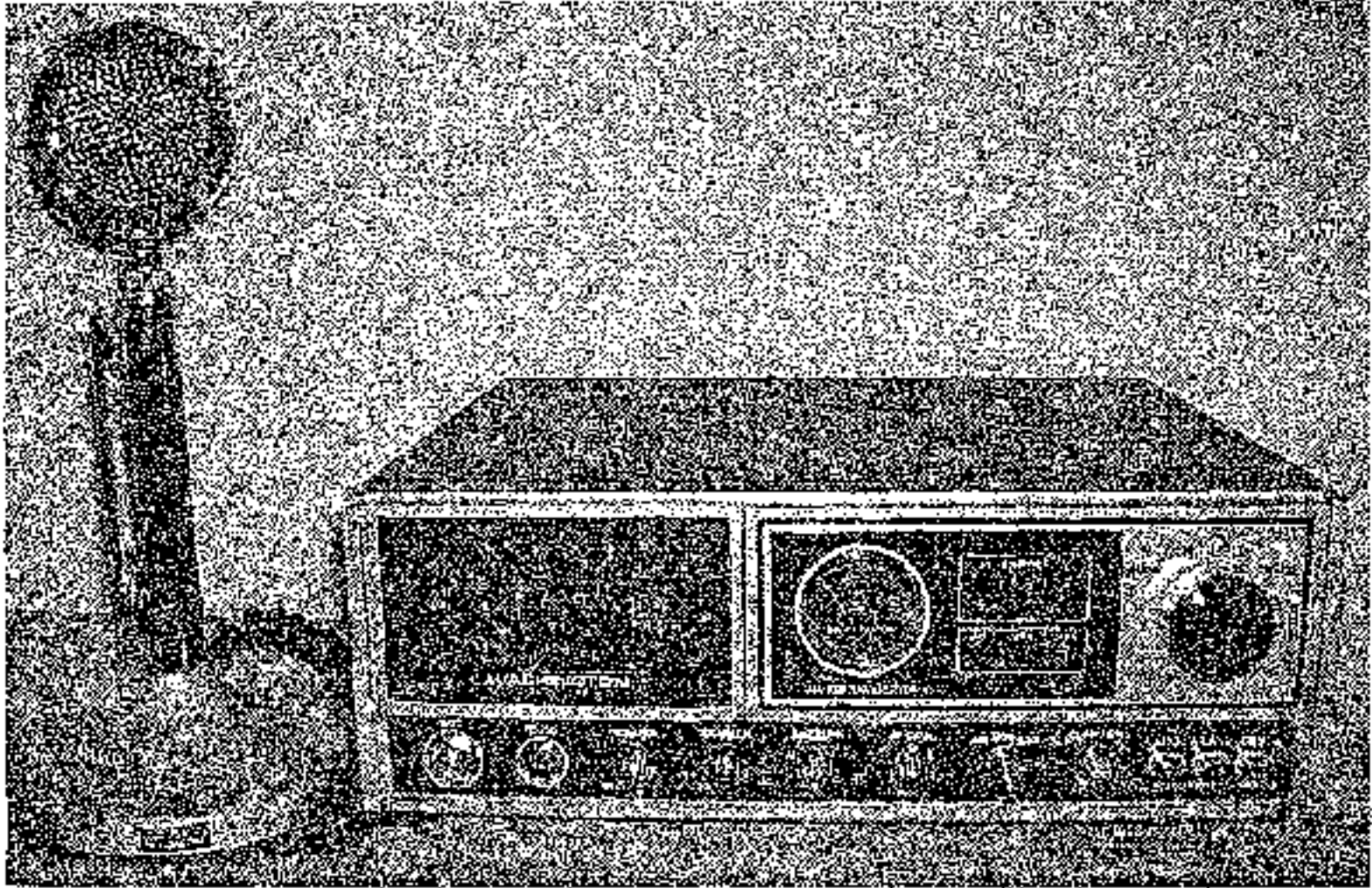
## 1-6 المقدمة

أخترع العالم جراهام بل التلغراف العادي عام 1867، وبعد ذلك تطورت الاتصالات اللاسلكية نتيجة لاختراع وتطور أجهزة الراديو الذي اخترعه العالم نيكولا تيسلا في 1894. ومن الجدير بالذكر أنه من الطبيعي أن تتحد وتتدمج فكرة الهاتف والراديو معا. وقبل اختراع الجوال تم استخدام أجهزة الاتصال اللاسلكي. فقد استخدم سواق السيارات تلفونات الراديو وفي هذه الأنظمة توجد محطة إرسال واحدة مركزية وعدد محدود من القنوات يصل في بعضها الى 25 قناة اتصال اي يوجد فقط 25 شخص يمكنهم استخدام تلفونات الراديو والتي تغطي مسافة تصل 100 إلى كيلو متر. الخدمة الإذاعية للمواطنين CB نشأت في الولايات المتحدة كواحدة من بين العديد من الخدمات الشخصية الإذاعية التي تنظمها لجنة الاتصالات الاتحادية FCC. هذه الخدمات بدأت فسي عام 1945 للسماح للمواطنين للاتصال الشخصي لاسلكيا من خلال استخدام حزم الترددات الراديوية في استخدامات شتى منها الاتصالات الأسرية والأعمال التجارية الفردية شكل ( 6 - 1 ). في البداية ، اشغلت CB على حزمة ترددية فوق العالية تتراوح بين 460 - 470 ميغاهرتز. هناك نوعان من CB هما A و B الدرجة B أجهزة راديوية لها أبسط المتطلبات التقنية التي تقتصر على مجموعة صغيرة من الترددات. وبدأت شركة راديو CB باستعمال الهوكي توكي walkie-talkie في أواخر الأربعينيات على الصنف B للاتصالات الحرارية لعامة الناس. التكنولوجيا المتاحة في ذلك الوقت لم تكن متقدمة بما يكفي لاستخدام الترددات الراديوية فوق العالية اللاسلكية UHF لكي تكون عملية ومعقولة التكلفة بالنسبة للمستهلك العادي. وهكذا ، في عام 1958، تم افتتاح الأصناف الخدمية CB بتردد 27 ميغاهرتز. لم يكن هناك سوى 23 في ذلك الوقت أخذت منها قناة 22 للاستعمال لمجموعة من الهواة باستخدام الحزمة 11 مترا ، في حين كانت القناة رقم 23 مشتركة مع الأجهزة التي تسيطر على الراديو. معظم ترددات النطاق التي تتراوح بين



460-470 ميغاهرتز تم تخصيصها لرجال الأعمال والمكافين بالمحافظة على السلامة العامة . جهاز الاستقبال والارسال الجوال walkie-talkie شكل (6-2) ثبت وتُستقبل في اتجاهين وهي تحمل باليد وقد تم تطويره خلال الحرب العالمية الثانية في شركة موتورولا. وقد أنتجت مخططات مماثلة لغيرها من القوات المسلحة ، وبعد الحرب انتشر استخدام هذه الأجهزة في أعمال السلامة العامة والإعمال التجارية.

الشكل (6-1) محطة نموذجية أرضية في الثمانينيات تستخدم الراديو باتجاهين ويمكن أن تستخدم بشكل متنقل حيث أنها تعمل بفولطية 13.8 فولط



الخصائص الرئيسية لها هو أنها ثبت في وقت واحد ، و أي عدد يمكنه الاستماع. الأجهزة النموذجية الاسلكية يشبه الهاتف النقال ، وهي أكبر قليلا لكنها ما زالت وحدة واحدة ، مع هوائي في الأعلى . سماعة الأذن للهاتف ذات قدرة صوتية يمكن سماعها من قبل المستخدم والآخرين الموجودة في المنطقة المجاورة للجهاز



الجوال باليد يمكن استخدامها كأجهزة إرسال واتصال بين شخصين ، أو شخص مركبة تقع ضمن منطقة البث للمحطات الأرضية.

شكل ( 6- 2 ) جهاز الاستقبال والإرسال الجوال walkie-talkie



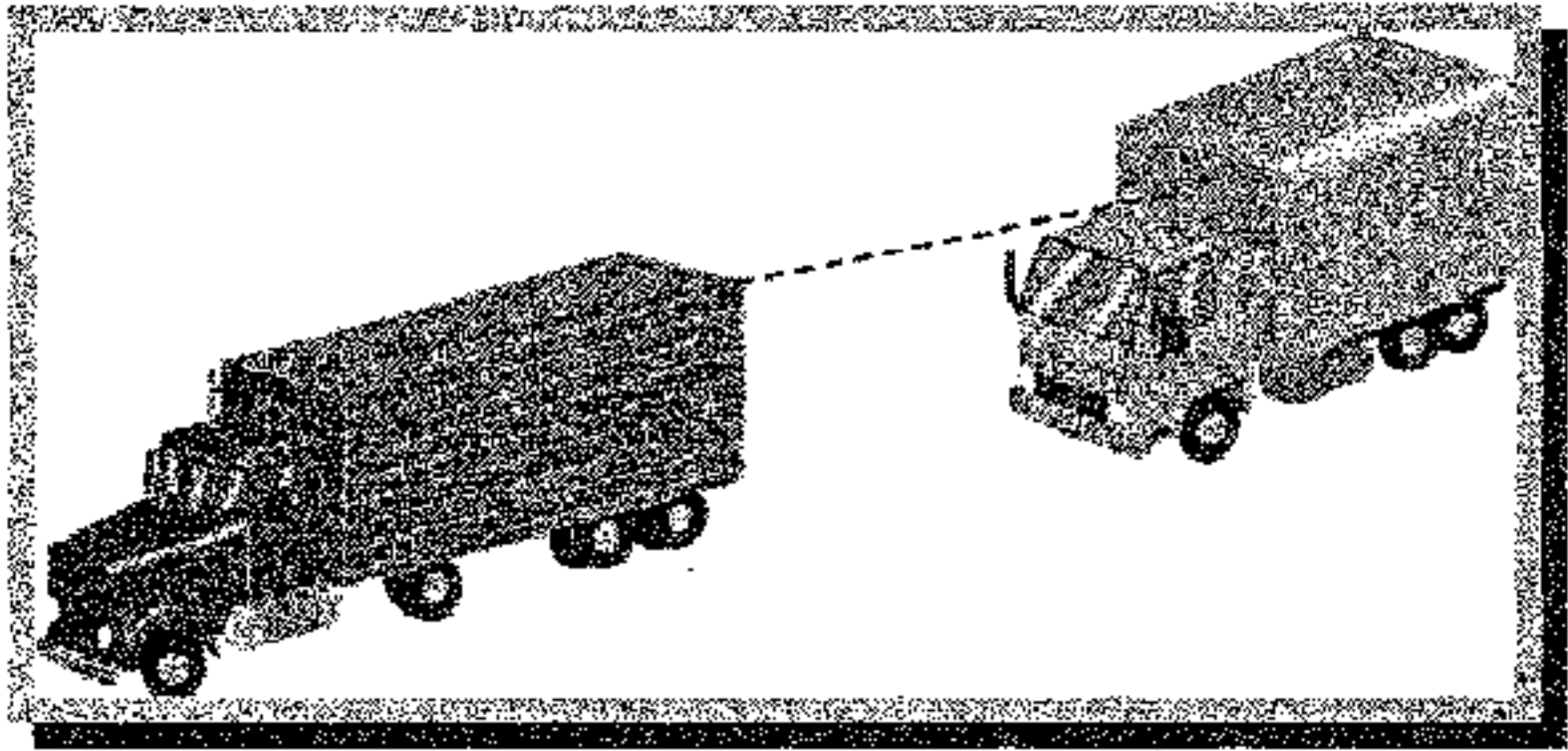
يشارك كل من جهاز الخدمة الإذاعية للمواطنين CB ، وجهاز الاستقبال والإرسال الجوال walkie-talkie ، وجهاز الهاتف الجوال والتي تشارك ببعض العناصر المشتركة هي :

#### 1 - طريقة الاتصال المزدوجة Duplex:

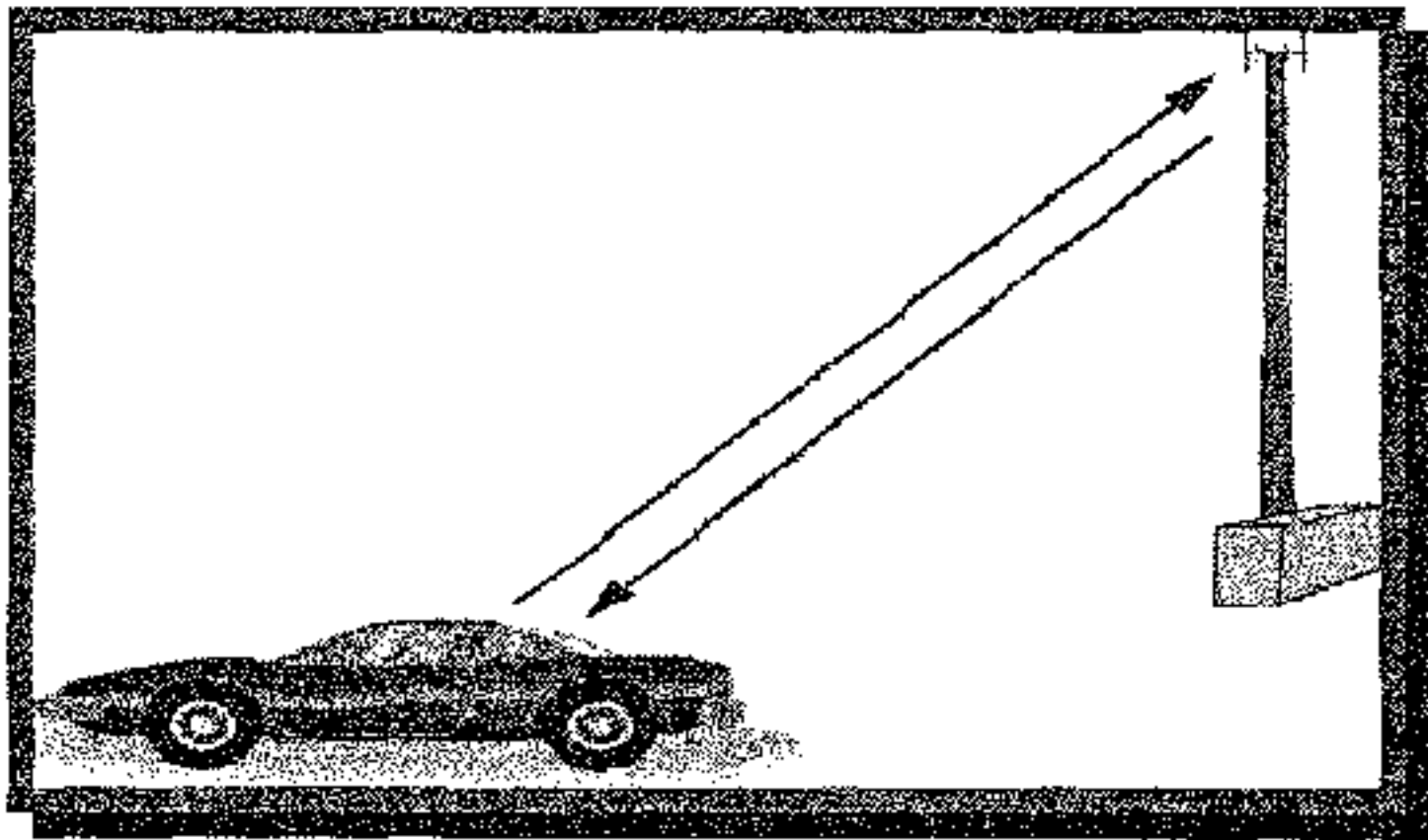
كل من جهازي CB و Walkie-Talkie هي أجهزة تعمل بنظام نصف اتصال half-duplex شكل ( 6 - 3 ) أي أن احد الأشخاص يتكلم و الآخر يستمع وبالعكس، ففي أجهزة CB يتم الاتصال بين شخصين باستخدام نفس التردد، لذا فإن شخص واحد فقط يستطيع التحدث والآخر يستمع وهذا عكس ما يحصل في

الهاتف الاعتيادي حيث يمكن الارسال والاستلام في ان واحد. أما الجوال فيعمل بنظام الاتصال الكامل full-duplex شكل (6-4) وهذا يعني أن هناك تردد مخصص للحديث وتردد آخر مختلف للاستماع مما يعني أن كلا الشخصين يمكنهما التحدث في نفس الوقت. إن مصطلح كلمة "Duplex" يعني إمكانية إرسال واستقبال البيانات بين الأجهزة الالكترونية .

شكل ( 6 - 3 ) أجهزة اتصال تعمل بنظام نصف اتصال half-duplex



شكل ( 6 - 4 ) أجهزة اتصال تعمل بنظام الاتصال الكامل full-duplex



## 2- القنوات Channels :

تختلف القنوات المستخدمة للتحدث باختلاف الأجهزة الثلاث ففي جهاز walkie-talkie توجد قناة واحدة للاتصال بينما في جهاز CB توجد حوالي 40 قناة للاتصال. ولكن في أجهزة الجوال توجد أكثر من 1664 قناة

## 3- المدى Range :

جهاز الاستقبال والارسال الجوال walkie-talkie تغطي مدى يصل إلى 2 كيلو متر باستخدام قدرة مقدارها 0.25 واط ، أما أجهزة الخدمة الإذاعية للمواطنين CB فأنه يغطي مدى يصل إلى 8 كيلو متر باستخدام قدرة مقدارها 5 واط إما أجهزة الهاتف الجوال فإنه يغطي مدى كبير لأنه يعمل ضمن الخلايا للمحطات الأرضية ويمكن أن يتحول من خلية إلى أخرى أي أن المدى الذي يعمل فيه الجوال كبير جدا . يستخدم الجوال قدرة منخفضة تتراوح بين 0.6 - 3 واط فقط كما أن محطات الإرسال للجوال تعمل بطاقة منخفضة أيضا، مما يعني أن منطقة التغطية للترددات بين محطة الإرسال والجوال لن تزيد عن مساحة الخلية السداسية الشكل وهذا يجعل إعادة استخدام نفس الترددات في خلايا أخرى ممكن. أي يمكن أن تحدث 56 شخص لكل خلية مع بعضهم البعض في نفس الوقت باستخدام نفس الترددات.

## أجيال الهاتف الجوال

بدأت فكرة الهواتف الجوال في عام 1945 حيث أدخل للخدمة الجيل الصفري المسمى GO للهواتف الحرارية بالرغم من أنه لم يكن من فئة الهواتف الجوال ، لأنها لا تتمكن من التغيير التلقائي لتردد القناة خلال المكالمات عندما ينتقل المستخدم من خلية إلى أخرى في المحطات القاعدية، والتي تسمى 'بالتسليم اليدوي handover . اخترعت خلايا المحطات القاعدية ذات الشكل السداسي للمحطات الأرضية للهاتف في عام 1947 من في مختبرات بيل ثم طورت في

نفس المختبرات عام 1960. الهواتف الراديوية لها تاريخ طويل يعود إلى الحرب العالمية الثانية عندما استخدمت في الاتصالات العسكرية وكذلك الخدمات المدنية التي بدأت في الخمسينيات ، بينما بدأ استخدام الهاتف الجوال الحرارية منذ عام 1983. وبعد انخفاض تكاليف الإنشاء والانتشار السريع للمحطات القاعدية للهاتف انتشر منذ ذلك الحين استخدام الهاتف الجوال بسرعة في جميع أنحاء العالم ، متجاوزة بذلك نمو الهواتف الثابتة.

أول نظام للهاتف الجوال المستخدم في المملكة المتحدة كان نظام تماثلي كانت قدرة الهاتف المرسل 0.63 واط . طور هذا النظام تدريجيا بحيث أنه يستخدم قنوات ترددها يصل إلى حوالي 900 ميگاهرتز ، ويستخدم التضمين الترددي والذي يؤدي إلى تغيرات عشوائية قليلة جدا في سعة الموجة الحاملة.

في عام 1970 استطاع عاموس جول في مختبرات بيل اختراع فكرة ما سمي "المكالمة المتنقلة" وهي الميزة التي تسمح لمستخدم الهاتف الجوال للتنقل بين العديد من الخلايا خلال نفس المحادثة. بدأت شركة لوست تكنولوجي عام 1947 التجارب في مختبراتها في مدينة نيوجرسي الأمريكية حول إمكانية التخاطب بالهاتف الجوال واستمر العمل بالتطوير حتى استطاع الأمريكي كوبر في شركة موتورولا والذي يعتبر عمليا أول مخترع للهاتف الجوال الذي امتاز في ذلك الوقت بكونه كبيرا وثقيلًا نوعا ما ، استطاع كوبر في 3 أبريل من عام 1973 إطلاق أول مكالمة بواسطة الهاتف الجوال.

لأول مرة من أوائل إلى منتصف عام 1980 طرح للأسواق أول هاتف محمول ثنائي كليا ( الجيل الأول للهاتف الجوال G 1). في أوائل التسعينيات كانت الهواتف الجواله كبيرة الحجم بحيث لا يمكن وضعها في الملابس ، لذلك فإنها عادة ما توضع بشكل دائم في السيارة كهواتف للمركبات. مع تقدم التكنولوجيا وتصغير المكونات الرقمية للهواتف الحرارية أصبح الهاتف أصغر حجما وأخف وزنا . يتكون الهاتف الجوال من دائرة استقبال وإرسال ووحدة معالجة مركزية

و فرعية. يتم إرسال الترددات الراديوية عبر محطات أرضية ومنها فضائية تماما  
مثل إشارات الراديو. من خواص الجوال :

- يمكن إرسال الرسائل القصيرة لمختلف دول العالم
- الاتصال بالآخرين ورؤيتهم عن طريق الجيل الرابع G4 المزودة  
بكاميرات دقيقة

الهاتف النقال أو الهاتف الجوال أو الهاتف الجوال هو جهاز إلكتروني بعيد المدى  
محمول متنقل يستخدم للاتصالات . الجوال هو جهاز يشبه في عمله جهاز الراديو،  
ولكن راديو بدرجة عالية من الدقة والتعقيد. بالإضافة إلى وظيفة المكالمات  
الصوتية للهاتف فهناك خدمات إضافية ، مثل الرسائل النصية القصيرة SMS  
والبريد الإلكتروني ، والوصول إلى شبكة الإنترنت ، ورسائل الوسائط المتعددة  
MMS لإرسال واستقبال الصور والفيديو.

معظم الهواتف الجوال الحالية يمكن ربطها لشبكة من المحطات الأرضية (خلية  
المواقع) ، والتي بدورها تربطه لشبكة الهاتف العامة (PSTN) (باستثناء هواتف  
الاتصالات عبر الأقمار الاصطناعية). يوجد في كل مدينة 832 من الترددات  
المتوفرة لعمل الهاتف الجوال يستخدم منها 42 تردد لقنوات التحكم فيبقى  
790 ولان الجوال يحتاج إلى ترددين عند كل مكالمة احدهما للتحدث والأخرى  
للاستماع أي أنه يوجد 395 قناة اتصال لكل محطة إرسال ولان كل خلية تعمل  
بالنظام التماثلي تستخدم ( 1/7 ) القنوات المتوفرة لذا فان كل خلية يوجد فيها  
حوالي 56 قناة متوفرة للاتصال أي أنه يوجد 56 شخص في الخلية الواحدة يمكنهم  
التحدث بالهاتف في نفس الوقت .الهاتف الجوال الذي يعمل بالنظام الرقمي تسزداد  
فيه عدد القنوات المتوفرة بحوالي ثلاثة اضعاف عما متوفر في النظام التماثلي أي  
أن عدد القنوات المتوفرة في النظام الرقمي يصبح ( 3 x 56 ) = 168 قناة  
للاتصال في نفس الوقت.

مر الهاتف الجوال بتطورات تكنولوجية سريعة سميت بأجيال الهاتف الجوال فهناك هواتف من الجيل الأول والجيل الثاني والثالث والرابع وقريبا الخامس، والانتقال من جيل إلى آخر يعتمد على التقنيات التكنولوجية التي أدخلت على الهاتف الجوال والشبكة .

. الجيل الأول (G1) للاتصالات اللاسلكية تمثل اللبنة الأولى للهواتف التماثلية التي تجمع الآن كنوع من أنواع الهويات . الهيكل الجوال لهذا الجيل لا يزال يعرض من قبل معظم الشركات اللاسلكية لعد اليوم. الجيل الثاني (G2) من الهواتف الجوال الذي يستخدم التكنولوجيا الرقمية ، مما سمح للكثير من استخدام قنوات متعددة. لكن G2 لا تزال مخصصة للاتصالات الصوتية في المقام الأول ، وليس البيانات ، باستثناء بعض البيانات القليلة جدا ، مثل خدمة الرسائل القصيرة. ما يسمى بالجيل G2.5 والذي يسمح لشركات النقل بزيادة معدلات البيانات مع تطوير البرمجيات في محطات إرسال الأرضية ، الجيل الثالث G3 للهواتف الحرارية توفر بيانات أكبر للمستخدمين ، ما سيسمح لهم إرسال واستقبال مزيد من المعلومات وذلك لكبر النطاق الترددي العريض، كل هذه التصاميم هي تصاميم خلوية لعل معمارية خلوية خاصة . من مزايا الجيل الثالث انه تطور كثيرا بسبب توفر ما يكفي من الوقت والمال ووجود ، شركات هاتف جوال متمكنة ولها القدرة على بناء شبكات وطنية وقد نفذت الشركات الكبرى ذلك. اما أكبر عيوب الشبكات الجواله هو أن زيادة معدلات البيانات يؤدي لزيادة الطاقة الخارجة وسيتمتع على ذلك زيادة حجم الخلايا لغرض دعم الزيادة في معدل البيانات. الزيادة الكبيرة في الطاقة الخارجة يؤدي الى خوف المشرعين والمستهلكين على حد سواء ، لذلك فمن المرجح أن نشهد إنتاج خلايا صغيرة .

الجيل الرابع (G4) تم تطويره من قبل وكالة مشاريع بحث الدفاع المتقدم (DARPA) ، وهي الجهة نفسها التي طورت شبكة الإنترنت السلكية. فإنه ليس من المستغرب أن تختار DARPA نفس التوزيع المعماري الى الإنترنت

اللاسلكي والذي برهن على نجاحها في الانترنت السلكي . على الرغم من ان الخبراء وصناع القرار لم يتفقا بعد على جميع جوانب الجيل G4، واهم هذه الخصائص : النهاية إلى النهاية (end-to-end Internet) لبروتوكول الإنترنت (IP) ، وشبكة الأقران Peer-to-peer networking . جميع شبكات IP لها معنى عملي لأن المستهلكين يريدون استخدام نفس البيانات والتطبيقات لاستخدامها في الشبكات السلكية. وشبكة الأقران تستخدم كل جهاز ، كجهاز إرسال وجهاز توجيه على حد سواء لإعادة الإرسال في الأجهزة الأخرى في الشبكة والذي يزيل ضعف الهياكل الجواله ، وذلك لأن ازالة احد العقدة لا يؤدي لتعطيل الشبكة.

## 6- 2 الجيل الأول للهاتف الجوال G1:

أعلنت في شركة موتورولا يوم 3 أبريل من عام 1973 النموذج الأول الأول لتلفون محمول شكل (6 - 5) . وفي عام 1978 ، بدأت مختبرات بيل بالإعلان عن أول شبكة للهاتف الجوال في شيكاغو التي تستخدم النظام التماثلي analog وسميت بمنظومة الهواتف الجواله المتقدمة System Mobile Phone Advanced والتي تكتب اختصاراً AMPS أي أنظمة الهواتف الجواله المتطورة والتي حصلت على الاعتماد من مؤسسة الاتصالات الدولية FCC ، وهناك نوع اخر استخدم في الدول الاسكندنافية واوربا الغربية وروسيا سمي التلفون الجوال الاسكندنافي (Nordic Mobile Telephone) NMT. استخدمت لأول مرة في ولاية شيكاغو الأمريكية. استخدمت جوالات AMPS مدى من الترددات بين 824 - 894 ميگاهرتز وتستخدم للمكالمات الصوتية فقط ، وتنتقل الإشارات عبر طريقة التضمين الترددي FM. اوعمت الشركات والحكومات الغربية على دعم شبكة هواتف لاسلكية جديدة وتنافس شبكة التلفونات السلكية لغرض تقليل التكاليف والأسعار بالنسبة للمستخدم.

## شكل ( 5-6 ) هاتف نقال G1



خصصت الشركات مزود خدمة للشبكة اللاسلكية ووضعت في كل مكان وسمي بمزود الخدمة المحلي، ويتكون كل مزود خدمة من ناقلين سمي الأول A والثاني B. تستخدم إشارات ترددها 25 ميجاهرتز لنقل الإشارات العائدة من الجهاز إلى المحطة في هذه النظم تخصص حزمة واحدة من ترددات مقدارها 25 ميجاهرتز لغرض إرسال الإشارات من احد خلايا المحطة الأرضية إلى الهاتف ، وحزمة أخرى من نوع مختلف الى المحطة الأرضية. هذه الحزم تنقسم إلى عدد من قنوات الاتصال ، كل قناة سوف تستخدم من قبل احد المتكلمين ، ولكن هذه الشبكة لم ترخص من لجنة الاتصالات الاتحادية حتى عام 1982. كانت الهواتف الجواله للجيل الاول أكبر من الهواتف المتداولة حاليا ، واستخدمت في البداية ، كهواتف ثابتة في السيارات (ومن هنا كانت عبارة هاتف السيارة). ثم حولت بعض هذه الوحدات الضخمة من الهواتف لاستخدامها كهواتف يمكن نقلها وهي بحجم الحقيبة. تعتبر شركة موتورولا أول شركة تعرض الهواتف الجواله ، أصبحت تعرف فيما بعد باسم الجيل الأول (G1) للهواتف الحرارية. استطاع قطاع



الاتصالات الحرارية في طوكيو في اليابان في عام 1979 إنشاء أول شبكة للهاتف الجوال في اليابان وفي عام 1981 ، وفي الدول الاسكندنافية بدأ تنصيب شبكة الهاتف. استخدمت الهواتف الجوال المتقدمة (AMPS) مدى من الترددات بين 824 - 894 ميجاهرتز. و حصلت على الاعتماد من مؤسسة الاتصالات الدولية وأول ما استخدمت في ولاية شيكاغو الأمريكية. تم تخصيص ما سمي بمزود خدمة الشبكة اللاسلكية ، ويتكون كل مزود خدمة من ناقلين سمي الأول A والثاني B. تم تخصيص 832 تردد مختلف للناقلين A و B منها 790 تردد للصوت و42 تردد للمعلومات. تتكون كل قناة اتصال من ترددين واحد للإرسال والثاني للاستقبال. واختيرت الترددات بانتساع 30 كيلوهيرتز وذلك لضمان نقل الصوت بجودة الاتصال السلكي.

اعتمدت فكرة عمل جوالات الجيل الأول على ترددات راديوية متغيرة باستمرار لنقل أصوات المستخدمين. حيث يتيح ذلك الاتصال المتعدد لأكثر من هاتف خلوي بمحطة الإرسال ويستخدم كل جوال تردد مختلف وان استخدام تلك القنوات لا يكون بشكل دائم. يفصل ترددات الإرسال عن ترددات الاستقبال لكل قناة صوتية مجال ترددي مقداره 45 ميجاهرتز لكي لا تحدث تداخلات بين الموجات المرسلة والمستقبلة. وتطورت هذه الأنظمة إلى ما سمي بأنظمة التلغونات الحرارية المتطورة ذات الحزمة الضيقة (NAMPS) حيث تم إدخال تقنيات رقمية لغرض زيادة عدد الاتصالات بأكثر من ثلاث مرات لكل قناة. وبالرغم من إدخال بعض التقنيات الرقمية إلا أن نوع النظام (NAMPS) بقي تناظرياً لأنه محدود الخدمات ويعمل بتردد 800 ميجا هرتز.

بدأت الهواتف الجوال تنتشر خلال الثمانينيات من القرن الماضي مع إدخال محطات أرضية متعددة (خلايا) التي تقع على مسافات قريبة نسبياً من بعضها البعض ، واستخدمت الطريقة الآلية للاستلام بين خليتين عندما ينتقل الهاتف من

خلية إلى أخرى. في حالة النظام AMPS ، المستخدم في الجيل الأول للهاتف الجوال ، تفصل كل قناة عن القنوات المجاورة بمقدار 30 كيلو هرتز ، وهو أمر غير فعال في الطيف الراديوي والتي تضع حدا لعدد المكالمات التي يمكن أن تحصل في أي وقت من الأوقات. غير أن هذا النظام يتيح حالات دخول متعددة ، وذلك لأن المتصل الثاني يمكنه استخدام نفس القناة ، بعد أن يتوقف المتصل الأول . هذا النظام يسمى تقسيم التردد المتعدد (Frequency division (FDM multiple) و لأن قدرة إرسال الخلية محددة ومصممة لتغطية منطقة معينة ، فمن الممكن استخدام نفس الترددات في خلايا أخرى تكون بعيدة بما فيه الكفاية لكي لا يكون هناك أي تدخل . هذا النظام يسمى بإعادة استخدام الترددات وتتيح هذه الشبكة زيادة القدرة. هيكل الشبكة الجوال مسؤولة أيضا عن سمة أخرى لاتصالات الهاتف الجوال وهي عملية حصول نوعا من التسليم يتم فيه تنقل الهاتف الجوال من خلية إلى أخرى ، وهذا يتطلب استخدام زوج من الترددات التي يستخدمها الهاتف في وقت التسليم.

أول شبكة للهاتف الجوال في الدول الاسكندنافية بدأت عام 1981. وفي عام 1985 ، استطاعت المملكة المتحدة تشغيل شبكة للهاتف الجوال بنظام (مجموع الوصول لنظام الاتصالات) (Total Access Communications System) TACS. لكن مع استحداث شبكات الجيل الثاني للهواتف الجوال G2 ، فإن هواتف الجيل الأول أوقف استخدامها لأنها ليست قابلة للتكيف مع المعايير الجديدة الجيل الثاني ووجد سلبيات أخرى في عملها ، مثل ضعف الأمن بسبب عدم التشفير ، حيث بأنه بإمكان أي شخص لديه جهاز استقبال يستطيع ضبط الترخيم للتردد المطلوب لغرض التصنت للحديث الدائر.

## 6-3 الجيل الثاني للهاتف الجوال G2

تعتبر جوالات الجيل الثاني هي أول جوالات تعمل بالنظام الرقمي والتي بدأ استخدامها في التسعينات من القرن الماضي، ويستخدم جوال الجيل الثاني نفس تكنولوجيا الراديو كما في جوال الجيل الأول ولكن بطريقة مختلفة، ففي النظام التماثلي لا تستخدم كل إمكانيات الإشارة المتبادلة بين الجوال والشبكة التابع لها. حيث انه من غير الممكن أن يتم ضغط وتشفير الإشارة التماثلية مثل الإشارة الرقمية. ولكن في الإشارة الرقمية يتم ضغط وإعادة معالجة الإشارة مما يسمح بزيادة عدد القنوات لنفس المدى الترددي المستخدم. الجوال الرقمي يقوم بتحويل الموجات الصوتية التماثلية إلى معلومات رقمية بنظام العدد الثنائي المكون من الرقمين (0 و 1). ثم يتم تشفير وضغط المعلومات لكي ترسل بكفاءة عالية وبزمن قصير حيث يصبح بالإمكان إجراء 3-10 اتصالات مرة واحدة في نفس الزمن مقارنة مع مكالمة واحدة في الجيل الأول. أي يمكن تقسيم الإشارة الاسلكية إلى عدد (شرائح) من المعلومات تحمل شفرات (كود) بعنوان مستخدم الجوال. وإثناء انتقالها إلى المستقبل تتوزع الشرائح على نطاق الترددات ثم يعاد تجميعها عند الاستقبال. سمي هذا النظام بالنظام العالمي للاتصالات الاسلكية (GSM) هو نظام معتمد لتشغيل شبكات الاتصالات اللاسلكية ويعمل على المعالج الدقيق الخاص بأجهزة الجوال التي تعمل على نظام GSM كما أن هناك نظام تشغيل آخر هو IS-136، ويمكن تشبيه أنظمة تشغيل الجوال بأنظمة تشغيل الكمبيوتر مثل الويندوز واللينكس. يعمل نظام GSM على تشفير (ترميز) البيانات المرسلة بواسطة الجوال لتحقيق درجة عالية من الأمان وعدم اختراق هذه البيانات وتعمل على ترددات تتراوح بين 900 الى 1800 ميگاهرتز في أوروبا و اسيا ، بينما تعمل على ترددات تتراوح بين 850 الى 1900 ميگاهرتز في الولايات المتحدة الأمريكية. ينتشر النظام في دول شتى ولغرض استخدام الجوال في أي دولة يجب تغيير شريحة الاتصال (subscriber identification module) SIM أي

وحدة تعريف هوية المشترك وهي عبارة عن ذاكرة يتم تثبيتها في الجوال الذي يعمل بنظام GSM لغرض تخزين البيانات اللازمة للاتصال وأرقام التعريف التي تسمح بالدخول لخدمات الجوال المقدمه من الشركة المالكة لشريحة الاتصال .  
من أهم أهداف هذا النظام:

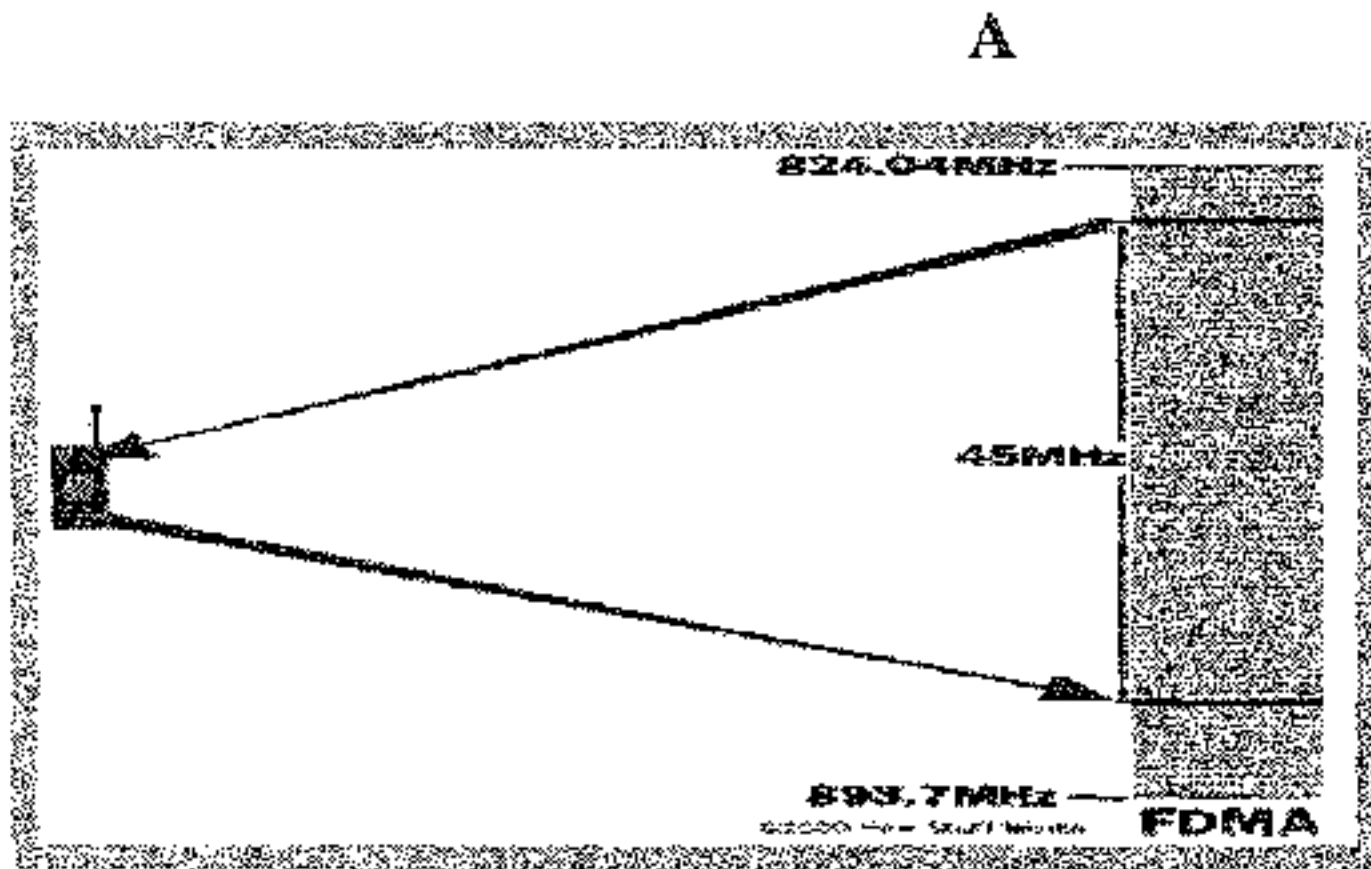
- المقياس الموحد Common Standard
- التجوال الدولي International roaming
- تقنيات التشفير الرقمي Digital encryption techniques
- أجهزة بتكلفة منخفضة Low cost equipment
- الاستهلاك الكهربائي المنخفض Low power consumption
- إرسال رقمي متعدد الوصول بتقسيم الزمن TDMA digital transmission

في الجيل الثاني من الهاتف الجوال لا يمكن عادة نقل البيانات ، مثل البريد الإلكتروني أو البرامج، ما عدا المكالمات الصوتية الرقمية ، وغيرها من البيانات المساعدة الأساسية مثل الوقت والتاريخ. تتوفر كذلك خدمة الرسائل النصية القصيرة كشكل من أشكال نقل البيانات في بعض المعايير. يعتبر عرض النطاق الترددي واحدا من المشاكل الرئيسية التي تواجه تطوير الاتصالات السلكية واللاسلكية ، لذلك كانت الحاجة للبحث عن البروتوكولات التي يمكن استخدامها لزيادة كفاءة عرض النطاق التردد عن طريق تعدد عمليات الدخول للشبكة تمكن الإشارات المتعددة لاحتلال قناة اتصال واحدة . أهم التقنيات المستخدمة لتشغيل الأجيال المختلفة للهاتف الجوال و التقنيات المستخدمة لطريقة الدخول إلى الشبكة في تناقل المعلومات من الجوال إلى الشبكة والعكس هي:

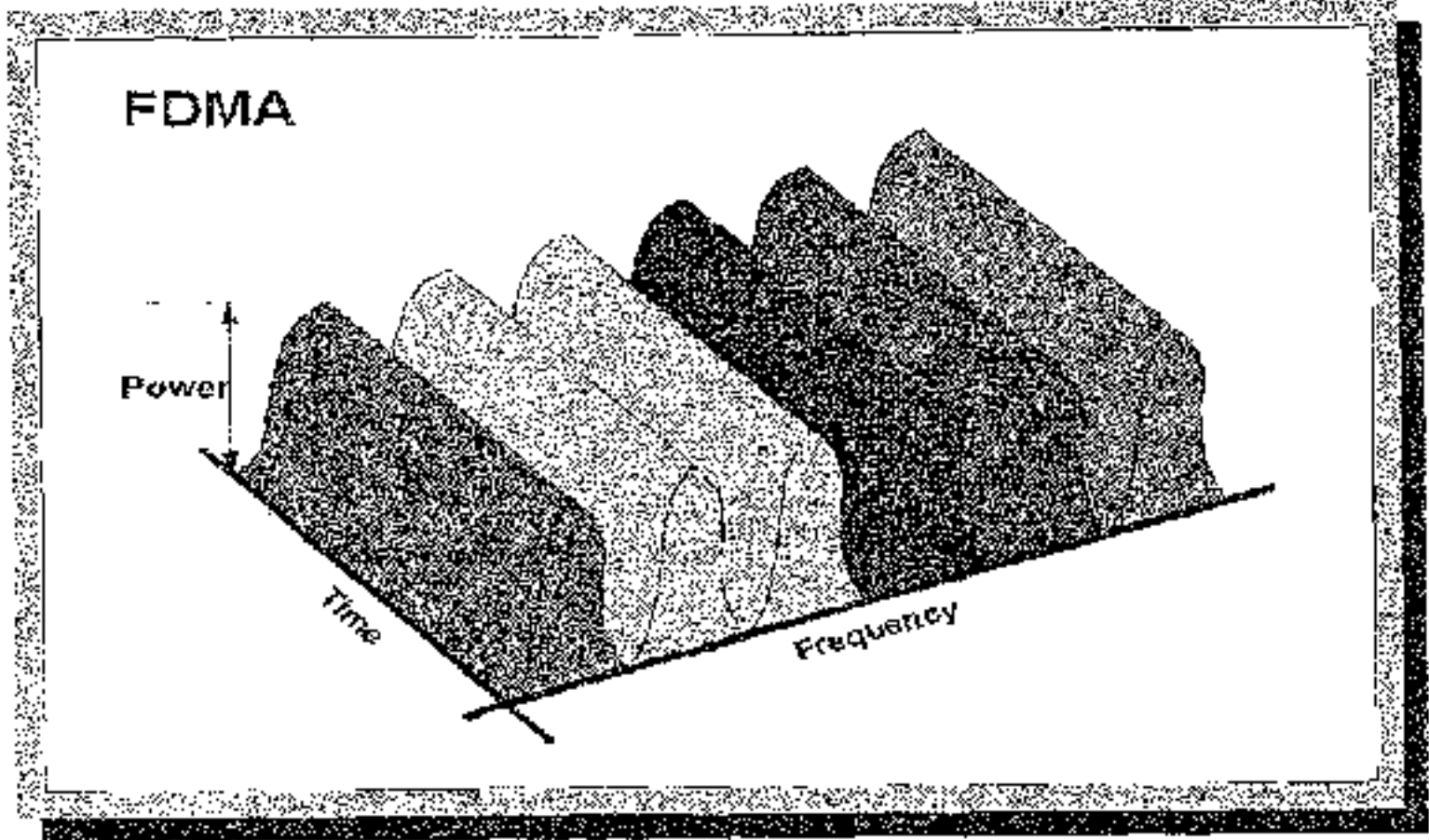
## 1- الدخول المتعدد بالتقسيم الترددي Frequency division multiple (FDMA) access

تقانة الدخول المتعدد بالتقسيم الترددي (FDMA) ،هو عملية تحديد أشارات مختلفة لقنوات التردد، وهي جزء أساسي من التكنولوجيا التماثلية في الهواتف الجواله المتقدمة (AMPS). في هذه التقانة كل قناة يمكن تحديدها لمستخدم واحد فقط ولمرة واحدة.و تستخدم أيضا في عملية الدخول الكلي لنظام الاتصالات ويعني تخصيص تردد معين لكل مكالمة .في كل محطة ارضية للجوال توجد محطة ارسالة راديوية ترسل الاشارة بترددات مختلفة خلال النطاق المخصص من المدى الترددي. وتعتمد تقانة FDMA على تقسيم المدى الترددي إلى عدد من القنوات الترددية الصغيرة كما في الشكل (6-6) حيث تم تقسيم مدى الترددات الى نطاق ترددي أصغر مقداره 45 ميگاهرتز وكل محطة إرسال تستخدم تردد مختلف لإرسال الإشارات بطريقة تماثلية للدخول و نقل البيانات الرقمية، ولكن هذه التقنية غير فعالة للاتصالات الرقمية.

الشكل ( 6 - 6 ) تقانة FDMA تقسيم المدى الترددي إلى عدد من القنوات الترددية الصغيرة.



## تقسيم التردد



## 2- الدخول المتعدد بالتقسيم الزمني Time division multiple access (TDMA)

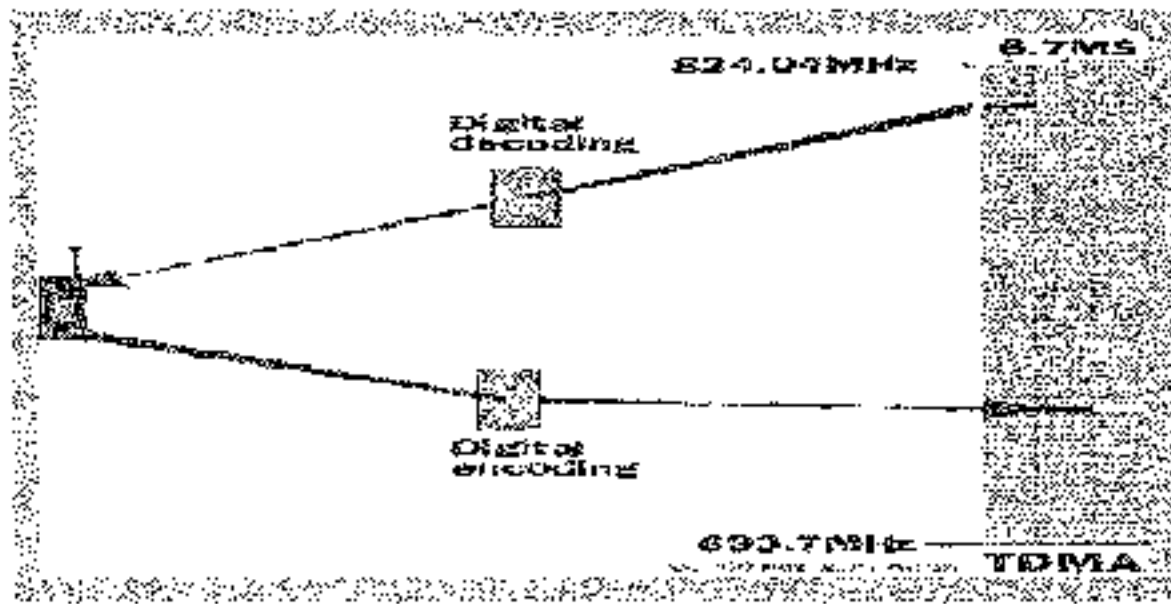
في هذه القناة يستخدم نفس الطيف الترددي لإجراء عدة اتصالات لاسلكية من خلال تقسيم الزمن، أي أنه يساعد على وجود مزيد من المستخدمين على نفس نطاق الترددات بتقسيم الزمن إلى أجزاء ويشارك المستخدمين بالقناة بتعيين أوقات معينة. هذه التقنية تستخدم النظام الرقمي المتطور للهواتف الجواله (D-AMPS) ، والنظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM). فمثلا عند إجراء أربعة مكالمات في نفس الزمن ولنفس التردد يتم تحويل الإشارة التماثلية الصوتية إلى اشارات رقمية مضغوطة ترسل كمجموعة خلال ربع الفترة الزمنية للتردد والربع الثاني يخصص للمكالمة الثانية والربع الثالث يخصص للمكالمة الثالثة وهكذا تكرر الدورة وبذلك يتم إجراء أربعة مكالمات مختلفة بنفس التردد ونفس الزمن. ويمثل الشكل (6 - 7) طريقة إجراء ثلاثة مكالمات في نفس الوقت، حيث يخصص لكل مكالمة

هيز زمني متكرر كما هو موضح في تعاقب تكرار الألوان ويمثل كل شريط قناة ذات تردد محدد وعلى نفس التردد تجد ثلاثة ألوان مختلفة تتكرر خلال الزمن، يمثل كل لون مكالمة مرسله وبهذا يمكن على نفس التردد إرسال ثلاثة مكالمات . النظام يسمح لكل قناة لاستخدامها من قبل ثمانية هواتف. يتحقق ذلك عن طريق ضغط 4.6 ملي ثانية لكل قطعة من المعلومات التي يجب أن ترسل بشكل نبضات زمنها 0.58 ملي ثانية الهواتف والمحطات القاعدية ترسل 0.58 ملي ثانية ، كل 4.6 ملي ثانية ، مما يؤدي إلى تضمين modulation أو تغيير فسي قدرتها الخارجة مقداره 217 هرتز (217 هرتز =  $4.6/1$  ملي ثانية). لأسباب فنية ، هناك ، في الواقع ، ضغط إضافي للبيانات والذي يؤدي إلى أن الهواتف والمحطات القاعدية ترسل 25 نبضة مع حذف في كل 26 مرة ، وهلم جرا. هذا يولد المزيد من التضمين الإضافي للقدرة الخارجة في تردد أقل من 8.34 هرتز (= 217 هرتز / 26).

