cwnp Official Study Guide

Certified Wireless Network Professional

Exam PW0-105

CWNA®

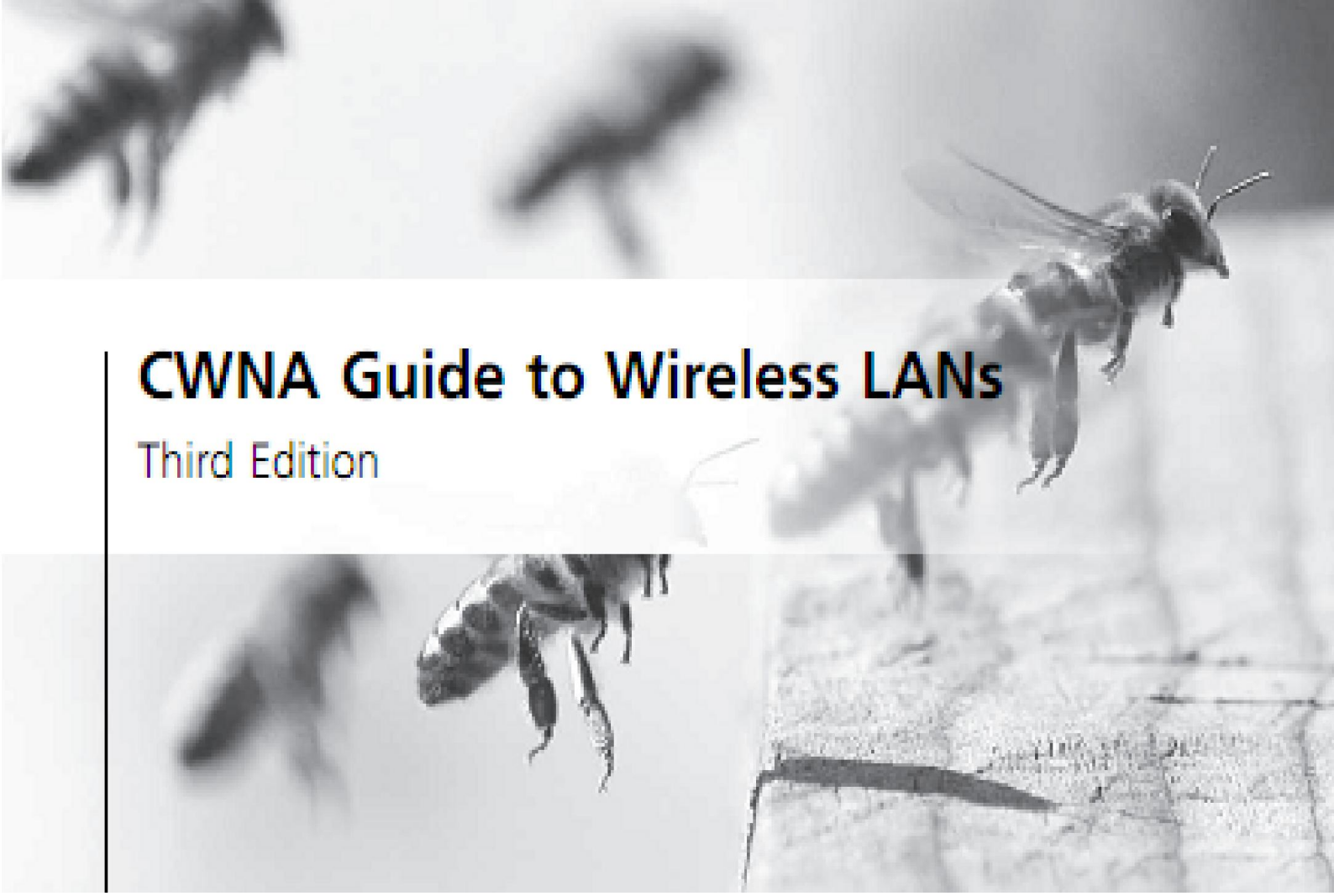
Certified Wireless Network Administrator

Official Study Guide

شهادة مدير شبكة لاسلكية

باللغة العربية

المهندس: جميل حسين طويله



جميل حسين طويله

إجازة في الهندسة الالكترونية قسم الاتصالات (جامعة حلب 2013)

Jameel Tawelh

BSc electronics and Communication Engineering (University of Aleppo 2013)

Dolphin-syria@hotmail.com

creative commons

يخضع هذا الكتاب لرخصة المشاع الابداعي Creative Commons النسبة للكاتب والمشاركة بالمثل ٣.٠ – Attribution-Share Alike 3.0، لك مطلق الحرية في نسخ، نشر، مشاركة وعمل نسخة مشتقة من الكتاب وذلك بموجب الشروط التالية

النسبة للكاتب – يجب عليك أن تنسب العمل بصفته الخاصة إلى المؤلّف أو المرخِّص.

المشاركة بالمثل – إذا غيرت في العمل أو حولته أو بنيت عليه نسخة مشتقة يجب عليك نشر العمل النهائي بنفس الرخصة.

- أي إعادة استخدام أو توزيع يجب عليك التأكد من توضيح الشروط الموضحة أعلاه.
- أي من هذه الشروط يمكن ألا يُعمل بها إذا حصلت على ترخيص من صاحب الملكية.
- أنت مرخص لك بالاستخدام وكافة الحقوق الأخرى التي لا تتعارض مع الشروط الموضحة أعلاه.

بسم الله الرحمن الرحيم

ما مكنني ربي فهو خير

للشبكات اللاسلكية مساهمة خاصة في تسهيل بناء مجتمع المعلومات والمعرفة التي تصبوا إليه جميع دول العالم حيث تقدم الشبكات اللاسلكية بديلاً أرخص ويمكن نشره بوقت أقل من الكبلات أو الألياف الضوئية أو بشكل مؤقت في بعض الأحيان وبذلك نستطيع تقليل الفجوات الرقمية بيننا وبين دول العالم المتقدم.

إن انتشار الشبكات اللاسلكية يسهل وصل المباني والدوائر الحكومية ويؤمن الولوج للشبكة و الوصول للانترنت في قاعات ومخابر الجامعات والكليات وتوصيل الانترنت للمناطق والقرى البعيدة دون الحاجة للبنية التحتية المعقدة من الكابلات

بعد أن قرأت كتاب ccna wireless باللغة العربية للمهندس نادر المنسي و كتاب الشبكات اللاسلكية في الدول النامية للمهندس محمد أنس طويلة زاد اهتمامي بمجال الشبكات اللاسلكية وبعد البحث عبر الانترنت وجدت أن أشهر وأقوى شهادة في الشبكات اللاسلكية هي شهادة CWNA المقدمة من شركة CWNP

و بعد دراستي لمنهج هذه الشهادة وعدم وجود مركز لتقديم الامتحان في بلدي سوريا وعدم قدرتي على السفر بسبب ظروف الحرب في بلدي قررت أن أترجم هذا المنهج للعربية ليكون كتاب مساعد في فهم الشبكات اللاسلكية يضاف للمكتبة العربية الضعيفة جداً في هذا المجال

ولمساعدة الطلاب الجدد والمهندسين الحديثي التخرج الذين لا يتقنون اللغة الانكليزية

منهج CWNA كُتب ليعلمك تقنية الشبكات اللاسلكية هذا الكتاب لا يساعدك لاجتياز الامتحان فحسب ولكنه يعلمك كيفية تصميم وتركيب وصيانة الشبكات اللاسلكية

طريقتي في الترجمة:

ترجمة حرفية لبعض الفقرات وترجمة حسب فهمي لفقرات أخرى ولكن بشكل عام لقد إلتزمت بأفكار المنهج الأصلي

سأقوم بنشر المنهج على شكل كتيبات كل كتيب يضم فصل أو أكثر إلى أن انتهي من ترجمة المنهج بشكل كامل ونشره بصورة نهائية على شكل كتاب يضم جميع الكتيبات

اسأل الله العظيم أن يكون هذا العمل صدقة جارية لأبي وأمي رحمهما الله

المهندس: جميل حسين طويله

حلب 2/4/2014

About CWNP and CWNA:

CWNP: is an abbreviation for Certified Wireless Network Professional

CWNP طورت برنامج تعليمي وامتحانات لشهادات في شبكات الحاسب اللاسلكية

برنامج CWNP هو حيادي vendor-neutral program

CWNP تمنح شهادات في تقنية الشبكات اللاسلكية وليس في منتج شركة معينة

منهج هذه الشركة صمم لتفهم الشبكات اللاسلكية وليس لتعليم طريقة التعامل مع منتج محدد

إذا أردت تعلم قيادة سيارة فإنك تجلس في سيارة وتتدرب على القيادة

وعندما تريد أن تذكر ذلك أنت لا تقول لأحد أنك تعلمت قيادة سيارة فورد مثلاً

بل تقول أنك تعلمت القيادة بواسطة سيارة فورد

أنت ستتعلم تقنية الشبكات اللاسلكية لتصبح قادراً على التعامل مع أي منتج يتبع المعايير القياسية

هناك سبع شهادات في برنامج CWNP:

CWTS: Certified Wireless Technology Specialist

شهادة أخصائي الشبكات اللاسلكية وهي تعتبر مستوى ابتدائي غير ملزم وتستطيع أن تتخطاها للمستوى التالي وهي موجهة أساسا للأشخاص الذين لم يسبق لهم التعامل مع أي تكنولوجيا لاسلكية من قبل وهي تؤهلك لتكون مختص مبيعات بالشبكات اللاسلكية

CWNA: Certified Wireless Network Administrator

شهادة مدير الشبكات اللاسلكية وهي الشهادة الأشهر على مستوى العالم في الشبكات اللاسلكية ولم تنجح سيسكو حتى بعد أن أطلقت ccnp wireless بمناهجها الأربعة من أن تزيحها عن عرشها

فالشهادة بالإضافة إلى عراقتها فهي غير موجهة ولا مختصة في أجهزة شركة ما بل تعطيك كل ما يلزمك لإدارة شبكة لاسلكية بغض النظر عن الشركة المصنعة لهذه الأجهزة وهذا ما جعلها من أحد اكبر شهادات تكنولوجيا المعلومات انتشاراً وبنظرة سريعة عن إحصائيات رواتب العاملين في تكنولوجيا المعلومات تستطيع أن تعرف مكانة هذه الشهادة

قبل البدء بهذه المنهج يجب أن تكون على معرفة بأساسيات الشبكات مثل

OSI model, IP addressing, PC hardware, and network operating System

CWSP: Certified Wireless Security Professional

هذه الشهادة تركز على البرتوكولات المعيارية لحماية الشبكات اللاسلكية وعلى سياسة الحماية وعلى تصميم الشبكات اللاسلكية الآمنة

CWDP: Certified Wireless Design Professional

وهو مستوى احترافي في الشبكات اللاسلكية متعمق في تقنية الأمواج الراديوية وتطبيقاتها في الشبكات اللاسلكية

هذه الشهادة تحضر لمحترف شبكات لاسلكية قادر على التصميم الصحيح للشبكة لتطبيقات مختلفة وبالأداء الأمثل في البيئات المختلفة

CWAP: Certified Wireless Analysis Professional

وهو مستوى احترافي يعتمد على الفهم العميق لتقنية الأمواج الراديوية وتطبيقاتها في الشبكات اللاسلكية

هذه الشهادة تؤمن نظرة عميقة لتشغيل الشبكة اللاسلكية

وتجهز محترف شبكات لاسلكية قادر على فهم بكيتات الشبكة اللاسلكية وتحليل الطيف

CWNE: Certified Wireless Network Expert

هي أعلى مستوى في برنامج CWNP وتعتبر الحزام الأسود في الشبكات اللاسلكية

CWNT: Certified Wireless Network Trainer

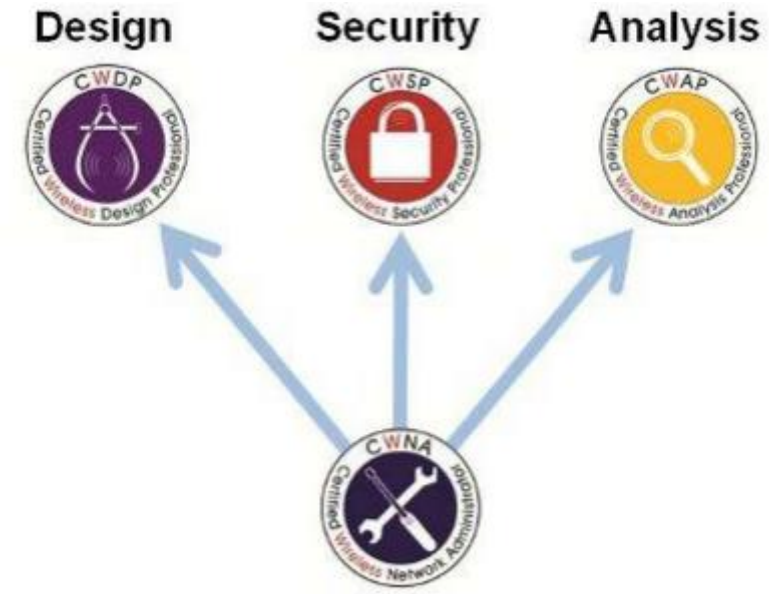
هي شهادة مدرب لمنهج CWNP ويوجد عدة شروط يجب أن تحققها قبل حصولك على هذه الشهادة

How to Become a CWNA

The information for the exam is as follows:

- **Exam name:** Wireless LAN Administrator
- **Exam number:** PW0-105
- **Cost:** $175 (in U.S. dollars)
- **Duration:** 90 minutes
- **Questions:** 60
- **Passing score:** 70 percent (80 percent for instructors)
- **Available languages:** English
- **Availability:** Register at Pearson VUE (www.vue.com/cwnp)

بعد نجاحك في CWNA أنت أمام ثلاث مسارات CWSP,CWAP and CWDP



Exam Objectives

Subject Area	% of Exam
Radio frequency (RF) technologies	21%
802.11 regulations and standards	17%
802.11 protocols and devices	17%
802.11 network implementation	20%
802.11 network security	10%
802.11 RF site surveying	15%
Total	**100%**

Chapter

1

Overview of Wireless Standards, Organizations, and Fundamentals

IN THIS CHAPTER, YOU WILL LEARN ABOUT THE FOLLOWING:

- ✓ **History of WLAN**
- ✓ **Standards organizations**
  - Federal Communications Commission
  - International Telecommunication Union Radiocommunication Sector
  - Institute of Electrical and Electronics Engineers
  - Internet Engineering Task Force
  - Wi-Fi Alliance
  - International Organization for Standardization
- ✓ **Core, distribution, and access**
- ✓ **Communications fundamentals**

أساسيات ومعايير ومنظمات الشبكات اللاسلكية

عندما تريد الولوج إلى مجال وتكون مختصاً فيه لابد أن تدرس المقاييس الخاصة به و تتابع دوماً المنظمات و الهيئات المختصة به

التي تعطي التوثيقات والمقاييس التي تستخدم للتعامل مع أجهزة الشبكات اللاسلكية المحلية بشكل موحد لكي تستطيع أن تستخدم أكسس بوينت من شركة سيسكو مع كارت وايرلس من شركة ديلينك

Institute of Electrical and Electronics Engineers

معهد المهندسين الكهربائيين والالكترونيين IEEE وتلفظ آي تربر إي وهي جمعية معروفة ومشهورة جداً في الأوساط العلمية عدد أعضائها أكثر من 400000 ومن خلال مساهمة أعضائها تمثل المرجع الأساسي لكثير من المواضيع التقنية من هندسة الحاسوب والاتصالات والطاقة الكهربائية وغير ذلك وهي من كبار مطوري المقاييس الدولية التي تقوم على أساسها الكثير من المنتجات والخدمات اليوم وخاصة في مجال الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات وتوليد الطاقة

معروفة في عالم الشبكات بالمشروع 802

مشاريع IEEE مقسمة إلى مجموعات عمل لتطوير المعايير مثلاً 802.3 مجموعة العمل المسؤولة عن المعايير الخاصة بالايثرنت

IEEE 802.11 working group مسؤولة عن معايير WLAN

IEEE 802.11™ WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS
The Working Group for WLAN Standards

ويتم إضافة حرف أو أكثر جانب رقم المعيار

(for example, 802.11a, 802.11g, and 802.3af)

بعض الأحرف لا يتم استخدامها مثل O , L لأنها تشبه الأرقام 0 و 1

X لتشابهه مع المعيار 802.1x

من المهم أن تفهم أن معايير IEEE مثل كل المعايير الأخرى تكتب في مستندات وتصف كيف يجب أن تعمل التقنية وما هي وظيفة المعدات وكيف يجب أن تعمل

المعدات القديمة التي تم إنتاجها قبل إصدار المعايير غير متوافقة مع باقي المنتجات

هدف المعايير هو الحصول على التوافق بين كل منتجات الشركات من اجل الاستفادة من التقنية

Federal Communications Commission (FCC)

لجنة الاتصالات الفدرالية هي هيئة مستقلة عن الحكومة الأمريكية أنشأت بقرار من الكونغرس الأميركي وهي مكلفة بتنظيم كل استخدام غير حكومي للطيف الترددي بما في ذلك البث الإذاعي والتلفزيوني وكذلك جميع الاتصالات سواء كانت سلكية أو لاسلكية أو عبر الأقمار الصناعية

دورها الرئيسي هو إدارة الطيف الكهرومغناطيسي وعلى وجه التحديد تخصيص الترددات واستخدام الطيف الترددي

ومن صلاحيات هذه المنظمة إعطاء التصاريح لمحطات البث ومشغلي الراديو والهواتف اللاسلكية والتلفزيون والرادار والشبكات اللاسلكية

تحدد الترددات المرخصة licensed spectrum

والترددات الغير مرخصة unlicensed spectrum

كلا الترددات المرخصة والغير مرخصة تنظم وفق

- Frequency
- Bandwidth
- Maximum power of the intentional radiator (IR)
- Maximum equivalent isotropically radiated power (EIRP)
- Use (indoor and/or outdoor)

وفي كل بلد هناك منظمة تحدد وتنظم الاتصالات والترددات

FCC والمنظمات في البلدان الأخرى مهمتها وضع القوانين لتحديد ما هو المسموح والممنوع فيما يخص الإرسال الراديوي

قوانين FCC مقسمة إلى 50 فصل وهي تحدث سنويا

الفصل المتعلق بالشبكات اللاسلكية هو47 *Telecommunications* وهو مقسم أيضا إلى عدة أجزاء

الجزء 15 Radio Frequency Devices فيه تجد القوانين التي تنظم الشبكات اللاسلكية

International Telecommunication Union Radio communication Sector:

الاتحاد الدولي للاتصالات قسم الاتصالات الراديوية:

هو منظمة عالمية مهمتها إدارة الطيف الترددي حول العالم وهو مقسم إلى خمس أقاليم

Region A: North and South America Inter-American Telecommunication Commission (CITEL)
www.citel.oas.org

Region B: Western Europe European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT)
www.cept.org

Region C: Eastern Europe and Northern Asia Regional Commonwealth in the field of Communications (RCC)
www.en.rcc.org.ru

Region D: Africa African Telecommunications Union (ATU)
www.atu-uat.org

Region E: Asia and Australasia Asia-Pacific Telecommunity (APT)
www.aptsec.org

في كل إقليم المنظمات الحكومية هي المسؤولة عن إدارة الطيف الترددي داخل البلد مثل

Australia Australian Communications and Media Authority (ACMA)

Japan Association of Radio Industries and Businesses (ARIB)

New Zealand Ministry of Economic Development

United States Federal Communications Commission (FCC)

من المهم أن تدرك أن قوانين الاتصالات تختلف من إقليم لأخر وحتى من بلد لأخر على سبيل المثال قوانين الاتحاد الأوربي مختلف كليا عن قوانين أميركا الشمالية

عند تركيب الشبكات اللاسلكية من المهم أن تمضي وقتا لتتعلم قوانين وسياسة البلد الذي أنت فيه

Internet Engineering Task Force:

قوى المهام الهندسية في الانترنت:

هي مؤسسة تعمل على وضع معايير الاستخدام في عملية نقل البيانات عبر الانترنت

IETF

هي واحدة من خمس مجموعات من Internet Society (ISOC)

Internet Architecture Board (IAB)
هيئة هندسة الانترنت لجنة استشارية معنية بتخطيط و هندسة الشبكات
Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)
مؤسسة الانترنت للأسماء و الأرقام المخصصة
Internet Engineering Steering Group (IESG)
Internet Research Task Force (IRTF)

In Chapter 13, "802.11 Network Security Architecture

Extensible Authentication Protocol (EAP) سوف تتعلم
that is defined by the IETF

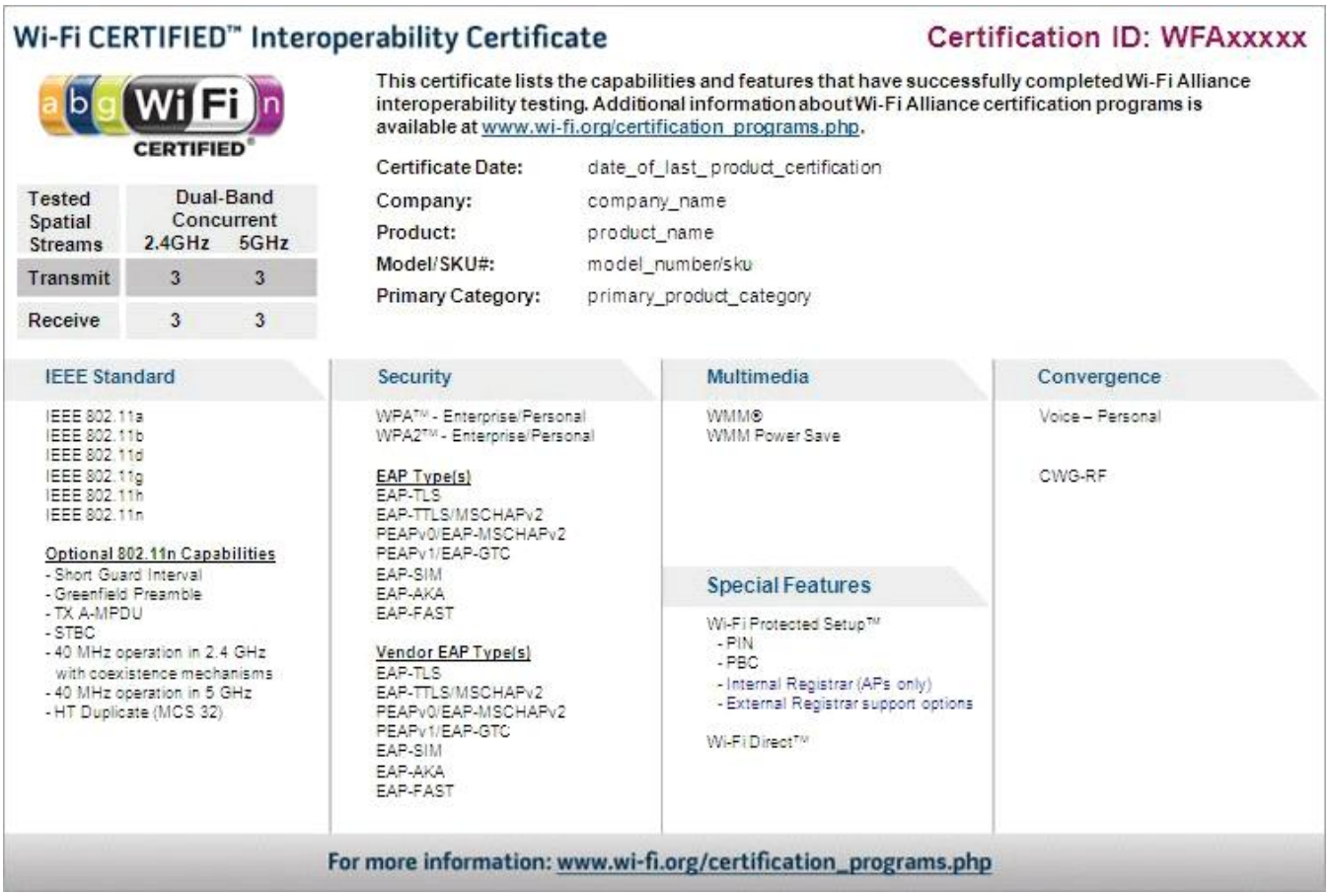
Wi-Fi Alliance:

هو مجتمع تقني غير ربحي يملك حصيريا العلامة المسجلة المسماة WI-Fi وتختص بتكنولوجيا الشبكات اللاسلكية للشبكات المحلية WLAN

لم تتعد IEEE كونها منظمة لإعطاء المقاييس للأجهزة الكهربائية والالكترونية

أما wi-fi alliance من اختصاصها اختبار الأجهزة التي تصنع طبقا لهذه المقاييس لذلك مهمة هذه المنظمة هي التأكد من توافقية المنتجات والأجهزة اللاسلكية وذلك بمنح شهادة اختبار

تقوم بفحص الأجهزة للتأكد من أنها مطابقة للمعايير المطلوبة للحصول على التوافق مع المنتجات الأخرى



Wi-Fi CERTIFIED™ Interoperability Certificate — **Certification ID: WFAxxxxx**

This certificate lists the capabilities and features that have successfully completed Wi-Fi Alliance interoperability testing. Additional information about Wi-Fi Alliance certification programs is available at www.wi-fi.org/certification_programs.php.

