أساسيات الموجات الراديوية في CWNA

مدونة فنجان لاسلكي نادر المنسي

الفصل الأول من منهج إدارة الشبكة اللاسلكية CWNA

أساسيات الترددات الراديوية

نادر المنسي

مدونة فنجان لاسلكي

wirelessset.com

1 Radio Frequency (RF) Technologies – 21%

1.1. RF Fundamentals

1.1.1. Define and explain the basic concepts of RF behavior

1.1.1.1 Gain and loss

1.1.1.2 Reflection, refraction, diffraction, and scattering

1.1.1.3 VSWR

1.1.1.4 Return Loss

1.1.1.5 Amplification

1.1.1.6 Attenuation

1.1.1.7 Absorption

1.1.1.8 Wave propagation including Free Space Path Loss

1.1.1.9 Delay Spread and Multipath

1.1.1.1
Gain and Loss

يستخدم مصطلحي Gain / Loss بكثرة في كثير من نواحي الحياة فهما كلمتين متضادتين تعني احداهما الربح و الأخري الخسارة و لذلك يكثر استخدامهما في الإقتصاد و التجارة و في الطب عندما يعلق الأمر بعمليات الزيادةو النقصان في الوزن

نحن أهل تكنولوجيا المعلومات و الإتصالات لسنا بعيدين أيضا عن هذين المصطلحين فعمليات الإرسال و الإستقبال في أي منظومة شبكية سلكية كانت أو لاسلكية تتعامل مع هذين المصطلحين لبيان مستوي قوة الإشارة المستقبلة من المرسل خصوصا ان كانت المنظومة هذه شبكات لاسلكية

يقول صاحب موقع التأمل نت عندما تكلم عن الفرق بين الكسب و الفقد

و نبدأ بالكسب Gain و هو مصطلح يعبر عن قوة الاشاره الراديويه أي عن مقدار الطاقه الضروريه لدفع الاشاره الى مسافه معينه,و مع تزايد هذه الطاقه يزداد المجال الذي تغطيه الموجات الراديويه و تعتبر عملية الكسب من العمليات المهمه التي تساعد في ايصال الاشاره الى مسافه ابعد و بجوده عاليه لذلك يستعمل للحصول على طاقة كسب أعلي أجهزة مكبرات لاسلكية Amplifire او مقويات الاشاره Repeater أو الهوائيات عالية الكسب High Gain Antenna و لتوضيح الكسب من خلال رسم الذبذبات

أما الفقد Loss و هو مصطلح يصف ضعف قوة و مدى الاشاره الراديويه و يمكن ان يحدث هذا النقص سواء في اثناء تواجد الإشارة في السلك او بعد انتشارها في الهواء بواسطة الهوائي فمقاومة الكوابل و

الموصلات تسبب ضعف الطاقه و فقدان جزء منها و نقطه اخرى هي عدم توافق الكوابل و الموصلات المستخدمه يسبب انعكاس الطاقه الى مصدرها مما يؤدي لفقد الاشاره و ايضا هناك الاجسام التي تعيق طريق الاشاره تودي ايضا الى فقدان بعض الطاقه و بهذا يحدث وهن في الاشاره و ضعف .

انتهي كلامه بتصرف يسير مني

قلت "نادر"

و كباقي النظم اللاسلكية يتم حساب مستوي القدرة في الإشارة أو ما يعرف بالكسب و الفقد Gain/Loss في الإشارة بواسطة وحدة الديسيبل (dB) decibel و يتم حساب ذلك بالمقارنة أو بدلالة قيمة معروفة أو ثابتة

فعلي سبيل المثال يتم الحساب بوحدة dBm عند المقارنة ب الواحد ميللي وات 1 mWو يتم الحساب بوحدة dBwعند المقارنة بـ الوات W1 و هذه هي المعادلة المعبرة عن ذلك

Power (in dB) = 10 * log10 (Signal/Reference)

حيث log10 هو اللوغاريتم المعروف بالأساس عشرة و Signal هي قدرة الإشارة مثلا 50 وات و Referenceهي القيمة التي سنقارن بها و علي سبيل المثال ستكون 1ميللي وات
وبذبك يكون مستوي قدرة الإشارة هي 17 ديسيبل ميللي وات كما بالمعادلة التالية

Power (in dB) = 10 * log10 (50/1) = 10 * log10 (50) = 10 * 1.7 = 17 dBm

و هذه جداول تبين أسس عامة لتتعرف علي دلالات زيادة أو نقصان الديسيبل

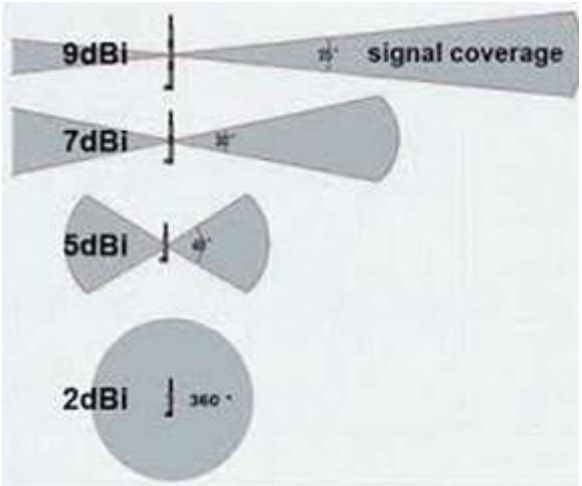
An Increase of:	A Decrease of:	Produces:
3 dB		القدرة تتضاعف
	3 dB	القدرة تصل للنصف
10 dB		القدرة المستقبلة عشر أضعاف القدرة المرسلة
	10 dB	القدرة المستقبلة عشر القدرة المرسلة
30 dB		القدرة تزيد بمقدار الف مرة
	30 dB	تقل القدرة بمقدار ألف مرة

في الهوائيات يتم استخدام هذه القيم علي نطاق واسع جدا لقياس كسب الهوائي و تكون القيمة الأساسية التي تتم حساب مستوي الإشارة بالنسبة لها هي قيمة الهوائي dBi أوdBd

dBi عندما يتم الحساب بالمقارنة بهوائي المثالي isotropic antennas و هو هوائي غير موجود في الحقيقة و يستخدم رياضيا فقط

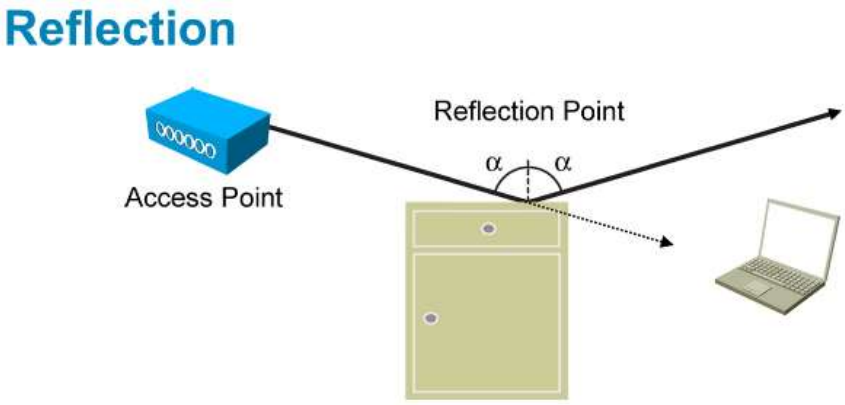
dBd و يتم الحساب بالمقارنة بهوائي ثنائي القطبdipole antenna

و الشائع هو الحساب بالمقارنة بالهوائي المثالي dBi كما تري في الشكل التالي و الذي يبين علاقة dbi مع قوة الإشارة و انتشارها



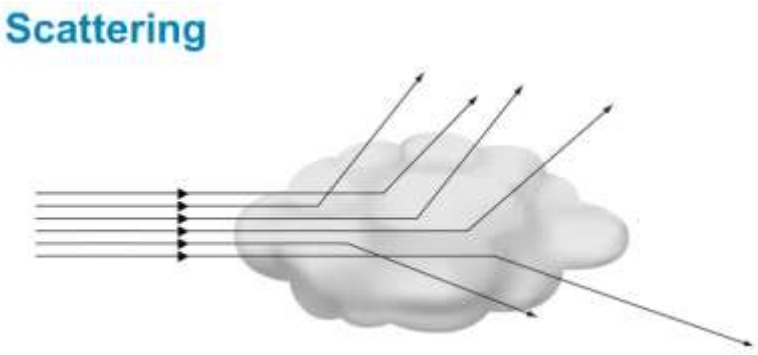
و هو المستخدم من قبل سيسكو و FCC و عموما فالفرق بين القياسين هو 2.2 حيث 0 2.2 = dBd dBiو علي سبيل المثال فإن dBi3 5.2 =dBd و لذلك نجد دائما أن قيمة الكسب الناتج عن الهوائي مكتوبة ضمن مواصفاته بل هي أهم مواصفاته مثلما تري

