الهوائي الشريطي الدقيق

Microstrip Antenna

إعداد/ عاصم إسماعيل الحمادي
Email: asemalhamady92@yahoo.com

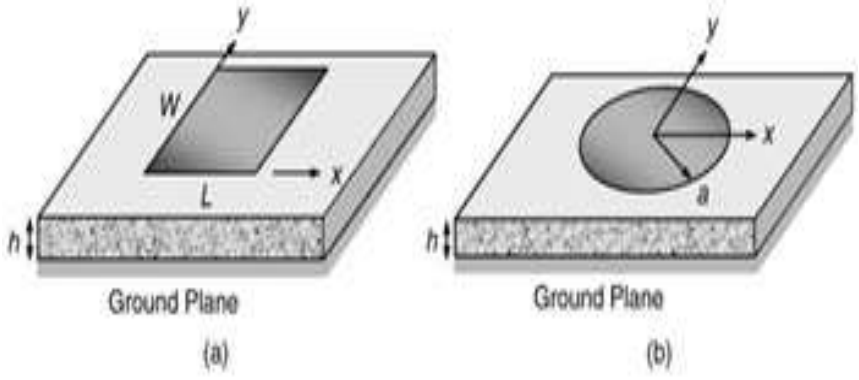
2013

جدول المحتويات

1. مقدمة 1
2. مميزاته وعيوبه 2
3. طرق تغذية الهوائي 2
3.1 تغذية الخط الشريطي الدقيق 2
3.2 تغذية السلك المحوري 3
3.3 تغذية الربط الفجوي 4
3.4 تغذية الربط المتقارب 4
4. تحليل الهوائي 6
4.1 نموذج خط الإرسال 6
5. تطبيقات الهوائي 9
5.1 تطبيقات الاتصالات والهواتف الخليوية 9
5.2 تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمي (*GPS*) 10
5.3 نظام البث الفضائي المباشر (*DBS*) 10
6. محاكاة الهوائي 11
7. المراجع 16

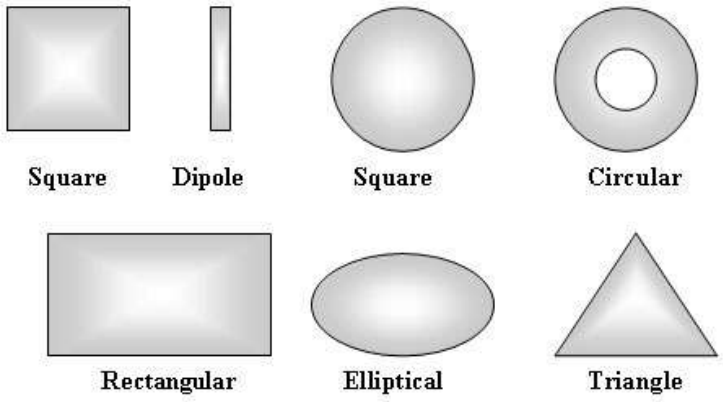
1. مقدمة

هوائي الشرائط الدقيقة أو يطلق عليه اسم الهوائي الرقعي أصبح من الهوائيات المنتشرة بشكل واسع لسهولة تحليله وتركيبه وكذلك لصغر حجمه. يستخدم هذا الهوائي عادة في الترددات التي هي بالجيجا هيرتز f>1GHz ويستخدم في العديد من التطبيقات مثل أجهزة الموبايل و الأقمار الاصطناعية وكذلك في الطائرات. يتكون هذا الهوائي من طبقتين جيدة التوصيل مثل النحاس أو الذهب الأولى كرقعة بينما الثانية كسطح أرضي بينهما عازل كهربائي (انظر شكل (1)).



شكل (1): الأجزاء الرئيسية في هوائي الشرائط الدقيقة

الرقعة الموجودة على العازل الكهربائي لها عدة أشكال مختلفة لكن أشهرها هي المربعة و المستطيلة و الدائرية (انظر شكل (2)) لكن الرقعة الأشهر والأسهل في التحليل هي الرقعة المستطيلة التي يكون طولها بين $0.333\lambda_o < L < 0.5\ \lambda_o$ ، حيث λ_o الطول الموجي في الفضاء الحر، وتختار الرقعة لتكون رقيقة جداً حيث يكون سمكها $t << \lambda_o$ ، حيث t سمك الرقعة ، أما بالنسبة ارتفاع العازل الكهربائي عادة يكون بين $0.003\lambda_o < L < 0.05\ \lambda_o$ وبالنسبة لثابت العزل الكهربائي (ε_r) عادة يكون بين المدى $2.2 \leq \varepsilon_r \leq 12$.



