الفصل الأول

مقدمة في الاتصالات

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الأول

مقدمة في الاتصالات

Introduction to Communications

يقدم هذا الفصل نظرة عامة إلى هندسة الاتصالات تبدأ بلمحة تاريخية تتضمن استعراضاً لتطور الاتصالات الكهربائية منذ أن وضع أوم Ohm قانونه الشهير وحتى الآن. يلي ذلك استعراض لعناصر أنظمة الاتصالات في الإرسال والاستقبال ثم دراسة لطيف الترددات الكهرومغناطيسية وتقسيماتها المختلفة ، بعد ذلك نتطرق إلى قنوات الاتصال السلكية واللاسلكية ، وحيث أن نظم الاتصالات لاتخلو من الضوضاء الداخلية والخارجية فقد خصص بند لذلك ، وينتهي الفصل بشرح لبعض المفردات اللازمة لفهم أنظمة الاتصالات وجدولة الثوابت والوحدات المستخدمة في الكتاب .

١-١ لمحة تاريخية Historical Review

منذ فجر التاريخ والإتصالات تشكل جزءً من حياة الإنسان اليومية ، فعندما يتحدث كل منا إلى الآخر فإن المتحدث هو المرسل والمستمع هو المستقبل والمسافة بينهما هي قناة الإتصال ، فلو ابتعدنا عن بعضنا فقد لايسمع أي منا الآخر فنضطر في هذه الحالة إلى استخدام الإشارة إذا كان نظر المستقبل موجهاً إلى المرسل. وحتى في هذه الحالة هناك مسافة معينة للإتصال عندها نضطر إلى البحث عن وسائل أخرى ،منها مثلاً أن نكلف أحد الأشخاص بنقل رسالة إلى شخص آخر . وهذه الطريقة لها محاذيرها إذ قد لايستطيع هذا الشخص تذكر المعلومات المراد نقلها ،كما أن المسافة والسرعة محدودتان. يتضح من هذا المثال أن هناك ثلاثة عناصر تحدد مواصفات نظام الإتصال، وهي كمية المعلومات المنقولة ، وسرعة نقل المعلومات، ومسافة نقلها.

وقد تطور الأمر بعد اكتشاف الكتابة والقراءة. فقد باتت المعلومات تكتب وترسل باليد ، لكن حامل المعلومات لايستطيع أن يسرع بها كما أن المسافة التي

يستطيع أن يقطعها قد قلت بسبب مايحمله من رسائل ثم استخدمت الحيوانات لنقل هذه الرسائل ، وقد يستغرق تبادل الرسائل أياماً وأشهر طويلة. وقد استطاع الإنسان في بحثه عن وسائل تمكنه من زيادة سرعة مراسلاته أن يكتشف مزايا الحمام الزاجل إذ تستطيع الحمامة الطيران لمدة تصل إلى سبع عشرة ساعة دون توقف وبسرعة تصل إلى ستين كيلومتراً في الساعة. وقد كان هذا الطائر ولفترة طويلة هو المرسال السريع ، غير أن مايستطيع حمله من معلومات كان محدوداً .

في القرن الثامن عشر ميلادي بدأ نظام الإتصالات المعروف « بالسيمافور» ينتشر في بقاع كثيرة من العالم كوسيلة من وسائل الإتصال السريع .ويعتمد هذا النظام على تمثيل الكلمات بإشارات حركة أعلام أو إشارات ضوئية ، وقد كان إستخدامه في البداية مقصوراً على تبادل الإتصالات بين السفن عند تقاربها إلى مدى الرؤية أو بين الموانيء والسفن خصوصاً أثناء الليل للمساعدة في توجيه حركتها. ثم امتد إستخدامه ليشمل إقامة محطات سيمافور بين المدن وكانت هذه المحطات عبارة عن أبراج عالية لاتتجاوز المسافة بين محطتين متجاورتين الثلاثة كيلو مترات. وكانت كل محطة تقوم بملاحظة الإشارات القادمة من محطة مرسلة تسبقها لتقوم بعد ذلك بنقلها كما جاءت إلى محطة أخرى تليها ولتصل الإشارات المعبرة عن الكلمات المرسلة بعد عدة إجراءات من هذا النوع إلى المحطة الواقعة في المدينة المقصودة وكان نقل رسالة صغيرة بهذه الطريقة بين مدينتين لايتجاوز البعد بينهما مائة كيلومتر يستغرق عدة دقائق وبالرغم من فائدة هذه الأنظمة إلا أنها باهظة التكاليف وتعتمد على الطقس .

ثم جاء استغلال ظواهر الكهرباء والمغناطيسية لنقل المعلومات والرسائل بين بقاع الأرض بسرعة وفاعلية وهكذا بدأت الإتصالات عصراً جديداً شهدت خلاله تطورات هائلة غيرت وجه العالم الذي عرفته الأجيال التي عاشت قبل هذا العصر. ولإلقاء الضوء على هذه التطورات يبين الجدول (١-١) متابعة زمنية لهذا التطور.

الجدول (١-١) التطور التاريخي للإتصالات

التاريخ	الحـــــدث
١٨٢٦	أوم Ohm يضع قانونه الشهير في الكهرباء
١٨٣٠-١٨٤٠	فاراداي Faraday وآخرون يكتشفون وجود علاقة بين المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية.
١٨٣٤	ظهور التلغراف telegraph على يدي غاوس Gauss وويبر Weber
١٨٣٧	تنفيذ أول نظام تلغرافي في بريطانيا على يدي كل من كوك Cooke وويتستون Wheatstone.
١٨٤٤	تنفيذ أول نظام تلغرافي في أمريكا على يدي مورس Morse صاحب الرموز التلغرافية الشهيرة.
١٨٦٤	نشر ماكسويلMaxwellنظريته حول إنتشارالموجات الكهرومغناطيسية
١٨٦٦	تنفيذ أول نظام تلغرافي عبر الأطلسي.
١٨٧٦	ظهور الهاتف telephone على يدي ألكسندر جراهام بيل Bell.
١٨٨٧	هرتز Hertz يثبت نظرية ماكسويل Maxwell في انتشار الموجات الكهرومغناطيسية.
١٨٩٤	لودج Lodge ينفذ أول إرسال لاسلكي wireless للموجات لمسافة تقدر بحوالي ١٥٠ متراً.
١٨٩٧	ماركوني Marconi يقدم أول نظام تلغرافي يعمل لاسلكياً.
١٨٩٨	ماركوني Marconi ينفذ إرسالاً لاسلكياً لمسافة ٩٦ كيلومتراً.
١٩٠١	ماركوني Marconi ينفذ إرسالا لاسلكياً عبر الأطلسي.
١٩٠٤	فلمنج Fleming يبتكر الصمام الإلكتروني الثنائي diode.
١٩٠٦	لي دي فورست Lee De Forest يبتكر الصمام الإلكتروني الثلاثي triode.

obeikandl.com

١٩١٨	آرمسترونج Armstrong يبتكر طريقة الاستقبال اللاسلكي بواسطة المزج المتقدم superheterodyne .
١٩٢٠	كارسون Carson يطبق مبدأ العينات sampling في الإتصالات.
١٩٢٠	إنشاء أول محطة إذاعية radio station في مدينة بتسبرج Pittsburgh الأمريكية .
١٩٢٦	تنفيذ أول مكالمة هاتفية تجريبية بين أوروبا وأمريكا عبر الأطلسي.
١٩٢٩	فلاديمير زوركن Zworykin يقدم أول نظام تلفزيوني television تجريبي.
١٩٣٣	آرمسترونج Armstrong يبتكر تشكيل التردد frequency modulation
١٩٣٧	ريفز Reeves يبتكر تشكيل رمز النبضات pulse-code modulation
١٩٣٨	بداية الإرسال التلفزيوني.
١٩٣٩-١٩٤٥	شهدت فترة الحرب العالمية الثانية ظهور أنظمة الرادار radar ، وأنظمة الموجات الصغرية microwave . كما شهدت أيضاً تطبيق الأساليب الإحصائية statistical methods في استخلاص الموجات signal extraction
١٩٤٨	ظهور الترانزستور transistor
١٩٤٨	شانون Shannon ينشر بحثه حول النظرية الرياضية للإتصالات mathematical theory of communications
١٩٥٠	تطبيق مبدأ تجميع تقسيم الزمن time-division multiplexing في أنظمة الهاتف.
١٩٥٠	البدء في بناء محطات أنظمة الإتصالات بواسطة الموجات الصغرية microwave على نطاق عملي واسع .
١٩٥٣	بناء أول كابل cable بحري للإتصالات الهاتفية بين أوروبا وأمريكا.

obeikandl.com

١٩٦٠	عبر المحيط الأطلسي . بداية سواتل الاتصالات communication satellites : في هذا العام أرسل ساتلان إلى الفضاء :أيكوECHO، وكورير COURIER.
١٩٦٠	ميمان Maiman يكتشف الليزر LASER ، وهذا الإسم اختصار لجملة "تضخيم الضوء بالانبعاث المثار للإشعـــاع : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
١٩٦٢	أول استخدام فعلي لسواتل الاتصالات في مجال الهاتف، والتلفزيون ، والمعطيات data كان بواسطة الساتل تليستار Telstar.
١٩٦٩	أول إرسال صوت وصورة من الساتل.
١٩٧٠-١٩٦٠	- بناء أنظمة هاتفية عملية على أساس تشكيل رمز النبضات PCM.
	- استخدام الليزر تجريبياً.
	- ظهور الدوائر الإلكترونية المتكاملة.
	- ظهور التلفزيون الملون.
	- تعزيز بحوث معالجة الموجات الرقمية.
١٩٨٠-١٩٧٠	- تعزيز إستخدام السواتل في الاتصالات.
	- ظهور الدوائر المتكاملة ذات المجال المتسع VLSI.
	- ظهور شبكات الحاسوب computer networks
	- استخدام الحاسوب computer على نطاق واسع في أنظمة الاتصالات.
١٩٨٧-١٩٨٠	- ظهور شبكات الحاسوب المحلية local area computer networks
	- تعزيز الإتصالات في النطاق المتسع wideband communication
	- استخدام الألياف البصرية optical fiber
	- إطلاق ثلاثة سواتل عربية للإتصالات Arabsat.

obeikandl.com

١٩٨٨ ومابعد	- تعزيز أساليب الإتصالات الرقمية. - توسيع استخدام أنظمة إتصالات الوحدات المتحركة. - سواتل البث المباشر. - توسيع استخدام شبكات الحاسوب خصوصاً مع وجود بنوك المعلومات فيها: viewdata - ربط كافة أنواع أنظمة الإتصالات ضمن شبكة واحدة. - تطورات أخرى .

١ - ٢ عناصر انظمة الإتصالات Elements of Communication Systems

يبين الشكل (١-١) الهيكل العام لأي نظام إتصالات ، ويتكون هذا الهيكل من العناصر الأساسية التالية :

أ - مصدر المعلومات المطلوب إرسالها information source.

ب - محول طاقة للمدخل input transducer حيث يجري تطبيق المعلومات المطلوب إرسالها، وتحويلها إلى موجة كهربائية.