1.1.1.2
Reflection, refraction, diffraction, and scattering

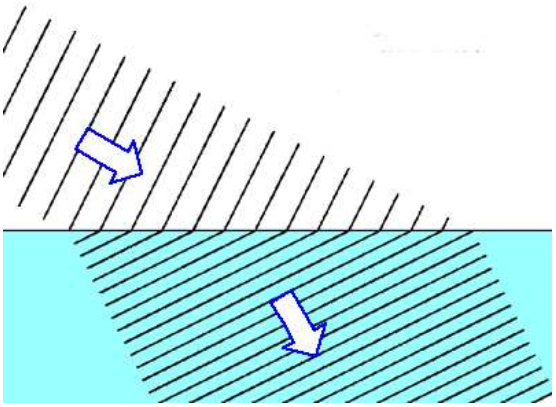


هل قمت يوما باللعب بقطعة مرآه لمشاكسة أصحابك و ذلك بتوجيهها ناحية الشمس بشكل معين لتضايق أعينهم ان لم تكن فعلت ذلك فقطعا لاحظت يوما صدي صوتك أثناء تكلمك بصوت عالي في متنزه واسع انه الإنعكاس

الإنعكاس لايحدث فقط للضوء أو الصوت بل هو ظاهرة مشتركة لكل الموجات الكهرومغناطيسية و الميكانيكية و يستفاد منه كثيرا في بعض الإختراعات أو التقنيات و أفضل مثال عليها هو نقل البيانات عبر كابلات الفايبر و التي تتم عبر تحويل البيانات الي ضوء ثم نقلها الي انبوب فايبر نسميه كابل فايبر اوبتيك يقوم بنقل هذه الإشارات عبر العديد من الإنكسارات حتي يصل الي مستقبله لكن انكسار الإشارات في الشبكات اللاسلكية مزعج حيث تقوم المعادن بعكس الإشارات و تحويل مسارها مما يضيع و يشتت الإشارة و لهذا وجب أن تضع أجهزتك اللاسلكية في حيز بصري أو علي الأقل لا تضعها في أماكن محاطة بمعادن و قد استفاد بعضهم من هذه الظاهرة لصالح الشبكة اللاسلكية فقام بتصميم شيء بسيط يركز الإشارة اللاسلكية و ذلك بعكس كل الإشارة و لكن باتجاه الأجهزة



الإشارة اللاسلكية هي موجات كهرومغناطيسية تسير في الهواء و لا تتأثر فقط بالمعوقات الكبيرة فربما يحتوي الوسط التي تنتشر فيه علي غبار أو أدخنة فتقوم كل ذرة من ذرات هذه المواد بالتأثير علي هذه حزم هذه الإشارة فتارة تكسرها أو تعكسها و هذا يسمي بـ scattering أو التناثرRefraction



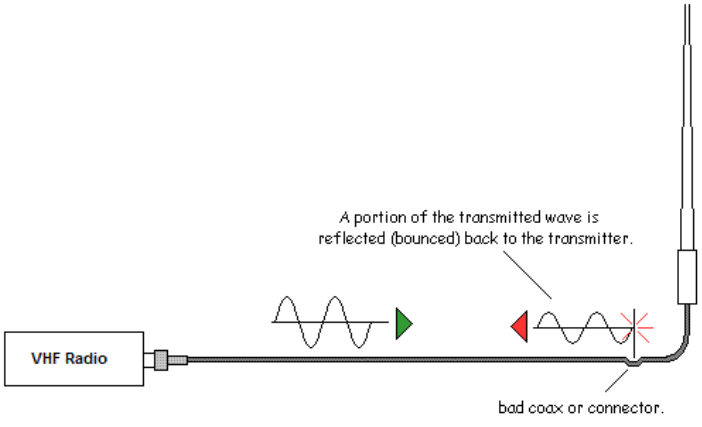
لا اظن أنه قد فاتك ملاحظة انكسار قلم عند وضعه في كوب ماء .. بالطبع لم ينكسر القلم و لكن انكسرت الأشعة المنعكسة من علي القلم في الماء فرأيته منكسراو هذا ما يحدث بالضبط مع اشارات الشبكات اللاسلكية

و انكسار الإشارة هو تغير في مسارها نتيجة مرورها علي وسط مغاير للوسط الذي تمر فيه و عند حدوث ذلك في اشارات الشبكات اللاسلكية فإنها ولا ستفقد بعا من طاقتها و ثانيا ستتعدد مساراتها مما يجعلها عرضة لظاهرة multipath

تنكسر غالبا الموجات ليس فقط من خلال عوائق عادية بل تكون كثيييرة من الإنكسارات عبر جزيئات الرطوبة و الغبار في الهواء و و هو مع كثرتها يجعل الموجات تنكسر و تنعكس بشكل كبير مؤدية الي ظاهرة اخري تسمي التشتت scattering

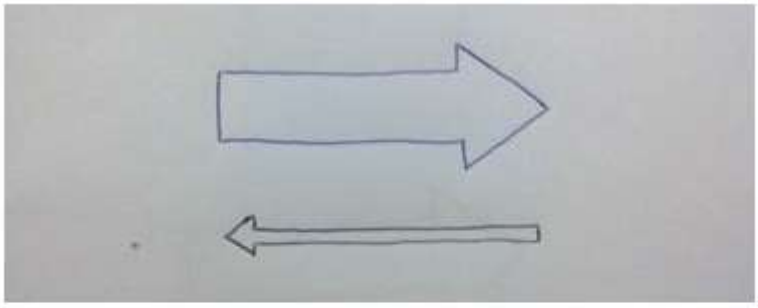
1.1.1.3
Voltage Standing Wave Ratio VSWR

VSWR هو قياس تغير المقاومة Impedance التي تواجهها إشارة التيار المتردد AC Signal و هو يحدث نتيجة مرور إشارة لاسلكية ذات تردد مرتفع RF بين جزئين لكل منهما مقاومة مختلفة مثل المقاومة التي تجدها الإشارة عند مرورها من كابل الي هوائي أو من الموصل Connector الي الهوائي و يحدث هنا ارتداد لبعض الطاقة نتيجة تغير الوسط الذي تسير فيه الإشارة الذي يؤدي التي تغير في المقاومة و يزيد هذا الأمر عند التوصيل السيء بين الهوائي و جهاز الإرسال



و تسمي النسبة بين مقدار الجهد المرتد في الإشارة و الجهد المرسل فيها عند نقطة الإرتداد بـ Voltage Reflection Coefficient و يرمز لها بالحرف الإغريقي p و ينطق رو rho

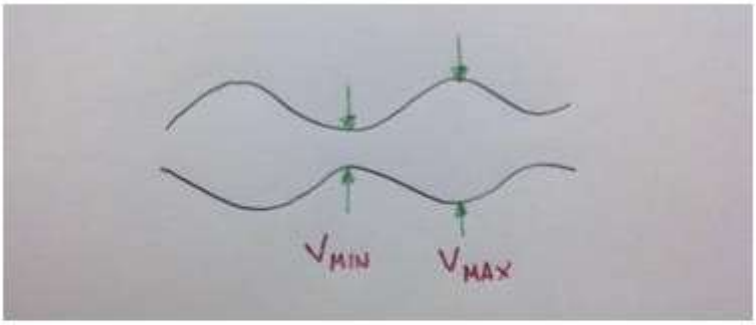
و لأنها نسبة بين قيمة مرسلة و قيمة مفقودة فيفضل التعبير عنها بوحدة الديسيبل db و التي تستخدم للتعبير عن الفقد و سنسميها هنا return loss الفقد العائد



$$\textbf{Return Loss (dB)} = 10 * \log_{10} \frac{Reverse\ Power}{Forward\ Power}$$

$$\textbf{Reflected Power (\%)} = 100 * \frac{Reverse\ Power}{Forward\ Power}$$

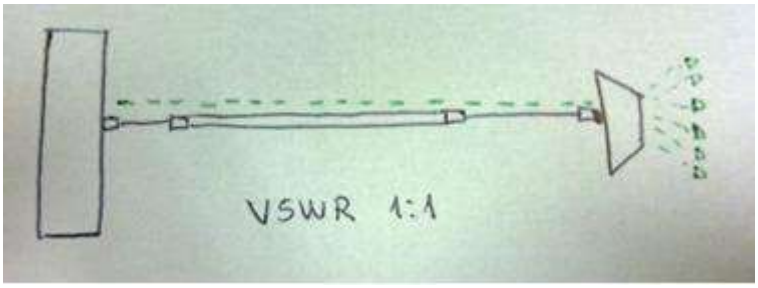
مع وجود دائم لطاقة مرسلة و طاقة مفقودة يتكون نمط دائم للموجة standing wave pattern فيها قمم و قيعات للجهد و المقاومة و التيار و يطلق عليها **Voltage Standing Wave Ratio** VSWR و هو العلاقة الرياضية بين أقصي قيمة للجهد يتم ارسالها علي طول الخط قبل الهوائي و بين أقل قيمة للجهد يصل للهوائي قبل ارساله



$$\textbf{VSWR} = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}}$$

و يعبر عن VSWR دائما بقيمة كسرية أو نسبية فمثلا تعبر القمية 1:1 عن نسبة VSWR في الأنظمة المثالية Ideal systems و هي التي لا توجد بشكل عملي تكون قيمة المقاومة متساوية علي طول خط الإرسال بين الكابل و الهوائي و بذلك لا يحدث فقد في الطاقة و يقوم الهوائي ببث كل الإشارة بدون ارتداد أي جزء منها و تكون قيمة Voltage Reflection Coefficient مساوية للصفر و قيمتها بالديسيبل لانهائية و يسمي خط الإرسال بـ Flat Line و يوصف بكونه Matched أي متساوي المقاومة