شكل (2): أشكال الرقع المشهورة

2. مميزاته وعيوبه

كما ذكرنا سابقاً فإن هذا النوع من الهوائيات أصبح منتشر بشكل واسع وبالأخص في التطبيقات اللاسلكية بسبب صغر حجمه وسهولة صناعته وتكلفته الرخيصة نسبياً. لذلك هذا الهوائي عادة ما يستخدم في الأجهزة المحمولة مثل الموبايلات.

الهوائي الشرائط الدقيقة له مميزات جعلت له هذا الانتشار بسبب التالي:

1. حجمه الصغير ووزنه الخفيف.
2. سهولة صناعته.
3. سهولة تركيبه.
4. تكلفته الرخيصة.
5. يدعم الاستقطاب الخطي والدائري.
6. يمكن بسهولة دمجه مع دوائر المايكرويف المدمجة (MICs).

رغم أن هذا الهوائي له هذه المميزات لكنه لديه بعض العيوب وهي كالتالي:

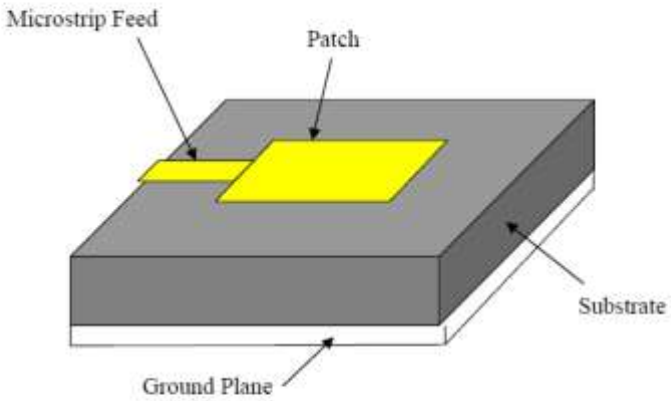
1. لديه عرض حزمة ضيق.
2. كفاءته أقل مقارنة بهوائيات أخرى.
3. تكبير قليل.

3. طرق تغذية الهوائي

يوجد العديد من الطرق لتغذية هذا الهوائي وهي بالأساس تنقسم إلى قسمين أساسيين الأول هو المتصلة وغير المتصلة. بالنسبة للطريقة المتصلة يتم توصيل قدرة الإشارة الراديوية مباشرة إلى رقعة الهوائي المشعة باستخدام موصل للربط بينهما، أما بالنسبة للطريقة غير المتصلة فيتم توصيل قدرة الإشارة الراديوية عن طريق ربط المجال الكهرومغناطيسي لرقعة الهوائي. هذه الطريقتين الرئيسيتين تندرج تحتهما طرق كثيرة أشهرها أربع طرق هي : الخط الشريطي الدقيق (Microstrip line) ، السلك المحوري (Coaxial probe)، (وهما الأنواع المتصلة) ، الربط الفجوي (Aperture coupling)، و الربط المتقارب (Proximity coupling).

3.1. تغذية الخط الشريطي الدقيق

في هذا النوع من التغذية يتم إضافة شريط توصيل ويتم توصيل الخط الشريطي الدقيق مباشرة إلى حافة الهوائي (انظر الشكل (3)). نلاحظ من الشكل أن شريط التوصيل يكون أصغر بالعُرض من رقعة الهوائي ، هذه تعطيه ميزة وذلك أنه يمكن توصيل التغذية بحفرها على نفس العازل.



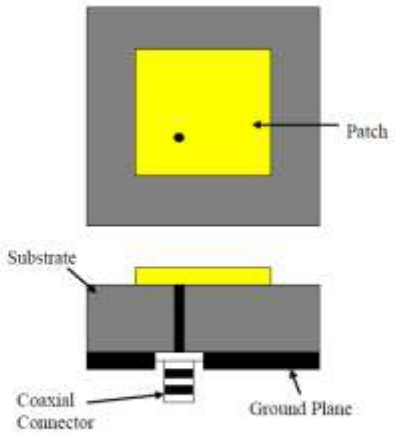
شكل (3): تغذية الخط الشريطي الدقيق

يعتبر هذا النوع من التغذية هو الأسهل في التوصيل وكذلك في الصناعة من الأنواع الأخرى ، كذلك فيه سهولة في مواءمة معاوقة الدخل التي تكون بين خط التغذية والرقعة.

بالنسبة لسمك العازل الكهربائي فإن زيادته يؤدي إلى زيادة في الإشعاع الصادر من خط التغذية مما يؤدي إلى التشويش في وتقليل حجم عرض الحزمة للهوائي. كذلك يؤدي إلى مشاكل في الاستقطاب.