Certificate Date: date_of_last_product_certification
Company: company_name
Product: product_name
Model/SKU#: model_number/sku
Primary Category: primary_product_category

Tested Spatial Streams	Dual-Band Concurrent 2.4GHz	5GHz
Transmit	3	3
Receive	3	3

IEEE Standard

IEEE 802.11a
IEEE 802.11b
IEEE 802.11d
IEEE 802.11g
IEEE 802.11h
IEEE 802.11n

Optional 802.11n Capabilities
- Short Guard Interval
- Greenfield Preamble
- TX A-MPDU
- STBC
- 40 MHz operation in 2.4 GHz with coexistence mechanisms
- 40 MHz operation in 5 GHz
- HT Duplicate (MCS 32)

Security

WPA™ - Enterprise/Personal
WPA2™ - Enterprise/Personal

EAP Type(s)
EAP-TLS
EAP-TTLS/MSCHAPv2
PEAPv0/EAP-MSCHAPv2
PEAPv1/EAP-GTC
EAP-SIM
EAP-AKA
EAP-FAST

Vendor EAP Type(s)
EAP-TLS
EAP-TTLS/MSCHAPv2
PEAPv0/EAP-MSCHAPv2
PEAPv1/EAP-GTC
EAP-SIM
EAP-AKA
EAP-FAST

Multimedia

WMM®
WMM Power Save

Special Features

Wi-Fi Protected Setup™
- PIN
- PBC
- Internal Registrar (APs only)
- External Registrar support options

Wi-Fi Direct™

Convergence

Voice – Personal

CWG-RF

For more information: www.wi-fi.org/certification_programs.php

Wi-Fi Allianceمنح أكثر من 10000 شهادة توافق لأجهزة WI-FI

منذ بداية الاختبارات في ابريل 2000 العديد من شهادات WI-Fi وجدت لتغطي الاتصالية والحماية وجودة الخدمة (QoS) connectivity, security, quality of service

هناك 14 مركز مستقل ومخول لإجراء الاختبارات على الأجهزة وذلك في ثمانية بلدان

Wi-Fi CERTIFIED تعتمد على
IEEE 802.11-2007 standard and various802.11 amendments

العديد من المهندسين المنتمون لمجموعات 802.11 هو أعضاء متبرعون في

Wi-Fi Alliance

Wi-Fi Alliance و IEEE هما منظمتان منفصلتان

IEEE تعرف المعايير و Wi-Fi Alliance تفحص الأجهزة للتأكد من أنها تحقق المعاير وقادرة على التوافق مع الأجهزة الأخرى

Wi-Fi technology	Frequency band	Maximum data rate
802.11a	5 GHz	54 Mbps
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps
802.11n	2.4 GHz, 5 GHz, 2.4 or 5 GHz (selectable), or 2.4 and 5 GHz (concurrent)	450 Mbps

International Organization for Standardizatio:

المنظمة الدولية للمعايير:

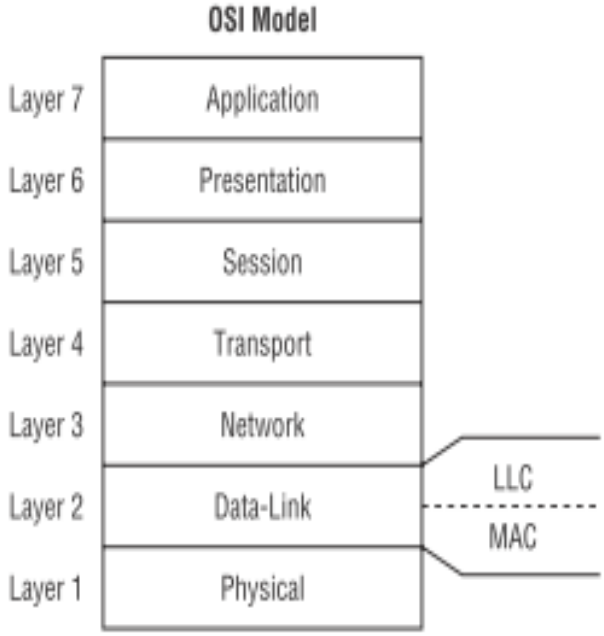
معرفة ب ISO هي منظمة عالمية غير حكومية تقوم بتطوير المعايير وهي التي أوجدت
Open Systems Interconnection (OSI) model

هذا المعيار الذي يعرف اتصال البيانات بين أجهزة الكمبيوتر

Why Is It ISO and Not IOS?

Iso اختصار خاطئ في الحقيقة هو مشتق من الكلمة الإغريقية *isos* التي تعني متساوي

وبسبب اختلاف الاختصارات بين اللغات تم اختيار هذه الكلمة لأنها تدل على المساواة



IEEE 802.11-2007 standardعرف آلية الاتصال فقط في

Physical layer and MAC sublayer of the Data-Link layer of the OSI model.

Core, Distribibtion and Access:

تصميم الشبكة أمر ضروري بغض النظر عن شكل هذه الشبكة

Core layer:هو القسم الأساسي ذو السرعة العالية جداً والهدف من القلب هو حمل وتوصيل كمية كبيرة من المعلومات بين مراكز المعلومات أو المناطق الموزعة في الشبكة

يمكن تشبيه هذه الطبقة بطريق سريع يوصل المدن ببعضها

طبقة القلب لا توجه البيانات أو تعالجها not route traffic هي فقط تقوم بتوصيل سريع لهذه البيانات بين أجزاء الشبكة الموزعة high-speed switching

distribution layer: هي الطبقة التي توجه البيانات باتجاه العقد الأصغر بالشبكة

routes or directs traffic

وتقوم بتوجيه البيانات بين VLANs ,subnets

يمكن تشبيه هذه الطبقة بطريق رئيسي داخل المدينة يقوم بوصل أحياء المدينة مع بعضها

Access layer: هذه الطبقة مسؤولة عن التوصيل البطيئ للبيانات مباشراً إلى المستخدم النهائي يمكن تشبيهها بالحارات والطرق الفرعية التي توصلك إلى العنوان النهائي

إذا كنت تريد نقل البيانات بين الحي والمدرسة المجاورة له أنت لست بحاجة لبناء طريق سريع بين المدن

نفس المبدأ يطبق في تصميم الشبكات كل طبقة من طبقات الشبكة لها وظيفة وقدرة معينة

من المهم أن تفهم كيف تتناسب الشبكات اللاسلكية مع طرق تصميم الشبكات

الشبكات اللاسلكية يمكن أن تكون point-to-point or point-to-multipont

معظم الشبكات اللاسلكية تستخدم لتامين اتصال لاسلكي للمستخدمين هذا التصميم هو

point-to-multipont

هذا التصميم للشبكة يجب أن يكون في access layer ليؤمن الاتصال للمستخدمين

لاحقا سوف نتحدث عن AP المستقلة و Ap المتحكم بها والمتحكم

الأكسس بوينت المتحكم بها تقوم ب tunnel traffic بينها وبين المتحكم في هذه الحالة الشبكة يجب أن تكون في distribution or core layer

وصلة الجسر اللاسلكي Wireless bridge تستخدم لتأمين الاتصال بين بنائين متباعدين الغاية منها وصل شبكتين سلكيتين منفصلتين بشكل لاسلكي

عند وصل شبكتين مختلفتين سوف يكون هناك توجيه للبيانات

توجيه البيانات غالباً ما يكون في distribution layer الجسور اللاسلكية لا تؤمن السرعة والمسافة المطلوبة في ال core لذلك الجسور تكون فعالة فيdistribution layer

الجسور اللاسلكية هي مثال لتطبيق الشبكات اللاسلكية في ال distribution layer

السرعة والمسافة مختلفة بشكل كبير بين الشبكات الكبيرة والصغيرة

طبقة ال core في شركة ما يمكن أن تكون distribution في شركة أخرى

Mesh network يمكن اعتبارها تطبيق للشبكات اللاسلكية في ال core layer

carrier signals:

الإشارات الحاملة:

لان البيانات هي عبارة عن ***bits*** نحن بحاجة لطريقة لإرسال *0,1* من مكان لآخر

التيار المستمر أو المتناوب غير قادر على تأديت هذه المهمة بنفس

يجب أن نقوم بعملية تغير للإشارة تسمى عملية التعديل **modulation** ويبقى المستقبل قادراً على فهم الإشارة بعد القيام بعملية فك التعديل

نقوم بإضافة الإشارة المراد إرسالها إلى إشارة الحامل بطريق معينة هذه العملية تسمى التعديل modulation

هذا التعديل يمكن أن يكون مطالي أو ترددي أو طوري amplitude-frequency-phase

كل الاتصالات الراديوية تعتمد على عملية التعديل

لتصبح مدير شبكة لاسلكية يجب أن تفهم ماذا يحدث عملياً عند عملية إرسال البيانات

Amplitude & wavelength :

المطال وطول الموجة:

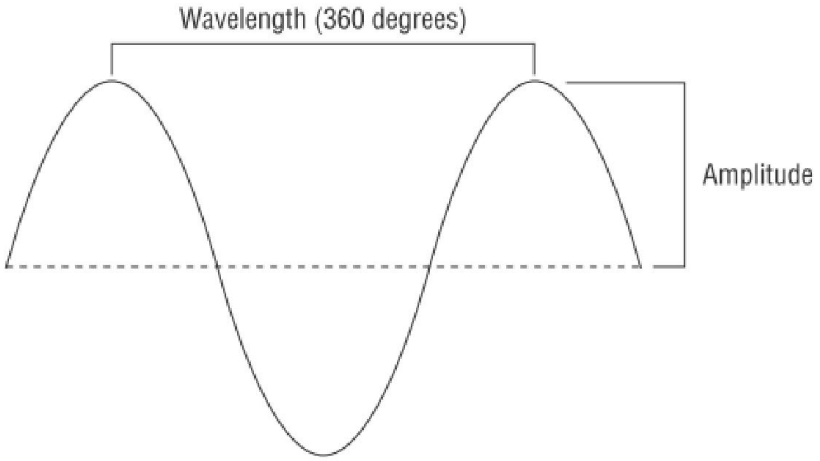
المطال : هو طاقة الموجة أو قوة الموجة أو هو ارتفاع الموجة

لفهم المطال تخيل أنك واقف على شاطئ البحر والأمواج تصطدم بك فإنك تشعر بقوة الموجة الكبيرة أكثر من قوة الموجة الصغيرة

في الإرسال الموجات تتبع نفس السلوك من حيث قوة الموجة وفي طرف الاستقبال بعد أن يقوم الهوائي بالتقاط الإشارات المستقبل يستطيع التمييز بين الإشارات القوية والضعيفة

طول الموجة: wavelength هو المسافة بين قمتين متتاليتين peak to peak أو هو المسافة التي تقطعها الموجة قبل أن تكرر نفسها

This drawing shows the wavelength and amplitude of a wave



-التردد ***frequency:*** هو عدد الهزات بالثانية الواحدة يرمز له ***f*** و واحدته الهرتز ***Hz***

-الطور ***phase :*** الطور هو مصطلح نسبي هو العلاقة بين موجتين لهما نفس التردد

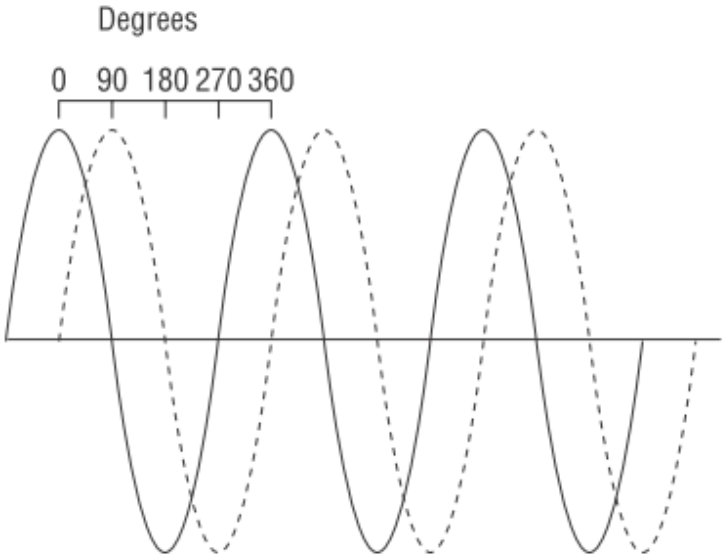
التأخير بين هاتين الموجتين هو فرق الطور

طول الموجة يقسم إلى ***360 degrees***

لنفرض أن الموجة الأولى بدأت عند النقطة المقابلة ل ***0*** درجة والموجة الثانية بدأت عند النقطة المقابلة ل ***90*** درجة

عندها تكون الموجة الثانية متأخرة بالطور عن الموجة الأولى بمقدار ***90*** درجة

هناك العديد من مصادر الضجيج والعديد من المعوقات التي ستصادف الموجة أثناء رحلتها من المرسل إلى المستقبل هذه المعوقات ومصادر الضجيج يمكن أن تسبب فرق بالطور بين الأمواج المستقبلة سيتم التحدث لاحقا بالتفصيل عن هذه النقطة



Keying Methods:

طرق التعديل الرقمي:

هناك ثلاث أنواع من العديل الرقمي أو ما يسمى الإقفال

amplitude-shift keying (Ask)

frequency-shift keying (FSK)

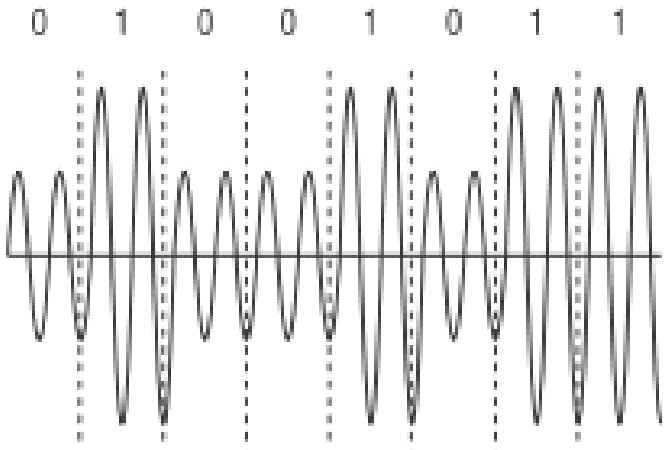
phase-shift keying (PSK)

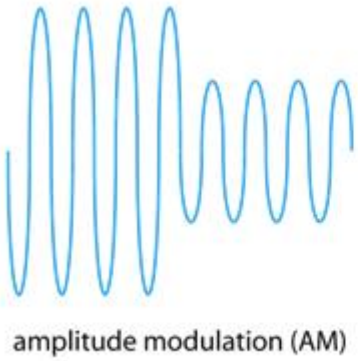
Amplitude-Shift Keying:

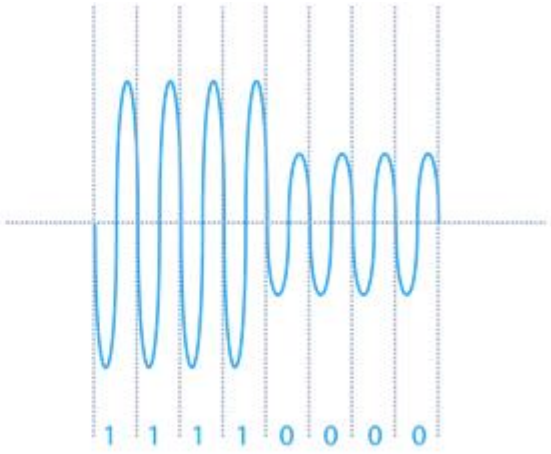
التعديل الرقمي المطالي:

يعتمد على الاختلاف في المطال لتمثيل البيانات يتم تخصيص قيمة معينة من المطال ل***1***

وقيمة أخرى مختلفة ل ***0***



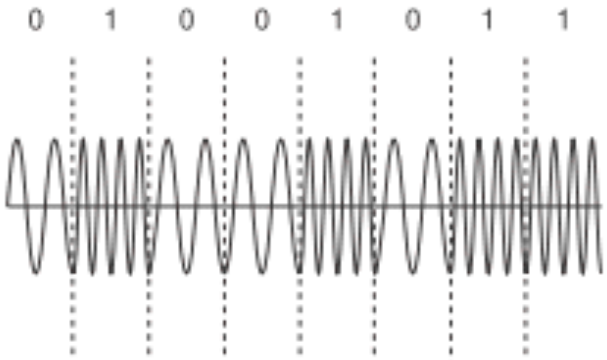


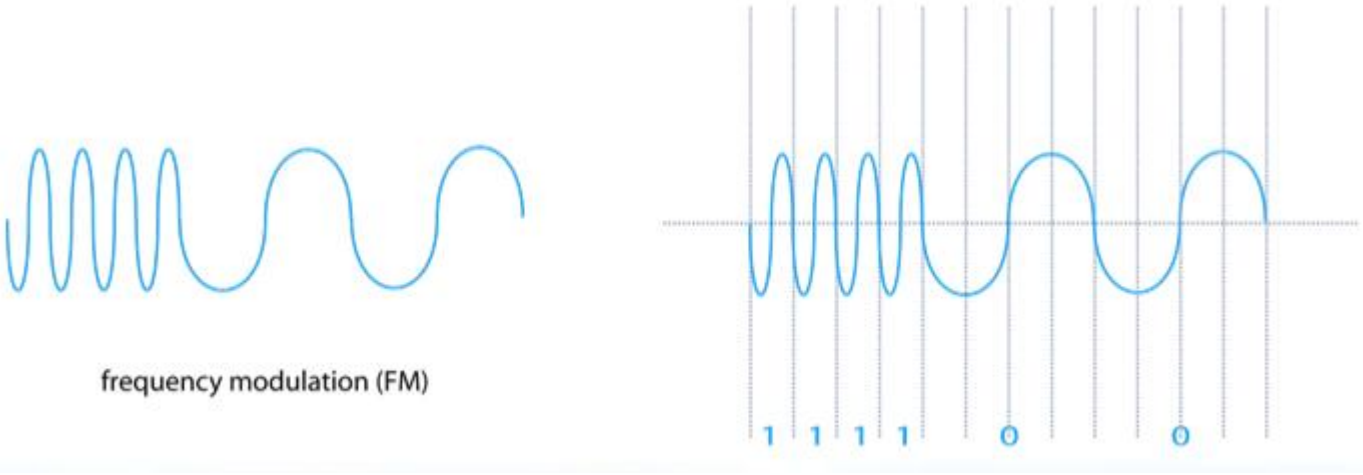


Frequency-Shift Keying:

التعديل الرقمي الترددي: يعتمد على قيمتين مختلفتين من التردد

أحد الترددات يمثل ال 1 والتردد الأخر يمثل ال 0

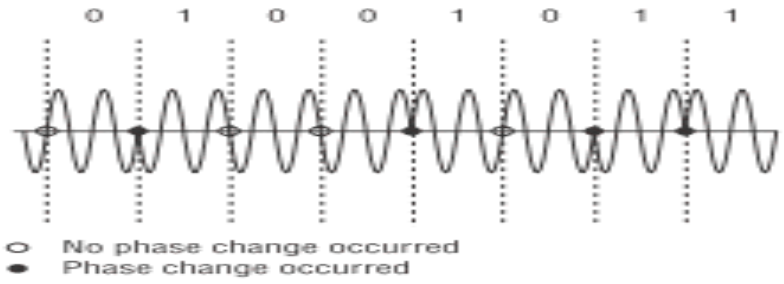




Phase-Shift Keying:

التعديل الرقمي الطوري: يتم تمثيل ال 1 بالإشارة دون أي تغيير بالطور

وال 0 بنفس الإشارة لكن بطور مختلف



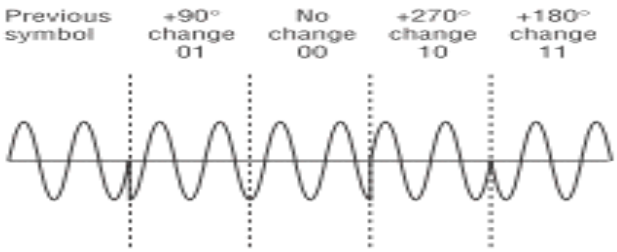
PSK تستخدم بشكل واسع في الإرسال الراديوي

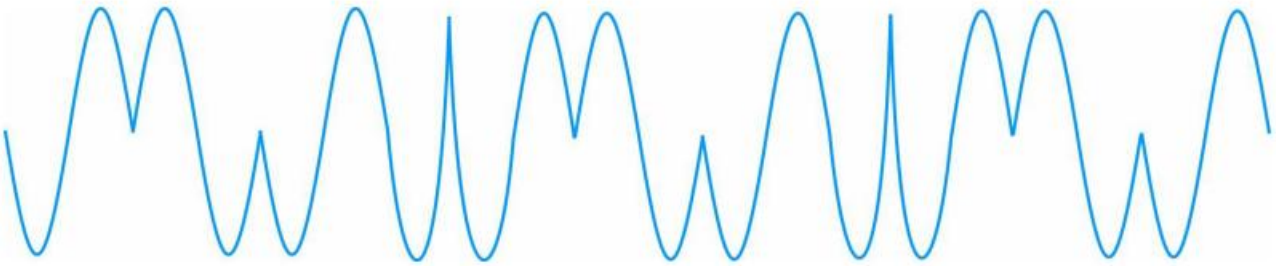
المزيد من النسخ المعدلة المتقدمة من PSK تستطيع لترميز أكثر من bit في نفس العينة

بدلاً من استخدام طورين لتمثيل ال 0 وال 1نستطيع استخدام أربع أطوار كل طور يمثل خانتين (00, 01, 10, or 11) instead of one (0 or 1)

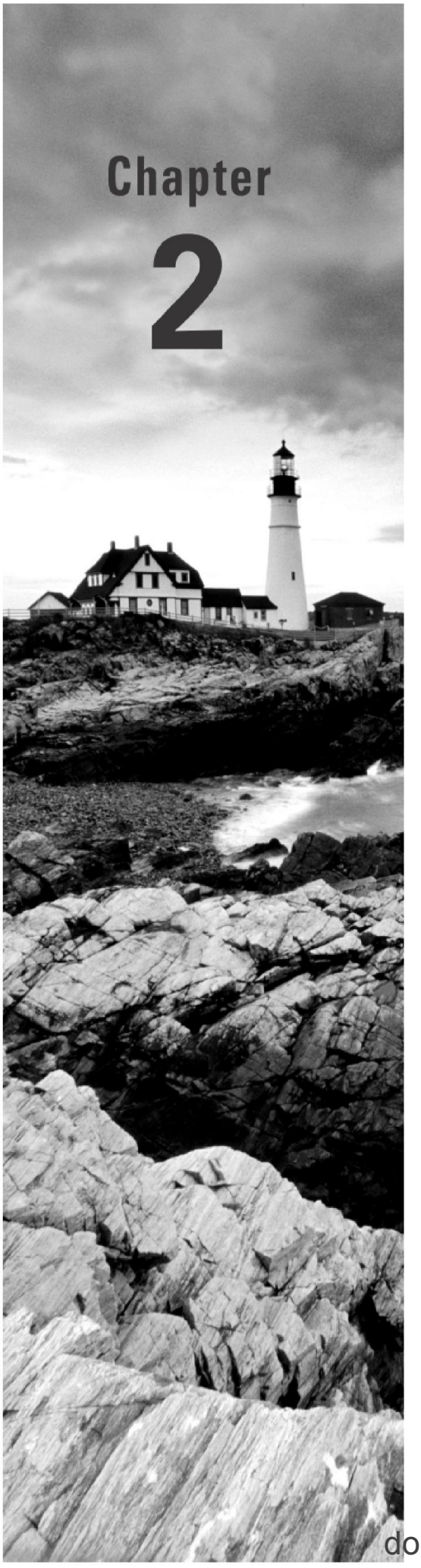
هذا يؤدي إلى إنقاص فترة الإرسال

هذا التعديل يسمى *multiple phase-shift keying* (*MPSK*)





0°	90°	180°	270°
00	01	10	11



Chapter

2

Radio Frequency Fundamentals

IN THIS CHAPTER, YOU WILL LEARN ABOUT THE FOLLOWING:

- ✓ **Definition of radio frequency signal**
- ✓ **Radio frequency characteristics**
  - Wavelength
  - Frequency
  - Amplitude
  - Phase
- ✓ **Radio frequency behaviors**
  - Wave propagation
  - Absorption
  - Reflection
  - Scattering
  - Refraction
  - Diffraction
  - Loss (attenuation)
  - Free space path loss
  - Multipath
  - Gain (amplification)

أساسيات التردد الراديوي

بالإضافة إلى فهم طبقات الشبكة OSI وأساسيات الشبكات يجب أن تمتلك معرفة موسعة في تصميم وتركيب وإدارة الشبكات اللاسلكية

عند إدارتك لشبكة يجب أن تكون على معرفة تامة ببروتوكول TCP/IP و الجسور والسويتشات والراوترات هذه المهارات تساعدك في إدارة الشبكة اللاسلكية لان اللاسلكية هي عبارة عن بوابة للشبكة السلكية portal

The IEEE defines the 802.11 communications at the Physical layer and the MAC sublayer of the Data-Link layer

لتفهم الشبكات اللاسلكية يجب أن تفهم كيف تعمل الشبكات اللاسلكية في الطبقة الأولى والمهم في هذه الطبقة هو*radio frequency (RF)* communications

في الشبكات السلكية LAN الإشارة محصورة داخل السلك ونتيجة سلوكها هو أمر منتظر ولكن على عكس الشبكات اللاسلكية حيث الإشارة تنتقل في الهواء ففي بعض الحالات لا يمكن التنبؤ بسلوك هذه الإشارة

هل هذا يعني انك يجب أن تكون RF engineer لتقوم بمسح الموقع ومراقبة الشبكات اللاسلكية لا ليس بالضرورة ولكن يجب أن تفهم خصائص وسلوك الأمواج الراديوية

What Is a Radio Frequency Signal?

لن نقوم بشرح كامل ومفصل لقوانين الفيزياء ولكن سنشرح المبادئ الأساسية للفيزياء المتعلقة بالتردد الراديوي

electromagnetic (EM) spectrum :

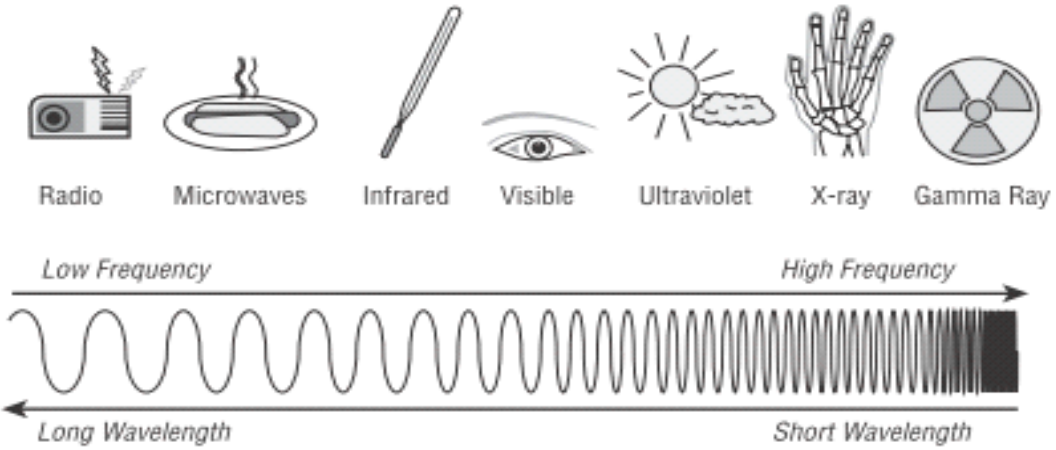
الطيف الكهرومغناطيسي هو مجال لكل الإشعاعات الكهرومغناطيسية الممكنة

وهذه الإشعاعات لها القدرة على الانتشار الذاتي يمكن أن تتحرك داخل الأجسام أو في الخلاء

أمثلة على الإشعاعات الكهرومغناطيسية هي أشعة غاما والأشعة السينية والضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء و الفوق بنفسجية

الأشعة الراديوية هي أشعة كهرومغناطيسية وهي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي

FIGURE 2.1 Electromagnetic spectrum



إشارة الأشعة الراديوية تبدأ من أشارة التيار الكهربائي المتناوب المتولدة من الجهاز المرسل هذه الإشارة ترسل عبر سلك التوصيل coaxial

ثم تشع بواسطة الهوائي بشكل أمواج كهرومغناطيسية هذه الأمواج هي الإشارات اللاسلكية

بما أن التيار الكهربائي هو حركة الالكترونات

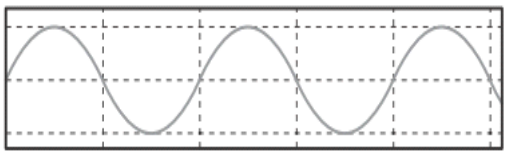
التيار المتغير المتدفق داخل الهوائي يولد حقلاً كهرومغناطيسياُ متغير حول الهوائي

التيار المتناوب هو تيار كهربائي له قيمة معينة وجهة تتغير بشكل دوري على عكس التيار المستمر الذي يبقى ثابت

شكل إشارة التيار المتناوب AC تعرف ب waveform وهي إشارة جيبيه

الإشارات الكهرومغناطيسية تنتقل بالفراغ بسرعة الضوء 299,792,458 meters per second

A sine wave



الأمواج الكهرومغناطيسية تنتقل بأساليب حركة متنوعة هذه الأساليب تسمى سلوك الانتشار سلوك انتشار الأمواج يتضمن الامتصاص والانعكاس والانكسار والتبعثر والتباعد والتضخيم و التخميد

Radio Frequency Characteristics:

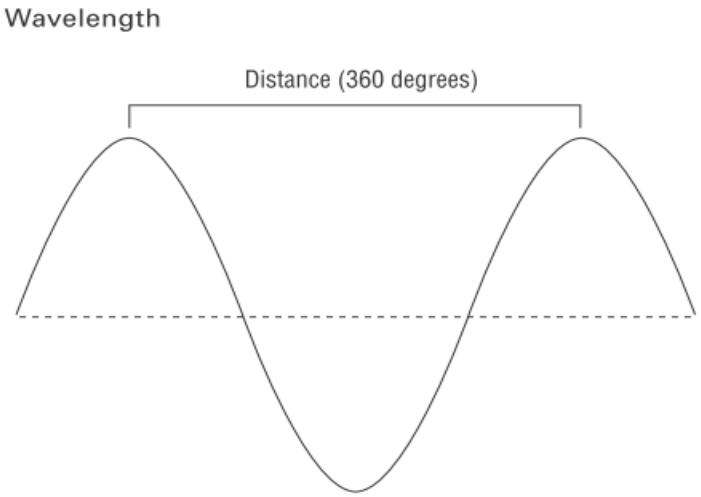
ميزات التردد الراديوي:

طول الموجة Wavelength
التردد Frequency
المطال Amplitude
الطور Phase

Wavelength طول الموجة:

الإشارات الراديوية هي تيار متناوب alternating current (AC) الذي يتغير باستمرار بين الفولطية الموجبة والسالبة هذا الاهتزاز هو تغير الإشارة من الأعلى إلى الأسفل ثم إلى الأعلى وهكذا

طول الموجة : هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين
أو هو المسافة التي تقطعها الإشارة خلال دور واحد
الدور :هو الزمن الذي تمضيه الإشارة قبل أن تكرر نفسها

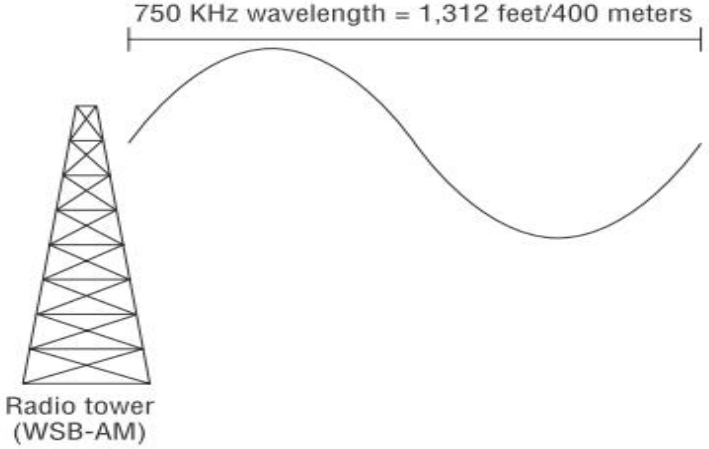


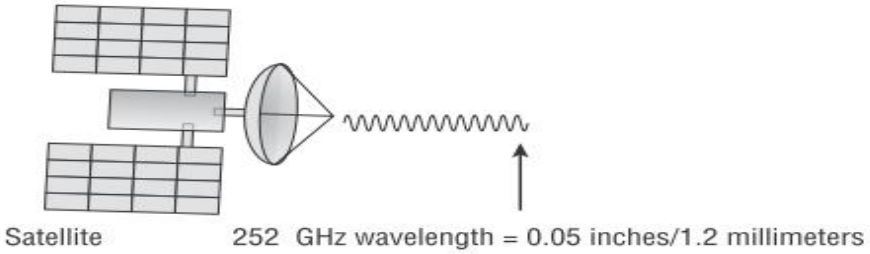
يرمز لطول الموجة عادتاً بالرمز لامدا λ
ويرمز للتردد f
ولسرعة الضوء c
من المهم جداً أن تفهم العلاقة العكسية بين التردد و طول الموجة

frequency (f, measured in hertz, or Hz)
wavelength (l, measured in meters, or m)
the speed of light (c, which is a constant value of 300,000,000 m/sec).
The following reference formulas illustrate the relationship:

$$\lambda = c/f \text{ and } f = c/\lambda$$

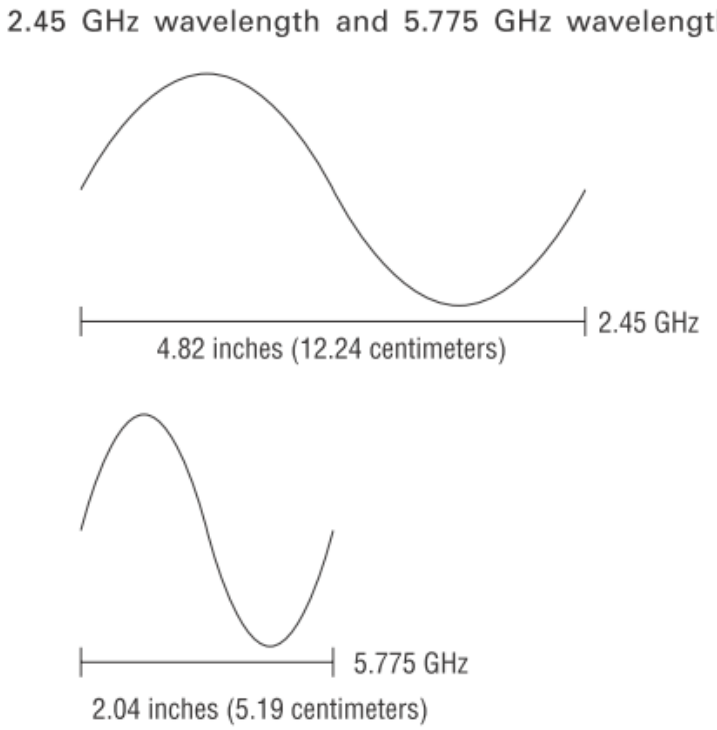
الاشارات ذات التردد الكبير لها طول موجة صغير
والإشارات ذات التردد الصغير لها طول موجة كبير
محطات الراديو AM تبث على تردد أصغر بكثير من تردد الشبكات اللاسلكية بينما الأقمار الصناعية تستخدم تردد اكبر بكثير من تردد اللاسلكية
لنفرض أنا لدينا إذاعة راديو AM تبث على التردد 750KHZ يكون لها طول موجة 400 m
هذه المسافة التي تقطعها الموجة خلال دور واحد
بعض محطات الأقمار الصناعية تعمل على ترددات عالية جداً 252GHz ويكون طول موجتها 1.2 mm
الأمواج الراديوية خلال انتشارها في الفضاء أو خلال المواد تتعرض للتخميد
الأمواج ذات الترددات العالية (أطوال موجية صغيرة) تتخمد أكثر من الإشارات ذات الترددات الصغيرة (أطوال موجية كبيرة)
كل هوائي يملك منطقة فعالة قادر على استقبال الإشارات من خلالها تسمى الفتحة
كمية الطاقة الراديوية الممكن التقاطها من خلال الفتحة تكون أصغر في الترددات العالية
هذا يفسر سبب ضرورة وجود خط نظر بين هوائيات الترددات العالية في الوصلات المكروية أو الجسور اللاسلكية
نظرياً الإشارات الكهرومغناطيسية يجب أن تنتقل إلى أن تصل إلى لا نهاية
عملياً عندما تنتقل الإشارة ذات الأطوال الموجية الصغيرة(ترددات عالية) خلال الفضاء سوف تتعرض للتخميد في شدتها مما يؤدي إلى إنقاص مطالها إذا وصلت إلى أقل من عتبة حساسية المستقبل لن يتمكن المستقبل من فهمها
هذه الإشارة تكون ضعيفة جداً ولا يمكن كشفها
أما الإشارات ذات الأطوال الموجية الكبيرة(ترددات صغيرة) تكون أكثر مقاومة أو اقل تأثراً بالتخميد ويبقى مطالها أعلى من عتبة حساسية المستقبل لمسافات كبيرة جداً



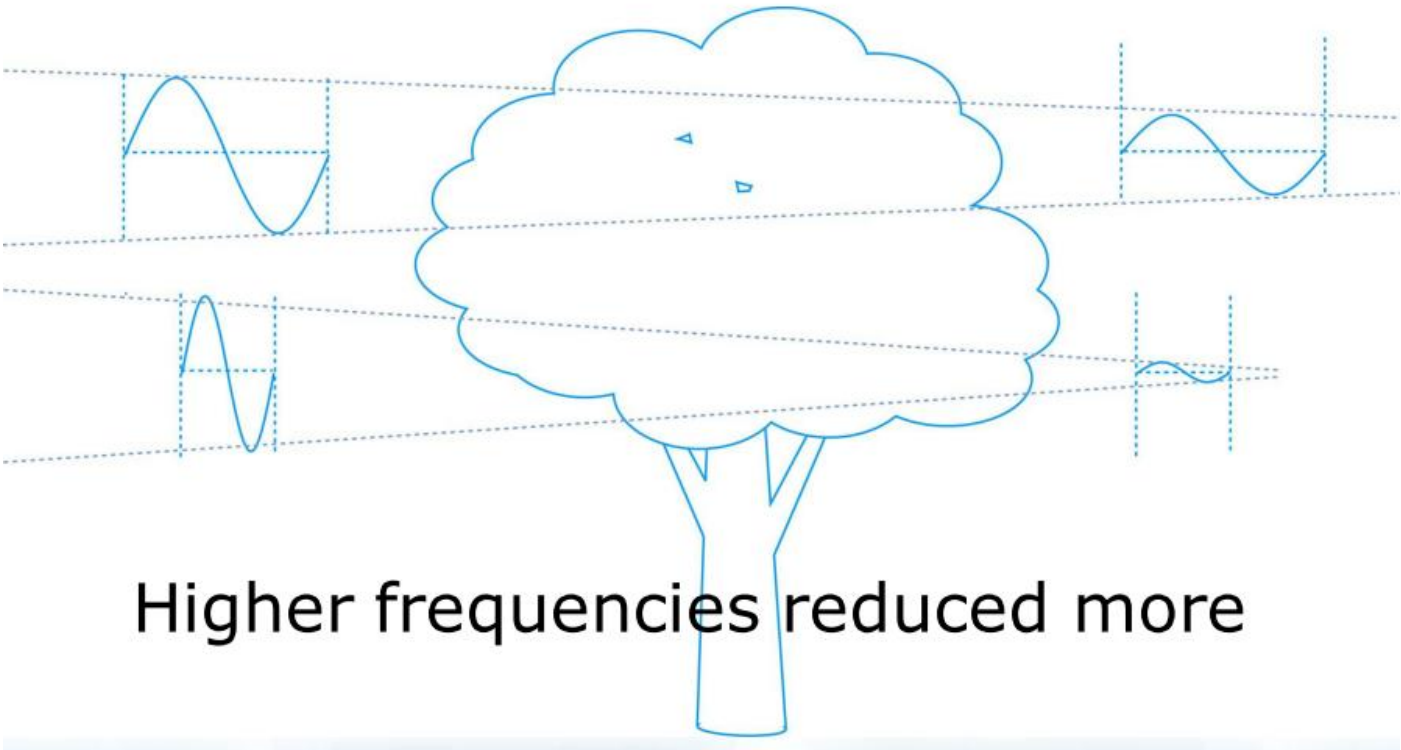


يجب أن تفهم أن الأمواج ذات الترددات المنخفضة تستطيع أن تنتقل مسافات أبعد من الأمواج ذات الترددات العالية

معظم الشبكات اللاسلكية تعمل على الترددين 2.4GHz, 5GHz



الإشارات ذات التردد العالية تتخمد بشكل أكبر من الإشارات ذات الترددات المنخفضة خلال مرورها عبر الأجسام كالجدران مثلاً



من المهم للمهندس اللاسلكي أن يدرك ذلك للسببين التاليين:
- مسافة التغطية تتأثر بالتخميد الناتج خلال انتشار الإشارة بالهواء (يسمى خسارة الفضاء الحر free space path loss)
- الترددات العالية تقلل من قدرة الإشارة على اختراق الأجسام والعوائق
الإشارة ذات التردد 2.4GHz تستطيع العبور عبر الجدران والأبواب بشكل أفضل من الإشارة ذات التردد 5GHz

Note that the length of a 2.45 GHz wave is about 4.8 inches, or 12 centimeters. The length of a 5.775 GHz wave is a distance of only about 2 inches, or 5 centimeters.

