

ITRAINONLINE MMTK

الأساسيات الفيزيائية للشبكات اللاسلكية - كراسة المتدرب

إعداد: سيباستيان بويتريخ، wire.less.dk
النسخة العربية: أنس طويلة، anas.tawileh.net

1.....	ITRAINONLINE MMTK
1.....	الأساسيات الفيزيائية للشبكات اللاسلكية - كراسة المتدرب
1.....	عن هذا المستند
1.....	معلومات حفظ الملكية الفكرية
2.....	الحقول والأمواج الكهرطيسية
4.....	الطيف الكهرطيسي
5.....	الترددات في الشبكات اللاسلكية
8.....	إنتشار الأمواج الكهرطيسية
8.....	الإمتصاص
9.....	الانعكاس
11.....	الإنكسار
11.....	التشويش
12.....	إعتماد التأثيرات على التردد
12.....	البث اللاسلكي في الفضاء الطلق
12.....	خسارة الفضاء الطلق
13.....	مناطق فرانيل
13.....	خط النظر
14.....	المسارات المتعددة
14.....	الحساب بالديسيبل
15.....	قدرة الإرسال
15.....	حساسية الإستقبال
16.....	متى نحتاج الفيزياء؟

عن هذا المستند

تشكل هذه المواد التدريبية جزءاً من حزمة تدريب الوسائط المتعددة Multimedia Training Kit - MMTK. توفر هذه الحزمة مجموعة متكاملة من المواد التدريبية والموارد الداعمة للإعلام الإجتماعي، مراكز الوسائط المتعددة للمجتمعات، مراكز الولوج البعيد وغيرها من المبادرات باستخدام تقنيات المعلومات والإتصالات لتدعيم المجتمعات ودعم نشاطات التنمية.

معلومات حفظ الملكية الفكرية

لقد تم إصدار هذه الوحدة ضمن إتفاقية الترخيص Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5. للحصول على المزيد من المعلومات عن كيفية استخدام هذه المواد يرجى الإطلاع على نص حماية الملكية الفكرية المضمن مع هذه الوحدة أو راجع <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

الحقول والأمواج الكهرومغناطيسية

تتواجد القوى الكهرومغناطيسية بين الشحنات والتيارات الكهربائية.

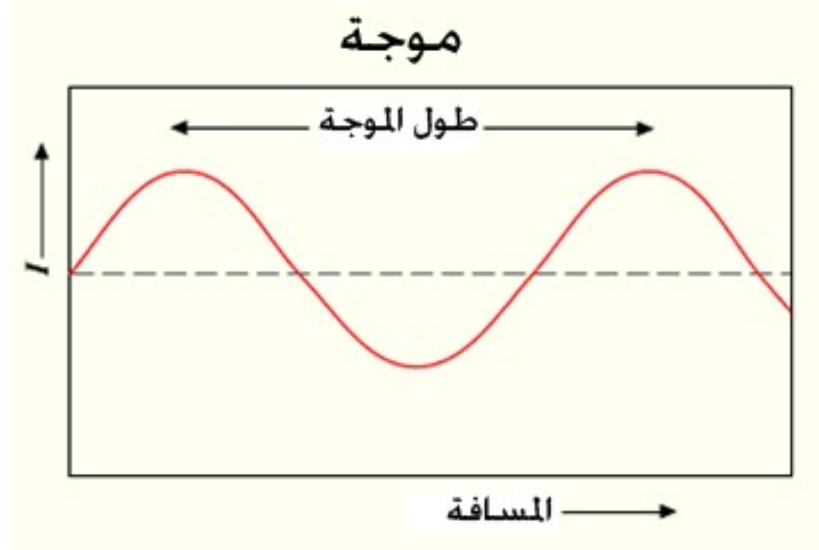
يمكن تحديد وحساب الحقل الكهرومغناطيسي لأي نقطة في الفضاء (القوة التي يمكن تحسسها بشحنة أو تيار في هذه النقطة).

تمثل قيمة الحقل الكهربائي E القوة بين الشحنات.

يمثل الحقل المغناطيسي H القوة بين التيارات.

كما تستطيع موجة ضغط الهواء الانتقال من مكان لآخر - مثلما تنتقل الأصوات- فإن الحقل الكهرومغناطيسي يستطيع التنقل كموجة كهرومغناطيسية تدعى عادة بالإشعاع الكهرومغناطيسي.

من الأمثلة على الأمواج الكهرومغناطيسية: الضوء، الأشعة السينية X-Ray، الأمواج المايكروية وأمواج الراديو. تتمتع الأمواج الكهرومغناطيسية بميزة فائقة الأهمية وهي بأنها لا تحتاج إلى ناقل! أي أنها لا تتطلب وجود الهواء أو الفضاء لحملها كما هو الحال في الأمواج الصوتية.



$$c = \lambda \times f$$

حيث c هي سرعة الضوء، وتساوي 3×10^8 متراً في الثانية (أي 300,000 كيلومتراً في الثانية) λ لامتداد هي طول الموجة (بالمتر)

f هو التردد ($s = \text{Hz}/1$) ويقاس بالهرتز، يدعى أيضاً نيو (ν)

يستغرق انتقال الضوء (أو الإشارة اللاسلكية) 1,3 ثانية للانتقال من القمر إلى الأرض، 8 دقائق من الشمس إلى الأرض و 300 مايكروثانية (0,3 ميلي ثانية) للانتقال مسافة تعادل 100 كيلومتر.