3.2. تغذية السلك المحوري

في هذا النوع من التغذية يتم استخدام السلك المحوري لتوصيل الموجات الراديوية إلى رقعة الهوائي. من خلال الشكل التالي (انظر الشكل رقم (4)) نلاحظ أن الموصل الداخلي لموصل السلك المحوري متصل مباشرة بالرقعة من خلال الحفر في العازل الكهربائي ، أما بالنسبة للموصل الخارجي لموصل السلك المحوري فيتم توصيله بالسطح الأرضي للهوائي.



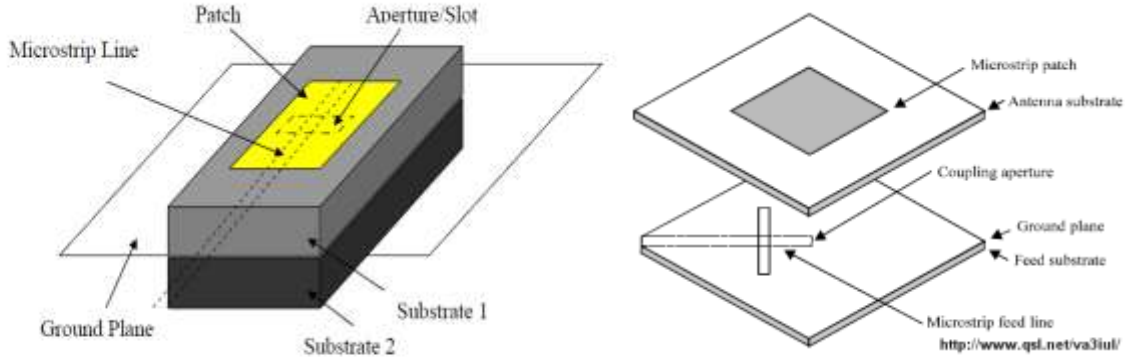
شكل (4): تغذية السلك المحوري

الميزة التي يتمتع بها هذا النوع من التوصيل هو أنه يمكنك اختيار مكان موصل التغذية في الهوائي حسب الرغبة لتكون متوائمة مع معاوقة الدخل.

هذا الهوائي من مميزاته أنه سهل التصنيع والتركيب لكنه له عيب أساسي هو أنه يوفر عرض حزمة ضيق وكذلك هناك مشاكل تظهر بسبب الحفر على العازل لوضع موصل التغذية. من المشاكل التي تواجهنا أثناء التركيب هو أن هذا الهوائي إذا زادت مواءمة المعاوقة الداخلية عن المطلوب يؤدي لنا إلى مشاكل في المواءمة.

3.3. تغذية الربط الفجوي

كما ذكرنا سابقاً فإن هذا النوع من التغذية يعتبر الطرق غير المتصلة أي أنها لا تتصل مباشرة برقعة الهوائي. هذا الربط يكون فيه الرقعة وخط التغذية الشريطي الدقيق منفصلين بالسطح الأرضي (انظر الشكل (5))



شكل (5): تغذية الربط الفجوي

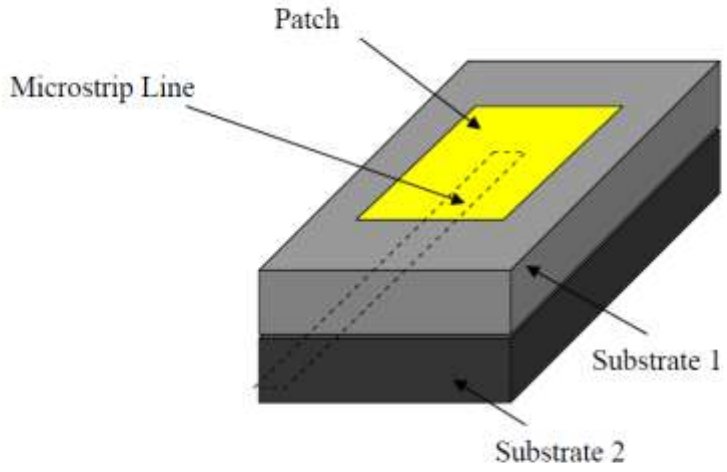
عادة الربط الفجوي يكون وسط أسفل رقعة الهوائي مما يؤدي إلى التقليل من تقاطع الاستقطاب (cross-polarization) بسبب التشابه في الاعدادات. بما أن كل من الرقعة وخط التغذية منفصلين فإن مشاكل الإشعاع من التغذية قد قلت إلى أقل مستوى.

بشكل عام فإن ثابت العزل للعازل الكهربائي الاسفل يكون أكبر من الأعلى لتحسين الإشعاع الصادر من الرقعة.

العيب الرئيسي لهذا الربط هو أن فيه صعوبة في التصنيع بسبب وجود عازلين كهربائيين وكذلك حجم الهوائي أكبر بسبب وجود عازلين كهربائيين.