Wavelength (inches) = 11.811/frequency (GHz)

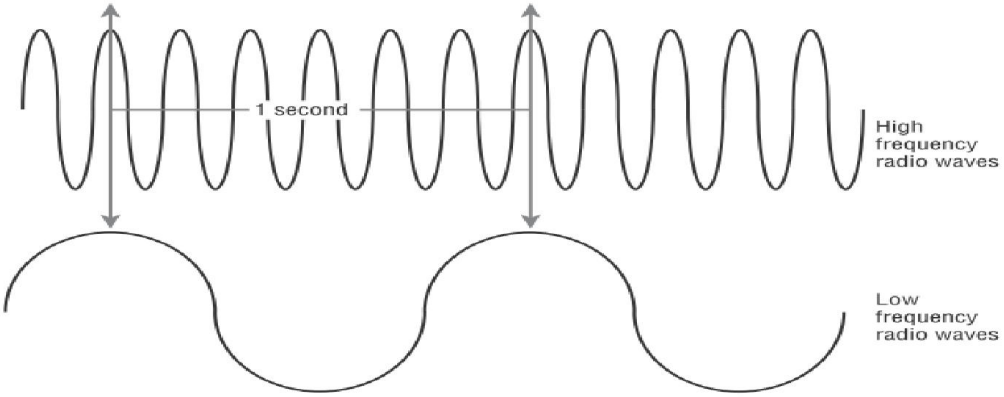
Wavelength (centimeters) = 30/frequency (GHz)

عند استخدامك التردد 5GHz ستحصل على تغطية أقل من التغطية التي يعطيها التردد 2.4GHZ
معظم الأكسس بوينت وكروت الشبكة اللاسلكية تملك القدرة للعمل على الترددين

Frequency:

التردد:

الإشارات الراديوية هي عبارة عن اهتزازات تتكرر بشكل دوري
المسافة التي تقطعها الإشارة خلال دور واحد هي طول الموجة
التردد: هو عدد الهزات بالثانية أو عدد المرات التي تكرر الإشارة نفسها بالثانية الواحدة
يقاس التردد بال هرتز Hz نسبة إلى عالم الفيزياء رادو لف هرتز
هزة واحدة بالثانية = ١ هرتز
عدد المرات التي تكرر الإشارة نفسها أي عدد أدوار الإشارة بالثانية هو تردد هذه الإشارة



1 hertz (Hz) = 1 cycle per second

1 kilohertz (KHz) = 1,000 cycles per second

1 megahertz (MHz) = 1,000,000 (million) cycles per second

1 gigahertz (GHz) = 1,000,000,000 (billion) cycles per second

عندما نقول 2.4GHz نتحدث عن 2.4 بليون هزة بالثانية

Inverse Relationship

Remember that there is an inverse relationship between wavelength and frequency. The three components of this inverse relationship are frequency (f, measured in hertz, or Hz), wavelength (λ, measured in meters, or m), and the speed of light (c, which is a constant value of 300,000,000 m/sec). The following reference formulas illustrate the relationship: $\lambda = c/f$ and $f = c/\lambda$. A simplified explanation is that the higher the frequency of an RF signal, the shorter the wavelength will be of that signal. The longer the wavelength of an RF signal, the lower the frequency will be of that signal.

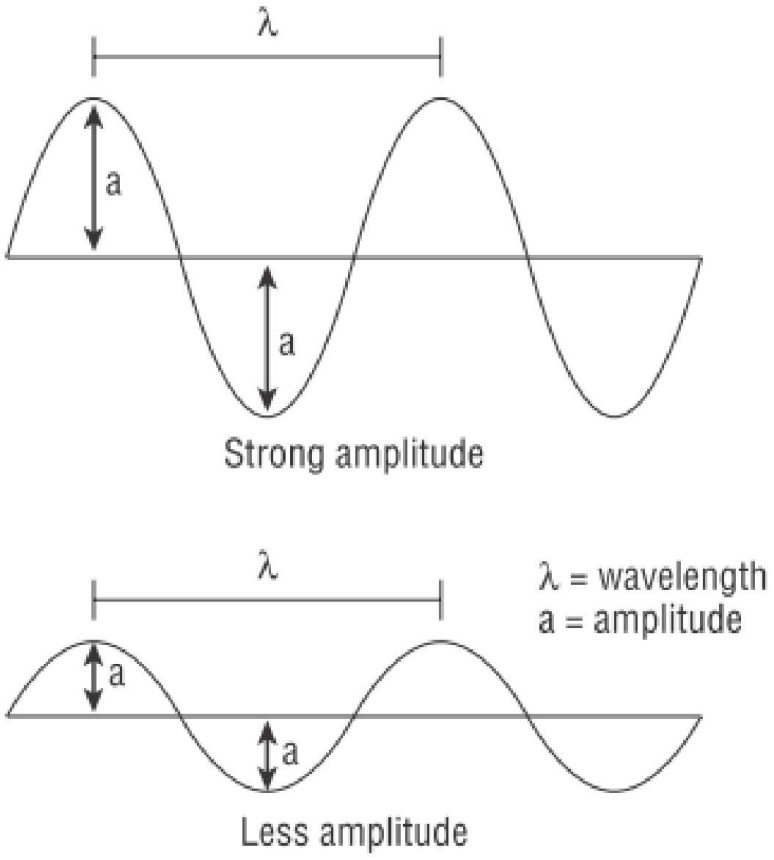
Amplitude:

المطال:

المطال يمثل شدة الإشارة أو كمية الطاقة التي تحملها هذه الإشارة

عندما نتحدث عن الإرسال اللاسلكي المطال يشير إلى قوة الإشارة

عند النظر للإشارة في راسم الإشارة المطال هو المسافة بين القمة الموجبة أو القاع السالب ومحور انتشار الموجة الجيبية



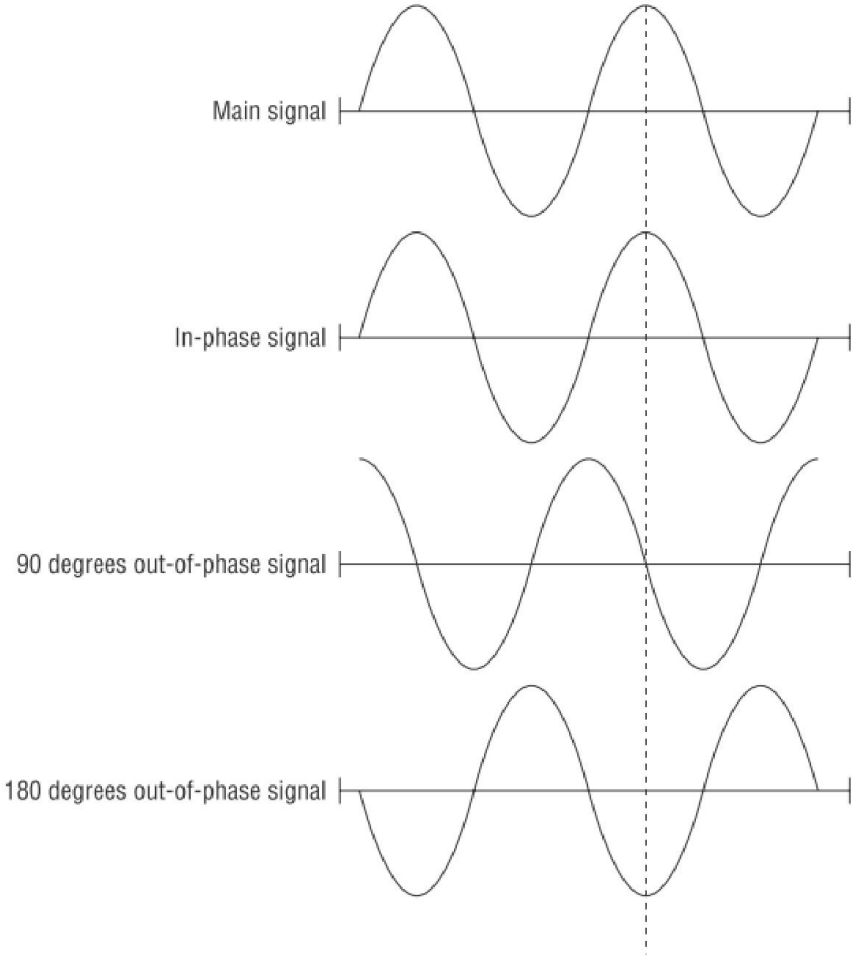
عندما نناقش شدة إشارة في الشبكات اللاسلكية هناك مطال الإشارة المرسلة ومطال الإشارة المستقبلة
إذا ضبطت الأكسس بوينت AP على طاقة إرسال 50millwatts(mw) هذا هو مطال الإرسال
الكابلات والموصلات ستقوم بتضعيف هذا المطال
عندما يلتقط المستقبل الإشارة فان شدة الإشارة المستقبلة هي مطال الاستقبال
محطات الراديو AM ترسل حزمة ضيقة بطاقة 50,000 watts
الكروت الراديوية الداخلية المستخدمة في الأكسس بوينت تملك طاقة إرسال بين 100mw,1mw
كروت الشبكة اللاسلكية في أجهزة اللابتوب أو الموبايل تستطيع استقبال الإشارات بمطال يقل ببليون مرة عن 1mw

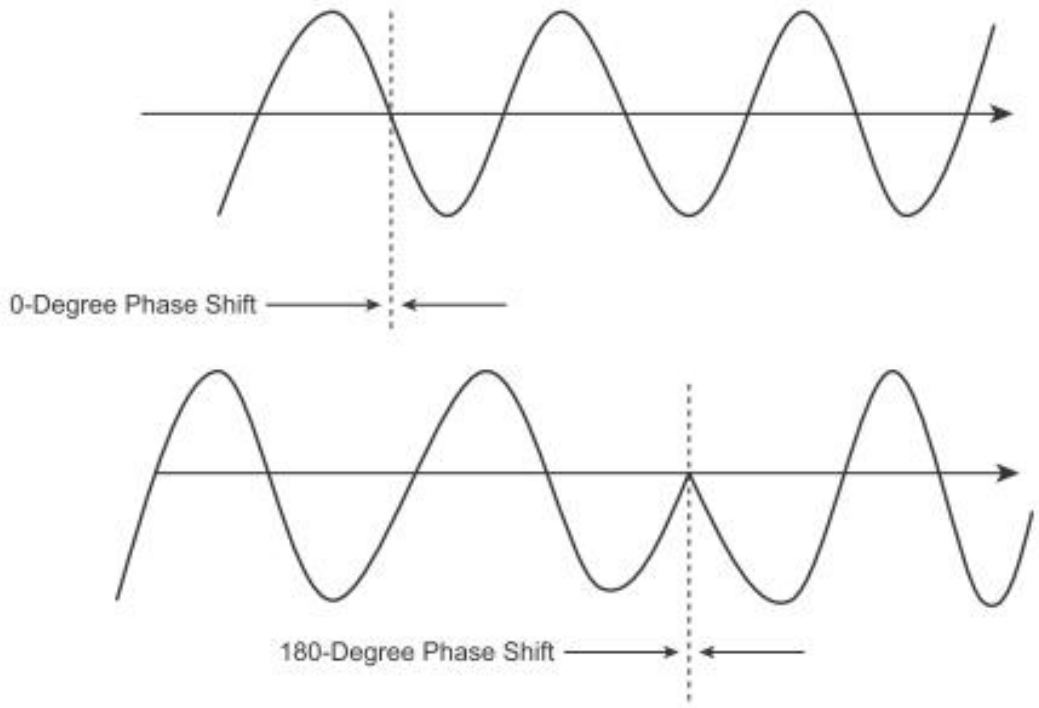
Phase:

الطور:

الطور يصف العلاقة بين إشارتين أو أكثر لهما نفس التردد
يقاس بالمسافة أو الزمن أو الدرجات إذا كانت قمم الإشارتين ذات نفس التردد موجودة بنفس الجهة نقول إن الإشارتين متفقتين بالطور in phase

وإذا كانت القمم للإشارتين المتماثلتين بالتردد بجهتين مختلفتين نقول إن الإشارتين مختلفتين بالطور out of phase





من المهم أن تفهم تأثير الطور على المطال عند استقبال إشارات متعددة

الإشارات المختلفة بالطور الملتقطة في المستقبل تجمع مع بعضها من المحتمل أن تؤدي إلى مضاعفة المطال إذا كانت الإشارتين متفقتين بالطور وفرق الطور بينهما 0 degree
أما إذا كان فرق الطور بينهما 180 degree والإشارتين مختلفتين بالطور (الإشارتين متعاكستين) فالإشارتين سوف تلغيان بعضهما والنتيجة هي لا شي null
التباعد بالطور له أثر تراكمي يعتمد على قيمة الاختلاف بالطور بين الإشارتين
الاختلاف بالطور ضروري جداً لتتمكن من فهم ظاهرة المسارات المتعددة multipath التي ستناقش لاحقاً

Radio Frequency Behaviors:

سلوك الترددات الراديوية:

عندما تنتقل الأمواج الراديوية عبر الهواء أو أي وسط أخر يمكن أن تتحرك أو تسلك طرق مختلفة تسمى سلوك الانتشار وتتضمن الامتصاص – الانعكاس – التبعثر – الانكسار – التباعد – ضياع الفضاء الحر – المسارات المتعددة –التخميد

Wave Propagation:

انتشار الموجة:

بعد أن تعلمت خصائص الأمواج المختلفة من المهم أن تفهم سلوك الأمواج الراديوية بعد إشعاعها من الهوائي
الأمواج الكهرومغناطيسية يمكنها الانتقال بالخلاء أو عبر المواد المختلفة
الطريقة التي تتحرك بها الأمواج تسمى انتشار الأمواج wave propagation
تعتمد على طبيعة المادة التي تمر الإشارة من خلالها مثلاً الجدران المصنوعة من الجبصين لها تأثير مختلف عن الجدران المصنوعة من الاسمنت وبداخلها معدن
كيف تنتشر الإشارة؟
عندما نتحدث عن الانتشار حاول أن تتخيل الإشارة تنتقل مبتعدة عن الهوائي

As a WLAN engineer, you should understand RF propagation behaviors for making sure that access points are deployed in the proper location, for making sure the proper type of antenna is chosen, and for monitoring the health of the wireless network.

Absorption:

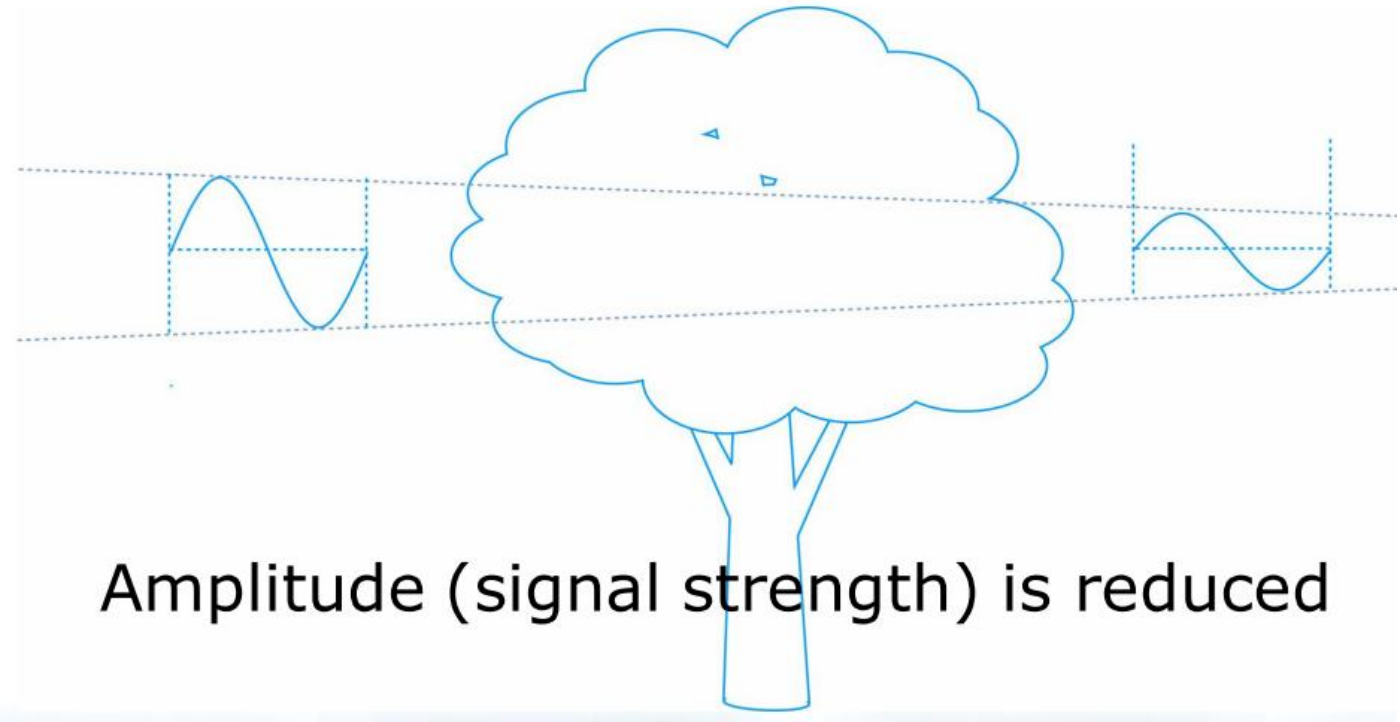
الامتصاص:

إذا لم تتمكن الإشارة من الارتداد أو المرور عبر أو التحرك حول شي ما عندها الامتصاص الكلي للإشارة قد حدث
معظم المواد تمتص كمية معينة من الإشارة الراديوية بدرجات مختلفة

الجدران المصنوعة من الآجر أو الاسمنت المسلح تمتص الإشارة أكثر من الجدران المصنوعة من الجبصين

الماء هو مثال أخر على الوسط القادر على امتصاص الإشارة بشكل كبير جداً

الامتصاص يسبب التخميد للإشارة وبالتالي إنقاص مطال هذه الإشارة



الأجسام التي تحوي في تركيبها على كمية كبيرة من الماء تسبب امتصاص للإشارة

جسم الإنسان مكون من 60- 50 بالمائة من الماء وبالتالي عند تصميم الشبكة وإجراء مسح الموقع الراديوي يجب الأخذ بعين الاعتبار كثافة المستخدم

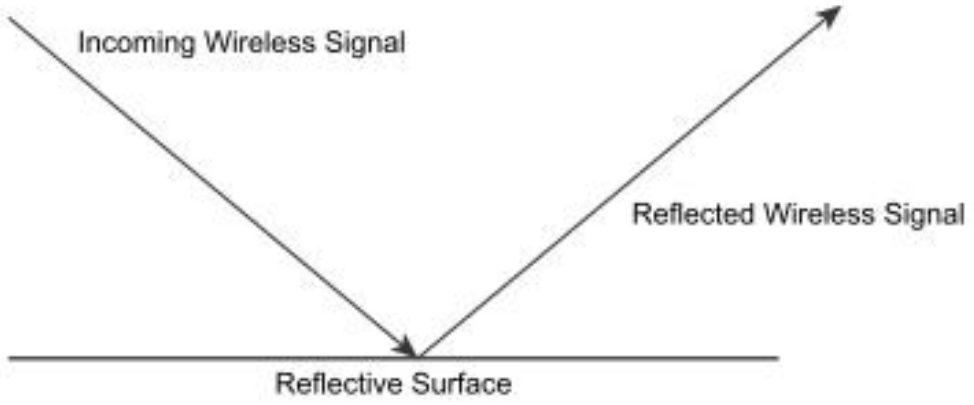
لمعرفة مقدرة أي جسم على امتصاص الأمواج الراديوية نضع هذا الجسم بفرن المكرويف إذا سخن فهو يمتص وإذا لم يسخن فهو لا يمتص هذه الأمواج

Reflection:

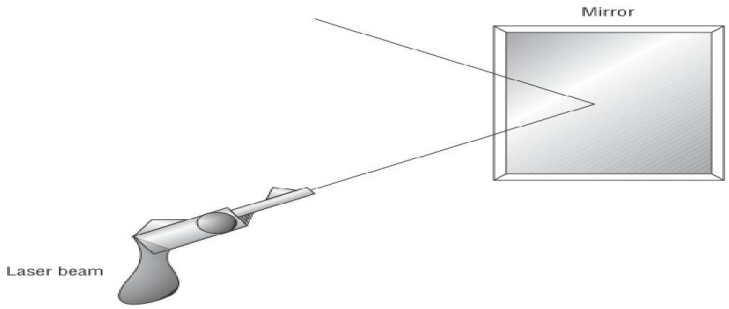
الانعكاس:

عندما تصطدم الموجة بشي أكبر من طول الموجة يمكن أن ترتد للجهة المقابلة هذا السلوك يسمى الانعكاس

الإشارة الراديوية تنعكس عن سطح بعض الأجسام حسب نوع المادة المصنوعة منها الجسم الذي تصطدم به الإشارة



