الوحدة الأولى

مدخل إلى تراسل المعطيات وأنظمتها المختلفة

An Introduction to Data Transmission and Its Various Systems

1- مقدمة الوحدة:

1-1 تمهيد

سعى الناس منذ وجودهم إلى التواصل والاتصال فيما بينهم، واعتمدوا قديماً في إيصال رسائلهم على العدائين والحمام الزاجل، واستخدموا طرق نقل الرسائل على شكل إشارات تم تمثيلها بطرق عدة منها قرع الطبول وإشعال النيران والمشاعل، وقد كانت تلك الطرق متناسبة مع تلك العصور من حيث المسافات التي تنقل عبرها الرسائل و" معدلات نقل المعلومات".

ومع التطور الحضاري بدأت الطرق الكهربائية في تمثيل الإشارات ونقلها تحل تدريجياً محل الطرق القديمة، حيث أصبح بالإمكان نقل المعلومات إلى مسافات أبعد من حدود كوكبنا بل ومجرتنا، وبمعدلات نقل عالية جداً تمكن من نقل هذه الرسائل خلال فترات زمنية قصيرة جداً. وبسرعة نقل للإشارة تصل إلى سرعة الضوء.

وقد قدمت الطرق الحديثة في الاتصالات وسائل أكثر فعالية وأقل كلفة من كل الطرق التقليدية، فإقامة مؤتمر عبر شبكة تراسل معطيات Teleconferring يشارك كل من المؤتمرين الآخرين آراءه وأفكاره من مكان عيشه أو عمله، وبشكل مرئي أسرع وأكثر اقتصادية من إقامة هذا المؤتمر في مكان ما يجتمع فيه كل المؤتمرين دفعة واحدة، إضافة إلى الكلفة الاقتصادية لسفرهم وإقامتهم، وغيرها من المصاريف الأخرى. كما أن نقل رسالة ما عبر الفاكس، أو بواسطة البريد الإلكتروني E-mail أسرع بما لا يقارن، وأقل كلفة بشكل كبير من استخدام وسائل التراسل البريدي التقليدية، وغيرها من أمثلة التبضع عن بعد Teleshopping وأتمتة عمليات حساب وصرف البنوك Telebanking والصحافة الإلكترونية electronic newspapers .....إلخ.

تنتشر شبكات تراسل المعطيات بشكل واسع في أرجاء العالم ، على الأرض وفي الفضاء وحتى تحت الماء. وتتضمن هذه المنظومات الهواتف العادية والخليوية وشبكات تراسل المعلومات، بما فيه شبكات الحواسب من مختلف الأنواع والأحجام، وأنظمة نقل الصور المتحركة والثابتة (تلفزيون وفاكس وغيرها...)، وأنظمة القيادة والتحكم عن بعد، وأنظمة معالجة المعلومات والكثير الكثير ...

1-2 أهداف الوحدة:

نتوقع منك عزيزي الدارس بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على:

1. تشرح تطور تراسل المعطيات وأهميتها تاريخياً.
2. تبين أهمية نظم تراسل المعطيات الحديثة وبنيتها العامة .

3. تميز بين الإشارات التشابهية والرقمية وأهمية كل منها.
4. تحدد خصائص قنوات الاتصال وتكون قادرا على تصنيفها.
5. تشرح المفاهيم العامة المتعلقة بتراسل المعطيات.
6. تحدد المعوقات والعوامل التي تؤثر على جودة نظام تراسل المعطيات.

1-3 أقسام الوحدة

تنقسم هذه الوحدة إلى ستة أقسام رئيسية. يتضمن القسم الأول أهمية أنظمة تراسل المعطيات وتطورها ويحقق هذا القسم الهدف الأول. أما القسم الثاني فيتضمن بنية نظام تراسل المعطيات بشكل عام وهو يحقق الهدف الثاني. في حين أن القسم الثالث يعطي فكرة أساسية عن أنواع الإشارات الحاملة للمعطيات وذلك تحقيقاً للهدف الثالث. ويتم إعطاء فكرة أساسية عن قنوات الإرسال المستخدمة في تراسل المعطيات وكيفية تصنيفها بما يغطي الهدف الرابع في القسم الر ابع. بينما يحتوي القسم الخامس على مفاهيم عامة حول كمية المعلومات وسعة القناة وسرعة تراسل المعطيات وهذا مايغطي الهدف الخامس وفي النهاية يحتوي القسم السادس العوامل المعيقة لتراسل المعطيات وذلك بما يحقق الهدف السادس والأخير.