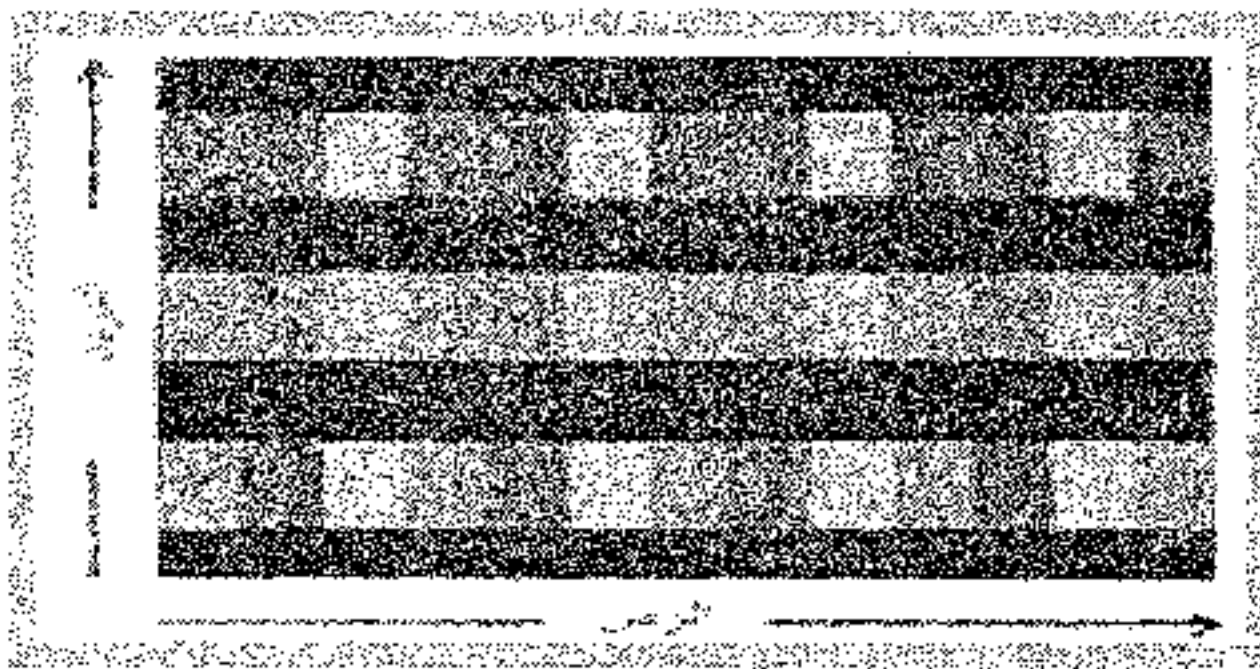
مع ذلك ، لا يمكن اكتشاف التضمين السعوي عند التردد 271 كيلو هرتز (كل 4 ميكروثانية) الذي ترسل فيه أرقام مفردة (الصفار أو واحد) ، وهذا يؤدي إلى تغييرات قليلة في السعة. القدرة القصوى للهواتف الجواله في النظام GSM يسمح لإرسال قدرة 2 واط (900 هرتز) و 1 واط (1800 هرتز) ضمن المعايير الحالية.

الشكل ( ( 6 - 7 ) ) الدخول المتعدد بالتقسيم الزمني ( TDMA )

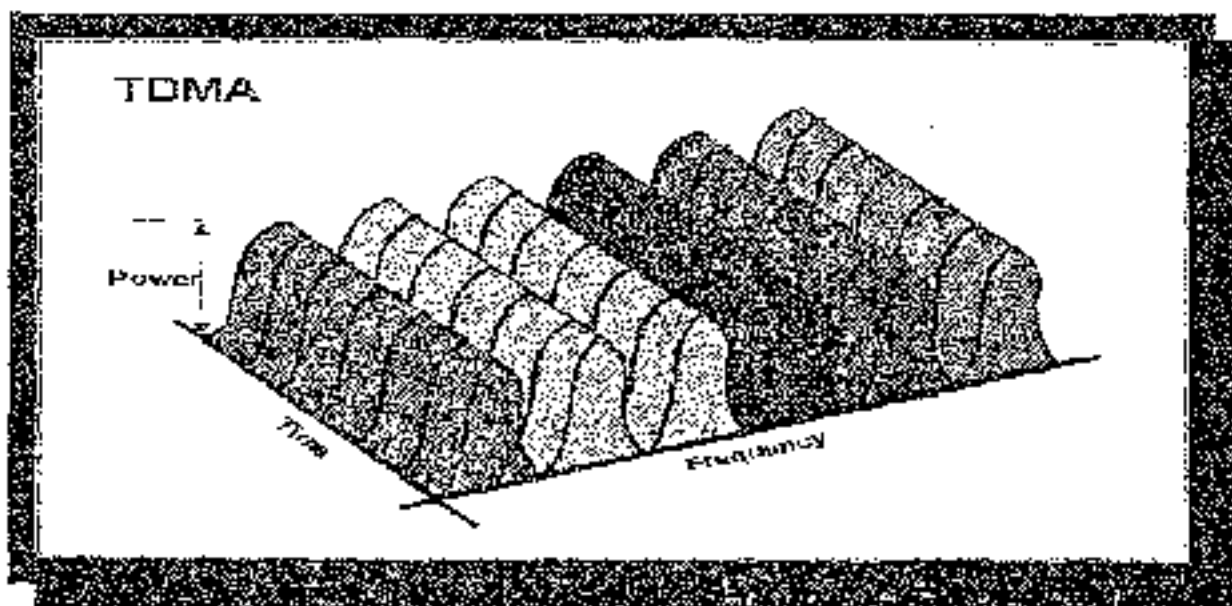
ب



ج



د





هذا ومع ذلك فإن نظام TDMA يستخدم متوسط قدرة الإرسال بواسطة الهاتف والتي لا تكون أكثر من ثمن ( 8/1 ) من هذه القيم القصوى (0.25 واط و 0.125 واط على التوالي) ، وعادة ما يمكن خفض كميات كبيرة بسبب الآثار المترتبة وتكيف السيطرة على القدرة و الإرسال المتقطع. تكيف السيطرة على يعني أن الهاتف يقوم باستمرار بتعديل القدرة التي يرسلها إلى الحد الأدنى اللازم لمحطة القاعدة لاستقبال إشارة واضحة. هذا يمكن أن يكون أقل من ذروة القدرة بمعامل يصل إلى ألف مرة إذا كان الهاتف بالقرب من المحطة القاعدية ، على الرغم من أن القدرة تكون أكثر من هذا في معظم الحالات. الانتقال متقطع (DTX) ، يشير إلى حقيقة أن القدرة تخلق عندما يتوقف المستخدم عن التحدث إما بسبب الاستماع أو أن المتكلم والسماع لا يتحدثان. فإذا كان كل شخص يتحدث نحوالي نصف زمن المكالمة فإن كل منهما يتعرض لنصف المقدار الاعتيادي. باختصار ، تكون القدرة الخارجة من الهاتف كبيرة جدا عندما تكون المسافة بينه وبين الأخر بعيدة من المحطة الأساسية أو محمية من المياني.

من أهم خواص تقنية TDMA

- يساهم التردد المنفرد للموجة الحاملة مع العديد من المستخدمين.
- انتقال غير مستمر
- السيطرة على القدرة أقل حساسية من السيطرة للتقانة CDMA بسبب قلة التداخل في داخل الخلايا
- التزامن عالي مقارنة مع CDMA

• الحصول على معدلات عالية البيانات Intersymbol

3 - الدخول المتعدد بنظام الشفرات (الكود) Code division access (CDMA) multiple

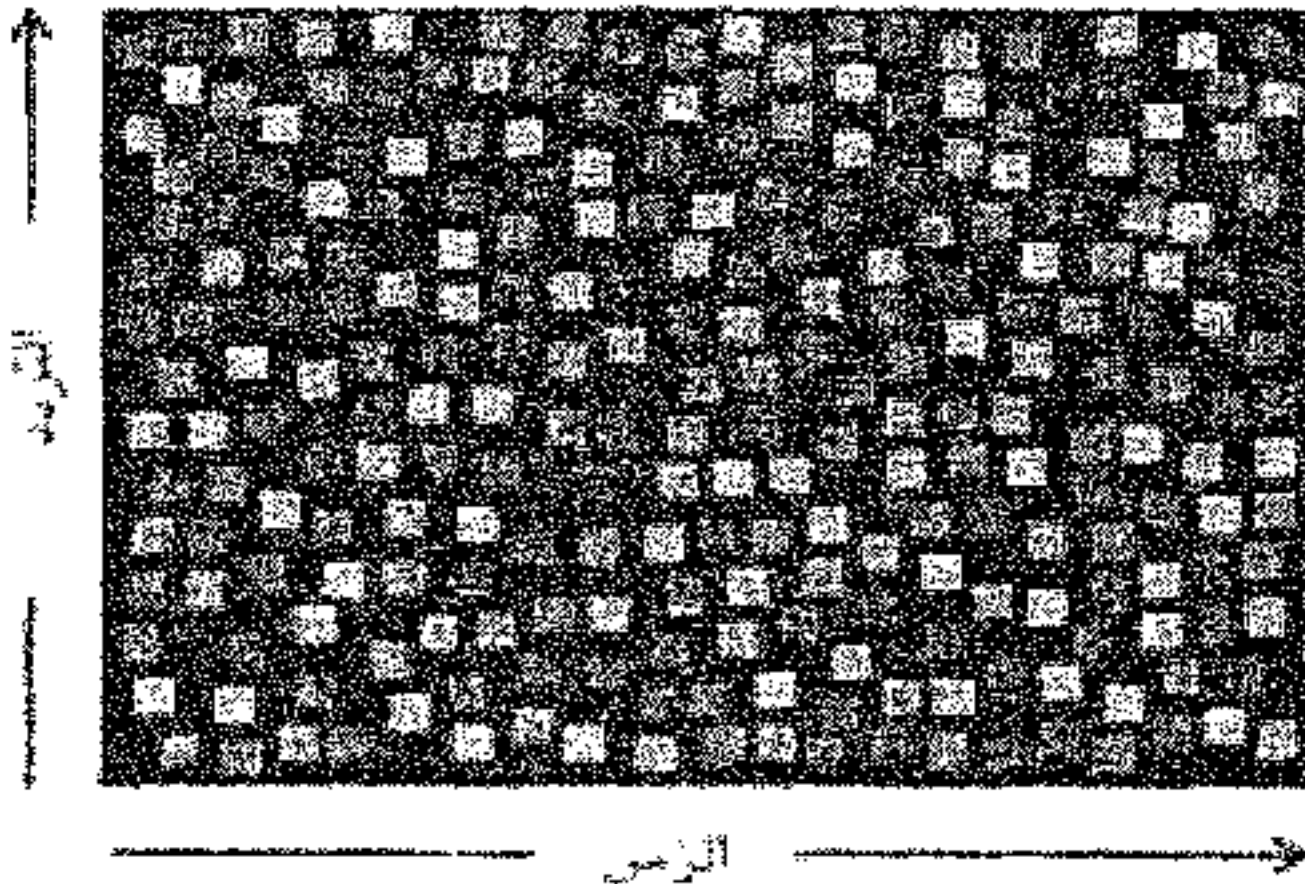
أساس عمل هذه التقنية هو التحويل من التماثلي إلى الرقمي وبعدها تتم عملية نشر البيانات الرقمية المضغوطة على النطاق الترددي المتاح في هذه التقنية تحول كل

مكالمة إلى بيانات رقمية وتقسّم إلى رزم ترتبط مع بعضها البعض بشفرة مميزة. ، أي ان البيانات ترسل في صورة رزم على ترددات متفرقة متاحة للاستخدام خلال أي فترة زمنية. وهي تستخدم وسيلة مختلفة تماماً عن تقنية TDMA بدلاً من إرسال البيانات على قنوات مخصصة وترددات محددة فإنه هذه التقنية تقوم بتقسيم المعلومات والبيانات إلى حزم ثم ترسلها على أحد القنوات المتاحة. كما في الشكل (6 - 8) فكل لون من ألوان المربعات يعود إلى حزم صادرة من جوال محدد ترسل على نطاقات ترددية مختلفة ثم يعاد تجميعها عند الاستقبال، وبهذه الطريقة يمكن إجراء عدد كبير من المكالمات على نفس النطاق الترددي في نفس اللحظة. في تقنية الدخول بتقسيم الشفرات المتعددة (CDMA) تستخدم الترددات العالية جداً (UHF) لشبكات الهاتف الجوال في مدى حزم الترددات 800 ميغاهرتز و 1.9 جيجا هرتز .

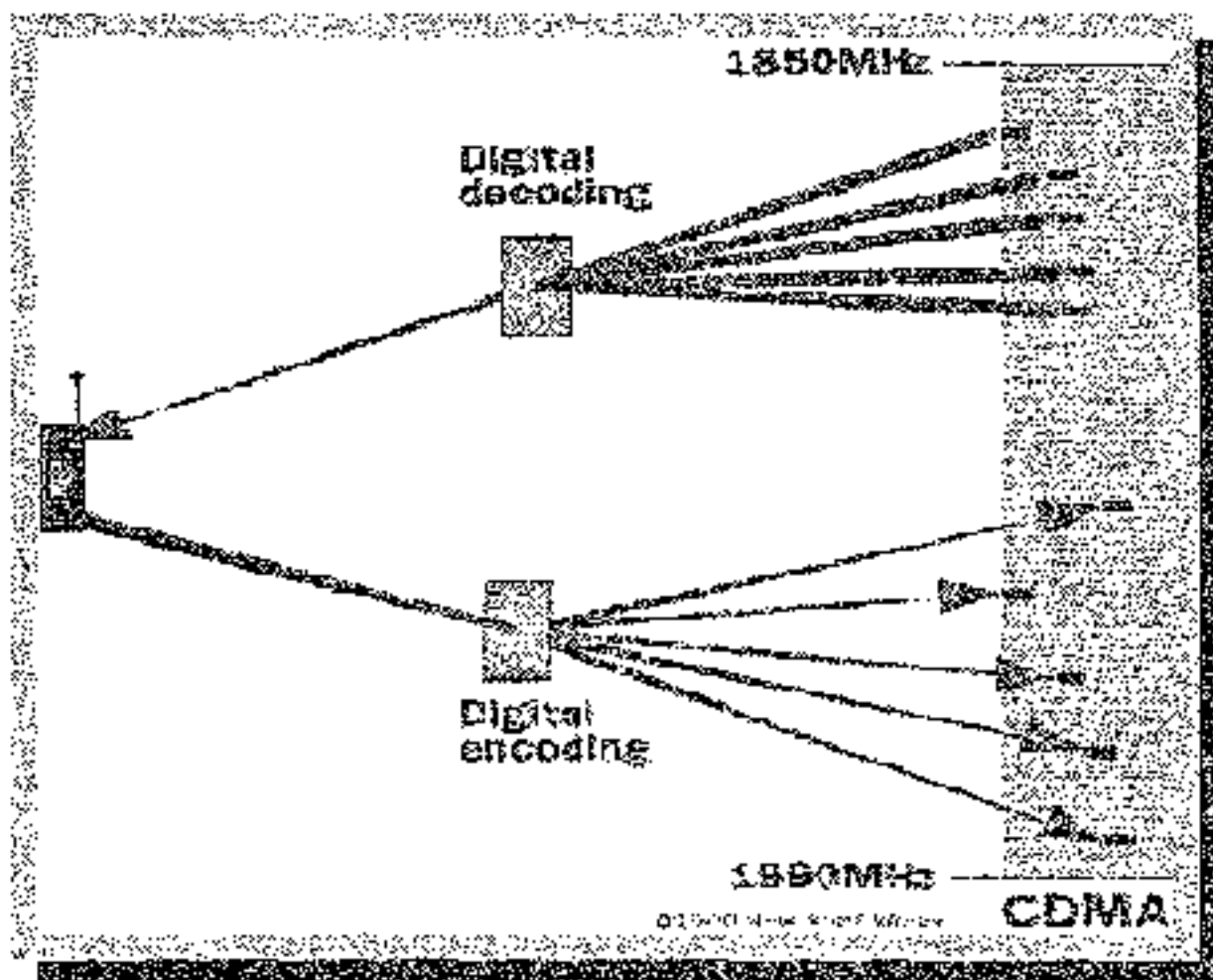
يمكن لبعض الجولات استخدام أكثر من تقانة من التقنيات المستخدمة لطريقة الدخول إلى الشبكة في تناقل المعلومات من الجوال إلى الشبكة.

الشكل (6 - 8) الدخول المتعدد بنظام الشفرات

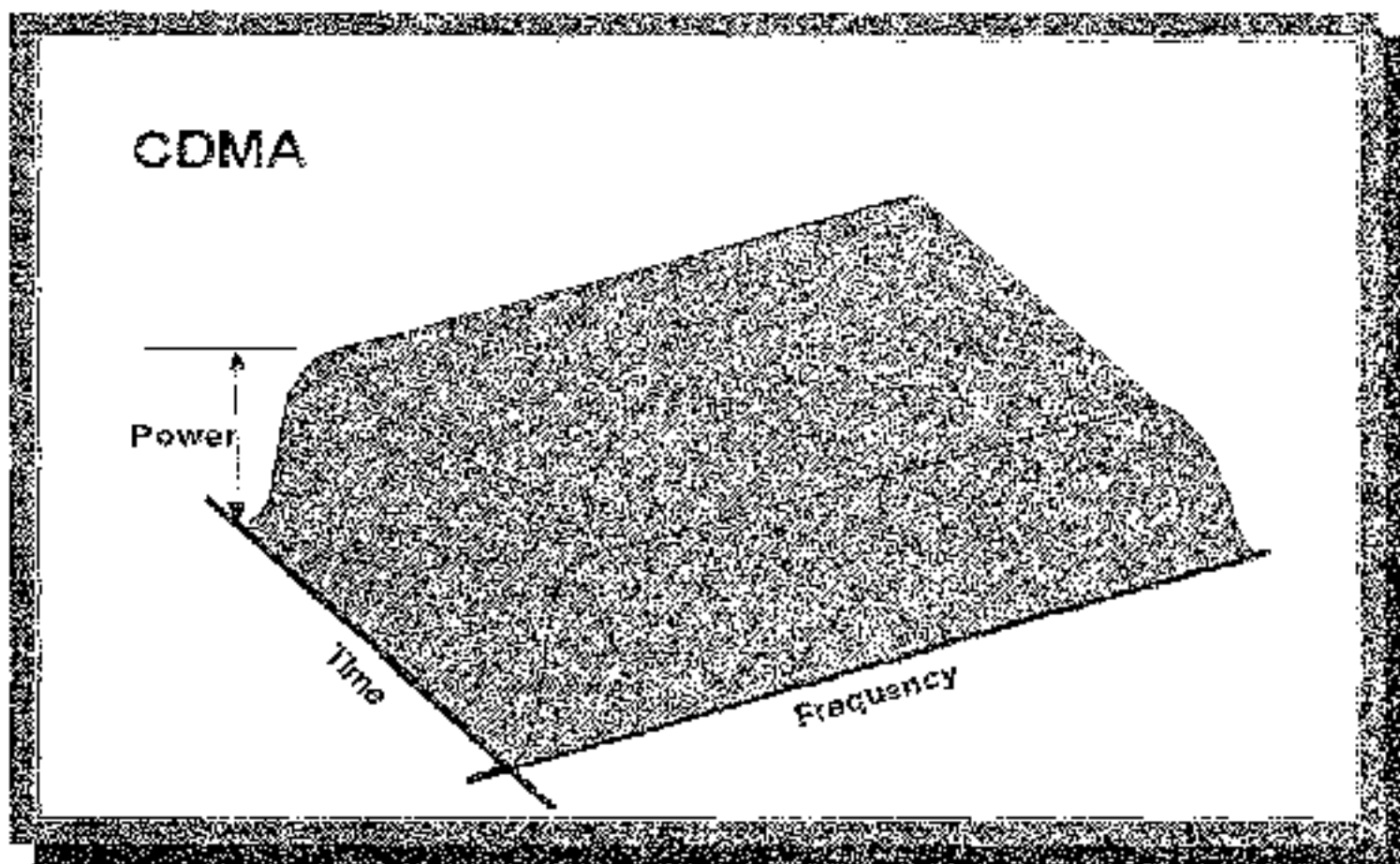
A



B.



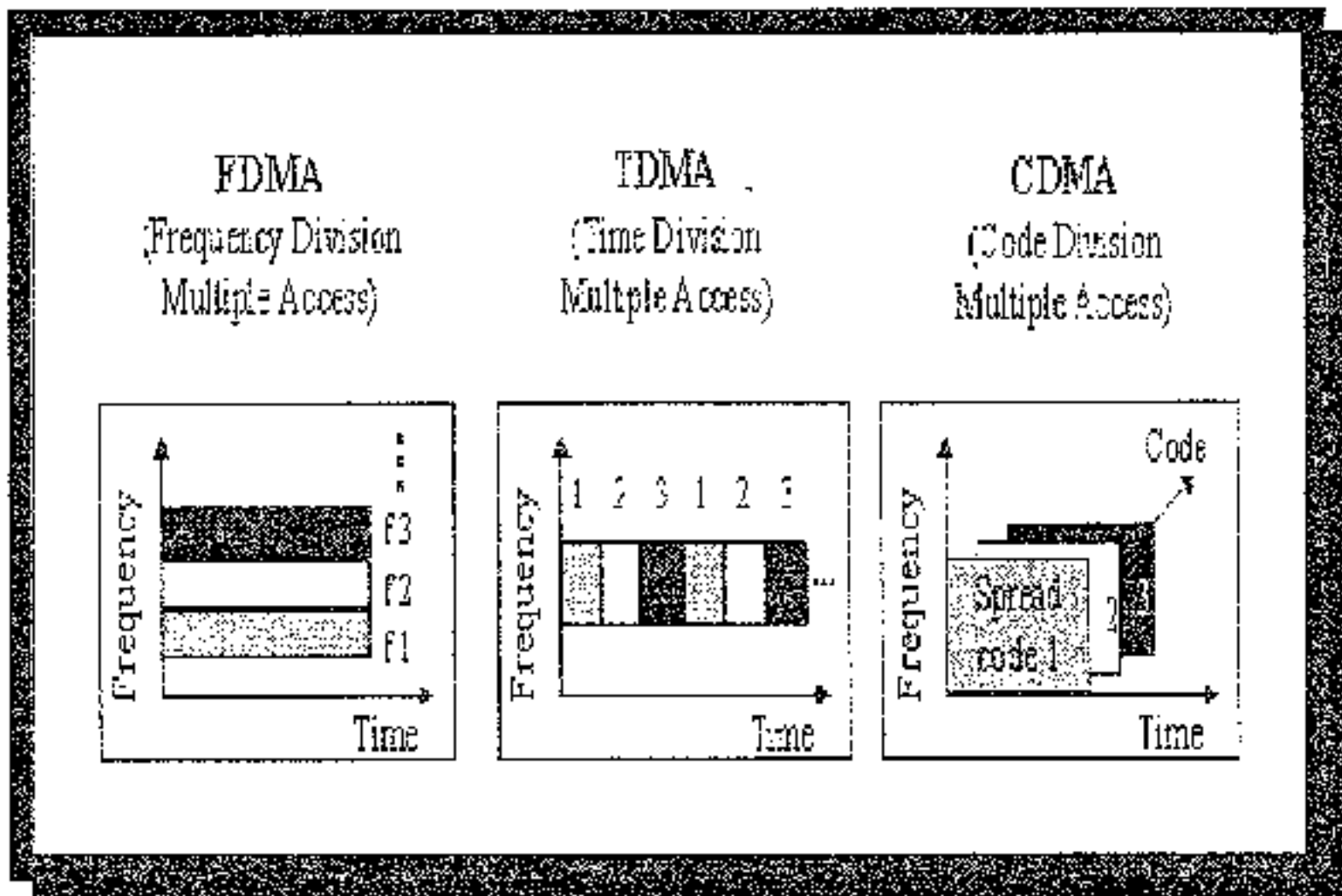
C.



فمثلا الجوال الذي يعمل بتقانة TDMA يمكنه أن يستخدم هذه التقانة مع كل الأنظمة التي تعمل بالتردد 800 ميغا هرتز أو بالتردد 1900 ميغا هرتز وبذلك تكون للجوال خاصية بأنة ذي نطاق مزدوج Dual band كما يوجد أنظمة جولات GSM تعمل بخاصية النطاق الرباعي على الترددات 850، 950، 1800، و1900 ميغا هرتز. وتوجد تقانة أخرى هي تقانة النمط المتعدد Multiple Mode شكل (6-9) تشير هذه الخاصية إلى نوع تكنولوجيا الإرسال المستخدم فالجولات التي تعمل بتقانات AMPS و TDMA من الممكن أن تستخدم كلا من هاتين التقنيتين في استقبال وإرسال البيانات من وإلى الشبكة اللاسلكية حسب الحاجة، بمعنى لو وجد الجوال في منطقة لا يوجد فيها شبكة رقمية فإن الجوال سوف يستخدم الشبكة التماثلية فينقل اتوماتيكياً إلى خاصية AMPS ولكن بمجرد أن يصل إلى منطقة تدعم الشبكة الرقمية يعود إلى TDMA. وهناك جوال من مواصفاته العمل بثلاثة تقنيات ثلاثية أو متعددة tri-mode أي أن الجوال يعمل بالتقنيات الثلاث وهما التقنيتين الرقمتين CDMA و TDMA والتقنية التماثلية AMPS. ويعني أيضاً أن الجوال يعمل بتقنية رقمية واحدة بترددين وتقنية تماثلية. الجيل الثاني للهاتف الجوال كانت المرحلة المنطقية التالية في تطوير السنظم اللاسلكية بعد الجيل الأول، ولأول مرة استخدم نظام الهاتف النقال التكنولوجيا الرقمية البحتة. وزيادة الشبكات، وخاصة في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية داخل المدن، أوجد الحاجة الماسة لزيادة تطور الوسائل المستخدمة لمعالجة العدد الكبير من المكالمات، وبالتالي تجنب مخاطر التداخل وانخفاض عدد المكالمات. ورغم أن الكثير من المبادئ التي استخدمت في G1 طبق أيضاً على نظام G2 فكلاهما يستخدم نفس تركيب الخلايا. ولكن هناك اختلافات في طريقة التعامل مع الإشارات، و شبكات G1 غير قادر على تقديم المزيد من الميزات المتقدمة لنظم G2، مثل هوية المتصل والرسائل النصية.

بدأ إنتاج منظومات لتجيل الثاني للهاتف الجوال (G2) في بداية التسعينيات من القرن الماضي ، مثل منظومات iDEN ("TDMA"), GSM, IS-136 و IS-95 ("CDMA") وقد بدأ تطبيق أول شبكة بنظام GSM في عام 1991 في فنلندا.

الشكل (6-9) طرق تناقل المعلومات من الجوال إلى الشبكة



تتسم منظومات الهاتف الجوال لتجيل الثاني بوجود دوائر التحويل الرقمي لنقل وإدخال متقدم وسريع للإشارات في شبكة الهاتف، وبشكل عام فإن الترددات المستخدمة من قبل الأنظمة في أوروبا لتجيل الثاني كانت أعلى على الرغم من تراكمها مع بعضها ، وعلى سبيل المثال ففي النطاق الترددي 900 ميغاهرتز المستخدم في كل من منظومات G1 و G2 في أوروبا ، والتي فسحت المجال بسرعة للمنظومات G2 بعد إغلاق النظم G1. أما في الولايات المتحدة فإن

نظام IS-54 قد وزع في نفس نطاق حزمة AMPS وحل محل بعض القنوات التماثلية الموجودة.

بالتزامن مع إدخال نظم G2 استبدلت الهواتف الأكبر بهواتف محمولة صغيرة لا يتجاوز وزنها 100 - 200 غم ، والتي سرعان ما أصبحت هي السائدة في السوق. وسبب هذا التغيير هو التحسينات التكنولوجية المستخدمة في هذا الجيل مثل استخدام بطاريات أكثر تقدماً والالكترونيات أكثر كفاءة في استخدام الطاقة لوصول الإشارة للأبراج البعيدة من أجل أن يفتح العملاء.

واحدة من النظم الرقمية الناجحة للجيل الثاني هي خدمات نظام GSM التجاري التي استطاعت أن تبدأ العمل في أوروبا في منتصف عام 1991. نظام GSM قادر على استخدام أي من المديات الثلاثة للترددات 900 و 1800 و 1900 ميجاهرتز ، والكثير من هواتف GSM يمكن أن تخلق حزم مزدوجة التردد أو حزم ثلاثية التردد ، حيث أنها قابلة للتكيف مع النظام المحلي للتردد في المنطقة التي ينتقل عن خلالها المستخدمين. في نظام GSM 900 ميجاهرتز ، على سبيل المثال ، يستخدم نطاق ترددي عرضة 25 ميجاهرتز. الحزمة ذات المدى الترددي 890 - 915 ميجاهرتز مخصصة للاتصالات المتنقلة من المحطة الرئيسية إلى محطة الجوال ، والحزمة ذات المدى الترددي 935 - 960 ميجاهرتز مخصصة للاتصالات المتنقلة من المحطة الرئيسية إلى محطة الجوال. كل حزمة تنقسم إلى 124 ناقل للترددات والتي تتباعد بمقدار 200 كيلو هرتز ، بشكل مماثل لطريقة FDMA المستخدمة في نظم الجيل الأول . ومن ثم فإن كل تردد ناقل باستخدام TDMA مقسم إلى ثمانية أقسام كل قسم يحتوي على

577 حيز زمني كل واحد منها تمثل قناة اتصال واحدة . المجموع الكلي لعند القنوات المتاحة هو  $8 \times 124$  ، ونظرياً فإن الحد الأقصى من المحادثات 992 في وقت واحد . يستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية شكلاً مختلفاً من نظام TDMA يعرف بنظام IS-136 D-AMPS ، وهناك نظام آخر يستخدم في

الولايات المتحدة الأمريكية يطلق عليه نظام (IS-95 (CDMAone) ، والذي هو رمز لتقسيم الطيف لعدد من حالات الدخول لنظام (CDMA) ، ونظام (CDMA) هو الأسلوب المتبع في أنظمة الجيل الثالث G 3.

دخل الجيل الثاني متغيرات جديد في الاتصال مثل الرسائل النصية القصيرة SMS التي طبقت في البداية على شبكات GSM ثم طبقت بعد ذلك على جميع الشبكات الرقمية. أول آلة لتوليد وأرسل الرسالة النصية القصيرة أرسلت إلى المملكة المتحدة في عام 1991. وأول الرسائل النصية القصيرة من شخص لآخر أرسلت في فنلندا في عام 1993. وسرعان ما أصبحت الرسائل القصيرة طريقة الاتصال التي يفضلها الشباب و الجمهور بدلا المكالمات الصوتية. الجيل الثاني لة القدرة أيضا على عرض المحتوى الإعلامي على الهواتف الجواله. و كانت فنلندا أول بلد يظهر فيه الإعلان على الهواتف الجواله حيث تظهر عناوين الأخبار اليومية على خدمة الرسائل النصية القصيرة .

### الجيل الثاني ونصف 2.5G

2.5G هو مرحلة التحول بين الجيلين 2G و 3G. مصطلح "الجيل الثاني ونصف" يستخدم لوصف نظام الجيل الثاني 2G الذي يستخدم تبديل حزمة المجال packet switched domain بالإضافة إلى تبديل دائرة المجال circuit switched domain . ومع ذلك فإنه لا يوفر بالضرورة أسرع الخدمات لأنه يتم استخدام التجميع لفترات زمنية من خدمات البيانات المنقولة بالدائرة كذلك.

ان كل من الجيلين الاول والثاني معرفة رسميا، فان الجيل "2.5G" ليس كذلك. وقد اخترع هذا المفهوم أغراض تسويقية فقط. الجيل 2.5G يوفر بعض مزايا الجيل الثالث (تبديل حزمة المجال) ويمكن استخدام بعض البنى التحتية للجيل الثاني الموجودة في شبكات GSM و CDMA . الجيل 2.5G يستخدم تقنية GPRS. بعض البروتوكولات، مثل CDMA في النظام GSM، و البروتوكول CDMA2000 1x-RTT في النظام CDMA وبذلك يصبح رسميا مؤهلا

كخدمات الجيل ثالث (لأن معدل بياناته تصل إلى 144 Kbps)، وبالرغم من ذلك يبقى هذا الجيل والجيل 2.75G أبطأ كثيراً من الجيل الثالث 3G.

### الجيل 2.75G

الهاتف الجوال من الجيل الثاني هو دائرة رقمية للهاتف الجوال. الهاتف الجوال من الجيل الثالث 3G هو كذلك هاتف رقمي يتعامل مع البيانات السريعة وفقاً لمعيار واحدة كونه عضواً في أسرة الاتصالات المتنقلة الدولية - IMT-2000 من معايير. بعد أن تم تعريف هذه المصطلحات، تمت إضافة حزمة التبديل البطيء إلى معايير الجيل الثاني وسمى الجيل الناتج 2.5G. الجيل 2.75G هو المصطلح الذي وضعه للأنظمة التي لا تستوفي متطلبات الجيل الثالث ولكن يتم تسويقها كما لو أنها من الجيل الثالث (مثل CDMA-2000 دون الناقل المتعدد) مصطلح الجيل 2.75G لم يحدد رسمياً في أي مكان، ولكن اعتباراً من عام 2004 استخدم المصطلح في كثير من الأحيان في تقارير وسائل الإعلام.

### 6-4 الجيل الثالث للهاتف الجوال G3

يعتبر الجيل الثالث من الهاتف الجوال من التكنولوجيات الحديثة للاتصالات اللاسلكية، لأنه يعد جوال الوسائط المتعددة multimedia cell phone. وتسمى هذه الجوالات بالجوالات الذكية ويمتاز بقدرته على تبادل البيانات بسرعة كبيرة ليساعد المستخدم لتصفح الإنترنت بسرعة كبيرة كما يمكن إرسال واستقبال الرسائل الصوتية والفيديو. ويتعامل مع البيانات والصوت والصورة معاً بسرعة تبلغ 2.5 كيلو بايت/ ثانية. وتستخدم شبكات الجيل الثالث G3 عدة تقانات لتبادل المعلومات بينها وبين الجوال وهذه التقانات هي :

وقد تم تقسيم أنظمة الجيل الثالث في العالم إلى ثلاث أنظمة .:

#### 1 - النظام العالمي للهاتف الجوال

UMTS (Universal Mobile Telephone System)

والذي يكون على أساس تكنولوجيا W-CDMA، هو الحل المفضل عموماً من



جانب البلدان التي تستخدم GSM والتي تتمركز في أوروبا. يدار النظام العالمي الهاتف الجوال من قبل منظمة 3GPP والتي هي مسؤولة أيضا عن GSM و EDGE, GPRS,

وتعتبر FOMA، التي أطلقتها اليابان عام 2001 الخدمة الأولى التجارية في العالم للجيل الثالث.

## 2- نظام الدخول المتعدد بالتقسيم الكودي المتطور (CDMA2000)

والذي يعتمد على تطوير تقنية الدخول المتعدد بنظام الشفرات (الكود) (CDMA) المستخدمة في الجيل الثاني في النوع الآخر من نظام الجيل الثالث هو CDMA 2000 ، وهذا النظام استخدم خارج منطقة GSM في الأمريكتين واليابان وكوريا. وهذا النظام يدار من قبل 3GPP2 ، وهو منفصل ومستقل من UMTS's 3GPP.

## 3 - نظام TD-SCDMA

نظام الدخول المتعدد بالتقسيم الكودي المتزامن مع التقسيم الزمني TD-SCDMA (Time - Division - Synchronous Code Division Multiple Access) وهذا النظام لم يستخدم في بدايته عام 2005 بشكل عالمي وقد جري تطويره في جمهورية الصين الشعبية من قبل الشركات ودلتانغ وسيمنز. Datang and Siemens

شبكات الجيل الثاني بنيت أساسا للمكالمات الصوتية والبيث البطيء. بسبب التغييرات السريعة في تكنولوجيا الاتصالات فقد تم التطور من الجيل الثاني إلى الجيل الثالث ويمكن تقسيم التطور إلى المراحل التالية :

أول خطوة رئيسية في التطور نحو G3 حصلت مع إدخال خدمة حزمة الراديو العامة General Packet Radio Service (GPRS). لذلك فإن الجمع بين الخدمات الجواله مع الخدمة GPRS سمي الجيل G2.5. الخدمة GPRS يمكن أن توفر بيانات تتراوح بين 56 كيلو بايت / ثانية إلى 114 كيلوبايت / الثانية.

لذلك يمكن استخدامها للخدمات مثل بروتوكول التطبيقات اللاسلكية (WAP)، خدمة الرسائل القصيرة ، خدمة الرسائل متعددة الوسائط (MMS)، شبكة خدمات الإنترنت ، البريد الإلكتروني والوصول إلى الشبكة العالمية. نقل البيانات بواسطة خدمة GPRS عادة ما تحسب كلفتها لنقل كل ميجابايت ، في حين نقل البيانات عبر الدوائر التقليدية تحسب على أساس كل دقيقة من وقت الاتصال ، بصرف النظر عن ما إذا كان المستخدم يستعمل الساعة اجمعها ، أو في حالة معطلة. GPRS هي أفضل خدمة لحزمة التحويل ، على عكس دوائر التحويل circuit switching ، حيث أن خدمات جودة محددة مضمونة أو موكدة خلال الاتصال لغير مستخدمي الجوال. وهي توفر سرعة نقل معتدل للبيانات ، عن طريق الزمن المجزئ للمناقد المتعددة غير المستخدمة للقنوات Time division multiple access (TDMA). في البداية كانت تلك التقنيات موحدة من قبل معهد المعايير الأوروبية للاتصالات السلكية واللاسلكية (ETSI) ، ولكن الآن استخدمت هذه التقنية من قبل مشروع شراكة الجيل 3GPP . تطورت شبكات GPRS لشبكات EDGE باستخدام الترميز PSK8. تعزيز معدلات البيانات إلى GSM لتطور EDGE ، وتعزيز GPRS (EGPRS) ، أو IMT ، الناقل المنفرد (IMT-SC) متوافقة عكسيا backward-compatible مع التكنولوجيا الرقمية والهواتف الجوال التي تتيح نقل البيانات وتحسين معدلاتها كامتداد فوق تقنية GSM . يمكن اعتبار EDGE تكنولوجيا رقمية للجيل G3 و جزء من تعريف G3 الذي وضعت الاتحاد الدولي للاتصالات ، ولكنها في أغلب الأحيان يشار إليها بالجيل G2.75. لقد نشرت EDGE على شبكات GSM في بداية 2003 في الولايات المتحدة. تم توحيد EDGE من قبل GPP3 كجزء من عائلة شبكة GSM، وقد تم زيادة سعة شبكات GSM/GPRS بمقدار ثلاثة أضعاف. حققت هذه المواصفات معدلات أعلى للبيانات عن طريق التحول إلى أساليب أكثر تطورا للترميز (PSK8). يمكن استخدام EDGE في أي تطبيق لتحويل الحزمة ، مثل الانترنت

والفيديو وغيرها من الوسائط المتعددة. باستعمال شبكات EDGE و إدخال شبكات UMTS نتوصل إلى تكنولوجيا G3 والتي عرض حزماتها 5 ميجاهرتز. بعد وقت قصيرة من استخدام شبكات الجيل الثاني بدأت المشاريع لتطوير نظام جديد لشبكات الجيل الثالث للهواتف الحرارية. وقد دفع المتنافسين استخدام التكنولوجيات الخاصة بها والتي لها العديد من المعايير المختلفة تماما عن الجيل الثاني ، و معنى الجيل الثالث توحيد المقياس وتجهيزها. هذه العملية لا توحيد التكنولوجيا ، وإنما تضع مجموعة من الشروط (مثل استخدام 2 ميجابايت / الثانية كحد أقصى لمعدل البيانات في الداخل ، 384 كيلو بايت / ثانية في الخارج). في تلك المرحلة ، فإن الرؤية القياسية الموحدة في جميع أنحاء العالم قد انهارت وأدخلت عدة معايير مختلفة.

قبل متابعة الجيل الثالث G3 ، فإنه من المفيد النظر في كل عملية من العمليات الهوائية البينية air interfaces الثلاث التالية .

**أولاً :** يجب أن نتذكر أن النقل بالهاتف الجوال يتم عبر موجات راديوية مضمنة تردديا FM بحوالي 400 زوج من القنوات الراديوية.

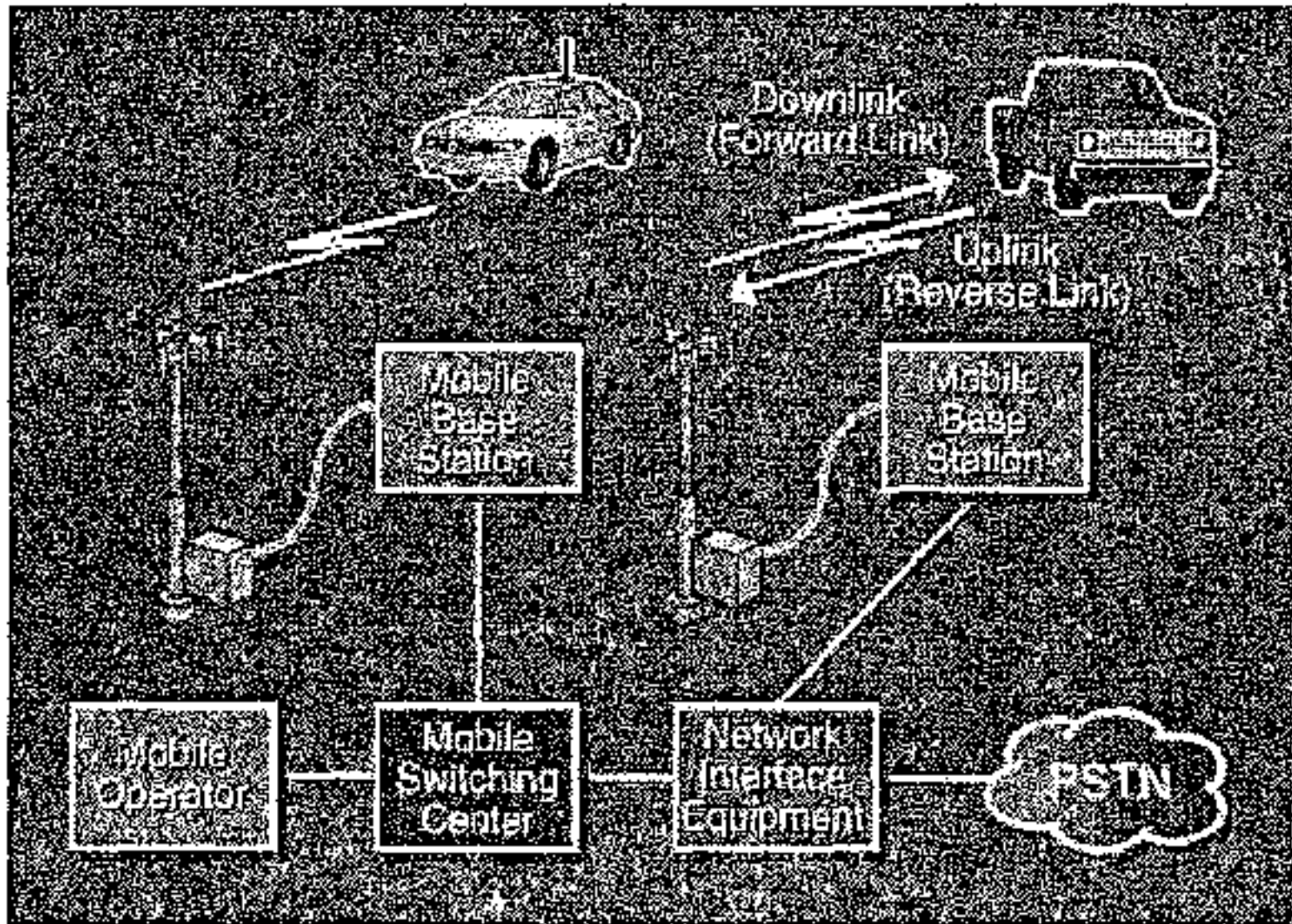
**ثانياً :** هذه القنوات مزدوجة بحيث ان قناة واحدة من الهاتف الجوال تنتقل إلى المحطة الأرضية ، والقناة الثانية تنتقل من الهاتف الجوال إلى المحطة الأرضية وهذا يتيح الاتصال المزدوج. في الشكل ( 6 - 10 ) نشير إلى البنية الهوائية حيث الإرسال والاستقبال.

**ثالثاً :** هناك اتجاهين للسيطرة على القنوات التي تسيطر على القناة الصوتية. ويحتاج البنية الهوائية التي يتم من خلالها تخصيص قناة صوتية لعدد من المستخدمين في وقت واحد.

أول شبكة للجيل الثالث للهاتف الجوال وقبل المحاولات التجارية أطلقت من قبل مجموعة NTT doComo واستعملت في اليابان في مدينة طوكيو في مايو

2001. تم إطلاق أول شبكة تجارية لتجديد الثالث في 1 أكتوبر 2001 ، وذلك باستخدام تكنولوجيا WCDMA. في عام 2002 أول شبكات الجيل الثالث المنافسة CDMA2000 1xEV أطلقتها شركة الاتصالات SK و KTF في كوريا الجنوبية ، ومونتي في الولايات المتحدة والتي أشهرت إفلاسها. وبحلول نهاية عام 2002 الشبكة الثانية WCDMA بدأت في اليابان من قبل شركة فودافون KK. في أول مارس أطلقت الدول الأوروبية الجيل الثالث في إيطاليا والمملكة المتحدة قبل لمجموعة هوتشيسون Hutchison. شهد عام 2003 . مزيدا من عمليات الإطلاق التجارية تمثلت بثمانية من الجيل الثالث ، وستة إضافية من WCDMA واثنين آخرين على EV-DO القياسية.

الشكل ( 6 - 10 ) توضيح النظام الأسلكي في الاتصال المزدوج



خلال تطوير أنظمة الجيل الثالث فإن أنظمة G2.5 مثل نظم CDMA2000 و 1xRTT و GPRS قد وضعت كامتداد لشبكات G2 من أجل وضع بعض ملامح الجيل الثالث ولكن بدون تحقيق معدلات عالية للمعلومات أو مجموعة كاملة من الخدمات المتعددة. نظم CDMA2000 - 1X توفر من الناحية النظرية السرعة القصوى من البيانات التي تصل إلى 307 كيلوبايت/ ثانية. وبعد ذلك فإن نظام EDGE يغطي نظريا الاحتياجات اللازمة لنظام الجيل الثالث . في نهاية عام 2007 كان هناك 295 مليون مشترك في جميع أنحاء العالم على شبكات الجيل الثالث ، والتي تعكس 9 ٪ من إجمالي عدد المشتركين في جميع أنحاء العالم. نحو ثلثي هذه الاشتراكات على المعيار WCDMA وثالثها على المعيار EV-DO . فإن الجيل الثالث للاتصالات وفر أكثر من 120 مليار دولار من الإيرادات خلال عام 2007 في العديد من الأسواق ومعظم الهواتف الجديدة المفعلة كانت هواتف الجيل الثالث. في اليابان وكوريا الجنوبية لم تعد في السوق هواتف الجيل الثاني. في وقت سابق من هذا العقد كانت هناك شكوك حول ما إذا كان يمكن الوصول إلى الجيل الثالث ، وكذلك ما إذا كان ينجح تجارياً. بحلول نهاية عام 2007 كان من الواضح أن الجيل الثالث هو حقيقة واقعة و مشروع ذات ربحية. الجيل الثالث لشبكات الهواتف الجواله هي آخر مرحلة من مراحل تطور تكنولوجيا الاتصالات اللاسلكية. الخصائص الأساسية للجيل الثالث هو المعدلات الكبيرة لنقل البيانات وزيادة القدرة على العرض ، مما يجعلها مناسبة للبيانات عالية السرعة ، فضلاً عن التطبيقات التقليدية للمكالمات صوتية. في الواقع فإن الجيل الثالث مصمم لمعالجة البيانات ، حيث أن الإشارات الصوتية يتم تحويلها إلى بيانات رقمية ، وهذه النتائج يجري التعامل معها في نفس الطريقة التي تعامل بها أي شكل آخر من أشكال البيانات. نظم الجيل الثالث تستخدم ما يسمى بتكنولوجيا حزمة التحويل ( Packet – switching technology ) ، والتي هي أكثر كفاءة

وأُسرع من محولات الدائرة الكهربائية التقليدية ، لكنها مختلفة بعض الشيء  
وتتطلب بنية تحتية لنظم G2.