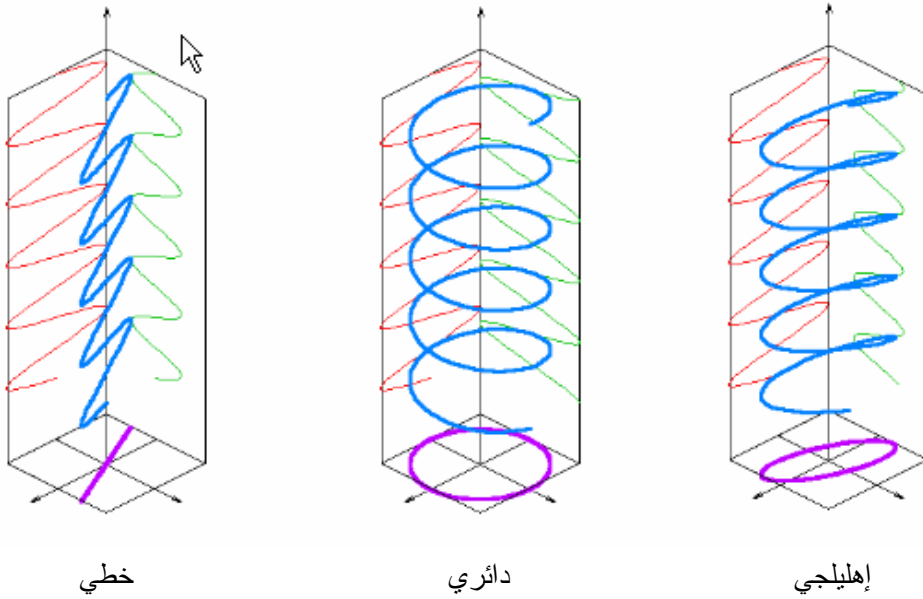
تذكرة بالقوى العشرية: والتي يمكن استخدامها لتمثيل جميع وحدات القياس، مثل المايكرومتر، الكيلوهرتز أو الميغابايت.

μ	1,000,000/1	10^{-6}	مايكرو
m	1000/1	10^{-3}	ميلي
c	100/1	10^{-2}	سنتي
k	1,000	10^3	كيلو
M	1,000,000	10^6	ميغا
G	1,000,000,000	10^9	غيغا

الإستقطاب هو إتجاه شعاع الحقل الكهربائي.

λ لامبدا تمثل طول الموجة (بالأمتار)

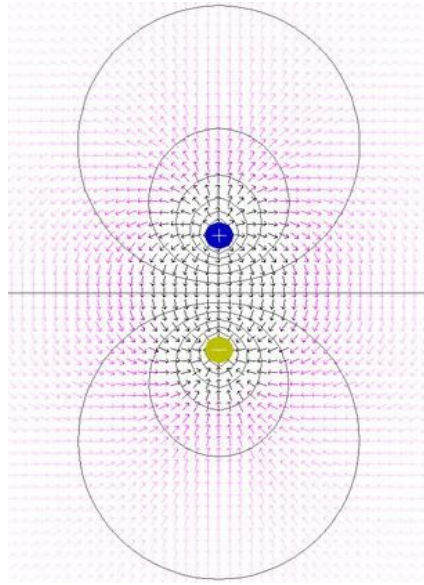
يتخذ الإستقطاب أحد ثلاثة أشكال: خطي، إهليلجي أو دائري.



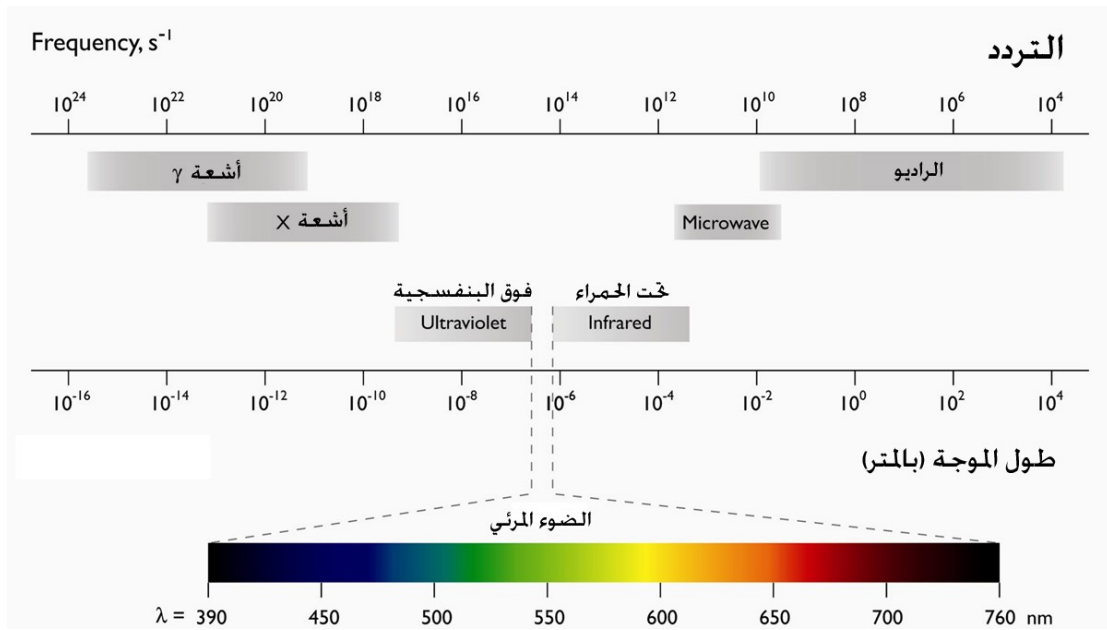
مثال: الإشعاع الدايبولي Dipole

وهو الحقل المغناطيسي الذي يجعل نظاماً من الإلكترونات تتذبذب ضمن ناقل خطي (كقطعة مستقيمة من سلك).