هناك نوعان من الانعكاس: انعكاس الأمواج السماوية وانعكاس الأمواج المكروية
انعكاس الأمواج السماوية يمكن أن تحدث في الترددات الأقل من 1GHz
الإشارات ذات الأطوال الموجية الكبيرة ترتد من طبقة الاينوسفير من طبقات الغلاف الجوي
هذا هو سبب إمكانية التقاط إذاعات الراديو البعيدة جداً في الليالي الصافية
الأمواج المكروية موجودة بين 1GHz and 300GHz لأنها ذات تردد عالي فهي ذات أطوال موجية صغيرة وهذا هو سبب تسميتها بالأمواج المكروية (الأمواج الصغيرة) Microwave
انعكاس الأمواج المكروية هو مركز اهتمامنا في بيئة الشبكات اللاسلكية عند انتشار الإشارة في بيئة خارجية الأمواج المكروية يمكن أن تنعكس عن الأشياء الكبيرة كالمباني أو خزانات المياه أو سطح الأرض
في البيئة الداخلية الأمواج المكروية تنعكس عن الأسطح مثل الأبواب والجدران أي شي مصنوع من المعدن يسبب انعكاس والزجاج و الاسمنت أيضا ممكن أن يكونا سبب في انعكاس الإشارات



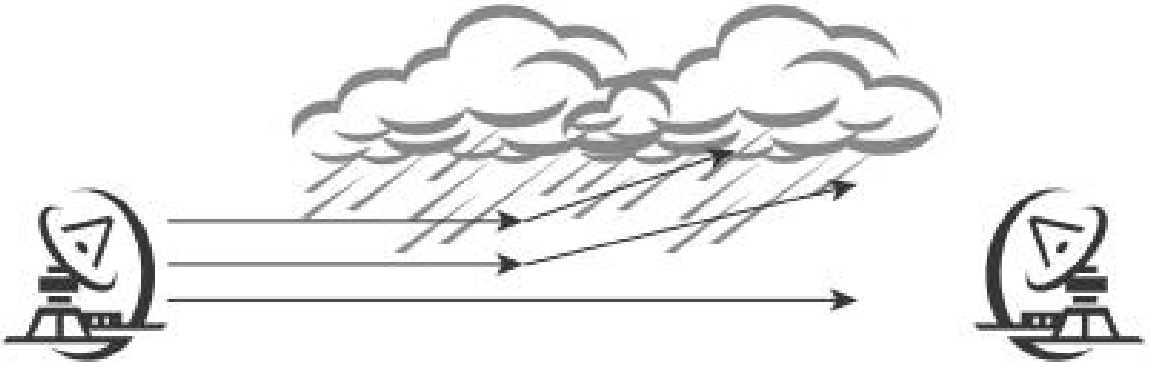
الانعكاس يمكن أن يسبب مشاكل خطيرة في 802.11 a/b/g WLAN عندما تشع الموجة من الهوائي وتنتشر مبتعدة عنه
إذا انعكس جزء من هذه الإشارة سوف يصل للمستقبل عدة إشارات هذا يسمى multipath المسارات المتعددة يمكن أن تؤثر بشكل سلبي على شدة وجودة الإشارة
تم حل هذه المشكلة في 802.11n باستخدام عدة هوائيات
(MIMO) multiple-input multiple- output
سنتحدث عنها بالتفصيل في الفصل 18

تم الاستفادة من خاصية الانعكاس في وصل مبنيين بجسر لاسلكي بالاستفادة من انعكاس الإشارة على مبنى ثالث ذو واجهة زجاجية بزاوية معينة

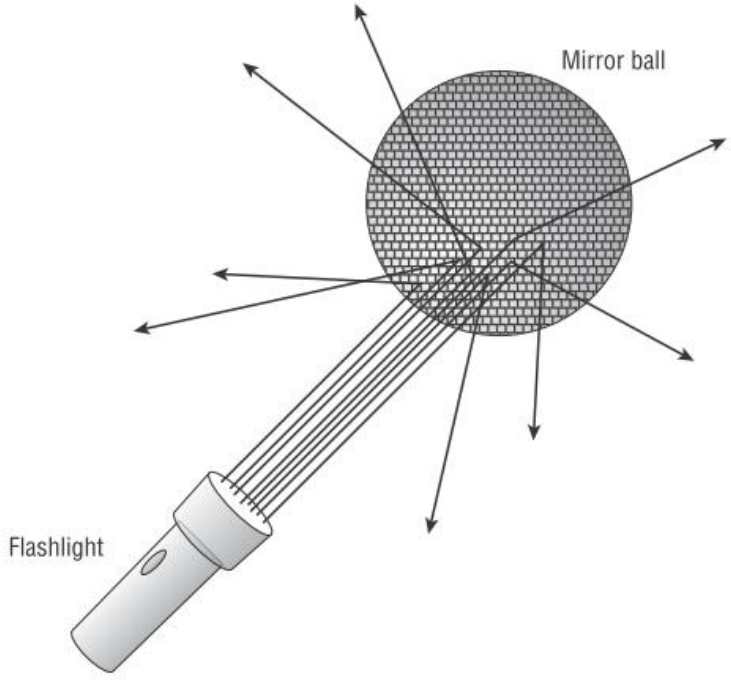
Scattering:

التبعثر:

هو انعكاس متعدد يحدث للإشارة عندما يكون طول موجتها اكبر من الجسم الذي تنعكس عنه أو تمر عبره
التبعثر يمكن أن يحدث بطريقتين : الأول هو المستوى الأصغر وله تأثير قليل على جودة وشدة الإشارة يحدث عندما تمر الإشارة عبر وسط مثل الغبار أو الضباب أو حبات المطر



الطريقة الثانية عندما تصطدم الإشارة بسطح غير مستوى فتنعكس باتجاهات متعددة مسببتاً التبعثر الذي يوثر بشكل سلبي على شدة الإشارة في المستقبل

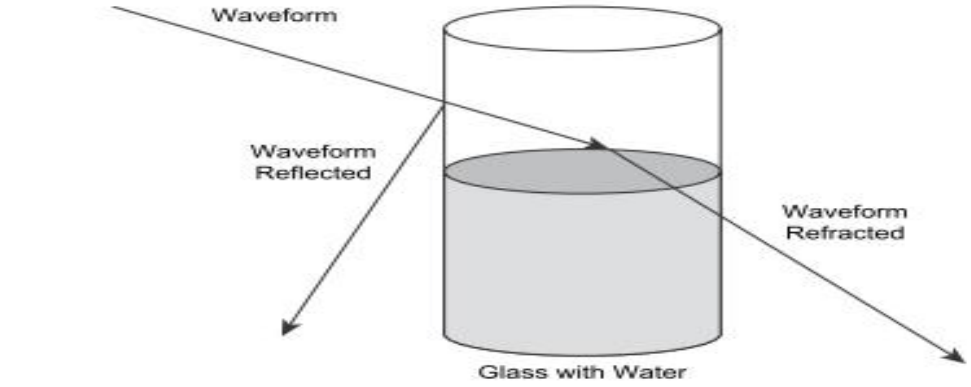


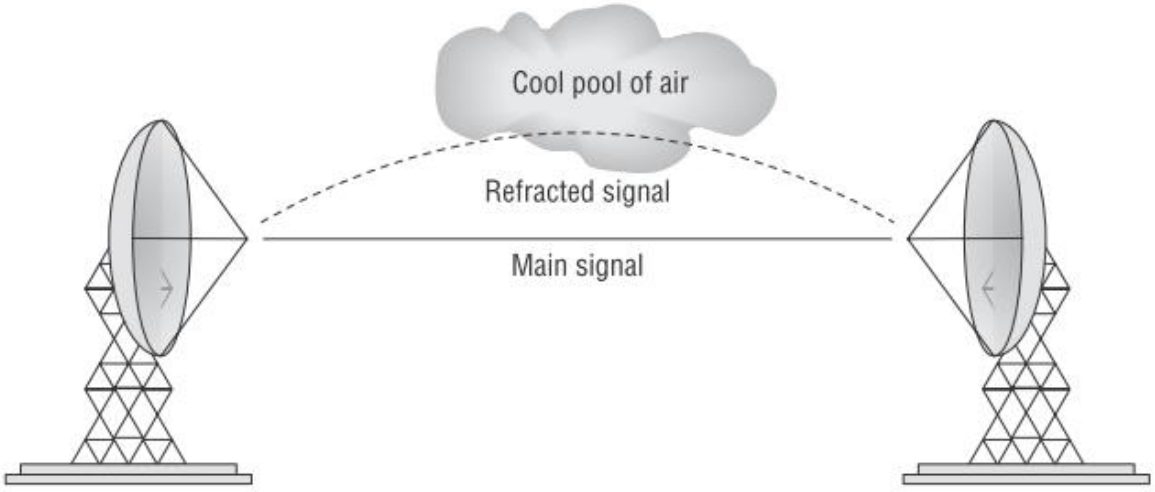
Refraction:

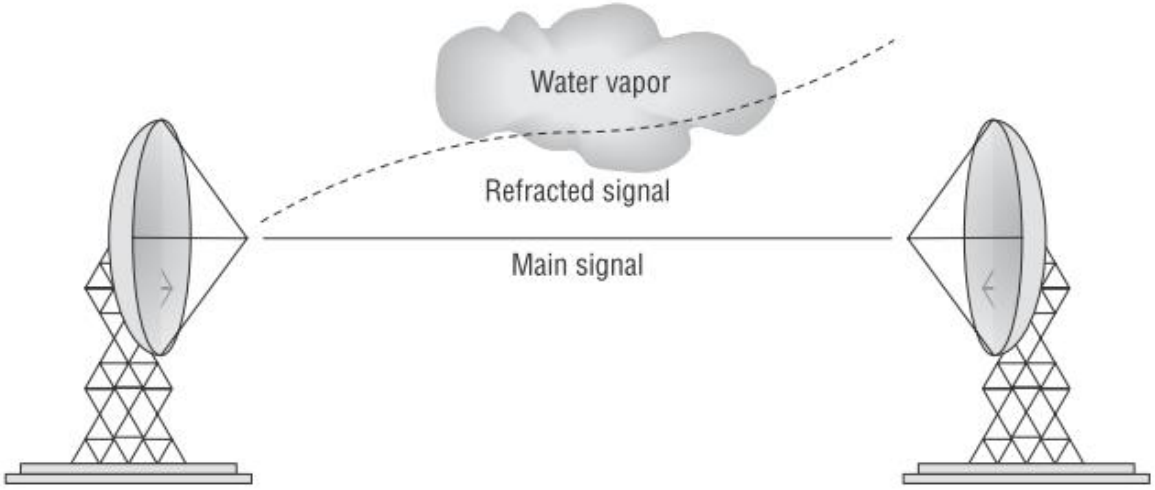
الانكسار:

هو تغيير جهة الإشارة عند انتقالها بين وسطين مختلفين بالكثافة
يحدث بسبب تأثير العوامل الجوية كتغير درجة حرارة الهواء أو بسبب بخار الماء

في وصلات الجسور اللاسلكية البعيدة يجب اخذ الانكسار بعين الاعتبار
الانكسار يمكن أن يحدث بسبب أنواع معينة من الزجاج أو مواد أخرى





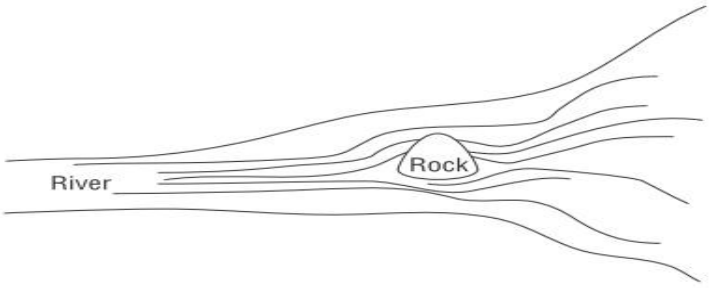


Diffraction:

التباعد:

هو انحناء الموجة وتباعدها عندما تصادف عائق
يعتمد على شكل وحجم والمادة المصنوعة منها العائق

يحدث عندما يصادف الإشارة عائق جزئي تله صغيرة أو مبنى بين المرسل والمستقبل الإشارات التي تواجه عائق تنعطف حوله وتسلك طريق أبعد أما الإشارات التي لا تصادف عائق تبقى في مسارها الأصلي الأقصر يمكن تشبيهها بصخرة موجودة في وسط نهر



المكان الذي يقع خلف العائق مباشراً يسمى بمنطقة الظل RF shadow وهي منطقة ميتة dead zone of coverage

Attenuation (loss):

التخميد:

هو نقصان في مطال الإشارة أو نقصان في شدة الإشارة
الإشارة يمكن أن تخسر من شدتها عند انتقالها بالأسلاك أو عبر الهواء
في الأسلاك إشارة التيار التناوب تفقد من شدتها بسبب مقاومة الكبل المحوري coaxial أو العناصر الأخرى مثل الموصلات
التخميد غالبا غير مرغوب ولكن في بعض الحالات النادرة على المهندس إضافة مخمد للإشارة attenuator يضاف هذا الجهاز في القسم السلكي للنظام الراديوي
يستخدم المخمد لضمان أن تكون الطاقة المرسلة ضمن القوانين المسموح بها أو لغرض تصميمي
بعد إشعاع الإشارة من الهوائي الإشارة في الهواء ستعاني من التخميد
الإشارة الراديوية تمر عبر أوساط مختلفة مما يؤدي إلى امتصاص للإشارة هذا يسبب تخميد لهذه الإشارة
الإشارة ذات التردد 2.4GHz التي تمر عبر جدار من الجبصين تتعرض لتخميد 3dB أي أنها تفقد نصف مطالها الأصلي

Material	2.4 GHz
Foundation wall	–15 dB
Brick, concrete, concrete blocks	–12 dB
Elevator or metal obstacle	–10 dB
Metal rack	–6 dB
Drywall or sheetrock	–3 dB
Nontinted glass windows	–3 dB

Material	2.4 GHz
Wood door	–3 dB
Cubicle wall	–2 dB

Free Space Path Loss:

خسارة مسار الفضاء الحر:

بسبب قوانين الفيزياء الإشارات الكهرومغناطيسية ستتخمد أثناء انتقالها بسبب الامتصاص والانكسار والتباعد والتبعثر بالإضافة إلى خسارة مسار الفضاء الحر

Free space path Loss (FSP)

هذه الخسارة تحدث للإشارة بشكل طبيعي عند انتشارها

الإشارة ذات التردد 2.4GHz يحدث فيها تغير بالطاقة 80dB بعد 100m وبعد المائة متر الثانية تفقد فقط 6dB

هذه المعادلات تستخدم لحساب خسارة مسار الفضاء الحر

$$FSPL = 36.6 + (20\log_{10}(f)) + (20\log_{10}(D))$$

FSPL = path loss in dB

f = frequency in MHz

D = distance in miles between antennas

$$FSPL = 32.44 + (20\log_{10}(f)) + (20\log_{10}(D))$$

FSPL = path loss in dB

f = frequency in MHz

D = distance in kilometers between antennas

Distance (km)	Attenuation (dB)	
	2.4 GHz	5 GHz
1	100.0	106.4
2	106.1	112.4
4	112.1	118.5
8	118.1	124.5

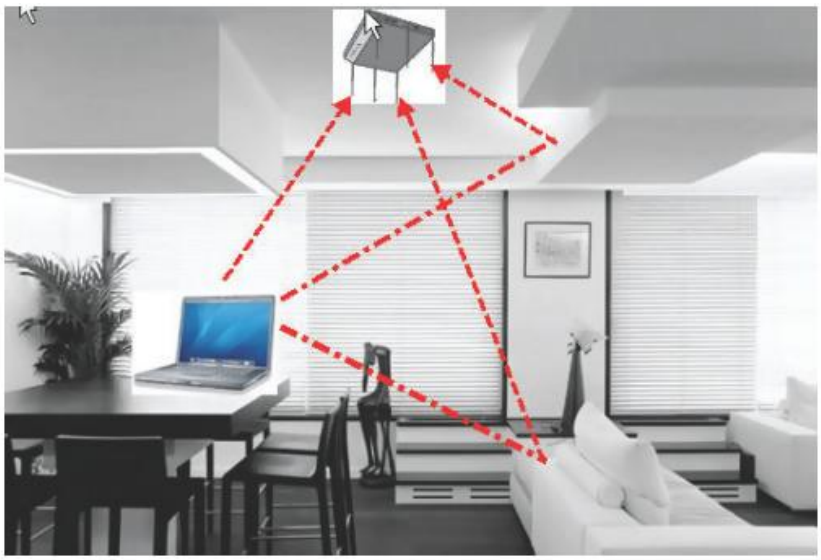
Multipath:

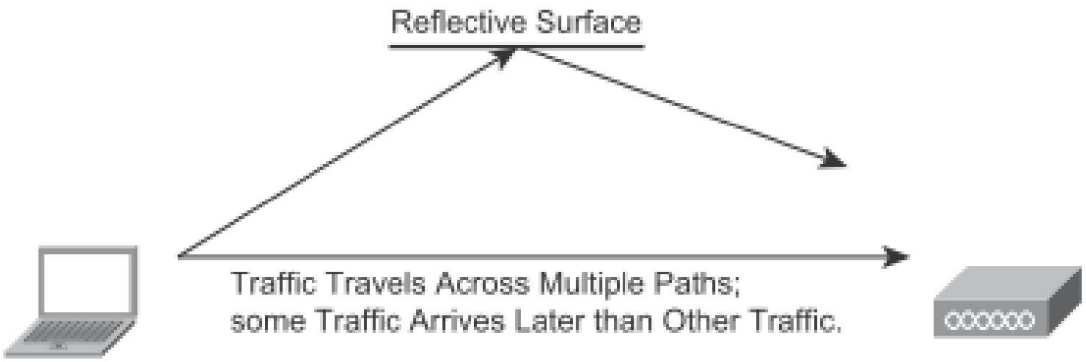
تعدد المسارات:

هو ظاهرة انتشار تحدث نتيجة وصول مسارين أو أكثر إلى هوائي الاستقبال في نفس الوقت أو في بفاصل أجزاء قليلة من الثانية

بسبب سلوك الانتشار مثل الانكسار والتبعثر والتباعد الإشارة يمكن أن تصل للمستقبل بمسارات متعددة

في بيئة داخلية الإشارة يمكن أن تنعكس على الجدران أو المكتب مسببة مسارات متعددة للإشارة ،الإشارة الأصلية تسلك طريقها وتصل للمستقبل أما الإشارة المنعكسة فتسلك طريق أخر لتصل للمستقبل بعد عدة نانو ثانية (nanoseconds) الوقت بين المسارات المتعددة يسمى تأخير الانتشار delay spread

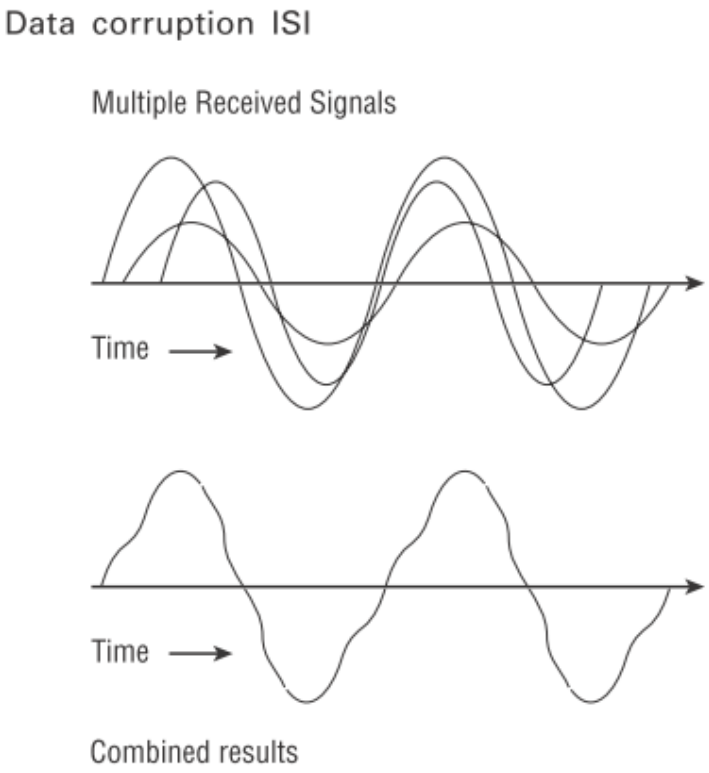




في الشبكات اللاسلكية تعدد المسارات يمكن أن يكون له أثر بناء أو اثر هدام بسبب الاختلاف في الطور
الإشارة المدمجة يمكن أن تكون مخمدة أو مضخمة أو مخربة (فاسدة) null أو لاشي
عندما تصل الإشارات المتعددة المسارات للمستقبل في نفس الوقت ،إذا كانت متفقة بالطور أو مختلفة بالطور جزئيا مع الإشارة الأولى النتيجة هي زيادة في شدة الإشارة (تضخيم)
من 0 إلى 120 درجة فرق بالطور يسبب upfade
الإشارة المستقبلة لا يمكن أبدا أن تزيد عن شدة الإشارة الأصلية المرسلة
upfade هو مثال على الأثر البناء لتعدد المسارات
Downfade: هو نقصان في شدة الإشارة عندما تصل الإشارة المنعكسة من الإشارة ذات المسار المتعدد إذا كانت غير متفقة بالطور مع الإشارة الأولى الأصلية النتيجة هي نقصان في شدة الإشارة (تخميد) 121 إلى 179 درجة فرق بالطور تسبب downfade نقصان في شدة الإشارة ويكون اثر تعدد الإشارات هدام

Nulling: هو إلغاء الإشارة عندما تصل الإشارتين بنفس الوقت ولكن مختلفتين بالطور 180درجة النتيجة ستكون لا شي Nulling لان الإشارتين سوف تلغيان بعضهما وهو اثر هدام

Data corruption :بسب الاختلاف بالوقت بين وصل الإشارة الأصلية و الإشارة المنعكسة
المستقبل يمكن أن يعاني من مشكلة في عملية فك التعديل demodulating زمن التأخير
يمكن أن يسبب تداخل للعينات مع بعضها مما يسبب تلف البيانات هذا النوع يسمى
intersymbol interference (ISI)
وهو اثر هدام لتعدد المسارات