فوائد للحصول على أعلى معدلات للبيانات ، وزيادة عرض النطاق الترددي يعني  
أن الهواتف الجواله للجيل الثالث يمكن أن تتيح للمستخدمين مجموعة واسعة من  
خدمات البيانات ، مثل الوصول إلى الإنترنت وتطبيقات متعددة أخرى. مقارنة  
بالهواتف الجواله للأجيال السابقة، فإن الجيل الثالث لشبكات الهواتف الجواله يوفر  
العديد من الميزات الجديدة ، وإمكانيات للخدمات الجديدة لا حدود لها تقريبا ، بما  
في ذلك العديد من التطبيقات مثل عقد المؤتمرات عن طريق الفيديو وتصفح  
الإنترنت والبريد الإلكتروني ، والمناداة والفاكس ، والخرائط الملاحية .

الجيل الثالث من اتصالات الجوال المعياري قد يرمج في الأصل من قبل الاتحاد  
الدولي للاتصالات (ITU) في إطار مشروع IMT-2000 ، والتي ولدت  
مجموعة من المعايير لاستخدامها في أجهزة وشبكات الجيل الثالث، وتعرف  
عموما تحت عنوان المنظومات العالمية للاتصالات الحرارية  
(Universal Mobile Telecommunication System) (UMTS)  
نطاقات التردد التي تم تحديدها لهذا النظام هي 1885-2010 ميجاهرتز و 2110-  
2200 ميجاهرتز ، والحاجة لطيف الترددات الإضافية لمواجهة الطلب المتوقع في  
المستقبل قد اخذ بنظر الاعتبار وتم مناقشته في المؤتمر العالمي للاتصالات  
الرائدوية في مايو 2000. بعض المواصفات سمحت بعض الاختيار في التضمين  
للاستخدام ولكن الخيار الرئيسي المتوقع سيكون (CDMA). قنوات التردد سيكون  
عرض حزمها 5 ميجاهرتز كما في GSM ، حيث يمكن استخدامها من قبل عدد  
من المستخدمين في نفس الوقت. ومع ذلك ، في CDMA فإن الإرسال يؤشر  
"labeled" بواسطة الترميز المخطط والذي يكون مختلفا لكل مستخدم. ونظرا

لأن جميع اللبث يحدث في نفس الوقت ، فإن التغييرات التي تطرأ على سعة الموجة الحاملة تكون عشوائية (تشبه الضوضاء)

أنظمة الجيل الثالث G3 ينبغي أن تعمل في مدى طيفي مقبول عالميا ، ويقدم مجموعة

من الخدمات مثل الصوت ، البيانات ، وخدمات الوسائط للمتعددة. من الناحية التقنية فإن المستخدم الثابت يعمل في الخلايا الدقيقة Pico cell ، حيث تصل معدل البيانات إلى 2.048 ميجابايت / الثانية. أما المستخدمين المشاة الذين يعملون في الخلايا الصغيرة micro cell فتكون معدلات البيانات تصل إلى 384 كيلو بايت / الثانية ، أما للمستخدمين المتنقلين بالمركبات فانهم يعملون في الخلايا الكبيرة macrocel ، معدلات البيانات تصل إلى 144 كيلو بايت. ويبين الشكل (6- 11) العلاقة بين مختلف مجالات الخدمة للنظام IMT-2000 . والجزء الحرج من هذا النظام هو توفير حزمة التحويل packet-switched لخدمات البيانات.

اليابان هي أول بلد أدخل نظام الجيل الثالث لان الشبكة لان اليابانية PDC أصبحت تحت ضغوط كبير وقاسية نتيجة للاستخدام الواسع في اليابان للهواتف الحرارية الرقمية. وخلافا لأنظمة GMC ، التي وضعت مختلف السبل للتعامل مع الطلب على تحسين الخدمات ، فإن اليابان لم يمر بمرحلة النظام 2.5G لتعزيز المرحلة لردم الهوة بين الجيل الثاني والجيل الثالث ، وبالتالي فإن الانتقال إلى المعيار الجديد هو بمثابة حل لمشاكل قدرتهم على استيعاب الإعداد الكبيرة من المشتركين.

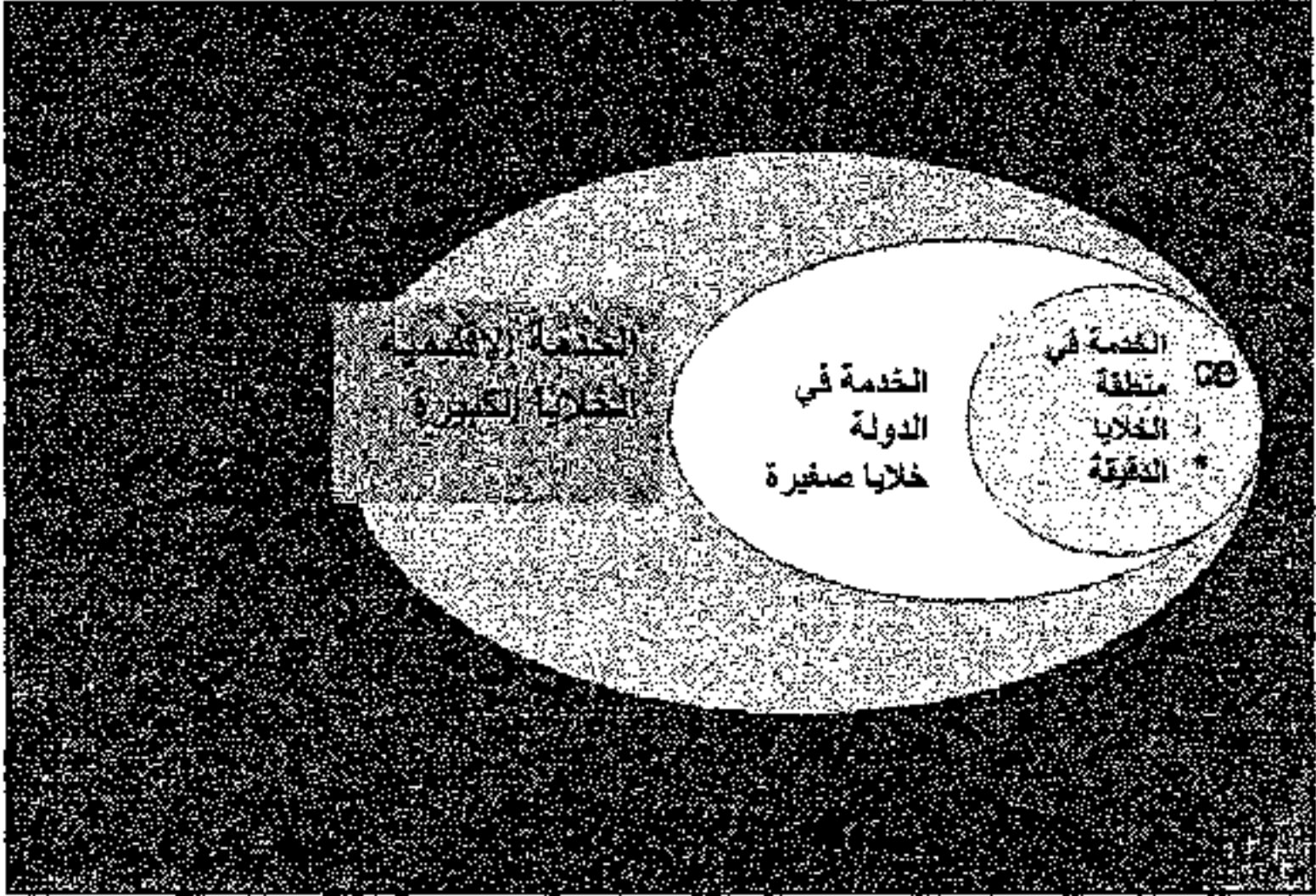
على الرغم من وجود أكثر من نظام، فإن IMT-2000 سوف تصبح ذات مواصفات موحدة وعالمية لنظام الجيل الثالث، وهذا لم يحصل في الممارسة العملية ،لذلك وضعت ثلاث صيغ مختلفة من أنظمة الجيل الثالث. هذا هو مفهوم

المسار التطوري الذي دعا شركات الاتصالات الرائدة في استثمار مبالغ ضخمة من الموارد ضمن شبكة البنية التحتية ، وأنها ليست عملية سهلة لمجرد التغيير من نظام إلى آخر. التكنولوجيا الرئيسية لأنظمة الجيل الثالث الحرارية تشمل التكنولوجيات UMTS ، CDMA2000 ، و التكنولوجيا الأوروبية المعتمدة من UMTS مع استخدام تكنولوجيا الحزم العريضة (W – CDMA) التي اختارت هذا النهج ، بينما في الولايات المتحدة الأمريكية فقد تم تطوير شبكة cdmaOne ورفع مستواها لتصبح قريبة من النظام CDMA2000. لقد تم القبول بأن CDMA هي التكنولوجيا المتقدمة للبحث ، عند مقارنتها مع التقنيات القديمة المستخدمة في نظم WCDMA والتي تزيد من كفاءة استخدام الطيف المتاح ، لأن تقنية TDMA المستخدمة في GSM تمكن جميع المحطات الأرضية من استخدام نفس التردد. في منظومات WCDMA تنقسم البيانات لحزم منفصلة ، ثم تنقل باستخدام تكنولوجيا علبة التحويل ، هذه للحزم تعاد حسب التسلسل الصحيح في نهاية المستقبل عن طريق استخدام الشفرة التي ترسل مع كل حزمة.

WCDMA لديها مشكلة جدية ، تحصل بسبب الحقيقة القائلة بأن المزيد من المستخدمين في وقت واحد مع المحطة الأرضية ، يؤدي إلى حصول ظاهرة تعرف باسم "تنفس الخلية" "cell breathing" . هذا يعني أن المستخدمين يتنافسون على القدرة المحدودة لمحطة الإرسال ، والتي يمكن أن تقلل من مدى الخلية W-CDMA و CDMA2000 ، قد صممت إلى تخفيف حدة هذه المشكلة. الجيل الثالث من الهواتف الجواله كذلك يهدف لخدمة التجوال العالمي (Roaming) في جميع أنحاء أوروبا وأمريكا الشمالية واليابان ، وستكون متاحة على نطاق واسع في كثير من البلدان بدا من عام 2004.



الشكل ( 6 - 11 ) خدمات المنطقة للنظام IMT-2000



المقصود بالتجوال هو الانتقال من خلية إلى أخرى خارج نطاق شركة ذلك الهاتف ويمكن لخلايا الشركة الأخرى التي يتم التجوال عندها ان تتعرف على نظام الشفرات للجوال المشارك بخدمة التجوال . ولكن هناك مشاكل نظرا للمعايير المختلفة ، وهكذا فإنه لا يزال من الضروري أن يكون للهواتف تقنية الحزم المتعددة أو الأنواع المتعددة لغرض التجوال على نطاق واسع. الهاتف 3G قد يستفاد من وجود شبكات 2G و 2.5G عندما لا تكون خدمة الجيل الثالث متوفرة. ترددات التشغيل للعديد من أنظمة الجيل الثالث عادة ما تستخدم أجزاء من طيف الترددات اللاسلكية في المنطقة التي تقرب من 2GHz في نظام (IMT-2000) ، والتي لم تكن متاحة لمشغلي أنظمة 2G ، ولذلك تكون بعيدة عن حزم الترددات المزدحمة المستخدمة حاليا لشبكات 2G و 2.5G أنظمة UMTS مصممة

لتوفير مجموعة من البيانات ومعدلات ، تعتمد على ظروف المستخدم ، وتوفير ما يصل إلى 144 كيلو بايت/ ثانية للتحرك إلى 384 كيلو بايت / الثانية وتصل إلى 2 ميجابايت / الثانية للمستخدم في الداخل أو الثابت. وفي الضد من ذلك فإن معدلات البيانات الأساسية التي تدعمها شبكات 2G هي 9.6 كيلو بايت فقط ، كما هو الحال في GSM التي لم تكن كافية لتقديم أي خدمات رقمية متطورة

الانتقال من خدمة حزمة الراديو العامة (GPRS) إلى الخدمات العالمية للاتصالات (UMTS)

يمكن إعادة استخدام العناصر التالية، من شبكة GPRS:

- سجل موقع المنزل (HLR)
  - سجل زوار موقع (VLR)
  - هوية معدات التسجيل (EIR)
  - مركز التحويل النقال (MSC)
  - مركز التوثيق (AUC)
  - خدمة GPRS لدعم العقدة (SGSN)
  - بوابة GPRS لدعم العقدة (GGSN)
- من أجل خدمة الجوال العالمية (GSM) وشبكة الاتصالات الراديوية ، يمكن إعادة استخدام العناصر التالية:
- قاعدة محطة التحكم (BSC)
  - قاعدة محطة الإرسال (BTS)

يمكن البقاء في الشبكة والتي تستخدم في تشغيل شبكة مزدوجة حيث شبكة G2 وشبكات الجيل الثالث G3 يمكن ان تبقى بينما تنتقل الشبكة والمحطات الجديدة لشبكات الجيل الثالث G3 تصبح متاحة للاستخدام في الشبكة.

فإن شبكة UMTS تدخل عناصر جديدة للشبكة التي تعمل على النحو الذي يحدده GPP3 :

- المسيطر على الشبكة الراديوية (RNC)
- العقدة B للمحطة الأرضية
- بوابة الإعلام (MGW)

وظائف MSC و SGSN تتغير عند الانتقال إلى UMTS . في نظام GSM تتولى MSC جميع دوائر تحويل العمليات التي تربط بين الواجهة A و B للمشاركين خلال الشبكة. SGSN تتعامل مع جميع عمليات تحويل الحزمة ونقل البيانات في الشبكة. في UMTS فإن بوابة الإعلام (MGW) تكون مسؤولة عن نقل جميع البيانات في كل من الدوائر وحزم تحويل الشبكات. MSC و SGSN تسيطر على عمليات MGW. أما العقدة فيعيد تسميتها إلى خدمة MSC و خدمة GSN.

شبكات الجيل الثالث G3 تتيح قدراً أكبر من الأمن عما للجيل الثاني G2 السابقة. من خلال السماح UE لتوثيق الشبكة و يمكن للمستخدم ان يتأكد من أن هذه الشبكة هي الشبكة المطلوبة. شبكات الجيل الثالث G3 تستخدم الشفرة KASUMI بدلاً من الشفرات القديمة A5 / 1 . غير أن عندما من نقاط الضعف الخطيرة في الشفرات KASUMI قد تم تحديدها. إضافة إلى ذلك فإن أمان البنية التحتية لشبكة الجيل الثالث G3 كبيرة. على الرغم من نجاح (G3) المقدم للمستخدمين في جميع أنحاء العالم ، هناك بعض القضايا التي ناقشها المقدمين والمستخدمين حول الجيل الثالث G3:

- الرسوم الباهظة لخدمة الجيل الثالث G3 والاتفاقات والتراخيص .

- العديد من الاختلافات في شروط الترخيص.
- كمية كبيرة من الاعتراضات التي يتعرض لها حاليا العديد من شركات الاتصالات ، مما يجعله يشكل تحديا لبناء البنية الأساسية اللازمة للجيل G3
- عدم وجود دولة من الدول الأعضاء تقديم الدعم المالي.
- غلاء هواتف الجيل الثالث G3.
- عدم قبوله من جانب مستخدمي هواتف G2 للهواتف الجديدة للجيل G3 .
- عدم وجود التغطية ، لأنها لا تزال خدمة جديدة .
- ارتفاع أسعار خدمات الهاتف النقال (G3) في بعض البلدان ، بما فيها الوصول إلى الإنترنت

#### 6-5 الجيل الرابع للهاتف الجوال G4

G4 هو المصطلح للتعبير عن الجيل الرابع للهواتف الحرارية. مرحلة المدى العريض لحزم لاتصالات اللاسلكية الحرارية يتفوق على الجيل الثالث (G3). علما بأنة معايير الهيئات أو الانتقال لم تتفق على تحديد أو تعريف دقيق للجيل G4 . من المتوقع أن تكون من بين السمات المميزة لخواص هذا الجيل هي الجودة العالية للفيديو. شبكات الجيل الرابع من المحتمل أن تستخدم مزيج من WiMAX و Wi1 - Fli . التقانات التي تستخدمها G4 يمكن أن تشمل مستقبلات البرامج الراديوية المحددة- (Software Defined Radio) -SDR، تقسيم التردد المتعامد المضاعف (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) OFDM- ، تقسيم التردد المتعامد المضاعف الدخول (Orthogonal OFDMA Frequency (Division Multiple Access ، و تكنولوجيات (المدخلات والمخرجات المتعددة) MIMO ، UMTS و TD - SCDMA . كل طرق التوصيل هذه مقولبه typified بمعدلات نقل عالية للبيانات وطريقة

تحويل الحزمة لبروتوكولات الانتقال . وعلى النقيض من ذلك فإن، تكنولوجيا الجيل الثالث G3، تعتمد على طريقة تحويل حزمة محولات الدائرة الكهربائية للشبكات. عندما تنفذ التقنية بالكامل ، فمن المتوقع أن الجيل G4 يؤدي لانتشار الكمبيوتر ، والذي يوفر توصيلات متتالية إلى شبكات متعددة فائقة السرعة توفر اتصال يدوي روتيني سلس في جميع أنحاء المنطقة الجغرافية. مشغلي الشبكات يمكنهم استخدام التكنولوجيات المعرفية مثل الراديو والشبكات اللاسلكية لضمان الاتصال وكفاءة توزيع كل من مرور الشبكة والطيف. السرعة العالية التي تتيحها G4 سوف تخلق أسواق جديدة و فرص لكل من الشركات التقليدية و شركات الاتصالات السلكية واللاسلكية. شبكات G4 ، عندما تقترن بهواتف نقالة مزودة بكاميرات رقمية عالية الجودة ستقدم نماذج جديدة لتعاون المواطن والصحافة . قامت الشركة اليابانية NTT docomo باختبار الاتصال للجيل الرابع G4 على 100 ميجابايت / الثانية لمستخدمي الهواتف الجواله ، وتصل إلى 1 جيجا بت / الثانية لهواتف ثابتة. لهذا الشركة خطط لاطلاق أول شبكة تجارية في عام 2010. وشركات الاتصالات السلكية واللاسلكية الأخرى تتحرك بسرعة أكبر. في أغسطس من عام 2006 ، أعلنت شركة سبرنت تكستل عن خطط لتطوير ونشر شبكة الحزمة العريضة الجواله للجيل G4 في الولايات المتحدة باستخدام WiMAX. وقد أعلن في بريطانيا عن خطة لإعلان مزاد الجيل G4 في خريف عام 2006. تتوفر في الوقت لحالي الخدمات التالية لجوال:

1. إرسال الرسائل القصيرة ورسائل البريد الإلكتروني .

2 -الجيل الحالي ينفذ حسابات أكثر تقدما باستخدام حاسب

3 - الاتصال مع الانترنت والحصول على الإخبار العاجلة والمعلومات الأخرى.

4 - استخدام الجول كوسيلة تسلية من خلال الألعاب التي يخزنها الجهاز

5 - دمج أجهزة أخرى مثل الراديو ومشغل MP3 لتشغيل الملفات الصوتية ومشغل فيديو لعرض لقطات الفيديو وكاميرا للتصوير الثابت والمتحرك وقارئ نصوص إلكترونية PDF ومرشد مكاني للجوال بعض العيوب والمشاكل التي تتعرض لها باقي الأجهزة الإلكترونية منها:

1 ( التآكل والصدأ للمكونات الإلكترونية الداخلية بسبب الرطوبة من جسم الإنسان أو الجو لذلك يفضل استخدام حاوية تعزل أجزاء الداخلية عن الرطوبة .

2 ( درجات الحرارة العالية التي يتعرض لها الجوال ومنها خلال تركة في سيارة يسبب تلف البطارية وبعض الأجزاء الإلكترونية الحساسة.

3 ( اختراق شفرة الجوال وسرقة البيانات واستخدام تسجيل الجهاز مع الشركة لإجراء مكالمات على حسابك وتحدث هذه الحالة في الجيل الأول للهاتف.

4 ( إمكانية انتقال فيروسات خاصة بالهواتف تسبب فقد البيانات المخزونة على الجهاز. توجد الآن في أنحاء مختلفة من العالم مجموعة متنوعة من الترددات التناظرية أو الرقمية والتي تستخدم في أجهزة الاستقبال المتنقلة. الترددات الأكثر شيوعا في منظومات الهواتف الجواله تتراوح بين 800-900 ميغاهرتز (التناظرية والرقمية) ، و1800-2200 ميغاهرتز (الرقمية) ، ولكن توجد أجهزة استقبال محمولة والتي تستخدم ترددات منخفضة تصل إلى 45 ميغاهرتز إلى ترددات عالية تصل إلى 2500 ميغاهرتز. القدرة الناتجة من هذه الأجهزة نادرا ما يتجاوز 2 واط ، ولكن

القدرة الناتجة من وحدات محمولة على مركبات مثل تلك المستخدمة من قبل البوليس يمكن أن يصل إلى 100 واط . في كندا فان الهواتف الجواله للتماثلية و الرقمية تعمل بترددات تتراوح بين 800-900 ميگاهرتز ، والجديد منها يعمل على 2000 ميگاهرتز بنظام رقمي وفي أستراليا تعمل الهواتف التناظرية بترددات تتراوح بين 800-900 ميگاهرتز وهواتف الرقمية بنظام (GSM) تعمل حوالي 900-1000 ميگاهرتز وفي أوروبا تعمل الهواتف التماثلية بترددات 900 ميگاهرتز أما الرقمية بنظام (GSM) فتعمل بترددات تتراوح بين 900 و 1800 ميگاهرتز.

## 6-6 مكونات الهاتف الجوال

يحتوي جهاز الجوال على الكثير من الدوائر الالكترونية وفيه الكثير من الأجهزة المعقدة تقنيا هذه الأجهزة تنكس في مساحة صغيرة ويقوم جهاز الجوال بإجراء الملايين من العمليات الالكترونية المتضمنة حسابات كل ثانية أثناء ضغط الموجات الصوتية وتشفيرها وإرسالها ثم بعد ذلك فك شفرة الموجات الصوتية التي يستقبلها فيتم الحديث والاستماع إلى من تتصل بهم. يتكون جهاز الهاتف الجوال من الاجزاء التالية:

### 1 - لوحة مفاتيح الهاتف / Handset/Keypad

لوحة مفاتيح الهاتف توفير التفاعل بين المستخدم والنظام. هذا هو العنصر الوحيد في النظام الذي ، في إطار العملية العادية ، يحتاج المستخدم إلى معرفة جيدا. ان أنظمة الهواتف البسيطة او المتطورة يمكن الوصول إليها عبر لوحة المفاتيح ، وبمجرد أن يتم الاتصال ، فان هذا المكون يوفر وظائف مماثلة لتلك التي في أي هاتف تقليدي. ومع ذلك ، فإن تشغيل الهاتف يختلف كثيرا عن تلك التي عبر للهاتف التقليدية. بدلا من الشروع في الحصول على المكالمه عبر الاتصال الهاتفي

فان المستخدم يقوم بإدخال الرقم المراد الاتصال به ثم يضغط على مفتاح وظيفيه "الإرسال". هذه العملية تحفظ موارد نظام الهاتف الجوال ، لأن عددا محدودا فقط من المكالمات متوفرة في أي وقت من الأوقات. مفتاح "المسح" تمكن المستخدم من مسح الأرقام التي لم يتم الاتصال بها. عندما تقوم الشبكة بمعالجة المكالمات ، فان المستخدم يسمع الاشارات التقليدية مثل إشارة مشغول أو الرنين. من هذه النقطة ، فان الجهاز يعمل بالطريقة المعتادة. لقطع المكالمات ، يتم الضغط على مفتاح "إنهاء" الموجودة على لوحة المفاتيح. الهاتف يحتوي على شاشة صغيرة مضيئة تظهر الأرقام التي تم الاتصال بها ، وتوفر المساعدات الملاحية و ميزات أخرى. ويمكن تخزين أرقام للاستخدام في المستقبل على لوحة المفاتيح.

## 2 - وحدة المنطق للتحكم أو السيطرة Logic/Control

وظائف وحدة المنطق للسيطرة على الهاتف تشمل وحدة الإحالة الرقمية (NAM) (numeric assignment module) والتي تخصص لبرمجة رقم الهاتف للوحدة من قبل مزود الخدمة والعدد التسلسلي الإلكتروني للوحدة، وهو عدد ثابت وفريد إلى كل هاتف. عندما يقوم العميل بالتسجيل في الخدمة، فان الشركة تسجل كل من هذه الأرقام. عندما تكون الوحدة في الخدمة ، وعند الاتصال تقوم الشبكة الجواله باستجواب الهاتف لكلا من هذه الأرقام من أجل التحقق من أن الهاتف هو المشترك الأصلي. وحدة المنطق للتحكم أو السيطرة للهاتف تعمل أيضا على التفاعل مع بروتوكولات الشبكة الجواله. من بين هذه البروتوكولات تحديد قناة التحكم المراد رصد أشاراتها . وتستخدم وحدة المنطق أيضا لرصد إشارات للتحكم من مواقع الخلية بحيث يمكن تنسيق الانتقال بين الهاتف والشبكة والى الخلايا المجاورة كما استدعت الظروف.



### 3 - وحدة الإرسال / والاستقبال Transmitter/Receiver

وحدة الإرسال / الاستقبال للهاتف الجوال تتحكم بها وحدة المنطق. فان القدرة المستخدمة في الهاتف الجوال المثبتة او الجوال في السيارة بحدود 3 واط ، وأجهزة الإرسال الخاصة بها هي أكبر وأثقل من تلك الموجودة في الهاتف الجوال الجوال ذات الوزن الخفيف. الهاتف الجوال الجوال ذات الوزن الخفيف تتطلب قدرة كهربائية تصل الى جزء صغير فقط من الواط.

### 4 - الهوائي Antenna

هوائي الهاتف الخليوي يمكن أن يتكون من هوائي مطاطي مرن موضوع على الهاتف الجوال، وهوائي للتمديد على هاتف الجيب، أو نوع من الهوائي المألوف المشاهدة معلقا على الزجاج الخلفي للسيارات. الهوائيات والأسلاك المستخدمة لربطها أجهزة البث الإذاعي يجب أن تكون خصائصها الكهربائية متناسقة مع دوائر الإرسال. استخدام الهوائيات والكابلات غير المثالية يمكن أن يؤدي إلى ضعف الأداء لتلك الهوائيات. اختيار الكابل غير الصحيح ، أو الكابل تالف، أو التوصيلات الخاطئة تؤدي إلى عطل الهاتف

### 5 - مصادر القدرة للكهربائية Power Sources

أقدم انواع البطاريات القابلة للشحن وارضها والمستخدمه للهواتف الجواله هي بطاريات النيكل - كادميوم (NiCd). البطاريات الحديثة هي بطاريات معدن النيكل - هايدريت (NiMH) والتي توفر وقتا اضافيا للمكالمة مقارنة بالبطاريات ذات الكلفة الواطئة . لأنها توفر نفس فولتية بطاريات النيكل - الكادميوم ولكن مدة المكالمة تزداد الى نسبة لا تقل عن 30% وتزداد الفترة اللازمة لاعادة شحن البطارية الى ما يقرب من 20%.

النوع الآخر هو بطاريات ايونات الليثيوم توفر قدرة كهربائية اكبر، وهي أخف وزنا من بطاريات (NiCd) و (NiMH) للمماثلة في الحجم. تمتاز هذه البطاريات بتحسين اداء للهاتف لنموذج معين من الهاتف الجوال ، مما يساعد على ضمان أقصى قدرة الشحن وحياة طويلة. احدث انواع البطاريات العالية والتي يمكن ان تعمل بطاقة عالية عند الحاجة هي البطاريات القلوية AA alkaline التي يمكن أن توفر مكالمة تصل الى 3 ساعات أو 30 ساعة من زمن الانتظار. هذه البطاريات استقادت من تكنولوجيا الليثيوم - سلفات الحديد ، والذي يؤدي الى تقليل وزن البطارية بنسبة 34% نسبة الى وزن البطاريات القياسية القلوية AA ذات 1.5 فولط، و زيادة فترة التخزين الى 10 سنوات وهي ضعف الفترة الزمنية لتخزين البطاريات القلوية AA. يمكن اعادة شحن البطارية من بطارية السيارة ذات 12 فولت باستخدام موصل الشحن الذي يغذى من وحدة اشعال السجائر في لوحة القيادة للسيارة .

#### 6- لوحة الدائرة الالكترونية

تتكون اللوحة الالكترونية من عدة قطع من الشرائح الالكترونية chips من أهم مكونات اللوحة

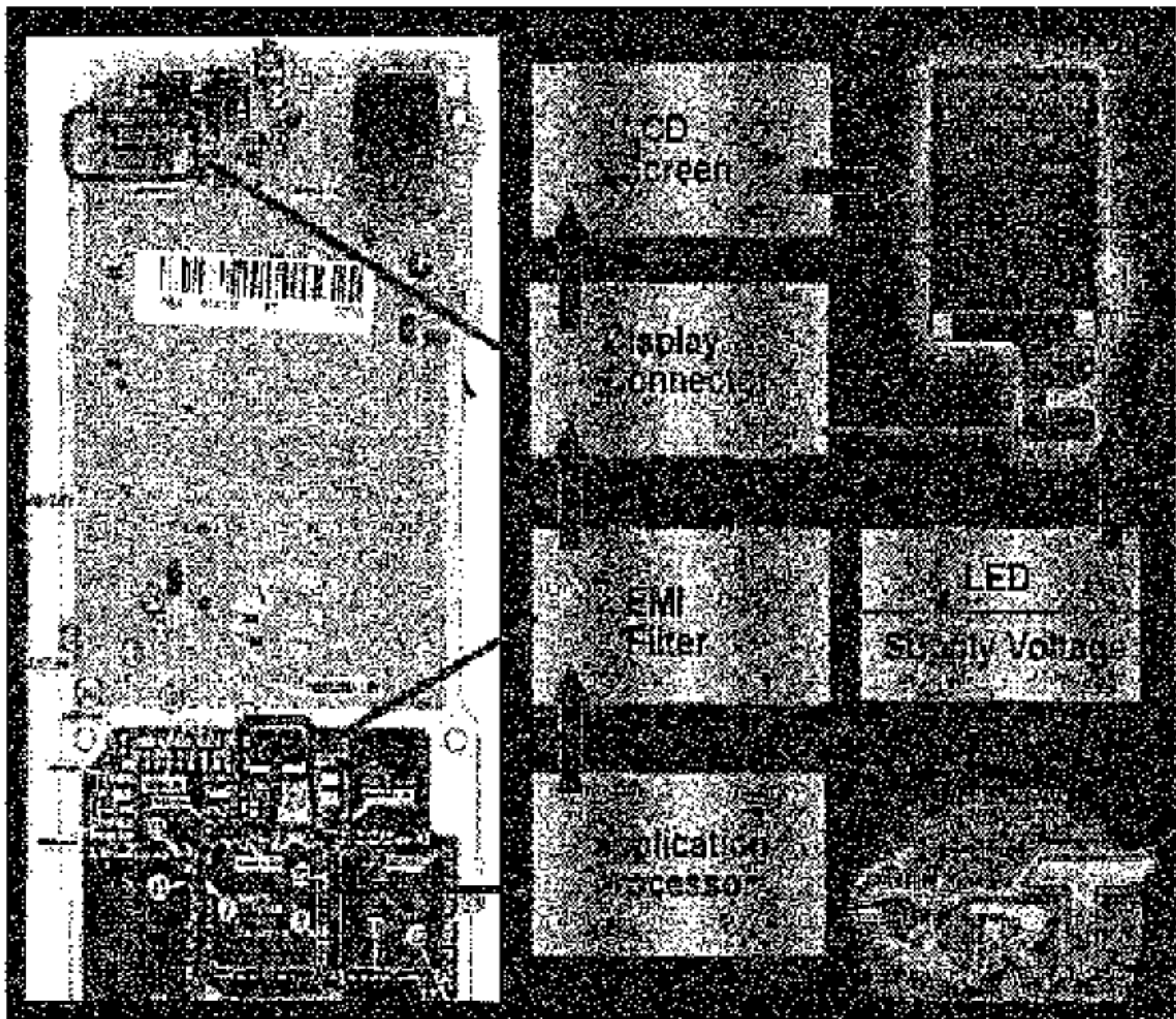
أ - المعالج الدقيق (الميكروبروسسور) والذي يقوم :

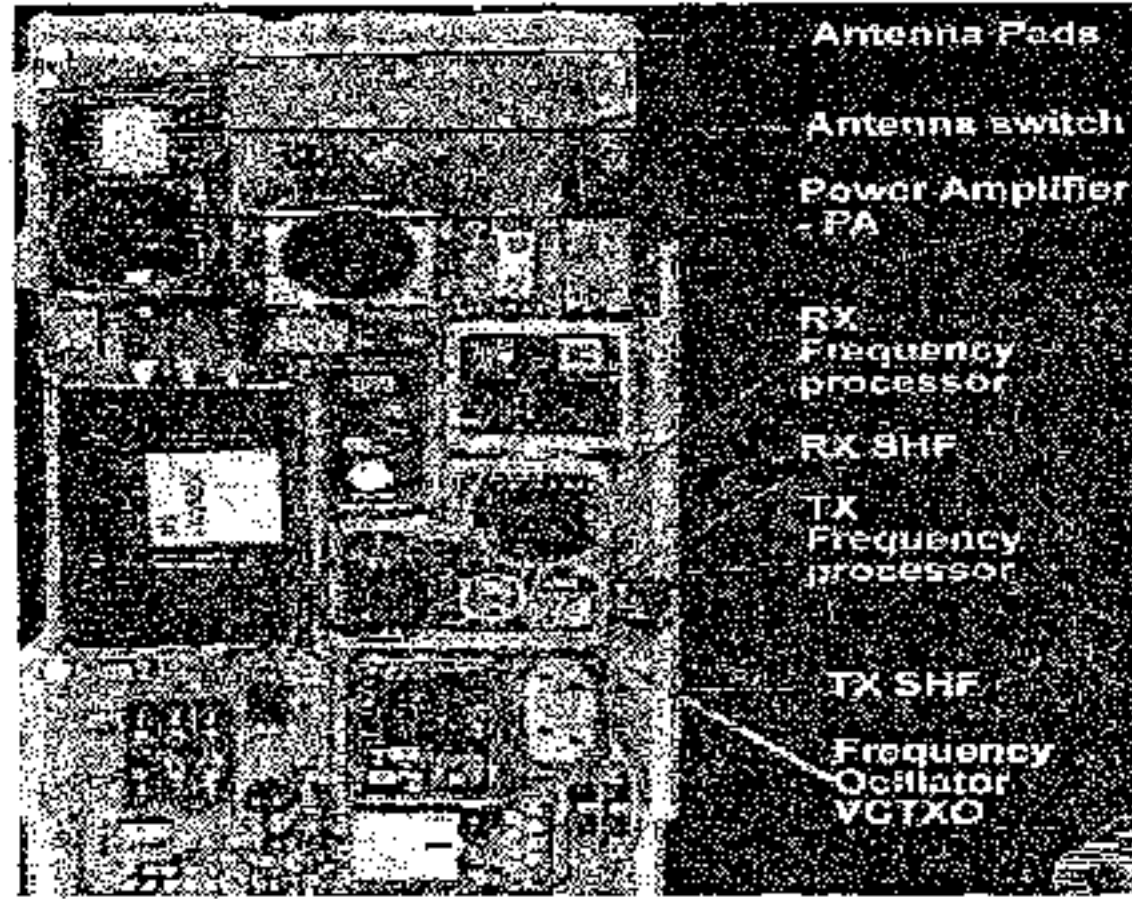
- تحويل الإشارة التماثلية (الإشارة الصوتية) إلى رقمية وبالعكس .يقوم معالج دقيق ويسمى بالمعالج الرقمي digital signal processor عالي الكفاءة يتعامل مع الإشارات الرقمية ويقوم بانجاز عمليات للتحويل بين الإشارات التناظرية والرقمية بسرعة عالية جداً.

• استقبال الإشارة الرقمية التي تحتوي على شفرة الصوت وتحولها إلى إشارة تماثلية.

• يعمل المعالج الدقيق على الربط بين لوحة المفاتيح وشاشة العرض ويظهر كل ذلك على شاشة العرض، كما يعمل على إرسال بعض الأوامر التي يتطلب

### شكل ( 6 - 12 ) مكونات الهاتف الجوال





- تنفيذها من محطة الجوال الرئيسية ويستقبل المعلومات منها و يعرضها باللغة التي يتم اختيارها مسبقاً.

#### ب - الذاكرة العشوائية ROM

الذاكرة العشوائية تعرف باسم ROM وتحتوي أيضا على ذاكرة فلاش لتعطي مساحة كبيرة لتخزين نظام تشغيل الجوال والعديد من البرامج المساعدة مثل برنامج ادارة دليل الاتصالات وبرنامج الأجنده وتنظيم المواعيد شكل ( 6 - 12).

ت - مولد الترددات الراديوية RF الذي يتعامل مع المئات من ترددات القنوات المضمنة تردديا FM وتحتوي على جهاز الطاقة الكهربائية للجهاز وعملية إعادة الشحن.

ث - مكبر الموجات الراديوية التي تتعامل مع الإشارات المرسله والمستقبلة من وإلى الجوال عبر هوائي الجوال.

#### 7 - شاشة العرض LCD

تمتاز شاشات العرض الحديثة كثير بدقة العرض والألوان والمساحة لتتماشى من التطور الحادث على الجوال وعلى الخدمات التي نحصل عليها ، حيث أن

الجوالآت الحديثة أصبحت تحتوي على دليل هاتف وعلى آلة حاسبة وعلى العديد من الألعاب الالكترونه كما أصبح الجوال يستخدم لإرسال واستقبال الرسائل الالكترونه وكذلك لتصفح الأنترنت وهذا يتطلب الجودة العالية والدقة والوضوح واللوان الزاهية والمساحة الكبيرة لشاشة العرض.

#### 8 - المكونات الأخرى:

تحتوي أجهزة الجوال على سماعة وميكرفون بأحجام صغيرة جداً وكفاءة عالية. وقد كانت هذه المكونات قبل سنوات عدة تشغل حيز كبير جداً. ولكن التقدم التكنولوجي والتقنيات الصناعية المذهلة التي جعلت من كل هذه الأجهزة تتجمع في جهاز واحد اسمه الجوال ولا يزيد عن حجم كف اليد.

## الفصل السابع

# التأثيرات الصحية للهاتف الجوال

الهواتف الجواله هي اجهزة للجواله ترسل وتستقبل الإشارات اللاسلكية من شبكة ثابتة ذات طاقة منخفضة، والمحطات القاعدية. وعادة ما تقع المحطات على أسطح المنازل والأبراج واعمدة الانارة. قوة الارسال تختلف باختلاف نوع الهاتف الخليوي ، نوع الشبكة وعلى مسافة الهاتف من المحطة الأساسية. حيث تزداد القدرة بشكل عام عند الابتعاد عن أقرب محطة قاعدية. الطاقة الكهرومغناطيسية اللاسلكية المنبعثة من الهواتف الجواله والمحطات القاعدية هو نوع من الإشعاع غير المؤين. وهو مشابه لنوع من الطاقة المستخدمة في البث الإذاعي و البث التلفزيوني. وعلى عكس الأشعة المؤينة ، والطاقة التردد الراديوي المنبعث من الهواتف الجواله والأجهزة اللاسلكية الأخرى لا يمكن كسر الروابط الكيميائية. وهذا يعني أنه من غير المرجح أن تسبب اضرارا في المود الجينية للجسم . يتم امتصاص بعض من طاقة الترددات اللاسلكية المنبعثة من الهواتف الجواله بجسم الانسان. وتعتمد كمية الطاقة الممتصة على عوامل كثيرة ، منها مدى قرب الهاتف من الجسم ، ومدى قوة الإشارة. وحتى الآن ، فان الادلة من اتجارب على الحيوانات ، وزراعة الخلايا والدراسات على الإنسان لا تدل على أن الطاقة المنبعثة من الهواتف الجواله قوية بما يكفي لتسبب في آثار صحية خطيرة. وأفاد بعض العلماء أن استخدام الهواتف الجواله قد تسبب تغيرات في نشاط الدماغ ، في أوقات رد الفعل ، أو في الوقت الذي يستغرقه للنوم ، ولكن هذه النتائج غير مؤكدة حتى الآن. يتعرض الجمهور للترددات اللاسلكية من ابراج الهاتف الجواله بمستوى بمستوى أدنى بكثير من ذلك للهواتف الجواله. تم تصميم الهواتف الجواله لتعمل على الحد الأدنى للطاقة اللازمة للتواصل والحفاظ على جودة المكالمه. ونتيجة لذلك ، فإن كثافة طاقة الترددات الراديوية المنبعثة من الهواتف الجواله أقل بكثير من المستوى الذي من شأنه أن يسبب مخاوف صحية. ولتقليل

المخاطر من الهاتف الجوال او محطاته القاعديه فيمكن تقليل زمن المكالمه او استخدام السماعات التي تحافظ على الهاتف الخليوي بعيدا عن الرأس والجسم. على الرغم من أن طاقة التردد الراديوي المنبعث من الهواتف الجواله لا يشكل أية مخاطر صحية مؤكده ، لكن استخدام الهواتف الجواله ليست كلها خاليه من المخاطر. وقد أظهرت الدراسات أن :

1 - استخدام الهواتف الجواله أو الأجهزة اللاسلكية الأخرى يمكن يشتت التركيز . أثناء القيادة ، والمشي ، وركوب الدراجات ، أو القيام بأي نشاط آخر يتطلب التركيز على السلامة الشخصية.

2 - وقد يؤدي استخدام الهواتف الجواله الى التداخل مع الأجهزة الطبية مثل أجهزة تنظيم ضربات القلب ، والسمع.

3 - الهواتف الجواله قد تتداخل مع غيرها من المعدات الالكترونيه الحساسه ، مثل الطائرات والاتصالات ونظم الملاحة.

مصادر الترددات الراديوية (اللاسلكية) واسعة الانتشار في الوقت الحاضر في مجتمعنا ومن الأمثلة البارزة هي الاتصالات ، البث الإذاعي أو التطبيقات الطبية والصناعية. المعلومات المتاحة عن الانبعاث الناجم عن الترددات الراديوية يمكن استخدامها من أجل تقييم التعرض الفردي للأشخاص . نحتاج مثل المعلومات للدراسات الوبائية ، والتي تتطلب تحسين منهجية تقييم التعرض الفردي ، و تطوير مقاييس الجرعة الإشعاعية الموجودة.

توصف الترددات الراديوية بأنها إشعاع غير مؤين لان طاقته أقل بكثير من ملي إلكترون فولط وهي طاقة غير كافية لتأين الذرات أو الجزيئات. الطاقة اللازمة لإزالة إلكترون من الذرة أو الجزيء هي بضع إلكترون فولت. فإذا كانت الطاقة أقل من 1 إلكترون فولط ، فأنة من المستحيل أن يحدث التأين ومع ذلك فان التردد



العالي من الإشعاع ، مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ، لها طاقة أكبر من 1 إلكترون فولط ، لذلك يمكنها بسهولة تأين الذرات والجزيئات ، وتوليد بعض الأضرار البيولوجية في الأنسجة حتى في شدة منخفضة للغاية. إن الشدة هي عبارة عن عدد الكدمات التي تسقط على الجسم في الثانية الواحدة ، ولكن حتى وإن كانت هذه الطاقة منخفضة ، فإن كل من الكدمات لديه احتمال أن يقوم بالتأين ويسبب ضررا بيولوجيا بالغا على جزيئات الحامض النووي (DNA). الإشعاع الكهرومغناطيسي غير المؤين يعتقد أن غير ضارا إذا كانت شدته منخفضة للغاية ، على الرغم من أنه يمكن أن يسبب ضررا في شدة عالية. فعلى سبيل المثال ، فإن الضوء ذات الشدة القليلة يمكن أن يولد آثار بيولوجية مفيدة والتي تتيح لنا رؤية الأجسام المضيفة. ومع ذلك ، إذا أصبحت شدة الضوء كبيرة جدا ، فيمكن أن تكون خطيرة وتسبب ضررا بيولوجيا على العين. الشدة العالية جدا لترددات الموجات الراديوية يمكن أيضا أن يكون ضارا كما هو واضح من آثار التسخين المتولد في فرن الميكروويف. لذلك فنحن بحاجة إلى معرفة في أي شدة يمكن للإشعاع أن يبدأ في إحداث الضرر .

بعض الناس يعبرون عن قلقهم عندما يعيشون ويعملون في مدارس أو مساكن ، بالقرب من برج الهاتف الخليوي ويعتقدون بان ذلك يزيد من خطر الإصابة بالسرطان أو مشاكل صحية أخرى. في هذا الوقت الحالي ، وهناك أدلة قليلة جدا وغير مثبتة لدعم هذه الفكرة. من الناحية النظرية ، هناك بعض النقاط الهامة التي تؤكد بان أبراج الهاتف الخليوي غير قادرة على التسبب في الإصابة بالسرطان للأسباب التالية:

أولا ، مستوى الطاقة من الترددات الراديوية (اللاسلكية) موجات منخفضة نسبيا ، خاصة عند مقارنتها مع الإشعاعات المؤينة التي هي معروفة لزيادة خطر الإصابة بالسرطان ، مثل أشعة جاما ، والأشعة السينية. الطاقة من الموجات اللاسلكية المنبعثة من أبراج الهاتف النقال ليست كافية لكسر الروابط الكيميائية في

جزيئات الحامض النووي DNA. المسألة الثانية ، له علاقة مع الطول الموجي. حيث ان موجات الترددات اللاسلكية هي موجات طويلة ، والتي يمكن أن تتركز بمساحة لا تقل عن 2 سنتيمتر. وهذا يجعل من غير المرجح أن يمكن تركيز الطاقة من موجات الترددات اللاسلكية بما فيه الكفاية للتأثير على الخلايا الفردية في الجسم.

ثالثا ، حتى لو كانت موجات الترددات اللاسلكية بطريقة أو بأخرى قادرة على التأثير في خلايا الجسم في الجرعات العالية ، فان مستوى موجات الترددات اللاسلكية الحالية عند مستوى سطح الأرض منخفضه جدا (أقل بكثير من الحدود الموصى بها) . وقد وجد بان مستويات الطاقة من موجات التردد الراديوي بالقرب من أبراج الهاتف الخليوي لا تختلف كثيرا عن مستويات الخلفية للإشعاع الترددات اللاسلكية في المناطق الحضرية من مصادر أخرى ، مثل الراديو ومحطات البث التلفزيوني.

رابعا : وفقا لتقارير منظمة الصحة العالمية فانه لا توجد براهين مؤكدة على وجود

تأثيرات صحية قصيرة او طويلة الأجل تحدث من التعرض للموجات

الكهرومغناطيسية المنبعثة من ابراج ألهاتف الجوال

تقسم الترددات الكهرومغناطيسية غالبا إلى أربعة أقسام وفقا لمدى للتردد وهي :

• للكهربائية الساكنة ذات التردد (0 Hz) وفيها يكون التأثير للمجال

المغناطيسي

• الترددات المنخفضه للغاية والتي يتراوح ترددها بين (0 Hz - 300 Hz)

• الترددات المتوسطة والتي يتراوح ترددها بين (300 Hz - 100 kHz)

• الترددات الراديوية العالية والتي يتراوح ترددها بين (100 kHz - 300

GHz) . الجدول ( 7 - 1).