3.4. تغذية الربط المتقارب

في هذا النوع من التغذية يكون لدينا عازلين كهربائيين في مركزهما في الوسط يوجد لدينا خط التغذية وأما رقعة الهوائي فتكون في العازل الكهربائي الأعلى (انظر شكل (6)).



شكل (6): تغذية الربط المتقارب

من أهم الميزات لهذا الربط أن الاشعاع الناتج عن خط التغذية يكاد يكون مفقوداً وبذلك يكون لدينا عرض حزمة كبير(تقريباً 13%) وزيادة عرض الحزمة يكون ناتج عن زيادة السمك الكلي للهوائي.

من أهم عيوب هذا الربط كما في الربط الفجوي أنه صعب التصنيع والتركيب وذلك بسبب وجود عازلين كهربائيين ، كذلك كبر حجمه بسبب العازلين الكهربائيين كذلك.

نلاحظ من التفصيل السابق لأنواع الأربعة للتغذية أن كل واحد منهم لديه مزايا وعيوب ولا نستطيع القول أن واحد أفضل من الآخر، فالربط المتصل يعطينا عرض حزمة قليل بسبب إشعاع خط التغذية لكنه أصغر حجماً وأسهل في التصنيع ، بينما في الربط غير المتصل صعب في التصنيع والتركيب وحجمه أكبر لكنه قلل لدينا الإشعاع الناتج عن خط التغذية الذي يعمل على التشويش ومشاكل في الاستقطاب. يمكن تلخيص ما ذكرناه سابقاً في الجدول التالي:

الخصائص	تغذية الخط الشريطي الدقيق	تغذية السلك المحوري	تغذية الربط المحوري	تغذية الربط المتقارب
الإشعاع الصادر عن التغذية	أكثر	أكثر	أقل	أقل مايمكن
الموثوقية	أفضل	ضعيف بسبب التلحيم والحفر	جيد	جيد
سهولة التركيب	سهل	يحتاج إلى تلحيم وحفر	إصطفاف العازلين مطلوب	إصطفاف العازلين مطلوب
مواءمة المعاوقة	سهل	سهل	سهل	سهل
عرض الحزمة (يتم الحصول عليه عن طريق مواءمة المعاوقة)	2-5%	2-5%	2-5%	13%

4. تحليل الهوائي

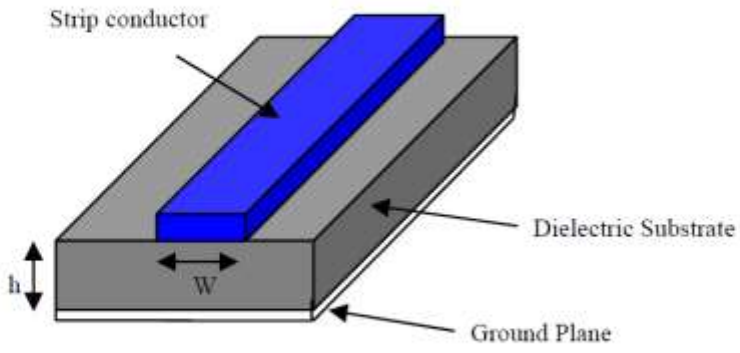
يوجد ثلاث طرق مشهورة لتحليل هذا الهوائي وهي كالتالي: نموذج خط الإرسال (Transmission Line Model) ونموذج التجويف (Cavity Model) وكذلك نموذج الموجة الكاملة (Full Wave Model).

نموذج خط الإرسال يعتبر أسهل طريقة لتحليل هذا الهوائي وتعطي رؤية فيزيائية واضحة لكنها أقل دقة، أما بالنسبة لنموذج الفجوة فهو أكثر دقة ويعطي رؤية فيزيائية واضحة لكنه أكثر تعقيداً في الواقع، أما بالنسبة لنموذج الموجة الكاملة فهو يعتبر الأفضل من ناحية الدقة لكنه ويمكنها معالجة كل عنصر على حده مثل المصفوفات المنتهية وغير المنتهية وكذلك الأشكال غير المعروفة لرقعة الهوائي ولعناصر الربط ، لكنها في المقابل تعطي رؤية فيزيائية أقل وضوحاً إلى جانب أنها أكثر تعقيداً من الطرق السابقة.

في تحليل هذا الهوائي نحن سنقوم بشرح الطريقة الشائعة وهي نموذج خط الإرسال لسهولته واستخدامه بشكل كبير في تحليل مثل هكذا هوائي.