1-4 ما تحتاج إليه في دراسة الوحدة

تحتاج في دراسة هذه الوحدة إلى الأدوات التي تستخدمها عادة في تسجيل ملاحظاتك (دفتر ملاحظات وقلم يمكنك قراءة الوحدة بتمعن والرجوع إلى مدرسك لتوضيح بعض الأمور التي قد تواجه صعوبة في فهمها.

حاول عزيزي الدارس أثناء دراستك لهذه الوحدة الإجابة على كافة أسئلة التقويم الذاتي، والتدريبات، وذلك من أجل تأكدك من الحصول على المعلومات المطلوبة، وتحقيقك للهدف المرجو من دراستك لهذه الوحدة.

2- أهمية أنظمة تراسل المعطيات وتطورها

تراسل المعطيات هو التقنية التي تسمح بتبادل المعلومات الرقمية Digital information كالإشارات الحاسوبية وإشارات التحكم، أو المرقمنة Digitized information كالصوت والفيديو والصور، بين نقطتين تحويان تجهيزات مناسبة لاستقبالها أو معالجتها. لقد شهد مجال تراسل المعطيات تطوراً هائلاً في العقد الأخير من القرن العشرين. ولتأمين الوسائل الفعالة في تلبية هذا الاحتياج المتزايد باستمرار فقد تم تركيز الأبحاث والأموال على تطوير وسائل تراسل المعطيات من تحسين للشبكات

التقليدية المقامة سابقاً، إلى إدخال أنواع جديدة من الشبكات تعتمد تقنيات متناسبة مع السرعات العالية المطلوبة، والسعات العالية لأوساط النقل، وتأمين خلو هذه الأوساط من معيقات التراسل كالضجيج، والتخامد، والتداخل مع إشارات أخرى، وغير ذلك. كذلك تطورت وسائل إدارة هذه الوسائط من شبكات ومراكز معالجة.

إن التنوع الهائل في الإشارات التي يمكن دخلت في مجال المعطيات والتي يمكن أن تدخل في هذا المجال يزيد من المتطلبات التقنية لمنظومات تراسل المعطيات. وكمثال على هذه الممعطيات نورد مايلي:

- التخاطب الهاتفي والبريد الإلكتروني وتبادل الملفات والوصول إلى المكتبات الإلكترونية ومراكز المعلومات.
- التجارة الإلترونية E-commerce و E-business
- التعليم عن بعد E-learning ومجالات الثقافة والتسلية المختلفة التي تتطلب تراسلاً للوسائط المتعددة Multimedia ضمن شروط الزمن الحقيقي.
- وسائل الإعلام الحديثة واعتمادها بشكل شبه كامل على الرقمنة.
- الكثير من الخدمات الاجتماعية والطبية كالمراكز الاستشارية الالكترونية والمراكز الطبية التي تستخدم شبكات تراسل المعطيات للمعالجة وإجراء العمليات الجراحية عن بعد.
- التطبيقات الحكومية واعتمادها على وسائل تراسل ومعالجة المعطيات لاتخاذ القرارات المناسبة من جهة وكذلك تقديم الخدمات للمواطنين. إضافة إلى زيادة فعالية الحكومات باعتمادها على هذه التقنيات في الدفاع والأمن القومي ومحاربة الجريمة.

ينضوي تحت مفهوم منظومة تراسل المعطيات كل تجهيزات النقل الفيزيائية والمعالجة الإلكترونية والبرمجيات التي تقوم بمجموعها بنقل المعطيات بين نقطتين أو أكثر.