من المسلم به أن هناك آليات حياتية يمكن أن تؤدي إلى الآثار الصحية نتيجة للتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية القوية. فمثلا للترددات التي تصل إلى 100 كيلو هرتز فان الآلية هو تحفيز خلايا الأعصاب والعضلات بسبب التيارات المحتثة ، وبالنسبة للترددات الأعلى ، فان تسخين الأنسجة هي الآلية الرئيسية. هذه الآليات يمكن أن يؤدي إلى آثار حادة إذا تجاوز التعرض الأدلة الإرشادية الصادرة عن الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة ICNIRP. الاهتمام الحالي ينصب في احتمال حدوث الآثار الصحية عند التعرض لمستويات أقل ولكن يكون التعرض على المدى الطويل. البحوث ذات الصلة لتقييم المخاطر الصحية الناتجة عن المجالات الكهرومغناطيسية يمكن تقسيمها إلى قطاعات واسعة مثل الدراسات الوبائية ، الدراسات التجريبية على الإنسان ، الدراسات التجريبية على الحيوانات ، الدراسات على زراعة الخلية، الدراسات حول الآليات البيولوجية والفيزيائية ، قياس الجرعات ، و تقييم التعرض -

#### الجدول ( 7-1 ) مصادر الترددات الكهرومغناطيسية .

أمثلة لمصادر التعرض	الترددات	الموجات كهرومغناطيسية
أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي للتشخيص الطبي ، بعض الأجهزة العلمية وأجهزة لحام	0 Hz	الكهربائية الساكنة
خطوط نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية والمحركات الكهربائية في السيارات والقطارات .	0-300 Hz	الترددات الكهرومغناطيسية المنخفضة

أجهزة مكافحة سرقة المحال التجارية ، نظم المراقبة ، وقارئ البطاقات وأجهزة الكشف عن المعادن .	300 Hz - 100 kHz	الترددات الكهرومغناطيسية المتوسطة
الهاتف الجوال ؛ الإذاعة والتلفاز ؛ أفران الميكروويف؛ الرادار ، أجهزة الإرسال والاستقبال الراديوية الحرارية والثابتة .	100 kHz - 300 GHz	الترددات الراديوية العالية

تقييم المخاطر الصحية المرتبطة بتقييم الأدلة لكل قطاع من هذه القطاعات ومن ثم جمع الأدلة من جميع القطاعات لتقييمها مجتمعة. هذا التقييم المشترك ينبغي أن يتصدى لمسألة وجود أو عدم وجود مخاطر صحية ، في حال وجود علاقة سببية بين التعرض وبعض التأثيرات الضارة بالصحة. الإجابة على هذا السؤال ليست بالضرورة نهائية بنعم أو لا ، ولكن قد يوضح الأدلة على وجود الخطر. عند تقييم المخاطر ينبغي التصدي لحجم وتأثير شكل دالة الجرعة والاستجابة ، أي أن حجم التعرض للمخاطر المختلفة يعتمد على مستويات وأنماط التعرض. تقييم المخاطر بشكل تام يتضمن توصيف التعرض للسكان وتقدير تأثير التعرض. الدراسات الوبائية والتجريبية تخضع لمعاملة مماثلة في عملية التقييم، فإنه من الأهمية تقييم الدراسات الإيجابية والسلبية ، أي ، الدراسات التي تشير إلى أن المجالات الكهرومغناطيسية لها تأثير سلبي والدراسات التي لا تشير إلى وجود مثل هذه التأثيرات .

بدأ استخدام الهواتف الجواله على نطاق واسع في دول العالم خلال التسعينات من القرن الماضي والهاتف الجوال جهاز أحادي القناة ثنائي العمل ( إرسال واستقبال) واطئ القدرة. ويتم إرسال والاستقبال خلال المحطات القاعدية وهي محطات ثنائية العمل متعددة القنوات وواطئة القدرة ، ولأن طاقة التردد الصادرة عن هذه المحطات واطئه جدا ( ذات مدى قليل نسبيا )، فمن المستبعد إحداث مخاطر

صحية طالما أن الجمهور بعيد عن الاتصال المباشر بالهوائيات . من الأهمية  
بمكان أن نعرف الفرق بين الهوائيات (الأجهزة التي تنتج الترددات الراديوية) ،  
والأبراج أو السوراري أو الهياكل التي توضع عليها الهوائيات. حيث أن الناس يجب  
عليهم عدم التقرب من الهوائي ، وليس الهياكل التي تحمل الهوائي. قد تكون هناك  
بعض الأسباب التي تدعو إلى القلق على صحة الإنسان من ناحية الهواتف الجواله  
هذه المخاوف موجودة لأن هوائيات الهواتف الجواله باليد تولد الكثير من طاقة  
الترددات اللاسلكية على مساحة صغيرة جدا من جسم المستخدم. أما هوائيات  
المحطات القاعديه فإنها لا تولد الكثير من طاقة الترددات اللاسلكية في موقع محدد  
من الجسم (إلا عند الوقوف أمامه مباشرة) ، وبالتالي فإن قضايا السلامة  
المحتملة المتعلقة بالهواتف ليس لها تطبيق حقيقي لهوائيات المحطة القاعديه.

تحصل تأثيرات الإشعاع الصادر من الترددات الراديوية عند امتصاص طاقة  
إشعاع ، وهو إشعاع غير مؤين تختلف تأثيراته البيولوجية عن تأثيرات الإشعاع  
المؤين الصادر عن الأشعة السينية وأشعة جاما والتي لها طاقة كافية لكسر  
الأواصر الكيماوية (تأين) حيث تعمل على تدمير المادة الجينية للخلايا ومن  
المحتمل أن يحدث تأثيرات سرطانية . للترددات الواطئة المستخدمة في الهواتف  
الجواله ومحطاتها الارضية التي تقع ضمن المدى (800 - 2200) ميغاهرتز،  
تكون طاقة الإشعاع غير كافية لكسر الأواصر الكيماوية ، فعليه لا يوجد تشابه بين  
التأثيرات البيولوجية الناتجة عن الإشعاع المؤين وغير المؤين.

جزء من الموجات الراديوية المنبعثة من الهاتف الجوال يمتصها رأس الإنسان.  
القدرة العظمى للموجات الراديوية المنبعثة من الهواتف ذات النظام العالمي GSM  
تساوي 2 واط ، و للهواتف التناظرية في أمريكا 3.6 واط. التكنولوجيات الرقمية  
الحديثة للهاتف الحرارية مثل نظام CDMA2000 و D-AMPS لها قدرة  
عظمى قليلة أقل من 1 واط. شرعت الهيئات التنظيمية في معظم بلدان العالم  
لوضع قيم مرجعية للحد الأقصى للقدرة المنبعثة من الهاتف الجوال. في معظم

أنظمة الهاتف الجوال والمحطات القاعدية تتأكد من جودة الاستقبال ، شدة الإشارة ، و مستوى القدرة داخل أو خارج المباني. معدل امتصاص الإشعاع في جسم الإنسان يقاس بمعدل الامتصاص النوعي (SAR) ، ومستوياتها القصوى حددت من قبل الوكالات الحكومية في العديد من البلدان، ففي الولايات المتحدة قيمة SAR 1.6 واط / كجم لحجم معين لنسيج كتلته حوالي 1 جرام ، وعلى الرأس. وفي أوروبا فان الحد الأقصى هو 2 واط / كجم ، لمعل حجم معين لنسيج كتلته حوالي 10 جرام من نسيج الجسم. قيم SAR تعتمد اعتمادا كبيرا على متوسط مساحة الحجم المعرض، لذلك فان المعلومات حول متوسط الحجم مهمة جدا للمقارنات بين قياسات مختلفة، حيث ينبغي مقارنة أنسجة كتلتها 10 جرام في المعيار الأوروبي فيما بينها ، و مقارنة نسيج كتلته حوالي 1 جرام في المعيار الأمريكي فيما بينها. البيانات لمقدار SAR لبعض الهواتف الجواله مع بعض المعلومات المفيدة الأخرى ، يمكن الاطلاع بشكل مباشر على مواقع الشركات المصنعة .العديد من الدراسات العلمية حول الآثار الصحية المحتملة من إشعاعات الهاتف الجوال تم استعراضها من قبل بعض اللجان العلمية لتقييم المخاطر بشكل عام. صدر في عام 2007 تقييم حديث من قبل المفوضية الأوروبية لتحديد المخاطر الصحية (SCENIHR) أوضحت بان البحوث المتاحة حول الهاتف الجوال لم تظهر تأثير ملموس على صحة الإنسان عند التعرض لمستويات طبيعية من ترددات الهاتف الجوال. الدراسات التي تم استعراضها أوضحت بأن التعرض للإشعاع العادي للهاتف الجوال لم يسبب الصداع ، الدوار ، سرطان الدماغ ، آثار عصبية ، أو تأثيرات على الجهاز التناسلي. وهناك دراسات قليلة تشير أن التعرض لموجات الهاتف الجوال قد تسبب أورام حميد في العصب السمعي. مع ذلك هناك حاجة إلى المزيد من الدراسات حول الآثار الصحية المحتملة على الأطفال.

## 7 - 2 الدراسات والبحوث العلمية

تقييم المخاطر الصحية الناجمة عن التعرض لمجالات الموجات اللاسلكية يعتمد على نتائج الدراسات العلمية الرصينة والقابلة للتكرار ، وان الحاجة كبيرة لمثل هذه الدراسات للتأكد من أن تأثير التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية من الهاتف قليلة. تقارير مثل هذه الدراسات موجودة في المجالات العلمية ، على الرغم من أن الخبراء يبحثون في الأدلة من جميع مصادر المعلومات المتوفرة لديهم.

منظمة الصحة العالمية تعرف الصحة بأنها حالة من اكتمال السلامة بدنياً وعقلياً والرفاه الاجتماعي ، وليس مجرد غياب المرض أو العجز. وبالتالي فإن فريق الخبراء يبحثون في المخاطر التي تؤثر بها الهواتف الجواله والمحطات القاعدية على صحة الإنسان. أعرب مجموعة من العلماء اجتمعوا في فيينا في تشرين الأول عام 1998 عن المخاوف بشأن الآثار البيولوجية والمخاطر الصحية المحتملة من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية .

تقييم المخاطر يعتمد بشكل عام على البيانات التجريبية من النظم البيولوجية ، أنظر في الآليات الممكنة لتقييم المخاطر ذات الصلة مهمة، لسببين: الأول ، إن البيانات التجريبية بشأن الآثار البيولوجية للمجالات الكهرومغناطيسية هي مجتزأة ومتناقضة في كثير من الأحيان ، وفهم الآليات الحياتية عن الآثار البيولوجية يمكن أن تساعد على ترشيد وفهم البيانات.

وثانياً ، من الضروري استقراء البيانات من شروط تعرض واحد إلى الحالات الأخرى ، والاستقراء يمكن الاعتماد عليه عند فهم الآليات التعرض.

المجالات الكهربائية والمغناطيسية التي تتولد في الجسم بواسطة مصدر كهرومغناطيسي قريب قد يسبب تأثيرات بيولوجية حرارية وغير حرارية على حد سواء. آثار المجالات المغناطيسية تعتمد على التردد ، وربما تكون أكبر في الأنسجة البيولوجية التي تحتوي على كميات صغيرة من أكاسيد الحديد ( $Fe_3O_4$ ) magnetite وهي مواد فيرو مغناطيسية تتصرف في المجالات المغناطيسية مثل

الحديد . أكاسيد الحديد موجودة في أنواع معينة من البكتيريا وفي خلايا الكثير من الحيوانات ، بما فيها الإنسان وبعض أنواع الطيور والأسماك والتي توفر حساسية مغناطيسية ، تستخدم في الملاحة. ومع ذلك ، لا توجد آثار أخرى مرتبطة بتفاعل المجالات الكهرومغناطيسية مع أكاسيد الحديد في الحيوانات. أوضحت الحسابات بأن التفاعل الناتج عن الترددات اللاسلكية العالية مع المجالات المغناطيسية التي تولدها الهواتف الجواله هي صغيرة للغاية ، وبأن أي آثار أخرى للمجالات المغناطيسية على هذه الترددات ينبغي أن يكون أقل. يبدو أن المتفق عليه عموماً أن التأثيرات للبايولوجية من الهواتف الجواله ناتجة عن المجالات الكهربائية بدلا من المجالات المغناطيسية.

### 7 - 3 التأثيرات غير الضارة

أدرجت نتائج مئات من الدراسات والبحوث حول استخدام موجات الهاتف الجوال على وجه التحديد في قاعدة بيانات بحوث منظمة الصحة العالمية (WHO) على الانترنت، الغالبية العظمى من هذه الدراسات لم تشر إلى أي آثار صحية ضارة مرتبطة بالهواتف الجواله. عند كبير من الخبراء والسلطات الصحية استعرضت جميع البحوث المتاحة ، وقد لخصت منظمة الصحة العالمية هذه التأثيرات " استنادا إلى الدراسات المتعمقة في السنوات الأخيرة فقد وضحت منظمة الصحة العالمية إلى أن الأدلة الحالية لا تؤكد وجود أضرار صحية ناجمة عن التعرض لمستويات منخفضة من مجالات الترددات الراديوية للهواتف الحرارية أو المحطات القاعدية ". وفي مجال الآثار البيولوجية والتطبيقات الطبية للإشعاع غير المؤين فقد نشر ما يقرب من 25000 بحث ومقالة على مدى الثلاثون سنة الماضية. وعلى الرغم من ذلك فإن إجراء المزيد من البحوث الإضافية سيكون مفيدا لزيادة المعرفة ولضمان أفضل تقييم ممكن عن المخاطر الصحية في هذا المجال.



لقد تبنت منظمة الصحة العالمية المشروع الدولي للمجالات الكهرومغناطيسية ، والذي من أهم أهدافه إجراء المزيد من البحوث قبل إعطاء صورة واضحة عن التأثيرات الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية .

وبالمقابل فإن بعض الباحثين أكدوا بأن التعرض للتردد الراديوية ، وحتى عند مستويات أدنى من المبادئ التوجيهية العالمية ، لا يولد آثار ضارة بالصحة ، وبأن الفجوة في المعرفة كافية لتبرير الوقاية من الإشعاعات غير المؤينة. لذلك أوصت بعض الهيئات الدولية إتباع النهج الوقائي ، والتي ينبغي اعتماده حتى التوصل إلى معلومات علمية متينة وأكثر تفصيلا عن أي آثار صحية من خلال إجراء مزيد من البحوث . قامت مجموعة من الخبراء المستقلين في بريطانيا عام 2000 بقيادة السير وليام ستوارت للتحقق من الآثار الصحية المحتملة الناجمة عن تكنولوجيا الهاتف الجوال بما في ذلك المحطات القاعدية. اطلعت المجموعة على البحوث التي أجريت مؤخرا وأدلة العلماء ، واستمعت إلى آراء الجمهور في اجتماعات مفتوحة في جميع أنحاء المملكة المتحدة. وتوصلت إلى أن الأدلة المتجمعة في ذلك الوقت تشير إلى أنه لا يوجد خطر كبير على الصحة العامة للناس الذين يعيشون بالقرب من محطات القاعدة أو الذين يستخدمون الهاتف الجوال ، على افتراض أن التعرض المتوقع يكون جزء صغير من قيم المبادئ التوجيهية. كذلك فإن الثغرات في المعارف العلمية قاد فريق البحث أن يوصي باتخاذ تدابير وقائية عند استخدام الهواتف الجوال أو العيش قرب المحطات القاعدية حتى توفر مزيد من البحوث.

#### 7 - 4 التأثيرات الحرارية Thermal Effects

فرن الميكروويف هو أحد الأجهزة المعروفة جيدا التي يعتمد عملها على ظاهرة التسخين بواسطة الترددات الراديوية ( ذات الطول الموجي القصير جدا والتردد

العالي). أساس عمل هذا الجهاز هو عملية تسخين المواد العازلة (مثل الأنسجة الحية) نتيجة لدوران الجزيئات القطبية الناجمة عن المجال الكهرومغناطيسي. التأثيرات الحرارية هي تلك التأثيرات التي تتجم عن ارتفاع درجة الحرارة نتيجة الطاقة الممتصة من المجالات الكهربائية المهتزة. القوة التي ينتجها المجال الكهربائي على الأجسام المشحونة ، مثل الأيونات المتحركة الموجودة في جسم الإنسان، تسبب حركة الأيونات تولد تيارات كهربائية دوامة تتدفق في المقاومة الكهربائية للمواد ويتولد عنها التسخين. هذا التسخين يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة الجسم بشكل مستمر، حتى تكون الحرارة المتولدة في حالة لتزان مع معدل الحرارة التي تزال نتيجة لدورة الدم من وإلى أجزاء أخرى من الجسم. يقدر الزمن المستغرق لذلك بعدة دقائق من لحظة التعرض للأشعة المنبعثة من المجالات الكهرومغناطيسية وحتى وصول درجات حرارة الجسم إلى التوازن النهائي. في ضوء هذه الاستجابة البطيئة، فإن توازن درجة الحرارة الناجمة عن المجال النبضي للاتصالات المتحركة سوف تحددها معدل الامتصاص النوعي.

لم يثبت إمكانية قياس هذه التغيرات الطفيفة في درجات الحرارة بصورة مباشرة ، فيما عدا تلك التي تحصل على الجلد الخارجي ، درجة الحرارة تعتبر عاملاً مباشرة لتحديد الأضرار الحرارية على الأنسجة ، أغلب الدراسات النظرية في الوقت الحاضر اقتصرت على حساب SAR وحدها. العلاقة بين SAR وارتفاع درجة الحرارة علاقة معقدة ، تعتمد اعتماداً كبيراً على شكل ونوع الهوائي ومكانه والتردد المستخدم. أكثر التعقيد لحساب درجة الحرارة يتمثل بنمذجة تأثير تدفق الدم على نقل الحرارة.

في دراسة نشرت مؤخراً لكمية الحرارة المترسبة داخل الرأس من هوائي ثنائي القطب عند التردد 915 ميغاهرتز وبلغ متوسط القدرة الخارجة منه 0.25 واط (أي ما يعادل القدرة التي يؤثر بها الهاتف الجوال التقليدي) والتي تم حسابها بواسطة نموذج زمن الفرق المحدد finite difference للمقدار SAR مع النموذج

الحراري الجديد . النموذج الحراري يشمل تأثير حمل الأوعية الدموية ، التي حددت تشريحا باستخدام الرنين المغناطيسي لتصوير الأوعية لمتطوعين أصحاء ، وكانت نتائج هذه الدراسة بان مقدار SAR حوالي 1.6 واط / كجم ، والحد أقصى لارتفاع درجة حرارة الدماغ بلغت 0.11 درجة سيليزية في الحالة المستقرة. هناك اتفاق عام في حساب درجات الحرارة في الدماغ باستخدام معادلة Pennes والتي استخدمت النموذج الجديد لتدفق الدم في الأوعية الدموية ، بأنها نتائج غير حاسمة. ومع ذلك ، ينبغي القيام بمزيد من العمل لتطبيق هذا النموذج على محاكاة أكثر واقعية لمكونات الهاتف الجوال ، والتحقيق في تأثير اتجاهات مختلفة للهوائي والترددات (لاسيما عند التردد 1800 ميجاهرتز المستخدم في الهواتف الجواله).

هناك محددات دولية لتعرض العاملين والجمهور لترددات الإشعاع غير المؤين الناتج عن هوائيات المحطات الأرضية والهاتف . يمكن أن يكون التعرض خطيرا إذا كانت الطاقة عالية وقد تشمل الإضرار المحتملة (عمى العين ، حروق في الجلد ، إجهاد حراري) وهذه الإضرار تعتمد على معدل امتصاص الطاقة وضمن مدى واسع من الترددات، وتتناسب التأثيرات البيولوجية تناسبا طرديا مع ارتفاع درجة الحرارة ويعتمد على معدل الطاقة الممتصة . يمكن للترددات الكهرومغناطيسية أن تخترق أنسجة الجسم حسب طاقتها فتولد حرارة عادة ما يستطيع الجسم التعامل معها و تبديدها لكن الهاتف الجوال يصدر إشعاعات ذات طاقة ضئيلة جدا بحيث أن الزيادة الموضعية في حرارة المنطقة الملامسة للجوال قلما تؤثر على درجة حرارة الجسم الكلية. عند أستخدام الهاتف الجوال ، فان تأثير التسخين يكون على سطح الرأس ، مما يؤدي إلى زيادة درجة الحرارة بمقدار جزء من الدرجة. في هذه الحالة ، يكون مستوى الارتفاع في درجة الحرارة هو أقل من تلك الحرارة التي تحصل خلال التعرض المباشرة لأشعة الشمس. الدورة الدموية للدماغ قادرة على التخلص من الحرارة الزائدة عن طريق زيادة تدفق الدم ، ولكن قرنية العين

ليس لديها هذه الخاصية . فقد وضعت احد الدراسات بان تعرض عيون الأرانب لأشعة الموجات الراديوية لمدة 2-3 ساعات قد أدت إلى إعتام عدسة العين - ألماء الأبيض (Cataract) عند معدل (SAR) يبلغ 100-140 واط / كغم، والتي رفعت درجة حرارة عدسة العين إلى  $41^{\circ}\text{C}$  لكن إعتام عدسة العين المبكر لا يصاحب استخدام الهواتف الجواله بسبب أن طاقة البث واستقبال قليله.

من المعروف جيدا أن التعرض المفرط للترددات اللاسلكية ذات الطاقة العالية قد تكون خطرة بسبب التسخين المفرط للأنسجة. المخاطر الناجمة عن امتصاص الحرارة في الجسم من الهواتف الجواله ومحطاتها تتضمن الضرر الحراري إلى الأنسجة ، إعتام عدسة العين ، والآثار الفسيولوجية ، ولكن الهواتف الجواله ومحطاتها تعمل على مستويات منخفضة جدا للطاقة والتي لا يمكن أن تؤدي إلى مثل هذه المخاطر. الآثار البيولوجية الناتجة عن امتصاص طاقة الموجات الراديوية غالبا ما تؤدي إلى تسخين الأنسجة والتي يشار إليها باسم "آثار حرارية". المعروف منذ سنوات عديدة على أن التعرض لمستويات عالية جدا من الترددات الراديوية يمكن أن تكون ضارة نتيجة لطاقة الترددات اللاسلكية لتسخين الأنسجة البيولوجية. تلف الأنسجة البشرية يمكن أن تحدث أثناء التعرض لمستويات عالية من الترددات الراديوية نظرا لعدم قدرة الجسم على التعامل مع الحرارة العالية أو تبديدها . العينين والخصيتين حساستين للتعرض للموجات الراديوية ، بسبب النقص النسبي في تدفق الدم فيهما وبذلك لا يمكن تبديد الحرارة العالية. عند مستويات منخفضة نسبيا من التعرض للترددات الراديوية ، فإن الحرارة المتولدة تكون قليلة ، و الآثار البيولوجية الضارة لا يمكن معرفتها بدقة. لكن هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتحديد الآثار البيولوجية ، على صحة الإنسان.

يعتمد التأثير الصحي للموجات الراديوية على مقدار التردد:

1- الترددات الراديوية التي ترددها يساوي 1 ميغاهرتز أو أقل والتي قد تنتج ارتفاعا في درجة الحرارة ولكن الجلد البشري يعمل كمُنظم حرارة طبيعي لذا يتم التخلص من الحرارة الزائدة عبر الجلد. كما أنها تسبب سريان تيار كهربى داخل الأنسجة. يتم قياس جرعة الإشعاع بحساب كثافة التيار التي تعرف بالتيار الكهربى الذي يقطع وحدة المساحات عموديا عليها خلال زمن واحد ثانية، ووحدة قياسها أمبير /م<sup>2</sup>.

2- الترددات الراديوية التي ترددها أكبر من 1 ميغاهرتز تسبب ارتفاعا في درجة حرارة الجسم لأنها تخترق الجلد وتعمل على اهتزاز جزيئات الماء في الجسم. ويعتمد عمق الاختراق على تردد المجال. وقد وضع معيار الأمان لهذا المدى من الترددات من خلال ما يعرف بمعدل الامتصاص النوعى SAR، ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها وحدة الكتل خلال زمن قدره واحد ثانية، وبالتالي فإن وحدة القياس لها هي واط/ كيلو جرام.

3- الترددات فوق 10 جيجاهيرتز ذات كثافة طاقة أكبر من 1000 واط/ م<sup>2</sup> قد تتسبب في الإصابة بمرض عتمة العين ، كما قد تسبب حروقا في الجلد. وهذه الكثافة أمر يكاد يكون غير موجود في الطبيعة إلا بالقرب من بعض الرادارات القوية.

تتفاوت معايير الأمان بشكل ملحوظ من بلد إلى آخر، ويتفاوت الاهتمام بالأثار الصحية التي يمكن أن يسببها التعرض لمجال الترددات الراديوية فوق حدود الأمان. فبينما تهتم دول مثل روسيا وكوبا وإيطاليا بموضوع الترددات المنخفضة جدا (أقل من 300 هرتز)، والتي ترتبط أساسا بشبكات نقل وتوزيع الكهرباء، وتهتم دول أخرى بمحطات الإذاعة والتلفاز ومحطات الهاتف الجوال، بينما لا تعتبر بلدان أخرى المسألة هامة من الأساس. ولأزال التأثير الصحى لإشعاعات محطات الهاتف الجوال محط اهتمام قطاعات واسعة من المنظمات الأهلية

والحكومية ، وفي هذا السياق يجب مراعاة اختلاف الآثار الصحية طبقا للمدى والتردد. عندما يتعرض الشخص للموجات الراديوية الصادرة من الهواتف الجواله أو المحطات الأساسية، فإن الجزء الأكبر من الطاقة سوف ينعكس من الجسم أو تنتقل من حوله (ويسمى ذلك بالحيود). بعض الطاقة تمتصها الأنسجة على سطح الجسم وفي داخل الجسم فإن جزيئات معينة ، مثل الماء ، سوف تبدأ في الحركة أو الدوران بسبب وجود المجالات الكهرومغناطيسية ونتيجة لذلك يتم تحويل الطاقة الكهرومغناطيسية إلى حرارة. فإذا كانت شدة الموجة الراديوية عالية جدا ، فقد تكون الحرارة كبيرة ويحتمل أن تكون ضارة. للطاقة المستخدمة في الهواتف الجواله عادة ما تكون منخفضة جدا وتسخين الأنسجة نتيجة لامتناس الموجات يكون صغير جدا بحيث لا يمكن ملاحظته.

#### 7 - 5 التأثيرات غير الحرارية Non-Thermal Effects:

طاقة الكمات الإشعاعية عند الترددات 0.9 و 1.8 جيجا هرتز تساوي 4 و 7 مايكرو إلكترون فولط، على التوالي. هذه القيم ضئيلة للغاية مقارنة مع الطاقة 1 إلكترون فولت اللازمة لكسر أضعف الروابط الكيميائية في الجزيئات الجينية (الحمض النووي DNA)، لذلك فأنه من غير الممكن أن تقوم إشعاعات الترددات الراديوية بإلحاق الضرر في الحمض النووي بصورة مباشرة ، أو تحفيز الخلايا إلى الإصابة بالسرطان.

يمكن أن يولد مجال الترددات الراديوية آثارا أخرى يمكن كشفها إذا كان تأثير المجال الكهربائي داخل النظام البيولوجي المعرض لا يمكن أن يتأثر بالضوضاء الحرارية. الضوضاء الحرارية أو الحركة العشوائية ، التي تعرف أيضا باسم الحركة البراونية ، يرجع سببها للطاقة الحرارية التي تتعرض لها كافة الكائنات عند درجات الحرارة فوق الصفر المطلق والتي تؤدي إلى اهتزاز الذرات في المواد الصلبة و الحركة العشوائية للغازات والسوائل وتنتج اصطدامات متكررة مع ذرات أخرى. لذلك فإن جميع مكونات الأنسجة البيولوجية ، الأيونات ، الجزيئات

والخلايا هي في حركة مستمرة. الطاقة الحرارية لكل عنصر له معدل قيمة يرمز له  $kT$  ، حيث  $k$  ، هو ثابت بولتزمان ويساوي 86 درجة مطلقة لكل مايكرو فولت ،  $T$  هو درجة الحرارة المطلقة بالكلفن. قيمة  $T$  حوالي 300 درجة حرارة مطلقة عند حرارة الجسم بحيث  $kT$  يساوي 26 ملي إلكترون فولت ، وهي أكبر بكثير من الطاقة الحركية التي يولدها المجال الكهربائي . تأثيرات المجال سوف تحجبها الضوضاء الحرارية (لم يتم الكشف عنها في أي جزء من الأنسجة البيولوجية). هذه المقارنة بالضوضاء الحرارية ينبغي أن توفر قدر كبير من قياسات القيمة الدنيا للمجال الكهربائي اللازمه لاكتشاف الآثار البيولوجية.

تجدر الإشارة ، إلى أنه هناك حالة خاصة يكون فيها للنظام البيولوجي حساسا لبعض المجالات عند تردد يسمى تردد الرنين ولا يكون حساسا عند ترددات أخرى ، لذلك فإن المقارنة تتم في حالة الحركة الناتجة عن الحرارة التي تجري في ترددات قريبة من تردد الرنين. فإذا كان رنين الترددات الراديوية حاد جدا ، فإن تأثيره سيكون أكبر بكثير من الضوضاء الحرارية الكلية ، لذلك فإن المجالات الكهربائية الصغيرة جدا قد تكون لها آثار يمكن اكتشافها في أنظمة رنينيه من هذا النوع ، والتي تتواجد في الأنسجة البيولوجية.

الآثار غير الحرارية يمكن أن تنشأ عن:

1 - حركة الأيونات: نتيجة تأثير المجالات الكهربائية على المادة، تتحرك الأيونات ذهابا وإيابا لكن مدى هذه الحركة يتناقص بشكل حاد نتيجة لزوجة السائل المحيط بها. الحركة تكون لمسافة أقل من  $10^{-14}$  م (قطر نواة الذرة ) لمجال مقداره 100 فولت / م والطاقة التي تترافق مع هذه الحركة هو أقل من الحركة الحرارية للأيون بمعامل يقترب من  $10^{15}$  هذه القيمة من الضالة بحيث لا يمكن أن تسفر عن أي تأثيرات بيولوجية غير حرارية.

2 - استقطاب جزيئات الخلية: تؤثر الترددات الراديوية على الخلايا وتؤدي قوة تجاذب بينهما بوجود المجال الكهربائي إلى استقطاب للخليه ، وهذا يعني أن

الشحنات في الخلية تتحرك بحيث يصبح جانب منها موجبا نسبة للجانب الآخر. لذلك تصبح الخلية ثنائية القطب الكهربائي ، وتجذب نحوها الخلايا ذات الاستقطاب المتماثل . طاقة بعض الخلايا عند ترددات تقل عن 100 ميغاهرتز ، تحسب لكي تصبح قابلة للمقارنة مع الضوضاء الحرارية في المجالات الكهربائية المساوية إلى 300 فولط / م. وقد حسبت الطاقات وكانت قليلة بشكل ملحوظ عند مجالات الترددات الراديوية ، نظرا لأن هذه القيم تعتمد على الهيكل التفصيلي للعناصر البيولوجية للمعنية ، فان إمكانية حصول التأثيرات البيولوجية للمجالات من هذا الحجم لا يمكن استبعادها.

### 3 - الآثار البيولوجية على غشاء الخلية:

من المعروف أن الخصائص الكهربائية للأغشية لها خواص غير خطية فعند تطبيق فرق جهد كهربائي عبر الغشاء يتولد تيار يتحرك خلال الغشاء في أي من الاتجاهين وان التيار المار لا يتناسب مع الجهد دائما. جزء من هذه العلاقة غير الخطية يمكن أن تكون نتيجة لتأثير المجال الكهربائي على البروتينات في الغشاء أو القربية منه ، مما يساعد على مرور التيارات المتولدة خلال الغشاء. يعمل الغشاء أيضا بمثابة مقوم rectifier . فعند تطبيق الفولطية على سلك فان قيمة التيار الكهربائي المار تتوقف فقط على قيمة الجهد. فإذا عكست قطبية الجهد فان اتجاه التيار سوف يتغير ولكن مقداره لا يتغير. ومع ذلك ، فعند تغير قطبية الجهد المطبق عبر المقوم فان التيار يعكس اتجاهه و يتغير مقداره . لذلك فعند تطبيق جهد متذبذب (مجال كهربائي) عبر المقوم ، فان مجموع التيارات المارة عندما يكون المجال في اتجاه واحد لا تساوي التيارات عندما يكون المجال في الاتجاه الآخر . المجال المتردد يولد تيار يمر خلال الغشاء. ومع ذلك ، فإن زمن استجابة بوابات الأيون أبطأ بكثير من زمن ترددات الموجات المايكرووية ، وقد تبين بأن المجالات الكهربائية التي مقدارها 200 فولط / م ، تولد تغير نسبي صغير جدا في جهد الغشاء. لذلك لا يبدو من وجود تأثيرات بيولوجية من هذه الآلية.



الحد الأقصى لمقدار المجال الكهربائي المتولد في الرأس من قبل هوائي الهاتف الجوال هو حوالي 100 فولت / م ، لكن المجال الكهربائي داخل المخ سيكون أقل بشكل ملحوظ. آليات المجالات بهذا الحجم يمكن أن تولد تأثيرات بيولوجية غير حرارية من خلال حركة الخلايا الكبيرة أو من خلال التجانب بين الخلايا المجاورة. في هذه المرحلة ، على الرغم من عدم وجود الأدلة التجريبية لدعم هذه الآليات ، فإن إمكانية حصول مثل هذه التأثيرات لا يمكن استبعادها .

أما في حالة المحطات القاعدية للهواتف الجواله فان الحد الأقصى لحجم المجالات الكهربائيه الناتجه عنها لعامة الجمهور حوالي 5 فولط / م ، على الرغم بأن أكبر مجال تم قياسه حتى الآن في بريطانيا حوالي 2 فولط / م ، وشدة المجال المناظرة داخل الجسم أصغر من ذلك بشكل ملحوظ. آلية التأثيرات البيولوجية في هذه المجالات المنخفضه نسبيا يعتمد على وجود حالة متشابهة *coherent* من الاهتزازات الميكانيكية في الأنسجة البيولوجية. وبالرغم من مرور أكثر من 30 عاما على اقتراح هذه الآلية ، فأنه لا تتوفر أدلة مقنعة لهذه الحالة ، أو لأي سلوك ريني ، ويبدو أن يلقي ظللا من الشك على وجودها ، ولكن لا يمكن أن نستبعد تماما مثل هذه التأثيرات. تجدر الإشارة ، إلى أن احد الباحثين عام (1994) قد افترض إمكانية أعم لنقل الطاقة من خلال آلية الرنين واستنتاجه إلى أن الآثار البيولوجية قد تكون من الصغر بحيث لا يمكن قياسها في أي قيمة للمجال الكهربائي. ويمكن تلخيص ذلك بان هناك القليل من الأدلة لدعم سلوك الرنين ، ولكن يتطلب المزيد من البحوث للتأكد من هذه الآلية.

الأثر الوحيد الواضح لمجال الترددات اللاسلكيه ومجال الموجات المايكرويه على النظم البيولوجية هو ارتفاع درجات الحرارة. على الرغم من أن تفاعلات المجالات ذات التردد العالي قد جرى البحث فيها منذ الثلاثينات من القرن الماضي ، لكن السؤال المثير للجدل و المطروح الآن حول وجود آثار "غير حرارية" إضافة للآثار الحرارية والتي يجب أن تأخذ في الاعتبار عند وضع حدود

المسألة. وسبب الجدل يعود إلى تلك البحوث التي تدعي أنها وجدت مثل هذه الآثار "غير الحرارية" عند إجراء التجارب في المختبر على الخلايا ، وكذلك تجارب على متطوعين من البشر أو تجارب الحيوانات. مصطلحي "التأثير الحراري" و "غير الحراري" يمكن تفسيره ، من المنظور البيولوجي والفيزيائي (الحياتي) ، آليات التفاعل الممكنة ، و النتائج التجريبية ، التي تعتمد على أجهزة التجربه. النتائج التجريبية عن الآثار "غير الحرارية" تحصل في الحالات التالية :

- إذا كانت شدة الإشعاع في التجربة منخفضة جدا بحيث من غير المرجح أن تحدث تغييرات في درجات حرارة الجسم .
- إذا لم يتم قياس تغير ملموس في درجة الحرارة أثناء إشعاع الجسم أو وعاء التجربه، أو الماء المحيط والتي تبرر وجود درجة حرارة ثابتة خلال التعرض.

- إذا كان الارتفاع في درجة الحرارة الناجمة عن الحرارة لا يظهر آثار مماثلة لتلك الناجمة عن التعرض للموجات الراديوية .

التأثير "غير الحراري" هو التأثير الذي لا يكون مصحوبا بزيادة متوقعة أو قابلة للقياس في درجة الحرارة ، أو إذا كانت تأثيراته لا تتطابق مع التي تلك التي تحدث بعد التدفئة التقليدية. التعريف الحياتي للتأثير "غير الحراري" يستند إلى أنواع آليات تفاعل المجال الكهرومغناطيسي. تعتبر الآليات غير حرارية إذا كان تفاعل متجه المجال الكهربائي (أو المغناطيسي) للترددات الراديوية مع شحنة أو ثنائيات أقطاب الجزيئات في النظام الحي يؤدي مباشرة إلى آثار محددة غير الحرارة . أشار احد الباحثين إلى أن "التأثير غير الحراري" يحصل عندما تحصل التغييرات في خصائص النظام بطريقه لا يمكن أن تتحقق عن طريق التسخين ، أي عندما يكون ناتج التعرض غير خطيا. وقد أوضحت حسابات الباحث بأن المجالات الكهرومغناطيسية القوية للغاية ستكون ضرورية لتحريك الجزيئات ثنائية

الأقطاب. في الواقع فإن الآثار غير الحرارية في هذا المعنى معروفة جيدا ، كما في حالة الدوران الكهربائي للخلايا. لحد الآثار غير الحرارية فإن شدة المجال الكهربائي المطلوبة أكبر بكثير من تلك التي تستخدم في أنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية العادية. وبالتالي فإن الدوران الكهربائي للخلايا يصاحبه إنتاج كبير للحرارة. وفقا للتعريف "التجريبي" ، فإنها تصنف على أنها "تأثيرات حرارية". فهي ذات أهمية خاصة فيما يتعلق بتطبيقات التكنولوجيا الحيوية ، لكن لا علاقة لها في موضوع حدود السلامة . .

وجود 'الآثار غير- الحرارية الناتج عن مجال الترددات الراديوية الضعيفه لا تتعلق في معظمها بالآلية الحيوية ، ولكنها تستخدم بالإدراك التجريبي، و هو الأثر الذي لا يكون مصحوبا بزيادة متوقعة أو قابلة للقياس لدرجة الحرارة ، والتي لا تتطابق مع الآثار التي تحدث بعد التسخين التقليدي. في الآونة الأخيرة ، تم العثور على فئة متخصصة من بروتينات النقل التي تعمل كمستقبلات حرارية thermo receptor في أغشية الخلية ، ليس فقط في خلايا الأجهزة المتخصصة ، ولكن أيضا في الخلايا الكيراتينية الطبيعية وغيرها. نسبة الإشارة إلى الضوضاء المعنى للمستقبلات الحرارية في هذا النظام تحسب عن طريق حساب متوسط استجابة العديد من البروتينات و الخلايا . تم اتخاذ كثير من الخطوات لمعالجة المعلومات لثوابت زمنية مختلفة هي أقل من ميكروثانية لردود الفعل الأولية لبروتينات الغشاء، ميلي ثانية للإثارة العصبية ، و أعشار الثواني أو حتى دقيقه للعواقب السلوكية. عتبة هذا النظام يمكن أن يكون أقل من حساسية الأجهزة التقنيه لقياس درجة الحرارة أو التحكم بها في التجارب. الآثار التي وجدت في تجارب مجال الترددات اللاسلكية الضعيفه يمكن أن يكون "شبه حراري" أو "حراري قليل" للتفاعلات مع النظام البيولوجي ذات الإحساس الحراري والتنظيم الحراري. هناك عدد من ردود الأفعال ليس من المستبعد ، أن تحدث عند درجة حرارة غير مرتفعة بما يكفي ليتمكن التحسس بها من قبل الجهاز العصبي المركزي. لكن التأثير

على البروتين يؤدي للتأثير على الدورة الدموية للموقعه ، أو تأثيرات أخرى قد تكون نتيجة للتحفيز الحراري . إذا كانت الآثار "غير الحرارية" ، التي وجدت في التجارب باستخدام نظم تعرض دقيقه وقياس دقيق للجرعات ، تستند إلى تفعيل النظام الجزيئي للاستشعار الحراري ، فإنها بالتالي لا بد أن تصنف على أنها استجابيه لردود يومية بدون تأثير حقيقي على لصحة. قدرة الاتصالات المستخدمة في الهواتف الجواله في كثير من الأحيان تكون فيها نبضة تردد الإشارة الحامله منخفضه. الباحث الألماني رولاند جلاسر ، قد بين أن هناك عدة جزيئات في الخلايا تعتبر مستقبلات حراريه، والتي تقوم بتنشيط سلسلة من منظومات الاستقبال الثانيه والثالثه والتي لها القدرة على إنتاج ما يسمى بروتينات الصدمة الحراريه التي تقوم بالدفاع عن الخلية لمكافحة الإجهاد الأيضي في الخليه التي تسببها الحرارة. الزيادة في درجة الحرارة التي تتسبب في هذه التغييرات صغيرة جدا بحيث لا يمكن الكشف عنها ، وقد استند الباحث في جميع حجته على الاستقرار الظاهري في التوازن الحراري في الخليه. في الواقع هناك العديد من الدراسات لمعرفة الآثار الصحيه المحتمل من مجالات الترددات الراديوية (اللاسلكية) في السنوات الخمسين الماضيه. المخاطر الصحيه بسبب الحرارة معروفه منذ أكثر من قرن ، لذلك فان معظم البحوث التي أجريت في العقود القليله الماضيه على الآثار المحتمل التي لا ترتبط بالحرارة ، والتي تسمى الآثار غير الحراريه.

## 7 - 6 السرطان

الحامض النووي DNA في الكروموسومات ، والتي تتحكم في نمو ووظيفة الخلايا ، عادة ما تكون ثابتة بشكل ملحوظ . هناك مجموعه متنوعه من آليات حماية وإصلاح أضرار الحامض النووي. بعض الإشعاعات مثل الأشعة السينيه وأشعة جاما تتسبب في تلف الحامض النووي والتي تسمى السميّه الجينيّه genotoxic أو التشوهات الخلقية. السميّه الجينيّه للخلية بأنواع مختلفه منها

التشوهات في مظهر الكروموسومات ، انكماش نواة الخلية ، والطفرات الوراثية. السمية الجينية تحدث باستمرار في جسم الكائن الحي ، ويرجع ذلك بسبب التعرض لمجموعه متنوعه من الطفرات الطبيعيه والاصطناعيه ، أو يمكن أن تحدث تلقائيا من خلال أخطاء عشوائية عند استساخ الحامض النووي أثناء انقسام الخلية. معظم الأضرار يتم إصلاحها إذا كانت صغيرة أما إذا كانت كبيرة فإن الخلية يمكن أن تموت. وفي بعض الحالات يمكن أن تحصل سلسلة من الأضرار الجينية بشكل طفرات وراثية تدفع الخلية بعدد من الخطوات تجاه تكون السرطان نتيجة لتكاثر الخلايا من خلال الانقسام غير المسيطر عليه للخلية .

المتفق عليه الآن بأن السرطان يبدأ نتيجة لتغير في المادة الوراثية (DNA) للخلية (الآثار السمية) ، ولكن توجد بعض المواد الكيميائية غير السمية تسمى المواد المسرطنة والتي يمكن أن تؤدي إلى حدوث السرطان في الخلية من دون أي حافز خارجي آخر ولكن حدوث بعض الحالات مثل تحفيز الخلايا للانقسام أو غياب الإشارات اللازمة لتخصص الخلايا، العامل الذي يسبب المزيد من التقدم نحو السرطنه غالبا ما يطلق عليه العامل المشجع promoting agent . الدراسات عن الآثار السمية الجينية لإشعاع الترددات الراديوية ، تعزز تكاثر الخلايا والتعبير الجيني غير الملائم الحاصل على المستوى الجوال. بالإضافة إلى ذلك ، هناك دراسات علمية طويلة الأجل لاستحداث السرطان في الحيوانات ، بما في ذلك اختبارات التفاعلات الجينية مع المواد المسرطنة المعروفة.

الدراسات المختبرية على الحيوانات في وقت مبكر ومنذ 1971 وضحت بأن التعرض الطويل المدى لمجالات الترددات الراديوية يزيد من حدوث الأورام في تلك الحيوانات هذه التجارب قدمت أدلة مباشرة على أن الإشعاع الصادر من الترددات الراديوية يمكن أن يسبب للسرطان. إن التجارب ذات الصلة بالسرطان عانت من قياسات غير دقيقة للجرع والتشريح والمقابلة غير الكافية .

الآثار الصحية الضارة من الهواتف الجواله قد درست من قبل علماء ووكالات الصحة منذ 1990 في وقت مبكر من التسعينيات. استجابة لقلق الجمهور فقد دعمت العديد من الحكومات والصناعة الدراسات والبحوث على الإنسان والحيوان ، وهناك الآن كمية كبيرة من المعلومات العلمية حول الآثار الصحية الضارة من الهواتف الجواله. هناك العديد من الدراسات حول الهاتف الجوال و من أكثر للنساء ولات كانت مشكلة السرطان و هل هناك زيادة في نسبتها عند مستخدمي الجوال. لم تثبت الدراسات العلميه بشكل قاطع لحد الآن أن ترددات الجوال لها علاقة بزيادة نسبة السرطان بالرغم من أن بعض التجارب المختبريه على الحيوانات أشارت إلى احتمال استحداث السرطان بعد التعرض لإشعاع الهاتف الجوال و لكن لازالت الدراسات مستمرة بعضها ينفي والأخرى تثبت.

بعض التقارير خلصت على أن المعلومات المتوفرة عن استخدام الهواتف الجواله أو التعرض للانبعاث من محطاتها القاعديه لا يسبب سرطان الدماغ أو غيرها من الآثار الصحية. لكن هناك دراسات اعتقدت أن تردد الجوال قد يسبب بعض نشاطات المخ و تفاعلاته و تأثيره على طراز النوم و لكنها تأثيرات ضئيله جدا و ليست ذات أهميه.