جـ - جهاز إرسال أو مرسل transmitter ومهمته إستخدام الأساليب المناسبة لإرسال المعلومات بشكلها الكهربائي عبر قناة الإتصال.

د - قناة إتصال communication channel .

هـ - محول طاقة للمخرج output transducer ويعمل على إعادة المعلومات إلى شكلها الأصلي.

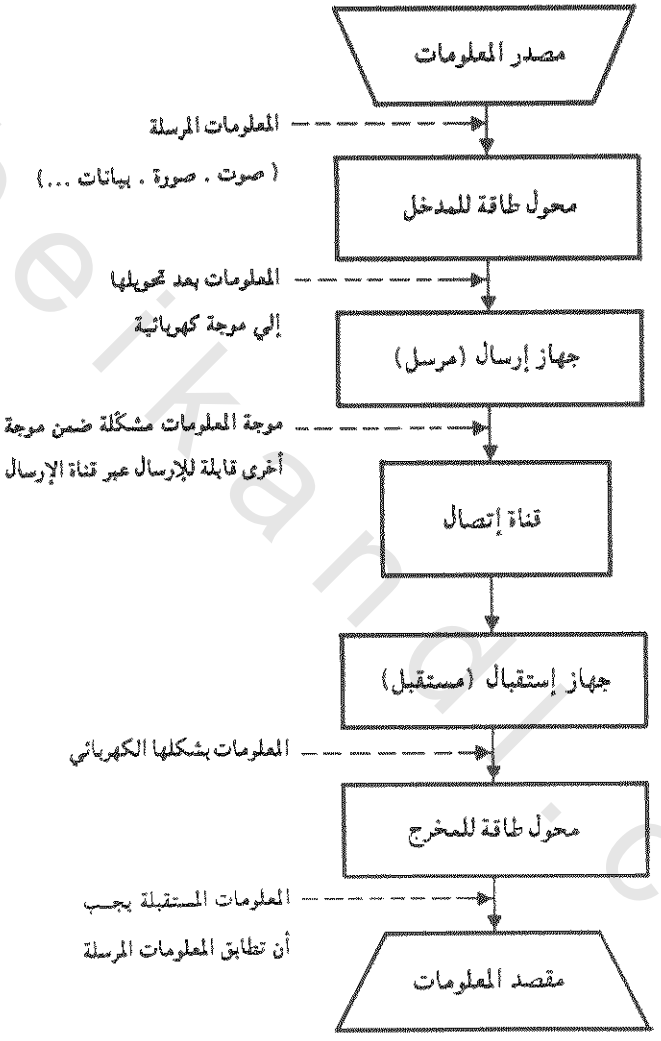
و - مقصد المعلومات information destination وهو الهدف الذي تم من أجله إرسال المعلومات .

obeikandl.com

تنقسم المعلومات التي يُطلب إرسالها عادة إلى نوعين رئيسيين هما : معلومات تماثلية analog information ، ومعلومات رقمية digital informantion . ويمكن التعبير عن المعلومات التماثلية على أنها متغيرات تتغير قيمتها بشكل مستمر continuous مع تغير الزمن مثل : أصوات الناس، والموسيقى ، والمشاهد المرئية ، ودرجة الحرارة ، والضغط ، وغير ذلك من المتغيرات . أما المعلومات الرقمية فهي ، بالمقارنة مع المعلومات التماثلية ، متغيرات ذات قيم منفصلة تتغير بشكل متقطع discrete مع تغير الزمن مثل: البيانات المكتوبة ، والأرقام ، والثقوب على البطاقات المستخدمة في الحاسوب ، وغيرها.

وعندما يقدم مصدر ما للمعلومات ، معلومات يطلب إرسالها ، فسواء كانت هذه المعلومات تماثلية أو رقمية ، لابد من إجراء تحويل لها في الشكل مع الاحتفاظ بالمضمون ، بحيث يكون الشكل الجديد مناسباً لنظام الإتصالات المستخدم. والشكل المناسب للمعلومات في أنظمة الإتصالات الكهربائية هو بالطبع الشكل الكهربائي. أي يجب تحويل المعلومات المطلوب إرسالها إلى موجات كهربائية تستطيع المرور عبر أجهزة الإتصالات الكهربائية . ويتم ذلك عادة بواسطة محول طاقة المدخل. وفي حالة إرسال الأصوات speech يكون محول الطاقة هذا عبارة عن ميكرفون microphone، حيث يمكن لمثل هذا الجهاز أن يكون أحد عناصر دائرة كهربائية ، مقاومة مثلاً ، تتغير قيمتها بتغير إهتزازات الصوت المطبقة عليها، وبالتالي تعمل على تغيير التيار الكهربائي المار في الدائرة تبعاً لهذه الإهتزازات ، وتتشكل بذلك موجة كهربائية تحمل ذات المعلومات التي تحملها الإهتزازات الصوتية ، وتدعى هذه الموجة بالموجة الكهربائية للمعلومات أو إشارة المعلومات information signal .

بعد الحصول على موجة كهربائية تمثل المعلومات المطلوب إرسالها، يمكن تمرير هذه الموجة مباشرة إلى قناة الإتصال عندما تكون مسافة الإتصال محدودة بنطاق محلي local . ولكن من أجل مسافات إتصال كبيرة فإنه يجب تزويد موجة المعلومات بما يلزم من أجل رحلتها عبر هذه المسافات ، وتلك هي مهمة جهاز الإرسال. والعملية الأساسية



الشكل (١- ١) العناصر الأساسية لنظام إتصالات

obeikandl.com

التي يقوم بها هذا الجهاز عادة هي التشكيل modulation ، وتتلخص هذه العملية في القيام بتحميل موجة المعلومات على موجة أخرى تدعى بالموجة الحاملة carrier ، واستخراج موجة تتضمن المعلومات ، قابلة للإرسال عبر المسافات تدعى عادة بالموجة المشكلة modulated أو موجة التشكيل . وبالإضافة إلى عملية التشكيل هذه يقوم جهاز الإرسال بعمليات أخرى تشمل : تضخيم الموجات amplification ، وترشيح أو تصفية الترددات filtering ، ووضع موجة التشكيل على قناة الإرسال باستخدام الهوائي antenna أو أي أجهزة مناسبة أخرى تبعاً لنوع القناة المستخدمة .

هناك نوعان أساسيان من قنوات الإتصال . يستخدم أحدهما الخلاء كقناة لإرسال الموجات كما هو الحال في الأنظمة الإذاعية radio،أما النوع الآخر فيستخدم الأسلاك لهذه الغاية كما هو الحال في معظم أنظمة الهاتف المحلية local telephone . وهناك أمثلة كثيرة لأنظمة الإتصال عبر الخلاء منها مايمتد عبر الفضاء إلى السواتل satellites ذهاباً وعودة . وبالإضافة إلى ذلك هناك أيضاً أمثلة أخرى كثيرة لأنظمة الإتصال عبر الأسلاك منها مايمتد عبر مسافات طويلة براً وبحراً ، مثل الكابلات cables التي تمتد تحت البحار أو بين القارات. ولاتقتصر أنظمة الإتصالات في الوقت الحاضر على استخدام الأسلاك المعدنية في الكابلات، بل هناك أنظمة حديثة تستخدم كابلات من الألياف البصرية optical fibers موضوع هذا الكتاب وسنتحدث في بند خاص من هذا الفصل عن أنواع قنوات الاتصالات السلكية واللاسلكية .

وتشترك قنوات الإتصال أياً كان نوعها في مشكلة أساسية هي تداعي degradation مستوى الموجة المرسلة بين المرسل والمستقبل. وعلى الرغم من أن مثل هذا التداعي قد يحدث في مختلف عناصر أنظمة الإتصالات ، إلا أن القدر الأكبر منه هو من نصيب قناة الإتصال خصوصاً مع تباعد المسافات. وهناك أسباب متعددة لتداعي الموجة المرسلة عبر قناة الإتصال مثل الضوضاء noise وتأثير موجات أخرى على الموجة المرسلة أو مايعرف بالتداخل interference ، وكذلك خمود fading قوة الموجة

المرسلة ، وغير ذلك من التأثيرات غير المرغوبة . وسوف نتحدث في بند خاص من هذا الفصل حول مثل هذه التأثيرات ليس في قناة الإتصال فقط ، بل في عناصر أنظمة الإتصالات الأخرى أيضاً .

تصل الموجة المرسلة إلى المستقبل عبر قناة الإتصال، ومهمة هذا الجهاز كما عبرنا سابقاً هي تلقي هذه الموجة ، وهي موجة التشكيل المكونة من موجة حاملة تحمل موجة المعلومات ، واستخراج موجة المعلومات منها تمهيداً لتطبيقها على محول طاقة المخرج الذي يعمل على إعادة المعلومات إلى شكلها الأولي الذي كانت عليه قبل دخولها عبر مراحل الإتصال المختلفة. وعلى ذلك فإن العملية الأساسية لجهاز الإستقبال أو المستقبل هي إزالة التشكيل demodulation والتخلي عن الموجة الحاملة التي تكون قد أدت الغاية التي استخدمت من أجلها. وتسمى عملية إزالة التشكيل أيضاً بعملية الكشف detection ، أي الكشف عن موجة المعلومات المطلوبة. وبالإضافة إلى عملية إزالة التشكيل هذه يقوم المستقبل بعمليات أخرى مثل الترشيح وتصفية الترددات ، والتضخيم ، وغير ذلك .

وفي مرحلة محول طاقة المخرج التي تلي المستقبل يجري تحويل الموجة الكهربائية للمعلومات التي تطبق عند مدخل هذه المرحلة إلى الشكل الأصلي للمعلومات نفسها. فإذا كان هذا الشكل صوتاً ، فإنه يمكن إستخراج هذا الصوت من الموجة الكهربائية التي تعبر عنه بواسطة المجهار loudspeaker وقد يحتوي هذا المجهار على ملف كهربائي وصفائح معدنية ، فعند تمرير تيار موجة المعلومات عبر الملف فإن الأثر المغناطيسي للتيار يتغير مع تغير هذا التيار، ويؤدي هذا إلى تغير جذب الصفائح المعدنية التي تعطي بذلك الصوت المطلوب. وهناك بالطبع لكل نوع من المعلومات المرسلة محول طاقة مناسب يقدم لمقصد المعلومات ذات المعلومات التي كان مصدر المعلومات قد أصدرها .