ويفهم من **تجهيزات النقل الفيزيائية** أوساط النقل التي يمكن للمعطيات أن تنتقل بها، والتي تتنوع تنوعاً كبيراً من أسلاك النحاس العادية وحتى قنوات الاتصال عبر الأقمار الصناعية، مروراً بشبكات الاتصال لهاتفي، وشبكات الحواسب بكل تنوعها، وكذلك بالألياف الزجاجية وغيرها وغيرها مما يمكن أن يخدم كوسط فيزيائي لنقل إشارات المعطيات من طرف إلى آخر وبالعكس، والتي يمكن تصنيفها بطرق شتى ولكن أهم تصنيفاتها يعتمد على كون هذه الأوساط موجهة Guided وتنتقل فيها الإشارات ضمن ممرات محددة كالكوابل والألياف الزجاجية. أو غير موجهة Unguided وتنتقل فيها الإشارات في الأثير أو الفضاء.

أما **تجهيزات المعالجة الإلكترونية** فهي مجموع الدارات والعناصر الإلكترونية المسؤلة عن تحويل إشارات المعطيات والإشارات الحاملة لها من شكل إلى آخر، ومن مستوى إلى أخر. كأن يتم زيادة

طاقتها، أو تخليصها من الإشارات المعيقة، أو تحويلها من مجال ترددي إلى آخر، أو تغيير شكل الرموز الممثلة للمعطيات، أو استخدام هذا النوع أو ذاك من التعديل، وغير ذلك وتتنوع هذه التجهيزات وتختلف في بنيتها بحسب المنظومة ومهامها وخواصها.

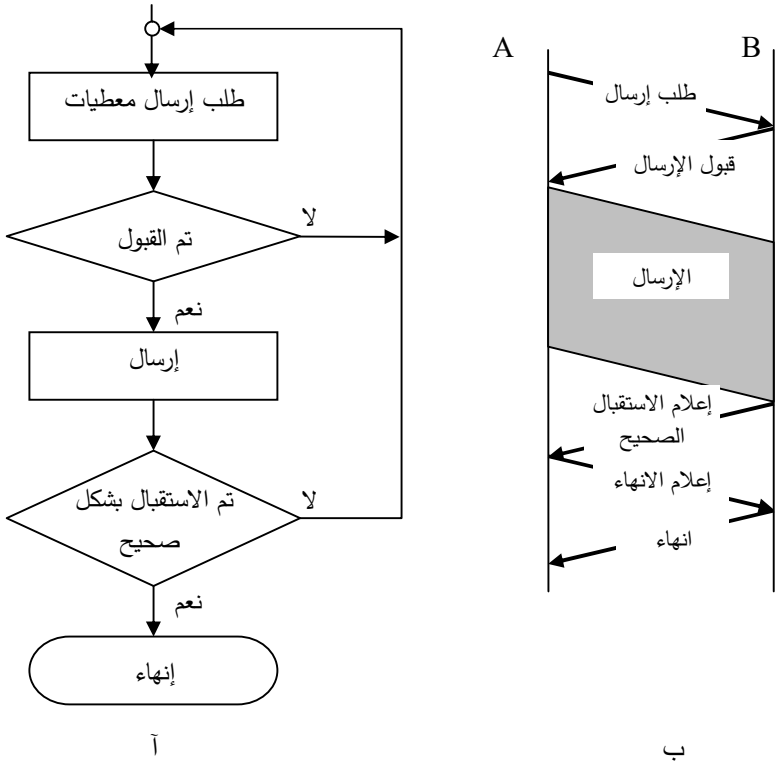
أما **البرمجيات** فهي التي تقوم بدور التحكم بتراسل المعطيات وتحصينها ضد الأخطاء، وتحدد شكل رسائل المعطيات وحجمها وأطرها وتزامنها.