و بالطبع هي قيمة خيالية رياضية فقط لا توجد عمليا



بينما تكون القيم العملية بين 1.5:1 و 1.1:1 و التي غالبا ما توجد في التطبيقات العسكرية و التي لا ينتظر في منظوماتها وجود فقد ملموس

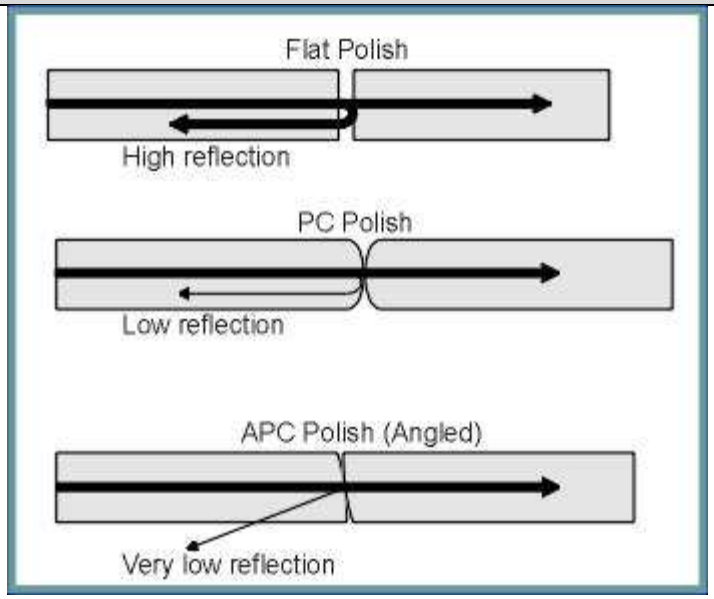
VSWR	Radiated power	Lost power	dB power loss
1:1	100%	0%	0 dB
1.5:1	96%	4%	Nearly 0 dB
2:1	89%	11%	< 1 dB
6:1	50%	50%	3 dB

عند زيادة VSWR بشكل كبير تصبح هناك معاوقة ملحوظة لمرور الإشارة مما يعني أن المرتد منها أكبر من المرسل و هذا قد يكون بسبب التوصيل السيء بين مكونات منظومة الإرسال مثل بين الكابل و الهوائي أو عند استخدام "توصيلة" لربط كابلين تكون ذات مقاومة عالية و لهذا فإنه تم توحيد قيمة مقاومة أجزاء الشبكات اللاسليكة التي تمر بها الإشارة بقيمة 50 أوم حيث الأوم Ohm هي وحدة قياس المقاومة نسبة للعالم الألماني جورج أوم

Do not do this!

1.1.1.4 return loss

الفقد المرتد



في علم الإتصالات السلكية و اللاسلكية يعتبر الفقد المرتد return loss فقد في قدرة الإشارة المرتدة بسبب وجود بعض المشكل في خط الإرسال سواء كان هذا الخط كابل عادي أو فايبر و هذه المشاكل تنتج عن عدم تجانس الخط نتيجة وجود لحام به أو توصيلات تختلف عن الكابل نفسه فلا تستطيع الإشارة بكاملها اللإنتقال فيرتد جزء منها و غالبا ما يحدث هذا في الجزء الذي يتصل به الهوائي بجهاز الإرسال أو الإستقبال أو في الموصلات التي تربط أجزاء ببعضها

و يعبر عن هذا الفقد بوحدة الديسبيل

$$RL(\mathrm{dB}) = 10 \log_{10} \frac{P_\mathrm{i}}{P_\mathrm{r}}$$

حيث RL(dB) هي قيمة الفقد العائد بالديسيبل بينما Pi هي القدرة المرسلة و Pr هي القدرة المرتدة

الفقد المرتد Return Loss بهذا التعريف يرتبط بمصطلحين هما نسبة تغير الإشارة المرتدة standing wave ratio (SWR) و معامل الإرتداد reflection coefficient (Γ)

.

بشكل صحيح يعتبر مقدار أي فقد عند التعبير عنه بالديسيبل موجب المقدار الا أنه درج التعبير عن Return Loss كمقدار سالب و هو يعبر عن الفرق بين القدرة المرسلة Pi الي نقطة ما و القدرة المرتدة عن تلك النقطة Pr الا أن المقدار بهذا الشكل يعطينا قيمة موجبة هكذا و تسمي هذه معامل الإرتداد reflection coefficient (Γ)

$$RL(\mathrm{dB}) = 10 \log_{10} \frac{P_\mathrm{i}}{P_\mathrm{r}}$$

و تعتبر المعادلة التالية هي المعكوس الجمعي لهذه العملية فإن كان المقدار سالبا كان هذا معبرا عن Return Loss

$$RL'(\mathrm{dB}) = 10 \log_{10} \frac{P_\mathrm{r}}{P_\mathrm{i}}$$

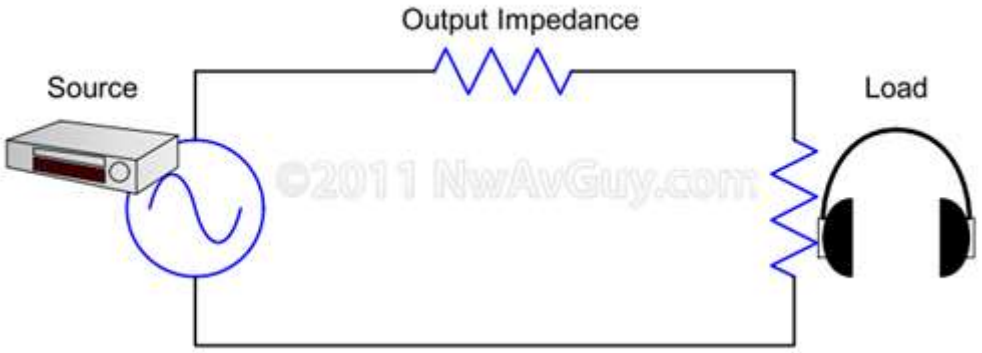
الفقد المرتد في الدوائر الكهربية

في الدوائر الكهربية يتم استخدام العلاقة بين قيم الجهد المرتد reflected wave Vr من نقطة و الجهد الساقط عليها incident wave Vi و يعبرعنه بالرمز جاما

$$\Gamma = \frac{V_\mathrm{r}}{V_\mathrm{i}}$$

و نستطيع أن نعبر عنهم بدلالة معاوقة كل من الجهة المغذية للجهد source "مصدر الكهرباء" و الجهة المستهلكة للجهد Load "الجهاز"

$$\Gamma = \frac{Z_\mathrm{L} - Z_\mathrm{S}}{Z_\mathrm{L} + Z_\mathrm{S}}$$



و يتم التعبير عن الفقد المرتد بالديسيبل في هذه الحالة بهذه المعادلة

$$RL(\mathrm{dB}) = -20 \log_{10} |\Gamma|$$

و يتناسب هنا قيمة الفقد المرتد تناسبا عكسيا كبيرا مع النسبة بين القدرة المرتدة reflected power و القدرة المرسلة incident power أي أن الزيادة الكبيرة في القيمة الموجبة للفقد المرتد Return Loss يعني ان القدرة المرتدة صغيرة مقارنة بالقدرة المرسلة