يعتبر أيضاً واحداً من أبسط أنواع الهوائيات: الهوائي الدايبولي.



الطيف الكهرومغناطيسي



الترددات في الشبكات اللاسلكية

يتم التركيز في سياق الشبكات اللاسلكية بشكل رئيس على الحزم المخصصة للأغراض الصناعية، العلمية والطبية ISM والتي لا تتطلب الحصول على ترخيص:

الحزمة 2.4 غيغاهرتز	802.11b/g	لامبدا λ = سم 12
الحزمة 5.0 غيغاهرتز	802.11a	لامبدا λ = سم 5-6

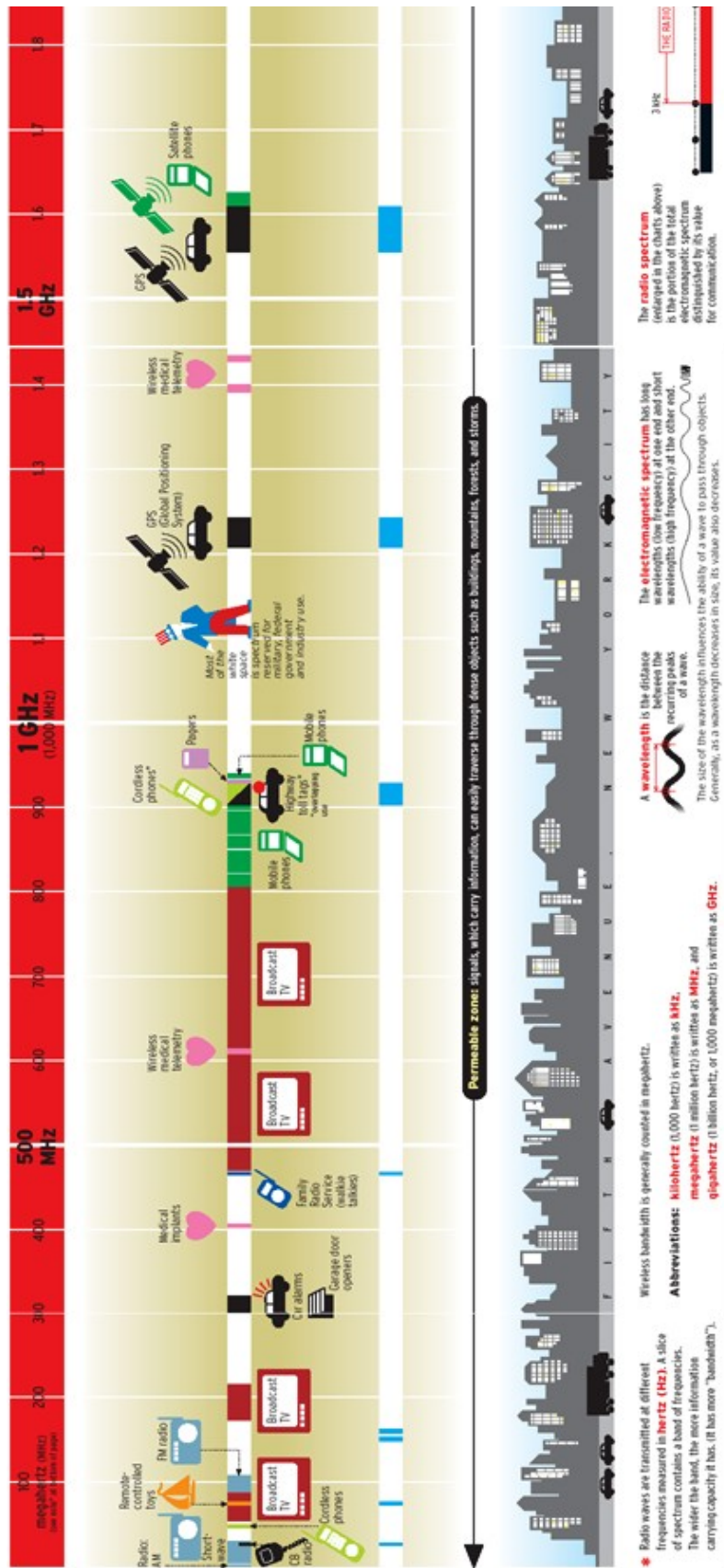
هناك أيضاً نطاقات الترددات التالية والمستخدمه على نطاق أضيق:

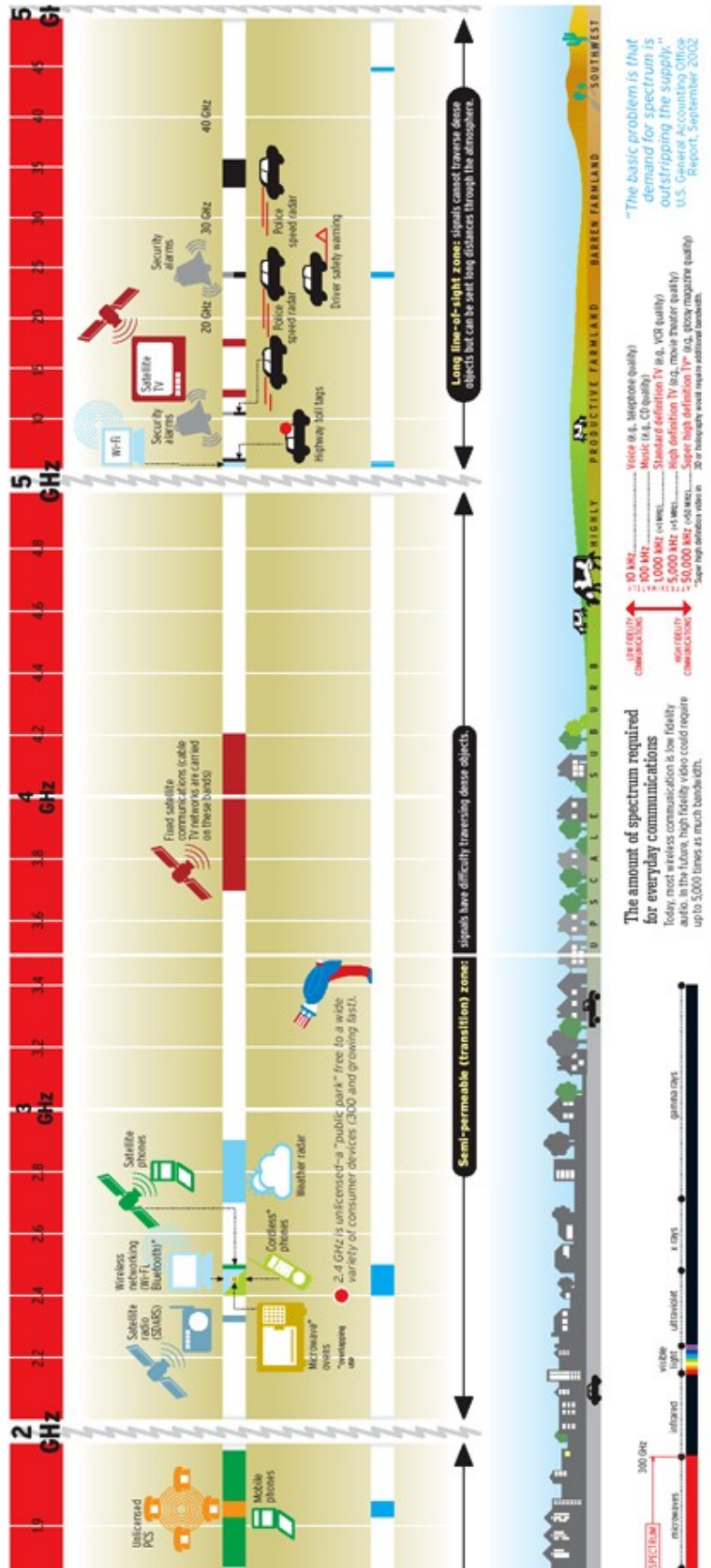
915 ميغاهرتز

3.5 غيغاهرتز

وغيرها.

تعطي الأشكال التالية لمحة عامة عن الطيف الكهربي، أهميته واستخداماته (هذه الصور منقولة عن دليل المواطن للأمواج الهوائية من مؤسسة أمريكا الجديدة (<http://newamerica.org>)).





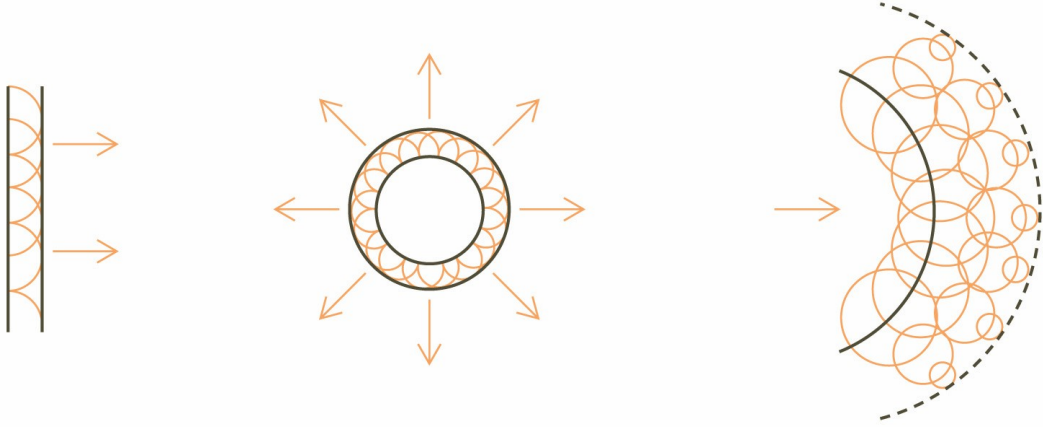
إنتشار الأمواج الكهرطيسية

من أهم المبادئ التي لا بد من فهمها لاستيعاب آلية إنتشار الأمواج الكهرطيسية والراديوية مبدأ هويغنز Huygens والذي يمكن تبسيطه على النحو التالي:

يمكن النظر إلى أية نقطة من موجة ما وكأنها نقطة بداية جديدة لمجموعة من الأمواج الكروية المولدة في اتجاه انتشار الموجة.

إن تصور هذه الأمواج الكروية مجتمعةً على شكل واجهة للموجة (wave front) سيساعدك على فهم سبب قدرة واجهة الموجة (عند عدم اعتراضها بأيّة عوائق) على الإستمرار في التنقل دون تغيير شكلها.