١ - ٣ طيف الترددات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Spectrum

تنقسم ترددات الموجات الكهرمغناطيسية التي يجري إرسالها في أنظمة الإتصالات المعتادة إلى ثمانية نطاقات رئيسية. وتتمتع كل من هذه النطاقات بمواصفات إرسال خاصة تجعلها مناسبة لعدد من التطبيقات. ويبين الجدول (١-٢) هذه النطاقات الثمانية إلى جانب أطوال موجاتها، وقد جرى استخلاص أطوال الموجات هذه اعتماداً على المبدأ التالي :

المسافة = السرعة × الزمن ..... (1.1)

فإذا كانت المسافة هي طول موجة واحد λ، فإن الزمن يكون الفترة الزمنية للموجة أو دور الموجة period ، ويرمز له بالرمز T . وإذا اعتبرنا أن سرعة إنتشار الموجات الكهرومغناطيسية هي سرعة الضوء [300 000 km/sec] ، فإنه يمكن اعتماداً على المبدأ السابق استنتاج أن :

$$\lambda = 3 \times 10^8 \, T \, [\text{ meter }] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1.2)$$

حيث يقدر طول الموجة بالمتر ودورها بالثانية . وبما أن العلاقة بين الدور والتردد frequency ويرمز له بالرمز f هي :

$$f = (1/T)$$

لذا تصبح العلاقة التي يمكن بواسطتها حساب طول الموجة بدلالة التردد على النحو التالي :

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f} \, [\text{ meter }] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1.3)$$

obeikandl.com

الجدول (١-٢) النطاقات الرئيسية في طيف الترددات الكهرومغناطيسية

المجـــــال	الترددات	أطوال الموجات
نطاق الموجات الطويلة جداً Very Low Frequency [VLF]	3kHz-30 kHz	100km - 10km
نطاق الموجات الكيلومترية Low Frequency (LF)	30 kHz -300kHz	10km - 1 km
نطاق الموجات الهكتومترية Medium Frequency [MF]	300 KHz -3 MHz	1000 m - 100m
نطاق الموجات الديكامترية. High Frequency [HF]	3 MHz - 30 MHz	100 m - 10 m
نطاق الموجات المترية Very High Frequency [VHF]	30 MHz-300MHz	10 m - 1 m
نطاق الموجات الديسمترية Ultra - High Frequency [UHF]	300 MHz -3 GHz	100 cm - 10 cm
نطاق الموجات السنتيمترية Super High Frequency [SHF]	3 GHz - 30 GHz	10 cm - 1 cm
نطاق الموجات المليمترية . Extremely High Frequency [EHF]	30 GHz-300 GHz	1 cm - 1 mm

وتقدر الترددات عادة بعدد الإهتزازات في الثانية الواحدة . وتعرف وحدة ذلك، أي الإهتزازة الواحدة في الثانية ، بالهرتز Hertz ، ويرمز لها بالرمز Hz . وفي الجدول (١-٢) جرى استخدام مضاعفات الهرتز وهي :

كيلو هرتز = $kHz\ (kilohertz) = 10^3\ Hz$

ميجا هرتز = $MHz\ (megahertz) = 10^6\ Hz$

جيجا هرتز = $GHz\ (gigahertz) = 10^9\ Hz$

obeikandl.com

أما أطوال النطاقات فتقدر بوحدات المسافة مثل المتر meter ، ويرمز لهذه الوحدة بالرمز m . وفي الجدول (١-٢) جرى إستخدام مضاعفات وأجزاء المتر وهي :

كيلومتر = km (kilometer) = 1000m

سنتمتر = cm (centimeter) = (1/100)m

ملليمتر = mm (millimeter) = (1/1000) m = 1/10) cm

والآن وبعد أن عرفنا النطاقات الرئيسية لطيف الترددات المغناطيسية نلقي الضوء فيما يلي على بعض الإستخدامات الهامة ضمن كل من هذه النطاقات :

أ - نطاق الموجات الطويلة [VLF] ،نطاق الموجات الكيلومترية [LF] ، ويستخدمان أساساً في الملاحة navigation .

ب - نطاق الموجات الهكتومترية [MF] ،ويطلق عليه أيضاً نطاق الموجات المتوسطة: [medium wave: MW] ، ويستخدم غالباً في الإرسال الإذاعي المعتاد .

جـ - نطاق الموجات الديكامترية [HF] ، ويستخدم في بعض أنظمة الهاتف ، والإتصالات بين الطائرات والسفن وغير ذلك .

د - نطاق الموجات المترية [VHF] ، ويستخدم في بعض أنظمة التلفزيون والإرسال الإذاعي ، وأنظمة التحكم بالحركة الجوية ، وأنظمة إتصالات الشرطة، وغيرها .

هـ - نطاق الموجات الديسمترية (UHF) ،ويستخدم أيضاً في بعض أنظمة التلفزيون، وعدد من أنظمة الرادار ، والسواتل .

و - نطاق الموجات السنتيمترية [SHF] ، ويستخدم في عدد من أنظمة الرادار المختلفة ،وفي الوصلات الصغرية microwave links ، وعدد من أنظمة إتصالات الوحدات المتحركة mobile communication system.

ز - نطاق الموجات المليمترية [EHF] ، ويستخدم في بعض أنظمة القطارات railroad services ، وبعض أنظمة الرادار ، كما يستخدم أيضاً في إجراء

الإختبارات.

ونظراً لإتساع نطاقات الترددات العليا ، وإمكاناتها في استيعاب العديد من التطبيقات ، فقد جرى تقسيم هذه النطاقات إلى عدد من الأقسام لكل منها نطاق محدد من الترددات frequency band . ووضع لكل نطاق إسم أو رمز محدد ، ويبين الجدول (١-٣) هذه التقسيمات ، والإسم أو الرمز الذي كان متداولاً في الماضي لكل نطاق فيها ، بالإضافة إلى الأسماء أو الرموز المتداولة حالياً .

يلاحظ من الجدول (١-٣) أن ترددات النطاقات المذكورة تضم جزءاً من نطاق الموجات الديسمترية UHF ، ونطاق الموجات السنتيمترية SHF ، بالإضافة إلى جزء من نطاق الموجات المليمترية EHF ويدعى مجموع هذه النطاقات جميعاً بنطاق الموجات الصغرية microwaves .

وبالإضافة إلى ماسبق من نطاقات الترددات ، هناك نطاق ترددات معروف يقل في معظم تردداته عن نطاق الموجات الطويلة جداً VLF ، وهناك نطاقات أخرى تتفوق في تردداتها على نطاق الموجات المليمترية EHF. أماالنطاق الذي تقل تردداته عن نطاق الموجات الطويلة جداًفيعرف بنطاق الموجات الصوتيةVF voice frequency، وتقع تردداته مابين التردد 300Hz والتردد 3.4kHz . وتتراوح الترددات المنخفضة للغاية Extra Low Frequency ELF مابين 30Hz و 300Hz .

الجدول (١-٣) نطاقات ترددات الموجات الصغرية ورموزها

المجـــــال	الرمز السابق	الرمز الحالي
500 MHz - 1 GHz	VHF	C
1 GHz - 2 GHz	L	D
2 GHz - 3GHz	S	E
3 GHz - 4GHz	S	F
4 GHz - 6GHz	C	G
6 GHz - 8 GHz	C	H
8 GHz - 10 GHz	X	I
10 GHz -12.4 GHz	X	J
12.4 GHz-18GHz	Ku	J
18 GHz - 20 GHz	k	J
20 GHz - 26.5 GHz	k	k
26.5 GHz- 40GHz	ka	k

ولا تستخدم موجات مثل هذه الترددات عادة كموجات كهرومغناطيسية يجري إرسالها من قبل أنظمة الإتصالات ، بل يجري إرسال الأصوات التي تقع ضمن هذا المجال من الترددات محملة على موجات أخرى تتفوق في ترددتها على الترددات الصوتية كما سنرى في دراسة موضوعات التشكيل modulation . وعلى الرغم من أن ترددات الأصوات التي يمكن للأذن البشرية أن تسمعها تفوق الحد الأعلى في نطاق الترددات الصوتية المذكور، وربما تصل إلى 15kHz ، إلا أنه اكتُشِفَ أن نطاق الترددات الصوتية المختار ، يحمل الخواص الأساسية للأصوات ، لذا فإن اعتماده في الإتصالات يحقق غاية الإتصال المنشودة من جهة ، ويوفر في مجال الترددات الصوتية المطلوب إرسالها من جهة ثانية .

أما الموجات التي تفوق في ترددها نطاق الموجات المليمترية EHF فتنقسم إلى عدة أقسام نوردها باختصار فيما يلي :

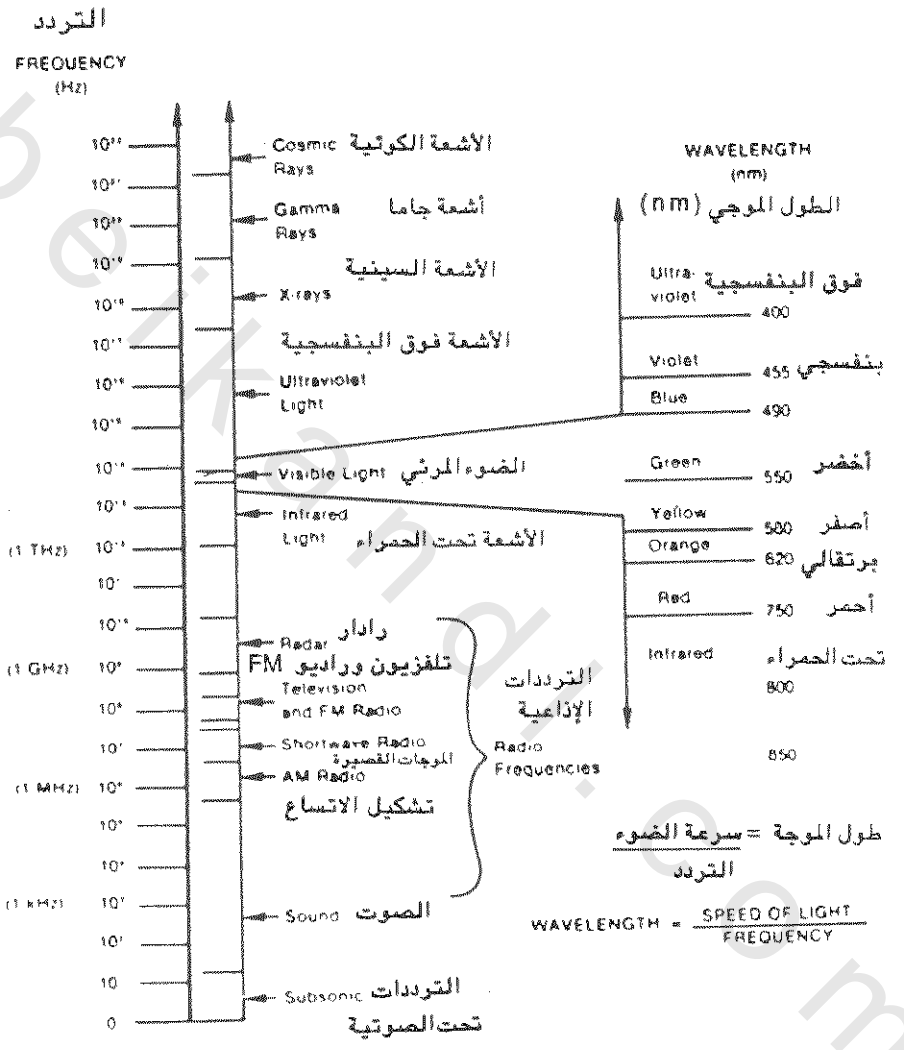
أ - نطاق الترددات البصرية ، ويبدأ هذا النطاق عند حوالي 10^{12} Hz ويمتد حتى يتجاوز 10^{16}Hz ، وينقسم إلى ثلاثة مجالات هي : الأشعة تحت الحمراء infrared ، والضوء المرئي visible،والأشعة فوق البنفسجية ultraviolet.