لقد ظلت شبكات تراسل المعطيات ولفترة تزيد عن المائة عام شبكات هاتفية بطبيعتها، مع بعض الاستثناءات حيث جرى بناء شبكات خاصة لتقوم بنقل إشارت التلغراف فقط. وتتصف هذه الشبكات بكونها صممت أساساً لنقل الإشارات التشابهية وبالتالي فهي محدودة الإمكانية لنقل إشارات المعطيات الرقمية. ويشكل تراسل المعطيات حالياً عبر الشبكات الحاسوبية أو المحوسبة تطوراً كبيراً بالنسبة لهذه للشبكات الهاتفية التقليدية. ويمكننا القول بأنه مهما تنوعت طرق تراسل المعطيات وتنوعت أدواتها فإنها تسخدم إجراءات يمكن اعتبارها في الشكل العام متشابهة إلى حد كبير. فإن المرسل يبدأ بطلب إرسال الرسالة ولا يبدأ بإرسال الرسالة الفعلية إلا حين يأتيه التأكيد على استعداد قبولها في الطرف الأخر. وبعد أن يتم إرسال الرسالة يجري الاستفسار من الطرف المستقبل عن بعض الحروف التي يمكن أن يكون قد تم سماعها بشكل غير أكيد من المستقبل وإن كانت الرسالة واضحة يتم التأكيد على استلامها ومن ثم يتم إنهاء فترة التراسل.

إن أكثر منظومات تراسل المعطيات تطوراً تعتمد هذا الشكل العام من طريقة التراسل– والذي يمكن أن يسمى بروتوكول التراسل– حيث يتم في البدء طلب إرسال الرسالة ثم يجري قبول هذا الطلب من الطرف الأخر ويتم إرسال الرسالة أو أجزاء منهل ليتم تفحص ماتم استلامه للتأكد من الاستقبال الصحيح، ليتم التأكيد على الاستلام ومن ثم إنهاء إرسال الجزء أو الرسالة.

تعتمد المنظومات الحديثة على تحويل كل أشكال المعلومات المراد إرسالها من نصوص أو صور أو مقاطع فيدوية أو إشارات صوتية أو إشارات تحكم إلى معطيات Data على شكل رموز متتالية من الأصفار (0) والواحدات (1).

ونظراً لاختلاف مصادر إشارات المعطيات، وبهدف ضمان الدقة والجودة أثناء إرسال هذه المعطيات، فلا بد من ضمان التوافق بين التجهيزات المتنوعة بين بعضها البعض من جهة، وبين التجهيزات والتطبيقات المستخدمة (الرسائل وطرق إرسالها) من جهة أخرى، وبين التطبيقات بعضها مع بعض من جهة ثالثة. وهذا مايسمى مراعاة المعايير Standards التي تضمن إلى قدر من هذا التوافق. ويتم وضع هذه المعايير وتعديلها من قبل هيئات محلية و إقليمية و دولية حسب نوع التطبيق وشموله ومجال استخدامه.



لشكل (1) :توضيح للشكل العام للاجراءات التي تتم عند تراسل المعطيات

وتعتبر هذه المعايير جزءاً مهماً أثناء تصميم منظومة تراسل معطيات أو اختيار واحدة. فهي تحدد شكل التجهيزات وخواصها التي تناسب هذا النوع من المعطيات أو تلك، ونوع الأوساط الناقلة، وطريقة توصيل الأجهزة ببعضها، وطريقة توصيل الأجهزة إلى أوساط النقل، ومواصفات منافذ التوصيل، والطرق التي يجب اتباعها في معالجة الإشارات المرسلة والمستقبلة، وطرق تصحيح الأخطاء في حال وجودها، والمسافة التي يمكنك إيصال المعطيات إليها باستخدام هذه القناة أو تلك أو باستخدام هذه التقنية أو تلك، والسرعة التي يمكنك بها إرسال معطياتك في هذه الشبكة أو تلك أو ضمن هذا الوسط الفيزيائي أو ذاك، وإضافة إلى مواصفات الكيانات المادية Hardware إضافة إلى تحديد مواصفات البرمجيات والتطبيقات المستخدمة والبروتوكولات والإجراءات المتبعة، وغير ذلك.

