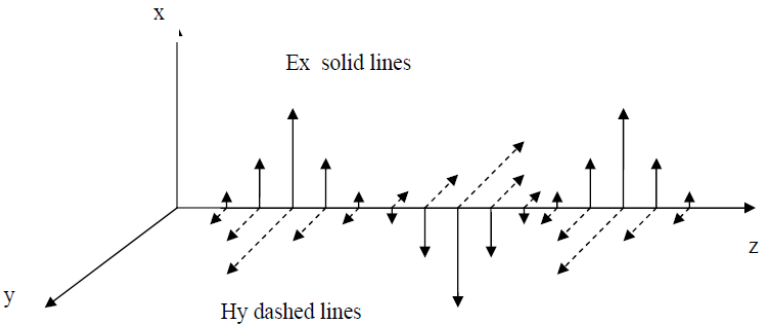
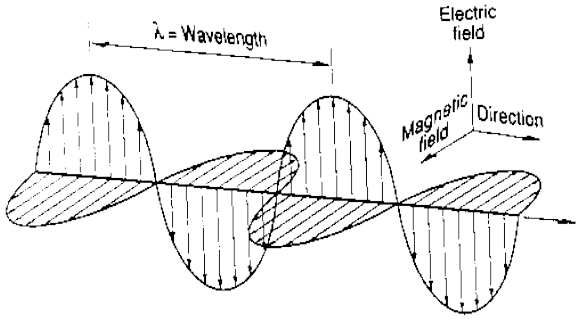
الفصل الاول/الموجات الكهرومغناطيسية

Chapter one/The Electromagnetic waves

(1-1) الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves

الموجات الكهرومغناطيسية هي عبارة عن تغيرات في المجالين الكهربائي E والمغناطيسي H المكونين لهذه الموجة حيث تتكون الموجات الكهرومغناطيسية من مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين يتحركان كلا مع الاخر كما موضح في الشكل (1-1).





شكل (1-1) موجة كهرومغناطيسية

الموجات الكهرومغناطيسية هي الاساس في الاتصالات اللاسلكية والتي فيها يتم الاتصال بين نقطتين او اكثر.

ويحتاج اي نظام اتصال لاسلكي الى هوائي ارسال, لبث الموجات الكهرومغناطيسية التي تمثل المعلومات المرسلة من المصدر كما يحتاج الى هوائي استقبال, لتحويل الموجات الكهرومغناطيسية الملتقطة الى اشارات كهربائية مناسبة للكشف في جهة الاستقبال.

وامثلة الموجات الكهرومغناطيسية (موجات الضوء والموجات فوق الحمراء والموجات فوق البنفسجية وموجات المايكروويف).

والخصائص العامة لهذه الموجات تلخص كالتالي:

1- تنتقل في الفضاء بسرعة الضوء $C=3x10^8$ m/sec , وتتغير هذه القيمة تبعا للخصائص الكهربائية للوسط مثل النفاذية Permittivity (ε) حيث ان لكل مادة ثابت معين يحدد قيمة هذه النفاذية وهذا الثابت هو

$$\varepsilon = \varepsilon_o \varepsilon_r$$

حيث ε_o : النفاذية المطلقة وتساوي

$$\varepsilon_o = 8.85 \times 10^{-12}$$
$$= (1/36\pi) \times 10^{-9}$$

ε_r : النفاذية النسبية وهي تختلف من وسط الى وسط وتساوي واحد للفراغ.

وكذلك السماحية M Permeability (μ) حيث لكل مادة ثابت معين يحدد قيمة هذه السماحية وهذا الثابت يساوي

$$\mu = \mu_o \mu_r$$

μ_o : السماحية المطلقة وتساوي

$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$$

μ_r: السماحية النسبية وهي تختلف من وسط الى وسط وتساوي واحد للمواد غير المغناطيسية.

والعامل الاخر هو التوصيلية Conductivity (σ) : هذا الثابت يحدد قدرة الاوساط على توصيل الطاقة الكهربائية .

2- الطول الموجي لها $\lambda = v / f$ حيث

λ: الطول الموجي . **v**: سرعة الموجة وهي تساوي سرعة الضوء عندما تنتشر الموجة في الفراغ **f:** التردد

3- القطبية Polarization : تحدد القطبية للموجات الكهرومغناطيسية بطبيعة وشكل مركبة المجال الكهربائي الموجود في الموجة حيث يحدد الشكل الذي يرسمه المجال الكهربائي في الموجة اثناء انتشارها نوعية القطبية.