يوضّح مبدأ هويغنز أيضاً سبب عدم انتقال الضوء (أو الأمواج اللاسلكية، أو أية موجة كهرطيسية) ضمن مسارات مستقيمة على الدوام.



تتعرض الأمواج الكهرطيسية لعدة مؤثرات أساسية:

- الإمتصاص
- الإنعكاس
- الإنكسار
- التشويش

الإمتصاص

تتضاءل الأمواج اللاسلكية (من أي شكل كان) أو تضعف عند مرورها عبر مادة ما، مما يؤدي إلى انتقال الطاقة إلى المادة التي تنتقل عبرها.

تتناقص قدرة الموجة بشكل متزايد ضمن المادة الناقلة، وبشكل متزامن مع تناقص خطي في قيمة الديسيبل dB المكافئة (تابع القراءة لمزيد من التفاصيل عن الديسيبل).

عادة ما يستخدم معامل الإمتصاص (والذي يقاس بالديسيبل في المتر) لتوصيف تأثير المادة الناقلة على الإشعاع كيميا.

نلاحظ بشكل عام بأن المواد الناقلة تملك قدرةً عاليةً على إمتصاص الإشارة، وبشكل خاص المعادن. يعتبر الماء أيضاً بجميع أشكاله (مطر، ضباب، أنابيب المياه...) من المواد عالية الإمتصاص للأمواج اللاسلكية ذات الترددات الخاصة بالشبكات اللاسلكية.

من المواد متوسطة الإمتصاص الأحجار، الطوب، الإسمنت وذلك تبعاً للمواصفات الخاصة بكل مادة. وكذلك الأمر بالنسبة للأخشاب، الأشجار.. إلخ حيث تتعلق على الإمتصاص بمدى تركيز الماء ضمنها.

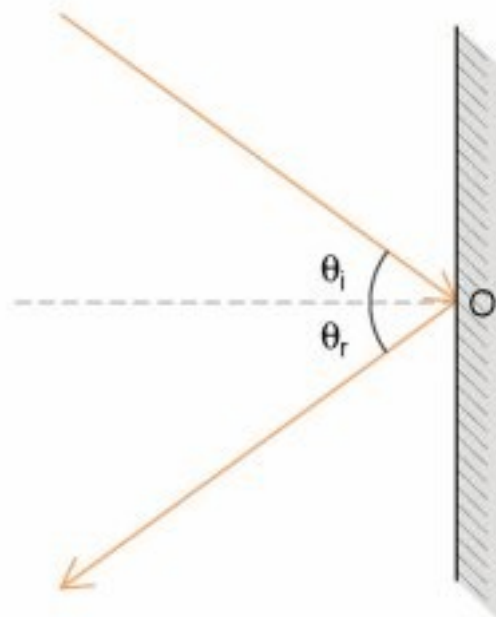
فيما يتعلق بامتصاص الأمواج اللاسلكية فإن جسم الإنسان والحيوان يحتويان على كميات من الماء، مما يجعلها قادرةً على امتصاص الأمواج.

الإنعكاس

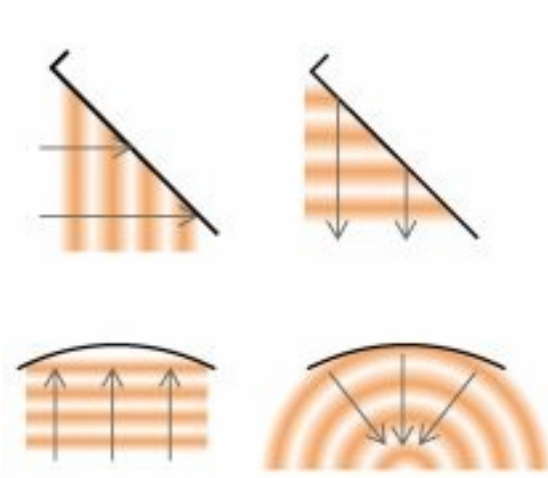
جميعنا يعرف كيفية انعكاس الضوء المرئي في المرآة أو على الأسطح المائية.. إلخ

بالنسبة للترددات الراديوية فإن الإنعكاس يحدث بشكل رئيس على السطوح المعدنية، ولكنه يحدث أيضاً على سطح الماء أو المواد الأخرى الملائمة.

تتعكس الموجة المرتدة بنفس الزاوية التي وردت فيها إلى السطح.

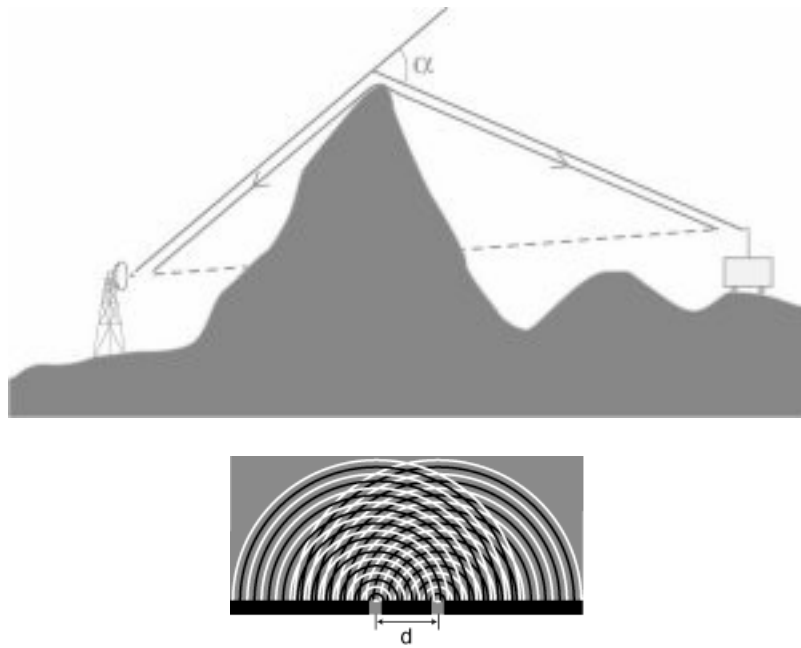


هناك حالتان مهمتان للإعكاس:



الإعكاس على سطح مستوٍ

الإعكاس على سطح مقوس

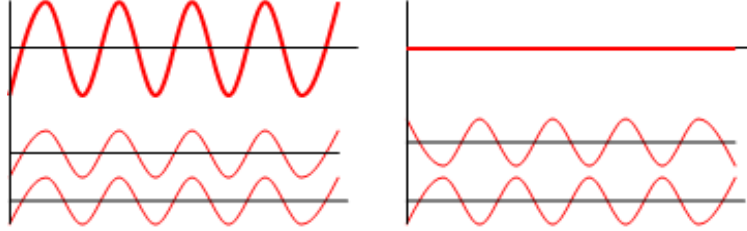


الإتكسار

الإتكسار هو الإنحناء أو الإنتشار الواضح للأمواج عند اصطدامها بعائق ما. يعتبر الإتكسار نتيجةً منطقيةً لمبدأ هويغنز، ويرتبط بشكل تقريبي مع طول الموجة.

التشويش

بإمكان الأمواج ذات التردد نفسه والتي تملك علاقة طور ثابتة (الموقع النسبي للأمواج) أن تقوم بإلغاء بعضها البعض، أي أن $0 = 1 + 1$



يشترط لحدوث هذه الظاهرة بصيغتها المثلى (الإلغاء التام أو التضخيم الأعظمي) أن تمتلك الأمواج نفس الطول تماماً إضافةً إلى علاقة طور ثابتة.

تستخدم كلمة (تشويش) في مجال الشبكات اللاسلكية بمعناها الأشمل للتعبير عن الإضطراب الناجم عن مصادر الترددات الراديوية الأخرى (كالأقنية المجاورة على سبيل المثال).

إعتماد التأثيرات على التردد

مع أن اعتماد جميع هذه التأثيرات على التردد قد يكون قوياً جداً ومعقداً - عند حساب إمتصاص الصدى على سبيل المثال - فإن بعض القواعد البسيطة جداً تمتلك فائدةً جمةً في فهم وتخطيط البث اللاسلكي:

- كلما ازداد طول الموجة ازدادت سرعة انتقالها.
- كلما ازداد طول الموجة ازدادت قدرتها على المرور عبر وحول العوائق.
- كلما قصر طول الموجة ازدادت قدرتها على نقل المزيد من البيانات.

البث اللاسلكي في الفضاء الطلق

سنلقي فيما يلي نظرةً على أربعة مبادئ / تأثيرات متعلقة بالبث اللاسلكي:

- خسارة الفضاء الطلق (FSL): وهي حقيقة خسارة الموجة اللاسلكية للقدرة، حتى عند انتقالها وفق خط مستقيم يمر في حقل مفرغ من الهواء.
- مناطق فراتيل (Fresnel Zones): وهي حقيقة أن الموجة اللاسلكية تنتقل عبر منطقة عريضة تشبه شكل السيجار وليس ضمن خط مستقيم.
- خط النظر: وكيفية تحديده للأمواج اللاسلكية.
- تأثيرات المسارات المتعددة: وهي حقيقة أن إشارةً مبدئيةً قد تجد طرقاً مختلفةً للوصول إلى وجهةٍ محددة.

لاحظ بأنه حتى الآن يمكن إلى حد ما استيعاب هذه التأثيرات بتطبيق مبدأ هويغنز .

خسارة الفضاء الطلق

تتناسب خسارة القدرة في الفضاء الطلق طردياً مع مربع المسافة ومربع التردد - وتقاس هذه الخسارة بالديسيبل. يمكن التعبير عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$FSL [dB] = C + 20 * \text{Log } D + 20 * \text{Log } F$$

حيث D هي المسافة

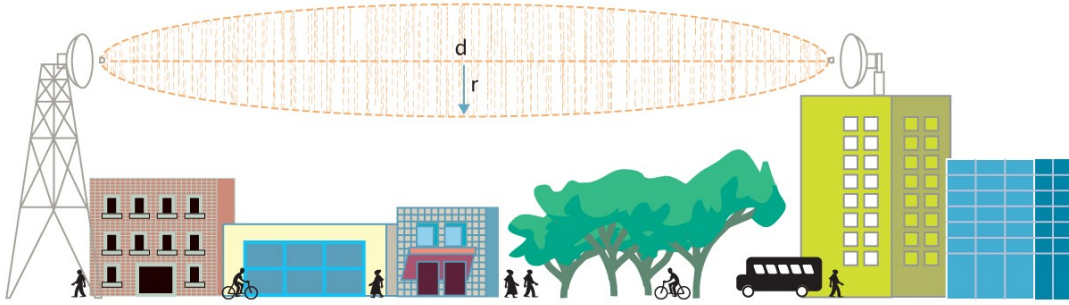
F التردد بالميجاهرتز

والثابت C يساوي 36.6 إذا تم تحديد المسافة D بالميل و 32.5 إذا تم تحديدها بالكيلومتر.