ومن هذه الهيئات الدولية نذكر:

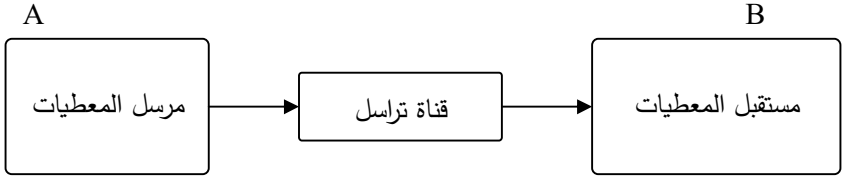
- International Telecommunications Union [ITU]
- Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE]
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI]
- American National Standards Institute [ANSI]
- Telecommunication Technology Committee [TTC])
- European Competitive Telecommunications Association [ECTA]
- Telecommunications Industry Association [TIA]).

أسئلة التقويم الذاتي(1)

1. عرف المعطيات
2. ما المقصود بنظام تراسل المعطيات؟
3. اذكر بعض أشكال المعلومات التي يمكن أن ترسل في شبكات تراسل المعطيات.
4. ماهي الإجراءات المتبعة بشكل عام للقيام بتراسل المعطيات بين نقطتين.
5. ما أهمية المعايير الدولية عند إنشاء نظام تراسل معطيات.

3- بنية نظام تراسل المعطيات بشكل عام

يمكن بشكل عام توصيف اي منظومة تراسل معطيات Data Transmission System (DTS) على أنها مكونة من ثلاثة أجزاء رئيسية. وهذه الأجزاء هي مرسل المعطيات Data Transmitter أو كما يمكن أن يسمى منبع المعطيات Data Source. وقناة تراسل المعطيات Data Transmission Channel ومهمتها إيصال المعطيات بأفضل شكل إلى القسم الثالث وهو مستقبل المعطيات Data Receiver أو كما يمكن أن يسمى Data Destination ويبين الشكل (1) مخططاً صندوقياً مبسطاً لمنظومة تراسل المعطيات.



الشكل (2) : مخطط صندوقي مبسط لمنظومة تراسل معطيات

تختلف بنية كل جزء من هذه المنظومة حسب وظيفته ونوع المعطيات التي يتعامل معها وسرعة تراسلها ونوع الإشارات الحاملة للمعطيات وطبيعة منابع المعطيات وطبيعة متلقي هذه المعطيات وغير ذلك.

قد يكون من الضروري في أغلب الأحيان أن تقوم هذه المنظومة بنقل المعطيات في كلا الاتجاهين وفي هذه الحالة فإن الأجهزة الموجودة في الطرف A وفي الطرف B يجب أن تقوم بوظيفة المرسل والمستقبل في آن معاً.

ويزداد تعقيد الأجهزة في النقطتين A و B بتنوع المعطيات التي تتعامل معها بحيث يتطلب الأمر في كثير من الأحيان زيادة تجهيزات إضافية إلى كل من المرسل والمستقبل بما يتناسب مع مهامه.

ولكننا نستطيع أن نعطي صورة أكثر دقة لهذه المنظومة دون الخوض حالياً في التفاصيل الدقيقة. ويمكننا أن نعتبر منظومة تراسل المعطيات مهما ازداد تعقيدها مكونة من الأجزاء الرئيسية التالية:

1- التجهيزات الطرفية *Data terminal equipment (DTE)* في الطرف A.
2- التجهيزات البينية *interfaces* بين التجهيزات الطرفية في النقطة A و تجهيزات نقل المعطيات.
3- تجهيزات توصيل المعطيات *data communications equipment (DCE) في النقطة A.*
4- قناة التراسل Data transmission channel بين A و B.
5- تجهيزات نقل المعطيات *(DCE) في النقطة B.*
6- التجهيزات البينية *interfaces* بين التجهيزات الطرفية في النقطة B و تجهيزات نقل المعطيات.
7- التجهيزات الطرفية *(DTE)* في الطرف A.