و هناك صيغة أخري لحساب الفقد المرتد بدلالة الفرق بين القدرة المرسلة و المرتدة بصيغة dBm Decibel- milliwatts

$$RL(\mathrm{dB}) = P_\mathrm{i}(\mathrm{dBm}) - P_\mathrm{r}(\mathrm{dBm})$$

و للتذكير فإن قيمة ديسيبل مللي وات تحسب من خلال هذه المعادلة

$$x = 10 \log_{10} \frac{P}{1\text{mW}}$$

أو هذه

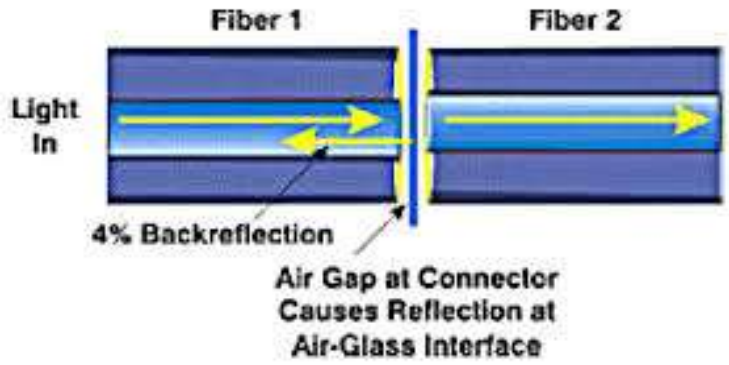
$$x = 30 + 10 \log_{10} \frac{P}{1\text{W}}$$

حيث P قيمة القدرة بالمليي وات و X قيمة القدرة بالديسيبل مللي وات dBm

و هناك قيمة أخري بدلالة نسبة تغيرالإشارة قبل الإرسال SWR

$$\text{Return Loss (in dB)} = 20 \log_{10} \frac{\text{SWR}}{\text{SWR-1}}$$

الفقد المرتد في الكابلات البصرية

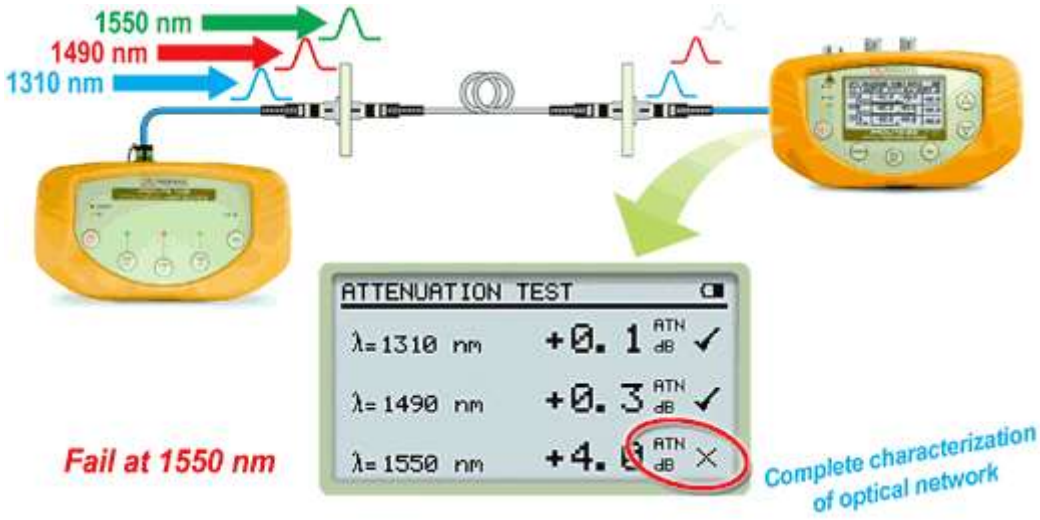


يتم الفقد في الكابلات البصرية بسبب نفس المنطق في الكابلات أو الدوائر الكهربية هو عدم انسجام الخط المرسل للبيانات مثل أماكن اللحام أو اتصال كابلين مختلفين المعاملات بالضبط مثل مرور ضوء بين الماء و الزجاج فيحدث بعض الإنكسارات و الإنعكاسات نتيجة اختلاف معامل الإنكسار بين الوسطين refractive index فيرتد جزء من الضوء الساقط و تسمي هذه الظاهرة بFresnel reflection loss

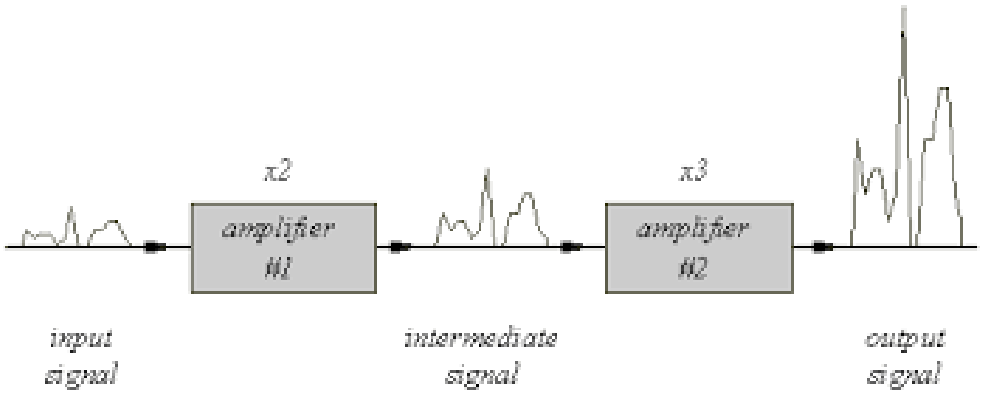
و في الأنظمة الضوئية التي تستخدم أشعة الليزر في الإرسال عبر كابلات الفايبر فإن هذا الفقد المرتد يسمي optical return loss (ORL) و يحسب بنفس طريقة الفقد المرتد الكهربي

$$\mathrm{ORL(dB)} = 10 \log_{10} \frac{P_\mathrm{i}}{P_\mathrm{r}}$$

و هذا أحد الأجهزة الذي يقيس هذا النوع من الفقد



1.1.1.5
Gain (Amplification)



التكبير أو التضخيم Amplification هو المرادف الأجنبي لكلمة الكسب Gain و نعني بها الزيادة في قيمة الإشارة بدون التغيير في أي من معاملاتها الأخري من التردد و الطول الموجي أو طورها

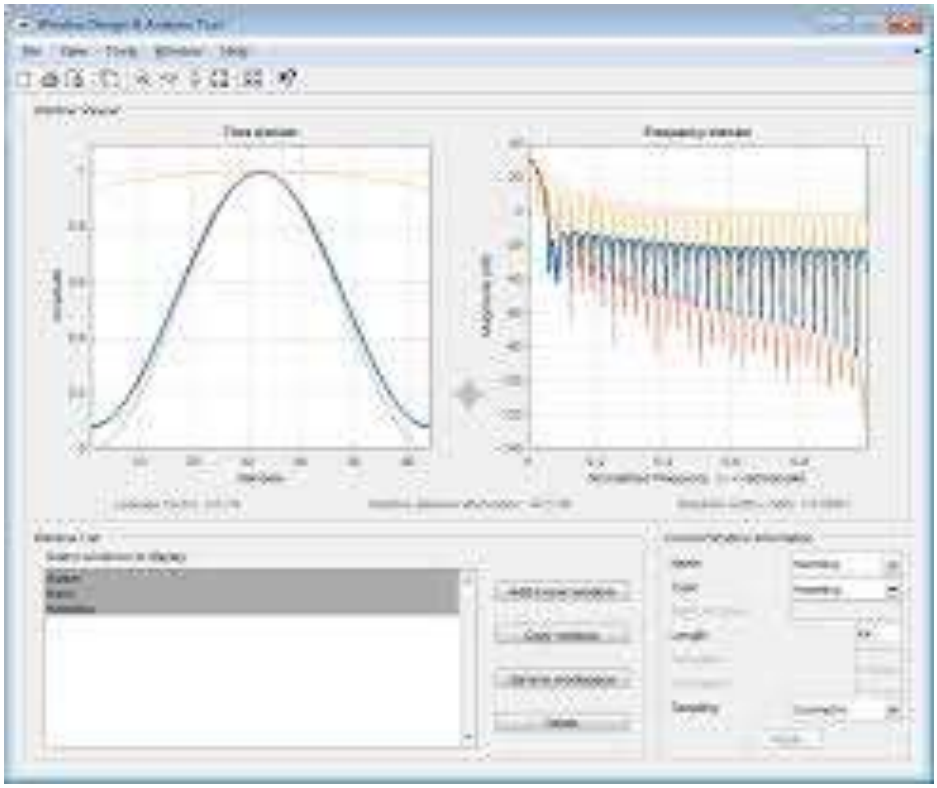
و لدينا نوعان من التكبير تكبير نشط Active gain أو تكبير خامل Passive Gain و في كلا من النوعين يتم تكبير الإشارة عبر اضافة مرحلة أو خاصية لجهاز الإرسال أو الإستقبال

فأما التكبير النشط Active Gain فيتم فيه استخدام أجهزة أو مراحل أو دوائر تكبير amplifier و نعني بكلمة نشط هو استخدام طاقة كهربائية تقوم بتعزيز و تقوية الإشارة في هذا المكبر و بمستويات تكبير مختلفة بالضبط مثلما تقوم بزيادة و خفض صوت الراديو