ب - نطاق ترددات الأشعة السينية x-rays ، ويقع ضمن نطاق يتوسطه على وجه التقريب التردد 10^{18}Hz .

جـ - نطاق ترددات أشعة جاما gamma - rays ، ويفوق نطاق ترددات الأشعة السينية ويتداخل معه ، ويقع ضمن نطاق ترددات يتوسطه التردد 10^{20}Hz على وجه التقريب .

د - نطاق ترددات فوتونات الأشعة الكونية cosmic ray photons ويتجاوز هذا النطاق نطاق أشعة جاما ويصل إلى أكثر من التردد 10^{32}Hz.

وتجدر الإشارة أخيراً إلى أن ترددات الإتصالات عبر الألياف البصرية ، وترددات الليزر Laser تقع ضمن مجال الترددات البصرية. ولعله من المناسب هنا أن نذكر القارىء الكريم أن الضوء المرئي يشكل جزءاً محدوداً من مجال الترددات البصرية ويقع هذا الجزء بين بداية الضوء الأحمر حيث يبلغ التردد 4.285×10^{14}Hz ، وحتى نهاية الضوء البنفسجي حيث يبلغ التردد 7.5×10^{14}Hz . ونرى في الشكل (١-٢) طيف الترددات الكهرومغناطيسية وموقع الترددات البصرية.



الشكل (١-٢) طيف الترددات الكهرومغناطيسية وموقع الترددات البصرية

obeikandl.com

١ - ٤ قنوات الإتصال Communication Channels

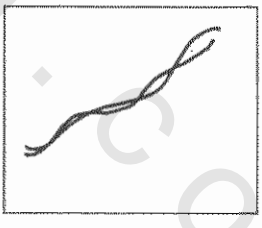
هناك نوعان من قنوات الاتصال إما لاسلكية كالجو وطبقات الأثير والتي يمكن للموجات أن تسير من خلالها والأمثلة على ذلك كثيرة ، منها : البث الإذاعي والتلفزيوني ووصلات الموجات الصغرية وغيرها - والنوع الآخر من القنوات هو السلكي ونرى في الشكل رقم (١-٣) أنواعاً مختلفة منها مثل أسلاك الهاتف والكابلات المحورية ودليل الموجة . وبالرغم من أن القنوات أو الخطوط السلكية تكلفتها أكثر من حيث التصنيع والتركيب والإنشاء من القنوات أو الخطوط اللاسلكية إلا أنها تتمتع بميزات عديدة منها :

١ - خصوصية الإستخدام .

٢ - عدم اعتمادها على الأحوال الجوية .

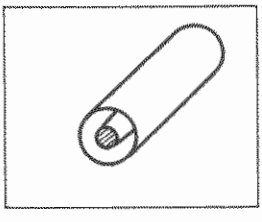
٣ - إمكانية توصيلها داخل أو خارج المباني.

وسنورد فيما يلي شرحاً للخطوط السلكية المستخدمة .



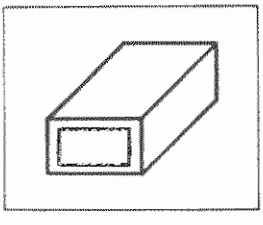
أسلاك مجدولة

(أ)



كابل محوري

(ب)



دليل الموجة

(جـ)

الشكل (١ - ٣) بعض أنواع قنوات الاتصال

obeikandl.com

١-٤-١ الخطوط السلكية Wire Lines

أ - الكابلات الهاتفية Telephone Cables

استخدمت الأسلاك المعلقة والتي تمتد بين أعمدة الهاتف استخداما واسعاً في الماضي لحملها للمكالمات الهاتفية داخل المدن وخارجها ، ونظراً للصعوبات الجمة التي واجهتها ، والتوسع المستمر في مجال الاتصالات الهاتفية، فقد حلت الكابلات الهاتفية محل الأسلاك المعلقة حيث عزلت الأسلاك عزلاً كهربائيا وقربت المسافة بينها كما وضع العديد منها معاً داخل كابل واحد مما سبب في لغط المكالمات cross talk ولتقليل التداخل بين المكالمات استخدمت الأسلاك المجدولة (الشكل ١-٣ أ) .

هذا وتستخدم أطوال تضفير twist length مختلفة بين الأسلاك المتجاورة لتقليل الحث بينها وتوضع عدة مئات من الأسلاك في كابل واحد داخل أنابيب تحت الأرض وتستخدم مكررات repeaters كل ٤ إلى ٦ كيلومتر حيث توضع في غرف خاصة تحت الأرض تعرف باسم فتحات دخول manholes .

ب - الكابلات المحورية Coaxial Cables

عند إرسال إشارات كهربائية ذات تردد مرتفع عبر الأسلاك فإن معظم التيار الكهربائي يمر خلال الطبقة الخارجية للسلك مستخدماً جزءاً صغيراً من مقطع السلك مما يؤدي إلى زيادة المقاومة الفعلية للسلك ، وتعرف هذه الظاهرة باسم تأثير الجلد skin effect هذا بالإضافة إلى فقدان قدرٍ متزايدٍ من الطاقة بالإشعاع radiation كلما ازداد التردد ، ونظراً للإحتياج المتزايد إلى زيادة سعة الخطوط وإرسال ترددات مرتفعة ظهر الكابل المحوري وهو عبارة عن قشرة اسطوانية من النحاس ويملأ الفراغ بين القشرة الخارجية والسلك الداخلي بمادة عازلة كالبلاستك (الشكل ١-٣ ب) أو الهواء ، وفي حالة استخدام الهواء تستخدم فواصل عازلة بين الإسطوانة الخارجية والسلك كل عدة سنتيمترات ،وتوضع عدة أنابيب من الكابلات المحورية داخل كابل كبير، ويسري التيار

بين السلك الداخلي والقشرة الخارجية التي تمنع الطاقة من التسرب بالإشعاع. وكما تعمل القشرة الخارجية على منع التسرب خارج الكابل فإنها تحول أيضاً دون دخول الإشارات من خارج الكابل ولهذا فإن تداخل المكالمات يقل أو ينعدم في هذه الكابلات كما ينعدم التشويش الخارجي مما يسمح بنقل أعداد كبيرة من المكالمات الهاتفية ، وفي حين أنه يمكننا نقل ١٢ أو ٢٤ مكالمة هاتفية على سلك هاتفي واحد wire pair فإن سعة الكابل المحوري الواحد تبلغ ٣٦٠٠ مكالمة ، وبالرغم من ارتفاع ثمن الكابلات المحورية مقارنة بالأسلاك الهاتفية فإن السعة العالية للكابلات المحورية تبرر هذا الإرتفاع في التكلفة ، والكابلات المحورية ذات السعة العالية يمكنها نقل ١٠٨٠٠ مكالمة هاتفية على كابل واحد، وعادة يوضع ٢٢ منها داخل غطاء واقي اسطواني لتحمل ١٠ أنابيب الإشارات في إتجاه و١٠ أخرى تحمل الإشارات في الاتجاه المعاكس ، ويستخدم الكابلين الآخرين كاحتياط وتبلغ السعة الكلية لمثل هذا الكابل ١٠٨ ألف محادثة هاتفية في الاتجاهين. وبالإضافة إلى هذه السعة العالية تتمتع الكابلات المحورية بالميزات الآتية:-

١ - يقل اللغط cross talk بحيث لايكاد يذكر.

٢ - يقل التشويه في الإشارات والناجم عن تغيير المقدار بتشوه الاتساع amplitude distortion عن مثيله في الأسلاك العادية ويقل أيضاً التشويه الناشيء عن تغير الطور أو عن وصول الإشارات ذات التردد المختلف في لحظات مختلفة والمسمى تشوه التأخر delay distortion عن مثيله في الكابلات الهاتفية.

٣ - يمكن الاستغناء عن معدات تقليل الصدى echo suppressors حيث ينشأ الصدى عن وصول الإشارة المرتده بعد فترة زمنية من وصول الإشارة الأصلية ، ولما كانت سرعة انتشار الإشارات عبر الكابل المحوري تقرب من سرعة الضوء فإن الفارق الزمني بين الإشارة الأصلية والمرتدة يتلاشى تقريبا مقللا التأثير السيء للصدى .

جـ - دليل الموجة Waveguide

دليل الموجة هو أنبوبة نحاسية مفرغة ذات مقطع دائري أو مستطيل أو على شكل مقطع ناقص ellipse ،تسمح بانتقال الموجات الصغرية داخلها . ويستخدم دليل الموجة المستطيل rectangular waveguide (الشكل ١-٣ جـ) في نقل الموجات الصغرية بين أجهزة الراديو والهوائيات في أعلى الأبراج وهي مسافة لاتتعدى عدة مئات من الأمتار ، أما دليل الموجة الدائري circular waveguide فيبلغ قطر مقطعه عدة سنتيمترات ويمكنه إرسال ترددات أعلى بكثير من الدليل المستطيل ، وعموماً فإن مقدار التوهين attenuation في قدرة الموجات المرسلة عبر الدليل يقل مع ازدياد التردد حتى حوالي (100 GHz) .

وبالرغم من قدرة هذا الوسط على نقل إشارات تفوق في عرض نطاقها bandwidth كل الأوساط السابق ذكرها فإن استخدامه لايزال محدوداً حيث أن تكلفة تمديد هذه الأنابيب باهظة للغاية ويرجع السبب إلى ضرورة تمديد الأنابيب بدون انحناءات حادة .

د - الكابلات البحرية Submarine Cables

قبل إطلاق السواتل، والتي سهلت الاتصالات عبر البحار إلى حد بعيد ،كان الاعتماد الأكبر على الكابلات البحرية لنقل الإشارات والمكالمات عبر البحار والمحيطات. والكابلات البحرية هي كابلات محورية ممدودة في قاع البحار والمحيطات روعي في تصميمها وبنائها اعتبارات التحمل الأقصى ضد الصدأ والكسر وكذلك الإقلال من فقدان القدرة power losses وكذلك فإن المكررات repeaters صممت لتتحمل ضغط المياه وتعمل لفترات طويلة دون أعطال حيث أن إصلاحها أو استبدالها يتطلب جهداً كبيراً .

ولقد كان بناء الجيل الأول من هذه الكابلات في منتصف القرن التاسع عشر واقتصر استخدامه على إرسال الإشارات التلغرافية ، وفي عام ١٩٥٦ أمكن إرسال أول مكالمة هاتفية عبر الأطلسي عندما أرسى الكابل الهاتفي الأول مستخدما الصمامات في تكبير الإشارات ، وفي عام ١٩٦٣ أرسى الكابل الهاتفي الثاني مستخدماً الصمامات أيضاً. ولكن وضعت المكررات على مسافات تبلغ ٢٠ ميلاً بحرياً بعكس الكابل الأول والتي بلغت المسافة بين المكررات ٤٠ ميلاً بحرياً تقريباً .