الدراسات في علم الأوبئة أوضحت عدم وجود علاقة سببيه بين التعرض للموجات الكهرومغناطيسية من الهواتف الجواله أو محطاتها ، ولكن هناك بعض البحوث الضعيفه أوضحت وجود علاقة بين الاستعمال طويل المدى للهواتف الجواله وبعض أنواع أورام الدماغ. ما زالت الآثار الصحية للهاتف الجوال تثير جدلاً واسعاً بين الأوساط العلميه المختلفه و تضاربت الآراء حول تأثيرات الهاتف الجوال على الجسم في الفترة الأخيرة. ترى احد الدراسات البريطانيه أن الهواتف الجواله تؤثر في كيمياء الخلايا الحيه، و تؤثر في كهربائية الدماغ لفترة زمنيه قد تطول أو تقصر حسب المدة الزمنيه التي يتعرض لها الإنسان للموجات القصيره. فشلت ثلاث دراسات أجريت على الفئران بعد تعرضها إلى الموجات الراديويه

المنبعثة من الهواتف الجواله من إثبات وجود علاقه بين سرطان الدماغ واستخدام الهواتف الجواله. أحد المجموعات البحثية بولاية كاليفورنيا الأمريكية أشارت إلى أن الموجات الراديوية المنبعثة من الهواتف الجواله يمكن أن تقلل نسبة حدوث السرطان، لكن دراسات أخرى رأّت أنها نتائج خاطئة. أشارت بعض الدراسات إلى أن نسبة حدوث السرطانات اللعاقوية والدماغية يمكن أن تزداد بشكل واضح لدى الذين يستخدمون الهاتف الجوال لأكثر من 20 دقيقة دفعة واحدة في كل اتصال. قد يكون سبب تباين النتائج بين الدراسات هو الأخطاء العلمية أو الإحصائية نتيجة لاستخدام عدد قليل من الحيوانات؛ حيث لا تظهر صورة واضحة للنتائج، أو يمكن أن تعود ببساطة إلى دراسات غير دقيقة وغير أصيلة لبعض الشركات المصنعة للهواتف الحرارية. فقد ذكرت الدراسات الحديثة في المعهد الوطني للعلوم الفيزيائية في بريطانيا أن تأثير الهواتف الجواله على الدماغ يختلف من جهاز إلى آخر، كذلك يختلف حسب وضعية الهوائي المعلق في الهاتف، فتكون التأثيرات أقل إذا كان الهوائي مرفوعاً، وبينت الدراسات أن استخدام سماعة الأذن التابعة للهاتف الجوال قد تقلل من وصول الأمواج إلى الدماغ بمعدل 90% ؛ لذلك ينصح باستخدام السماعة. هناك دراسات تشير إلى أن تعريض الإنسان للهاتف الجوال لفترة زمنية محددة يزيد من سرعة استعادة المعلومات من الدماغ على المدى القصير ؛ إذ وجد أن استجابة الناس لأسئلة مطروحة على الكمبيوتر أفضل لدى مستخدمي الهواتف الجواله بنسبة 4% . ومن الدراسات البريطانية في جامعة نوتنغهام حول تأثير الهواتف الجواله على الجسم، التي توصلت إلى أن تسليط الأمواج القصيرة جداً على نوع من الديدان الصغيرة أدى إلى زيادة نموها بمعدل 5% مقارنة بالديدان الأخرى، وهذا يعني أن الهواتف الجواله يمكن أن تزيد من الانقسام الجوال، وبالتالي مخاوف حدوث السرطان. فبالنسبة للترددات المنخفضه جدا أي أقل من 300 هرتز دعي المؤتمر الدولي الذي عقد في جنيف عام 1997 إلى مواصلة البحوث حول مدى ارتباط المجالات الكهرومغناطيسية منخفضه

الترددات وبعض الأمراض مثل سرطان الدم (اللوكيميا) عند الأطفال وسرطان الثدي عند النساء وأمراض الجهاز العصبي المركزي ومنها الزهايمر، فهناك دراسات عديدة حول إصابة الأطفال الذين يسكنون بجوار خطوط القوي الكهربائية ذات الجهد العالي بسرطان الدم أكثر من ساكني المناطق الأخرى فقد أظهرت الدراسات التي أجريت على مئات الأطفال الذين يعيشون بالقرب من تلك الخطوط أنهم يتعرضون للإصابة بأمراض الجهاز العصبي وسرطان الدم ضعف الأطفال الآخرين الذين يسكنون بعيدا عن هذه الخطوط. أما بالنسبة لترددات الرادارات فقد أكدت تجارب أجريت في الاتحاد السوفيتي السابق أن التعرض لموجات الرادار لفترة طويلة قد يؤدي للصداع والإجهاد العصبي كما قد يؤدي لفقدان الذاكرة. فضلا عن احتمالات الإصابة بالسرطان وهو الأمر الذي أظهرته التجارب على الفئران. أما بالنسبة للأثار الصحية لمحطات البث الإذاعي والتلفازي، فيمكن أن يسبب التعرض لمستويات مرتفعة من الترددات الراديوية الناتجة من أبراج بث وتقوية تلك المحطات الإصابة ببعض الحالات المرضية. وقد أوضحت الدراسة أن هناك زيادة في معدل الإصابة ببعض الحالات المرضية عن المعدل المعتاد. بعض الدراسات أشارت إلى إمكانية وجود صلة بين التعرض للترددات اللاسلكية والموجات المايكروية والسرطان، النتائج لم تسفر حتى الآن عن نتائج حاسمة. في حين أن بعض المعلومات التجريبية قد اقترحت احتمال وجود صلة بين التعرض واستحداث الأورم في الحيوانات التي تعرضت في ظل ظروف معينة ، لكن النتائج لم تكرر بشكل مستقل. فشلت دراسات أخرى في العثور على وجود علاقة سببية بين التعرض للموجات الراديوية ومرض السرطان. تجري حاليا مزيد من البحوث في مختبرات عدة للمساعدة في حل هذه المسألة وهناك عدد محدود من الأدلة العلمية على وجود ارتباط بين المجالات الكهرومغناطيسية وسرطان الدم لدى الأطفال. هذا لا يعني أن المجالات الكهرومغناطيسية تسبب السرطان ، ولكن مثل هذا الاحتمال لا يمكن استبعاده. البحوث الكثيرة التي أجريت في المختبرات لم تؤيد



هذا الاحتمال ، وعموما فإن الادلة تعتبر ضعيفة ، مما يشير إلى أنه من غير المرجح أن المجالات الكهرومغناطيسية تسبب سرطان الدم لدى الأطفال. ومع ذلك ، ينبغي أن الادلة لا يمكن تجاهلها ، و اتخاذ التدابير الوقائية لتقليل تعرض الناس. الارتباط بين التعرض للأشعة المنبعثة وسرطان الدماغ. قد تمت دراسته بشكل مستفيض من قبل الوكالة الدولية لأبحاث السرطان. شملت هذه الدراسات أكثر من 13 دولة عدد سكانها مجتمعة أكثر من 46 مليون نسمة تتراوح أعمارهم بين 30 و 59 سنة الذين يقيمون في مجال الدراسة والذين تم تشخيص حالة واحدة أو أكثر من أورام في الرأس (السرطانية أو غير السرطانية) بين عامي 2000 و 2004. هذه الدراسات ، درست ما يقرب من 6400 مريض يعانون احد الأنواع الأربعة من أورام الدماغ ، بما في ذلك أورام المخ ، مع ما يقرب من 7600 من الأصحاء. وقد أظهرت دراسات أخرى بأنه لا يوجد ارتباط بين استخدام الهواتف الجواله لمدة تقل عن 10 سنوات ، وأي شكل من أورام المخ. ومع ذلك ، ظهرت بعض الدراسات ، ذات دلائل إحصائية ضعيفة وبين التوسع في استخدام الهواتف الجواله (أكثر من 10 سنوات) وبعض أورام المخ. حيث وجد احد الباحثين (كولا وزملاؤه عام 2007) بأنه لا يوجد دليل على خطر متزايد من سرطان الدماغ واستخدام الهاتف الجوال لفترات تقل عن 10 سنوات، ولكن وجدت أدلة ضعيفة لسرطان الدماغ لمستخدمي الهاتف الجواله لأكثر من 10 سنوات كذلك أكد باحثون في معهد كارولينسكا السويدي بعد إجراء دراسة وبائية عام 2004 بأن الاستخدام المنتظم للهاتف الجوال على مدى عقد من الزمان أو أكثر ، يكون مرتبطا بزيادة مخاطر التعرض لأورام في العصب السمعي ، وهو نوع من الأورام الحميدة في المخ. هذه الزيادة لم تلاحظ في الذين استخدموا الهاتف لأقل من 10 عاما. وخلص الباحثون بان النتائج النهائية لا تشير إلى وجود خطر متزايد لسرطان الدماغ ، واقترحت إجراء بحوث إضافية في هذا الموضوع قبل استخلاص استنتاجات قاطعة . تم إجراء دراسات لتأثير التعرض للترددات

اللاسلكية لفترة طويلة على الحيوانات والتي أظهرت على أن التعرض لطاقة الترددات اللاسلكية لا تسبب السرطان، وأنه لا توجد آلية مقبولة بأن التردد الراديوي الناتج من الهواتف الجواله يمكن أن تنتج تأثيرات بيولوجية سلبية ، فضلا عن تلك التي تسببها الحرارة. وأكدت وكالات الصحة إلى توخي الحذر في قبول الإحصائيات الضعيفة باعتبارها دليلا على أن التعرض للهواتف الحرارية يمكن أن يسبب مرض السرطان . أوضحت هيئة الوقاية من الإشعاع السويدية عام (2007) وكذلك دراسة إيرلندية بان استخدام الهواتف الجواله على المدى القصير لا يؤدي إلى مخاطر الإصابة بسرطان الرأس والعنق لدى البالغين. ولكن هناك قلق حول الاستخدام طويل الأمد للهاتف الجوال. التحقيقات في الآثار الصحية المحتملة للهواتف الحرارية سوف يستمر في المستقبل ، وستكون مهمته تحديد التأثيرات الصحية في حالة الاستخدام الطويل الأجل أو الأطفال. عدد كبير من البحوث المتاحة حاليا لا تشير إلى أن استخدام الهواتف الجواله أو التعرض للانبعاث من محطاتها القاعديه يسبب سرطان الدماغ أو غيرها من الأثر الصحي.

في عام 1996 ، تبنت منظمة الصحة العالمية برنامج سمي المشروع الدولي للمجالات الكهرومغناطيسية ، يهدف المشروع إلى إعادة النظر في المؤلفات العلمية بشأن التأثيرات البيولوجية للمجالات الكهرومغناطيسية ، وتحديد الثغرات في المعارف عن هذه الآثار ، وقد تمت التوصية بإجراء بحوث في هذا المجال ، والعمل على قرار دولي عن المخاطر الصحية على استخدام تقنيات الترددات الراديوية. لا تتوفر بيانات تشير إلى المخاطر الصحية لاستخدام الهواتف الجواله من قبل الأطفال. مع ذلك ، فإن السلطات السويدية والبريطانية ، توصي بإتباع نهج وقائي للحد من استخدام الهواتف الجواله من قبل الأطفال إما بتقليل المكالمات غير الضرورية أو التقليل من التعرض باستخدام السماعة. في هولندا لا يعتبر استخدام الهواتف الجواله من قبل الأطفال مشكلة. لا تتوفر لحد الآن البحوث التي تؤكد الآثار الصحية السلبية الناجمة عن استخدام الأطفال للهواتف الحرارية ، ولكن

منظمة الصحة العالمية قد أوصت بإجراء بحوث أكثر بشأن هذه المسألة. حالياً لا يوجد أي دليل علمي على أن الأطفال ، والمرضى أو كبار السن هم أكثر حساسية تجاه أي التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية من البالغين الأصحاء. ومع ذلك ، فإن المبادئ التوجيهية للهيئة الدولية ICNIRP وقد وضعت عامل أمان إضافي مقداره 5 على حدود التعرض لتأخذ في الاعتبار هذا الاحتمال. عقدت منظمة الصحة العالمية مؤخرًا حلقة عمل لتحديد ما إذا كان الأطفال أكثر حساسية من الكبار ، واستنتجوا أن الأطفال بعد سن السنتين لا يكونون أكثر حساسية من البالغين ، وأن المبادئ التوجيهية الحالية للهيئة ICNIRP تقدم الحماية الكافية للأطفال من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية .

#### 7 - 7 تأثيرات أخرى

الهواتف الجواله يمكن أن تتداخل مع منظمات القلب الإلكترونيه. لكن الأجهزة الحديثة لتنظيم ضربات القلب ، وأجهزة تحفيز الدماغ أقل عرضة للتدخل. ومع ذلك ، فإنه من المستحسن أن تبقي الهاتف على بعد لا يقل عن 30 سم عن الأجهزة المزروعة ، أي ضع الهاتف على الجانب المعاكس للزرع عند إجراء المكالمات.

الدراسات المبكرة اقترحت بان حاجز الدم في المخ ، والتي عادة ما تمنع الجزيئات الكبيرة من العبور من الدم إلى السائل النخاعي ، قد تتأثر بالمجالات ذات المستوى المنخفض لتبضات الترددات الراديوية. الآثار المترتبة على نفوذية المخ قد تم التحقيق منها من خلال مقارنة الاختراق في المخ في الحيوانات المعرضة وحيوانات السيطرة بعد الحقن في الوريد بمركبات مختلفة. وقد بدأ الاهتمام بهذه التأثيرات منذ (1975) حيث لوحظ زيادة اختراق الدم لحاجز المخ من الفئران المخدرة بعد تعرضها الحاد لمستوى مجالات تسببه النبضات الراديوية أو الموجات المتواصلة ذات التردد 1.2 جيجا هرتز. لكن المزيد من الدراسات، التي أجريت في وقت لاحق ، أشارت إلى أن الدراسات المبكرة عانت من مختلف العوامل مثل

تغيير تدفق الدم إلى المخ ، تأثير المخدر ، والتغيرات في التصنيفية الكلوية. الأدلة المتاحة على تأثير التعرض للترددات الراديوية على حاجز الدم في المخ متضاربة ومتناقضة. الدراسات الجيدة التي أجريت مؤخرا لم تسجل أي آثار على حاجز الدم في المخ.

من المؤكد بان الزيادة في درجة الحرارة الأساسية بمقدار 1 درجة سليزية أو أكثر تؤدي إلى تغييرات في أداء مهام التعلم وغيرها من السلوكيات البسيطة. ومع ذلك ، لا توجد أي أدلة تجريبية مؤكدة على أن التعرض لمجالات الترددات الراديوية المنخفضة المستوى يؤثر على التعلم والذاكرة للحيوانات. احد الدراسات عام 1990 تشير إلى أن التعلم يمكن أن يشوش عندما يكون معدل القدرة الممتصة SAR أقل من 1 واط / كجم. علما بان ذروة نبضة الطاقة كان أعلى بكثير من تلك المنبعثة من الهواتف الجواله ، التأثيرات التي وجدت من خلال التجارب على الحيوانات كانت غير دقيقة من الناحية الإحصائية بالرغم من أنها أشارت إلى أن بعض المهام الإدراكية قد تظهر حساسية خاصة تجاه التعرض للترددات الراديوية ، الآثار المترتبة على هذه التصرفات قد تحدث في معدل قدرة ممتصة أقل من تلك المطلوبة لتشويش المهام التعليمية. تقييم تأثير المجالات المرتبطة بالهواتف الجواله على الذاكرة أو التعلم يتطلب المزيد من البحوث والدراسات .

المحطات القاعدية ، والهوائيات تبعث الإشعاع بصفة مستمرة ، لكن طاقتها تنخفض بشكل كبير مع مربع المسافة عن قاعدة الهوائي. وجدت العديد من الدراسات الاستقصائية بظهور بعض الأعراض تبعا لقربها من مصادر الموجات الكهرومغناطيسية للهواتف الحرارية. في عام 2002 أوضحت دراسة فرنسية بان مجموعة متنوعة من الاعراض الذاتية مثل التعب والصداع واضطراب النوم وفقدان الذاكرة لبعض الأشخاص الذين كانوا يعيشون في حدود 300 متر من احد الأبراج في المناطق الريفية ، أو على مسافة 100 متر من المحطات القاعدية في المناطق الحضرية.

إلا أن دراسة أجريت في جامعة إسكس وأخرى في سويسرا أشارت إلى أن هوائيات الهاتف الجوال من غير المرجح أن تسبب هذه الآثار على المدى القصير في مجموعة من المتطوعين.

مع تقدم التكنولوجيا وزيادة الطلب على البيانات على شبكة للهاتف الجوال ، والتي شهدت ارتفاعا حادا في عددا الأبراج والذي يحتاج إلى دراسات كثيرة . هوائيات للمحطات القاعدية للجيل الثالث من ألهاتف الجوال تعمل بمستويات منخفضة نسبيا من الطاقة الإشعاعية. لذلك فإن التعرض الناتج من هذه الهوائيات يكون قليلا .المجالات الكهرومغناطيسية المرتفعة يمكن أن تحدث مجالا كهربائيا وثيرا كهربائي في الأنسجة والذي يؤدي إلى تحفيز الأعصاب و العضلات. ولكن المجالات الكهرومغناطيسية الموجودة في بيئتنا متدنية جدا بحيث لا تؤدي إلى أي تأثيرات صحية حادة ، فيما عدا الصدمات الكهربائية الصغيرة التي يمكن أن تحدث عند لمس الأجسام الموصلة المشحونة. لم يتضح وجود أي آثار ضارة بالصحة عند التعرض لحدود أقل من تلك التي اقترحتها المبادئ التوجيهية الدولية.

في عام 1998 ، وضعت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) مبادئها التوجيهية لتغطي التعرض للإشعاع الناتج عن التردد الراديوي. و كانت تستند أساسا على الأدلة نفسها التي استخدمت من قبل المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع NRPB في بريطانيا، والتي كانت فيها حدود التعرض للعاملين والجمهور متشابهة. لكن المبادئ التوجيهية للجنة الدولية للوقاية من الإشعاع غير المؤين وضعت حدود مختلفة لتعرض للعاملين والجمهور ، حيث إن أقصى مستويات التعرض للجمهور نحو خمس مرات أقل من تلك الموصى بها بالنسبة للعمال. والسبب في ذلك هو الاحتمال بأن بعض أفراد الجمهور قد يكونوا حساسين لإشعاع الترددات الراديوية. ومع ذلك ، لا يوجد دليل علمي مفصل لتبرير هذا الفرق في حدود التعرض.

## الفصل الثامن

# مخاطر أبراج الهاتف الجوال

تقييم المخاطر هي عملية تحديد الأضرار المحتملة (الأخطار) المرتبطة بالتكنولوجيا أو التطور ، واحتمال وقوعها. قد تكون المخاطر على صحة الإنسان ، البيئة ، أو قد تكون اقتصادية ، ولكن في هذا الفصل سوف نركز على دراسة المخاطر على الإنسان. تحديد و تقدير المخاطر يستند على مصادر المعلومات التالية :

### 1 - الدراسات النظرية: **Theoretical studies**

وغالبا ما يتم التنبؤ بأخطار التكنولوجيا الجديدة على أسس نظرية ،خاصة عندما تكون تطور لتقنيات مماثلة قيد الاستخدام. وعند فهم هذه الأخطار جيدا يمكن تقييم المخاطر لمستويات التعرض التي قد تحدث. فعلى سبيل المثال أن المخاطر الرئيسية المرتبطة بمنشأة صناعية جديدة قد تكون ناجمة عن الضوضاء والتي قد تؤدي إلى إصابة بعض العاملين بالصمم. العلاقة الكمية بين التعرض للضوضاء والصمم يجب تحديده جيدا، وبالتالي يمكن تقييم المخاطر من خلال المستويات المحتملة لتعرض العمال للضوضاء.

### 2 - التجارب المختبرية **Laboratory experiments** :

المصدر الآخر للمعلومات هي التجارب المختبرية ، ويمكن تنفيذ هذه التجارب في المختبر (مثل اختبارات قدرات بعض المواد الكيميائية لاستحداث طفرات في المادة الوراثية لبعض أنواع البكتيريا) ،استخدام الحيوانات الحية (مثل اختبارات السمية على المدى الطويل عند استنشاق أو ابتلاع مادة كيميائية بانتظام) ، أو التجارب على الإنسان وهذه التجارب عادة ما تكون نادرة. هذه الدراسات تشكل الأساس لتقييم خطر المواد الكيميائية الجديدة مثل الأدوية والمبيدات الحشرية.

### 3 - الدراسات الوبائية **Epidemiological studies** :

الدراسات الوبائية على الناس مهمة أيضا. وتشمل هذه المقارنة معدلات المرض في مجموعات مختلفة من الناس وفقا لتعرضها لمخاطر معروفة .

كل مصدر للمعلومات له مزايا وعيوب عند الاستخدام، فالخلفية العلمية والمعرفة يمكن تطبيقها بسرعة وكلفة زهيدة نسبياً. وتشير الخبرة إلى أن بعض مصادر المعلومات عادة ما يمكن الاعتماد عليها، ولكن ليس دائماً. فمثلاً، كان من الصعب التنبؤ بان الاسبستوس يمكن أن يستحث السرطان على أساس المعرفة العلمية في الوقت الذي استخدمت هذه المادة لأول مرة. وبالمثل فإنه قبل الدراسات المستفيضة لم يعرف بأن مرض جنون البقر يشكل مخاطر كبيرة على صحة الناس.

النتائج المختبرية قد يستغرق فترة تصل إلى عدة سنوات لاستكمالها، ولكن عادة ما يتم تنفيذها قبل أن يتعرض الإنسان بنطاق واسع للتكنولوجيا الجديدة. هناك عدم الدقة في استقراء النتائج المستخلصة من الحيوانات إلى البشر، فمثلاً المعروف عن الزرنينغ بأنه يسبب سرطان الرئة والجلد في الإنسان، ولكن محاولات إثبات الخطر على الحيوانات قد باءت بالفشل. الدراسات الوبائية تقدم معلومات مباشرة عن المخاطر على الإنسان، ولكن زيادة الخطر لا يمكن أن تظهر إلا عند بدء حدوث المرض. يتم منع الأخطار أو إلغاؤها قبل أن تحدث آثار سيئة في البشر. وعلاوة على ذلك، فإن الدقة في تقدير المخاطر الناجمة عن الدراسات الوبائية تحددها القيود العملية والأخلاقية للتعامل مع الإنسان.

في كل مرحلة من مراحل تطوير تكنولوجيا جديدة يتطلب تقييم المخاطر من خلال تجميع ووصف جميع المعلومات ذات الصلة التي تتوفر من المصادر. اعتماداً على كمية المعلومات المتوفرة، أن تقدير المخاطر سيكون دقيقاً بشكل نسبي. معرفة الآثار الضارة الناتجة عن الإشعاع المؤين يمكن التنبؤ بها بدقة نسبية. من ناحية أخرى فإن المخاطر المرتبطة بالعديد من المواد الكيميائية الصناعية لم تدرس بشكل جيد، على الرغم من أن الأدلة الراهنة لا تشير إلى أي خطر مهم منها، فإنه لا يمكن استبعاد هذا الاحتمال بنفس الدقة.



## 8 - 2 إدارة المخاطر Risk Management

إدارة المخاطر هي العملية التي بواسطتها تتم المقارنة بين المخاطر والمنافع المرتبطة بالتقنيات أو تطويرها و اتخاذ القرارات بشأن المضي قدما في كيفية تنفيذها. قد تكون الفوائد حقيقية أو محتملة ، ومباشرة (مثل تحسن الصحة باستخدام دواء جديد) أو غير مباشرة (مثل استخدام تكنولوجيا أكثر قدرة على المنافسة و تعزيز فرص العمل). الموازنة بين المخاطر والفوائد يجب أن تأخذ في الاعتبار عدم الدقة في تقدير المخاطر ، و شدة الآثار السلبية التي قد تنشأ. المخاطر البسيطة للآثار الصحية مثل الصداع العابر قد تكون مقبولة ، وبالمقابل فإن الصداع قد يكون خطرة أكثر جدية عندما يكون سببه سرطان المخ ولن يكون مقبولا.

النهج السائد في مجال إدارة المخاطر هو تحديد التأثير السلبي الحاسم على الصحة ، (الذي يحدث في العادة عند أدنى مستوى التعرض). التعرض الأدنى الذي يحصل عنده التأثير يضرب بعد ذلك بعامل "تقييم" ، والذي يعرف أيضا عامل "السلامة أو "عدم الدقة" لغرض اشتقاق حدود التعرض أو القيم التوجيهية. الهدف من ذلك هو للتأكد بأن التعرض دون هذا الحد سوف لا يؤدي لآثار سلبية على أي فرد وينبغي منع التأثيرات التي تحدث في حالات التعرض العالي. لقد صمم عامل التقييم للسماح بالاختلاف في درجة الحساسية بين الأفراد ، وفي حالة المعلومات من الحيوانات فإن التقييم يجب يستند على اختلاف أنواع الحيوانات. ويمكن زيادة المعامل إذا كانت التأثيرات الصحية خطيرة ، مثل للسرطان أو التشوهات الخلقية. عوامل التقييم الدقيقة المستخدمة قد تكون أحيانا اعتباطية، وتجدر الإشارة إلى أن اشتقاق حدود التعرض أو القيم التوجيهية يستند على ملاحظة الآثار الضارة أو التأثيرات الباثولوجية الأخرى. التعرض المنخفض ذات التأثيرات غير الضارة لا تدخل في الحساب عند حساب عوامل التقييم .

إدارة المخاطر ليست عملية حسابية بسيطة ، لأن المخاطر لا يمكن قياسها كمياً ، وبنفس وحدات المنافع. فمثلاً ، قد يكون من الضروري الموازنة بين المخاطر على الصحة و المكاسب الاقتصادية و هذه ليست مهمة مستحيلة. هذا الشيء نقوم به بشكل منتظم في حياتنا يوماً بعد آخر. فعندما نشترى سيارة جديدة ينبغي أن نتخذ قراراً بوعي أو بغير وعي إذا كان علينا دفع مبالغ إضافية لمزايا السلامة الإضافية. وعندما نقرر توفير المال عن طريق عدم شراء معدات سلامة ، فعلىنا القبول بأخطار الإصابة في الحوادث العرضية.

تنشأ تعقيدات أخرى عند تقييم المخاطر ، بسبب أن معظم الناس الذين يستفيدون من التطورات الجديدة ليس بالضرورة أولئك الذين سوف يتعرضون لمخاطرها . فمثلاً المحارق الجديدة للبلدية تكون ذات فائدة لمعظم الناس في المجتمع ، ولكنها قد تشكل خطراً متزايداً على حركة المرور على الطرق وتسبب حوادث لأولئك الذين يعيشون في مكان قريب منها . في هذا الظرف ، ينبغي الموازنة بين المخاطر والمزايا والإجابة على المسائل الأخلاقية والمعنوية في المجتمع الديمقراطي ، والتي يقررها ممثلي الشعب المنتخبين.

### 8 - 3 مبادئ الوقاية **The Precautionary Principle**

نحن نعيش في عصر تتقدم فيه،العلوم والتكنولوجيا بوتيرة متزايدة. وقد أدى ذلك إلى العديد من التحسينات في مجال الصحة ونوعية الحياة وزيادة متوسط العمر المتوقع في الوقت الراهن. وفي الوقت نفسه ، كثير من الناس لديهم القلق بشأن وتيرة التغيير واحتمال كبير للتأثيرات الضارة إذا لم تتم السيطرة المناسبة على التطورات الجديدة. العلم له قدره لفعل الخير ، بالمقابل له قدرة أكبر لإلحاق الضرر، بالتالي هناك دعوات لتبني مبادئ وقائية من التكنولوجيا الجديدة التي لا نعرف على وجه الدقة المخاطر المرتبطة بها.

يقترح بعض الناس أنه لا ينبغي أن نسمح لتبني التطورات الجديدة إلا إذا كانت آمنة تماماً ، وهذا غير واقعي لأن العلم لا يمكن أن يوفر ضماناً بأن الخطر صفراً

ومع ذلك ينبغي أن تكون المخاطر التي تنجم عن التكنولوجيا صغيرة بالمقارنة مع غيرها من المخاطر الكثيرة التي نقبلها في حياتنا.

النهج الوقائي ليس كل شيء في الطبيعة ، ولكن قبل الموافقة على أي تطور جديد ينبغي أن تكون هناك أدلة إيجابية بأن المخاطر المرتبطة بها منخفضة ومقبولة ، إن عدم وجود أدلة مقنعة لا يعني بأن للمخاطر عالية على نحو غير مقبول. ومع ذلك ، فإن الأفراد يختلفون في قوة الأدلة التي يقتنعون بها قبل لكي يقتنعون بأن المخاطر صغيرة بما فيه الكفاية. تبني النهج الوقائي يتطلب تكاليف كبيرة، والتي قد تكون مباشرة ، مثل تحسين المنظومات الهندسية ، أو من التأخير في جني الفوائد التي سوف تجلبها التكنولوجيا الجديدة. وهناك تكاليف هامة غير مباشرة قد تنشأ إذا وجهت الموارد بعيدا عن التعامل مع المخاطر الجدية والتعامل مع المخاطر البسيطة للغاية. الهدف من النهج الوقائي هو إتباع سياسة مقبولة لدى معظم الناس ، والتي تقلل من فرصة النتائج السلبية من دون إيقاف التقدم.

سياسة تطبيق النهج الوقائي التي تطبق لإدارة المخاطر في حالات عدم الدقة العلمي قد أطلق عليها مبدأ الحيطة precautionary principle . وقد تم تبني هذا المبدأ رسميا من قبل دول الاتحاد الأوروبي في معاهدة ماستريخت (1992) .

#### 8 - 4 استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة

هناك أدلة قوية على أن استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة يزيد كثيرا من خطر وقوع الحوادث. لذلك ينبغي حظر استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة ، وهذا يتطلب قيام سلطات المرور بإعطاء هذه المسألة أهمية كافية وتنظيم حملات توعوية إلى الجمهور وخاصة للسائقين بعدم استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة ، وعلى الأخص حمل الهاتف باليد. الآثار الضارة من استخدام الهاتف الجوال أثناء قيادة السيارة كبيرة بسبب قلة السيطرة على السيارة. تشير الأدلة الحالية إلى أن الآثار السلبية لاستخدام الهاتف أثناء القيادة متشابهة إلى حد

كبير عند حمل الهاتف باليد أو استخدام السماعه وينبغي إقناع السائقين بالعدول عن استخدام الهاتف باليد أو باستخدام السماعه.

الهواتف الجواله يمكن أن يكون لها تأثير ضار على الصحة العامة ، ليس من خلال الآثار المباشرة فقط نتيجة التعرض للإشعاع الكهرومغناطيسي ، وإنما أيضا بشكل غير مباشر من خلال التداخل في قدرة مستخدم الهاتف على أداء مهمتين في آن واحد .

قد يبدو واضحا بأن استخدام للهاتف النقال أثناء القيادة سيكون ذات عواقب سلبية بالنسبة للسلامة على الطرق. لان علم النفس التجريبي أشار إلى أدلة كثيرة بان تنفيذ المهام العقلية (المعرفية) بشكل مترامن يكون غير دقيقا مقارنة بتنفيذ كل مهمة لوحدها. الآثار التي تنشأ من هذه "المهمة المزدوجة" متنوعة ، على رأسها تقسيم الاهتمام بين المهمتين ، والتداخل الذي يحدث عند التنافس لإتمام العمليات المعرفية .

في ضوء معطيات النتائج النفسية ، فأنة من المرجح أن التدخل الذي ينشأ عندما يحاول السائق تشغيل المركبة والاهتمام في الهاتف الجوال باليد ، والذي يؤدي إلى حصول التنافس المعرفي بين محاثة الهاتف الجوال مع تلك المطلوبة للقيادة. عند تقييم التأثير المحتمل للهواتف الجواله على السلامة على الطرق ، فمن المهم فهم المقادير النسبية للتداخل بين هذين المصدرين ، وليس هناك جدوى من التأكيد على استصواب استخدام الهاتف الجوال باليد إذا كان الجزء الأكبر من المخاطر المرتبطة باستخدام الهاتف موجود أيضا .

الأدلة بشأن تأثير الهواتف الجواله على قدرة القيادة يمكن استعراضها من ناحيتين :

الأولى ، الدراسات التجريبية التي تمت مناقشتها حول تقييم الآثار المترتبة على استخدام الهاتف على القيادة. مثل هذه الدراسات ناقشت آليات تداخل استخدام الهواتف مع قيادة السيارة ، والمقارنة بين الآثار المترتبة على استخدام أنواع

مختلفة من الهواتف. الدراسات التجريبية هذه توفر معلومات غير مباشرة عن الأثر الفعلي لاستخدام الهاتف حول السلامة على الطرق.

الثانية: مناقشة الدراسات الوبائية التي حاولت قياس المخاطر المتزايدة المرتبطة باستخدام الهاتف النقال أثناء القيادة.

### الأدلة التجريبية على الأثر المترتبة على قيادة السيارة

تم إجراء عدد كبير من الدراسات حول تأثير استخدام الهاتف الجوال بما يخص الجوانب المختلفة لأداء القيادة. بعض الدراسات استخدمت التجارب في المختبر باستخدام محاكي قيادة السيارة لدراسة أداء مهام القيادة في ظروف مختلفة ، ولأخرى استخدمت سيارات حقيقية . بعض الدراسات حددت تجاربها لتأثير محادثات الهاتف الجوال في اليد فقط ، وهناك دراسات أخرى درست استخدام الهاتف الجوال في اليد واستخدام السماع أو المقارنة بين استخدام الهاتف الجوال في اليد بالتزامن مع إجراء عمليات أخرى أثناء القيادة و التي تتطلب بعض التحكم لليدوي لجهاز آخر ، مثل إدخال الأرقام على لوحة مفاتيح الهاتف الجوال ، أو توليف الراديو أو الاستماع إلى راديو السيارة.

نتائج هذه الدراسات التجريبية متماسكة ومنتينة ويمكن معرفة نتائجها بسهولة والتي تتلخص بأن المحادثة بالهاتف الجوال أثناء القيادة كان له تأثير ضار على أداء القيادة من خلال قياس بعض المؤشرات مثل الزمن المستغرق للرد على الحافز الحتمي أو حدوث تغيير في سرعة السيارة ، وعدم السرعة في الرد تتطوي على خطورة القيادة على الطرق كذلك فإن المنير للاهتمام أن بعض الباحثين توصلوا إلى أن هذا التكيف يمكن أن يستمر 2.5 دقيقة بعد انتهاء المكالمة وهذا يؤدي إلى عدم التقيد بالمسافة الآمنة عن السيارات الأخرى ، وعدم القدرة على التحكم في السيارة في الحالات غير الروتينية. التأثير الضار لاستخدام الهاتف الجوال يزداد مع زيادة عبء العمل العقلي الذي فرضته المكالمة .

هناك أدلة تجريبية قوية على الآثار المترتبة على القيادة عند استخدام الهاتف الجوال وهي قلة قدرة السائقين على الاستجابة لحالات الطرق . يحتمل أن تكون الخطورة أكبر مقارنة بالاستماع إلى الراديو . كذلك أوضحت التجارب بأن تأثير المكالمات الهاتفية على القيادة يزداد في حالة السائقين المسنين ، ولا تتأثر بطريقة استخدام الهاتف (باليدين أو استخدام السماعة). هناك أدلة قليلة على أن سرعة رد الفعل للظروف المتغيرة على الطرق تختلف وفقا لطريقة استخدام الهاتف. احد الدراسات وجدت أن وضع الهاتف باليد يرتبط بضعف عابر في السيطرة على السيارة. وتجدر الإشارة إلى أن أيا من الدراسات التي تم استعراضها لم تتوصل إلى مقارنة لآثار المترتبة على أداء القيادة من استخدام الهاتف والآثار الناجمة عن التحدث مع الركاب . يبقى أن التوصل إلى معرفة ما إذا كانت المحادثة الهاتفية التي تؤدي حمولة معرفية على السائق معادلة لتلك التي تفرضها مكالمات الهاتف الجوال وعلى نحو مماثل من آثار ضارة على الأداء. مع ذلك ، لأسباب وجيهة لنفترض أن وجود آثار في محادثة السيارة ستكون أقل من تلك المرتبطة باستخدام الهاتف.

**الآثار الوبائية على الآثار المترتبة على استخدام الهاتف الجوال أثناء القيادة**  
هناك عدد قليل من الدراسات المنهجية لآثار استخدام الهاتف الجوال على معدلات حوادث المرور واحد الدراسات وزعت استبيان على 100 من السائقين اللذين اختيروا عشوائيا واللذين تعرضوا لحوادث مرور موقفة خلال فترة 12 شهرا ، و100 سائق من نفس المنطقة اللذين كانوا سجلهم خال من الحوادث لعشر سنوات على الأقل لغرض المطابقة. أربعة عشر من السائقين اللذين وافقوا على المشاركة من مستخدمي الهواتف الجوال. ولهم خبرة في القيادة لعدة سنوات . توصلت الدراسة إلى أن هناك احتمال كبير بين الحادث واستخدام الهاتف الجوال لأكثر من 50 دقيقة في الشهر. هذه النتائج مشكوك بها لأنها لم توضح فيما إذا كان الهاتف قد استخدم أثناء القيادة ، وكذلك فإن عدد الحالات المتاحة للتحليل صغيرة جدا .

أجريت دراسة أخرى عام 1998 ولاية أوكلاهوما في الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق فحص سجلات الحوادث ، حيث تقوم شرطة المرور بتسجيل بشكل روتيني إذا كان الهاتف للجوال موجودا في السيارة التي تعرضت للحادثة أم لا ، وكذلك ما إذا كان الهاتف قيد الاستخدام عندما وقع الحادث. في الدراسة تم تقييم معدل نسبة الحوادث عند استخدام الهاتف و خصائص الحادث. وجود واستخدام الهاتف مرتبطة إلى حد كبير بخطر الحوادث بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل ، غفلة السائق ، والقيادة في المدن ، وجنوح السيارة خارج الطريق أو انقلابها ، والإصابات والوفيات. معظم القتلى في الحوادث من مستخدمي الهاتف كانوا من الشباب الذكور ، بالرغم من أن المخاطر ذات الصلة للهاتف تكون كبيرة للمسنين. لم تتخذ أية خطوات في التحليلات ، لإزالة آثار المتغيرات الخارجية التي يحتمل أن تكون قد أدت إلى زيادة الحوادث بين المستخدمين وغير المستخدمين للهاتف. الدراسة الأخرى تركزت حصرا على الحوادث المميتة واحتمال الوفاة نتيجة استخدام أو وجود الهاتف الجوال في السيارة. استخدمت في التحليل طريقة التراجع اللوجستي Logistic regression في محاولة لإزالة آثار الخلط بين المتغيرات مثل العمر ، تناول الكحول ، المخدرات ، وكذلك ، الحوادث الغامضة ، وخصائصها ، السرعة غير الآمنة ، وعدم انتباه السائق . وأشارت هذه التجارب إلى أن احتمال حدوث الوفاة في حادث ، يزداد بمعامل تسعة عند استخدام الهاتف وقد تضاعف الحوادث إذا كان الهاتف موجودة في السيارة فقط.

استنتجت الأدلة الوبائية بان الدراسات التجريبية وفر أدلة دامغة على أن استخدام الهاتف الجوال يعوق أداء القيادة وتوجد علاقة بين استخدام الهاتف الجوال أثناء القيادة وزيادة مخاطر وقوع الحادث. معا ، هذين المصدرين من مصادر الأدلة تشير إلى أن المخاوف الحالية حول تأثير الهواتف الجواله على السلامة على الطرق لها ما يبررها. كما لاحظت بالفعل ، ومع ذلك ، فان الأدلة الحالية التجريبية

تشير إلى أن هناك القليل من المبررات لافتراض أن الآثار للضارة لاستخدام الهاتف على القيادة يمكن أن يخفف من حدتها باستخدام السماعه . ولذا فليس هناك مبرر قوي في الوقت الحاضر من أجل سن تشريعات تفرق بين استخدام باليد أو استخدام السماعه عند قيادة السيارة.. لذلك يجب تقديم الحجة لجعل التشريع يركز بشأن اكتشاف المزيد من التجارب حول طريقتي الاستخدام للهاتف الجوال باليد أو بواسطة السماعه .

وينبغي إجراء المزيد من الدراسات الوبائية لتوضيح العلاقة بين حوادث المركبات عند استخدام الهاتف الجوال ، وخاصة ما إذا كان يختلف الخطر بين حمل الهاتف باليد و عند استخدام السماعه ، وعمّا إذا كان من خطر استعمال الهواتف عند حمله باليد يفوق عدد الأشكال الأخرى التي تشتت الانتباه مثل المحادثة مع الركاب.

#### 8 - 5 تأثير المحطات القاعدية على البيوت أو المدارس

الاهتمام المشترك بين أفراد الجمهور حالياً يتركز حول خطر مواقع المحطات القاعدية الكبيرة للهواتف الجواله وعلى قرب البيوت والمدارس. وضع المحطات القاعدية وأبراجها على البيوت والمدارس يمكن أن يستفيد منه مالك البيت أو المدرسة بشكل غير مباشر من خلال الدخل الذي يدره الإيجار، تشير الأدلة إلى أنه لا يوجد أي خطر على الصحة العامة للناس الذين يعيشون بالقرب من المحطات القاعدية حيث يتم التعرض لمقادير صغيرة من قيم حدود التعرض الموضحة في المبادئ التوجيهية. ومع ذلك ، فإن الأطفال سريعى التأثير لأية آثار ضارة من إشعاع الترددات الراديوية. هناك أدلة على أن الأطفال يمتصون طاقة ترددات الهاتف الجوال من المجال الكهرومغناطيسي لكل كيلوجرام من وزن الجسم أكبر بكثير من البالغين، فالطفل البالغ من العمر عام واحد يمتص ضعف ما يمتصه الشخص البالغ ، والطفل البالغ من العمر خمس سنوات يمتص حوالي 60 ٪ ، أكثر من البالغ. بالإضافة إلى ذلك ، فإن الأطفال يتعرضون لإشعاع الترددات الراديوية المنبعثة من المحطات القاعدية الكبيرة (و من الهواتف الجواله) أكثر مما



يتعرض له الشباب والبالغين خلال فترة حياتهم ، لأن مدى العمر سيتيح وقتاً أطول لتراكم التعرض على مدى حياتهم مما يتيح ظهور التأثيرات المتأخرة. وبناء على ذلك فقد حضرت بعض البلدان وضع المحطات القاعدية الكبيرة على المواقع الحساسة مثل المدارس. أن عملية الالتزام بهذه السياسات تتميز بأنها سهلة ، ولكنها لا تعطي دائماً النتيجة المرجوة بسبب الطريقة التي يصل فيها الانبعاث إلى سطح الأرض ، فإن المحطة القاعدية الكبيرة التي تقع بالقرب من المدرسة قد تسبب تعرضاً أكبر للتلاميذ مما لو وضعت على مبنى المدرسة.

وهناك مقترح آخر بالنسبة للمحطات القاعدية الكبيرة التي توضع خارج أو داخل فناء المدرسة وهو أن لا ينبغي سقوط أي جزء من الإشعاع على أرض المدرسة . أن وضع المحطات القاعدية الكبيرة على المدارس أو المباني القريبة منها ينبغي أن يتم باتفاق بين المدرسة وأولياء الأمور وينبغي أن تقدم لهم معلومات كافية عن شدة الإشعاع عند الأرض وبعده عن المدرسة.

أن كثافة أكبر الترددات الراديوية ينبغي أن لا تقع على أي جزء من أرض المدرسة أو المباني دون التوصل إلى اتفاق بين المدرسة وأولياء الأمور.

#### 8 - 6 استخدام الأطفال للهواتف:

يعتبر الأطفال أكثر عرضة لخطر التعرض للترددات الراديوية بسبب أن الجهاز العصبي لهم في حالة تطور ، وكبير امتصاص الطاقة في أنسجة الرأس ، وطول زمن التعرض. وتمشياً مع النهج الوقائي ينبغي عدم تشجيع الأطفال للاستخدام غير الضروري للهواتف الجواله. ويوصى كذلك بمنع صناعات الهاتف الجوال من الترويج لاستخدام الهاتف الجوال من قبل الأطفال .

حذر الخبير البريطاني في مجال الإشعاعات السير ويليام ستيوارت الأباء بعدم السماح لأطفالهم باستخدام هواتفهم الجواله إلا عند الضرورة القصوى نظراً للمخاطر الصحية المترتبة على ذلك.

وتقول الدراسة على الرغم من عدم وجود دليل قاطع على خطورة الهاتف الجوال إلا أنه ينبغي اتخاذ إجراءات احتياطية عند التعامل معها ولا ينبغي أن يستخدم الأطفال دون سن الثامنة الهاتف الجوال على الإطلاق. وعلى ضوء هذه النتائج، فقد سحبت الهواتف المصممة لتلك الشريحة العمرية من الأسواق في المملكة المتحدة. كذلك أوصت الهيئة الفنلندية للسلامة من الإشعاع والسلامة النووية بالحد من استخدام الأطفال للهواتف الجواله ونصحت باستخدام الرسائل النصية بدلا من المكالمات الهاتفية للحد من عدد المكالمات التي تتم ومدة كل مكالمة و استعمال الأجهزة التي يتم التحدث فيها عن بعد.

كذلك أوضحت الهيئة بأنه لا توجد أبحاث كافية حول الأضرار الناتجة عن استخدام الأطفال للهاتف الجوال ولكن بفضل عدم أو تقليل زمن استخدام الهاتف لنفادي احتمال الآثار غير المنظورة عليهم .

ولم توصي الهيئة بمنع الأطفال من استخدام الهاتف الجوال وأشارت لدعم الهواتف الجواله الأمن الاجتماعي لتسهيلها عملية التواصل بين الآباء والأبناء .تم التوصية بالمقترحات التالية للحد من أضرار الهاتف الجوال على الأطفال:

1 - لا ينبغي للأطفال في أعمار تقل عن 8 سنوات استخدام الجوال على الإطلاق.

2 - يجب إبقاء الجوال بعيدا عن الأطفال والنساء الحوامل، لاحتمال تعرضهم للآثار الضارة للموجات الكهرومغناطيسية .

3 - إرشاد الأطفال لمخاطر الجوال ، ونصحهم بأن الهاتف لا يستخدم إلا في الحالات الضرورية جدا و تقليل زمن المكالمات.

4 - استخدام سماعات الأذن والتي تجعل الهاتف بعيدا عن الجسم، وبالتالي تقلل كمية الطاقة التي يتعرض لها الدماغ بنسبة عالية جدا.

## 8 - 7 استخدام الهاتف الجوال قريبا من المستشفيات

هناك خطر محتمل من الاستخدام العشوائي للهواتف الحرارية في المستشفيات وغيرها من المواقع حيث أن الترددات اللاسلكية يمكن أن تتداخل مع المعدات الإلكترونية الحساسة. وقد اتخذت بعض الدول خطوات بعدم استخدام الهواتف في المستشفيات وألزمت كل من مصنعي الهاتف الجوال وإدارة المستشفيات لتحذير الناس من مخاطر استخدام الهواتف في مثل هذه المواقع ووضع لوحات تحذيرية واضحة على مداخل المباني تشير إلى عدم تشغيل الهاتف الجوال في المستشفيات. وينصح بضرورة التأكد من أن جميع المستشفيات تمتثل لهذه التوصيات.

## 8 - 8 الدروع الواقية للحد من إشعاع الترددات اللاسلكية

الدروع تستخدم لامتصاص إشعاع الترددات اللاسلكية التي يتعرض لها مستخدمو الهواتف الجوال ، وقد تم إنتاج أنواع مختلفة من الأجهزة لهذا الغرض مثل الأجهزة السيراميكية التي توهم هذه الإشعاعات ولكن لا يوجد أساس مادي واضح لأساس عملها ، ولا توجد نتائج مقنعة لاختبارات التحقق من أنها تحدد من التعرض. ولكن توجد أنواع أخرى من الدروع لها أساس مادي. يتكون هذا النوع من غطاء يوضع على الهاتف ويكون بشكل شبكة معدنية وحارس "guard" على الهوائي هذه الشبكة سوف تحجب جزءا من الإشعاع المنبعث من الهاتف. في معظم الاستخدامات العادية ، يبدو أن هذا الدرع لا يوهن تعرض المستخدم كثيرا لأن توهين الإشعاع بواسطة الدرع يؤدي تلقائيا لتقليل قدرة الاستلام للهاتف (هذا يزيد أو يقلل من الانبعاث لإعطاء امثل إشارة في المحطة القاعدية). باستثناء ذلك يمكن أن يحدث عندما يعمل الهاتف النقال بقدرته أو قريبا من الحد الأقصى للقدرة ، فإذا كان مستخدم الهاتف بعيد جدا عن المحطة القاعدية أو داخل بناية ، فإن الإشارة في المحطة القاعدية سوف تضعف من قبل الدرع وقد لا يكون الاتصالات ممكنا .

وقد أظهرت بعض من نتائج الاختبار بأن الإشعاع يقل كثيرا في اتجاه الرأس مقارنة في الاتجاه البعيد عن ذلك. إذا كان الأمر كذلك ، يمكن للمستخدمين اللذين يشاهدون المحطة القاعدية الحد من تعرضهم إلى حد ما عن طريق تحويل الجانب المناسب من رؤوسهم نحو المحطة القاعدية . أشارت الاختبارات إلى أن التغييرات الأخرى في اتجاه الرأس سوف يقلل التعرض بنسبة صغيرة جدا. وقد أثبتت التجارب العملية أن انخفاض التعرض التي تلقتها معظم المستخدمين يكون ضئيل للغاية عند استخدام درع من هذا النوع ، ويمكن أن يكون اتجاههم نحو المحطة القاعدية غير ذي جدوى إذا كان بعيدا عنها أو في المباني والسيارات ، و إذا أصبح استخدام الدروع على نطاق واسع فيمكن أن تكون هناك آثار سلبية على البيئة ، حيث أن أكثر المحطات القاعدية عليها الحفاظ على نوعية الاتصال .

#### 1 - استخدام السماعات

يمكن تخفيض التعرض للأشعة المنبعثة من الهاتف الجوال بزيادة المسافة بين الهاتف والجسم. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام مجموعة من المعدات مصممة بشكل مناسب لعدم مسك الهاتف باليد تسمى معدات اليد الحرة Hands-free kits . ولكن لا يمكن الحصول على ميزة كبيرة من استخدام هذه المعدات لأنها تقوم بإبعاد الهاتف من الرأس إلى جزء آخر من الجسم ، و في هذه الحالة قد تتعرض أعضاء الجسم الأخرى للإشعاع وخاصة الإذن التي توضع السماعة فيها وكذلك فإن أسلاك السماعة تشع الموجات ويتعرض الجسم القريب منها إلى الإشعاع . في أبريل من عام 2000 أجريت بعض الاختبارات على مجموعة من هذه المعدات ووجد بأنها يمكن أن تزيد من تعرض المستخدم ولكن هناك مجموعة أخرى من الدراسات وجدت بان هذه المعدات تقلل من تعرض المستخدم بشكل كبير. وفي كلتا الحالتين هناك عدم كفاية من المعلومات المنشورة لتشكيل رؤية واضحة. لذلك ينبغي تصميم مجموعة من معدات اليد الحرة التي من شأنها أن تقلل إلى حد كبير من التعرض للمستخدم إذا ما استخدمت بشكل صحيح .

عمل معدات اليد الحرة والدروع الواقية غير واضح وهي معدات متاحة للجمهور من قبل الشركات المصنعة. لذلك ينبغي أن تقوم هيئات بحثية مستقلة باختبار أجهزة التتريغ ومعدات عدم مسك الهاتف ، والتي تمكن إعطاء معلومات واضحة حول فعالية هذه الأجهزة.

## 8 - 9 الإجراءات الوقائية

الهاتف الجوال ومعدات البث قد تكون مصممة لاستخدامها قريبة من الجسم. هذا يمكن أن يؤدي إلى تعرض جزء صغير من جسم مستخدم الجهاز وتنتج مجالات كهرومغناطيسية عالية غير موزعة مكانيا بانتظام. في مثل هذه الظروف فإنه من الناحية العملية ينبغي تحديد الامتثال من فرضيات معايير وشروط استخدام المعدات التي تولد المجال الكهربائي والمغناطيسي الناتج عن الترددات الراديوية بين 100 كيلو هرتز و 2500 ميغاهرتز.

الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة ICNIRP قد لاحظت أن الصناعات تسبب التعرض للمجالات الكهربائية والمغناطيسية وهي المسؤولة عن ضمان الامتثال لجميع جوانب المبادئ الارشادية ، ينبغي اتخاذ تدابير لوقاية العمال والتي تشمل الإدارة الهندسة والرقابية ، برامج لوقاية الشخصية ، والإشراف الطبي تنفذ هذه التدابير عندما يكون التعرض في موقع العمل يتجاوز المحددات الأساسية. الخطوات الواجب اتخاذها هي:


- وضع الضوابط الهندسية كلما أمكن ذلك للحد من انبعاث المجالات من الأجهزة إلى مستويات مقبولة. وتشمل هذه الضوابط، عند الضرورة تصاميم السلامة الجيدة ، واستخدام آليات العمليات المتداخلة أو ما شابه ذلك للحماية الصحة .
- الرقابة الإدارية ، وينبغي أن تستخدم جنباً إلى جنب مع الضوابط الهندسية مثل فرض القيود على الدخول ، استخدام التحذيرات المسموعة والمرئية. تدابير الحماية الشخصية ، مثل الملابس الواقية ، وإن كانت مفيدة في بعض الظروف ، ينبغي أن ينظر إليها كملاذ أخير لضمان سلامة العمال. ينبغي

إعطاء الأولوية لعمليات الرقابة الإدارية والهندسية وكلما كان ذلك ممكناً .  
وعلاوة على ذلك ، ينبغي استخدام القفازات العازلة لحماية الأفراد من الصعقة  
عالية التردد ، والحروق ، وفي كل الأحوال يجب عدم تجاوز المحددات  
لأساسية ، لأن العزل يحمي فقط ضد الآثار غير المباشرة من  
المجالات. ونفس التدابير يمكن تطبيقها على الجمهور فيما عدا الملابس الواقية  
وغيرها من الحماية الشخصية ، عندما يكون هناك احتمال بأن الجمهور قد  
تجاوز المستويات المرجعية للتعرض فمن الضروري وضع وتنفيذ القواعد  
التالية :

- تداخل المجالات مع المعدات الالكترونية والأجهزة الطبية (مثل منظم ضربات القلب pacemakers )
- تفجير العبوات الناسفة بفعل المجالات الكهربائية (صواعق) .
- والحرائق والانفجاريات الناجمة عن اشتعال المواد المتفجرة التي تسببها  
شحنات المجالات المستحثة والتيارات الملامسة ، أو مولدات  
الشرارة. محددات تعرض العاملين للموجات الكهرومغناطيسية أكبر مما هو  
لعامة الناس ( الجمهور ) بسبب أن العمال بالغين يتعرضون بصفة عامة في  
ظل ظروف معروفة ، ويتم تدريبهم لاتخاذ الاحتياطات المناسبة و يعرفون  
المخاطر المحتملة. لابد من توفير المعلومات الكافية و إشارات التحذيرية  
شكل ( 8 - 1 ) لضمان أن العمال الذين لم يحصلوا على تدريب كافي . إلا  
شارات التحذيرية على عدة أنواع حسب نوع الخطر وهي:

شكل ( 8 - 1 ) الإشارة التحذيرية للموجات الكهرومغناطيسية


**CAUTION**



Beyond this point:  
Radio frequency fields at this site may exceed FCC rules for certain exposures.