4- الخصائص الضوئية Optical properties : عندما تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة كهربائيا فانها قد تعاني مما يعاني منه الضوء عند انتقاله في الاوساط المختلفة. فقد يحدث لهذه الموجات:

1- انكسار Refraction 2- انعكاس Reflection 3 - تشتت Diffraction 4- تداخل Interference

(1-1-1) طرق انتشار الموجات الكهرومغناطيسية Methods of Propagation

توجد طرق عديدة يمكن ان تنتشر بها الموجات الكهرومغناطيسية ويعتمد ذلك على نظام الاتصالات وطبيعة وسط الانتشار. وبناء على ذلك يمكن تصنيف الموجات الى ثلاثة انواع هي:

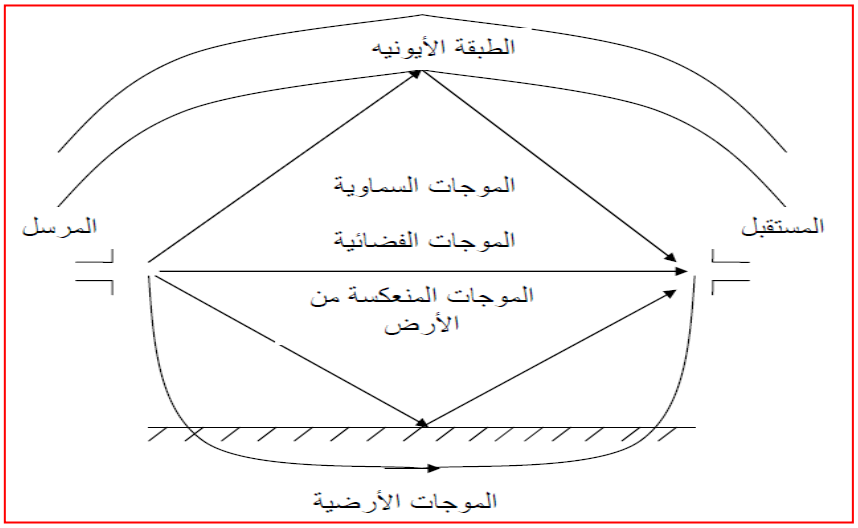
A- **الموجات الارضية Ground waves** : هي الموجات الكهرومغناطيسية التي تستخدم القشرة الارضية كوسط انتشار لذلك فانها في بعض الاحيان تسمى الموجات السطحية.

B - **الموجات الفضائية Space waves** : تتكون من شقين

1- الموجات المباشرة (Direct waves) ⟸ وهي التي تنطلق من المرسل الى المستقبل مباشرة وهي تمثل اكثر من 90% من الموجات الفضائية وهذه الموجات تحدها طبيعة انحناء الارض في المنطقة بين المرسل والمستقبل.

2- الموجات المنعكسة من الارض Ground reflected waves ⟸ وهي جزء من الموجات المنتشرة من المرسل والساقطة على الارض لتنعكس في اتجاه المستقبل, مباشرة وهي اقل من 10% من الموجات الفضائية.

الشكل (2-1) يوضح الانماط الثلاثة.



شكل (2-1) الانماط المختلفة لطرق انتشار الموجات

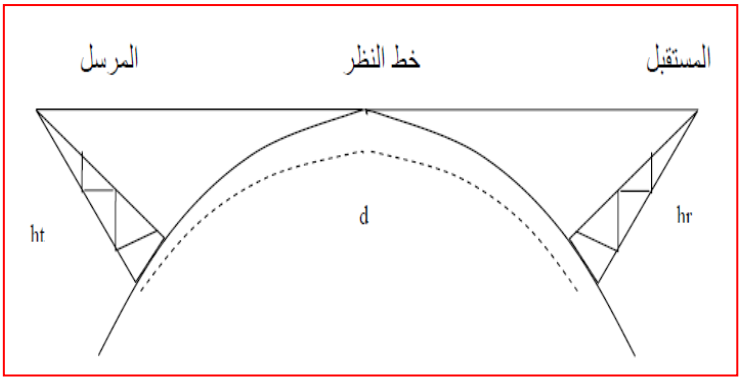
المسافة بين المرسل والمستقبل لهذه الموجات تحددها طبيعة انحناء الارض (خط النظر Direct Path) ولهذا فان المسافة تتراوح بين 36 to 40 Km ويمكن زيادة المسافة بزيادة ارتفاع الابراج.

وقد وجد ان المسافة بين الابراج ترتبط بارتفاعها بالعلاقة التالية: $d = 4\,(ht)^{1/2} + 4\,(hr)^{1/2}$

d : المسافة بين الابراج بالكيلومتر.

ht : ارتفاع الهوائي المرسل بالمتر.

hr : ارتفاع الهوائي المستقبل بالمتر. والشكل (3-1) يبين هذه العلاقة.