البيئة ذات المسارات المتعددة الكثيرة يمكن أن تسبب تلف البيانات بسبب التداخل ما بين
الرموز بسبب تأخير الانتشار
محطة الاستقبال تستطيع كشف الأخطاء عبر (cyclic redundancy check (CRC
فحص كل المعلومات للتأكد صحة المعلومات ثم يتم إرسال فريم إعلام يسمى
acknowledgment (ACK)
إذا لم تتلقى محطة الإرسال فريم الإعلام من المستقبل فإنها تفترض أن الفريم الأساسي لم
يصل وتعاود الإرسال مرة أخرى retransmit the frame
المستقبل لا يستطيع إرسال فريم الإعلام إذا فشل بالقيام بعملية CRC لذلك المرسل سيقوم
بإعادة الإرسال
تعدد المسارات يمكن أن يكون له اثر سلبي على أداء أو إنتاجية الشبكة بسبب عمليات إعادة
الإرسال بالطبقة الثانية layer 2 retransmissions
الذي يمكن أن يوثر على التطبيقات الحساسة للوقت كالصوت عبر الويرلس
تعدد المسارات يشكل مشكلة خطيرة بالشبكة من المفيد استخدام هوائيات موجهة لأنها تقلل من
الانعكاسات واستخدام عدة هوائيات يمكن ان يكون مفيد للتقليل للأثر السلبي لتعدد المسارات
في بعض الأحيان تقليل طاقة الإرسال أو استخدام هوائي ذو ربح قليل يمكن أن يحل المشكلة

Amplification(Gain):

الربح أو التضخيم:

هو زيادة مطال أو شدة الإشارة
هناك نوعان للربح الربح الفعال والربح الغير فعال active gain and passive gain
المطال يمكن أن يزيد باستخدام جهاز خارجي

Active gain:

الربح الفعال:

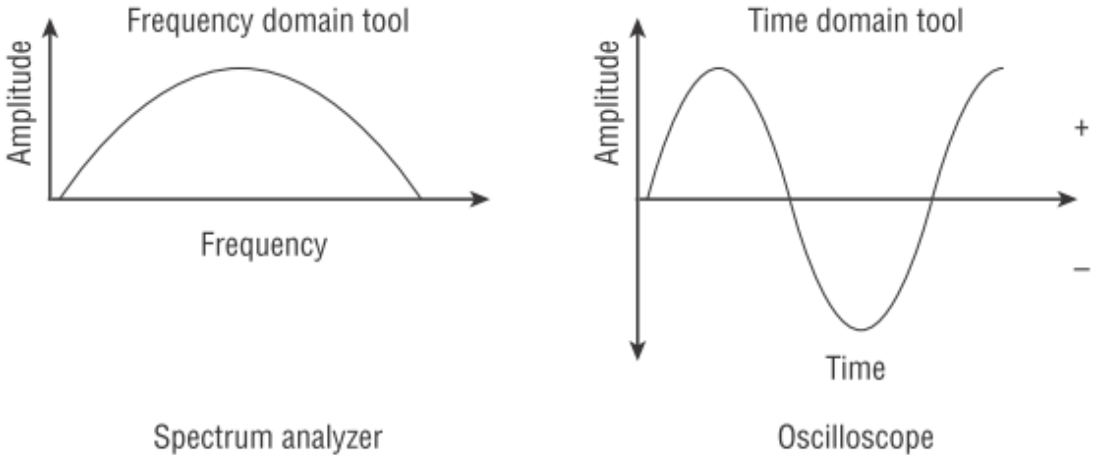
غالباً ما يستخدم مضخم في السلك الواصل ببين جهاز الإرسال أو الاستقبال والهوائي
العديد من أجهزة الإرسال لها القدرة على إرسال مستويات مختلفة من الإشارة
المضخم عادتاً ما يكون ثنائي الاتجاه أي انه يزيد فولطة التيار المتناوب الداخل أو الخارج من جهاز الإرسال أو الاستقبال
جهاز الربح الفعال بحاجة لمصدر طاقة خارجي

Passive gain:

الربح الغير فعال :

يحصل بتركيز الإشارة الراديوية باستخدام هوائي
الهوائي هو جهاز تضخيم غير فعال وهو لا يتطلب مصدر تغذية خارجية
الهوائي يقوم بتركيز الإشارة بشكل قوي في جهة معينة
بغض النظر عن الأثر السلبي لتعدد المسارات عندما تصل الإشارة الثانية في نفس الوقت ومتفقة بالطور مع الإشارة الأصلية النتيجة تكون زيادة في المطال
ولكن زيادة المطال هي نتيجة للربح الفعال أو الربح الغير فعال قبل أن تشع الإشارة من الهوائي
هناك أداتان مختلفتان يمكن أن تستخدم لقياس مطال الإشارة في نقطة معينة
الأولى أداة مجال التردد يمكن أن تستخدم لقياس المطال
الأداة المستخدمة من المهندس اللاسلكي تسمى محلل الطيف spectrum analyzer
الأداة الثانية هي أداة المجال الزمني ،يمكن أن تستخدم لقياس كيف يتغير مطال الإشارة مع الزمن ، الاسم التقليدي لهذه الأداة هو راسم الإشارة oscilloscope
WLAN engineers مهندس الشبكة اللاسلكية غالباً ما يستخدم محلل الطيف عند إجراء عملية مسح الموقع الراديوي
راسم الإشارة نادراً ما يستخدم عند نشر الشبكة اللاسلكية ولكنه يستخدم في التجارب المخبرية

FIGURE 2.17 RF signal measurement tools



Spectrum analyzer Oscilloscope

Radio Frequency Components, Measurements, and Mathematics

IN THIS CHAPTER, YOU WILL LEARN ABOUT THE FOLLOWING:

- ✓ **Components of RF communications**
  - Transmitter
  - Receiver
  - Antenna
  - Isotropic radiator
  - Intentional radiator (IR)
  - Equivalent isotropically radiated power (EIRP)
- ✓ **Units of power and comparison**
  - Watt
  - Milliwatt
  - Decibel (dB)
  - dBi
  - dBd
  - dBm
  - Inverse square law
- ✓ **RF mathematics**
  - Rule of 10s and 3s
- ✓ **Noise floor**
- ✓ **Signal-to-noise ratio (SNR)**
- ✓ **Received signal strength indicator (RSSI)**
- ✓ **Link budget**
- ✓ **Fade margin/system operating margin**

حسابات وقياسات وعناصر الترددد الراديوي

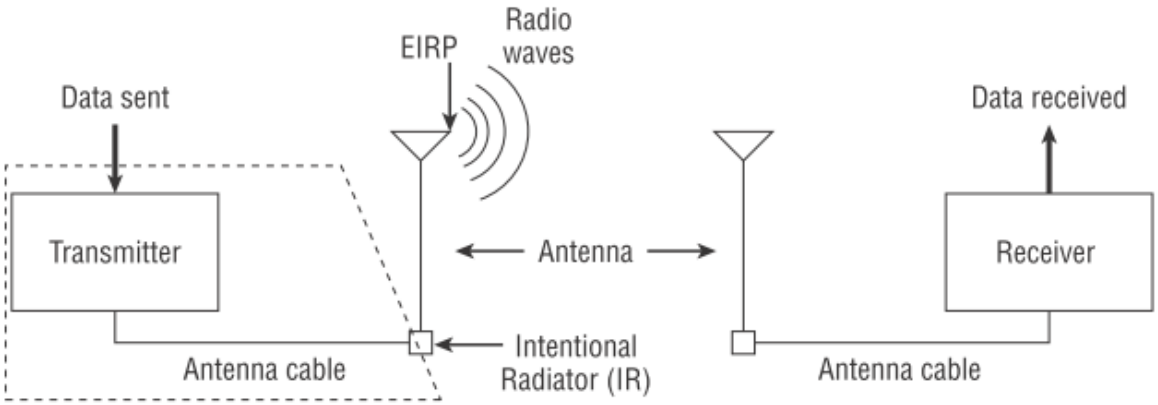
اتصال البيانات: هو عملية إرسال للمعلومات بين جهازين كمبيوتر أو أكثر
المتطلبات الأساسية لإجراء عملية الاتصال:
- جهازين كمبيوتر أو أكثر
- وسط الاتصال أو قناة الاتصال
- قواعد معينة لإجراء هذا الاتصال
هذه المتطلبات الأساسية لأي شكل من أشكال الاتصالات
إذا لم يكن لدينا جهازين أو أكثر بحاجة ليتشاركوا البيانات فنحن لسنا بحاجة لبناء شبكة
هذا الفصل يركز على المطلب الثاني وهو وسط الانتشار سوف نتحدث عن مركبات التردد الراديوي لأنها وسط الانتشار في الشبكات اللاسلكية
سنتعلم كيفية حساب وقياس طاقة الموجة

RF Components:

عناصر التردد الراديوي:

نحن بحاجة للعديد من العناصر لأجراء عملية الإرسال والاستقبال
لتعرف وظيفة كل عنصر من المهم أن تفهم كيف تؤثر شدة الإشارة على كل عنصر

FIGURE 3.1 RF components



Transmitter المرسل: هو العنصر الأولي لإنشاء الوسط اللاسلكي
جهاز الكمبيوتر يسلم البيانات للمرسل ، المرسل بعدها يبدأ الاتصال الراديوي
تعلمنا في الفصل الأول عن إشارة الحامل وطرق التعديل ، عندما تصل البيانات للمرسل يبدأ بتوليد إشارة التيار المتناوب وهذه الإشارة هي التي تحدد تردد الإرسال
إشارات 802.11 b,g تهتز حوالي 2.4 billion بليون هزة في الثانية
بينما في 802.11 a فان إشارة التيار المتناوب تهتز 5 بليون هزة في الثانية
المرسل يأخذ البيانات ويعدل إشارة التيار المتناوب باستخدام طريقة تعديل معينة يتم من خلالها ترميز البيانات داخل إشارة الحامل
إشارة الحامل ترسل إلى الهوائي أما بشكل مباشر أو عن طريق كبل محوري coaxial

بالإضافة إلى توليد الإشارة وتحديد ترددها فان المرسل مسؤول أيضا عن تحديد مطال الإرسال الأصلي أو ما يسمى مستوى الطاقة power level للإرسال
الإشارات ذات المطال الأكبر يمكنها أن تنتقل لمسافات أبعد
مستوى الطاقة لإشارة الإرسال المسموح لك توليدها يحدد من قبل السلطات المحلية في بلدك في أمريكا FCC هو المسؤول عن تحديدها

Antenna:

الهوائي :

الهوائيات تؤمن وظيفتين أساسيتين في نظام الاتصالات
عندما توصل مع المرسل فإنها تجمع إشارات التيار المتناوب القادمة من المرسل وتقوم بإشعاعها في الهواء على شكل أمواج راديوية
الأمواج الصادرة من الهوائي تكون بشكل معين حول الهوائي يسمى نمط الإشعاع pattern
هذا النمط أو الشكل يختلف حسب نوع الهوائي
عندما يوصل الهوائي مع جهاز الاستقبال ،يقوم الهوائي بالتقاط الأمواج الراديوية من الهواء ويوجهها إلى المستقبل ،المستقبل يقوم بتحويل إشارة التيار المتناوب إلى bits and bytes
الإشارة المستقبلة في المستقبل تكون أضعف بكثير من الإشارة المتولدة في المرسل
الإرسال الراديوي للهوائي غالباً ما يقارن مع مشع مثالي isotropic radiator

isotropic radiator:

الإشعاع الايزوتروبي:

هو إشعاع الإشارة بشكل متساوي في كل الاتجاهات
الشمس يمكن أن تكون مثال على الإشعاع الايزوتروبي لأنها تولد كمية من الطاقة متساوية في كل الاتجاهات
ولكن في الواقع لا يمكن صناعة هوائي يشع بشكل ايزوتروبي ، بنية الهوائي نفسه تؤثر على خرج هذا الهوائي
هناك طريقتين لزيادة الطاقة الصادرة عن الهوائي
الأولى : هي توليد طاقة أكبر في جهاز الإرسال
الثانية : هي توجيه أو تركيز الإشارة الصادرة من الهوائي

Receiver:

المستقبل :

هو المكون الأخير في الوسط اللاسلكي ،المستقبل يأخذ إشارة الحامل الملتقطة من الهوائي ويحولها إلى أصفار و واحدات ثم يأخذ هذه البيانات ويمررها إلى الكمبيوتر ليعالجها
الإشارة المستقبلة هي إشارة ضعيفة جداً بسبب المسافة التي انتقلتها وتأثير ضياع المسار الحر free space path loss (FSPL)

الإشارة غالباً ما تعاني من تغيير غير مقصود أو قلب للبيانات بسبب التداخل مع مصادر الإشارات الراديوية الأخرى وتأثير المسارات المتعددة

Intentional Radiator (IR):

الإشعاع المعتمد:

القسم 15 من FCC عرف الإشعاع المعتمد بأنه الجهاز الذي يولد ويشع عمداً طاقة من التردد الراديوي
المنظمات القانونية مثل FCC تحدد كمية الطاقة المسموح توليدها بواسطة IR
IR مكون من كل المركبات من المرسل إلى الهوائي ولكنه لا يتضمن الهوائي
IR يتضمن المرسل وكل الكبلات والموصلات وأي معدات أخرى (تأريض ، مانعات صواعق ،مضخمات، مخمدات) تكون بين المرسل والهوائي
طاقة ال IR تقاس عند الموصل الذي يؤمن طاقة الدخل للهوائي
وغالبا ما نشير لهذه الطاقة ب IR
مستوى الطاقة يقاس ب
milliwatts (mW) or decibels relative to 1 milliwatt(dBm)

Equivalent Isotropically Radiated Power:

الطاقة المكافئة للإشعاع الايزوتروبي :

EIRP هو شدة الإشارة الأعظمية الصادرة عن الهوائي
كما تعلمت سابقاً الهوائي له القدرة على تضخيم الإشارة لذلك السلطات المحلية مثل FCC تحدد كمية EIRP الصادرة عن الهوائي

Units of Power and Comparison:

واحدات الطاقة والمقارنة:

الفهم الجيد لطاقة الإشارات الراديوية وطرق حسابها يمكن أن يساعدك خلال تصميم الشبكة
في هذا الفصل سوف تتعلم مجموعة وحدات الطاقة ووحدات المقارنة والعلاقات بينهما
بعض الأعداد التي ستتعامل معها تمثل حقيقيا واحدات الطاقة والأخرى تمثل نسبياً واحدات للمقارنة
الواحدات الحقيقية تمثل شي معروف وله قيمة
٦ أقدام هو طول شخص معين هذا مثال على واحدة حقيقية
الواحدات النسبية هي قيمة نسبية تقارن شيء معين مع شيء أخر يشبهه من نفس النوع
مثلاً نقول طول الزوجة هو خمسة على ستة من طول زوجها
أنت تعرف العلاقة النسبية بين الطولين وإذا علمت طول احدهما يمكن أن تعرف طول الأخر
الواحدات النسبية مفيدة عند العمل مع وحدات الطاقة
يمكن أن نستخدم هذه الواحدات النسبية للمقارنة بين تغطية أكسس بوينت و تغطية أكسس بوينت أخرى

واحدات الطاقة تستخدم لقياس مطال الإرسال ومطال الاستقبال
وحدات المقارنة تستخدم لمعرفة الربح أو الخسارة بسبب الهوائي أو الكبلات (التغير في الطاقة)
واحدات الطاقة:

Units of power (absolute)

- watt (W)
- milliwatt (mW)
- dBm

Units of comparison (relative)

- decibel (dB)
- dBi
- dBd

Watt:

الوات:

هو الواحدة الأساسية لقياس (الاستطاعة) الطاقة سمي نسبة للعالم جيمس واط في القرن الثامن عشر
واحد واط يساوي واحد أمبير لتيار متدفق جهده ١ فولت
هو استطاعة تيار شدة ١ أمبير ويقدم جهد قدره ١ فولت

Milliwatt (mW):

ميلي وات:

هو جزء من الألف من الوات
لماذا الميلي وات
معظم معدات الشبكات اللاسلكية التي ستستخدمها للإرسال ستكون طاقتها بين ١ ميلي واط و ١٠٠ ميلي واط
تذكر أن مستوى الطاقة سوف يخمد عند مرور الإشارة خلال الكبلات ويضخم بواسطة الهوائي
السلطات المحلية مثل FCC تسمح بالإشعاع المعتمد intentional radiator (IR) 1 واط في حالات نادرة لإنشاء اتصال point-to-point لوصل بنائين مع بعضهما (جسر لاسلكي)
معظم مصنعي أجهزة ال Wi-Fi يقدمون القدرة على ضبط طاقة الإرسال للأكسس بوينت

الأكسس بوينت القياسية عادتاً لها قدرة إرسال ١mW to 100 mW ولكن المصنعون لا يمثلون مستوى طاقة الإرسال بنفس الطريقة
طاقة الإرسال عند بعض المصنعين تمثل IR بينما عند مصنعين آخرين تمثل EIRP
يمكن أن يشار إلى طاقة الإرسال أما milliwatt or dBm
for example: 32 mW or +15 dBm
وحتى يمكن أن يشار لطاقة الإرسال بنسبة مئوية يجب أن تنظر إلي دليل التركيب الخاص بالمُصنع لتفهم قيمة مطال الإرسال

Decibel (dB):

الديسيبل:

أول شي يجب أن تعرفه عن الديسيبل أنه واحدة مقارنة وليس واحدة طاقة
لذلك هو يستخدم لتمثيل الاختلاف بين قيمتين وهو مصطلح نسبي يقيس التغير في الطاقة.
في الشبكات اللاسلكية الديسيبل غالباً ما يستخدم لمقارنة طاقة مرسلين أو أكثر ولمقارنة الاختلاف أو الخسارة بين EIRP الصادرة عن هوائي المرسل وكمية الطاقة المستقبلة بواسطة هوائي المستقبل.
الديسيبل مشتق من المصطلح bel
موظف في مخبر التلفون بحاجة لطريقة لتمثيل الخسارة في خطوط الهاتف كمعدل للطاقة
عرفوا bel كنسبة من ١٠ إلى ١ بين طاقة للصوتين
الأكسس بوينت ترسل البيانات بطاقة 100mw ،اللابتوب١ يستقبل الإشارة من الأكسس بوينت بمستوى 10 mw اللابتوب٢ يستقبل إشارة من الأكسس بوينت بمستوى 1mw
الاختلاف بين مستوى الإشارة في الأكسس بوينت اللابتوب١ 100:10 أو 10:1 كنسبة أو 1 bel
الاختلاف بين اللابتوب١ واللابتوب٢ أيضا هو 10:1 كنسبة وهو 1 bel
الاختلاف بين الأكسس بوينت اللابتوب٢ هو 2 bel
البيل يمكن حسابه باستخدام اللوغاريتم

$$10^3 = 1{,}000$$

$$10^y = 1{,}000$$

$$y = \log_{10}(1{,}000) \text{ or } y = \log_{10} 1{,}000.$$

$$3 = \log_{10}(1{,}000)$$

$10^1 = 10$ $\log_{10}(10) = 1$

$10^2 = 100$ $\log_{10}(100) = 2$

$10^3 = 1{,}000$ $\log_{10}(1{,}000) = 3$

$10^4 = 10{,}000$ $\log_{10}(10{,}000) = 4$

لنعود لحساب البيل من الأكسس بوينت للابتوب٢ باستخدام اللوغاريتم
تذكر أن البيل يستخدم لحساب النسبة بين طاقتين
لنشير للطاقة الصادرة عن الأكسس بوينت ب P_{AP} وطاقة اللابتوب٢ P_{L2}

$$y = \log_{10}(100/1), \text{ or } y = \log_{10}(100)$$

عشرة قوة كم يساوي مئة :الجواب هو 2 بيل

$$(10^2 = 100)$$

الديسيبل هو جزء من عشرة من البيل :عُشر
لحساب الديسيبل

$$\text{bels} = \log_{10}(P_1/P_2)$$
$$\text{decibels} = 10 \times \log_{10}(P_1/P_2)$$

لنعود لمثالنا الأكسس بوينت اللابتوب ٢

$$y = 10 \times \log_{10}(P_{AP}/P_{L2})$$
$$y = 10 \times \log_{10}(100/1), \text{ or } y = 10 \times \log_{10}(100).$$

answer is +20 decibels.