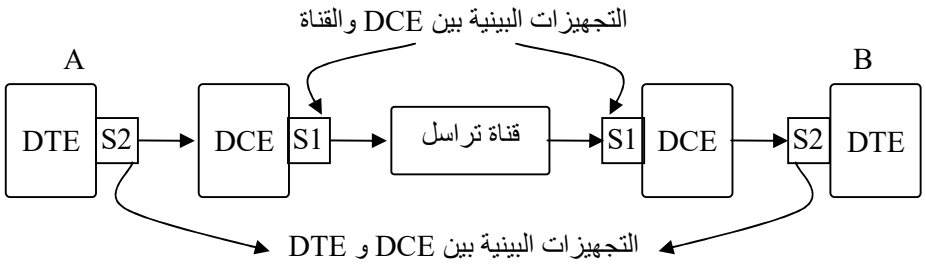
ويظهر الشكل 3 مخططاً عاماً نموذجيا لمنظومة تراسل المعطيات يبين المكونات الرئيسية لهذه المنظومة . وسنقوم الآن بتحديد وظيفة كل من هذه المكونات بشئ من التفصيل:

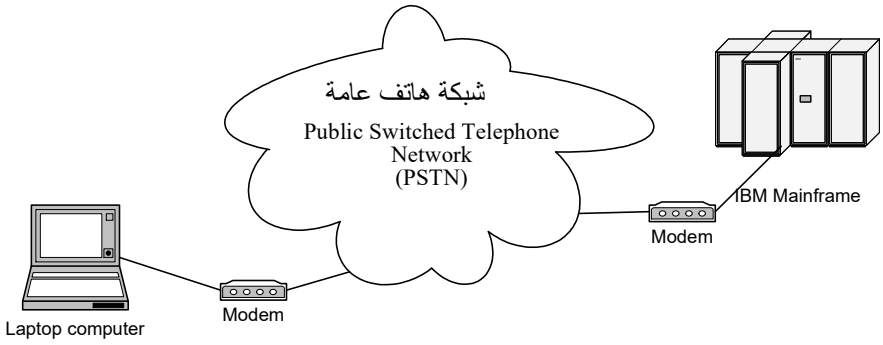
التجهيزات الطرفية *(DTE):*

وهو مفهوم عام يستخدم لوصف أجهزة المستخدم أو جزء منها ويمكن أن كون منبع المعطيات أو مستقبلها أو الاثنين معاً. وتقوم هذه التجهيزات بإرسال /استقبال المعطيات عن طريق DCE . ويمكن لتجهيزات DTE أن تكون حاسباً شخصياً أو مركز جمع ومعالجة معطيات أو مخدم أو راوتر أو أي جهاز يتعامل مع المعطيات.

يمكن استخدام مفهوم DTE بشكل خاص للتعبير عن أي جهاز يقوم بالنقل التسلسلي للمعطيات وتحوي معظم الأجهزة البينية التسلسلية دارة تسمى المرسل/المستقبل العام غير المتزامن universal asynchronous receiver-transmitter (UART) تقوم بتحويل المعطيات التفرعية المتزامنة التي تنتقل داخل الحاسب إلى معطيات غير متزامنة تسلسلية يتم إرسالها عبر المنفذ التسلسلي. وهذا يعطيه مهام إضافية ضمن أجهزة DTE وهي:

- ❖ كشف الخطأ لضمان الاستقبال الصحيح للمعطيات
- ❖ ضبط التوقيت Clocking (Timing) للتأكد من أن المعطيات يتم استقبالها بنفس الترتيب والمعدل الذي أرسلت فيه.





الشكل (3) :نموذج شبكة تراسل معطيات آ- مخطط صندوقي ب- مثال عملي

الوصلات البينية *interfaces*.

وهي التجهيزات التي تؤمن العمل المشترك والمتكامل لجزئين من منظومة تراسل المعطيات في نقطة وصلهما. ويمكن أن تكون هذه التجهيزات بين أجهزة DTE و DCE أو بين DCE وبين تجهيزات القناة.