مناطق فرانييل

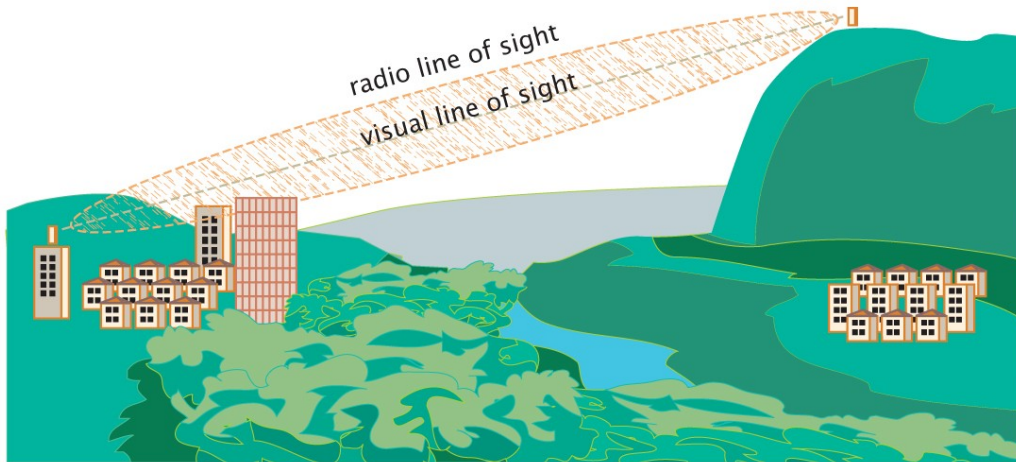
يمكننا إذا ما أخذنا مبدأ هويغنز بعين الإعتبار ملاحظة أنه حتى النقاط الواقعة خارج المحور المباشر بين النقطتين A و B ستقوم بإشعاع بعض القدرة باتجاه النقطة المستقبلة B.

ينبغي أن يأخذ التحليل التفصيلي بالحسبان التشويش الناتج بين جميع الأمواج المختلفة. على الرغم من أن هذا التحليل لا يدخل ضمن سياق هذه الوحدة من الدورة التدريبية إلا أن نتيجته ستحدد هذا الشكل لمنطقة فرانييل الأولى والتي ينبغي أن تبقى متاحة للحصول على جزء جيد من الطاقة من A إلى B.



خط النظر

يمكن تحديد واستيعاب خط النظر للضوء المرئي بسهولة، إلا أنه أكثر تعقيداً للوصلات اللاسلكية. بشكل عام ينبغي توفير خط نظر (بصري) متاح للوصلة اللاسلكية بالإضافة إلى قليلٍ من المساحة حوله (كما تحدها مناطق فرانييل).



المسارات المتعددة

قد تصل الإشارة نفسها إلى الجهة المستقبلية عبر عدة مسارات مختلفة نتيجة الانكسار أو غيره.

قد تتسبب التأخيرات، التشويش والتعديل الجزئي للإشارة في بعض المشاكل.

يمكن استغلال تأثيرات المسارات المتعددة لتجاوز عقبات خط النظر.

من الممكن تحقيق وصلات لا تتبع خطأ للنظر (NLOS) باستخدام تقنيات لاسلكية منيعة بما فيه الكفاية ضد تأثيرات تعدد المسارات عبر استثمار هذه التأثيرات للمساهمة في نقل الإشارة.

الحساب بالديسيبل

يتم تعريف الديسيبل dB كعلاقة بدون وحدة قياس تحسب بالمعادلة التالية:

$$\text{التعريف: } (\text{dB} = 10 \times \text{Log} (P1 / P0)$$

من القيم الهامة التي ينبغي تذكرها:

3 dB: قدرة مضاعفة

10 dB: عشرة أضعاف = $\times 10$

هناك بالإضافة إلى الديسيبل عديم الوحدة عدد من العلاقات النسبية المحددة بناءً على قاعدة ذات قيمة معينة. أكثر هذه العلاقات استخداماً:

dBm = ديسيبل بالنسبة إلى 1 ميلي وات

dB_i = ديسيبل بالنسبة إلى هوائي أيزوتروبي مثالي

أمثلة:

$$1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm}$$

$$100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm}$$

$$1 \text{ W} = 30 \text{ dBm}$$

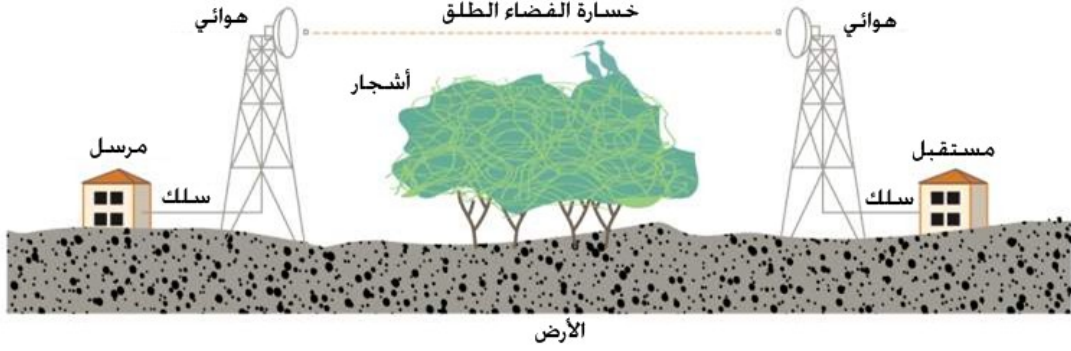
بعض العبارات الشائعة التي ستجدها في مواصفات التجهيزات اللاسلكية ومستندات التخطيط:

* هوائي متعدد بربح قدره 6 ديسيبل *

* سلك (RG213) ذو خسارة قدرها 0.5 ديسيبل في المتر *

تبرز أهمية الحساب بالديسيبل عند تحديد ميزانية الوصلة.