لست بحاجة لتعلم حساب اللوغاريتم من أجل امتحان cwna هذا المثال للفهم فقط ستتعلم في هذا الفصل كيفية حساب الديسيبل بدون اللوغاريتم

يمكن أن تتسأل لماذا نتعامل مع الديسيبل؟؟
لماذا لا نتعامل مع mw
أن تقول الشارة 100mw نقصت بمقدار 70 db
أسهل من أن تقول الإشارة نقصت وأصبحت 0,00001 mw
الجدول التالي يقارن بين الديسيبل والميلي واط لبعض القيم

TABLE 3.1 Comparison of milliwatts and decibel change (relative to 1 mW)

Milliwatts	Decibel change
0.0001	–40
0.001	–30
0.01	–20
0.1	–10
1	0
10	+10
100	+20
1,000	+30
10,000	+40
100,000	+50

لماذا يجب أن تستخدم الديسيبل:
إذا الأكسس بوينت أرسلت إشارة 100mw اللابتوب على بعد 100m من الأكسس بوينت
اللابتوب سوف يستقبل فقط 0,000001 mw
الاختلاف بين 0,000001 and 100 هو كبير جداً
ويمكن لأي شخص أن ينسى صفراً بعد الفاصلة بدون قصد
إذا كنت تستخدم المعادلة التالية لحساب FSPL ضياع انتشار المسار الحر

$$\text{decibels} = 32.4 + (20\log_{10}(2{,}400)) + (20\log_{10}(0.1))$$

الناتج هو خسارة 80.004 db تقريباً 80 db التعامل مع هذا الرقم أسهل وأقل احتمال للخطأ من التعامل مع mw

dBi:

سابقاً في هذا الفصل قارنا بين الهوائي والمشع الايزوتروبي

نظرياً المشع الايزوتروبي يشع كمية متساوية من الإشارة وفي جميع الاتجاهات وعملياً لا يوجد أي هوائي يستطيع فعل ذلك
لحساب الطاقة المشعة من الهوائي تستطيع أن تحدد مدى قوة الإشارة على بعد مسافة معينة من الهوائي
بالإضافة لذلك أنت بحاجة لمقارنة خرج هوائي مع خرج هوائي أخر
الربح أو زيادة الطاقة الناتجة عن الهوائي عندما تقارن مع الجسم الذي يشع بشكل ايزوتروبي تسمى dBi decibel isotropic
dBi يصنف كواحدة مقارنة وليس كواحدة للطاقة
وهو قياس بسيط لربح الهوائي بالمقارنة مع الهوائي المثالي الذي يشع بشكل ايزوتروبي
قيمة dBi هي دائما ربح ايجابي وليست خسارة
الهوائيات الأكثر انتشارا على الأكسس بوينت هي هوائي الدايبول نصف طول الموجة half-wave dipole antenna وهو هوائي صغير مغطى بالمطاط
هوائي 2.4 GHz دايبول نصف طول الموجة له قيمة ربح مساوية 2.14 dBi
في أي وقت ترى dBi فكر في ربح الهوائي

dBd:

في صناعة الهوائيات يستخدم مقياسين من dB لوصف ربح الهوائي
المقياس الأول هو dBi الذي يستخدم لوصف ربح الهوائي نسبة للهوائي النظري الايزوتروبي.
المقياس الأخر هو(dBd) decibels dipole يستخدم لوصف ربح الهوائي نسبة لهوائي الدايبول
dBd هو زيادة في ربح الهوائي عندما يقارن بإشارة هوائي الدايبول
كما ستتعلم في الفصل الرابع هوائي الدايبول هو هوائي غير موجه يشع في جميع الاتجاهات لان الدايبول يقاس بالربح وليس بالطاقة فان dBd هو واحدة للمقارنة وليس واحدة للطاقة
ماذا لو أردت أن تقارن بين هوائيين أحدهما dBi والأخر dBd
هوائي الدايبول القياسي يملك ربح قدره 2.14 dBi
إذا كان الهوائي له قيمة ربح 3 dBd فان هذه القيمة تضاف إلى 2.14
وربح الهوائي يساوي 5.14 dBi
عند العمل مع معدات الشبكات اللاسلكية غالباً ربح الهوائيات يعبر عنه ب dBi وليس dBd
ولكن في حالات نادرة يمكن أن تصادف dBd
فقط قم بإضافة 2.14 للقيمة وستحصل على قيمة dBi للهوائي

dBm:

هو واحدة مقارنة ولكنه بدل أن يقارن إشارة مع إشارة فانه يقارن الإشارة مع 1 mw من الطاقة
decibels relative to 1 milliwatt ديسيبل بالنسبة للميلي وات

dBm يساوي صفر عند 1mw
decibels relative to 1 milliwatt

$$dBm = 10 \times \log_{10}(P_{mW})$$

100 mw = +20 dBm
إذا كان لديك قيمة dBm وأردت أن تعرف كم ميلي واط تساوي

$$P_{mW} = 10^{(dBm \div 10)}$$

أي قيمة للطاقة أكبر من 1mw يكون dBm موجب
وأي قيمة أصغر من 1mw يكون dBm سالب
في الشبكات اللاسلكية تقريبا نستخدم المجال 1 mW to 100 mW
مطال الإرسال ل 100 mw يساوي +20 dBm
بسبب FSPL الإشارة المستقبلة ستكون أقل من 1mw
الإشارة المستقبلة القوية جداً تساوي تقريبا 0.0001mw= -40 dBm
وهذا يوضح سبب استخدام dBi بدلاً هن الميلي وات
معظم أجهزة الاستقبال اللاسلكية تستطيع أن تفهم الإشارات من
–30 dBm (1/1,000th of 1 mW) to as low as –100 dBm
(of a billionth of 1 mW ١٠/١)
سهولة التعامل مع 100 dBm- أسهل من 0.0000000001 mw
سبب أخر لاستخدام dBm عند حساب FSPL المعادلة الأولى تعطي FSPL للإشارة
2.4GHzعلى بعد 100m
المعادلة الثانية تعطي الخسارة على بعد 200m

$$FSPL = 32.4 + (20\log_{10}(2{,}400)) + (20\log_{10}(0.1)) = 80.00422 \text{ dB}$$

$$FSPL = 32.4 + (20\log_{10}(2{,}400)) + (20\log_{10}(0.2)) = 86.02482 \text{ dB}$$

في هذا المثال عند مضاعفة المسافة من مصدر الإشارة فان الإشارة تنقص بمقدار 6dbm
إذا ضاعفت المسافة بين المرسل والمستقبل فان الإشارة المستقبلة سوف تنقص بمقدار
6 dBm
وبالتالي إذا زدانا مطال الإشارة بمقدار 6dbm فان مسافة التغطية سوف تتضاعف
6 dB rule قاعدة الستة ديسيبل تفيدك لفهم ربح الهوائي
كل 6 dB إضافية على ربح الهوائي سوف تضاعف مسافة التغطية

Remember the *6 dB rule*: +6 dB doubles the distance of the usable signal; –6 dB halves the distance of the usable signal.

استخدام dBm يجعل حساب تأثير ربح الهوائي على الإشارة أسهل
إذا المرسل ولد إشارة 20 dBm+ والهوائي أضاف ربح 5dbi للإشارة
بالتالي الطاقة المشعة من الهوائي (EIRP) تساوي مجموع الرقمين أي 25 dBm+

Inverse Square Law:

قانون للتربيع العكسي :

لقد تعلمت قاعدة ال 6 dB عند إضافة 6 dB+ سوف تتضاعف مسافة التغطية
وعند إنقاص 6 dB- سوف تقل مسافة التغطية للنصف
هذه القاعدة وهذه الأرقام مبنية على قانون التربيع العكسي Inverse Square Law الذي أوجده العالم إسحاق نيوتن
هذا القانون يقول أن التغير في الطاقة يساوي 1 تقسيم مربع التغير بالمسافة
أي أن خسارة الطاقة تتناسب عكسيا مع مقلوب مربع المسافة
إذا استقبلت إشارة بطاقة معينة وعلى بعد مسافة معينة D ثم ضاعفت المسافة
change in distance = 2
الطاقة الجديدة ستتغير عبر $1/(2)^2$
لاستخدام هذه القاعدة في حساب EIRP لمسافة معينة نستخدم المعادلة

$$P/(4*pi*r^2)$$

حيث p هي EIRP البدائية و r هي المسافة الأصلية
معادلة خسارة انتشار المسار الحر

$$FSPL = 36.6 + 20\log_{10}(F)) + (20\log_{10}(D))$$

FSPL = path loss in dB

F = frequency in MHz

D = distance in miles between antennas

$$FSPL = 32.4 + (20\log_{10}(F)) + (20\log_{10}(D))$$

FSPL = path loss in dB

F = frequency in MHz

D = distance in kilometers between antennas

FSPL أيضا تعتمد على قانون نيوتن العكسي المتحول الأساسي هو المسافة ولكن يوجد متحول أخر هو التردد

RF Mathematics:

الحسابات الرياضية للأمواج الراديوية:

عند رؤية هذا العنوان معظم الناس تخاف لأنهم يتوقعون معادلات لوغارتمية
لا تخف سوف نتعلم الحسابات بدون استخدام اللوغريتمات
إذا كنت تعرف كيف تضيف وتطرح 3 and 10 dB
وتعرف كيف تضاعف وتقسم باستخدام 2 and 10
فانك تملك كل المهارات الرياضية اللازمة لحسابات الأمواج الراديوية

Rule of 10s and 3s:

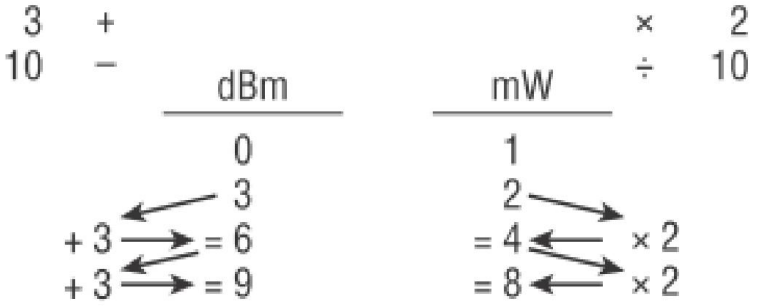
استخدام هذا القانون لا يعطيك الجواب بشكل دقيق كما لو استخدمت اللوغاريتم
هذا القانون يعطيك قيم تقريبية وإذا أردت قيمة دقيقة عليك باستخدام اللوغاريتم
إذا كنت تخطط لتصميم شبكة في شركتك ستجد أن هذا القانون يوفر لك كل ما أنت تحتاجه للتخطيط الصحيح لشبكتك

- For every 3 dB of gain (relative), double the absolute power (mW).
- For every 3 dB of loss (relative), halve the absolute power (mW).
- For every 10 dB of gain (relative), multiply the absolute power (mW) by a factor of 10.
- For every 10 dB of loss (relative), divide the absolute power (mW) by a factor of 10.

لكل 3db ربح ضاعف الطاقة
لكل 3db خسارة انقص الطاقة للنصف
لكل 10db ربح ضاعف الطاقة عشر مرات
لكل 10db خسارة انقص الطاقة إلى العشر
مثال: إذا ضبطت الأكسس بوينت لديك على طاقة إرسال 100 mw والهوائي له ربح 3dBi
كمية الطاقة المشعة من الهوائي EIRP=200 mw

إذا ضبطت الأكسس بوينت على طاقة إرسال 100 mw
ووصلت كبل يسبب تخميد 3 dB كمية الطاقة في نهاية الكبل ستكون 50mw
مثال أخر :
إذا كانت الأكسس بوينت مضبوطة على طاقة إرسال 40mw والهوائي له ربح 10 dBi
ربح غير فعال
كمية الطاقة المشعة من الهوائي EIRP=400 mw
إذا كانت الأكسس بوينت بطاقة إرسال 40mw ووصلت معها كبل له تخميد 10 dbi
ستكون الطاقة في نهاية الكبل 4mw
إذا تذكرت هذه القواعد تستطيع تأديت الحسابات بشكل سريع

إذا كانت لديك 10 dBm+ وزاد الربح بمقدار 3db تستطيع جمع القيمتين مع بعض والنتيجة 13dbm+

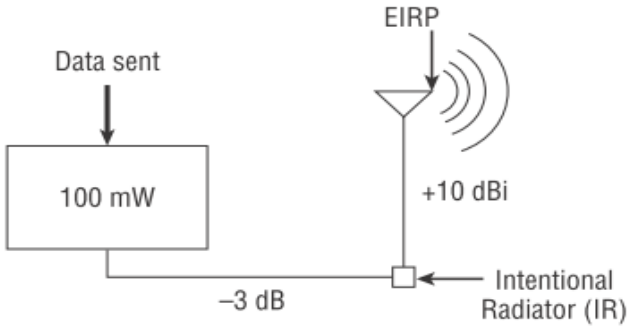


You have just calculated that 4 mW = +6 dBm, and 8 mW = +9 dBm. If you had used the conversion formula for dBm instead of the rule of 10s and 3s, the actual answers would be 4 mW = +6.0206 dBm, and 8 mW = +9.0309 dBm. As you can see, this set of rules is accurate but not exact.

هذا المثال لن اشرحه بالعربي لأنه سؤال هام في الامتحان ويجب أن تكون قادر على التعامل معه وفهمه باللغة الانكليزية

Rule of 10s and 3s, Example 2

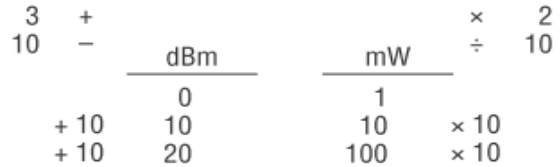
You have a wireless bridge that generates a 100 mW signal. The bridge is connected to an antenna via a cable that creates –3 dB of signal loss. The antenna provides 10 dBi of signal gain. In this example, calculate the IR and EIRP values.



As a reminder, and as seen in the graphic, the IR is the signal up to but not including the antenna, and the EIRP is the signal radiating from the antenna.

1. The first step is to determine whether by using 10 or 2, and × or ÷, you can go from 1 mW to 100 mW.

   It is not too difficult to realize that multiplying 1 by 10 twice will give you 100. So the bridge is generating 100 mW, or +20 dBm, of power.



2. Next you have the antenna cable, which is introducing –3 dB of loss to the signal. After you calculate the effect of the –3 dB loss, you know the value of the IR. You can represent the IR as either +17 dBm or 50 mW.

3 + 10 –	dBm	mW	× 2 ÷ 10
	0	1	
+ 10	10	10	× 10
+ 10	20	100	× 10
– 3	17	50	÷ 2

3. Now all that is left is to calculate the increase on the signal due to the gain from the antenna. Because the gain is 10 dBi, you add 10 to the dBm column and multiply the mW column by 10. This gives you an EIRP of +27 dBm, or 500 mW.

3 + 10 –	dBm	mW	× 2 ÷ 10
	0	1	
+ 10	10	10	× 10
+ 10	20	100	× 10
– 3	17	50	÷ 2
+ 10	27	500	× 10

تستطيع استخدام هذه القواعد لحساب الربح لأي عدد صحيح لسوء الحظ لا يمكن استخدامها للأعداد الكسرية أو الفواصل

لهذه الأرقام يجب أن تستخدم اللوغاريتم

الربح أو الخسارة بال dB هو شي تراكمي

إذا كان لديك ثلاث أجزاء من الكبلات موصولة من المرسل للهوائي و كل جزء يسبب 2 dB خسارة

الكبلات الثلاثة تسبب 6dB خسارة

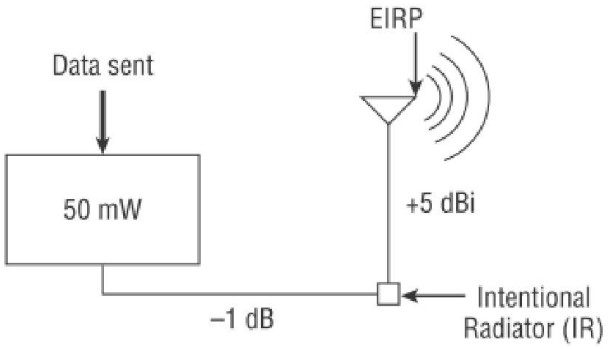
لحساب 6 dB نستخدم قاعدة 3dB مرتين

Loss or gain (dB)	Combination of 10s and 3s
–10	–10
–9	–3 –3 –3
–8	–10 –10 +3 +3 +3 +3
–7	–10 +3
–6	–3 –3
–5	–10 –10 +3 +3 +3 +3 +3
–4	–10 +3 +3
–3	–3
–2	–3 –3 –3 –3 +10
–1	–10 +3 +3 +3
+1	+10 –3 –3 –3
+2	+3 +3 +3 +3 –10
+3	+3

Loss or gain (dB)	Combination of 10s and 3s
+4	+10 –3 –3
+5	+10 +10 –3 –3 –3 –3 –3
+6	+3 +3
+7	+10 –3
+8	+10 +10 –3 –3 –3 –3
+9	+3 +3 +3
+10	+10

Rule of 10s and 3s, Example 3

This example is a little more complicated than the previous ones. You have an access point that is transmitting at 50 mW. The signal loss between the access point and the antenna is –1 dB, and the access point is using a +5 dBi antenna. In this example, calculate the IR and the EIRP values.



1. The first step after drawing up the template is to convert the 1 mW to 50 mW. This can be done by multiplying the 1 mW by 10 twice and then dividing by 2.
2. The dBm column then needs to be adjusted by adding 10 twice and subtracting 3.

When the calculations are more complex, it's useful to separate and label the different sections.

3 + / 10 –	dBm	mW	× 2 / ÷ 10	
	0	1		
+ 10	10	10	× 10	
+ 10	20	100	× 10	Transmitter
– 3	17	50	÷ 2	

3. The signal loss between the access point and the antenna is –1 dB. Table 3.2 shows that –1 dB can be calculated by subtracting 10 and adding 3 three times.
4. The mW column will need to be adjusted by dividing by 10 and then multiplying by 2 three times. So the IR is either +16 dBm or 40 mW.

3 + / 10 –	dBm	mW	× 2 / ÷ 10	
	0	1		
+ 10	10	10	× 10	
+ 10	20	100	× 10	Transmitter
– 3	17	50	÷ 2	
– 10	7	5	÷ 10	
+ 3	10	10	× 2	Connector
+ 3	13	20	× 2	
+ 3	16	40	× 2	

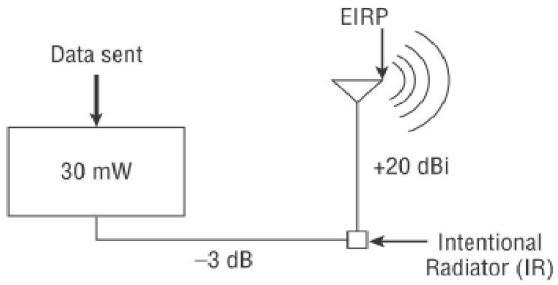
5. The antenna adds a gain of 5 dBi. Table 3.2 shows that +5 dBi can be calculated by adding 10 twice and subtracting 3 five times.

6. The mW column will need to be adjusted by multiplying by 10 twice and dividing by 2 five times. The EIRP is therefore either +21 dBm or 125 mW.

3 + / 10 −	dBm	mW	× 2 / ÷ 10	
	0	1		
+10	10	10	×10	
+10	20	100	×10	Transmitter
−3	17	50	÷2	
−10	7	5	÷10	
+3	10	10	×2	Connector
+3	13	20	×2	
+3	16	40	×2	
+10	26	400	×10	
+10	36	4000	×10	Antenna
−3	33	2000	÷2	
−3	30	1000	÷2	
−3	27	500	÷2	
−3	24	250	÷2	
−3	21	125	÷2	

Rule of 10s and 3s, Example 4

In this example, you have an access point that is providing coverage to a specific area of a warehouse via an external directional antenna. The access point is transmitting at 30 mW. The cable and connector between the access point and the antenna creates 3 dB of signal loss. The antenna provides 20 dBi of signal gain. In this example, you will calculate the IR and EIRP values.



It's not always possible to calculate both sides of the chart by using the rule of 10s and 3s. In some cases, no matter what you do, you cannot calculate the mW value by using 10 or 2. This is one of those cases. You cannot set the mW and dBm values to be equal, but you can still calculate the mW values by using the information provided.

1. Instead of creating the template and setting 0 dBm equal to 1 mW, enter the value of the transmitter, in this case **30 mW**.

2. In the dBm column, just enter **unknown**.

   Even though you will not know the dBm value, you can still perform all of the necessary mathematics.

3	+			×	2
10	−	dBm	mW	÷	10
		unknown	30		
		unknown	30		

3. The cable and connectors introduce 3 dB of loss, so subtract 3 from the dBm column and divide the mW column by 2. So the output of the IR is 15 mW.

3	+			×	2
10	−	dBm	mW	÷	10
		unknown	30		
	− 3	unknown − 3	15	÷ 2	

4. The 20 dBi gain from the antenna increases the dBm by 20, so add 10 twice to the dBm column, and multiply the mW column by 10 twice. So the output of the EIRP is 1,500 mW. You can see in the graphic that the 20 dB gain by the antenna and the –3 dB loss from the cable results in a 17 dB gain from the original dBm. Even though you do not know what the original dBm value is, you can see that it is 17 dB greater.