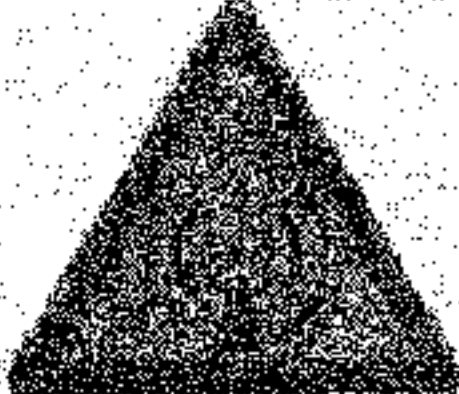
For your safety, stay at least 30 feet from the antennas for towers in radio frequency exposure areas.

**WARNING**




Beyond this point:  
Radio frequency fields at this site exceed the FCC rules for human exposure.

Exposure to radio frequency fields from this point on may result in adverse health effects.



Beyond this point:  
Radio frequency fields at this site may exceed FCC rules for certain exposures.

**NOTICE**



Radio frequency fields beyond this point may exceed the FCC general public exposure limit.

Stay at least 30 feet from the antennas for towers in radio frequency exposure areas.

1 - الملاحظة Notice احتمال التعرض يجب السيطرة عليه لضمان الامتثال لمحددات تعرض الجمهور. ويجب أن نحافظ على ضوابط السيطرة ، مثل معدل الزمن والتدريج المتوسط ، ليبقى التعرض أقل من محددات تعرض الجمهور .

2 - الحذر caution وتعني المواقع التي يكون التعرض للمجال الكهرومغناطيسي ضعيف جدا ليولد تعرض اكبر من محددات التعرض المهني وتعني بأنه بعد هذه النقطة قد يكون التعرض للمجال الكهرومغناطيسي يتجاوز التعليمات لمحددات التعرض البشري .وهي منطقة حدود السيطرة تشير إلى الحاجة إلى تدابير وقائية . (مثل مقياس معدل الزمن)

3 - التحذير Warning احتمال التعرض مسيطرة عليه لضمان الامتثال لمحددات التعرض المهني ولكن بعد هذه النقطة قد يكون التعرض للمجال خطرا . وان مقياس معدل الزمن غير كافي لمنع التعرض ويجب أن نحافظ على ضوابط ، مثل الوقت والتدريج في المتوسط ، ما زالت دون حدود المهنية

4 - الخطر Danger توضع هذه العلامة لتوضح بأن الدخول ممنوع بعد هذه النقطة إلا بعد إطفاء القدرة الكهربائية للمحطة.

ظروف التعرض لا يمكن السيطرة عليها لضمان الامتثال لمحددات التعرض المهني وتشمل المساحات التي تسبب حروق خطيرة إذا لامس الإنسان مصدر الترددات الراديوية إما غير العاملين فيكونون بمثابة فرد من الجمهور وتطبق عليهم، القيم الارشادية لحدود التعرض.

لتقليل مخاطر الموجات الكهرومغناطيسية يمكن أن نتخذوا التدابير اللازمة لتجنب التعرض فوق الحدود المسموحة ذات الصلة. يحتوي النصف الأسفل من هذه إلا شارات التحذيرية العبارة التالية : (الإشعاع في هذه المنطقة قد يتجاوز حدود المخاطر الخاصة والاحتياطات اللازم توفرها ومعرفة التعليمات قبل الدخول إلى المنطقة ) .



## التدريب

يجب تدريب العاملين مع معدات الترددات الراديوية لتأمين ممارسات العمل السليمة ، والإشراف على تدريبهم. ويجب أن يتم تدريبهم حول الضوابط المعمول بها في الترددات الراديوية وإدارة المخاطر المحتملة. يجب أن تكون هناك إجراءات مناسبة في مواقع العمل لضمان تطبيق نظم العمل الآمنة .

## التقييم الطبي

يجب أن تكون هناك إجراءات لضمان أن الأشخاص المعرضين مهنيًا بأكثر من المحددات الأساسية للجمهور والذين لديهم أجهزة طبية قد يكون عملها عرضة للتداخل مع الترددات الراديوية أو أن القطع المعدنية المزروعة في الجسم تكون معرضة لخطر الترددات الراديوية. ومن المستحسن إخضاع الأشخاص العاملين مع معدات الترددات الراديوية إلى تقييم طبي لقدرتهم على مثل هذه الأعمال تضمن التقييم الطبي اضطرابات العين (باستثناء نظارة القراءة) وجود قطع طبية مزروعة في الجسم (مثل قطع معدنية) (عدا حشوات الأسنان) أو أجهزة (مثل منظم ضربات القلب) ويضمن التقييم اضطرابات الجهاز العصبي و اضطرابات الإنجاب.

### المرأة الحامل.

من أجل الحد من مخاطر التعرض العارض لقيم أكثر من حدود التعرض المهني للمرأة الحامل التي لا ينبغي أن تتعرض لمجالات الترددات الراديوية فوق حدود مستويات التعرض لعامة الناس. المعرضين مهنيًا من الحوامل يجب أن يعلموا أصحاب العمل حول حملهم . بعد ذلك يجب ألا تتعرض لمجالات الترددات الراديوية التي تتجاوز حدود التعرض للجمهور.

تعرض المرأة الحامل هي حالة خاصة. فعند مستوى حدود التعرض المهني فليست هناك أدلة علمية على أن الجنين في خطر من التعرض لمجال الترددات الراديوية أكثر من تعرض للأم ، ولكن هناك دليل على أن التعرض لمجال شدته تزيد عن حدود التعرض المهني قد يسبب ضررا على الجنين. لأن المرأة الحامل لها النظام

الفسولوجي لتنظيم الحرارة يكون تحت الاجهاد بفعل الحمل ، لذلك افترض بان حدود التعرض المهني قد لا يوفر ما يكفي من عامل الأمان. استخدام محددات تعرض الجمهور للمرأة الحامل سوف يؤدي إلى توفير هامش أمان إضافي وذلك للحد من أي خطر من التعرض العارض للجنين إلى مجال ذات شدة عالية .

عملية إدارة المخاطر الناتجة عن الإشعاعات غير المؤينة يجب أن تشمل ما يلي :

(أ) **تحديد المخاطر.** وينبغي أن تشمل هذه المرحلة تحديد المصادر الرئيسية للترددات الراديوية ، وكذلك المصادر التي تعمل على إعادة بث الإشعاع ، حيث التيارات المستحثة في الموصل تعتبر مصادر محتملة للصعقة والحروق .

(ب) **تقييم المخاطر.** وتشمل هذه الخطوة تقييم مستوى التعرض، بالمقارنة مع الحدود ذات الصلة والنظر في احتمال وخطورة ما يترتب على هذا الخطر .

(ت) **اختيار أفضل التدابير الرقابية لمنع أو الحد من مستوى المخاطر.** السيطرة على المخاطر يجب أن لا تسبب في مخاطر أخرى .

(ث) **تنفيذ واختيار تدابير الرقابة.** وهذه الخطوة لابد أن تشمل متطلبات الصيانة المستمرة لضمان فعالية المراقبة ، والتدريب على تدابير الرقابة بالنسبة للعمال المحتمل تعرضهم لمخاطر الترددات الراديوية .

(ج) **رصد واستعراض فعالية التدابير الرقابية.** عملية رصد واستعراض وتقييم ما إذا كانت التدابير المختارة قد تم تنفيذ ضوابط كما هو مخطط لها ، وإن اتخذ تدابير فعالة وتدابير الرقابة لا تسبب أخطار جديدة أو تقاوم المخاطر القائمة.

### **المراقبة وتحديد الأولويات**

عندما يكون هناك احتمال للتعرض أكثر من الحدود ، ينبغي أن يدار الخطر من خلال تطبيق أولويات مراقبة جيدة كما هو مبين أدناه. أولويات التدابير العليا في السيطرة عادة ما تكون أكثر فعالية من الدنيا ، وينبغي أن تحظى بمزيد من الاهتمام . وحسب الأولويات ، فإن أولويات التحكم هي :

(أ) إزالة الخطر. إذا لم تكن هذه الأولوية عملية ، فإن التعرض للخطر ينبغي منعه أو تقليله بمجموعة من التدابير الرقابية التالية .

(ب) الاستعاضة بعملية أقل الخطورة (وأكثر قابلية للإدارة)

(ت) السيطرة الهندسية وتتضمن إعادة تصميم المعدات أو إدارة العمليات و / أو عزل الخطر. ومن الأمثلة على ذلك : وضع التدرّيع ، الأقفال الآمنة ، وتاريخ الأجزاء المعدنية الكبيرة ، استخدام عدادات كشف التسرب و أجهزة القطع والتوقف.

(ث) استخدام ضوابط إدارية مثل العلامات التي تمنع الدخول أو تحديد حدود التعرض ، ومنظومات عمل آمنة أو تقليل القدرة. الضوابط الإدارية يمكن أن تستخدم بالتوازي مع مستوى عالي من السيطرة .

(ج) استخدام معدات الحماية الشخصية المناسبة بتوفير جميع معدات الوقاية المناسبة والتدريب والإشراف على استخدامها لضمان أن يكون واضحاً للعاملين استخدامها الصحيح . وبالإضافة إلى ذلك ، يجب الحفاظ على معدات الوقاية الشخصية واستبدالها وفقاً للتوصيات المحددة من قبل المصنع لضمان أن تبقى في حالة جيدة بحيث إنها تبقى كأداة فعالة للسيطرة. من أهم معدات الحماية الشخصية:

1- القفازات الجلدية: القفازات توفر حماية جيدة من الصعقات الناتجة عن تيار التلامس أو الهياكل التي تعكس الإشعاع ، ولكنها ليست كافية للوقاية من الاتصال بموصلات الترددات الراديوية العالية.

2- البدلات الوقائية: البدلة الوقائية الشخصية (PPS) الشكل ( 8- 2 ) تستخدم لعزل الشخص من التعرض للمجالات العالية .

الشكل ( 8 - 2 ) البدلة الوقائية الشخصية ( PPS )



هذه الملابس متكونة من أنسجة موصلة والتي يمكن أن تكون بشكل قفص فراداي وهي كدرع واقى مؤثرا إذا كان البدلة تغلق جسم المستخدم تماما. فعالية التدريع تعتمد على التردد ، وهي توفر حماية قليلة عند التردد أقل من 10 ميغاهرتز. هذه البدلات تستخدم للدخول إلى المناطق التي تكون فيها قيم المجالات اكبر من الأدلة الإرشادية. ولكن يجب أن توفر البدلة وقاية فعالة من عند قيم المحددات الأساسية .

ولكن مساوئ هذه البدلات هو الحرارة التي يتعرض لها المستخدم، وعلاوة على ذلك الرؤية المحدودة الناتجة والمخاطر من عدم الرؤية الجيدة عند وضع غطاء الوجه وخاصة عند تسلق الأبراج العالية.

## الإجراءات المتخذة بعد التعرض

ينبغي وضع خطة طبية مسبقة في حالة التعرض الزائد للترددات الراديوية. وفيما يلي خطة العمل المقترحة ، في حالة التعرض الزائد للترددات الراديوية (المثبت أو المشتبه) :

(أ) الإسعافات الأولية للعلاج وينبغي الحصول عليها من أقرب ، طبيب أو مستشفى لمعالجة الحروق أو إصابات الأخرى.

(ب) ينبغي على أصحاب العمل اتخاذ الترتيبات اللازمة لعرض الموظفين المعرضين أو يشتبه في تعرضهم المفرط لمجالات الترددات الراديوية لتقييم طبي في أقرب وقت ممكن بعد التعرض المفرط ، بالاشتراك مع طبيب أخصائي في آثار التعرض لمجالات الترددات الراديوية .

(ت) في حالة التقييم الطبي للعين ينبغي أن يقوم بذلك طبيب أخصائي في العيون.

(ث) يجب على صاحب العمل توفر سجلات لتسجيل حالات التعرض المفرط، ونتائج العلاج الطبي ، والفحوص الطبية ، أو تقييم ومتابعة التعرض المفرط.

(ج) يجب التأكد من أن العاملين في الإشعاعات غير المؤينة على علم ودراية بفهم طبيعة حوادث التعرض المفرط والأسباب الرئيسية لإدارة مرحلة ما بعد الحادث.

(ح) يجب التحقيق في حوادث التعرض المفرط لتحديد مستوى ومدى التعرض ،

وأي من أجزاء الجسم قد تعرض إلى مجال الترددات الراديوية . هذه المعلومات

ينبغي تسجيلها كما محددة في الفقرة (ث) أعلاه. من الضروري تبني إجراءات

تصحيحية مناسبة أو تغييرات في إجراءات العمل في أقرب وقت ممكن عمليا بعد

التعرض المفرط لغرض منع التعرض المفرط في المستقبل على أي من العاملين

والاستفادة من ذلك في حالات عمل مماثلة .

## وقاية الجمهور

تدابير الوقاية أفراد الجمهور اللذين قد يتعرضون لمجالات الترددات الراديوية بسبب قربهم من الهوائيات أو غيرها من مصادر الترددات الراديوية يجب أن تتضمن ما يلي :

(أ) تحديد حدود المناطق التي تتجاوز فيها مستويات حدود التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور.

(ب) فرض قيود على دخول الجمهور إلى المناطق التي تتجاوز فيها مستويات حدود التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور .

(ت) توفير إشارات تحذيرية مناسبة أو ملاحظات حول التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية .

(ث) إخطار السلطة الرقابية المختصة ، في حالة التعرض الذي يتجاوز الحدود ذات الصلة.

(ج) التقليل إلى أدنى حد من التعرض لمجال الترددات الراديوية التي لا داعي لها ، أو التعرض العارض الناتج عن متطلبات العمل ، و يمكن أن يتحقق ذلك بسهولة معقولة . التدابير الوقائية الجيدة ينبغي أن تتبع الممارسة الهندسية ومدونات قواعد الممارسات ذات الصلة. إدراج عوامل أمان إضافية غير عملية للوصول إلى معيار تعرض لا يوصى به

8 - 10 الاحتياطات التي تقلل من التعرض لترددات الهاتف الجوال:

أهم الاحتياطات التي تقلل من الأضرار الصحية في حال استخدام الهاتف الجوال:

1- لا يفضل حمل الجهاز ملاصقاً للجسم ولا سيما بالقرب من القلب، لأنه حساس لموجات الجوال، و يفضل حمل الجهاز في حقيبة يد بعيداً عن الجسم (بما لا يقل عن 50 سم).

2- أوصت منظمة الصحة العالمية بتقليل مدة المكالمات إلى أقصر وقت ممكن حيث أن هذا الجهاز لا ينبغي استعماله في المكالمات الطويلة، ولا ينبغي أن تزيد

المكالمة عن دقيقه وأحدة على الأكثر. يفضل غلق الجهاز عند عدم الاستعمال (مثلا عند النوم) إلا في حالة الضرورة فيجب أبعاده عن الجسم بمقدار 1متر أو تقليل المسافة بين هوائي الجهاز والأذن إلى 2 سم أثناء الاستعمال فهذا يقلل من شدة التعرض للموجات الكهرومغناطيسية بمقدار السدس. الحرص على استبدال الأذن المستخدمة للاستماع للهاتف الجوال بين الحين والآخر

3- أشارت تقارير منظمة الصحة العالمية بحظر الاستعمال المفتوح للهاتف الجوال على الأطفال ممن هم دون سن البلوغ ( تحت سن الثانية عشرة) نظراً لأن الأطفال أكثر استعداداً للمخاطر الصحية للموجات الكهرومغناطيسية في مراحل النمو المختلفة، كما ينطبق ذلك على كبار السن لأن أنظمة المناعة في أجسامهم أقل قوة من البالغين وهذه الإشعاعات لها تأثير على استقرار خلايا الجسم وتأثيرها على الجهاز العصبي وتسبب الصداع واضطرابات النوم وفقدان الذاكرة.

4- يحظر على السيدات الحوامل المكالمات المتكررة والطويلة أو وضع الجهاز بالقرب من الرحم نظراً لتأثير الموجات الكهرومغناطيسية على خلايا الأجنة في مراحل الانقسام والتطور المختلفة ولأسيما في الثلاثة أشهر الأولى من الحمل.

5- يفضل غلق الهاتف الجوال داخل المستشفى لأن الموجات الصادرة عنه قد تؤثر على الأجهزة الطبية مثل أجهزة السمع، وأجهزة تنظيم ضربات القلب.

6- يفضل عدم وضع الهاتف الجوال في منطقة الحزام الذي قد يؤثر سلباً على الأعضاء الداخلية مثل الكليتين والأعضاء التناسلية بسبب الموجات المنبعثة منها.

7- لا يفضل تقريب الهاتف من الأذن أثناء الرنين لتأثيره على السمع، وإنما يقرب من الأذن أثناء المكالمات فقط.

8- يمنع اقتراب الجمهور لمسافة تقل عن 6 أمتار من الهوائي فوق الأسطح و يمنع اقتراب العمال لمسافة أقل من ثلاثة أمتار وارتداء العاملين سترات واقية من الإشعاع ، مع وضع حواجز وعلامات فوق الأسطح لمنع وصول السكان إلى المنطقة الممنوعة حول المحطة.

9- يفضل غلق الهاتف الجوال في الطائرة لأن بعض أجهزة الطائرة وذلك للتداخل ترددات الهاتف مع ترددات أجهزة الطائرات والملاحة الجوية مما قد يسبب أخطاراً على المسافرين. الأجهزة الالكترونية الدقيقة مثل الأجهزة الطبية

10- لا تستخدم الهاتف أثناء جلوسك بالسيارة، ولا أثناء القيادة لان هيكل السيارة المعدني يركز الموجات الكهرومغناطيسية على الجسم والرأس بشكل أكبر . وكذلك لكي لا يعوق استخدامك لأحد اليدين بقيادة السيارة . وعند الضرورة تستخدم السماعه أثناء القيادة بالرغم من أن بعض البحوث أشارت إلى أن بعض سماعات الأذن تزيد من كمية الإشعاعات التي تنتقل إلى الإنسان بمعدل ثلاثة أمثال بدلاً من أن توفر الحماية من المخاطر الصحية المحتملة. وقد أدى استخدام الهاتف أثناء القيادة تزايد حوادث المرور نتيجة انشغال السائق وربود الأفعال أثناء المكالمه. أكد الخبراء أن استعمال السائقين للهاتف الجوال أثناء القيادة حتى ولو استخدموا سماعات الأذن قد يضاعف احتمالات وقوع حوادث بنسبة 400 %، لذلك يفضل غلق الهاتف أثناء تزود السيارة بالوقود.

11- أشارت بعض البحوث إلى إمكانية استخدام واقى للهاتف الجوال وهو عبارة عن قطعة من سبيكة معدنية خاصة ذات قدرة على الامتصاص الطاقة الكهرومغناطيسية الصادرة من الهاتف ، يتم تركيب هذه السبيكة على جسم الهاتف الجوال بحيث تلتصق بأحكام بيد المستخدم عن الاستخدام. و تنتقل الطاقة الكهرومغناطيسية من السبيكة لليد لتتوزع على الجسم و يتجنب



تأثيرها المباشر على الرأس ، و بالتالي يقل الضرر الناتج من الجوال على دماغ الإنسان.

12- أشارت بعض البحوث للجامعات الأمريكية والكندية والدنماركية بان بعض الموجات الكهرومغناطيسية التي تحدث بشكل طبيعي والتي تشبه موجات الضوضاء الكهرومغناطيسية (electromagnetic noise) يمكن أن تتراكم مع الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهاتف التي يحتمل أن تكون خطيرة ونتيجة للتراكم تتولد موجة جديدة ليس لها آثار بيولوجية. أن موجات الضوضاء لا تتداخل مع التردد المنبعثة من الهاتف لان ترددها مختلف.

13- يفضل شحن الهاتف في غرفة أخرى لان الشحن ينجم عنه مستوى عالي من الإشعاع.

14- تقليل مدة المكالمة إلى أقصر وقت ممكن حيث أن هذا الجهاز لا ينبغي استعماله في المكالمات الطويلة، ولا يفضل أن لا تزيد المكالمة عن دقيقة واحدة ، وين يغلق الجهاز عند النوم.

15- لا يفضل لبس النظارات عند التحدث بالهاتف الجوال لأن إلطار الخارجي المعدني النظارة يعمل كمنظومة هوائية مع هوائي الهاتف النقال ويصدر من هذا الإطار مجالات مغناطيسية لها تأثير مباشر على شبكية العين، ويزيد من معدل امتصاصها لتلك الموجات الكهرومغناطيسية ، مما يؤثر سلباً على النظر

8 - 11 مرسات سلامة العمل في موقع المحطة الأرضية أو الهوائي:  
جميع المناطق عند موقع المحطة الأرضية أو في موقع الهوائي يجب أن لا تعرض العاملين والجمهور من مجال الترددات الراديوية. عندما يكون الوصول قريبا إلى تلك المناطق ضروريا فيجب العمل ضمن متطلبات السلامة وهي :

## 1 - معرفة أو تعيين حدود الامتثال:

قبل الوصول أو الاقتراب من موقع هوائيات المحطة الارضية يجب على العامل معرفة معلومات السلامة لجميع منشآت الإرسال في الموقع ، مثل حدود الامتثال و مواقع الهوائيات. ولدى وصولهم إلى موقع هوائيات المحطة الارضية ، يجب تحديد جميع الهوائيات.

إذا كانت معلومات السلامة غير معروفة عن كل هوائي أو لجميع مكونات المحطة فان المعلومات الناقصة ينبغي أن تطلب من الشركة المسؤولة عن موقع هوائيات المحطة الارضية أو موقع الإدارة.

ولكن في بعض البلدان فان المسافات الآمنة عن الهوائيات تكون مكتوبة بشكل واضح على الهوائي أو عند سور المحطة الارضية. وعندما يتحقق العامل من أن المعلومات لحدود الامتثال كاملة ، يمكنه الدخول إلى موقع هوائيات المحطة الارضية.ومن دون معرفة المعلومات الكاملة عن حدود الامتثال ، لا بد للعامل من مغادرة المكان أو استخدام الأجهزة الحرارية لرصد مجال الموجات الراديوية التي يغطي المجال الترددي للموقع لتحديد مجال العمل الآمن.

## 2 - الرصد الميداني

يجب قراءة وفهم تعليمات الشركة المصنعة لتشغيل أجهزة الرصد قبل استخدامها عند زيارة الموقع. وهذا ينطبق على العاملين اللذين يضعون الكاشف الشخصي على أجسامهم لاحتمال أن تكون القراءات غير دقيقة بسبب حجب أجسامهم للاستلام الترددات وقياسها .عندما يسمع الإنذار من أجهزة الرصد ، فان ذلك يشير إلى تجاوز قيمة المحددات الموضوعه للتعرض فعلى العامل الابتعاد عن الهوائي وتجنب الدخول إلى أي منطقة يكون فيها التعرض للمجال قد تجاوز المحددات . تجدر الإشارة إلى أن مستويات الترددات الراديوية من هوائيات المحطة تختلف في وقت لأخر لعدة أسباب ، منها عدد المكالمات التي تستلمها

المحطة. أما مستويات التردد الراديوي من الهوائيات أو الخدمات الأخرى قد لا يختلف أو قد تختلف بأنماط مختلفة.

وبالتالي ، فإن المجال لا بد من أن يرصد بشكل مستمر ، إلا إذا كانت المستويات المقاسة أقل بكثير من حدود التعرض في موقع العمل.

### 3 - إجراءات الإغلاق

إذا كان من الضروري العمل في منطقة حدود الامتثال ، يجب على العامل استخدام الاحتياطات المناسبة ، والتي قد تشمل غلق مولد الترددات الراديوية عن جزء أو كل الهوائيات . وإذا لم تستطع أي من الممارسات أعلاه أن تضمن الحد من التعرض فيجب أن تتخذ إجراءات إغلاق القدرة الكهربائية . في بعض الحالات ، قد يحتاج مشغل الشبكة إلى إخطار مسبق قبل أن يقوم العامل بإغلاق المحطة الأرضية أو الهوائي. كل هذا ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار عند التخطيط ووضع الجدول الزمني للعمل. للتأكد من إغلاق القدرة الكهربائية بالكامل وان الهوائي لا يشع مجالات التردد الراديوي يجب استخدام الرصد الميداني.

### 4 - سلامة الكابلات ودليل الموجات **Cabling and waveguides**

تلف الكابلات وتوصيلاتها يمكن أن تكون مصادر تعرض كبيرة للترددات الراديوية. الكابلات الناقلة والتوصيلات غير الصحيحة يمكن أن تؤدي لتسرب طاقة الترددات الراديوية ، مما قد يؤدي إلى زيادة مستويات التعرض في المناطق المجاورة لها. لا يجوز فصل أو قطع الكابلات أو التوصيلات أثناء عملية الإرسال اللاسلكية أبداً لأن ذلك قد يؤدي إلى تعرض العامل للصعقة الكهربائية والحرق عند ملامسة أي موصل. بالإضافة إلى كابلات التردد الراديوي فإن بعض المحطات قد تستخدم منظومات التوزيع بالألياف البصرية، فيجب على العمال إتباع قواعد محددة لمعالجة الانبعاث الضوئية.

بعض أجهزة بث الترددات الراديوية يمكن أن تستخدم دليل الموجات. وينبغي أن يتجنب العاملين وضع عيونهم بالقرب من دليل الموجات الناقلة.

## 5 - الاشتباه في التعرض المفرط:

في حالة الاشتباه في التعرض المفرط للعاملين ينبغي أن يحال ذلك إلى الإدارة لتحديد الاجراءات اللازمة وإعادة النظر بممارسات العمل. الغالبية العظمى من حالات التعرض المفرط قد لا يؤدي إلى ظهور أي أعراض على الإطلاق بسبب كبر هامش معايير الأمان. من الضروري طمأنة العاملين. وعند ظهور الأعراض فإن العلاج يكون مماثلاً للإصابات الناجمة عن أي سبب آخر.

## 8 - 12 تعليمات مقترحة للوقاية من الإشعاعات غير المؤينة

لغرض وقاية مستخدمي الهاتف الجوال وشبكاتة ينبغي وضع تعليمات خاصة بالوقاية من الإشعاعات غير المؤينة وندرج التعليمات المقترحة التالية :

### المادة 1

### أحكام عامة

### الهدف والنطاق

1 - الهدف من الأتحة وضع الشروط الدنيا لوقاية العاملين والسكان والبيئة من المخاطر التي تهدد صحتهم وسلامتهم نتيجة لا احتمال تعرضهم للمجالات الكهرومغناطيسية (من 0 هرتز - 300 جيجا هرتز).

2. معرفة الآثار الضارة على المتعرضين على المدى القصير و الناجمة عن مرور التيارات المحتثة ، الطاقة الممتصة، والتيارات الملامسة للجسم.

### المادة - 2

### التعريف

لأغراض هذه الأتحة ، يجب تطبيق التعاريف التالية:

'المجالات الكهرومغناطيسية' EMF: تشمل المجالات الكهربائية والمغناطيسية المتغيرة مع الزمن والمجالات المغناطيسية الساكنة ، والمغناطيسية والمجالات الكهرومغناطيسية ذات الترددات بتردد يصل إلى 300 جيجا هرتز ؛

الإشعاع غير المؤين: ويشمل كل إشعاعات ومجالات الطيف الكهرومغناطيسي التي لا تملك الطاقة الكافية لتأين ذرات المادة. ويتميز بتردد يقل عن  $3 \times 10^{15}$  هرتز.

التردد : هو عدد الذبذبات في الثانية التي تحدثها الموجة الكهرومغناطيسية الواحدة ويقاس بالهرتز.

كثافة القدرة (S): هي القدرة الإشعاعية الساقطة على وحدة المساحات العمودية على اتجاه الإشعاع، وتعتبر مقياساً لمستوى الإشعاع في حال التعرض له، وتقاس بالواط / $m^2$ .

الهوائي: هو جهاز يقوم بتحويل الإشارات الكهربائية إلى موجات كهرومغناطيسية والعكس ويأخذ أشكالاً متعددة وله متغيرات خاصة به مثل الكسب ونوعية الاستقطاب.

المحطة الثابتة: هي مجموعة من أجهزة الإرسال والاستقبال والهوائيات تقوم بتغطية منطقة جغرافية معينة ضمن نطاق ترددي محدد للموجات الكهرومغناطيسية وذلك بغرض الاتصالات أو البث الإذاعي أو البث التلفزيوني.

التعرض: يقصد به تعرض الإنسان في أي مكان أو زمان للمجال الكهرومغناطيسي .

التعرض غير الخاضع للتحكم (الجمهور) Uncontrolled Exposure: هو تعرض الجمهور للمجالات الكهربائية والمغناطيسية باستثناء التعرض المهني والطبي.

التعرض الخاضع للتحكم (المهني) Controlled Exposure: هو تعرض العاملين الكلي للحقول الكهربائية والمغناطيسية والكهرومغناطيسية أثناء أدائهم للعمل في مجال الإشعاع.

معدل الامتصاص النوعي (SAR) : هي معدل الطاقة الإشعاعية الممتصة بواسطة أنسجة الجسم بالنسبة للزمن وتقاس بالواط لكل كيلوجرام وهي تتناسب

طرديا مع مربع شدة المجال الكهربائي في حالة الترددات الأعلى من 100 كيلو هرتز وتعتبر الكمية المرجعية التي تبنى عليها إجراءات الوقاية من الإشعاع لإمكانية حدوث تأثيرات بيولوجية.

الامتصاص النوعي (SA): قيمة الطاقة الممتصة في وحدة الكتل للنسيج الحي معبرا عنها بالجول لكل كيلوجرام ويمثل الامتصاص النوعي التكامل الزمني لقيمة معدل الامتصاص النوعي.

شدة المجال الكهربائي: هو مقدار القوة الكهربائية ( $F$ ) التي تؤثر على شحنة كهربية موجبة اختباريه ( $q$ ) عند نقطة ما مقسومة على قيمة تلك الشحنة ( $E=F/Q$ ) وتقاس بالفولط لكل متر ( $V/m$ ).

شدة المجال المغناطيسي: مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ( $B$ ) مقسوما على معامل نفذية الوسط وتقاس بالأمبير لكل متر ( $A/m$ ).

كثافة المجال المغناطيسي: هو مقدار متجه للمجال الذي يمثل مقدار القوة التي تؤثر على شحنة أو عدة شحنات متحركة وتقاس بالتسلا.

كثافة التيار: هو تدفق التيار خلال سطح ما وبالنسبة للموصل الخطي فان كثافة التيار هي ناتج قسمة شدة التيار المار على مساحة مقطع الموصل.

التيار المستحث: هو التيار الكهربائي المتولد، بخاصية الحث الكهرومغناطيسي، داخل جسم الإنسان عند تعرضه للمجالات الكهرومغناطيسية.

تيار التماس: هو التيار الذي يسري في جسم الإنسان عند تلامسه مع أي جسم آخر له جهد كهربى مختلف حيث أن الأجسام الموصلة المشحونة بالحقول الكهرومغناطيسية تسبب مرور تيارات كهربية في جسم الإنسان الذي يتلامس معها.

المحددات الأساسية Basic للتعرض: هي المحددات الخاصة بالتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، وتشمل الكميات الفيزيائية المستخدمة في تلك لمحددات وهي كثافة التيار ( $J$ ) ، معدل الامتصاص النوعي ( $SAR$ ) ، وكثافة القدرة ( $S$ ) وينبغي

عدم تجاوز هذه المحددات حيث ان الامتثال لهذه الحدود تكفل للمعرضين للحماية من جميع للتأثيرات للصحة الضارة

المستويات المرجعية Reference Levels: هي مستويات مرجعية، خاصة بالتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، تتم مقارنتها بالقيم المقاسة حيث أن الامتثال لهذه المستويات يضمن الالتزام المحددات الأساسية. وتتضمن شدة المجال الكهربائي، شدة المجال المغناطيسي ، وكثافة الفيض المغناطيسي ، وكثافة القدرة ، والتي يكفي قياس واحد أو أكثر من هذه للقيم

### المادة 3 الترخيص

لا يجوز بغير ترخيص صادر من الهيئة الرقابية تركيب أجهزة ومحطات الإرسال والاستقبال الخارجية للهواتف المحمولة. ويجوز للهيئة الرقابية إلغاء الترخيص إذا خالف المرخص له شروط الترخيص.

### المادة 4 التفتيش

يجب على شركات الاتصالات أن تسمح لممثلي وزارة البيئة المكلفين بالتفتيش على أجهزة ومحطات الإرسال والاستقبال الخارجية للهواتف المحمولة لغرض التأكد من امتثال الشركة لإحكام هذه الأتحة وتنفيذ متطلبات الوقاية والأمان من الإشعاعات غير المؤينة .

### المادة - 5 تقويم التعرض

يتعهد المرخص له باتخاذ الترتيبات اللازمة لتقويم التعرض للعاملين والجمهور من خلال رصد مواقع أجهزة ومحطات الإرسال والاستقبال الخارجية للهواتف المحمولة

أ. تهدف المحددات الأساسية الخاصة بالتعرض الإشعاعي الغير مؤين، تبعاً للمدى الترددي، إلى ما يلي:

1. منع حدوث تأثيرات على وظائف الجهاز العصبي من جراء كثافة التيار في المدى الترددي من 1 هرتز إلى 10 ميغاهرتز.
2. منع حدوث كلا من التسخين الكامل للجسم والتسخين المفرط المتمركز على النسيج من جراء معدل الامتصاص النوعي في المدى الترددي من 100 كيلو هرتز إلى 10 جيجا هرتز.
3. منع التسخين المفرط للنسيج سواء على سطح الجسم أو قريبا منه وذلك من جراء كثافة القدرة في المدى الترددي من 10 إلى 300 جيجا هرتز.
- ب. يحظر تجاوز المستويات المرجعية الواردة في الجدولين رقم (1, 2) والخاصة بالمجال الكهربائي والمغناطيسي لمتغير مع الزمن للمدى الترددي حتى 10 جيجا هرتز لكلا من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم.
- ت - يحظر تجاوز المحددات الأساسية الواردة في الجدول رقم (3) للمدى الترددي أكثر من من 10 جيجا هرتز لكل من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم.
- ث - يجب عدم تجاوز المستويات المرجعية الواردة في الجدول رقم (4) والخاصة بتيار التماس المتغير مع الزمن من الأجسام الموصلة لكل من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم.
- ج - يجب عدم تجاوز المستويات المرجعية الواردة في الجدول رقم (5) والخاصة بالتيار المستحث في أي جزء من الجسم للمدى الترددي من 10 إلى 110 ميغا هرتز لكلا من التعرض الخاضع للتحكم والتعرض غير الخاضع للتحكم.



## المادة 6

### تحديد وتقييم التعرض للمخاطر

1. لتنفيذ الالتزامات المنصوص عليها في المادتين 3 اعلاة يقوم صاحب العمل إذا لزم الأمر بتوفير الأجهزة والمعدات والوسائل اللازمة لقياس المستويات المرجعية للمجال الكهرمغناطيسي التي يتعرض لها العاملين والجمهور.
2. على أساس تقييم المستويات المرجعية فعند تجاوزها يقوم صاحب العمل بتقييم أو حساب المحددات الأساسية للتعرض.
3. التقييم، القياس أو الحسابات المشار إليها في الفقرتين 1 و 2 ليس من الضروري أن يتم في أماكن العمل المفتوحة للجمهور.
4. التقييم، القياس و / أو الحسابات المشار إليه في الفقرتين 1 و 2 يخطط لها وتنفذها هيئات مختصة أو أشخاص مؤهلين في فترات منتظمة ،البيانات التي تم الحصول عليها من التقييم والقياس و / أو حساب مستوى التعرض يجب حافظها بشكل مناسب وذلك لإتاحة الفرصة لتقييمها من السلطة الرقابية في مرحلة لاحقة.
- 5- عندما يكون التعرض أكثر من المحددات الأساسية للتعرض ، يجب أن تتاح للعاملين المعنيين في تشغيل وصيانة أجهزة البث دوريا للتأكد من عدم إصابتهم بأي أضرار صحية نتيجة تعرضهم لمستويات إشعاعية غير مسموحة وفقا للقوانين الوطنية.

## المادة 7-

### وقاية العاملين مع معدات الترددات الراديوية

- 1 - يخضع الأشخاص العاملين إلى تقييم طبي لقدرتهم على مثل هذه الأعمال تضمن التقييم الطبي اضطرابات العين (باستثناء نظارة القراءة) وجود قطع طبية مزروعة في الجسم (مثل قطع معدنية) (عدا حشوات الأسنان) أو أجهزة (مثل منظم ضربات القلب) ويضمن التقييم اضطرابات الجهاز العصبي و اضطرابات الإنجاب .

1 - المرأة الحامل العاملة لا ينبغي أن تتعرض لمجالات الترددات الراديوية فوق حدود مستويات التعرض لعامة الناس.

1 - يجب تدريب العاملين لتأمين ممارسات العمل السليمة ، والإشراف على تدريبهم. ويجب أن يتم تدريبهم حول الضوابط المعمول بها في للترددات الراديوية وإدارة المخاطر المحتملة.

1 - استخدام معدات الحماية الشخصية (القفازات الجلدية و البدلات الوقائية المغلقة تماما)

1 - يجب على صاحب العمل توفر سجلات لتسجيل حالات التعرض المفرط، ونتائج العلاج الطبي ، والفحوص الطبية ، أو تقييم ومتابعة التعرض المفرط.

1 - السيطرة الهندسية وتتضمن: وضع التدريع ، الأقفال الآمنة، وتاريخ الأجسام المعدنية الكبيرة ، استخدام عدادات كشف التسرب و أجهزة القطع والتوقف.

#### المادة - 8

#### وقاية الجمهور

(أ) تحديد المناطق التي تتجاوز فيها مستويات حدود التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور.

(ب) فرض قيود على دخول الجمهور إلى المناطق التي تتجاوز فيها مستويات حدود التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية قيم تعرض الجمهور .

(ت) توفير إشارات تحذيرية مناسبة أو ملاحظات حول التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية.

(ث) إخطار السلطة الرقابية المختصة ، في حالة التعرض الذي يتجاوز الحدود ذات الصلة.

(ج) التقليل إلى أدنى حد من التعرض لمجال الترددات الراديوية التي لا داعي لها ، أو التعرض للعارض الناتج عن متطلبات العمل ، و يمكن أن يتحقق ذلك بسهولة معقولة .

## المادة - 9

### هوائي محطات الهواتف المحمولة

أن يكون التعاقد بين شركات الاتصالات والجهات المؤجرة لمواقع المحطات الثابتة بعقد صادر من المجلس الأعلى للاتصالات وينبغي الالتزام بالشروط التالية في جميع محطات البث الثابتة:

1. إنارة أبراج الهوائيات بحيث تكون في أعلى البرج.
2. عدم التسبب في إحداث أي تداخل مع محطات أخرى أو تشويش على خدمات أخرى.
3. عزل حقول الهوائيات عزلا تاما بحيث توفر عوامل السلامة للمارة والسكان.
4. وضع الإشارات التحذيرية المناسبة بشكل واضح تبين المحيط المعزول.
5. تزويد المحطة بنظام مانع صواعق مناسب.
6. توفير نظام إنذار ضد الحريق وكذلك التجهيزات اللازمة للإطفاء والإسعافات الأولية.
7. عمل نظام تأريض للأبراج وللأجهزة حسب الأصول الفنية لأمن وسلامة العاملين.
8. عمل فحص دوري، مرتين سنويا، للتأكد من فعالية إجراءات الأمان وتوثيق ذلك.
9. استعمال هوائي معياري معزول عند إجراء فحوصات أو تجارب على الأجهزة العاملة.

10. اتخاذ كافة الإجراءات وتوفير جميع المتطلبات اللازمة التي تكفل سلامة العاملين.

11- توفير كافة أجهزة القياس اللازمة لقياس كثافة القدرة وشدة المجال الكهربائي والمغناطيسي وبمواصفات تتفق مع التردد والقدرة المستخدمتين.

12. إجراء جميع القياسات المطلوبة شهريا وتوثيقها.

13 - يجب أن لا تتجاوز كثافة القدرة للإشعاعات الكهرومغناطيسية الصادرة من هوائيات الأبراج للجمهور عن 0.1 واط/م<sup>2</sup> وللعاملين عن 2 واط/م<sup>2</sup> وللأبراج على سطح المباني يجب أن لا تتجاوز كثافة القدرة للإشعاعات الكهرومغناطيسية على ارتفاع 3 متر من سطح المبنى عن 0.1 واط/م<sup>2</sup>

14 - لا تقل المسافة بين هوائي محطات الهوائيات المحمولة وأي مبنى يقابل انتشار الموجات الكهرومغناطيسية عن 12 متر من أقرب نقطة لقاعدة البرج.

15 - تتاح للعاملين الذين يرومون إصلاح المباني التي على سطحها المحطة والهوائيات معلومات ذات صلة عن التعرض لمجال الموجات الكهرومغناطيسية من المحطة والهوائيات ، والاحتياطات التي يتعين القيام بها قبل وأثناء تنفيذ المهام على سطح المباني ، وتعليمات العمل ، والمحددات المفروضة على الدخول وأي تحذيرات أخرى.

15 - تحديد حدود الامتثال حول هوائيات المحطات الأرضية وتكون على شكل اسطوانة قطرها يعتمد على نوع الهوائي والتردد ويقابل ارتفاع الهوائي مضافا له 20 سم اعلي الهوائي 10 سم أسفلة). وتثبيت القيم عند مدخل المحطة.

المادة - 10

العقوبات

في حال انتهاك التشريعات الوطنية تقوم الدولة باعتماد عقوبات فعالة ورادعة.

الجدول 1 المستويات المرجعية للتعرض المهني للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن \*

المدى الترددي (f)	المجال المغناطيسي (H) (A/m)	المجال الكهربائي E (V/m)	الفيس B المغناطيسي (μT)	كثافة قدرة الموجات المستوية (S <sub>q</sub> ) (W/m <sup>2</sup> )
أكبر من 1 Hz	163 x 10 <sup>3</sup>	—	2 x 10 <sup>5</sup>	—
1 - 8 Hz	163 x 10 <sup>3</sup> /f <sup>2</sup>	20,000	2 x 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	—
8 - 25 Hz	2.0 x 10 <sup>4</sup> /f	20,000	2.5 x 10 <sup>4</sup> /f	—
0.025 - 0.82 kHz	20/f	500/f	25/f	—
0.82 - 65 kHz	24.4	610	30.7	—
0.065 - 1 MHz	1.6/f	610	2.0/f	—
1 - 10 MHz	1.6/f	610/f	2.0/f	—
10 - 400 MHz	0.16	61	0.2	10
400 - 2,000 MHz	0.008f <sup>1/2</sup>	3f <sup>1/2</sup>	0.01 f <sup>1/2</sup>	f/40

50	0.45	137	0.36	2 - 300 GHz
----	------	-----	------	----------------

• الملاحظات :

- 1 - f كما هو مبين في العمود لمديات التردد.
- 2 - على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة، ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.
- 3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ،  $(S_q)$  ،  $E^2$  ،  $H^2$  ، و  $B^2$  يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.
- 4 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.

الجدول 2 المستويات المرجعية لتعرض الجمهور للمجال الكهربائي والمغناطيسي المتغير مع الزمن \*

مدى التردد (f)	المجال المغناطيسي (H) (A/m)	المجال الكهربائي (E) (V/m)	الفيض المغناطيسي B (μT)	كثافة القدرة للموجات (S <sub>q</sub> ) (W/m <sup>2</sup> )
أكبر من 1 Hz	$3.2 \times 10^4$	—	$4 \times 10^4$	—
1 - 8 Hz	$3.2 \times 10^4 / f^2$	10,000	$4 \times 10^4 / f^2$	—
8 - 25 Hz	4000 / f	10,000	5000 / f	—
0.025–0.8 kHz	4 / f	250 / f	5 / f	—
0.8–3 kHz	5	250 / f	6.25	—
3–150 kHz	5	87	6.25	—
0.15–1 MHz	0.73 / f	87	0.92 / f	—
1–10 MHz	0.73 / f	$87 / f^{1/2}$	0.92 / f	—
10–400	0.073	28	0.092	2

				<b>MHz</b>
<b>f/200</b>	<b>0.0046f<sup>1/2</sup></b>	<b>1.375f<sup>1/2</sup></b>	<b>0.0037f<sup>1/2</sup></b>	<b>400-2,000</b> <b>MHz</b>
<b>10</b>	<b>0.20</b>	<b>61</b>	<b>0.16</b>	<b>2 - 300</b> <b>GHz</b>

الملاحظات :

- 1 - F كما هو مبين في العمود لمديات التردد.
- 2 - على أن تفي بشروط المحددات الأساسية واستبعاد الآثار الوخيمة غير المباشرة ،ويمكن تجاوز قيم شدة المجال.
- 3 - للترددات ما بين 100 kHz و 10 GHz ،  $(S_q)$  ،  $E^2$  ،  $H^2$  ، و  $B^2$  يأخذ معدلها في أي فترة من 6 دقائق.
- 4 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز.
- 5 - لذروة القيم عند الترددات التي تزيد على 100 كيلو هرتز. كما في الشكلين 1 و 2 ما بين 100 كيلو هرتز و 10 ميغاهرتز ، وذروة القيم لشدة المجال يمكن الحصول عليها من 1.5 أضعاف الذروة عند 100 كيلو هرتز إلى 32 ضعف الذروة في 10 ميغاهرتز. لترددات تزيد عن 10 ميغاهرتز يقترح أن ذروة الموجة المستوية لكثافة القدرة تتأخذ عند معدل خلال عرض النبضة ، لا يتجاوز 1,000 مرة من قيمة محددات  $(S_q)$  ، أو أن شدة المجال لا يتجاوز 32 ضعف شدة المجال لمستويات التعرض الواردة في الجدول.
- 6 - لترددات تفوق 10 جيجا هرتز ،  $S_q$  ،  $E^2$  ،  $H^2$  ، و  $B^2$  يأخذ معدلها في أي فترة زمنية تعادل  $1.05/68f$  دقيقة (f يقاس في جيجا هرتز).
- 7 - لا توجد قيمة للمجال الكهربائي E للترددات ، 1 Hz ، وهي عبارة عن الكهربائية الساكنة. يكون معلوما بان للشحنات الكهربائية السطحية لن تحدث في مجال شدته أقل من 25 kV/m. التفريغ الكهربائي يتسبب في الإجهاد أو الإزعاج لذلك ينبغي تجنبه

الجدول 3 المحددات الأساسية للمجال الكهربائي والمغناطيسي للترددات  
أكثر من 10 GHz \*

خواص التعرض	مدى التردد	كثافة التيار للرأس والجذع mA/ m <sup>2</sup>	SAR لعموم الجسم (W/ kg)	SAR الموضعية للرأس والجذع (W / kg)	SAR الموضعية للأطراف (W/ kg)
التعرض المهني	أكثر من 1 Hz	40	-	-	-
	1kHz -4 Hz	40/f	-	-	-
	Hz 4-1	10	-	-	-
	kHz 100 - 1	f/100	-	-	-
	10 - kHz 100 MHz	f/100	0.4	10	20
	10 - MHz10 GHz		0.4	10	20
تعرض الجمهور	أكثر من 1 Hz	8	-	-	-
	Hz 4- Hz 1	8\ f	-	-	-
	kHz 1- Hz 4	2	-	-	-
	kHz 100 - 1	f/500	-	-	-
	10 - kHz100 MHz	f/500	0.08	2	4
	10 - MHz10 GHz		0.08	2	4

ملاحظات

1- f التردد مقاسا بهرتز.

2- بسبب عدم التجانس الكهربائي للجسم، فإن كثافة التيار ينبغي أن تكون كمعدل

لمقطع عرضي مقداره 1 cm<sup>2</sup> عمودي على اتجاه التيار.



3- ترددات تصل إلى 100 كيلو هرتز بقيمة ذروة كثافة التيار يمكن الحصول عليها عن طريق ضرب قيمة متوسط الجذر التربيعي ( $\sqrt{2}$ ) = 1.414 لنبضات فترتها  $t_p$  من التردد المعادل الذي يطبق إلى المحددات الأساسية التي ينبغي أن يحسب كما  $f=(1/ 2t_p)$ .

4 - لترددات نبضية تصل إلى 100 كيلو هرتز للمجالات المغناطيسية ، والحد الأقصى لكثافة التيار المرتبطة بالنبضة والتي يمكن حسابها من ارتفاع /او انخفاض الزمن والحد الأقصى لمعدل تغير كثافة الفيض المغناطيسي. كثافة التيار المستحث يمكن مقارنتها مع المحددات الأساسية المناسبة.