وأمكن نقل ١٤٠مكالمة هاتفية على الكابل الثاني في حين اقتصرت على ٤٨ مكالمة هاتفية في الكابل الأول ، وفي عام ١٩٦٩ استخدم الترانزستور في المكررات وقربت المسافة بينها إلى عشرة أميال بحرية بحيث زاد عدد المكالمات إلي ٨٤٥ مكالمة وازدادت في الجيل الرابع عام ١٩٧٦ إلى ٤٠٠٠ مكالمة هاتفية .

هـ - الألياف البصرية Optical Fibers

وهي ألياف بسمك شعرة الإنسان مصنوعة من الزجاج النقي جداً تسمح بمرور الضوء من خلالها وقد تم تصنيع أول ليف زجاجي قليل الفقد عام ١٩٧٠ وقد أدرك العاملون في مجال الاتصالات أهمية هذه الألياف وقد بدء استعمالها على نطاق واسع لقدرتها الفائقة على نقل المعلومات إذ بلغ معدل نقل المعلومات 2.4Gbps ويسمح هذا بنقل عدد من القنوات التلفزيونية بالإضافة لقنوات المعلومات والقنوات الصوتية كما أن صغر حجمها وقلة وزنها مكن من وضعها ضمن مجارى الخدمات الكهربائية أو بالتوازي مع الخطوط الكهربائية حيث أنها لاتتأثر بالتشويش الكهرومغناطيسي بالإضافة إلى مزايا أخرى سنتطرق إليها في الفصل القادم .

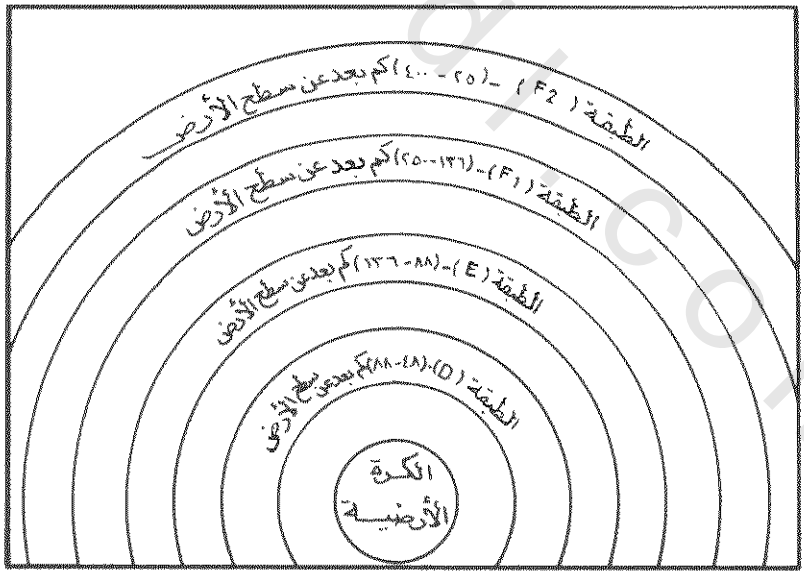
١-٤-٢ القنوات اللاسلكية : Wireless Channels

تستخدم القنوات اللاسلكية المجال الجوي على اختلاف طبقاته لإرسال الترددات المختلفة وينقسم هذا المجال إلى ثلاث طبقات :

أ - الطبقة الإستوائية وتمتد من سطح الكرة الأرضية حتى إرتفاع ١٠كيلومتر من سطح الأرض .

ب - الطبقة الحارة وتبدأ من إرتفاع ١٠ كيلومتر عن سطح الأرض وحتى إرتفاع ٥٠ كيلومتر.

جـ - الطبقة الأيونية F وهي أهم الطبقات الثلاث وهي ناتجة عن التأين الناجم عن سقوط أشعة الشمس عليها وتبدأ من ارتفاع ٥٠ كيلومتر حتى ٤٠٠ كيلومتر . وتتكون من أربع طبقات موضحة بالشكل (١-٤) . تتواجد هذه الطبقات أثناء النهار أما أثناء الليل فتتلاشى الطبقات الدنيا وهيD و Eوتندمج الطبقتين F_1 و F_2 لتكونا طبقة واحدة .



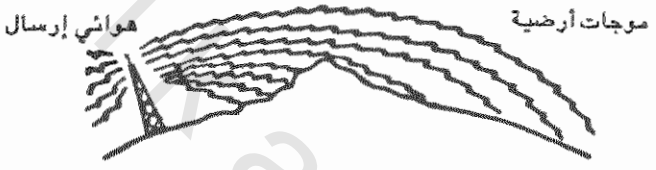
الشكل (١ - ٤) الطبقات الأيونية

obeikandl.com

١ - ٤ -٣ أنواع الموجات اللاسلكية (موجات الراديو)

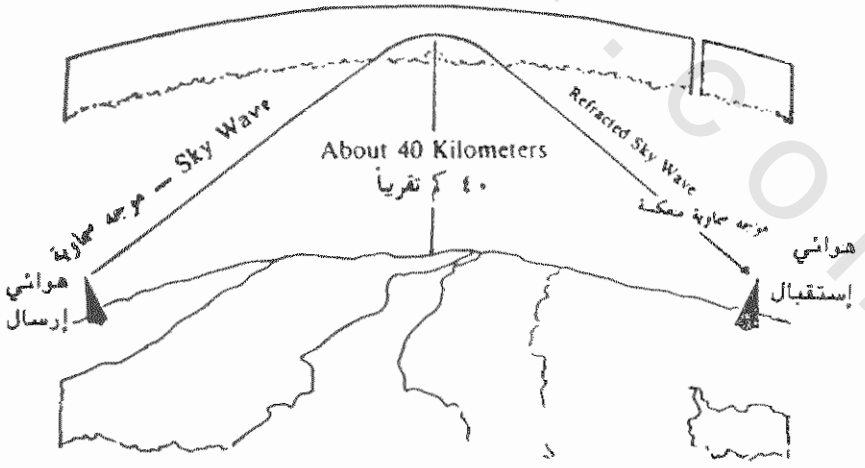
تنتشر الموجات اللاسلكية في الجو بطرق مختلفة تعتمد بالدرجة الأولى على تردد هذه الموجات وتنقسم إلى الآتي :-

أ - الموجات الأرضية وتسير بصورة موازية لسطح الأرض وقد تذهب لمسافات بعيدة بهذه الطريقة . (الشكل (١-٥)) وتشمل الموجات المتوسطة (نطاق الموجات الهكتومترية) ومادونها ، وتستخدم في الإرسال الإذاعي.



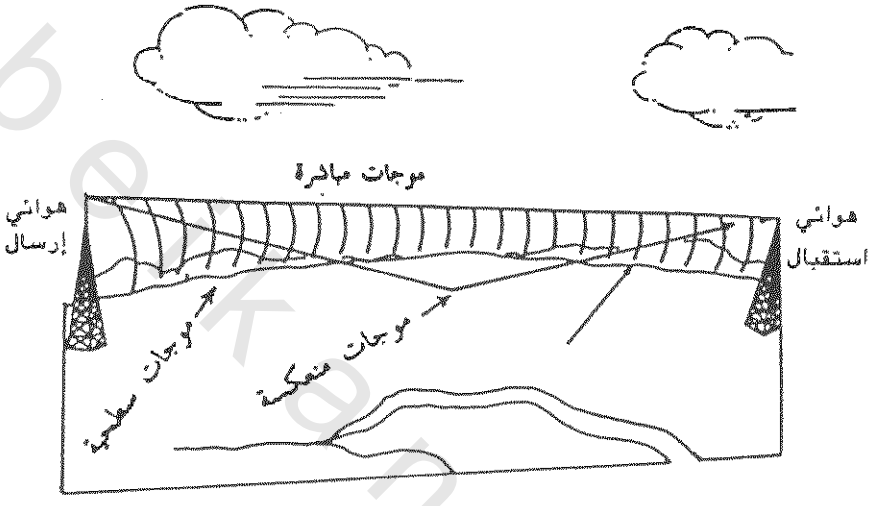
الشكل (١-٥) الموجات الأرضية

ب - الموجات السماوية وتستخدم الطبقة الأيونية لعكس هذه الموجات وتوجيهها للمنطقة المراد إيصال المعلومات لهـــا الشكل (١-٦) وتشمل الموجات القصيرة بين تردد 3MHz و 30MHz (نطاق الموجات الديكامترية) .



الشكل (١-٦) الموجات السماوية

جـ - الموجات المباشرة وتستخدم مدى الرؤيا المباشر بين جهاز الإرسال والإستقبال أو ترسل إلى السواتل التي تقوم بعكس هذه الموجات إلى المناطق المراد إرسال البث إليها كما في الشكل (١-٧).

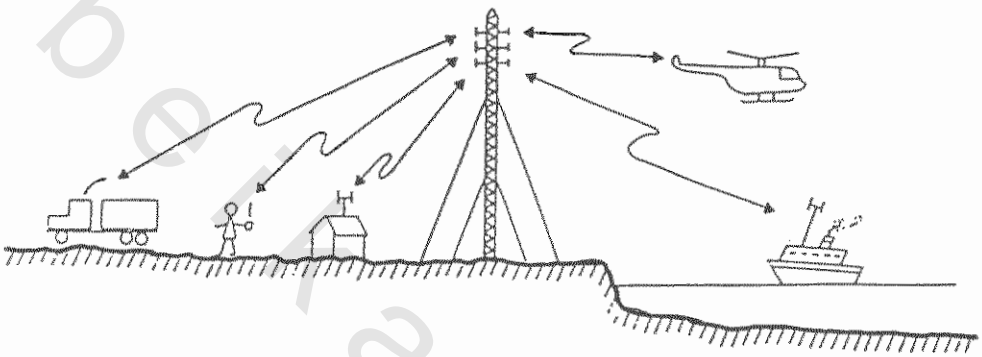


الشكل (١-٧) الموجات المباشرة وترددااتها تقع ضمن نطاق الموجات المليمترية.

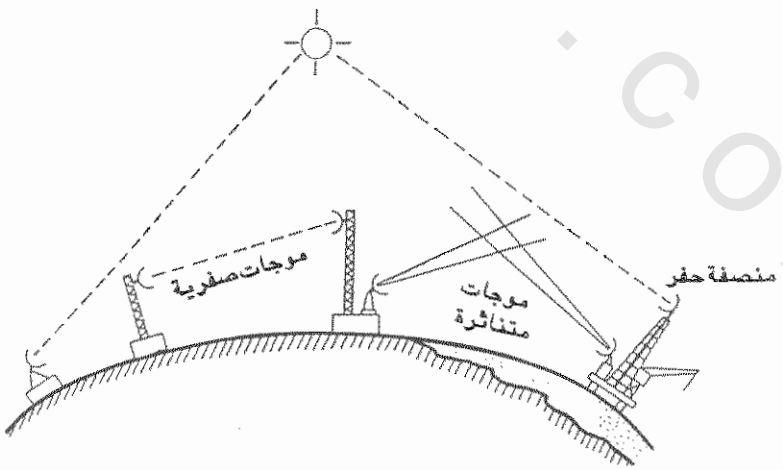
د - الموجات المتناثرة scattered وتستخدم هذه الموجات الطبقة السفلى من الطبقات الجوية وهي الطبقة الإستوائية كما تستخدم التأين الناتج عن الشهب أو عدم تجانس الطبقات الأيونية وترددااتها تقع ضمن نطاق الموجات الديسسترية.