3	+			×	2
10	−	dBm	mW	÷	10
		unknown	30		
	− 3	unknown − 3	15	÷ 2	
	+ 10	unknown + 7	150	× 10	
	+ 10	unknown + 17	1,500	× 10	

المعادلة اللوغارتمية هي:

$$dBm = 10 \times \log_{10}(P_{mW})$$

$$mW = 10^{(dBm \div 10)}$$

قاعدة 3s and 10s

- 3 dB gain = mW x 2
- 3 dB loss = mW ÷ 2
- 10 dB gain = mW x 10
- 10 dB loss = mW ÷ 10

dBm	Milliwatts	Power Level
+ 36 dBm	4,000 mW	4 watts
+ 30 dBm	1,000 mW	1 watt
+ 20 dBm	100 mW	1/10th of 1 watt

dBm	Milliwatts	Power Level
+ 10 dBm	10 mW	1/100th of 1 watt
0 dBm	1 mW	1/1,000th of 1 watt
–10 dBm	0.1 mW	1/10th of 1 milliwatt
–20 dBm	0.01 mW	1/100th of 1 milliwatt
–30 dBm	0.001 mW	1/1,000th of 1 milliwatt
–40 dBm	0.0001 mW	1/10,000th of 1 milliwatt
–50 dBm	0.00001 mW	1/100,000th of 1 milliwatt
–60 dBm	0.000001 mW	1 millionth of 1 milliwatt
–70 dBm	0.0000001 mW	1 ten-millionth of 1 milliwatt
–80 dBm	0.00000001 mW	1 hundred-millionth of 1 milliwatt
–90 dBm	0.000000001 mW	1 billionth of 1 milliwatt

Noise Floor:

الضجيج الخلفي:

هو مستوى من الطاقة الراديوية الذي يكون خلف أو محيط بالإشارة وذلك في قنوات محددة
هذه الطاقة الخلفية يمكن أن تحوي على بيتات معدلة أو مرمزه قادمة من أجهزة 802.11 قريبة أو يمكن أن تكون طاقة غير معدلة قادمة من أجهزة مثل أفران المكرويف وأجهزة البلوتوث أو الهواتف اللاسلكية
أي شي كهرومغناطيسي يمكن أن يسبب ازدياد في مطال Noise Floor في قنوات محددة
مطال ال Noise Floor المسمى ضجيج الخلفية background Noise
يتنوع في البيئات المختلفة على سبيل المثال ضجيج الخلفية ل 2.4GHz يتضمن القنوات الترددية المخصصة للأغراض العلمية والطبية (ISM) يمكن أن تكون حوالي -100dBm
ضجيج الخلفية في بعض المصانع يمكن أن يصل إلى -90 dBm

يجب أن تعرف أن ضجيج الخلفية في القنوات الترددية 5GHz تكون غالباً أقل من 2.4GHz لان 5GHz أقل ازدحام

Signal-to-Noise Ratio (SNR):

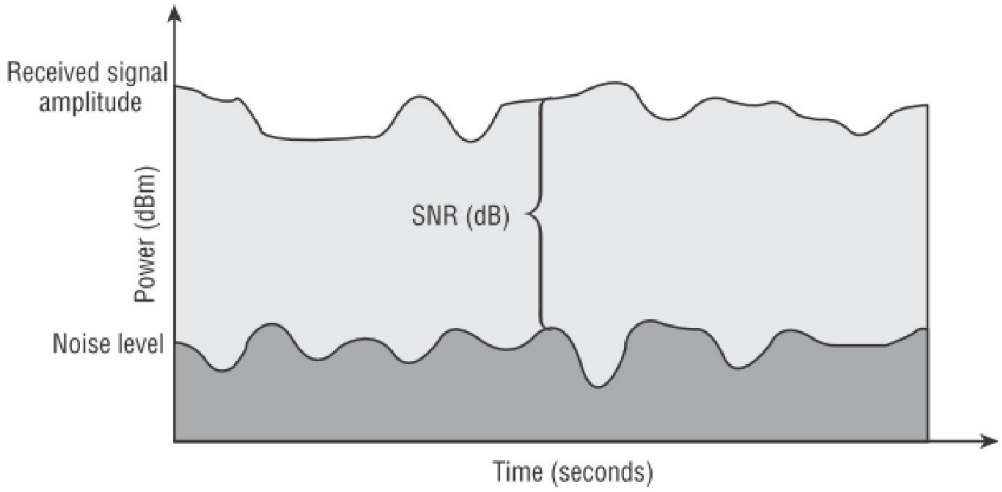
نسبة الإشارة إلى الضجيج:

معظم مصنعي أجهزة ال wi-fi يعرفون جودة الإشارة على أنها نسبة الإشارة إلى الضجيج
SNR: هو الاختلاف في الديسيبل بين الإشارة المستقبلة ومستوى إشارة الضجيج الخلفية noise floor
مثال: إذا كانت الإشارة المستقبلة -85 dBm
والضجيج الخلفي هو -100dBm
الفرق بالديسيبل بينهما هو 15 dBm

SNR=15dBm

البيانات المرسلة يمكن أن تفسد corrupted عندما يكون SNR صغيراً
إذا كان مطال الضجيج قريب جداً من مطال الإشارة المستقبلة فالبيانات سوف تخرب أو تفسد ولن يستطيع المستقبل من فهما والنتيجة يجب إعادة الإرسال في الطبقة الثانية من الطبقات السبعة layer 2 retransmissions
إعادة الإرسال له أثر سلبي على الإنتاجية throughput
إذا كان SNR =10dB أو أقل فتعتبر إشارة ذات جودة ضعيفة

FIGURE 3.2 Signal-to-noise ratio



Received Signal Strength Indicator:

مؤشر شدة الإشارة المستقبلة:

Receive sensitivity حساسية المستقبل :تشير إلى مستوى الطاقة من الإشارة الراديوية الذي يحقق استقبال ناجح
إذا كانت شدة الإشارة المستقبلة أقل من حساسية المستقبل عندها المستقبل لن يكون قادراً على فهم هذه الإشارة

مصنعو أجهزة الشبكات اللاسلكية عادتاً ما يحددون عتبة حساسية الاستقبال
receive sensitivity thresholds
لمعدلات نقل البيانات المختلفة لكل سرعة نقل بيانات لها عتبة محددة
معدلات الطاقة العالية تتطلب إشارة ذات طاقة اكبر وبالتالي تكون عتبة الحساسية أكبر
802.11-2007 standard defines the received signal strength indicator (RSSI)
المعيار 802.11-2007 عرف مؤشر شدة الإشارة المستقبلة كوحدة قياس نسبية تستخدم لقياس شدة الإشارة (المطال)
هذا البارامتر له قيمة من 0 to 255
قيمة RSSI معدة للاستخدام في أجهزة الشبكة اللاسلكية كمقياس نسبي لشدة الإشارة الراديوية المستقبلة

TABLE 3.4 Receive sensitivity thresholds (example)

Data rate	Received signal amplitude
54 Mbps	–50 dBm
48 Mbps	–55 dBm
36 Mbps	–61 dBm
24 Mbps	–74 dBm
18 Mbps	–70 dBm
12 Mbps	–75 dBm
9 Mbps	–80 dBm
6 Mbps	–86 dBm

TABLE 3.5 Received signal strength indicator (RSSI) metrics (vendor example)

RSSI	Receive sensitivity threshold	Signal strength (%)	Signal-to-noise ratio	Signal quality (%)
30	–30 dBm	100%	70 dB	100%
25	–41 dBm	90%	60 dB	100%
20	–52 dBm	80%	43 dB	90%
21	–52 dBm	80%	40 dB	80%
15	–63 dBm	60%	33 dB	50%
10	–75 dBm	40%	25 dB	35%
5	–89 dBm	10%	10 dB	5%
0	–110 dBm	0%	0 dB	0%

المعيار 802.11-2007 عرف مقياس أخر يسمى جودة الإشارة signal quality (SQ)
أي شي يمكن أن يزيد من معدل خطا البيت bit error rate (BER) يمكن أن يؤثر على جودة الإشارة SQ
مثل نسبة الإشارة للضجيج الصغيرة SNR أو تعدد المسارات.
برامترات المعلومات الخاصة ب RSSI and SQ يمكن أن تمر بشكل منفرد في طبقة PHY Layer إلى MAC Layer
بعض برامترات SQ يمكن أن ترتبط مع RSSI كجزء من clear channel assessment (CCA)
مقياس SQ ومقياس RSSI تقنياً هما مقياسين منفصلان ولكن معظم المصنعين يشيرون لكلا المقياسين ب RSSI
في هذا الكتاب عندما نشير إلى RSSI فإننا نشير إلى RSSI and SQ معاً
وفقاً للمعيار 802.11-2007 فان RSSI يشير إلى شدة الإشارة المستقبلة
كل WLAN vendor يستعمل طريقة مملوكة وخاصة به للتعبير عن قيمة RSSI
فعليا قيمة RSSI تتراوح من 0 to RSSI-MAX
كل مُصنع يستطيع تحديد القيمة الأعظمية الخاصة به
معظم المصنعين ينشرون كيفية التعامل مع قيمة RSSI عبر مستندات ترفق مع المنتج أوتنشر عبر موقع الشركة على الانترنت
بعض المُصنعين لا ينشرون مقياس ل RSSI وتكون تقنية مملوكة (غير مجانية)
هناك مشكلتان عندما تريد المقارنة بين قيمتين RSSI بيم مُصنعين مختلفين لكروت الشبكات اللاسلكية
المشكلة الأولى المصنعون يمكن أن يختاروا قيم مختلفة ل RSSI-MAX
المُصنع A يمكن أن يختار مقياس 0 to 100
المُصنع B يمكن أن يختار مقياس 0 to 30
بسبب اختلاف المقاييس A يشير لشدة الإشارة 25 بينما B يشير إلى نفس الإشارة بقيمة 8
المشكلة الثانية هي اختلاف مجال القيم
A يمكن أن يختار مقياس من 100 رقم ويكون مجاله -110dBm to -10 dBm
بينما B يمكن إن يستعمل مقياس من 60 رقم من -95 dBm to -35 dBm
معظم المُصنعين لهم قيمة عتبة متشابهة لعدة تقنيات مثل
roaming and dynamic rate Switching
خلال عملية التجول المستخدم ينتقل من مجال تغطية أكسس بوينت إلى مجال أكسس بوينت أخرى
قيمة RSSI هي العامل الأساسي المستخدم لإجراء عملية التسليم للأكسس بوينت المجاورة أثناء التنقل ،عندما تصبح الإشارة المستقبلة أقل من قيمة العتبة المحددة ينتقل المستخدم إلى الأكسس بوينت المجاورة ذات الإشارة الأقوى

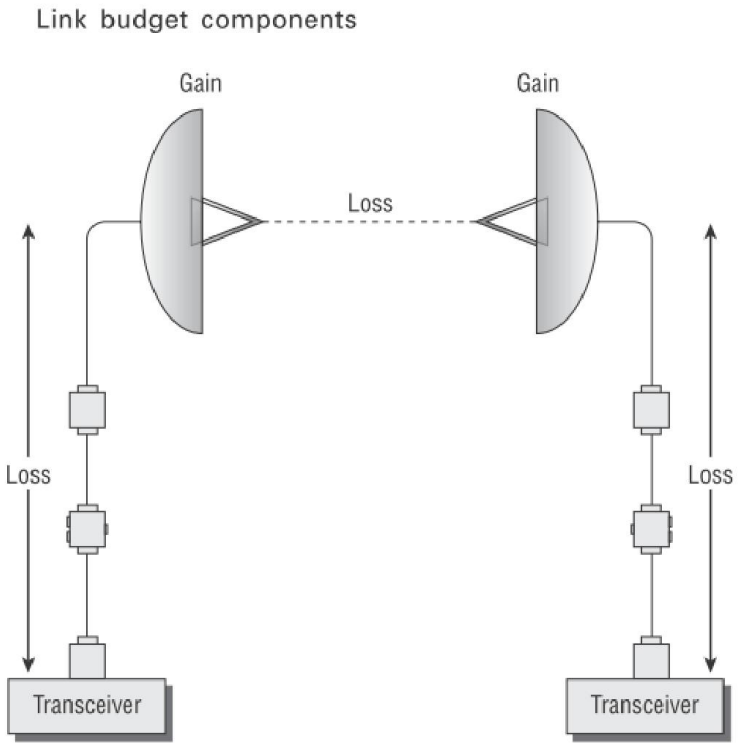
قيمة العتبة ل RSSI تستخدم من قبل المُصنع للقيام بعملية dynamic rate switching (DRS)
التجول سوف يناقش بعدة فصول قادمة من هذا الكتاب
و DRS سيناقش بالتفصيل في الفصل 12
يجب أن تعرف أن كروت الشبكة اللاسلكية مصممة فقط لتفهم الإشارات المرمزة أي الإشارات التي تحوي بيانات وكروت الشبكة ليست محلل للطيف spectrum analyzer
إذا شغلت فرن المايكرويف بالقرب من كرة الشبكة اللاسلكية لن يتولد إشارة ضجيج في كرت الشبكة اللاسلكية لان الأمواج الراديوية من الفرن لا تحمل بيانات
الضجيج يتولد فقط من أجهزة الشبكات اللاسلكية المجاورة لأنها تحوي بيانات
الجهاز الذي يستطيع كشف وفهم الإشارات الراديوية سواء كانت تحمل بيانات أو لا هو محلل الطيف spectrum analyzer
محترف الشبكات اللاسلكية يقوم بتحديد الضجيج المختلف من اجل القيام بحسابات مسح الموقع ،لان كرت الشبكة يستطيع فقط فهم ومعالجة البيانات ،كرت الشبكة بحاجة لخوارزمية معينة لحساب الضجيج بالاعتماد على البيانات القادمة عبره
بشكل مشابه ل RSSI فكل مُصنع يصنع معدات خاصة به لحساب الضجيج ومختلفة عن المُصنعين الآخرين
حديثاً بعض المُصنعين اوجدوا طريقة لإيقاف فلترة البيانات لتصبح قادرا على استخدام كرت الشبكة كمحلل طيف بدائي
هناك chips يمكن أن تعمل كرت شبكة لمعالجة البيانات وان تعمل كمحلل طيف خفيف ولكن لا تستطيع تأديت المهمتين في نفس الوقت ،في المستقبل كرت الشبكة اللاسلكية سيكون قادرا على العمل كمحلل طيف ويستقبل ويعالج البيانات في نفس الوقت
بعض الأكسس بوينت لها القدرة على إضافة chips مع سوفت وير مناسب لتعمل كمحلل طيف
إذا أردت أن تعرف أكثر عن الاختلاف بين 802.11 NICs and spectrum analyzer أقرأ كتاب
CWAP :certified wireless analysis professional

Ling budget:

حسابات الوصلة:

هي مجموع كل الربح والخسارة من المرسل الراديوي عبر الوسيط إلى المستقبل الراديوي
الغاية من هذه الحسابات ضمانة أن يكون مطال الإشارة المستقبلة أعلى من عتبة حساسية المستقبل
حسابات الوصلة تتضمن: ربح المرسل الأساسي وربح الهوائي الغير فعال والربح الفعال للمضخم ، كل ربح يجب أن يكون داخل بالحسابات كربح المضخمات والهوائيات
وكل الخسارات يجب أن تكون بالحسابات كالمخمدات و FSPL وخسارة الإضافات insertion loss

Insertion loss: هي الخسارة التي يسببها أي جهاز مضاف لمنظومة المرسل- مستقبل مثل الخسارة التي تسببها الكابلات والموصلات ومانعة الصواعق



طاقة الإرسال الأصلية 10+ dBm

Insertion loss تسببه الكابلات ومانعة الصواعق

الهوائي يضيف ربح غير فعال

الإشارة تتخمد عن انتشارها في الفضاء الحر

الإشارة المستقبلة في نهاية الوصلة 65.5- dBm

FIGURE 3.4 Point-to-point link budget gain and loss

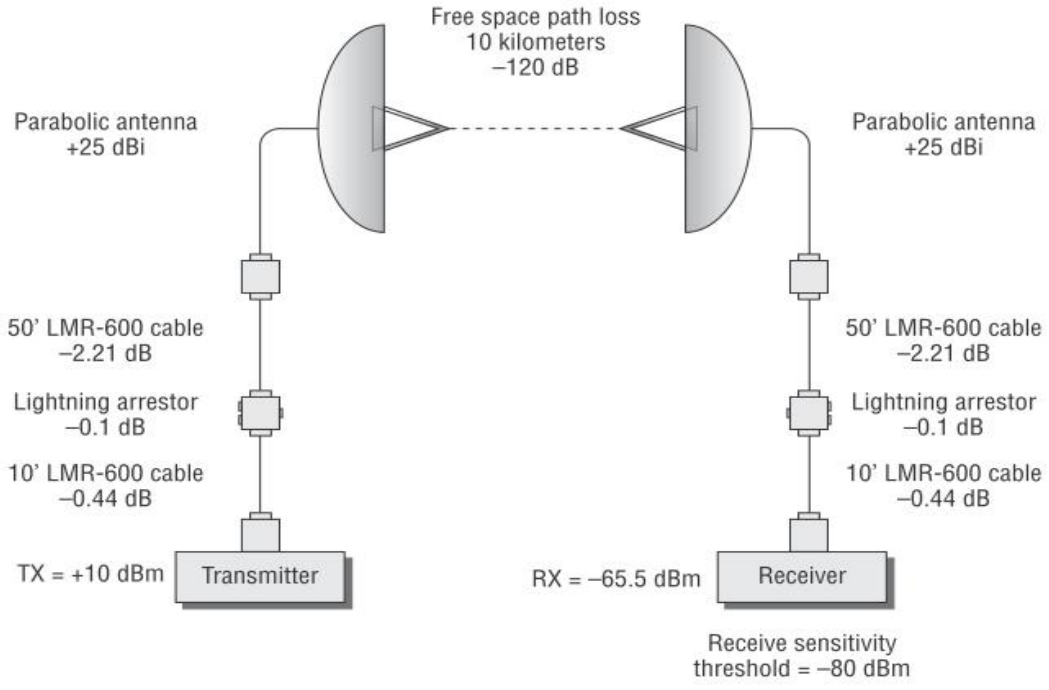


TABLE 3.6 Link budget calculations

Component	Gain or loss	Signal strength
Transceiver (original transmission signal)		+10 dBm
10′ LMR-600 cable	–0.44 dB	+9.56 dBm
Lightning arrestor	–0.1 dB	+9.46 dBm
50′ LMR-600 cable	–2.21 dB	+7.25 dBm

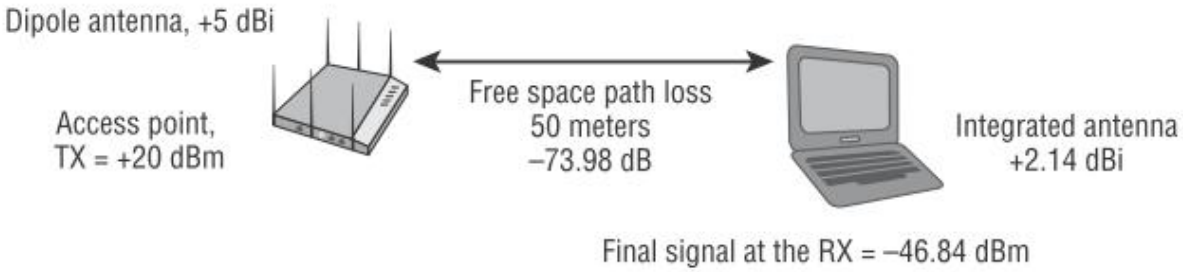
TABLE 3.6 Link budget calculations *(continued)*

Component	Gain or loss	Signal strength
Parabolic antenna	+25 dBi	+32.25 dBm
Free space path loss	–120 dB	–87.75 dBm
Parabolic antenna	+25 dBi	–62.75 dBm
50′ LMR-600 cable	–2.21 dB	–64.96 dBm
Lightning arrestor	–0.1 dB	–65.06 dBm
10′ LMR-600 cable	–0.44 dB	–65.5 dBm
Receiver (final received signal)		–65.5 dBm

لنفترض أن عتبة حساسية المستقبل 80 dBm-
أي إشارة مستقبلة بمطال أعلى من 80 dBm- يفهمها المستقبل
أي إشارة مستقبلة بمطال اقل من 80 dBm- لا يفهمها المستقبل
بحسابات الوصلة السابقة وجدنا أن المطال النهائي للإشارة المستقبلة هو 65 dBm-
وهذه القيمة أعلى من عتبة حساسية المستقبل
هناك 15dBm إضافية عازلة بين حساسية المستقبل و المطال النهائي للإشارة المستقبلة
هذه ال 15 dBm تسمى هامش التلاشي fade margin

+20 dBm + 5 dBi – 73.98 dB + 2.14 dBi = –46.84 dBm

FIGURE 3.5 Office link budget gain and loss



مطال الإشارة الابتدائي غالبا ما يكون أعلى من 0dBm (1mw)
ومطال الإشارة المستقبلة غالباً ما يكون اقل من 0 dBm (1mw) بسبب FSPL

Fade Margin/System Operating Margin:

هامش التلاشي \هامش تشغيل النظام:

Fade margin:هو مستوى الإشارة الأعلى من القيمة المطلوبة
إذا كان المستقبل له عتبة حساسية الاستقبال مساوية ل -80 dBm فان عملية الإرسال ستكون ناجحة طالما مطال الإشارة المستقبلة أكبر من هذه العتبة
ولكن الإشارة يمكن أن تتأثر بالعوامل الجوية أو مصادر تداخل وضجيج خارجية
يجب أن نخطط ل 10 dB to 25 dB إضافية تكون كعازل أو هامش زائد عن مستوى عتبة حساسية المستقبل لضمان نجاح عملية الاستقبال
هذه الديسبلات الإضافية تسمى fade margin
10 dB هي أقل ما يجب إضافته للوصلات ذات المسافة الأقل من 3mile
أما الوصلات الأكثر من 5 mile يجب أن يكون هامش الزيادة على الأقل 15 dB
قيمة الهامش الموصى بها هي 25 dB للوصلات الأطول من 5 mile
إذا كانت حساسية المستقبل -80 dBm والإشارة المستقبلة -76 dBm
الاتصال سوف ينجح ولكن بسبب العوامل الخارجية فان الإشارة يمكن أن تتأرجح بمقدار

± 10 dB

في معظم الوقت الاتصال سينجح ولكن بسبب هذا التأرجح بالإشارة فإنها يمكن أن تتغير وتصل إلى -86 dBm و في هذه الحالة الاتصال لن ينجح
بإضافة هامش للحماية قدره 20 dBm في حسابات الوصلة ستصبح حساسية المستقبل -60 dBm
وبالتالي لو تغيرت الإشارة بسبب العوامل الخارجية ستضمن نجاح الاتصال
لان الاتصالات الراديوية تتأثر بالعديد من العوامل الخارجية يجب تامين هامش لمستوى الإشارة لزيادة الموثوقية

بزيادة قيمة fade margin فانك تزيد من موثوقية الوصلة
بعد تركيب الوصلة الراديوية من المهم أن تجري عمليات قياس للوصلة لتعرف مقدار الهامش فعلياً
هذا القياس يسمى system operation margin (SOM)
SOM:هو الفرق بين الإشارة الفعلية المستقبلة والإشارة الضرورية ليكون الاتصال موثوق
متى تحتاج لإجراء حسابات fade margin ؟؟
عند تصميم outdoor WLAN bridge link فان حسابات الهامش تكون مطلوبة
مثال:
RF engineer يجري حسابات ل 25 mile point-to-point bridge link
ووجد أن الإشارة النهائية المستقبلة أكبر ب 5 dB من عتبة حساسية المستقبل
الاتصال الراديوي سيكون جيد ،ولكن بسبب الهبوط في مطال الإشارة الناتج عن تعدد المسارات بسبب الظروف الجوية فان هامش التلاشي يكون مطلوب
المطر الغزير يسبب تخميد للإشارة (0.05 dB per kilometer) 0.08 dB per mile
في كلا الترددين 2.4 GHz and 5 GHz
في وصلات الجسور اللاسلكية البعيدة ينصح باستخدام 25 dB fade margin
لتعويض التخميد الناتج عن سلوك الأمواج الراديوية كتعدد المسارات بسبب تغير الظروف الجوية كالمطر والثلج والضباب
عند تركيبك لشبكة لاسلكية WLAN indoor في بيئة ذات
high multipath or high- noise floor
يجب أن تخطط ل 5 dB fade margin أعلى من عتبة حساسية المستقبل