و أما التكبير الخامل Passive gain فنستخدم فيه مرحلة لا تعتمد علي مصدر طاقة كهربية بل بواسطة عملية دفع الإشارة بالضبط مثلما تقوم بدفع عربة المشتريات بقوة و يعتبر الهوائي Antenna هو المسؤل الرئيسي عن هذه العملية حيث يقوم بدفع الإشارة و تكبيرة في اتجاه معين

بالطبع في العالم الواقعي يتم استخدام كلا من المرحلتين النشط و الخامل في أجهزة الإتصالات خصوصا Transceiver و التي تقوم بأداء عملية الإرسال و الإستقبال مثل الهواتف المحمولة و ألأكسسبوينت و غيرها حيث يقوم الهوائي بالتقاط الإشارة و تكبيرها ليستطيع المكبر قرائتها ثم يقوم المكبر بتكبيرها عبر عدة مراحل و في المقابل يقوم عند الإرسال يقوم المكبر بأخذ الإشارة و يكبرها ثم يدفعها الي الهوائي الذي يزيدها قوة عبر دفعها لتصل الي الجهة التي تم تصميم الهوائي لإرسالها اليه

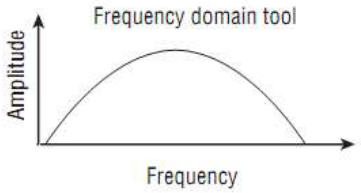
أدوات قياس قيمة الإشارة



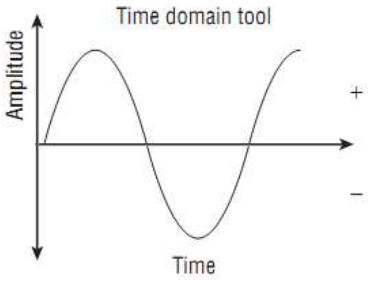
توجد طريقتين مختلفتين لقياس قيمة الإشارة Signal Amplitude عند نقطة ما هما Frequency Domain tool و Time Domail tool

فأما Frequenvy domain tool فيتم استخدامها لقياس قيمة الإشارة علي مدي طيفي محدود أو خلال وقت محدد أو لحظم معينة و يعتبر جهاز spectrum analyzer هو المفضل من قبل مهندسي الإتصالات لعمل هذا الأمر

و أما الأداة الأخري Time domain Tool فتستخدم للتعرف علي مدي تغير قيمة الإشارة في مدي زمني واسع أو بشكل أخر مدي تغير الإشارة خلال بشكل دائم مثل أجهزة قياس نبضات القلب و يعتبر جهاز Osciloscope هو الجهاز الأشهر في استخدام بيان تغير الاشارة



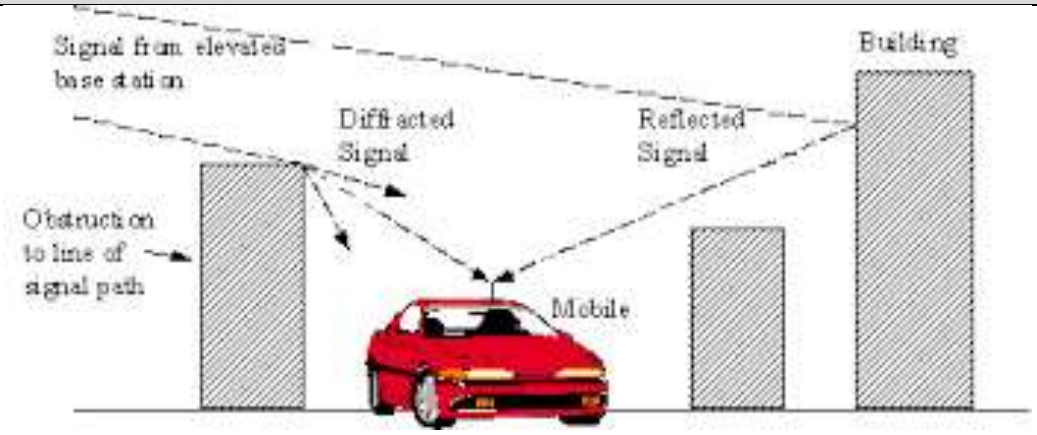
Spectrum analyzer



Oscilloscope

1.1.1.6 attenuation

تشتت الإشارة في الشبكات اللاسلكية



لكي تتمكن من عمل شبكة لاسلكية جدية لابد من وضع أجهزة الأكسس بوينت الخاصة بالبشكة في أوضاع تقلل الي حد ما الفقد في الإشرارات التي تلتقطها أو تبثها , بعض من المعلومات الأساسية البسيطة عن ماهية الإشارة اللاسلكية و كيفية انتشارها قد تساعدك في هذا الأمر

الإشارات اللاسلكية و التي تعرف علميا بإشارات الراديو Radio Waves RF تنتشر في اتجاه مستقيم في أكثر من اتجاه بسرعة انتشار في الفراغ تساوي سرعة الضوء أي 300000 كم لكل في كل ثانية في الفراغ أي تستطيع الإشارة اللاسلكية أن تصل الي القمر خلال ثانية واحدة

لكن في الواقع قد تعاني الإشارة اللاسلكية من موهنات قد تقلل من هذه السرعة أو تمنعها أو تؤخر وصولها بسبب امتصاصها أو انعكاسها أو حيودها أو انكسارها علي أسطح لا ينبغي أصلا ان تقابلها

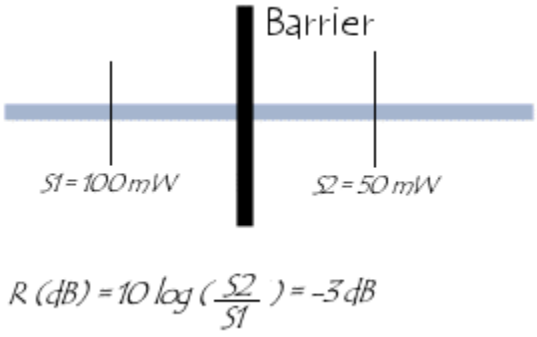
فعندما تقابل الإشارة اللاسلكية بعض الأسطح فإن هذه الأسطح تقوم تمتص بعضا من الطاقة الإشعاعية لهذه الإشارات محولة ايها الي صور أخري من صور الطاقة

فعلي سبيل المثال يعتبر تشتت الإشارة attenuation من الظواهر التي تقلل الطاقة في الإشارة مما يعني عدم تمكنها من الوصول الي المستقبل أو اضعاف قوتها لا تستطيع منه قراءة البيانات من هذه الإشارة

مقدار التشتت **Attenuation** يقاس بوحدة بل bel نسبة الي العالم جراهام بل أول من اخترع الهاتف و تختصر B و هو ناتج اللوغاريتم ذو الأساس 10 للنسبة بين الإشارة الخارجة الي الداخلة و غالبا ما يستخدم الجزء العشري من البل و يسمي ديسيبل dB و تقاس بهذه الصيغة

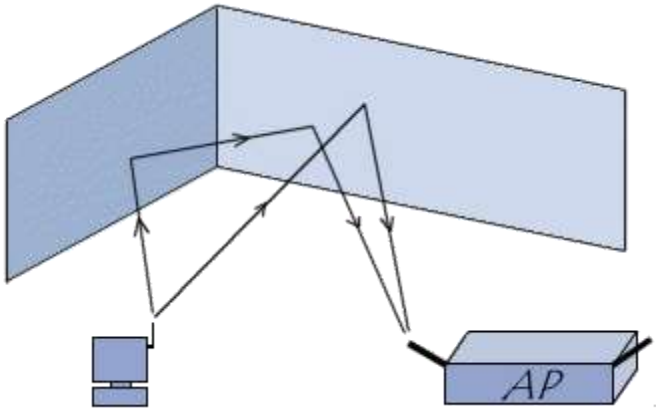
$$R\ (dB) = (10) * \mathbf{log}\ (P2/P1)$$

عندما تكون قيمة R موجبة فإن هذه القيمة تسمي تكبير الإشارة و عندما تكون سالبة فإنه قيمة تشتت الإشارة



يزداد التشتت طرديا مع زيادة التردد أو المسافة و يعتمد علي نوع العائق و نوع مادته فلو كان العائق مثلا معدني فسيحدث التشتت نتيجة عكس الإشارة أما اذا كان العائق مائي فسيحدث التشتت نتيجة امتصاص الإشارة

التشتت الناتج عن إنعكاس الإشارة ناتج عن ان الإشارة تفقد بعضا من قوتها بعد الإنعكاس و في الواقع يكون الإنعكاس متكررا و هذا يسمي *multipath* كما تري في الشكل التالي