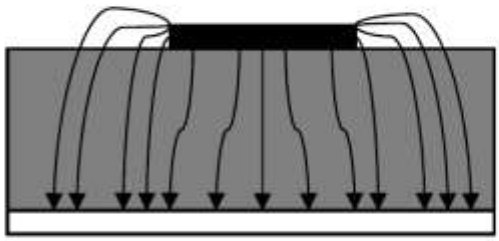
4.1. نموذج خط الإرسال (Transmission Line Model)

هذا النموذج يقوم بتمثيل الهوائي على أنه عبارة عن شقين العرض (W) و الارتفاع (L) مفصولين بواسطة معاوقة ضعيفة (Z_c) هي خط الإرسال ذو الطول (L). الهوائي الشريطي الدقيق في الواقع هو غير متجانس بسبب وجود عازلين كهربائيين هما العازل الموجود في الهوائي وكذلك الهواء (انظر شكل (7)).



شكل (7): الخط الشريطي الدقيق

بسبب أن كل المجال الكهربائي النابع من الرقعة يعود إلى العازل (انظر الشكل (8)) فإن جزء من هذا المجال يعود إلى العازل بعد أن يمر في الهواء، وبسبب ذلك فإنه سيكون لدينا اختلاف بسيط في ثابت العزل وسيكون ثابت العزل عبارة عن ثابت العزل في العازل مع الاخذ بعين الاعتبار ثابت عزل الهواء بحيث يكون ثابت العزل عبارة عن ثابت العزل الفعال ويرمز له بالرمز (ε_{reff}).



شكل (8): خطوط المجال الكهربائي

يتم حساب ثابت العزل الفعال بالقانون التالي:

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2}\left[1 + 12\frac{h}{W}\right]^{-\frac{1}{2}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

حيث :

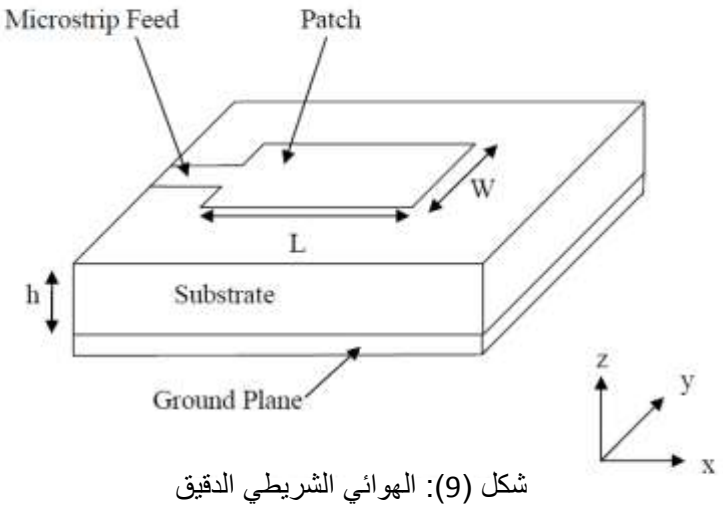
ε_{reff} = ثابت العزل الفعال.

ε_r = ثابت العزل للعازل الكهربائي.

h = ارتفاع العازل الكهربائي.

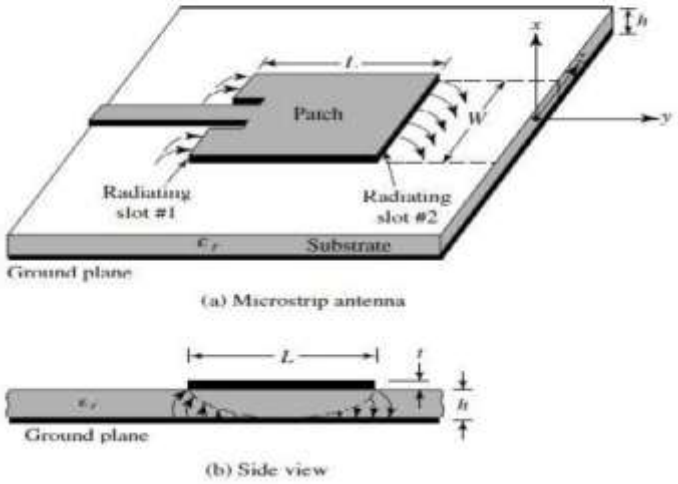
W = عرض الرقعة.

الأبعاد المهمة لدينا في هذا التحليل هي طول الرقعة L وعرض الرقعة W وارتفاع الهوائي h حيث يمكننا افتراض أن طول الرقعة باتجاه x-direction وعرضه باتجاه y-direction أما ارتفاع الهوائي يكون باتجاه z-direction (انظر الشكل (9)).



شكل (9): الهوائي الشريطي الدقيق

بسبب أن الأبعاد للرقعة تعتبر محدودة على طول العرض والطول للرقعة فإن المجالات في حواف الرقعة تصبح مهدّبة (انظر شكل رقم (10)).