الجدول 4 المستويات المرجعية للتيارات المتغيرة مع الزمن من المواد الموصلة

مدى الترددات	التيار الأعظم ( ملي أمبير )	
	التعرض المهني	تعرض الجمهور
<2.5 kHz	1.0	0.5
2.5 - 100 kHz	0.4f	0.2/f
100 kHz - 110 MHz	40	20

f التردد مقاسا kHz

الجدول 5 المستويات المرجعية للتيارات المستحثة في الإطراف

مدى الترددات	التيار الأعظم ( ملي أمبير )	
	التعرض المهني	تعرض الجمهور
10 - 110 MHz	100	45

5- جميع قيم SAR يجب أن يأخذ معلها في أي فترة مقدارها 6 دقائق.

6- SAR الموقعة بأخذ معدل كتلتها عند أي 10 غرام من الأنسجة المتجاورة ؛ الحد الأقصى للمقدار SAR الذي نحصل عليه ينبغي أن يكون مساويا للقيمة المقدرة للتعرض.

7- لنبضات فترتها  $t_p$  فإن التردد المعادل الذي يطبق للمحددات الأساسية ينبغي أن تحسب كما  $f=(1/ 2t_p)$ . وبالإضافة إلى ذلك التعرض للنبضات في مدى التردد 0.3 إلى 10 جيجا هرتز ، وإلى التعرض الموضعي للرأس ، وذلك من أجل الحد من أو تجنب الآثار السمعية الناجمة عن التوسع المرن الحراري ، يوصى بإضافة المحددات الأساسية. هو أن SAR لا ينبغي أن تتجاوز 10 مللي جول/ كغم للعاملين و 21 مللي جول/ كغم للجمهور كمعدل لكثافة 10 غم من الأنسجة.



## **الفصل التاسع**

# **التأثيرات الصحية لبعض الأجهزة الإلكترونية**

## 9 - 1- الكمبيوتر وتأثيراته الصحية

واحد من أهم فوائد الحاسوب هو تصفح شبكة الانترنت والتي تعمل من خلال الاتصال بالموجات الراديوية والتي لها تأثيرات الإشعاع غير المؤين بالإضافة إلى التأثيرات الصحية الأخرى والتي نتطرق لها في هذا الجزء . لقد دخل الكمبيوتر أو الحاسوب في أواخر القرن الماضي وأصبح أحد أدوات العمل في أغلب المجالات الصناعية والعمرائية والزراعية، كما أصبح أحد الأدوات المتواجدة في أغلب البيوت نتيجة لفائدته الجمة في أغلب نواحي الحياة. كثير من الآباء قلقون من استخدام أطفالهم الكمبيوتر الجوال لفترات طويلة ووضعهم على جحورهم ويعتقد بعضهم أن ذلك يمكن أن يسبب العقم أو قد يزيد من خطر إصابة الخصية بالسرطان وسبب ذلك يعود إلى التقارير واسعة النطاق في المجالات غير العلمية الكثير من المعلومات و شبكة الانترنت بدعوى أن استخدام الجوال لفترات طويلة من الزمن يمكن ان يؤدي للسرطان وجميع أنواع المشاكل الصحية الأخرى. ويزداد قلق الناس ليس على صحتهم وصحة السكان الحاليين ، بل أيضا على صحة الأجيال المقبلة. حيث أن كثير من الأطفال يستخدمون أجهزة الكمبيوتر الحرارية يوميا ، وهم في حالة نمو ، والخوف أن ذلك سيكون له تأثير سلبي على صحتهم في السنوات المقبلة. ومع ذلك ، للأسف لا توجد إجابة واضحة المعالم لذلك و لا توجد دراسات هامة مع أدلة دامغة تدعم هذه الفرضية. كل هذه الفرضيات مقترنة بتأثير الإشعاع المؤين(الأشعة السينية) والتي تختلف كثيرا بتأثيرها عن تأثير الإشعاع غير المؤين المنبعث من أفران المايكروويف ومشغلات أقراص الفيديو الرقمية والهواتف الجواله والحواسيب أيضا . لكن منظمة الصحة العالمية أشارت إلى عدم وجود آثار سلبية من الموجات الراديوية ذات القدرة المنخفضة المستوى ، وحتى عند التعرض لفترة طويلة. أوضح خبراء الفيزياء أن الإشعاع المنبعث من الهواتف الجواله أقل من ذلك بكثير من تلك

المنبعثة من فرن الميكروويف المنزلي وأقل بكثير من الحد الأدنى لأي تأثير على البشر.

تقسم الآثار من استخدام الكمبيوتر الخاطئ إلى آثار بدنية و نفسية قصيرة المدى تشمل إجهاد عضلات العين والأخرى بعيدة المدى تشمل آلام: العضلات ، المفاصل ، العمود الفقري ، الرقبة ، أسفل الظهر، و الرسغ كما يمكن أن يتسبب في ظهور حالة من الأرق والرائمان على الانترنت .

مع زيادة استخدام الحاسوب ، فإن كثير من الشواغل المتعلقة بالصحة والسلامة المتعلقة بالرؤية وأوجاع وآلام الجسم. العديد من مشاكل استخدام الكمبيوتر مؤقتة ويمكن حلها من خلال اعتماد إجراءات تصحيحية بسيطة. معظم المشاكل المتعلقة باستخدام الكمبيوتر يمكن تجنبها تماما. لكن من المهم أن يسعى إلى طلب العناية الطبية الفورية عند حصول الأعراض. أجهزة الكمبيوتر الجوال الحالية مشاكل خاصة بسبب الشاشات الصغيرة ، ولوحات المفاتيح وأجهزة المؤشرات (مثل الماوس أو لوحة اللمس الصغيرة touchpad). وينبغي تجنب استخدام أجهزة الكمبيوتر الحرارية لفترة طويلة. إذا استخدام الكمبيوتر الجوال بدلا من كمبيوتر المكتب (استخدامه كجهاز كمبيوتر مكتب على النحو المعتاد ، بالإضافة إلى استخدامه كمبيوتر محمول) ، المخاطر الرئيسية المرتبطة باستخدام أجهزة الكمبيوتر تشمل:

## 9 - 2- مشاكل في خصوبة الذكور Fertility Problems

من المعروف أن الأعضاء التناسلية للذكور خارج الجسم وذلك لإبقائها باردة وضمن درجة الحرارة المطلوبة لإنتاج الحيوانات المنوية وبقائها على قيد الحياة. في كثير من الأحيان توضع أجهزة الكمبيوتر الجوال على الفخذين و على مقربة جدا من المنطقة التناسلية و هذا يمكن أن يؤدي إلى رفع درجة الحرارة داخل كيس الصفن وقد تسبب العقم وربما تلف خلايا الخصيتين. ويعتقد بأن السرطان يمكن أن يتولد بسبب تلف الخلايا. ومن غير المعروف سبب سرطان الخصية أو زيادة

عدد الرجال المصابين بسرطان الخصية والعديد من الأمراض الخطيرة في العقود الأخيرة.

ومن المثير للاهتمام ، أن البحوث الطبية حول سرطان الخصية لا توجد فيها أي إشارة لأجهزة الكمبيوتر الحرارية ، والحواسيب ، أو الإشعاع كعامل يمكن أن تزيد من مخاطر الإصابة بهذا النوع من السرطان. لكنها أشارت إلى أن عوامل الخطر الرئيسية لسرطان الخصية ومشاكل الخصوبة يعود إلى العامل الوراثي ، الطبقات الاجتماعية الغنية ، الجنس الأبيض مقارنة بالأسود والأصفر ، وبسبب بعض الأمراض والمضاعفات النادرة المرتبطة بالنكاف الذي ينطوي على تورم الخصيتين.

لكن ، عدم وجود أي أدلة قوية تشير إلى أن استخدام الجوال يمكن أن يزيد من خطر الإصابة بسرطان الخصية لا يعني بالضرورة أنه لا توجد مخاطر الصحية المرتبطة بالبقاء كثير من الوقت أمام شاشة الكمبيوتر. حتى يتم إجراء مزيد من الأبحاث التي يمكن أن تلقي الضوء على ما إذا كانت أجهزة الكمبيوتر الحرارية هي آمنة تماما أم لا. لذلك ولعدم وجود أدلة أكيدة حول الكمبيوتر الجوال بأن لا يضع الكمبيوتر الجوال على الحجر مباشرة وخاصة أثناء تشغيله بالتيار الكهربائي لأن كمية الحرارة المتولدة كبيرة مقارنة عند تشغيله بالبطارية لأن الحاسب الجوال يستهلك تيار أكبر أثناء تشغيله بالتيار الكهربائي. السبب في ذلك أنه عند تشغيله بالتيار الكهربائي فإن الشاشة تعمل بكامل طاقتها وتكون الإضاءة بها عالية أما عند تشغيلها بالبطارية فإن نسبة الإضاءة تنخفض توفيراً للطاقة. نفس الوضع بالنسبة للمعالج الذي يستهلك طاقة أكبر عند تشغيله بالتيار الكهربائي. كلما زاد استهلاك الحاسب الجوال للتيار الكهربائي كلما نتج عنه حرارة أكبر.



لذلك تجنب قدر الإمكان وضع الحاسب الجوال و وضعه على سطح آخر ، الجلوس على مسافة جيدة بعيدا عن شاشة العرض ، على الرغم من أن الأشعة القادمة من شاشة الكمبيوتر الجوال هو في الواقع أقل من تلك التي تأتي من جهاز الكمبيوتر المكتبي. ويفضل أن تكون شاشة الكمبيوتر الجوال مرصصة يمكن لتوهين الإشعاع المنبعث . ولا يوجد في الوقت الحاضر أي دراسة حول إضرار الهاتف الجوال على الإنجاب عند البنات عند وضعة على الفخذين.من البحوث المهمة حول المخاطر الصحية للكمبيوتر الجوال البحث الذي قدمه ( Sheynkin Yefim يفيم شينكين) أستاذ علم المسالك البولية المشارك في جامعة نيويورك' عام 2004 أن خصوبة الذكور يمكن أن تتأثر عند وضع أجهزة الكمبيوتر الجوال على الفخذين ، لمرات عديدة على مدار اليوم، ولسنوات عديدة وذلك لان الحرارة الشديدة المنبعثة من الجهاز تقوم برفع درجة حرارة كيس الصفن ( الجهاز التناسلي الذكري ) مما يؤثر سلباً في تركيز وعدد الحيوانات المنوية وقد ذكرت دراسة أخرى أن زيادة درجة حرارة الكيس نصف درجة تنخفض عدد وتركيز الحيوانات المنوية بنسبة % 40 مع العلم أن الجهاز قادر على رفع درجة الحرارة إلى أكثر من 2 درجة سليزية. وهناك عوامل كثيرة يمكن أن ترفع درجة حرارة كيس



الصفن ، بما في ذلك الحمامات الساخنة ، وحمامات البخار ، والسراويل الضيقة للفارس وكذلك الكمبيوتر الجوال. وعبر الباحث عن مخاوفه من أن للذكور الذين تتراوح أعمارهم بين 15-20 عاما، والذين يستخدمون أجهزة الكمبيوتر الجوال لفترة طويلة قد تكون له آثار ضارة على الإنجاب، على المدى البعيد. وقد لوحظ انخفاض إنتاج الحيوانات المنوية تدريجيا في العقود الأخيرة. وقام الباحثون بدراسة 29 شابا أصحاء تتراوح أعمارهم 21 - 35 سنة لمدة سنتين ، بوضعهم لمدة ساعة يوميا في غرفة مسيطة على مدرجة حرارتها. وكان المشاركون يرتدون ملابس متشابهة. تم قياس درجة حرارة الجسم بعد وقوفهم في الغرفة لمدة 15 دقيقة لغرض التكيف على درجة حرارة الغرفة ، وبعد ذلك قام جزء من الشباب بالعمل على نوعين من أجهزة الكمبيوتر الحرارية بنتيوم 4 أحدها تشتغل وقد وضعت على أفخاذهم والأخرى غير شغالة. وضع الرجال أجهزة الكمبيوتر الحرارية على حجرهم. ثم تم إزالة أجهزة الكمبيوتر الغير عاملة ، وأوعز للرجال لوضع أجهزة الكمبيوتر الحرارية العاملة في نفس المكان طوال الدورة. تم رصد درجات حرارة كيس الصفن (الخصية للرجال ) كل ثلاث دقائق. كما تم رصد درجات الحرارة في الجزء السفلي من أجهزة الكمبيوتر العاملة ، ارتفعت درجة حرارة الصفن بوجود أجهزة الكمبيوتر العاملة وعدم العمل. ومع ذلك ، فإن أجهزة الكمبيوتر الحرارية العاملة سببت زيادة في درجات حرارة كيس الصفن بمقدار 2.7 درجة سليزية وهذا بسبب الحرارة الناتجة عن أجهزة الكمبيوتر الحرارية. أما المشاركون بأجهزة الكمبيوتر الحرارية غير العاملة ازدادت درجة حرارة كيس الصفن بحوالي 2.1 درجة سليزية). في الدراسة ، وجد بان حرارة الجزء السفلي من أجهزة الكمبيوتر الجوال قد ارتفع من 31 سليزية درجة إلى ما يقرب من 40 درجة سليزية بعد ساعة من التشغيل. وضع أجهزة الكمبيوتر الجوال في الحجر بسبب ارتفاع درجة حرارة كيس الصفن نتيجة التعرض للحرارة وتأثيرات موقع الجهاز من الجسم ، ويقول الباحثون أن هذه الزيادة قد تكفي للتأثير

على خصوبة الرجل . فإنهم لاحظوا أن دراسة أخرى أظهرت أن تركيز الحيوانات المنوية يقل بنسبة 40 ٪ عند ارتفاع متوسط درجة حرارة كيس الصفن خلال النهار بنسبة درجة سليزية واحدة. وهناك عوامل كثيرة يمكن رفع درجة حرارة كيس الصفن ، بما في ذلك الحمامات الساخنة ، وحمامات البخار ، والسراويل الضيقة الفارس. كما تم تأشير حالات الطفح الجلدي وغيرها من التأثيرات على الجلد ، على الرغم من أنه يعتقد أن تلك يحدث بسبب الجو الجاف والكهرباء الساكنة المرتبطة بوحدات العرض وتوجد مخاطر محتملة من الإشعاع الكهرومغناطيسي على الرغم من صعوبة إثبات ذلك.

مشاكل وإلام الظهر والعنق سببها وضعية الجلوس السيئة أمام الحاسب وخاصة رفع أو خفض الرأس لرؤية الشاشة وذلك يسبب ضغطا وتآزما غير طبيعي على الفقرات العنقية لفترات طويلة مملا يؤدي إلى التهابها وربما إلى عطل أو جرح دائم.

عند تقوس الظهر عند الجلوس واستخدام لوحة المفاتيح فأنه يؤدي إلى الإضرار بالفقرات التي توجد بينها أقراص تعمل كوسائد، أو ماصة للصدمات تمنع الفقرات من الاحتكاك مع بعضها أو مع الأعصاب.



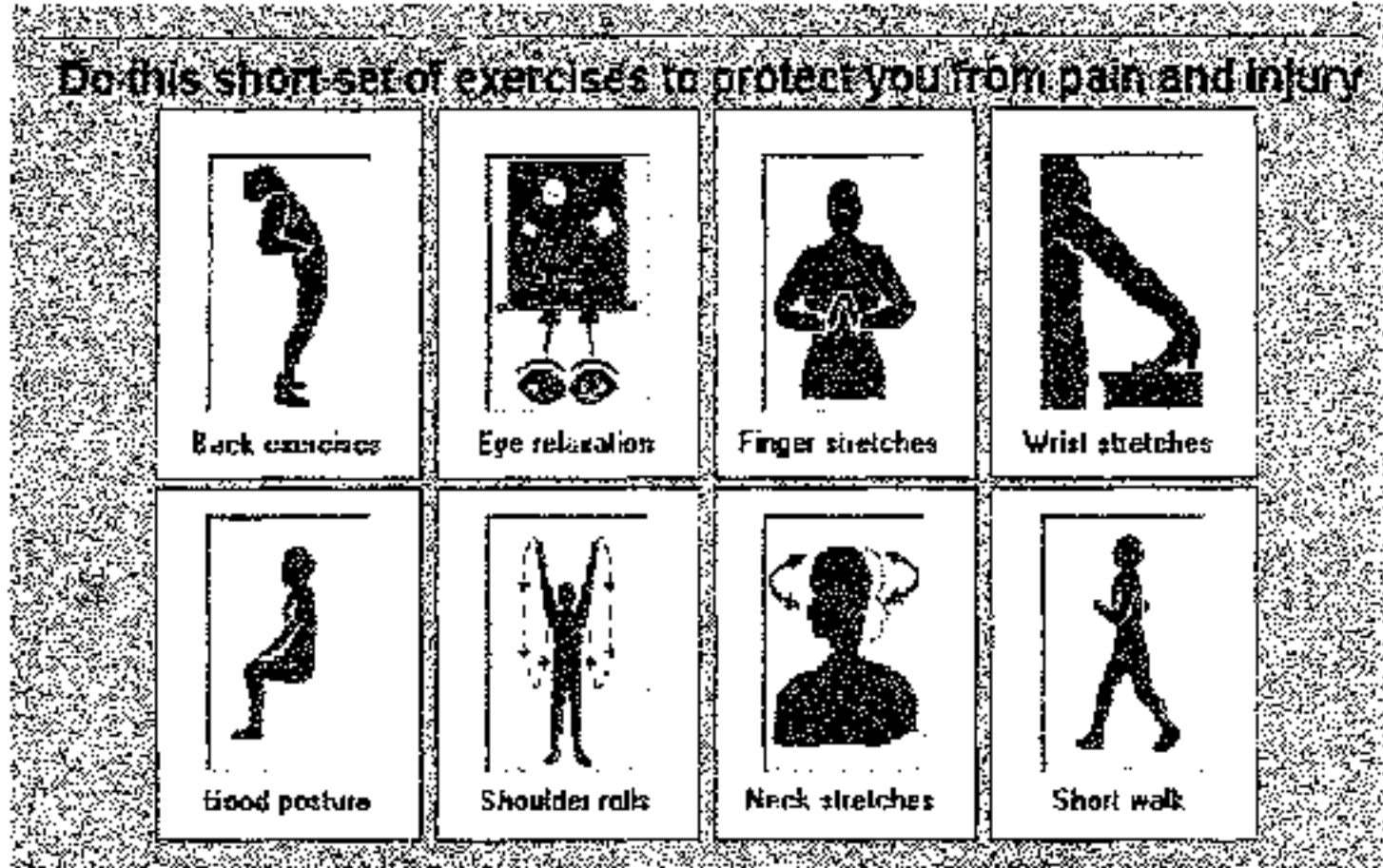
لذا فإن الضغط لفترات طويلة قد تسبب انفلات هذه الأقراص من مكانها والتسبب في آلام مبرحة، كما أن الإصابات والجروح الأقل خطرا قد يسببها سحب العضلات، وأفضل وقاية أو علاج لها هو وضعية الجلوس الصحيحة بشكل منتصب أمام الكمبيوتر، هذه المشاكل يمكن أن تتدرج من الأوجاع والآلام العامة إلى لمشاكل الأكثر خطورة، وتشمل :

- اضطرابات الطرف العلوي مثل إصابة الإجهاد المتكررة ، التهاب الغشاء المفصلي، ومتلازمة النفق الرسغي وهي الأكثر أهمية لأنها يمكن أن تؤدي بسرعة إلى العجز الدائم
- آلام الظهر والرقبة وعدم الراحة
- الإجهاد ، الصناعات ، التوتر و الأمراض ذات الصلة

## تجنب مشاكل العظام والعضلات

الاحتياطات العامة لتجنب مشاكل العضلات والعظام ما يلي :

أخذ راحة منتظمة قصيرة من العمل في جهاز الكمبيوتر كان تكون بضع دقائق على الأقل مرة واحدة كل ساعة ويجب أن لا يتجاوز الزمن الكلي للعمل نصف مقدار الدوام الرسمي، وأن يتم تجزئة العمل، والقيام بأعمال أخرى إضافة للحاسب، وأخذ استراحة، وأن تكون الاستراحة قبل مرحلة الشعور بالإرهاق، والاستراحة القصيرة أفضل من الطويلة وتحدد الاستراحة القصيرة من قبل العامل نفسه بحيث تكون فترتها حوالي 5-10% من فترة العمل . وأثناء الراحة يفضل إجراء تمارين رياضية أثناء فترة الدوام .

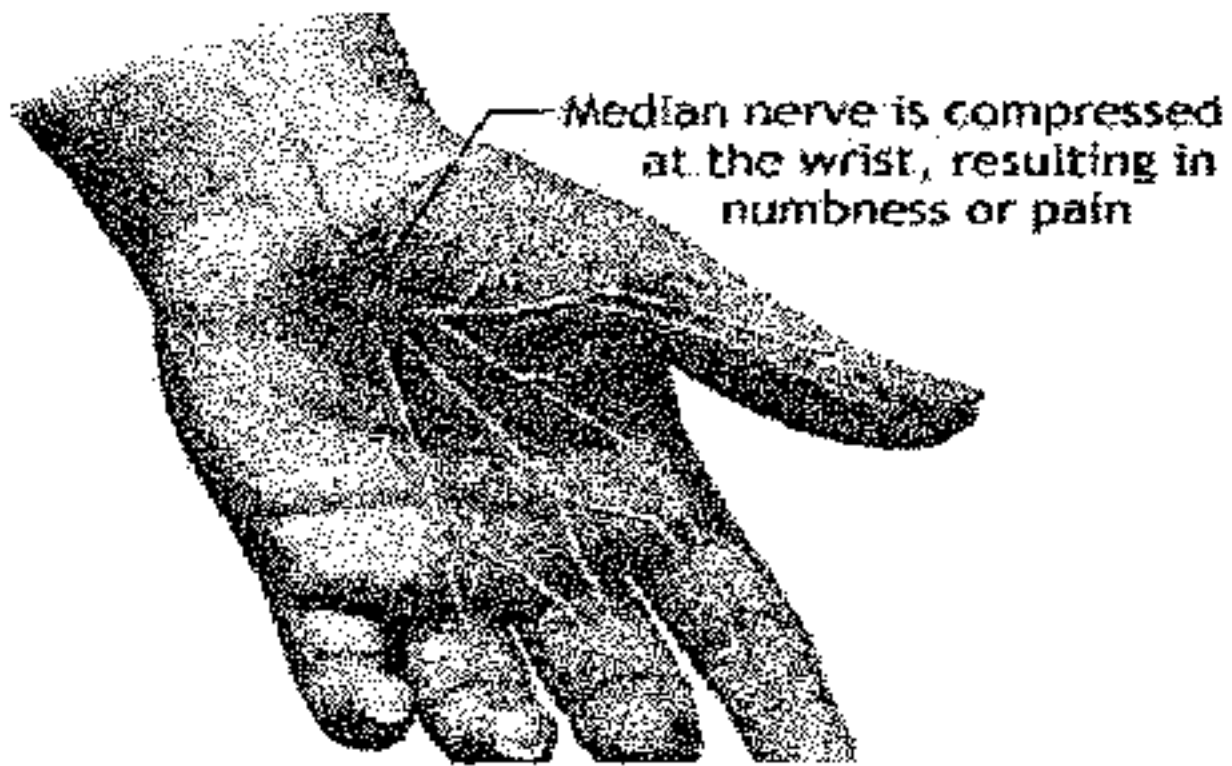


- استرخاء الجسم والجلوس بشكل مستقيم وإسناد لأسفل الظهر
- استخدام بعض لمعدات الراحة مثل معدة لراحة القدمين والمعصم .
- يكون الماوس ولوحة المفاتيح على نفس المستوى
- تجنب الإمساك بالماوس بقوة وإنما تمسك برفق وانقرها بلطف

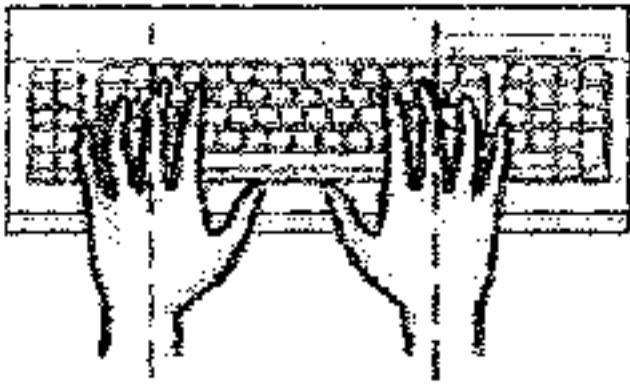
- تعرف على اختصارات لوحة المفاتيح للتطبيقات التي تستخدم بانتظام (لتجنب الاستخدام المفرط للماوس)
- إبعاد المصابين بمرض سوفان فقرات العمود الرقبي أو الظهرية خشية تفاقم الإصابة. ومن المهم أيضا أن يكون إعداد موقع العمل بشكل صحيح. والتي تشمل الشاشة (العارض) ، لوحة المفاتيح ، الماوس ، المقعد ، المكتب ، و مسند القدمين لتمكينك من وضع قدميك عليه إذا كانت لا يصل إلى الأرض) ،
- استخدام منضدة مصممة هندسيا لوضع الكمبيوتر الجوال عليها بدلا من وضعة في العجر والذي سوف يؤدي إلى راحة الذراعين ويقلل من الإجهاد.

### متلازمة النفق الرسغي Carpal Tunnel Syndrome

متلازمة نفق الرسغ (CTS) هي الإصابات المتكررة الناتجة عن الضغط ، عندما تدفع الأوتار العصبية الوسطى بواسطة العضلة القابضة إلى داخل النفق المتكون من عظام الرسغ. يؤدي ذلك إلى إصابة الأصابع بحالة من الخدر أو انتشار الألم باليدين والذراعين . تكون متلازمة نفق الرسغ في أوتار العضلة القابضة للمساعد وبعض الأعصاب القليلة التي تمر عبر نفق صغير يتكون بين عظام الرسغ في اليد. عندما تتحرك الأيدي والأصابع ، فإن الأوتار الباسطة تحتك بعكس جانبي النفق ، مما تسبب لهم في بعض الأحيان تورم واندفاع العصب الأوسط ، وعندما يدفع العصب الوسيط بواسطة الأوتار ، سوف تشعر بالألم. السبب في ذلك هو ثني الرسغ للأعلى أو للأسفل. يفضل استخدام وسادة للرسغ بجانب لوحة المفاتيح للمحافظة على الرسغين في وضع مستقيم موازي للوحة المفاتيح.



**RIGHT!**



**WRONG!**

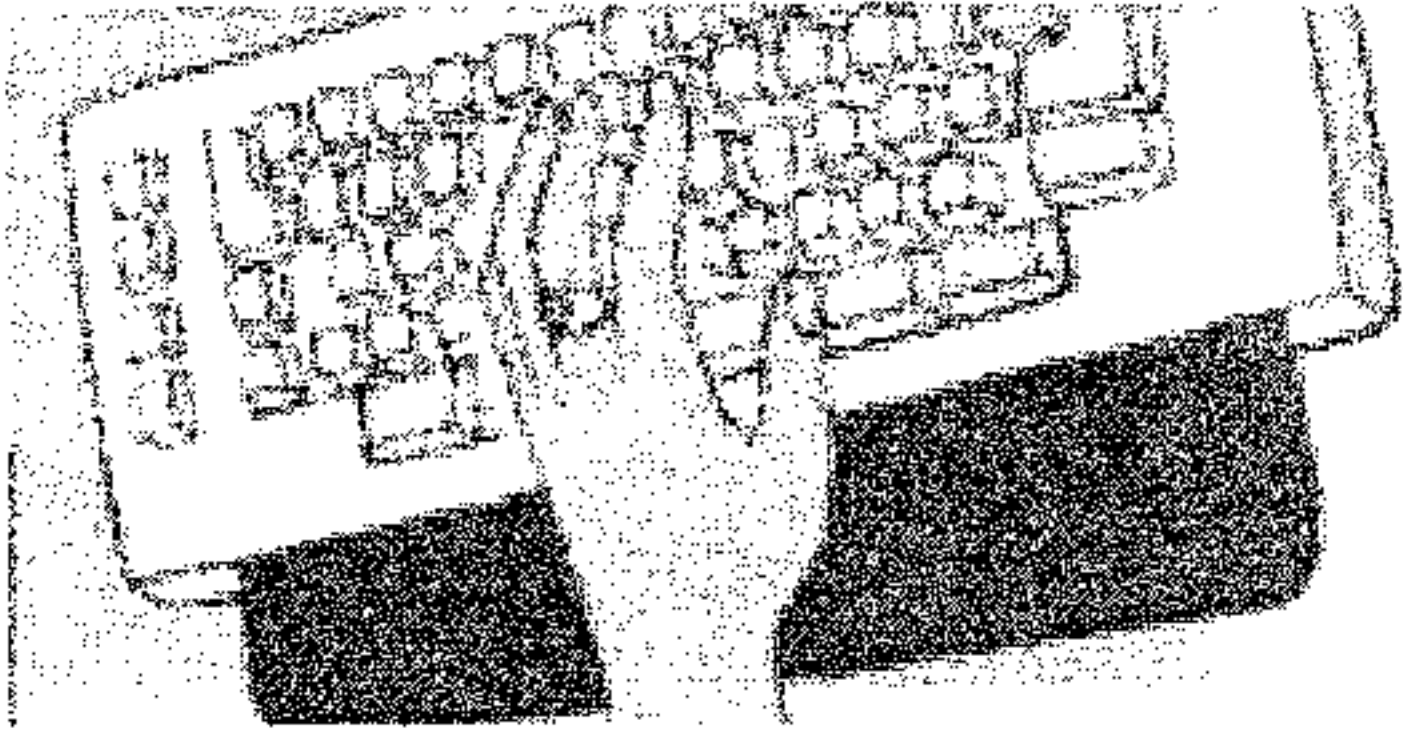


**RIGHT!**



**WRONG!**





### أعراض الإصابة بمتلازمة نفق الرسغ

- الألم الذي يتحرك من جهة في الرسغ والذراع
- خدر وبرودة في اليدين
- فقدان القوة و / أو حركة المفصل
- عدم الراحة وتصلب في أيدي
- الحاجة إلى تدليك اليدين والمعصمين والذراع
- تورم وبرودة في اليد

### أسباب الإصابة بمتلازمة نفق الرسغ

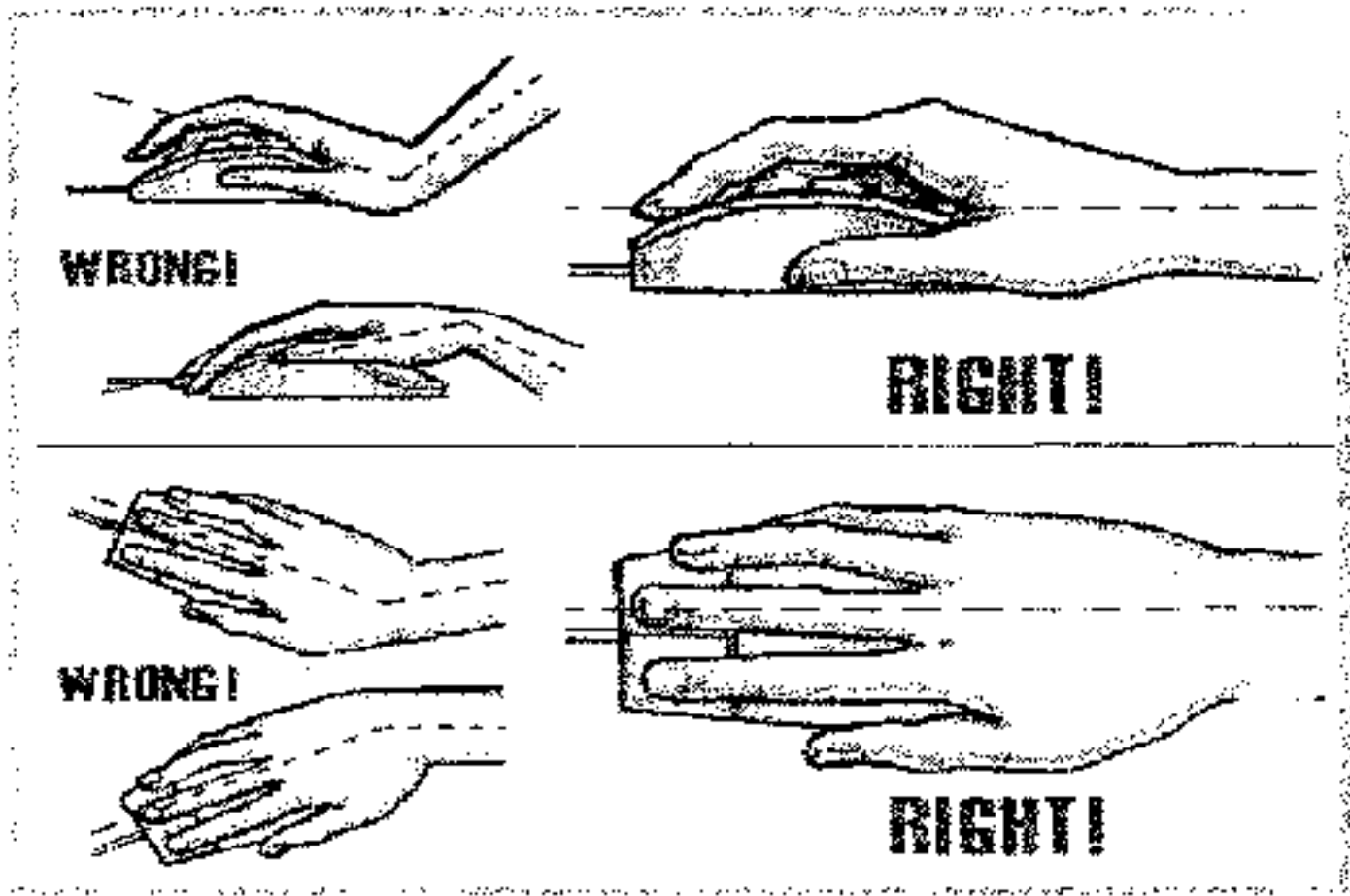
- الإجهاد العضلي الذي يزيد من حدة شد العضلات مما يسبب الألم
- يمكن أن تنجم عن استخدام لوحة المفاتيح في غير وضعها الصحيح لا سيما الطبع لساعات طويلة.
- عدم دوران في العضلات تمنع المواد الغذائية والأكسجين للوصول إلى الأنسجة
- الراحة غير الكافية .

- الاستعداد الجيني بسبب كمية تربيته الأوتار الباسطة التي يتلقها ،  
والشكل الهندسي للنفق
- بعض المشاكل الصحية الأخرى مثل السكري والتهاب المفاصل  
الروماتويدي
- الأوضاع غير الجيدة مثل الجلوس غير الصحيح ووضع اليد على لوحة  
المفاتيح والارتفاع المناسب للوحة المفاتيح
- سوء النظام الغذائي (نقص الفيتامينات)

### معالجة متلازمة نفق الرسغ

- الراحة والمزيد من الراحة
- استخدام لفافة أو جبيرة للمعصم
- تناول الأدوية مثل البروفين
- الإقلاع عن السكر والكافيين والكحول وتناول الفيتامينات
- حافظ على دافئ اليد ، وأخذ استراحات ، وممارسة التمارين الرياضية  
للإيديين والذراعين
- وينبغي أن تكون الجراحة أخر العلاج إذا فشل كل شيء آخر
- تصحيح طريقة الطباعة واستخدام معرفتك بيئة العمل والاستخدام الأفضل  
للماوس





سبب هذه الأنواع من المشاكل يمكن أن يكون عن طريق :

- الوضع غير الطبيعي أو غير الصحي أثناء استخدام الكمبيوتر
- عدم كفاية إسناد أسفل الظهر
- الجلوس في نفس الموقع لفترة طويلة من الزمن
- الإعداد الهندسي غير الجيد لموقع الكمبيوتر

#### 9 - 4- إجهاد العين: Eye strain

ما نراه على شاشة الحاسب قد يبدو ثابتا لكن جميع أنواع الشاشات يمكنها تجديد المنظر الذي من شأنه تعديل الصورة بشكل مستمر. ومن شأن العينين تسجيل هذا للتقلب المستمر مما يشكل عاملا كبيرا في إجهادهما خاصة بالنسبة إلى أولئك الذين يستخدمون الحاسب لفترة طويلة في بيئة عمل غير جيدة يحصل إجهاد وحرقة في العين بسبب القراءة أو الكتابة بنص غير مكتوب بالأسود على شاشة بيضاء، ورجفان الخيال، وبسبب الإضاءة في أماكن العمل والتي تؤدي إلى سطوع أو انعكاس في الضوء، والتباين الكبير في صور مختلف الأجسام والمواضع المرئية

والرموز على الشاشة. إضافة إلى قصر نظر مؤقت بعد العمل على الحاسوب، والتهاب قرنية ضوئي، والتأثير الحراري على الشبكية. ولا تقضي الشاشة البلورية (LCD) على المشكلة، وهي مثل الشاشة أنبوب الأشعة الكاثودية (CRT) تجدد شكلها باستمرار من دون أن تلاحظ ذلك العينان. لذلك فإن مستخدمي جهاز الكمبيوتر يمكن أن يتعرضوا إلى عدد من الأعراض المتصلة بالرؤية وتشمل:

### التعب البصري

- عدم وضوح الرؤية أو الرؤية المزدوجة
- حرقة ودمع العين
- الصداع والتغيرات المتكررة في النظارات الطبية .

لم يثبت أن استخدام الكمبيوتر يسبب تلقاً مستديماً في العين ، ولكن عدم الراحة المؤقتة التي قد تحدث يمكن أن تقلل من الإنتاجية ، فقدان وقت العمل ، وعدم الرضا الوظيفي. مشاكل العين عادة ما تكون نتيجة التعب البصري أو الأضواء ساطعة من النوافذ أو مصادر الضوء القوية ، والتي تعكس ضوء من شاشة العرض. إجهاد العين التأثير الأكبر على مستخدمي الحاسب والتي تسبب وجع ، تهيج ، عدم وضوح الرؤية ، واحمرار ، جفاف للعيون.

الإحتياطات التي يمكن اتخاذها لتجنب إجهاد العين ما يلي :

- تدريب العين من خلال التركيز بشكل دوري على أشياء على مسافات متفاوتة لدى التركيز على شاشة الكمبيوتر يقل رمش العين وبالتالي يقل التزبيت الطبيعي للعينين. لذلك يفضل الرمش بانتظام وإذا استمر الجفاف

ينصح باستخدام قطرة مرطبة للقضاء على الجفاف وليس قطرة تعالج احمرار العين.

● حافظ على رطوبة الهواء من حولك وذلك باستخدام النباتات المتسلقة التي بعضها تكون جيدة بصورة خاصة لإزالة الأبخرة الكيميائية من الجو.

● تعديل ارتفاع الشاشة / الجلوس بحيث تكون مرتاحا عند الجلوس وتكون العينين مع الجزء العلوي من شاشة العرض .

● ضبط سطوع شاشة العرض وتجنب انعكاس للضوء من على شاشة العرض عن طريق إغلاق ستائر النوافذ، تغيير مكان وضع الشاشة ،

استخدام فلتر للشاشة وتكويرها وتنظيفها حتى يقل الضوء المنعكس

● ضبط التباين على شاشة العرض لجعل الأشياء متميزة عن الخلفية

● ضبط معدل جهاز العرض لوقف الارتجاج في الضوء

● تعديل موضع شاشة العرض لتجنب الوهج (على سبيل المثال لا توضع مباشرة أمام النافذة)

● ينبغي أن تكون شاشة العرض نظيفة

● حفظ شاشة العرض وحامل الوثائق على مسافة واحدة من عينيك

● إصلاح أو استبدال شاشة العرض عندما تومض أو لا تكون واضحة بشكل كاف

● معرفة بيئة العمل

● أخذ الراحة عند الشعور بإجهاد العينين لمدة خمس دقائق لكل ساعة عمل

على الكمبيوتر عن طريق النظر عبر النافذة والتركيز على شيء بعيد.

كما يمكن التجول حول المكان لإتاحة الفرصة للعينين للراحة.

● استخدام الكمبيوتر الجوال بدلا من كمبيوتر المكتب عندما يكون ذلك

ممكنا لأن الأول يبعث أقل من الإشعاع

- ضبط سطوع شاشة العرض بحيث يكون موضع المصابيح لا يؤدي إلى لمعان الشاشة وحدوث تباين .
- ارتداء نظارات واقية العين
- افحص العين مرة كل سنتين على الأقل أو أكثر تواترا إذا لزم الأمر وخاصة إذا كنت تعاني من مشاكل العين المتعلقة باستخدام معدات العرض . اجعل طبيب العيون يحدد المسافة بين عينيك وشاشة العرض واستخدم العدسات المناسبة للنظارة .

### أسباب إجهاد العين

- سوء الفصل على شاشة العرض وارتجاجها ، أو الوهج فيها
- ظروف الإضاءة الضعيفة في غرفة الحاسوب
- الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من شاشة العرض (فوق البنفسجية)
- التحديق في أي شيء لفترة طويلة من الزمن سوف يسبب عدم وضوح الرؤية

- فقدان الأيونات السالبة في جو الغرفة بسبب شحنات الكهربائية الساكنة على سطح انبوت الأشعة المهبطية

### أعراض الإجهاد العين

- ضعف الرؤية ، الرؤية المزدوجة ، وعدم وضوح الرؤية
- صعوبة النظر في نقطة واحدة لفترة من الوقت
- حكة وجفاف في العيون وعدم الراحة عند النظر الى شاشة العرض
- الصداع و تعب العين والتي يمكن أن يكون لها تأثير خطير في وقت لاحق من الحياة .

## 9 - 5- بطئ الدورة الدموية

بطئ الدورة الدموية نتيجة لقلة الحركة والجلوس ساعات طويلة امام الكمبيوتر لان الحالات المتقدمة منها قد تسبب الجلطة الدموية في الشرايين بسبب تخثر الدم فسي الساقين وانتقاله إلى الرئتين لكن احتمال حدوث ذلك قليل .

ولتجنب هذه الحالات القيام ببعض التمارين الرياضية الخفيفة لتسريع جريان الدم والابتعاد قليلا عن الكمبيوتر وبسط الساقين ولي الكاحلين.

## 9 - 6- الإدمان على الإنترنت Internet addiction

الرغبة في البقاء على الشبكة واستخدام الإنترنت طوال الوقت في كل يوم بدون أيام راحة هي إدمان الانترنت والتي تفقد الإنسان الشعور بالوقت أثناء تصفح شبكة الإنترنت ويكون ذلك على حساب العمل والمدرسة والحياة العائلية . ويرى بعض الباحثين أن العمل مع الكمبيوتر يحفز الدماغ على إفراز مادة كيميائية تسمى دوبامين، وهي تشبه الأدرينالين تسبب الشعور بالهدوء، والحالة المزاجية الجيدة. عند الانتهاء من العمل مع الكمبيوتر يقل إفراز الدوبامين فيشعر بالانزعاج والرغبة بالعودة إلى الكمبيوتر. وقد يؤدي ذلك في بعض الحالات إلى فقدان الوظائف وانتهيار العلاقات و البقاء في المنزل لفترة طويلة بسبب فقدان الاتصالات الاجتماعية وقد قدر بان نسبة الأشخاص يدمنون على الإنترنت في غضون الأشهر السنة الأولى من استخدام الإنترنت يصل إلى 58% . وقد جرى قبل بضع سنوات افتتاح مركز حكومي في العاصمة الصينية بكين لمعالجة الإدمان على الإنترنت ومساعدة الذين يسيئون استخدام الإنترنت وإعادة التوازن إلى حياتهم عن طريق الإرشاد وتقديم النصائح والاستشارات ، فضلا عن الصدمات الكهربائية. وأفضل علاج لمن هذه الحالة هو الابتعاد تماما عن لوحة المفاتيح . من أهم أنواع الإدمان على الانترنت:

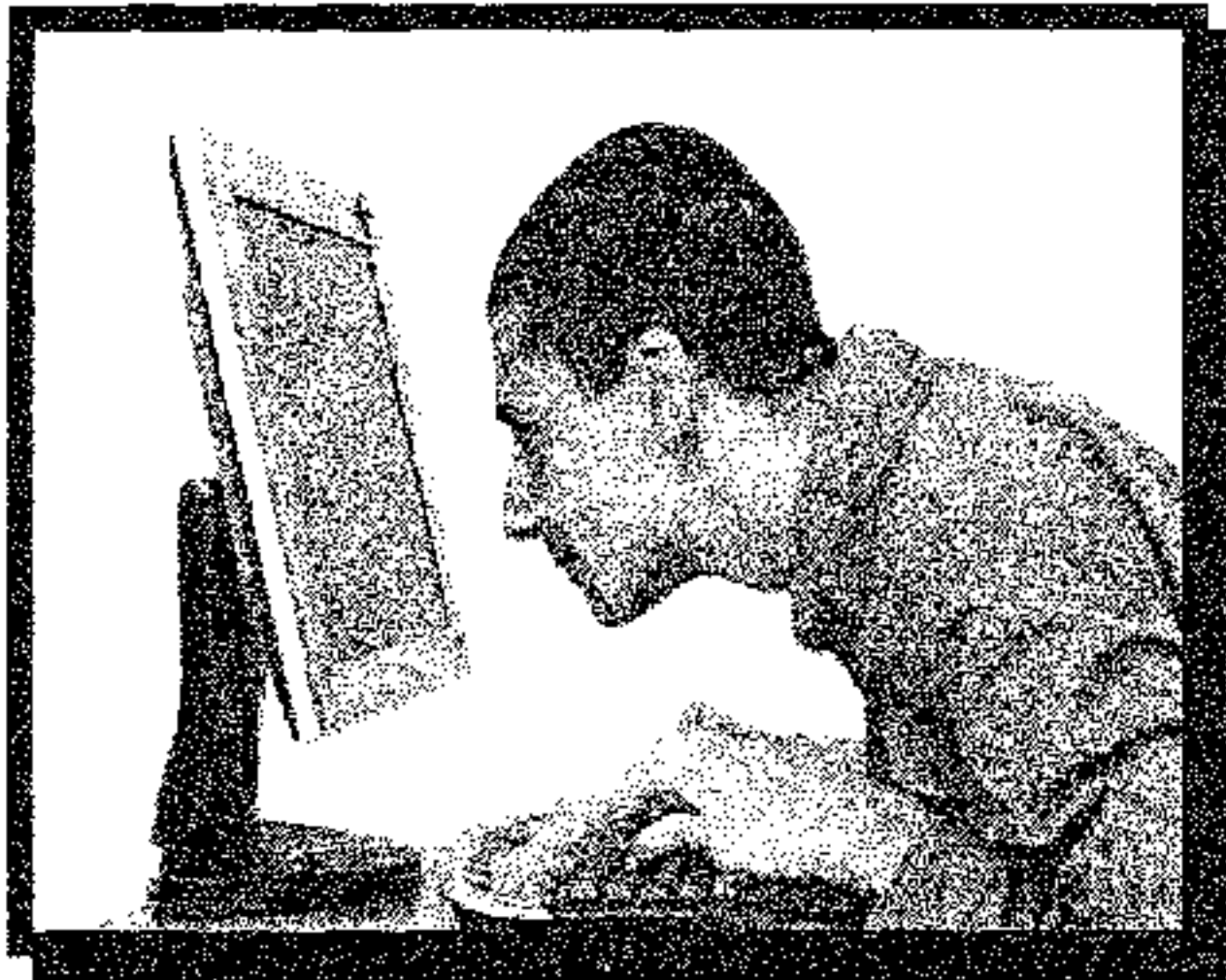
1. الإدمان على الجنس في الشبكة - الانشغال الكبير في الاطلاع على الافلام

الإباحية والمشاركة في النقاشات التي تدور حول المكالمات الجنسية .

2. الإدمان على الألعاب والقمار في الشبكة - وهي ألعاب القمار ، المضاربة بالأسهم وبقية الألعاب التي تسبب البيع وخسارة الأموال الكثيرة في الإنترنت .

3. الإدمان على التعارف ضمن الشبكة - الدخول إلى المعيشة العاطفية العالية في المحادثات، مواقع التعارف أو برامج الرسائل الفورية، بناء علاقات افتراضية تقارب الفحشاء .

4. الإدمان على المعلومات عبر الشبكة - التجميع الذي لا نهاية له للمعلومات، تخزينها وتحديثها.