شكل (3-1) الموجات الفضائية

مثال/ اوجد ابعد مسافة ممكنة بين هوائي مرسل ومستقبل ارتفاع كل منهما 100 m ؟

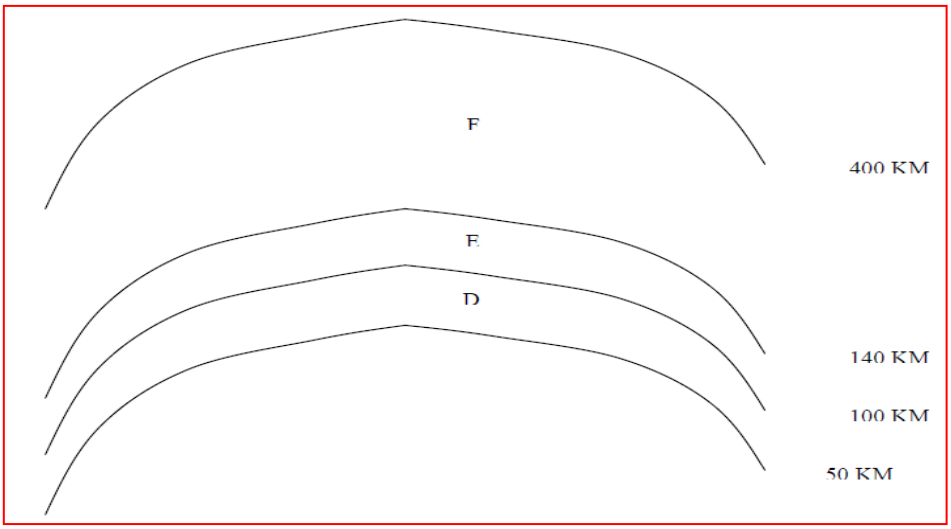
الحل/

$d = 4\,(ht)^{1/2} + 4\,(hr)^{1/2}$
$= 4\,(100)^{1/2} + 4\,(100)^{1/2}$
$= 40 + 40 = 80$ m

C- الموجات السماوية Sky Waves

يكون اتجاه انتشارها في اتجاه السماء حيث تنعكس او تنكسر متجهة الى الخلف في اتجاه الارض وذلك بواسطة طبقة عاكسة في السماء تسمى الطبقة الايونية (Ionosphere Layer).

تنقسم الطبقة الايونية الى ثلاث طبقات رئيسية كما موضح بالشكل (4-1)



شكل (4-1) الطبقات الايونية

1- طبقة D تحتل المنطقة الاولى وذلك من ارتفاع 50-100 Km والتردد الحرج لها هو اعلى تردد في نطاق الموجات النخفضة التردد LF .

2- طبقة E تحتل المنطقة الثانية وذلك من ارتفاع 100-140 Km والتردد الحرج لها هو اعلى تردد في نطاق الموجات المتوسطة التردد MF.

3- طبقة F تحتل المنطقة الثالثة وذلك من ارتفاع 140-400 Km والتردد الحرج لها هو اعلى تردد في نطاق الموجات المرتفعة التردد HF.

لكل طبقة عاكسة تردد حرج وزاوية حرجة:

التردد الحرج هو اعلى تردد ينعكس من الطبقة والتردد الاعلى منه مباشرة يمر ولا ينعكس مع ثبات زاوية السقوط.

الزاوية الحرجة هي اكبر زاوية تنعكس عندها الموجات الكهرومغناطيسية الساقطة على الطبقة والزاوية الاعلى منها مباشرة تمرر الموجات ولا تعكسها مع ثبات التردد.

(1-1-2) الطيف الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Spectrum)

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي:

1- الطيف الراديوي (radio spectrum) الذي يمتد من الصفر حتى 300 جيغاهيرتز والمستغل بأكمله في أنظمة الاتصالات الراديوية .

2- طيف الأشعة المرئية وما تحت الحمراء والذي يمتد من 300 جيغاهيرتز إلى ثلاثة ملايين غيغاهيرتز والمستغل جزئيا في أنظمة الاتصالات الضوئية وأجهزة الرؤيا الليلية .

3- طيف الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية والكونية والتي يتعذر استخدامها لصعوبة توليدها ولخطورتها على الكائنات الحية إلا في بعض التطبيقات الطبية والصناعية كاستخدام الأشعة السينية في تصوير الأجسام الحية واختبار المواد. ونظرا للتباين الكبير في خصائص الموجات الكهرومغناطيسية الراديوية من حيث طرق توليدها وانتشارها وأنواع الهوائيات المستخدمة فيها .

(1-1-2-1) نطاق الترددات الراديوية وخصائصه RF properties

الجزء الاهم في الطيف الراديوي هو نطاق الترددات الراديوية لما له من اهمية خاصة في انظمة الاتصالات حيث يمتد من 3KHz - 300GHz .

الجدول التالي يبين الحزم الثماني لطيف الترددات الراديوية مع توضيح لمدى الترددات والاطوال الموجية.

القسم	الترددات	أطوال الموجات
قسم الترددات المنخفضة جداً(VLF)	3kHz-30kHz	100km-10km
قسم الترددات المنخفضة(LF)	30kHz-300kHz	10km-1km
قسم الترددات المتوسطة(MF)	300kHz-3MHz	1km -100m
قسم الترددات العالية(HF)	3MHz-30MHz	100m-10m
قسم الترددات العالية جداً(VHF)	30MHz-300MHz	10m-1m
قسم الترددات المتفوقة(UHF)	300MHz-3GHz	1m-10cm
قسم الترددات الفائقة(SHF)	3GHz-30GHz	10cm-1cm
قسم الفائقة للغاية (EHF)	30GHz-300GHz	1cm-1mm