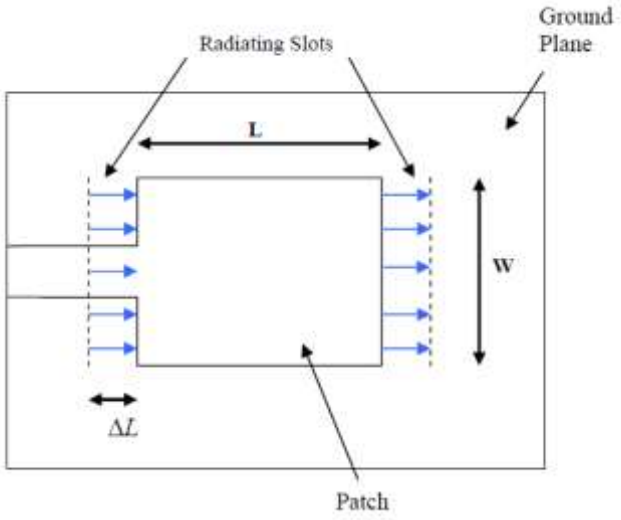
شكل (10): الهوائي الشريطي الدقيق ومنظر جانبي له

التهديب هو عبارة عن نسبة الطول للرقعة على الارتفاع (L/h) حيث هذا النسبة عادة يجب ان تكون أكبر بكثير من واحد وهذا يقلل من التهدب للمجالات حيث أننا يجب ان نأخذ هذا في عين الاعتبار لأنه يؤثر في تردد الرنين للهوائي.

بسبب تأثير التهدب فإن طول الرقعة للهوائي تبدو أكبر من الطول الحقيقي لها(انظر شكل (11)) وهي تحسب بالقانون التالي:

$$\Delta L = 0.412h\frac{(\varepsilon_{reff}+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\varepsilon_{reff}-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

أما بالنسبة لحساب الطول للرقعة فهو يحسب بالقانون التالي:



شكل (11): منظر للجانب العلوي للهوائي

كما لا حظنا سابقاً أن طول الرقعة زاد بنسبة ΔL فيصبح لدينا الطول للرقعة (L_{eff}) الطول الفعال ويمكن إيجاده بالقانون التالي:

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

إذا كان تردد الرنين معطى فإن حساب الطول الفعال يكون كالتالي:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_o\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

أما لحساب تردد الرنين للهوائي الشريطي الدقيق المستطيل فيمكن إيجاده بالعلاقة التالية:

$$f_o = \frac{c}{2\sqrt{\varepsilon_{reff}}}\left[\left(\frac{m}{L}\right)^2 + \left(\frac{n}{W}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots\dots (5)$$

حيث n و m الأنماط على طول L و W على التوالي.

أما بالنسبة لحساب العرض فيكون باستخدام العلاقة التالية:

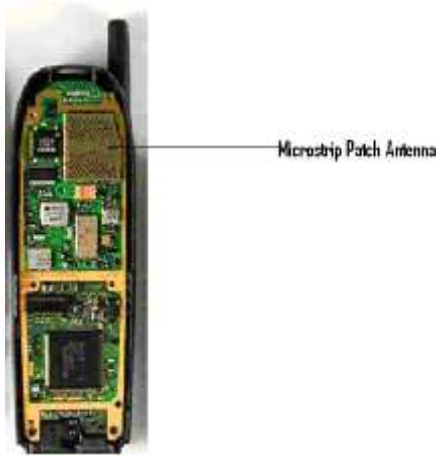
$$W = \frac{c}{2f_o\sqrt{\frac{(\varepsilon_r + 1)}{2}}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (6)$$

5. تطبيقات الهوائي

الهوائي الشريطي الدقيق معروف بأدائه وصغر حجمه وسهولة تصنيعه مما أدى إلى انتشاره بشكل واسع في العديد من التطبيقات الحديثة وزيادة الطلب عليه. فهو يستخدم في العديد من تطبيقات الاتصالات اللاسلكية مثل الهواتف الخليوية والأقمار الاصطناعية وتقنية *WiMax* وكذلك في الأنظمة العسكرية مثل الصورايخ والقذائف والطائرات الحربية وكذلك في التطبيقات الطبية. نستعرض هنا بعض هذه التطبيقات:

5.1. تطبيقات الاتصالات والهواتف الخليوية:

اتصالات الهواتف الخليوية تتطلب هوائيات ذات حجم صغير وتكلفة منخفضة. هذا الهوائي لديه هذه الخصائص وتم تصنيع أشكال وأنواع مختلفة لهذا الهوائي (انظر شكل(12)) حتى يتم استخدامه في هذه التطبيقات.