يوضح الشكل (١-٨) الإتصال بين وحدات متحركة ووحدات ثابتة في الجو والبر والبحر. أما الشكل (١-٩) فيرينا طرق الإتصال بإستخدام السواتل ووصلات الموجات الصغرية والموجات المتناثرة.

obeikandl.com



الشكل (١-٨) الإتصال بين وحدات ثابتة ومتحركة في الجو والبر والبحر



الشكل (١-٩) إستخدام السواتل ووصلات الموجات الصغرية والموجات المتناثرة

obeikandl.com

١ - ٥ الضوضاء Noise

الضوضاء هي العدو الأول لأنظمة الإتصالات . وتعرّف على أنها الإشارات أو الموجات غير المرغوب فيها التي تنشأ ضمن مختلف عناصر أنظمة الإتصالات لتشارك الإشارة أو الموجة الأصلية signal في مرورها عبر هذه العناصر. وعلى ذلك فإن وجود الضوضاء يعيق استقبال الموجات المطلوبة. وغاية هذا البند هي التعرّف على أنواع الضوضاء ومسبباتها ، ومناقشة أسلوب تقويم مستوى الموجات في أنظمة الإتصالات .

تنقسم الضوضاء إلى نوعين رئيسيين : ضوضاء داخلية internal noise وضوضاء خارجية external noise . ويقصد بالضوضاء الداخلية التأثيرات غير المرغوب فيها الناتجة عن مكونات الدوائر الإلكترونية ، مثل المقاومات وغيرها ، والتي تؤثر على الموجة الأصلية المطلوب نقلها أثناء عبورها ضمن هذه الدوائر. أما الضوضاء الخارجية فهي تلك التي تنشأ عن عناصر خارجية لاتشكل أجزاء من نظام الاتصالات الذي يعمل على نقل الموجة المطلوبة.

وللضوضاء الداخلية أشكال متعددة تنتج عن أسباب مختلفة. لذا يمكن تقسيم هذه الضوضاء إلى أقسام رئيسية على النحو التالي :-

أ - الضوضاء الحرارية thermal noise /ضوضاء جونسون Johnson noise أو ضوضاء نايكويست Nyquist noise وتنشأ بسبب ارتفاع درجة الحرارة temperature في مكونات الدوائر الكهربائية . فإرتفاع درجة الحرارة يزيد الحركة العشوائية للذرات atoms والإلكترونات electrons في المادة . ويؤدي ذلك إلى إشعاع طاقة كهرومغناطيسية تظهر على هيئة جهد ضوضاء noise voltage غير مرغوب فيه. ويقع جهد الضوضاء هذا ضمن مايسمى بالضوضاء البيضاء white noise ، أي التي تشمل جميع الترددات. وتزداد الضوضاء كلما ازداد عرض نطاق ترددات نظام الاتصالات ، ويعبر عن الجهد الناتج عن الضوضاء الحرارية بالمعادلة التالية:

$$Vrms = \sqrt{4k\,TR\,\Delta f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1.4)$$

حيث أن : k هو ثابت بولتزمان ويساوي $1.38 \times 10^{-23}\ J/\overset{\circ}{k}$

و : T درجة الحرارة المطلقة بالكلفن $(273 + {}^{\circ}C)$

و : R مقدار المقاومة (Ω) المنتجة للضوضاء .

و : Δf هو سعة نطاق الضوضاء الفعلية وتزيد عن عرض نطاق نظام الاتصالات بحوالي 57% أي أن :

$$\Delta f = \frac{\Pi}{2}\Delta f_{3dB} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1.5)$$

والقدرة المبددة في المقاومة R هي :

$$P_N = 4kT\Delta f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1.6)$$

وإذا أردنا تخفيض الضوضاء الحرارية فعلينا استخدام مقاومات أقل وإن لم يكن ممكناً فيجب استخدام مقاومات لاتتأثر كثيراً بارتفاع درجة الحرارة كالمقاومات المصنوعة من الزجاج أو الرقائق المعدنية metal - film materiels واستخدام كواشف ذات مقاومة قليلة .

نلاحظ أيضاً من معادلة جهد الضوضاء الحرارية أن هذه الضوضاء تعتمد على المقاومة وعرض النطاق الفعلي ودرجة الحرارة .

ب - ضوضاء الطلقه Shot Noise

وتسمى أيضاً ضوضاء شوتكي Schottky noise أو ضوضاء شروت Shrot niose أو ضوضاء التقسيم partition noise ، وتنتج عن تغير تيار التغذية الكهربائية في الوقت الذي يفترض بهذا التيار أن يكون ثابتاً وكما هو الحال بالنسبة للضوضاء الحرارية فإن ضوضاء الطلقة هي أيضاً ضوضاء بيضاء. وتولد هذه الضوضاء تياراً ثابتاً يعبر عنه بالمعادلة التالية :

obeikandl.com

$$Irms = \sqrt{2\,q\,I_{DC}\,\Delta f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.7)$$

حيث أن q هي شحنة الإلكترون وقيمتها $1.6 \times 10^{-19}\ C$ والتيار I_{DC} هو تيار التغذية للدائرة أو الجهاز الإلكتروني و Δf عرض النطاق الفعلي .

جـ - أشكال أخرى من الضوضاء الداخلية

توجد أنواع كثيرة من الضوضاء مثل ضوضاء الازيز hum noise الناتجة من قصور التصفية filtering في دائرة التغذية الكهربائية . وكذلك ضوضاء زمن التحول transit time التي تنشأ عن عدم تماثل زمن حركة الإلكترونات بين أطراف دائرة كهربائية مع دور الموجة المطلوبة التي تعبر الدائرة والضوضاء الناتجة عن الحقول المغناطيسية magnetic fields لمحولات الربط coupling transformers في المضخمات amplifiers ، وغير ذلك من أنواع الضوضاء الداخلية.

ننتقل الآن إلى موضوع الضوضاء الخارجية التي تنتج أيضاً عن أسباب مختلفة، وسوف نستعرض فيما يلي التقسيمات الرئيسية لمثل هذه الضوضاء :

أ - الضوضاء الجوية atmospheric noise ، وينتج عن الموجات التي يجرى توليدها بواسطة تفريغات الشحنة الكهربائية التي تحدث ضمن المجال الجوي الأرضي من خلال العواصف الرعدية thunder storms. وتتناسب قيمة مثل هذه الموجات عكسياً مع التردد ،وتقع ضمن نطاق الترددات الواقع ماقبل التـــردد 20MHz . ونظراً لأن هذه الضوضاء تنطلق بشكل مفاجيء ولفترات زمنية صغيرة ، فهي توصف بأنها ضوضاء نبضية impulsive. ويعاني البث الإذاعي المعتاد الذي يستخدم تشكيل الاتساع amplitude modulation:A.M. ضمن مجالات التردد الواقعة بين 550kHz و 1.6MHz من هذه الضوضاء أكثر مما يعاني منها البث الإذاعي الذي يستخدم

تشكيل التردد frequency modulation F.M. وكذلك البث التلفزيوني لأنهما يعملان ضمن مجالات تردد تفوق التردد 50MHz .

ب - الضوضاء الناتجة عن المنشآت التي أقامها الأنسان man - made noise . فهناك في كثير من منشآت التقنية الحديثة التي يستخدمها إنسان هذا العصر مصادر تعمل على توليد أمواج كهربائية جانبية تودي إلى حدوث ضوضاء على الموجات التي تبثها أنظمة الإتصالات . ومن مصادر الضوضاء هذه خطوط الجهد العالي لنقل الطاقة الكهربائية high-voltage power lines ، والمحركات الكهربائية electrical motors ، وكذلك أنظمة الإتصالات الأخرى التي كثيراً ماتتداخل ترددا تها مع ترددات موجات الإتصالات المطلوبة. وبالإضافة إلى ماسبق فإن السيارات والطائرات وكثير من المرحلات relays ودوائر التبديل switching في الأنظمة المختلفة تطلق عند تشغيلها ضوضاءً على هيئة شرارات كهربائية ، وتدخل هذه الضوضاء ضمن نطاق مايوصف بالضوضاء النبضية.

جـ - الضوضاء الناتجة عن مصادر تقع خارج جو الأرض extraterrestrial noise sources ، مثل الشمس والنجوم . فهذه المصادر تبث ، بسبب طاقاتها الحرارية الهائلة قدرة تمتد من وجهة نظر التردد على مدى نطاق واسع من الترددات التي تتراوح مابين بضعة ميجاهرتزMHz إلى بضعة جيجاهرتز GHz.

د - ومن أسباب ظهور الإشارات أو الموجات غير المرغوب فيها في القنوات اللاسلكية مسألة تعدد مسارات الإرسال multiple transmission paths التي تتعرض لها الموجة المرسلة. وينشأ هذا التعدد عادة من إنعكاسات الموجة على التلال أو الأبنية والطائرات وما إلى ذلك . ويؤدي هذا الإنعكاس إلى وصول الموجة المطلوبة إلى المستقبل من إتجاهات متعددة وقيم مختلفة وأوقات متفاوتة

مما يودي إلى الأثر غير المرغوب .

بعد أن استعرضنا الأنواع المختلفة من الضوضاء الداخلية والضوضاء الخارجية نود الإشارة إلى أنه كثيراً مايجري قياس أداء أنظمة الإتصالات بواسطة عامل يدعى نسبة الإشارة إلى الضوضاء signal-to-noise ratio وتقدر هذه النسبة عادة بوحدة تدعى الديسيبل decibel.