و المشكلة في تعدد المسارات تكمن في فروق الوقت *propagation delay* بين أكثر من مسار عند وصوله الي المستقبل و الذي يسبب فرق وقتي في وصول الموجات لهدفها مما يؤدي لظاهرة التداخل التي تقلل في النهاية مجموع سرعة الشبكة اللاسلكية

و لتلافي مشكلة التداخل يتم استخدام هوائيين لكل وحدة ارسال مع دائرة ضبط الكسب التلقائي (*Automated Gain Controller*) *AGC* و الذي يقوم بالتبديل بين احد الهوائيين بناء علي قوة الإشارة الملتقطة و الذي يحدد هل الإشارتان مختلفتان أم هما في الأصل اشارة واحدة تعددت مساراتها و ذلك بناء قياس الفرق بين وصولها فإذا كان هذا الفرق يساوي Lambda/2 أي 6.25 cm عند 2.4GHz

خواص المواد

Material	Attenuation (dB)	
	2.4 GHz	5.8 GHz
Interior drywall	3-4	3-5
Cubicle wall	2-5	4-9
Wood door (hollow – solid)	3-4	6-7
Brick/concrete wall	6-18	10-30
Glass/window (not tinted)	2-3	6-8
Double-pane coated glass	13	20
Bullet-proof glass	10	20
Steel/fire exit door	13-19	25-32

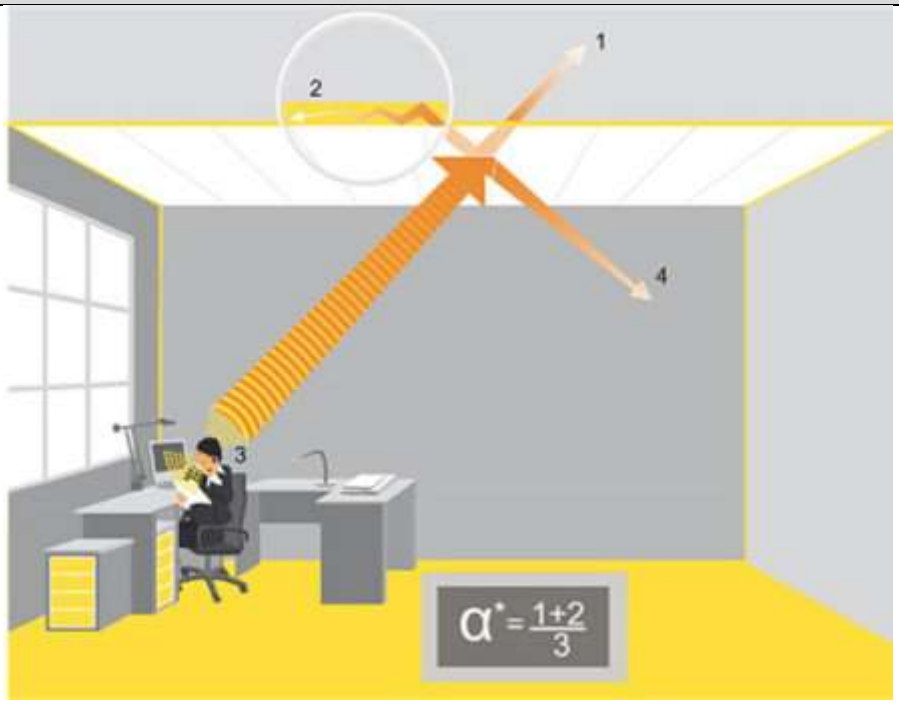
لا يعتمد فقط جودة انتشار الإشارة علي طريقة ارسالها أو استقبالها انما بالأساس علي الوسط الذي تنتشر فيه و الذي يحدد بشكل كبير قوة و جود هذه الإشارة و هذا جدول يبين درجة التشتت Attenuation للإشارة بناء علي كل وسط تنتشر فيه

المادة	درجة التشتت
Air الهواء	None
Wood الخشب	Low
Plastic البلاستيك	Low
Glass الزجاج	Low
Tinted glass الزجاج الملون	Medium
Water الماء	Medium
Living creatures	Medium

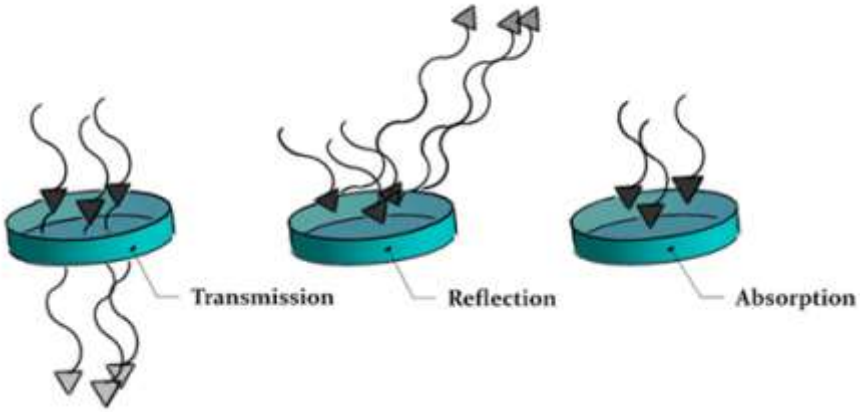
الكائنات الحية	
Bricks مواد البناء	Medium
Plaster الدهانات	Medium
Ceramic السيراميك	High
Paper الورق	High
Concrete الخرسانة المسلحة	High
Bulletproof glass زجاج مقاوم للرصاص	High
Metal معادن	Very high

1.1.1.7 Absorption

إمتصاص الإشارة اللاسلكية



يعتبر امتصاص الإشارة من أكثر الظواهر التي تعاني منها الإشارة اللاسلكية و التي تتعدي ظواهر ارتداد الإشارة أو الإنحناء حول الحواف الصلبة حيث تعتبر غالبية المواد قابلة لامتصاص الإشارة بنسبة ما تختلف طبقا لنوع المادة ففي حين تكون الخرسانة و مواد البناء الحجرية أكثر امتصاصا للإشارة بشكل ملحوظ تعتبر الحوائط نفسها أقل امتصاصا فإشارة 2.4 GHz سيبقي منها فقط 16/1 من قيمتها عند المرور خلال حائط حديث مبني من أحجار طينية الأصل بينما ستفقد نصف قيمتها عند المرور من خلال جدار حجري و يرجع ذلك بسبب الماء الذي يعتبر من اكثر المواد امتصاصا للإشارة و كلما زادت نسبة الماء في مادة ما كلما زادت نسبة امتصاصها للإشارة و العكس بالعكس



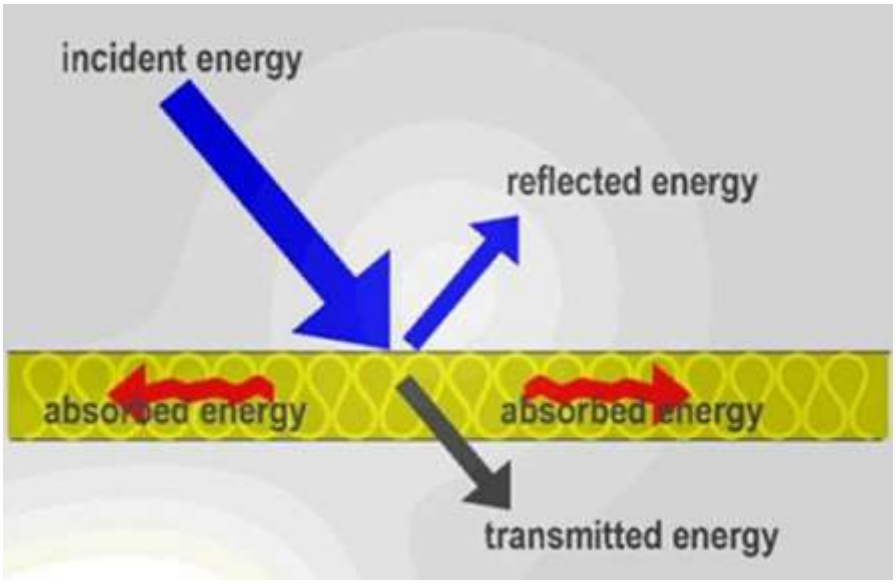
و يعتبر الإمتصاص هو اكثر الظواهر التي تؤدي الي اضمحلال الإشارة attenuation التي تكلمنا عنها سابقا

و لأن الماء من أكثر المواد انتشارا في محيطنا بحالاته الثلاث الجامدة و السائلة و الغازية فدعني أنقل لك خبرة حقيقية لشخص ما قام بعما مسح site survey في مطار لعمل شبكة لاسلكية به و لتحديد عدد الأكسسبوينت التي سيحتاجها و أماكن توزيعها و بالفعل أتم عمل المسح الشامل للموقع و قام بتحديد أعداد و أماكن الأكسسبوينت و أصبحت الشبكة جاهزة للعمل و نجح الفحص الأخير للإلتقاط الإشارة في كافة جانب هذا الجزء من المطار