مسار إرسال كامل



التعريف: $\text{Log} (P1 / P0) * 10$

قدرة مضاعفة = dB 3

dB 10 = عشرة أضعاف = $x 10$

قدرة الإرسال

هي القدرة التي تبثها بطاقة الشبكة اللاسلكية.

مثال من مواصفات بطاقة شبكة لاسلكية تعمل بمعايير 802.11a/b:

قدرة الخرج:

802.11b : 18 dBm - قدرة أعظمية (65 ميلي وات)

802.11a : 20 dBm - قدرة أعظمية (100 ميلي وات)

حساسية الإستقبال

تحدد كمية القدرة التي تحتاج بطاقة الشبكة اللاسلكية استقبالها لكي تعمل بشكل جيد.

مثال من مواصفات بطاقة شبكة لاسلكية تعمل بمعايير 802.11b:

حساسية الإستقبال:

1 ميغابت في الثانية - 95 dBm

- 2 ميغابت في الثانية - 93 dBm
- 5.5 ميغابت في الثانية - 91 dBm
- 11 ميغابت في الثانية - 98 dBm

متى نحتاج الفيزياء؟

سنقوم بناء على الفصول السابقة باستعراض بعض الحالات للإجابة على السؤال التالي:

متى تصبح الفيزياء ضرورية في الشبكات اللاسلكية؟

الجواب بسهولة:

دائماً! وخاصةً:

- عندما تتوضع نقطة النفاذ تحت طاولة للمكتب
- عندما ينتهي الشتاء ويبدأ الربيع
- عندما تشتد ساعة الإزدحام في المدينة
- عند بناء وصلات لمسافات طويلة جداً (بسرعة الضوء!)
- عندما تريد تمييز الغث من الثمين من كلام مندوبي المبيعات.

تحتوي المكاتب عادةً على كم هائل من مقومات المسارات المتعددة والأشياء المسببة للمشاكل: أشخاص، بنية تحتية معدنية (حواسيب، مشعات حرارية، طاولات، وحتى أقراص مدمجة!). لذلك يعتبر اختيار المواقع والهوائيات أساسياً.

بغض النظر عن موقعك المناخي فإن بعض العوامل مثل نمو النباتات، الرطوبة، الأمطار ... إلخ تتغير عبر فصول السنة.

في حين قد تسمح الأشجار الجافة بمرور الأمواج الراديوية فإن الأشجار الرطبة ستمنعها!

تتغير الظروف في البيئات الحضرية على مدار الساعة: أشخاص، سيارات، شاحنات، تشويش كهربي... عليك أن تتحقق يوم الإثنين من القياسات التي أجريتها يوم السبت.

وصلات المسافات الطويلة

تحدد تطبيقات معايير 802.11 نوافذ نفاذ الوقت time-out windows: PCF, DIFS, SIFS ... هذه النوافذ تخبر جهاز الإرسال بالفترة الزمنية التي يجب أن تنتظر خلالها الحصول على إشعار الإستلام ACK قبل اعتبار بأن الحزمة المرسله قد ضاعت.

في وصلات المسافات الطويلة قد يتسبب زمن إنتقال الإشارة الطويل إلى نفاذ وقت الإنتظار وإلى تدنٍ في الأداء.

تبعاً لمواصفات التجهيزات المستخدمة فإن هذه المشاكل قد تظهر عند مسافة تبلغ 1 - 2 كيلومتراً فقط أو ربما تصل حتى 100 كيلومتر. في جميع الأحوال عليك أخذ هذه التأثيرات بعين الإعتبار.

من المؤشرات المعتادة على مشاكل نفاذ وقت الإنتظار على سبيل المثال ضياعات كبيرة للحزم على الرغم من وجود إشارة قوية.

أخيراً، يتيح لنا استيعاب المفاهيم الفيزيائية المتعلقة بالشبكات اللاسلكية تمييز الغث من الثمين في كلام مندوبي المبيعات:

يستحيل أن يكون لهوائي أو جهاز لاسلكي ما مدى أو مسافة محددة - هذه العبارة تكافئ إدعاء إمكانية التصفيق بيد واحدة.

إن ما تريد الحصول عليه فعلياً هو قيم منطقية لربح الهوائي على سبيل المثال أو قدرة الإرسال لبطاقة الشبكة اللاسلكية.

على الرغم من وعود معايير تقنية WiMAX بإمكانية الحصول على وصلات بدون خط نظر فإن الأمواج الصغرية لن تتمكن من النفاذ عبر المواد الماصة للإشارة.

قد تجعل تقنيات الترميز بعض البروتوكولات أكثر مناعة ضد تعدد المسارات والبيئات عالية الإنعكاس (كالمناطق الحضرية) مما قد يمكنك من (التحرك حول الزوايا) - لكن ذلك لن يغير شيئاً بالنسبة للأمواج الفيزيائية ذاتها، فالجدار المانع سيبقى جداراً مانعاً.