١- ٦ معلّمات انظمة الإتصالات Communication Systems Parameters

١-٦-١ الديسيبل Decibel

تستخدم هذه الوحدة أساساً في حساب نسبة قدرة موجتين فإذا كانت هاتان الموجتان هما موجة مدخل وموجة مخرج لنظام معين فإن النسبة بينهما تعطي الكسب gain أو الفقد أو الخسارة loss في النظام. وإذا كانت هاتان الموجتان هما موجة أصلية وموجة ضوضاء فإن النسبة بينهما تحدد مدى امكان استخراج الموجة الأصلية وتلقي ماتحتويه من معلومات وللتعريف بالديسيبل ويرمز له بالرمز dB نفرض أن لدينا موجتان Vs (t) و Vn (t) ، قدرة الأولى منهما Ps وقدرة الثانية Pn، عندئذ تعطي نسبة هاتين القدرتين مقدرة بالديسيبل على النحو التالي :

$$(\text{Ratio})\ dB = 10\ \text{Log}_{10}\frac{Ps}{Pn} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1.8)$$

ويبين الجدول (١-٤) مقارنة بين نسبة قدرتين عند حسابها كنسبة حسابية معتادة وكذلك عند حسابها مقدرة بالديسيبل.

obeikandl.com

الجدول (١-٤) قيم نسبة القدرة لموجتين بالحساب المعتاد
وما يكافئها بالديسيبل

(Ps /Pn)	(Ps / Pn) [dB]	(Pn/Ps)	(Pn / Ps) [dB]
10	10	0.1	- 10
100	20	0.01	- 20
1000	30	0.0001	- 30
10000	40	0.0001	- 40
100000	50	0.00001	- 50
1000000	60	0.000001	- 60

١-٦-٢ وحدات مشتقة من الديسبل

أ - وحدات dBm

تطرقنا إلى وحدة الديسيبل للتعبير عن نسبة بين مقدارين غير أن المستخدم لنظم الاتصالات يحتاج لمعرفة قيم يستطيع من خلالها التعرف على النظام ومن الوحدات الشائعة هي وحدة dBm المستخدمة كثيراً في نظم الاتصالات البصرية وهي مقياس لنسبة القدرة مقارنة لواحد مللي وات ($\frac{١}{١٠٠٠}$ وات) وعندما يعبر عن 1mw يشار إليه بأنه odBm ويعبر عن dBm بالمعادلة التالية :

$$\text{Power (dBm)} = 10 \text{ Log } \frac{\text{Power (mw)}}{1 \text{ mw}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1.9)$$

فمثلاً لو أن قدرة المخرج هي 20 w فإن قدرة المخرج بمقياس dBm يعبر عنها بالآتي:-

$$\text{Power (dBm)} = 10 \text{ Log } \frac{20w}{1mw}$$

$$= +43 \text{ dBm}$$

وإشارة + تعنى مستوى قدرة الإشارة فوق مستوى المرجع وهو odBm ، أما إذا كانت قدرة المخرج هي 0004w. فإن قدرة المخرج بمقياس dBm هي :

$$\text{Power (dBm)} = 10 \text{ Log } \frac{\text{Power (w)}}{1 \text{ mw}}$$

$$= -4 \text{ dBm}$$

وإشارة - تعني أن مستوى الإشارة أقل من OdBm أو 1mw .

ب - وحدات dBw

وتستخدم كثيراً في أنظمة الموجات الصغرية وتعرف بالديسيبل مقارنة بقدرة 1w وتستخدم المعادلة التالية :

$$\text{Power level (dBw)} = 10 \text{ Log } \frac{\text{Power (w)}}{1 \text{ w}} \quad \text{..... (1.10)}$$

فمثلاً لو أن مقدار قدرة المخرج هي 100W فإن ذلك يعبر عنه بالآتي :-

$$\text{Power level (dBw)} = 10 \text{ Log } \frac{100w}{1 \text{ w}}$$

$$= +20 \text{ dBW}$$

والجدول (١-٥) يعطينا العلاقة بين الوحدات المختلفة آنفة الذكر وقيم القدرات الفعلية .

obeikandl.com

dBm	dBW	Watts	dBm	dBw	Milliwatts
+ 66	+ 36	4000	+ 30	0	1000
+ 36	+ 33	2000	+ 27	- 3	500
+ 60	+ 30	1000	+ 23	- 7	200
+ 57	+ 27	500	+ 20	- 10	100
+ 50	+ 20	100	+ 17	- 13	50
+ 47	+ 17	50	+ 13	- 17	20
+ 43	+ 13	20	+ 10	- 20	10
+ 40	+ 10	10	+ 7	- 23	5
+ 37	+ 7	5	+ 6	- 24	4
+ 33	+ 3	2	+ 3	- 27	2
+ 30	0	1	0	- 30	1
			- 3	- 33	0.5
			- 6	- 36	0.25
			- 7	- 37	0.20
			- 10	- 40	0.1

الجدول (١ - ٥)

قيم القدرة ومايكافئها بـ dBw و dBm

٣-٦-١ نسبة الإشارة إلى الضوضاء ورقم الضوضاء

Signal to Noise Ratio (SNR) and Noise Figure (NF)

يعبر عن نسبة الإشارة إلى الضوضاء بالمعادلة التالية :

$$(S/N)_{dB} = 10 \, Log_{10} \left(\frac{P_S}{P_n} \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.11)$$

حيث أن مقدار القدرة في الإشارة هو P_S ومقدار القدرة في الضوضاء هو P_n أما إذا

استخدمنا الجهد فإن :

$$(S/N)_{dB} = 20\ Log_{10}\left(\frac{V_S}{V_n}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1.12)$$

كذلك يعبر عن مقدار الضوضاء بمقياس آخر وهو رقم الضوضاء Noise Figure (NF) والذي يمثل نسبة الإشارة - إلى - الضوضاء في مدخل الدائرة إلى الإشارة - إلى - الضوضاء في مخرج الدائرة ويعبر عنه بالديسيبل بالمعادلة التالية :

$$NF = 10\ Log_{10}\left[\frac{(S/N)\ input}{(S/N)\ output}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1.13)$$

or

$$(NF)\ dB = (S/N\ input)\ dB - (S/N\ output)\ dB. \quad (1.14)$$

١-٦-٤ عرض النطاق Bandwidth

يعرف عرض النطاق على أنه المدى range بين أقل تردد وأعلى تردد يستجيب له النظام ففي المضخمات والمرشحات يُعرف بأنه المدى بين نقطتي منتصف القدرة 3dB ولكل نظام من نظم الاتصالات عرض نطاق محدد ، فالقناة الصوتية تحتاج إلى عرض نطاق 4 kHz والنظام التلفزيوني عرض نطاقه 6 MHz وفي الجدول (١-٦) عرض نطاق بعض الأنظمة .

نوع الرسالة	عرض النطاق	ملاحظـــــات
صوت	4 kHz	قناه هاتفية مفردة
موسيقى	10 kHz	محطة إذاعة راديو AM
موسيقى	200 kHz	محطة إذاعة راديو FM
تلفزيون	6 MHz	محطة إذاعة تلفزيونية

الجدول (١ - ٦) عرض نطاق بعض الأنظمة

obeikandl.com

من هذا الجدول يتضح لنا أن إرسال قناة تلفزيونية واحدة يحتاج إلى عرض نطاق كبير مقارنة بما تحتاجه القناة الهاتفية . لذا فقد تم البحث عن قنوات إتصال قادرة على استيعاب عدة قنوات تلفزيونية إضافة إلى القنوات الصوتية والمعلوماتية ، واستخدمت الأنظمة الرقمية لإرسال الرسائل المختلفة ، لذا كان لزاماً تحويل الإشارات التماثلية إلى إشارات رقمية وهناك قواعد تحكم هذا التحويل يعتمد على معدل العينات وعلى نظام الترميز . فإذا أردنا إرسال رسالة تماثلية فإن معدل العينات يجب أن يساوي على الأقل ضعف أعلى تردد تحويه الإشارة ، فالقناة الهاتفية التي عرض نطاقها 4 kHz تحتاج إلى ٨٠٠٠ عينة بالثانية، وتستخدم إجراءات الترميز ثمانية بتات Bits لوصف اتساع كل عينة لذلك نحتاج لإرسال 64 kbps من أجل رسالة هاتفية واحدة ولو أرسلنا نبضات بمعدل أعلى من 64 kbps لأمكن إرسال عدة رسائل في آن واحد . وهناك طرق مختلفة للإرسال ومزج الرسائل المختلفة باستخدام بتات تزامن وبتات ترميز . وتضاف عناصر لنظام الاتصالات لضم الإشارات الرقمية عند الإرسال وفصلها عند الاستقبال وقد استخدمت أنظمة رقمية معيارية متعددة في الولايات المتحدة وأوروبا وفي الجدول رقم (١-٧) التسلسل الهرمي للنظام الرقمي المستخدم في الولايات المتحدة .

عدد القنوات الصوتية	دلالة الإرسال	دلالة الإشارة	معدل المعلومات
1	-	DS - 0	64 kbps
24	T1	DS - 1	1.544 Mbps
48	T1C	DS - 1c	3.152 Mbps
96	T2	DS - 2	6.312 Mbps
672	T3	DS - 3	44.736 Mbps
1344	T3C	Ds - 3c	91.053 Mbps
4032	T4	DS - 4	474.175 Nbps
6048	-	-	405 Mbps
8064	-	-	565 Mbps
16128	-	-	1.2 Gbps

الجدول رقم (١- ٧) التسلسل الهرمي الرقمي للنظام المستخدم في أمريكا

نلاحظ من الجدول (١-٧) أن سعة نطاق القنوات في ازدياد مستمر لتلبية الطلبات المتنامية على أنظمة الاتصالات المختلفة ، وهناك خطوات لإنشاء قنوات بسعة 2.4Gbps وأكثر مستخدمين الألياف البصرية . مما سبق تتضح العلاقة بين عرض النطاق ونوع الرسالة والتي تحدد نوع شبكة الاتصالات. والسعة التي تتميز بها شبكات الاتصالات البصرية أدت إلى زيادة الطلب عليها واستبدال بعض شبكات الكابلات المحورية والأسلاك الهاتفية بألياف بصرية مصنوعة من الزجاج .

وفي الجدول (١-٨) نرى مقارنة بين الأنظمة الرقمية المستخدمة في أوروبا والولايات المتحدة واليابان .

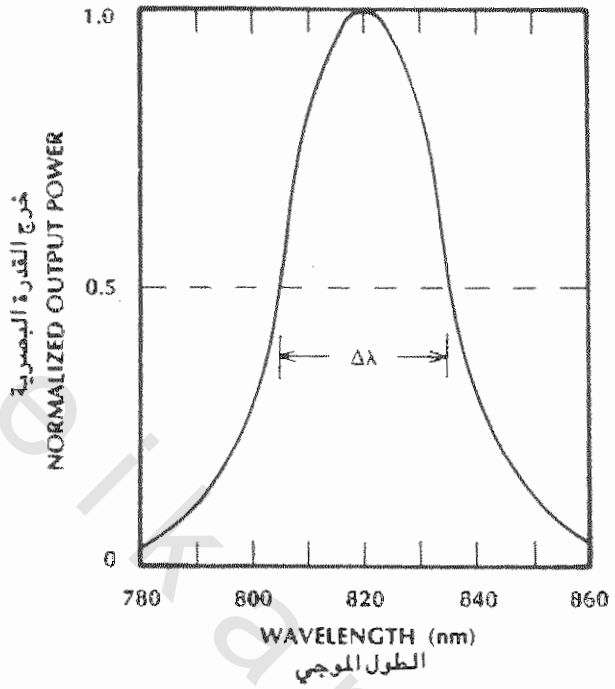
	معدل المعلومات Mbps					
أوروبا	2 -	8 -	34 -	140 -	565 -	
الولايات المتحدة	1.5 -	6 -	45 -	135 -	405 565	
اليابان	1.5 -	6 -	32 -	100 -	400 -	

الجدول (١-٨) مقارنة بين النظم المعيارية في أوروبا والولايات المتحدة واليابان

١-٦-٥ عرض الخط أوعرض الطيف Linewidth or Spectral width

تبث المنابع الضوئية المستخدمة في أنظمة البصريات الليفية الضوء في نطاق من الترددات أي أنها ليست أحادية اللون وبتعبير آخر فإن هذه المنابع تبث عدداً من الأطوال الموجية ويعرف عرض الخط أو عرض طيف الطاقة الضوئية المنبعثة من المنبع الضوئي بأنه العرض مقاساً بالأطوال الموجية بين نقطتين تنخفض فيهما القدرة الضوئية إلى نصف القدرة القصوى.

obeikandl.com



الشكل (١-١٠) طيف ثنائي باعث ضوئي

ونرى في الشكل (١-١٠) أن أقصى قيمة للقدرة عند $\lambda_o = 820$ nm وتنخفض إلى نصف قيمتها عند $\lambda_1 = 810$ nm و $\lambda_2 = 830$ nm . لذا فإن عرض الخط هو 830-810 = 20 nm ويستخدم الرمز $\Delta\lambda$ لعرض الخط أو الطيف حيث تعادل عرض النطاق Δf. ويمكن التعبير عن Δf بدلالة عرض الخط $\Delta\lambda$ كالآتي:

$$\Delta f = \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda o} \right) fo \quad \text{.....} \quad (1.15)$$

حيث fo هو التردد المركزي و λ_o هو طول الموجة المركزية و $\Delta f = f_2 - f_1$ ، f_1 و f_2 يمثلان ترددات نصف القدرة half-power للمنبع الضوئي. ولعرض خط المنبع الضوئي تأثيرات هامة على إنجاز نظم الاتصالات البصرية ، حيث أن ازدياد عرض الخط يودي إلى إثارة عدد كبير من الانماط لنفس فتحة النفوذ العددية NA ويقلل من الحد الأقصى من معدل نقل المعلومات للنظام ، وفي الجدول (١-٩) قائمة بعروض خط نموذجية لمنابع ضوئية شائعة .