تصف الوصلة البينينية interface طبيعة ومتطلبات الوصل بين التجهيزات والأجزاء التي تتبادل المعطيات بين بعضها، وكذلك الاجراءات والبروتوكولات المستخدمة من أجل ذلك. ويعتمد استخدام هذا النوع أو ذاك من الوصلات البينية على معدل نقل المعطيات، وشكل المعطيات والخواص الفيزيائية لوسط النقل، أو مواصفات الدخل والخرج للأجهزة على طرفي الوصلة، ونمط تراسل المعطيات، والقوابس و الكبلات المستخدمة للوصل إلى الجهاز المعني، أو بين جهازين وعلى نوعية الأجهزة. وهناك بشكل عام نوعين من هذه الوصلات :

1- الوصلات البينية التسلسلية Serial interfaces وهي التي تؤمن انتقال المعطيات بطريقة تسلسلية bit by bit بين نقطتين متتاليتين من منظومة تراسل المعطيات، وتعتبر الوصلة البينية RS-232 أشهر مثال على هذا النوع من الوصلات الوصلات البينية RS-422/485، وكذلك الوصلة البينية

.3V 5 الذي يستخدم مع السرعات العالية وخصوصاً في شبكات الخدمات الرقمية المتكاملة ISDN وهناك أيضاً الوصلة البينية X.21 التي تستخدم في منظومات تراسل المعطيات المتزامنة عالية السرعة.

2- الوصلات البينية التفرعية وتقوم بنقل المعطيات على التوازي ويمكن أن تنقل بشكل عام أكثر من Byte دفعة واحدة وخير مثال على هذا النوع من الوصلات البينية الوصلة DB-25 pin أو DB-36-pin التي تقوم بوصل الطابعات إلى الحواسب.

ويمكن تحديد الوظائف التي تقوم بها الوصلات البينية سواء أكانت تسلسلية أو تفرعية بما يلي:

- ❖ تحديد الخواص الكهربائية للإشارات التي تنتقل عند نقطة الوصل
- ❖ تحديد شكل المعطيات التي يتم نقلها عند نقطة الوصل.
- ❖ تأمين إرسال إشارات الضبط والتزامن بين طرفي الوصل.
- ❖ تحديد الخواص الكهربائية للوصلة بحد ذاتها.

تجهيزات قناة توصيل المعطيات *(DCE)*:

وتسمى أحياناً تجهيزات قناة المعطيات Data Channel equipment وتكون مهمتها تهيئة المعطيات لنقلها بين تجهيزات DTE بواسطة قنوات الاتصال (كأن يتم النقل بشبكات الهاتف) وذلك في الاتجاهين. ولذلك فإن على تجهيزات DCE أن تؤمن السرعة المناسبة، والشكل المناسب للمعطيات والخواص الكهربائية المناسبة للإشارات وغير ذلك. وكمثال على هذه التجهيزات يمكننا أن نورد الموديم Modem الذي تستخدمه لوصل حاسبك الشخصي إلى شبكة الانترنت باستخدام خطوط الشبكات الهاتفية التقليدية. و حدة خدمة القناة/وحدة خدمة المعطيات Channel Service Unit/Data Service Units (CSU/DSUs)، وكذلك مجمعات الإشارات multiplexers، وغيرها من الأجهزة التي تقوم بتحويل الإشارات الحاملة للمعطيات من شكل إلى آخر بما يؤمن النقل الأمثل لها في قناة الاتصال.

أي بعبارة أخرى تشكل هذه الأجهزة صلة الوصل بين التجهيزات الطرفية وقناة الاتصال بما يؤمن حل أي مشكلة عدم توافق يمكن أن تنشأ من جراء ذلك.

وتقوم هذه التجهيزات بتجهيز المعطيات لنقلها بشكل تسلسلي في الشبكات التي تؤمن هذا النوع من النقل، مثل شبكات الهاتف التقليدية Plain Old Telephone Service (POTS)، وكذلك في خطوط شبكات الخدمات الرقمية المتكاملة Integrated Services Digital Network (ISDN) ، أو باستخدام خطوط أنظمة T1.