شكل (12): هوائي الهواتف الخليوية

5.2. تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمي (*GPS*):

الهوائي المستخدم في هذا التطبيق يكون غالي نوعاً ما وذلك لأنه يتطلب من هذا التطبيق أن يحدد المواقع بدقة عالية. هذا الهوائي والموجود على الأرض أو عند المستخدم يجب أن يكون لديه الاستقطاب دائري وذو حزمة أشعة واسعة و هوائي ذو كسب قليل ، فنلاحظ من المواصفات السابقة أن هذا الهوائي هو المفضل للاستخدام في هذا التطبيق. في الشكل التالي يوضح الهوائي الموجود في جهاز المستخدم (انظر شكل (13))

شكل (13): هوائي نظام GPS

5.3. نظام البث الفضائي المباشر (*DBS*):

نظام البث الفضائي المباشر يقوم بتزويد العديد من الدول بالقنوات التلفزيونية للعامّة. الهوائي المستخدم عند المحطات الأرضية عند المستخدمين يحتاج إلى تكبير عالي حوالي *30dBi* ويكون دائري الاستقطاب وكذلك يعمل عند تردد حوالي *12GHz* . الهوائي التقليدي ذو القطع المكافئ العاكس(*Conventional Parapolic Reflector Antenna*) يلبي كل هذه المواصفات ، لكنه بالمقابل حجمه كبير ولا يمكن تركيبه في كل الأبنية وكذلك العاكس يبلى بسبب المطر والريح والثلج. كل هذه السلبيات السابقة أدت إلى تطوير مصفوفات هوائي شريطي دقيق لهذا النظام ، وكذلك في المستقبلات المتحركة في السيارات تم استخدام هذه المصفوفات مع حزمة مائلة حيث تم اختبارها مسبقاً.

6. محاكاة الهوائي

بالنسبة لمحاكاة هذا الهوائي فإنه يوجد لدينا العديد من البرامج التي نستطيع من خلالها قياس نمط الاشعاع (*Radiation Pattern*) وكذلك أداء هذا الهوائي من ناحية الفقد والمواد الموصلة...إلخ.

من أشهر أدوات المحاكاة هي: برنامج الماتلاب وبرنامج *CST Design Environment* وبرنامج *Antenna Magus*.

في محاكاة الهوائي قمنا باستخدام برنامج الماتلاب لمعرفة نمط الاشعاع للمجالين الكهربائي والمغناطيسي. وكان الكود البرمجي كالتالي:

```
function varargout = untitled(varargin)
% UNTITLED M-file for untitled.fig
%      UNTITLED, by itself, creates a new UNTITLED or raises the existing
%      singleton*.
%
%      H = UNTITLED returns the handle to a new UNTITLED or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      UNTITLED('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%      function named CALLBACK in UNTITLED.M with the given input arguments.
%
%      UNTITLED('Property','Value',...) creates a new UNTITLED or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before untitled_OpeningFunction gets called.  An
%      unrecognized property name or invalid value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to untitled_OpeningFcn via varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help untitled

% Last Modified by GUIDE v2.5 06-May-2008 02:35:10

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @untitled_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @untitled_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
```

```
% --- Executes just before untitled is made visible.
function untitled_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to untitled (see VARARGIN)

% Choose default command line output for untitled
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes untitled wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);


% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = untitled_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
freq=str2double(get(handles.edit1,'String'));
er=str2double(get(handles.edit2,'String'));
h=str2double(get(handles.edit3,'String'));
height = h/1000*2.54;
Width=30.0/((2.0*freq*10)*sqrt((er+1.0)/ 2.0));
ereff=((er+1.0)/2.0)+((er-1)/2.0)*sqrt(1.0+12.0*height/Width);
dl=0.412*height*((ereff+0.3)*(Width/height+0.264))/((ereff-
0.258)*(Width/height+0.8));
lamda=30.0/(freq*sqrt(ereff));
lamda0=30.0/freq;
Leff=lamda/2;
L=Leff-2*dl;
Length = L*10;
k0=2*pi*freq/30;
phi1=0:360;
theta1=0:180;
phi=phi1./180.*pi;
theta=theta1./180.*pi;


Rr=120*lamda0/(1-k0^2*height^2/24);
Radiation_resistance = Rr;

set(handles.text4,'String',Length);
set(handles.text5,'String',Width);
set(handles.text11,'String',Radiation_resistance);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Radiation patterns
% Plotting of radiation patterns on polar and rectangular co-ordinate  system


% Calculating the normalized field values for polar plot
Etheta=sin(k0*height/2.*cos(theta)).*cos(k0*L/2.*cos(theta))/k0/height*...
```

```
    2./cos(theta);
Ethetamax=max(Etheta);
Ethetanor=Etheta./Ethetamax;


Ephi=sin(k0*Width/2.*cos(phi)).*sin(phi)/k0/Width*2./cos(phi);
Ephimax=max(Ephi);
Ephinor=Ephi./Ephimax;
axes(handles.axes1);
cla;

polar(theta,Ethetanor,'-r')
hold on;
polar(phi,Ephinor,'-b')
title('Radiation plot of E and H plane patterns');
% title('E- and H-plane Patterns of Rectangular Microstrip Antenna',...
%     'fontsize',[12]);
legend('E plane','H plane');

% Space wave, surface wave and gain calculations


k0d=k0*height;


%Space wave power
Psp = 377*k0^2*k0d^2/3/pi*(1-1/ereff+2/5/ereff^2);


%Surface wave power
s=sqrt(ereff-1);
k0ds=k0d*s;
alpha0=s*tan(k0ds);
alpha1=-[tan(k0ds)+k0ds/(cos(k0ds))^2];
x0d=ereff^2-alpha1^2;
x0n=-ereff^2+alpha0*alpha1+ereff*sqrt(ereff^2-2*alpha0*alpha1+alpha0^2);
x0 = 1+x0n/x0d;


Psur = 377*k0^2/4*ereff*(x0^2-1)/[ereff*[1/sqrt(x0^2-1)+sqrt(x0^2-1)/(...
    ereff-x0^2)]+k0d*[1+ereff^2*(x0^2-1)/(ereff-x0^2)]];

Efficiency=Psp/(Psp+Psur);

Gain=10*log10(Efficiency*2*pi*Leff*Width/lamda0);

set(handles.text14,'String',Efficiency);
set(handles.text15,'String',Gain);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% recessed feedline width
% characteristic impedance

x=30*pi/sqrt(er)/50-0.441;

if sqrt(er)*50 <= 120
    W0=height*x;
else
    W0=height*(0.85-sqrt(0.6-x));
end
% Width_of_microstrip_feed=W0;

if W0/height <= 1
```