المنبع	عرض الخط $\Delta\lambda$
ثنائي باعث للضوء LED	20-100nm
ثنائي ليزر LD	1 - 5 nm
ليزر Nd :YAG	0.1 nm
ليزر HeNe	0.002nm

الجدول رقم (١ - ٩) عروض خط منابع ضوئية

١-٦-٦ التوهين Attenuation

يعتبر التوهين أحد العناصر الأساسية في تقويم أنظمة الاتصالات حيث تتعرض الموجات الحاملة للوهن عند انتشارها في قناة الاتصال نتيجة عوامل عديدة كالامتصاص asbsorption والتناثر scattering ويجب استخدام قنوات اتصال بأقل توهين ممكن حتى تنتشر الموجات الحاملة لأطول مسافة ممكنة. وفي قنوات الاتصال المصنعة من الألياف البصرية ، يلعب التوهين دوراً أساسياً في اختيار الليف ،وفقد الضوء في الليف البصري يعتمد إلى حد كبير على الطول الموجي للضوء المستخدم حيث يقل عند بعض الأطوال الموجية ويزيد عند أطوال موجية أخرى ،حيث أن امتصاص جزيئات (OH) للضوء يزداد عند بعض الأطوال الموجية ويقل عند أطوال موجية أخرى، حيث أن امتصاص جزيئات (OH) للضوء يزداد مثلاً عند $\lambda = 1.39\ \mu m$ وتقاس قيم التوهين لليف البصري بوحدة الديسيبل لتعبر عن النسبة بين الطاقة الضوئية المستقبلة والطاقة الضوئية المرسلة في الليف .

١-٦-٧ فتحة النفوذ العددية Numerical Aperture

يتطلب اقتران الضوء في الليف البصري وقوع الشعاع ضمن زاوية معينة تدعى زاوية القبول θ ويعبر عن قدرة تجميع الضوء بجيب زاوية القبول والذي يطلق عليه فتحة النفوذ العددية ويعبر عنها رياضياً بالتالي :

$$\text{Numerical Aperture} = n_o \sin\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1.16)$$

حيث n_o تمثل معامل انكسار الوسط الفاصل بين منبع الضوء والليف وسنقدم شرحاً أكثر في البند ٣ - ٧.

١- ٧ جداول الثوابت والوحدات Tables of Constants and Units

قبل أن نختتم هذا الفصل لابد من ذكر كافة الثوابت والوحدات المستخدمة في هذا الكتاب إذ سنعتمد وحدات نظام MKSC (متر - كيلو - ثانية - كولومب) الذي يفي بمعظم متطلبات الألياف البصرية . وبالإضافة إلى ذلك سنذكر بعض الثوابت الفيزيائية المهمة في دراسة نظم إتصالات الألياف البصرية . يحتوي الجدول (١-١٠) على قائمة بالوحدات المستخدمة وفي الجدول (١-١١) نذكر الثوابت المستخدمة ويحتوي الجدول (١-١٢) على معلمات الكميات الصغيرة والكبيرة .

الجدول (١ - ١٠) الوحدات المستخدمة

الوحدة	الرمز	القياس
متر	m	طول
كيلو غرام	kg	كتلة
ثانية	s	زمن
كولومب	C	شحنة
جول	J	طاقة
وات	W	قدرة
هرتز	Hz	تردد
نيوتن	N	قوة
أمبير	A	تيار
درجة كلفن	°k	درجة حرارة
درجة مئوية	°C	درجة حرارة
فاراد	F	سعة
أوم	Ω	مقاومة
ڤولت	V	جهد
ديسيبل	dB	نسبة

obeikandl.com

الجدول (١-١١) ثوابت فيزيائية

الوصف	القيمة	الرمز
سرعة الضوء	3×10^{8} m/s	c
ثابت بلانك	6.626×10^{-34} J × s	h
شحنة الالكترون	-1.6×10^{-19} C	q
ثابت بولتزمان	1.38×10^{-23} J / °k	k

الجدول (١ - ١٢) مَعلّمات الكميات الكبيرة والصغيرة

عامل الضرب	الرمز	السابقة
10^{9}	G	Giga
10^{6}	M	Mega
10^{3}	k	Kilo
10^{-2}	cm	Centi
10^{-3}	mm	Milli
10^{-6}	μ	Micro
10^{-9}	n	Nano
10^{-12}	P	Pico
10^{-15}	f	Femto

obeikandi.com

١-١٠ الخلاصـــة Summary

قدمنا في هذا الفصل عرضاً مبسطاً لهندسة الاتصالات مبتدئين بشرح لمفهوم الاتصالات واعتمادها على ثلاثة عناصر أساسية وهي السرعة والمدى وكمية المعلومات المراد نقلها وقد وجد أن وسائل الاتصالات القديمة تفتقر إلى أحد أو كل العناصر الثلاثة آنفة الذكر غير أن البحث عن وسائل اتصال أفضل استمر على مدى العصور وقد أدى وضع أوم لقانونه الشهير عام ١٨٢٦ إلى فتح المجال لاكتشاف الكهرباء والمغناطيسية ، وقد استمرت الاكتشافات عبر الأزمنة إلى فتح مجالات عديدة في الاتصالات الكهربائية، وقد وجد أن طيف الموجات الكهرومغناطسية يمتد من الترددات المنخفضة للغاية وحتى ترددات الأشعة الكونية ولكل مجال من هذه الموجات صفات تتميز بها ، ولكي نتعرف على توليد وإرسال واستقبال هذه الموجات لابد من دراسة العناصر الأساسية لأنظمة الاتصالات والتي تمت تغطيتها في هذا الفصل . وهنا لابد من التعرف على أنواع القنوات السلكية واللاسلكية وميزاتها ومداها.و قلما تخلو أنظمة الاتصالات من مشاكل الضوضاء أو اللغط cross talk التي تؤثر على نوعية الإشارات المنقولة وقد أفردنا بنداً خاصاً لمناقشة الأنواع المختلفة من الضوضاء ،وقد إختتمنا الفصل بتعريف بعض الوحدات المستخدمة في أنظمة الاتصالات مثل الديسيبل ونسبة الإشارة إلى الضوضاء وعرض النطاق وسعة القناة كما أوضحنا بعض الثوابت والوحدات المستخدمة في هذا الكتاب .

obeikandl.com

الفصل الأول

أسئلة

١ - عرف معنى الاتصالات واذكر العناصر الرئيسية لتكوين وصلة اتصالات.

٢ - يعتبر الضوء ضمن الموجات الكهرومغناطيسية ، أذكر أربعة أنواع أخرى من الموجات الكهرومغناطيسية مع ذكر ترددااتها وأطوالها الموجية واستخداماتها.

٣ - أذكر ثلاثة أنواع من الاتصالات السلكية واستخداماتها.

٤ - أذكر أربعة أنواع من الموجات اللاسلكية واذكراستخداماتها.

٥ - ماهي أنواع الضوضاء وماتأثيرها على قنوات الاتصال.

٦ - ماالفرق بين الموجات التماثلية والموجات الرقمية.

٧ - لماذا نستخدم الموجات الحاملة ؟

٨ - ما الهدف من التشكيل؟

٩ - مامدى الترددات التي يمكن للأذن البشرية سماعها.

١٠- ماالأطوال الموجية التي يمكن للعين البشرية أن تراها.

مسائل

١ - أحسب الأطوال الموجية λ بالامتار.

أ - موجية صوتية بتردد 4kHz.

ب - قناة تلفزيونية بتردد 605 MHz .

جـ - موجة تحت الحمراء بتردد 1000 GHz.

د - اللون الأصفر بتردد 0.5×10^{15} Hz

٢ - أوجد الجهد الناتج عن الضوضاء الحرارية في مقاومة مقدارها $1k\Omega$ ودرجة حرارة $70\ ^{o}F$ وعرض نطاق الضوضاء 1MHz.

٣ - أوجد قدرة الضوضاء الناتجة في مقاومة مقدارها $2.2k\Omega$ ودرجة حرارة $85\ ^{o}F$

obeikandl.com

وعرض نطاق الضوضاء 500kHz .

٤ - إذا كان التيار المستمر I_{DC} = 8mA يمر في مقاومة مقدارها 220 Ω أوجد مقدار تيار الطاقة Irms إذا كان عرض النطاق 100kHz .

٥ - أوجد مقدار جهد الضوضاء والقدرة المبددة في المقاومة المذكورة في السؤال رقم٤ .

٦ - إذا كان لدينا مضخم فيه إشارة دخل 35 μv ومستوى ضوضاء 9 μv . أوجد قيمة الإشارة إلى الضوضاء بالديسيبل.

٧ - أوجد نسبة الإشارة إلى الضوضاء بالديسيبل إذا كانت قدرة الإشارة 20 μw وقدرة الضوضاء 40 nw .

٨ - أوجد قيمة قدرة الضوضاء إذا كانت نسبة الإشارة إلى الضوضاء تساوي 15 dB وقدرة الإشارة تساوي 15 pw .

٩ - أوجد رقم الضوضاء لمضخم فيه نسبة الإشارة إلى الضوضاء في الدخل تساوي 21dB ونسبة الإشارة إلى الضوضاء في الخرج تساوي 6dB .

١٠- أوجد مستوى القدرات التالية محسوبة بـ dBm و dBw : 230 μw , 170nw , 0003 w , 150mw , 250 w و 1.2w .

١١ - أوجد قيمة Δf لمنبع عرض خطه 2 % وطول موجته 1.3 μm .

openkamal.com