بعد بضعة ايام حدثت عاصفة ثلجية اضطر معها الكثير من المسافرين الي التأخر عن مواعيد اقلاع طائراتهم و ازدحم المطار بالمسافرين المتأخرين و لاحظ المهندس أن الإشارة اللاسلكية اصبحت أقل من المتوقع بكثير و اظهرت شاشة مراقبة الشبكة اللاسلكية أنه لم يلحظ أجهزة جديدة قامت بالإنضمام للشبكة أي أن مستخدمي الإشارة لم يتغير كثيرا اي أن هذا العدد الموجود من الناس لم يهتم أصلا بالتقاط الإشارة , اذن فما السبب في إضمحلال الإشارة التي سرعان ما عادت الإشارة الي قوتها بعد ذهاب هذا العدد من الناس

الإضمحلال لم يكن سببه أجهزة مستخدمين قامت بالولوج للشبكة – و ان كان هو سبب معتبر ان وجد – و لكن في حالتنا هذه كان الإضمحلال سببه الناس أنفسهم فمن المعروف أن جسم الإنسان يحتوي علي 65% من الماء و هذا كاف جدا لعمل "لمس أكتاف" لأضخمها اشارة فالجسم البشري "استاذ" في امتصاص الإشارات اللاسلكية و كان يجب علي المهندس اثناء تصميمه للشبكة الأخذ بعين الإعتبار العنصر البشري كعائق في طريق الإشارة و تحديد أماكن و عدد أجهزته طبقا لذلك

الإمتصاص في العلوم التطبيقية



ظاهرة الإمتصاص بالأساس هي عبارة عن أن ذرات مادة ما تستثار بواسطة موجات بتردد ما مما يجعل هذه الموجات تفقد بعضا من طاقتها أو كلها و تتحول الي طاقة داخليه في هذه المادة و التي غالبا ما تكون طاقة حرارية محسوسة أو غير محسوسة طبقا لمقدار الطاقة الممتصة و تردد اشارة هذه الموجات

و رغم أن امتصاص الإشارة يعتبر كارثي بالنسبة للإشارات الإتصالات الا ان العلم التطبيقي قام بتحويله الي اختراعات لم يعد الكثيرين قادرين علي الإستغناء عنها و اليكم بعض الأمثلة

أجهزة الميكروويف ما هي الا أجهزة ترسل اشارات فتمتصها المأكولات فتحول الإشارة الي طاقة حرارية داخلية فيتم اثارة ذرات هذه المأكولات و تسخين الجزيئات

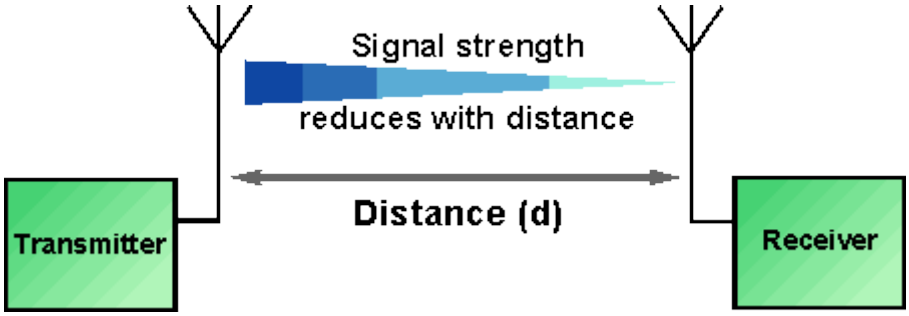
علم الأرصاد الجوية meteorology و علم المناخ climatology يعتمد علي مدي امتصاص غازات الغلاف الجوي للإشعاع لتحديد درجات الحرارة

جهاز اشعة X أو الأشعة السينية الطبية يعتمد علي امتصاص الجلد للإشعاع و ارتداده عن العظام

في الكيمياء يتم تحديد أنواع العناصر و المواد طبقا لمدي امتصاصها موجات معينة بترددات معينة

1.1.1.8 Wave propagation including Free Space Path Loss

تأثير مسار انتشار الإشارة على قوة الإشارة



طبقا لقوانين الفيزياء الموجية فإن الإشارة المنتشرة تضمحل على طول مسارها ليس فقط نتيجة العوائق obstructions أو الإمتصاص absorption أو الإنكسار reflection أو الحيود diffraction و لكن أيضا مساره الطبيعي في الهواء أو الفراغ يؤثر فيها

بالضبط مثلما تقوم بنقل تيار مائي عبر قناة مائية غير جيدة المحافظة علي الماء و دائمة الإتساع , هذا ما يحدث فعلا للإشارة و يسمي هذا الأثر بالأثر البيئي natural broadening أو شعاع التباعد beam divergence حيث تتسع الإشارة كلما ابتعدت عن مصدر اطلاقها مما يضعف كثافتها و تضمحل كلما ابتعدت عن هوائي الإرسال حتي و إن لم يكن هناك عوائق

تستطيع أن تشبه قوة الإشارة بالبالون حيث يكون سمكه قبل أن يمتليء بالغاز صغير و لكنه محسوس رغم أن البالون صغير و غير منتشر "منفوخ" أما بعد أن يمتليء بالغاز فلا تكاد تشعر بهذا السمك نتيجة انتشاره و توزع كثافته علي حجم فراغي أكبر ,, هكذا الإشارة اللاسلكية

لحسن الحظ فإن هذا الفقد في الإشارة نتيجة هذا الإنتشار يعتبر قيمة لوغاريتية و ليست خطية و نعني بالقيمة اللوغاريتمية أي أنها تتغير بشكل ملحوظ في المسافات القريبة ثم يقل هذا التغير بشكل ملحوظ جدا في المسافات الأبعد أي أنها غير محسوسة علي المسافات البعيدة – البعد هنا يعتمد علي معايير المسافات و التي تختلف في الوايفاي عن الوايماكس عن موجات الموبايل- فمثلا الموجة ذات التردد 2.4 GHz ستتغير بمقدار 80 dB بعد 100 متر و لكنها ستقل بمقدار 6 dB في المئة متر الثانية و هكذا ... هذا ما يسمي بالتغير اللوغاريتمي

و يسمي هذا التغير اللوغاريتمي بقانون 6 dB rule و الذي ينص علي أنه كلما زادت المساف ة للضعف فإن الإشارة تضمحل بمقدار 6 dB