#### 9 - 7 - الإشعاع

هناك مصدرين للإشعاع عند استخدام الحاسوب أحدهما الموجات الراديوية ذات الترددات العالية والتي ترافق عملية تصفح الإنترنت والإشعاع الصادرة عن

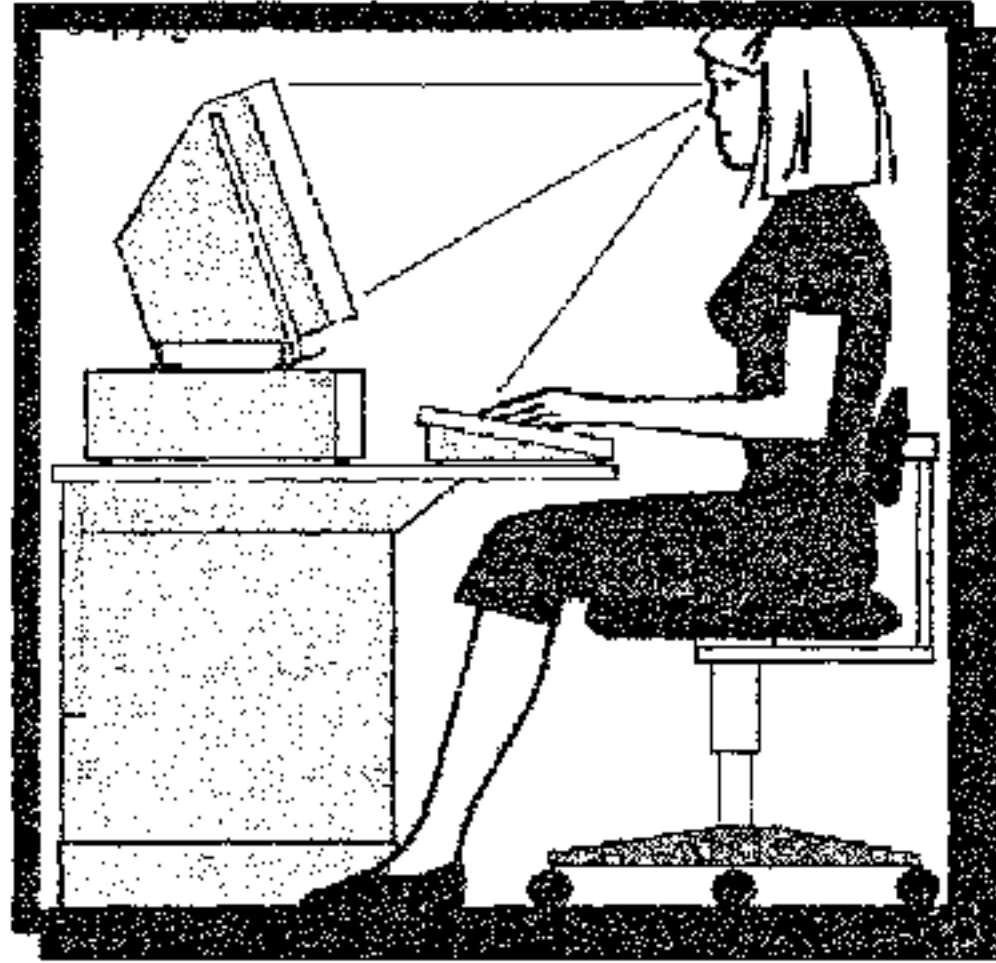
شاشات العرض للكمبيوتر يتكون من طيف واسع من الترددات تشمل مجال الترددات الكهرومغناطيسية والموجات المايكروية، الضوء المرئي والذي يتميز بأن له تأثير حيوي إيجابي عندما نشعر به إلا أنه قد يكون مصدر إزعاج لمن لديهم حساسية تجاه الضوء بالإضافة لتأثيره المجهد بسبب وهجه ورجفانه، والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء التي يصدرها المكونات الالكترونية في الكمبيوتر وملحقاته نتيجة لتسخينها وبالتالي رفع درجة حرارة الغرفة والتي تؤثر على بيئة العمل. الأشعة السينية والتي تتولد نتيجة لسقوط الالكترونات السريعة من أنبوب الأشعة المهبطية على الشاشة المتفورة فتقلع احد الالكترونات مكوناتها وترتيب الالكترونات في الذرة تتبع الأشعة السينية والتي يمتصها الغلاف الزجاجي المرصص لأنبوب الأشعة المهبطية المستعملة في الشاشات، ويمنعها من التسرب والنفوذ وبذلك يكون تركيز الأشعة الخارجية قليل جدا وجرعته واطئة. الكهرياء الساكنة والتي تتجمع على الوجه الأمامي لشاشة العرض والشخص الجالس قريبا منها ، تؤدي لحدوث ايونات معاكسة وهباء جوي مشحون، ولها علاقة برطوبة الجو، وقد تبين أن تركيزها قليل ولا تؤدي إلى حدوث تأثيرات صحية ضارة نتيجة لوجود ايونات الهواء التي تعادلها كهربائيا.

## 9 - 8 - المواصفات القياسية للحاسوب

### 1- مواصفات شاشة العرض:

- تكون شاشة العرض دوارة ، مائلة للأعلى لتقليل الوهج واللمعان والانعكاسات للضوء على عين المستخدم ، تكون قابلة للحركة للأعلى والأسفل، واليمين واليسار و إذا لم يمكن رفعها فتستخدم الكتب أو كتل لضبط الارتفاع

- الشاشة تكون أخفض من مستوى الخط الأفقي للنظر أي أن الخط العلوي لها لا يكون أعلى من العين أو لا يقل من 20 درجة تحت الأفق من مجال الرؤية .



- تكون شاشة العرض دوارة ، مائلة للأعلى لتقليل السهج واللمعان والانعكاسات للضوء على عين المستخدم ، تكون قابلة للحركة للأعلى والأسفل، واليمين واليسار و إذا لم يمكن رفعها فتستخدم الكتب أو كتل لضبط الارتفاع
- أن تكون الشاشة في نفس مستوى ماسكة التقارير المراد كتابتها، ووضعها في نفس زاوية الرؤيا بدون أن يحرك العامل رأسه.
- عدم تقريب العينين كثيراً من الشاشة ، وينبغي أن يكون بعدها عن الوجه ما بين 45 إلى 60 سم ، لا العينين غير مصممتين على التركيز على شيء ما يبعد عنهما 60 سم فقط لساعات طوال، لان العين تعمل على أفضل وجه عند النظر إلى الأشياء التي تبعد عنها 12 متر أو أكثر. فعند

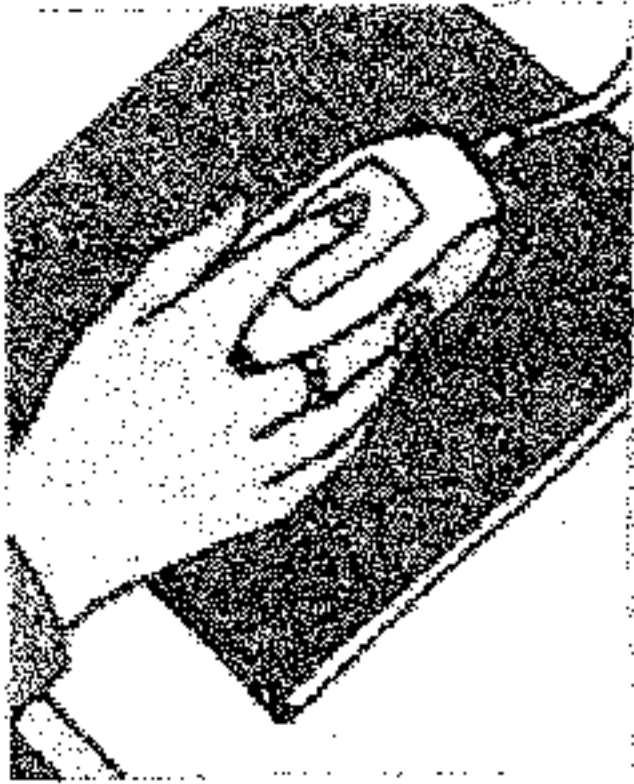


النظر إلى الأشياء القريبة تدور العينان إلى الداخل ويتقلص البؤبؤ داخلهما مما يوتر عضلات العين والأعصاب القحفية التي تؤدي إلى احمرار العين وتآزمها والشعور بالحكة، و إبهرار النظر وازدياد الوهج وزيادة الحساسية للضوء. ومثل هذه الأعراض تزول عادة مع الراحة.

- ويجب أن يكون الذراعان مستقيمين ولا ينصح بارتداء الملابس الواقية .
- ويفضل استعمال الشاشات الحديثة مثل الشاشات البلورية السائلة - LCD ،الغازية البلازمية أو التآقية الالكترونه والتي تميز بأنها أخف إشعاعا ووزنا وتدوم بطايريتها فترة أطول .

## 2- مواصفات لوحة المفاتيح:

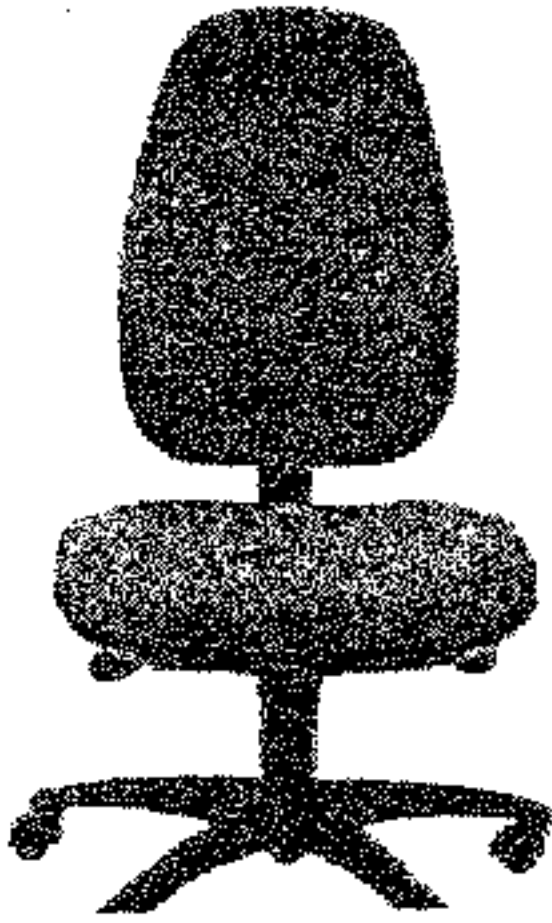
- يجب أن تكون المفاتيح منفصلة عن الشاشة وقابلة للتعديل و الحركة بأي زاوية وأخفض من مستوى الشاشة
- تسمح للساعدين أن يكونا موازيين للسطح وبدون رفع المرفقين
- تسمح للمعصمين أن يكونا على نفس الخط المستقيم مع الذراعين حتى لا يثنى الرسغ صعودا وهبوطا
- توضع لوحة المفاتيح في مستوى مرتفع يؤدي لرفع الكتفين والكموعين لأعلى. البقاء في هذا الوضع يسبب إجهاد العضلة الثابتة وأعراض الإجهاد المتكرر توضع مباشرة أمام الشاشة وعلى نفس ارتفاع الماوس ،



### 3- مواصفات الكرسي:

يجب أن يكون مواصفات الكرسي المستعمل على الحاسب ما يلي:

له مسند قابل للتعديل وقادر على إسناد أسفل الظهر وله خلفية مستقلة عمودية قابلة للتعديل وترجع إلى موقعها الأصلي ، وتكون مائلة للتكيف لإسناد أسفل الظهر و يمكن رفعة أو خفضه حسب الحاجة من وضعية الجلوس . لا ينبغي الجلوس البعيد عن ظهر الكرسي في المنتصف والارتخاء على الكرسي مما يؤدي لتقوس العمود الفقري و بروز الرأس للأمام وكذلك لا ينبغي الجلوس على حافة الكرسي مما يؤدي لتصلب العمود الفقري والإجهاد العضلي . وإنما ضع مسنداً للظهر في منتصف ظهر الكرسي ، وليس في الأسفل .



- تعديل الكرسي بحيث تجعد الركبة الخلفي أعلى قليلا من عموم الكرسي (استخدام مسند القدمين المناسبة عند الضرورة)
- يكون الكرسي ذو قاعدة متحركة، وقابل للارتفاع والانخفاض والحركة يمين ويسار عن طريق تثبيت خمسة عجلات في الأسفل،
- يكون الكرسي مفروش بمقعد من النسيج وحواف الجلوس غير حادة وتكون مستديرة لتوزيع الوزن ، وينبغي ان يكون قابلا للتعديل للسماح لإمالة المقعد إلى الأمام أو الخلف
- يكون الكرسي المستعمل على طاولة الكمبيوتر بدون مساند لليدين لأنه يؤدي إلى أذية الطاولة أثناء الحركة، وصعوبة حركة العامل على الكمبيوتر مما يبعد العامل عن طاولة الكمبيوتر، وبالتالي يسبب ألم في الظهر والذراعين والكتفين

#### 4 - مواصفات الطاولات والمكاتب:

- يفضل وجود طاولات ذات مساحة مناسبة و ارتفاعها قابل للتعديل
- توفر مساحة كافية في الغرفة لأجهزة الحاسوب ومكان كافي للوثائق
- الطاولات لها زوايا وحواف دائرية
- يجب أن تكون الطاولة التي يوضع عليها الحاسوب قابلة لتعديل الارتفاع، وأن يكون سطح المكتب مرتفع 2-3 سم عن مستوى المرفق.
- يراعى وجود فراغ عند قدمي العامل، وأن تكون طاولة الحاسوب بعيدة عن الطاولات الأخرى بمقدار بعد الشخص عن الحاسوب، وغير مقيدة للعامل، ويراعى وجود مسند للقدمين

## كيف تجلس أمام الكمبيوتر

عدل الكرسي

90°

إلى مستوى  
اليد بحيث أن  
الساعد

عمودي

والكوع يميل

90°

اسند أسفل

الظهر

للكرسي

عدل شاشة العرض

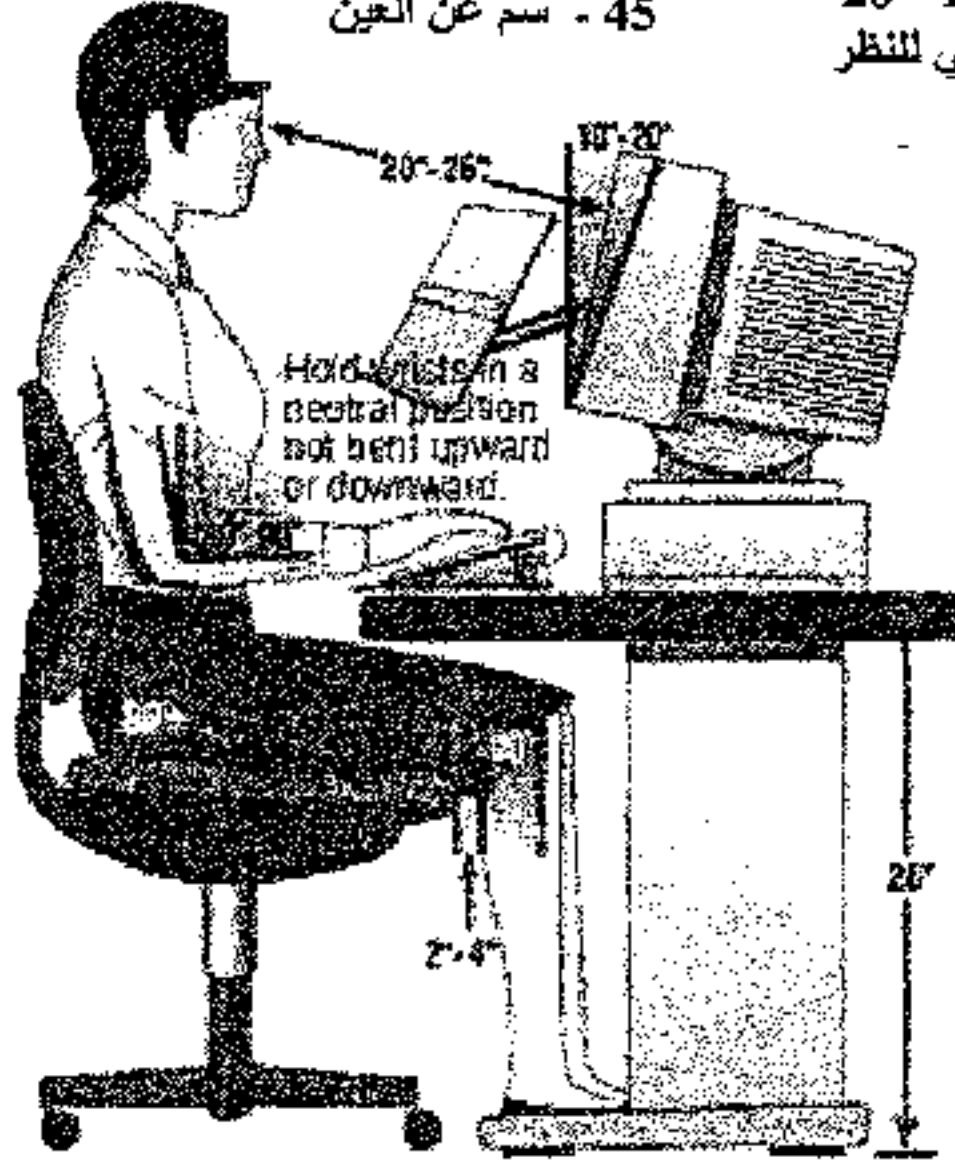
بحيث تبعد 60

45 - سم عن العين

عدل شاشة العرض بحيث

تميل بزاوية 10 - 20°

سفل الخط الأفقي للنظر



ضع حافظة

البيانات بجانب

شاشة العرض

وليس على

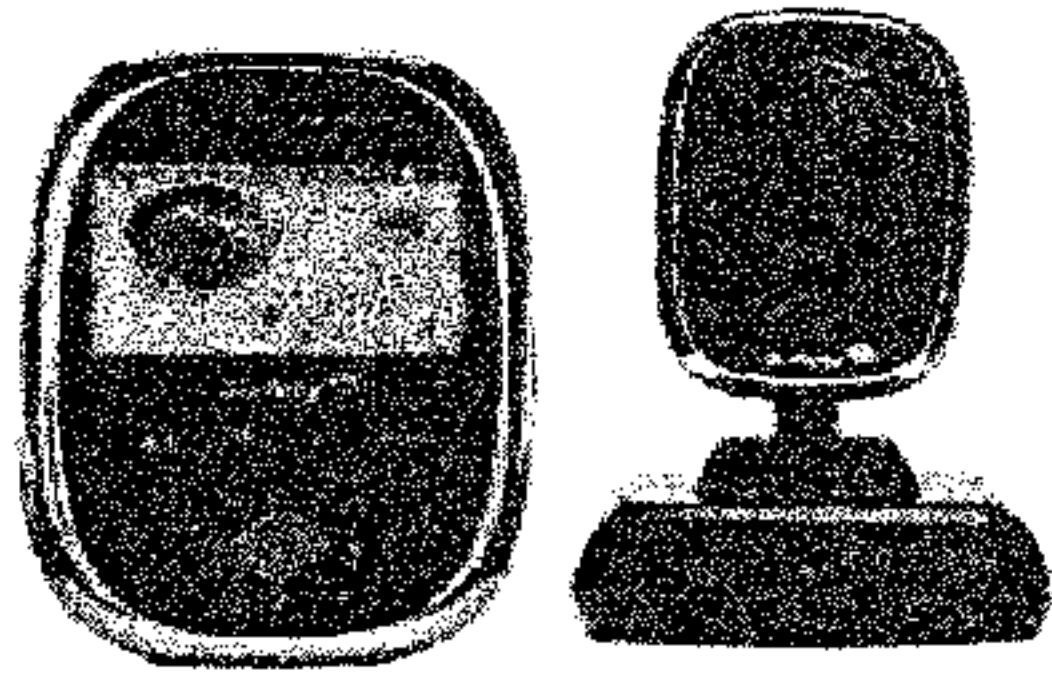
الطاولة

استخدم طريقة لراحة القدمين

## 9 - 9 - جهاز مراقبة الطفل Baby monitor

جهاز مراقبة الطفل ، المعروف أيضا باسم جهاز إنذار طفل ، هو عبارة عن منظومة راديو تستخدم عن بعد للاستماع إلى أصوات الأطفال الرضع أثناء وجودهم في غرفة أخرى . جهاز الإرسال ، مجهزة بميكروفون يوضع، بالقرب من الطفل ، وجهاز استقبال مجهزة بمكبر صوت يوضع بالقرب من الشخص الذي يرعى الطفل ( إلام ، الخادمة ) شكل ( 1 ) . ويعمل الجهازين بالطاقة الكهربائية العادية أو بواسطة بطارية جافة .

### شكل (1) أجهزة مراقبة الطفل السمعية Audio baby monitor



بعض أجهزة مراقبة الطفل ثنائية الاتجاه ، وذلك باستخدام مستقبيلات تسمح لمربية الطفل بالتحدث إليه مرة أخرى أو تشغيل الموسيقى للطفل . ومع تطور التكنولوجيا ، يمكن استخدام شاشات فيديو تسمح بالنظر إلى الطفل وكذلك سماعه ، ومن الممكن عرض صور الطفل عن طريق شبكة الإنترنت ، في أي مكان في العالم . احد الاستخدامات الأساسية لجهاز مراقبة الطفل يسمح لسماع صوت الطفل

الرضيع البعيد عن مربيته عندما يستيقظ. وبالنسبة لأولئك الرضع المصابين بمرض الموت المفاجئ SIDS ، ينبغي أن لا تستخدم هذه الأجهزة إلا تحت إشراف طبيب أطفال. على الرغم من أن هذه الأجهزة يشيع استخدامها، إلا أنه لا يوجد أي دليل على أن هذه الأجهزة تمنع الموت المفاجئ SIDS ، وكثير من الأطباء يعتقدون بأن هذه الأجهزة توفر للوالدين شعورا زائفا بالأمن. بعض أجهزة مراقبة الطفل يمكن أن تستخدم كامرة فيديو لعرض الصور على مستقبل ، سواء عن طريق توصيل جهاز الاستقبال إلى التلفاز أو استخدام شاشة كريستال سائلة LCD الجوال. ويمكن لبعض كامرات الفيديو أن تعمل في الليل مع مستوى إضاءة الخافتة لأن معظمها يحتوي على أجهزة رؤية ليلية تعمل بالأشعة تحت الحمراء توضع بالجانب الأمامي للكاميرا لتسمح للمستخدم بأن يرى الطفل حتى وإن كانت الغرفة مظلمة . فيديو أجهزة مراقبة الطفل التي تحتوي على أجهزة رؤية ليلية ستشغل تلقائيا في الظلام. أجهزة مراقبة الطفل الحديثة تستخدم الأنظمة اللاسلكية ، ولكن يمكن بعضها أن يستخدم الأسلاك أو قد تعمل عبر الأسلاك الموجودة في المنزل .

الأنظمة اللاسلكية تستخدم الترددات الراديوية المرخصة من قبل الحكومة. فمثلا في كندا تستخدم الترددات 49 ميجاهيرتز، 902 ميجاهيرتز أو 2.4 جيجاهيرتز. حيث أن هذه الترددات لا تستخدم في البث التلغرافي أو البث الإذاعي ، ولكن مثل هذه الترددات قد تتداخل مع عمل الأجهزة اللاسلكية الأخرى مثل أجهزة الهاتف لاسلكي ، اللعب اللاسلكية ، الرادار و أفران المايكروويف . بعض الأنظمة السمعية اللاسلكية الرقمية تكون مقاومة للتداخل ، ولها مدى يصل إلى 300 متر ولكن هذه الأنظمة يمكن أن تلتقط بواسطة مستقبلات أخرى لأجهزة مراقبة الطفل على مسافة من المنزل طالما يكون جهاز الإرسال في حالة تشغيل وهذه لا تفضل لأنه يتعلق بالخصوصية الشخصية. لكن الرسائل الرقمية من نوع مشفرة

الطيف Frequency hopping speared spectrum يوفر مستوى من الحماية من لعدم التقاطها من أجهزة أخرى . يوجد نمط آخر من أجهزة مراقبة الطفل وهي التي تستخدم الهاتف الذكي المبرمج فعندما يكشف برنامج الصوت فأنه يقوم بالاتصال برقم هاتف محدد في البرنامج ويسمح للمستخدم سماع صوت الطفل. وهذا يلغي نظام الإرسال المخصص لهذا العمل ،

### أنواع أخرى

يمكن استخدام أجهزة استقبال محمولة تعمل بالبطاريات من قبل جميع الأشخاص في أنحاء المنزل. يبقى جهاز الإرسال بالقرب من سرير الرضيع وعادة ما يتم توصيله إلى مأخذ كهربائي. بعض أجهزة مراقبة الطفل تشمل اثنين من أجهزة الاستقبال. جهاز الإرسال بالقرب من سرير الطفل يبعث إشارة ضوئية أو صوتية تكرر عدة مرات. هذا غالبا ما يكون على شكل مجموعة من الأضواء تشير إلى مستوى الضوضاء ، والسماح باستخدام الجهاز عندما يكون من غير المناسب أو غير العملي لجهاز الاستقبال تشغيل الصوت. بعض أجهزة مراقبة الأطفال لديها قابلية التتبيه بواسطة الاهتزاز مما يجعله مفيدا بشكل خاص للأشخاص الذين يعانون من صعوبات في السمع. المنظومات التي تحتوي للعديد من أجهزة الإرسال يمكنها مراقبة عدة غرف في المنزل الذي فيه مجموعة من الأطفال في وقت واحد . أجهزة الإرسال مع أجهزة استشعار الحركة مثل الجهاز الحساس للضغط يوضع تحت فراش الطفل لغرض إعطاء تحذير إضافي عندما يكون الطفل مضطرب . معظم أجهزة الاستقبال لمراقبة الطفل في هذه الأيام اليوم تحتوي على حزام يسمح للآباء لحمل المستقبل معهم عند حركتهم حول المنزل. وإذا كان المستقبل يستخدم كثيرا ينبغي التأكد ، من قوة ربط المشبك بالحزام لتحمل الاستخدام اليومي الكثير وكذلك التأكد أيضا من مصدر الطاقة وعمر البطارية. هناك العشرات من أجهزة مراقبة الطفل متاحة للشراء في محلات



منتجات الأطفال. وعند شراء جهاز مراقبة الطفل ، ينبغي اختيار الجهاز الذي يناسب نمط حياة راعي الطفل والمنزل الذي يوضع فيه الجهاز. الاقتراحات التالية سوف تساعد على اختيار جهاز مراقبة الطفل المثالي بحيث يمكن مراقبة الطفل بما يضمن سلامته .

### 1 - مدى الجهاز Baby Monitor Range

لغرض استعمال الجهاز لمراقبة الطفل من غرف قريبة ، أو في منزل صغير ، فأى جهاز من الأجهزة البسيطة المتوفرة يمكن استعماله. أما إذا كان المنزل كبير أو متعدد الطوابق أو يراد استخدامه خارج المنزل ، فينبغي أن يكون مدى الجهاز كبيرا بحيث يمكن سماع الطفل من بعيد. يمكن لبعض مواد البناء في المنزل ، مثل الخرسانة والمعادن ، التقليل من مدى الأجهزة. وينبغي في هذه الحالة وضع منظومة تحذير للمدى يمكن أن تحدد المدى لعمل الجهاز .

### 2 - التداخل

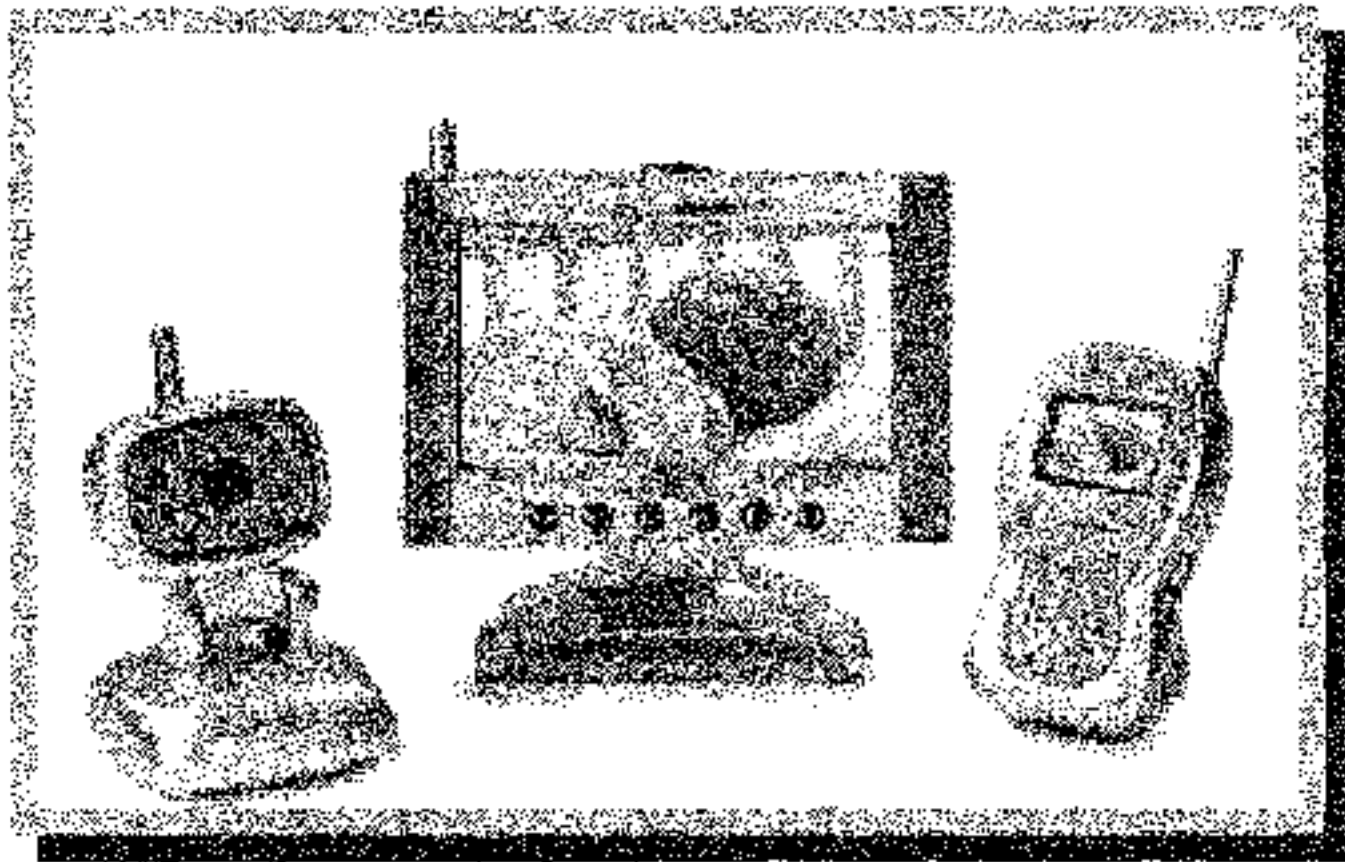
عندما تستخدم مجموعة من المنازل المتقاربة أجهزة مراقبة الطفل التي تستخدم نفس القنوات ، مما يعني أن الجيران يسمعون بعضهم البعض الآخر ، وكذلك فإن الهوائيات الاسلكية يمكنها أيضا التقاط أصوات أجهزة مراقبة الطفل. وقد يمكن سماع ما يدور في البيت من قبل لص أو عصابة لخطف الأطفال ينبغي في هذه الحالة البحث عن الجهاز الذي قد أضيفت له معدات الأمان أو التكنولوجيا التي تمنع التداخل .

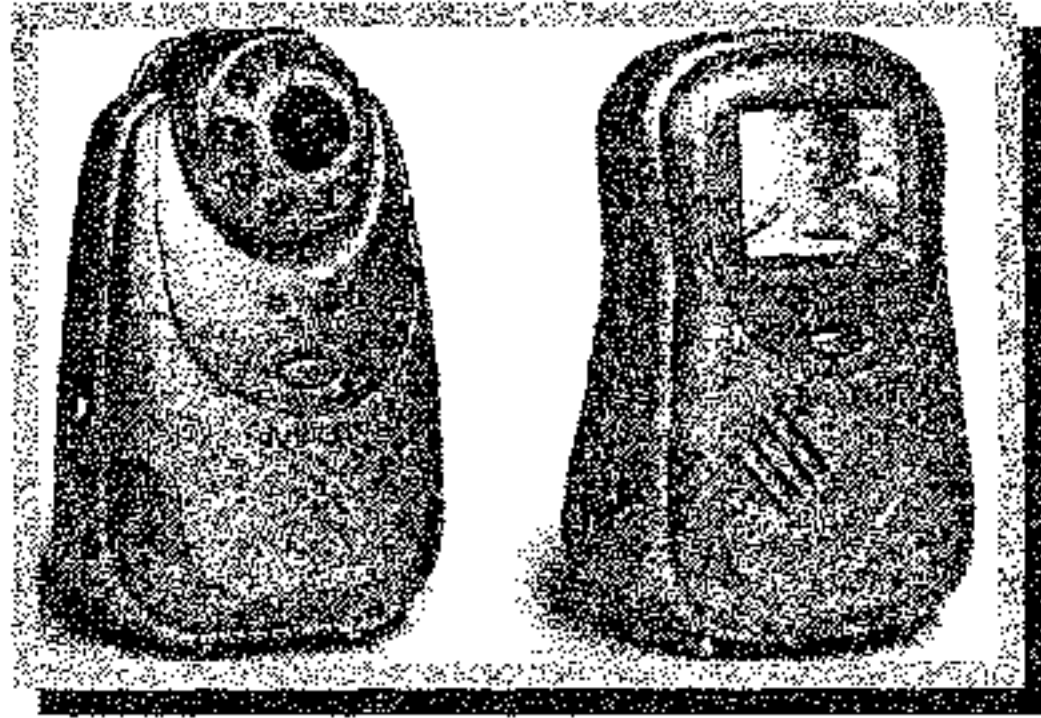
### 3 - رصد الأصوات والصور

أساس عمل أجهزة مراقبة الطفل هو سماع ما يحدث في غرفته من قبل المربية . أجهزة مراقبة الطفل الحديثة تمكنها مشاهدة الطفل على شريط فيديو ، وحتى

يمكن مراقبة تنفس الطفل وحركة الطفل ، هي أكثر كلفة من الأجهزة الصوتية ، ولكن غالبية هذه الوحدات لديها كاميرا تعمل بالأشعة تحت الحمراء حتى يمكن مشاهدة الطفل حتى في الليل. شكل ( 2 ) . تقنية الفيديو مفيدة ، لكنها قد تزعج المربي عند مشاهدة الشاشة باستمرار ، ومع ذلك فإن الوكالة الاسترالية تحذر من أن الآباء قد يكون لهم إحساس زائف بالأمن من هذه الأجهزة ولا يزال فحص الطفل شخصيا الخيار الأكثر أمانا. معظم الأجهزة الرخيصة تعاني من ظاهرة التداخل مع الهاتف الجوال أو الهواتف اللاسلكية المستخدمة من الجيران أو المناطق القريبة . للتغلب على هذه المشكلة بعض المراقبين الطفل تزود بعض أجهزة مراقبة الطفل بأكثر من قناة واحدة.

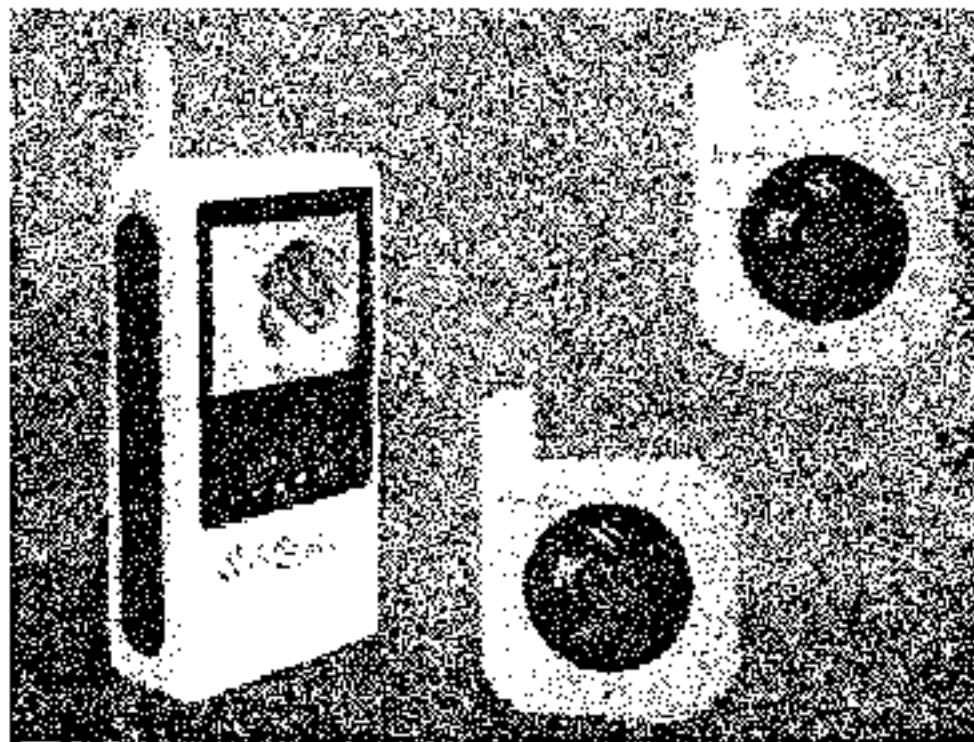
شكل ( 2 ) أجهزة مراقبة الطفل الفديوية الرقمية Digital video baby monitor





4 - المراقبة لغرف متعددة

معظم أجهزة مراقبة الطفل تحتوي على جهاز إرسال واحد للمربية ، وجهاز واحد أو جهازين من أجهزة الاستقبال التي تتيح إلى الوالدين سماع طفل. إذا كان المطلوب الإرسال إلى أكثر من غرفة واحدة ، أو لأكثر من طفل ، فهناك عدد أقل من الخيارات وفي هذه الحالة ينبغي استعمال اثنين أو أكثر من أجهزة مراقبة الطفل لمراقبة أكثر من طفل شكل ( 3 )، ولكن يجب اختيار الأنظمة التي لا تتداخل مع بعضها ونتيجة لهذا التداخل فيسمع صياح مزعج.  
شكل ( 3 ) أجهزة مراقبة الطفل الفيديوية الرقمية لعدة غرف



5 - اختيار الحجم والوزن المناسبين. معظم أجهزة مراقبة الطفل تحتوي على معلاق لت تركيب جهاز الاستقبال الخاص بالحزام أو الملابس حيث ان بعض الأجهزة بحجم . المحفظة.

### أنواع أجهزة مراقبة الطفل

توجد عدة أنواع من أجهزة مراقبة الطفل هي :

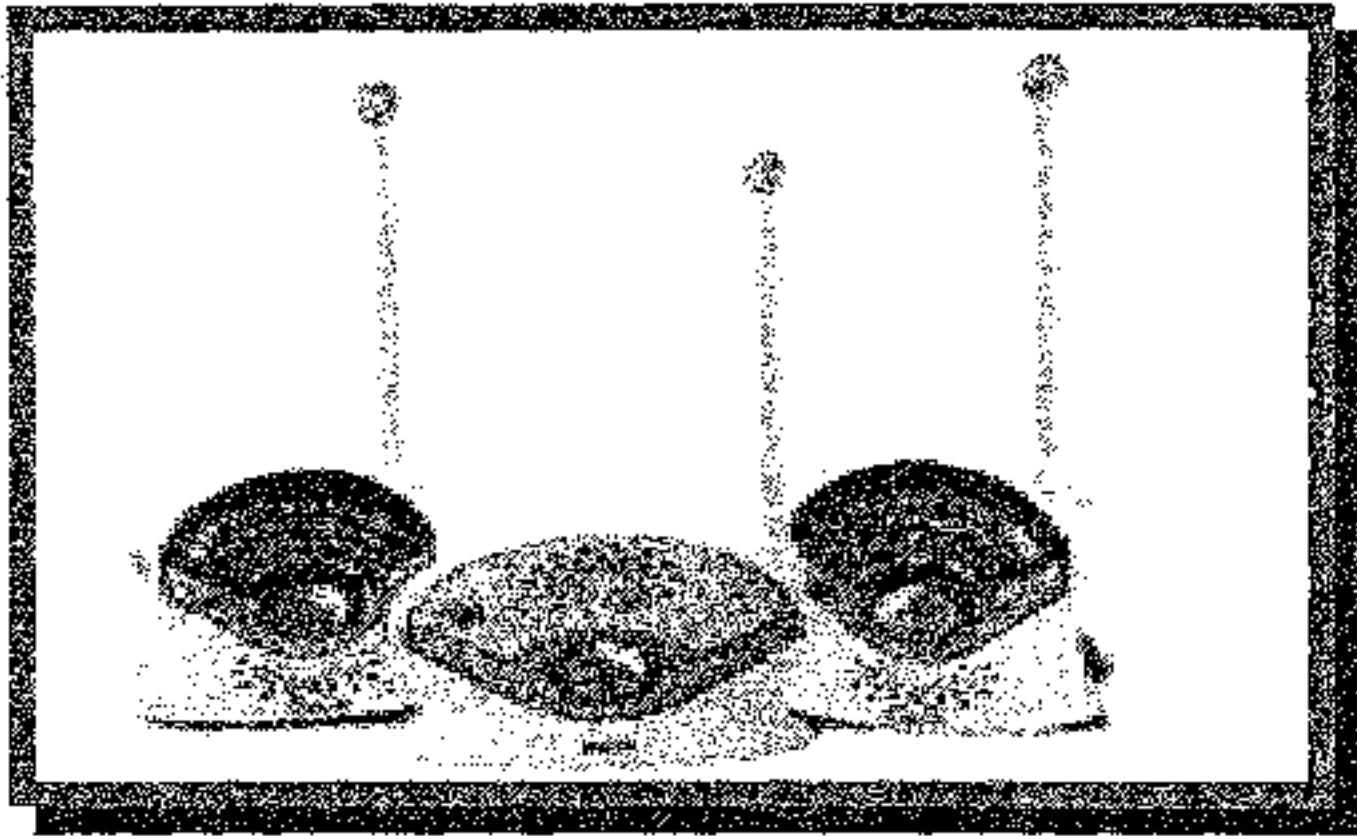
#### 1 - الأجهزة السلكية:

هي الأجهزة التي تربط بواسطة الأسلاك الكهربائية وهي أمينة من ناحية الإشعاعات الكهرومغناطيسية ولكن هذه الأنواع ليست متاحة على نطاق واسع.

2 - الأجهزة اللاسلكية التناظرية التي تستخدم الموجات الراديوية ذات التردد المنخفض التي تمتاز بأمانة أكثر. شكل ( 4 )

3 - أجهزة مراقبة الطفل اللاسلكية الرقمية وتستخدم الترددات العالية بشكل إشارات نبضية ، تماثل تماما الهواتف الجواله ، وعلى الرغم من أن مستويات القدرة منخفضة إلا أنها تبقى قريبة من الطفل طوال الليل فقد تمثل خطرا كبيرا على صحة الطفل لأنها تنبعث الأشعة الميكرووية.

#### شكل ( 4 ) الأجهزة الاسلكية التناظرية لمراقبة الطفل



## 9 - 10 - التأثيرات الصحية لأجهزة مراقبة الطفل

أشارت بعض التقارير في الصحف البريطانية إلى القلق المتزايد من أن الموجات المايكروية يمكن أن تضر بصحة الإنسان استنادا إلى التقارير التي قدمها السير وليام ستيوارت رئيس وكالة حماية الصحة في بريطانيا قبل بضع سنوات من دراسته لشبكات الهاتف الجوال وتأثيرها على الأطفال في المدارس. ونكرت الدراسة أن الطفل البالغ من العمر سنة واحدة يمكن أن يمتص من الإشعاع حوالي ضعف ما يمتصه الشخص البالغ . لأن أجساد الأطفال وجهازهم العصبي في حالة نمو ، و سيكون لدى التأثيرات المتأخرة للإشعاع المزيد من الوقت لتراكم للإشعاع في أجسامهم ، وظهور الآثار المتأخر .

وعلى هذا الأساس فإن أجهزة مراقبة الطفل عادة ما توضع قريبة من الرضع الذين قد يكونوا في خطر من الإشعاع. وقد ذهبت بعض التقارير غير المسندة ببحوث رصينة

إلى أن الإشارات النبضية للبطيئة المستخدمة من قبل أجهزة الإرسال يمكن أن تسبب الصداع ، سرطان الدم ، أورام المخ وربما تعكر صفو النوم أو اضطراب السلوك.

وقد وضع البروفسور نيليس هينشو Denis Henshaw من جامعة بريستول أن أجهزة مراقبة الأطفال قد جرى تسويقها من دون أي ضوابط أو حتى دراسات حول آثارها الصحية. كذلك أشار الأستاذ يوهانسون من معهد كارولينسكا للسويدي أن خلايا الطفل في حالة نمو وهي حساسة جدا لتأثيرات الإشعاع . أن أجهزة مراقبة الأطفال الموضوعة في غرف نومهم تعرضهم لمزيد من نبضات الأشعة المايكروية تكون أكثر من تأثيرات الأشعة المايكروية المنبعثة من سارية الهاتف الجوال . أشار عدد من التقارير الواردة من الآباء والأمهات أن أطفالهن لم يناموا جيدا ، ويكون كثيرا عند استخدام أجهزة مراقبة الأطفال ، وأضاف التقرير أن الأجهزة السلوكية القديمة أو الأجهزة التناظرية لا تثير نفس القلق

والتأثيرات الضارة على صحة الطفل وأوضح الدكتور Roger Coghil الذي يدير مختبر متخصص في الإشعاع يجب وضع أجهزة مراقبة الأطفال على بعد لا يقل عن 3 متر من الرضع. وقال " إلام تريد أن تسمع صوت رضيعها و لا تريد إلحاق الضرر به. بالمقابل أشار المتحدث باسم الشركة التي تباع أجهزة مراقبة الأطفال بأنه لا يعتقد أن هناك أي خطر من هذه الأجهزة ، وهي تتقيد بتلبية معايير السلامة الدولية.

فيليبس واحدة من الشركات التي تستخدم التقنية للرقمية اللاسلكية في أجهزة مراقبة الطفل. أوضحت الشركة على أن هذه التكنولوجيا تقضي على التداخل مع الأجهزة اللاسلكية الأخرى ، ويضمن الخصوصية الفردية . لكن التكنولوجيا الرقمية ، وبسبب بعثها للنبضات المايكروية فإنها أكثر ضررا من الأجهزة التي تعمل بالتكنولوجيا التناظرية القديمة. وأشارت فيليبس ، في تقريرها إلى أن انبعاث الإشعاع من في أجهزة مراقبة الطفل الرقمية ليست خطرا على الأطفال : "إن مستوى التعرض هو أقل 10000 مرات من معايير السلامة للمتعرف عليها دوليا. التعرض المستمر لهذه الطاقة يمكن أن يؤدي إلى الصداع ، والتهيج ، والأرق ، والتعب ، أو حتى مشاكل صحية أكثر خطورة وخاصة على الأطفال .

على الرغم من ذلك يمكن تجنب الضرر على البيئة العامة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية المنبعثة بتطبيق :

1- وضع جهاز مراقبة الطفل على بعد لا يقل عن متر واحد من سرير الطفل أو تعليقه في السقف اعلي سرير الطفل لان القدرة تتناقص حسب قانون التربيع العكسي.

2 - تقليل ما يسمى بالضباب الكهربائي Electro-SMOG هي الطاقة الكهرومغناطيسية التي تنبعث من الأجهزة التي تعمل بالموجات المايكروية الشائعة الاستخدام في البيت مثل أجهزة التلفاز، أجهتة الجوال ، الكمبيوتر، الهاتف الأسلكي، منظومات الكمبيوتر اللاسلكية، المايكروويف. و أجهزة الأسلكي الأخرى وذلك إيقاف عملها في غرف البيت ليلا وخاصة في غرف الأطفال .

3 - المواد التي تضخم الموجات الكهرومغناطيسية هي المعادن. لذا فان استخدام المعادن في تزيين وديكور البيت يجب أن يكون في أدنى حد ممكن عن طريق اختيار مواد أخرى للأثاث وأغطية النوافذ ، والأجهزة أو الأسطح الأخرى. ويفضل عدم وضع أجهزة الكمبيوتر وأجهزة التلفزيون في غرف نوم الأطفال لخفض مستوى الموجات الكهرومغناطيسية . وحتى استخدام الشماعات الخشبية بدلا من المعدنية .

- 1 - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.  
Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Phys. 66:100 –106; 1994.
- 2 - User Manual for TS-EMF 2004 ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG
- 3 - Portable EMF Measurement System TS-EMF 2005. ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG
- 4 - Research and Regulatory Efforts on Mobile Phone Health Issues. USA Report to Congressional Requesters. 2001. TELECOMMUNICATIONS.
- 5 -David.H, Ropert.H, Eric Boberg, and frank.G. Impact of a patient-centered, computer-based health information/support system. American Journal of Preventive Medicine.volume 16, 1999
- 6 - Carrie Marks, Reduce Your Risk for Computer Vision Syndrome, Health newes. 2111.
- 7 - James E. Gray, Charles Safran<sup>1</sup>, Roger B. Davis, Grace Pompilio-Weitzner, Jane E. Stewart, Linda Zaccagnini, and DeWayne Pursley. Baby CareLink: Using the Internet and Telemedicine to Improve Care for High-Risk Infants. PEDIATRICS Vol. 106. 2000.
- 8 - الفيزياء العامة د.عُذاب طاهر الكتاني 2009 دار الفجر للنشر والتوزيع- القاهرة - 8















## هذا الكتاب

في عام 1890، ابتكر وطور ماركوني أول نظم للاتصالات الراديوية وبعد ذلك ازداد تطور معدات توليد ترددات القدرة ومجموعة الترددات الراديوية زيادة مطردة. ومنذ ذلك الحين استخدمت تكنولوجيا البث الإذاعي والتلفازي والاتصالات اللاسلكية والعديد من التقنيات الأخرى. وكان الهاتف الجوال الذي استخدم في بداية عام 1980 هو من أكثر التطبيقات الحديثة والناجحة لاختراع يمثل الكتاب معلومات مهمة ومبسطة عن الهاتف الجوال والمحطات الأرضية الصحية حسب البحوث الأصلية لمجموعة من الباحثين ولم يتوخى المؤلف المخاطر أو التقليل من شأنها ولكن البحوث تمت مناقشتها بعلمية وموضوعية. إقترح المؤلف إجراء مزيد من البحوث للوصول إلى قناعة راسخة بتنا نأمل أن نكون قد وفقنا في هذا المؤلف لخدمة الإنسان العربي

والله ولي التوفيق ...

الناشر

عبد الحى أحمد فؤاد

دار الفجر للنشر والتوزيع

4 شارع هاشم الأشقر - النزهة الجديدة - القاهرة تليفون: 26246252 فاكس: 26246265

I.S.B.N

978-977-358-250-5

daralfajr@yahoo.com

www.daralfajr.com