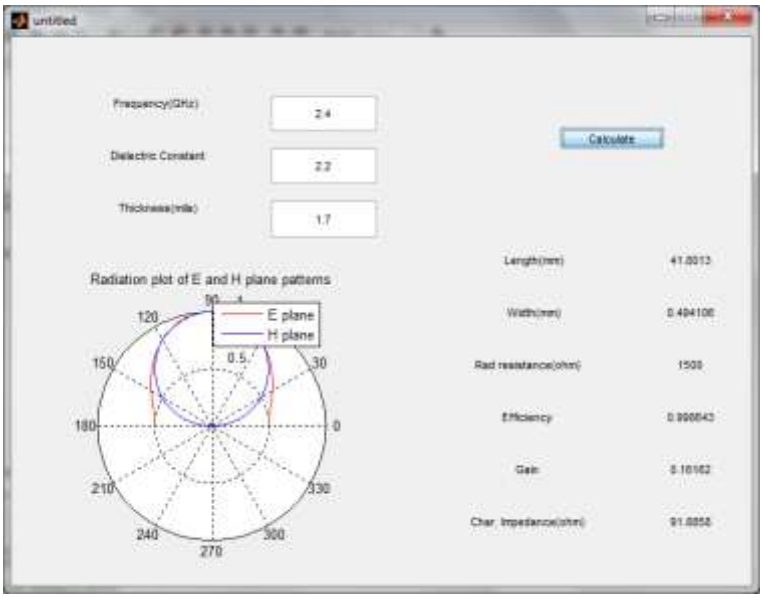
```
    Z0=60/sqrt(ereff)*log(8*height/W0+W0/4/height);
else
    Z0=120*pi/sqrt(ereff)*inv(W0/height+1.393+.667*log(W0/height+1.444));
end
% characteristic_Impedance = Z0
set(handles.text17,'String',Z0);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function text1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to text1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

الخرج سيكون كالتالي:

نلاحظ من الرسم التالي (انظر شكل (14)) أنه يطلب من المستخدم أن يدخل التردد وثابت العزل وكذلك سمك العازل الكهربائي ليقوم بعدها برسم نمط الاشعاع لكلٍ من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي ونلاحظ كذلك أنه يعطينا الطول والعرض للرقعة وكذلك مقاومة الإشعاع والكفاءة والكسب وأخيراً مقاومة الدخل.



شكل (14): يمثل الخرج للكود البرمجي باستخدام برنامج الماتلاب

7. المراجع

1) *Design Of Square Patch Microstrip Antenna For Circular Polarization Usgin Ie3d Software* , Amritesh and Kshetrimayum Milan Singh, , National Institute of Technology,india.
2) *The Design Process of a Rectangular Microstrip Antenna* , T. R. Harris.
3) *Microstrip Antenna Design Using Mstrip40*, Mr Martin Leung and Prof. Dr. Georg Splitt, university of canberra, 2002.
4) www.wikipedia.org
5) www.wisegeek.com