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

نستطيع استخدام هذه المعادلات لحساب هذا الفقد البيئي

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

حيث أن

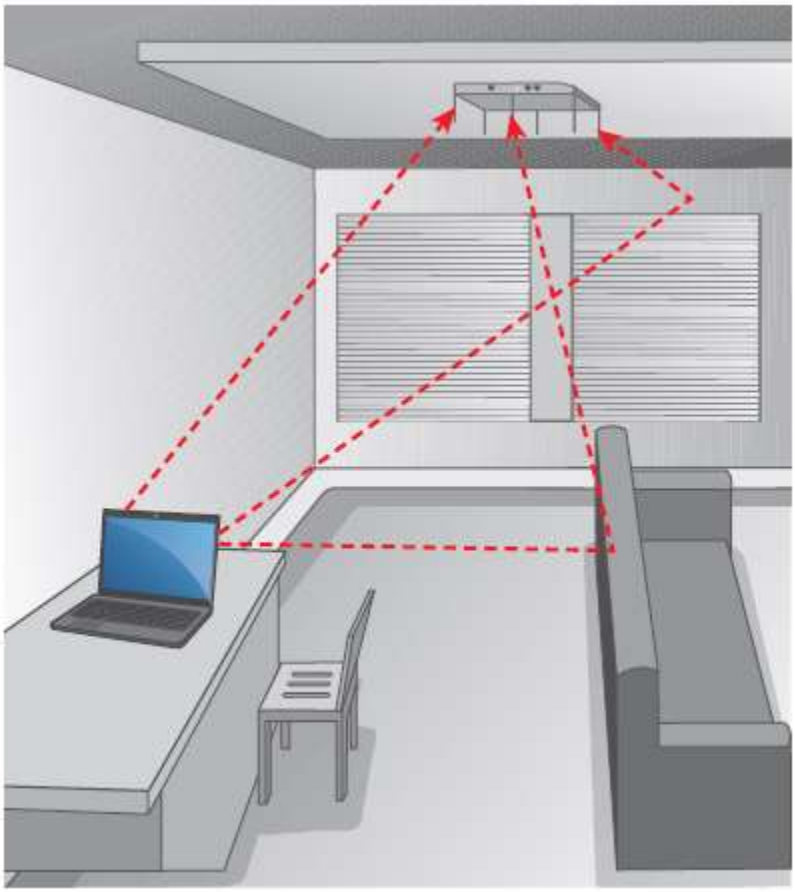
FSPL = path loss in dB

f = frequency in MHz

D = distance in kilometers between antennas

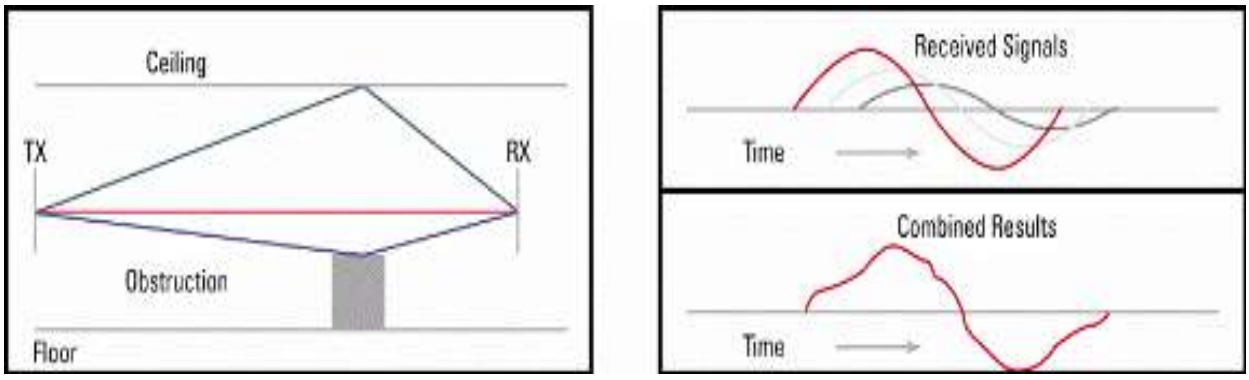
و توجد صفحات علي الإنترنت مخصصة لحساب قيم هذا النوع من الفقد مثل هذه

1.1.1.9
Delay Spread and Multipath



صدي الصوت لا يصل الي آذاننا مرة واحدة بل يتتابع و كأننا تكلمنا اكثر من مرة و ذلك لأن صوتنا وصل الي أكثر من عائق ثم ارتد كل منهم مرسلا صدي صوت علي فترات زمنية هذه الظاهرة تسمي Multipath أي تعدد المسارات و هذه الظاهرة تؤثر كثيرا علي الإشارة اللاسلكية حيث أن أجهزة الإرسال و الاستقبال ان لم تكن بنفس ذكائنا لتعرف أننا تكلمنا مرة واحدة فقط فسيعانون من نفس معاناة الشخص الذي لأول مرة يسمع صدي صوته فسيظن ان أكثر من شخص متواجد معه و هذا سيجعل المرسل و المستقبل يعالج الإشارة أكثر من مرة و هذا استهلاك للقدرة هباء و الأسوأ من ذلك ان معني استقبال نفس الإشارة تباعا علي عدة ازمنه يغير في الطول الموجي مما يجعل الإشارة قابلة لأن تكون معاكسة لنفسها عن استقبالها مرة أخري و هذا يجعلها تلغي بعضها بعضا كما هو معروف حيث ان أحدها سيكون موجب و الآخر سالب و بنفس القيمة و هذا يسمي out of phase

و هذا ناشيء عن وجود العوائق التي تكسر و تعكس الإشارة فلا تصل بنفس الطاقة و لا في نفس الوقت و عندما يقوم الهوائي بإكتشافها فإنه لا يري الإشارة الأصلية فقط بل يري مجموع الإشارات الواصلة اليه و التي تختلف فيما بينها في الطور كما بالشكل



و ياتي تضرر البيانات علي صور شتي تعتمد علي مجموع الإشارات عند المستقبل مثل

Data Corruption

تضرر البيانات بشكل يتعذر علي المستقبل الكشف عن الإشارة و يسمي هذا النوع أيضا بـ intersymbol interference (ISI). و هو أكثر الأنواع انتشارا و ضررا

Signal Nulling

الإشارة الواصلة تكون منعدمة تماما و ذلك يحدث عندما تكون الإشارات مجموعها صفر نتيجة لتشابه الإشارات في القيمة و متعاكسة في الطور

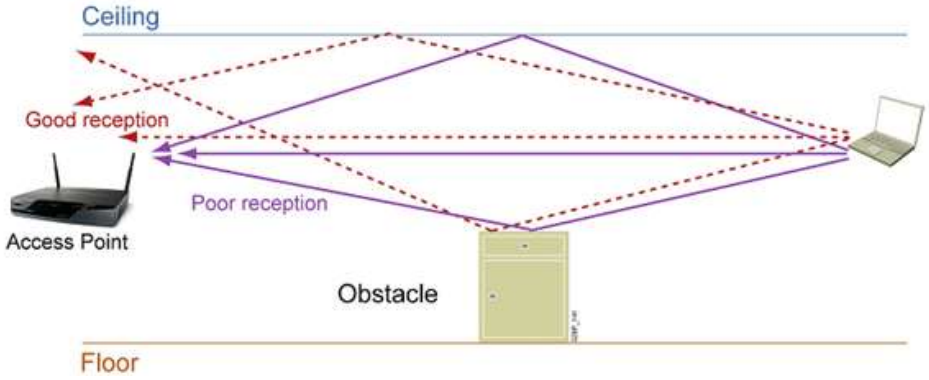
Increased Signal Amplitude

الإشارات متشابهة في الطور مما يزيد في قيمة الإشارة

Decreased Signal Amplitude

الإشارة الناتجة تكون اقل من الإشارة الأصلية و ذلك لإختلاف طور الإشارات مما يجعل مجموعهما أقل

في كل الحالات تكون الإشارة المستقبلة مختلفة عن الإشارة المرسلة و ذلك كما قلنا لأن الهوائي يلتقط اشارة مختلفة في وقت واحد "لنفس الإشارة" كما بالشكل

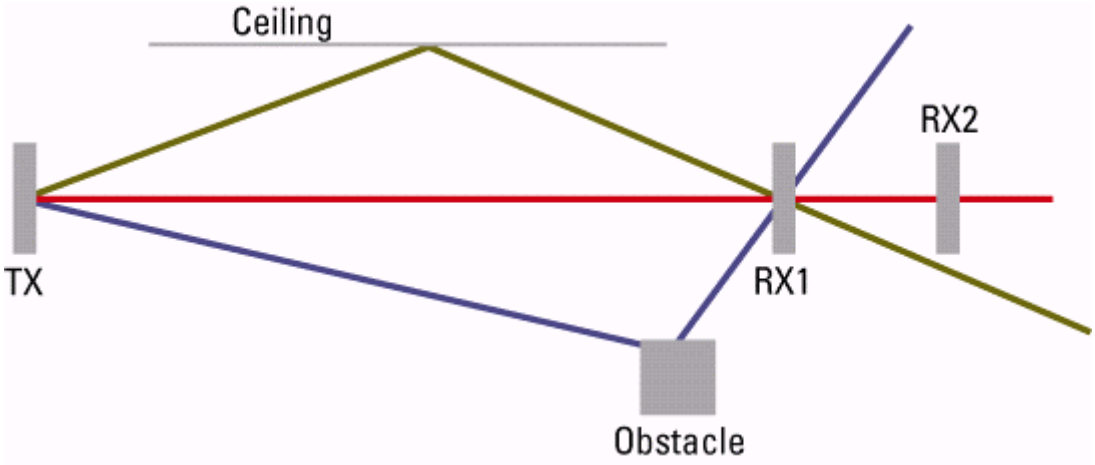


إذن فما الحل ؟

الحل الأول هو استخدام هوائيات من فئة directional antennas والتي توجه الإشارة في اتجاه واحد مما يمنعها من تعدد مساراتها

الحل الثاني لتصحيح ظاهرة Multipath قاموا بتصميم أكسس بوينت متعدد الهوائيات بشرط ان تكون الهوائيات متشابهة و متناسقة و بنفس الكفاءة و بنفس الصفات الراديوية و علي بعد طول موجي موحد و ذلك كي تستطيع تغطية نفس المنطقة و هذه الهوائيات لا تستخدم بغرض تمديد نطاق الهوائيات بل لتحسين تغطية الهوائي للمنطقة و هو ما يسمي بـ Diversity و هذا جهاز Cisco Aironet 350 Series Wireless يحتوي علي هوائيان Diversity

و الفكرة في وجود الهوائيين أن الأكسس بوينت يختبر "مقدمة Preamble "الإشارة الواصلة لكل من الهوائيين ثم يقارن بينهما و يتخير الإشارة الأفضل ثم يكمل استقبال باقي الإشارة من نفس الهوائي كما بالشكل



نادر المنسي