قناة التراسل Data Transmission Channel

وهي مجموعة التجهيزات والوسائط التي تشكل الوسط الفيزيائي لنقل الإشارات الحاملة للمعطيات بين أجهزة DCE في طرفي الإرسال. ويمكن لهذا المفهوم أن يعبر عن كبل ثنائي مجدول Twisted Pair cable أو كبل محوري Coaxial cable أو وصلة لاسلكية wireless link أو وصلة ميكروية Microwave link أو صلة عبر الأقمار الصناعية satellite link أو وصلة ألياف زجاجية optical fiber ، أو وصلة هاتفية بين مقسمين هاتفيين، أو أي جزء من شبكة حواسب محلية أو عالمية، يقوم في اللحظة المعنية بقل المعطيات بين نقطتين محددتين.

وهذا المفهوم واسع كما نرى وسنعود فيما بعد إليه لمزيد من الإيضاح والتصنيف.

أسئلة التقويم الذاتي(2)

1. عدد مكونات منظومة تراسل المعطيات.
2. أذكر بعض الأمثلة على مكون رئيسي من مكونات منظومة تراسل المعطيات.
3. ماهي مهمة الـ UART؟
4. ماهي وظيفة الوصلات البينية؟
5. حدد وظيفة قناة تراسل المعطيات، واذكر بعض الأمثلة على هذه القنوات.

4- أنواع الإشارات الحاملة للمعطيات

إن الإشارة هي الشكل الذي تنتقل بواسطته المعلومات والمعطيات ضمن وسط النقل. وهي التعبير المباشر عن المعلومات والمعطيات والذي يتم توليده بشكل تستطيع فيه نقل المعلومات والمعطيات عبر وسط النقل بالشكل المناسب. فهناك الإشارات الكهربائية Electrical Signals للنقل عبر أوساط النقل المعدنية، وهناك الإشارات الضوئية Light Signals للنقل عبر الألياف البصرية أو عبر الفراغ، وهناك الإشارات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Signals للنقل عبر الأثير. ويمكن لأي من هذه الإشارات أن تحمل إشارات أخرى كما في حالات التعديل حيث يتم تحميل الإشارات الجيبية والتي تسمى إشارات الحامل Carrier Signal بإشارات المعلومات أو المعطيات للأسباب التقنية التي تعرفونها، أو أن تتحول من شكل إلى آخر. لتتلائم مع هذا الجزء أو ذاك من منظومة نقل المعطيات كأن يتم تحويل الإشارات الكهربائية إلى إشارات كهرومغناطيسية أو ضوئية وبالعكس.

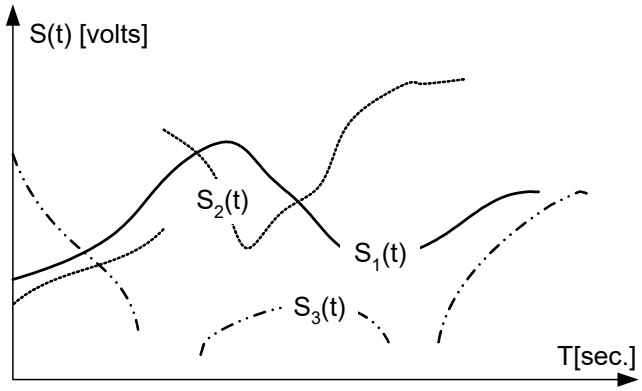
ومهما اختلف الشكل الفيزيائي للتعبير عن الإشارة فهناك نوعين رئيسين الإشارات التشابهية والإشارات الرقمية.

1-4 الإشارات التشابهية

الإشارات التشابهية هي التعبير الفيزيائي عن الإشارات الطبيعية كالصوت والفيديو. غالباً ما تستمر العمليات الفيزيائية التي تُنتج الإشارات الكهربائية زمنياً بطريقة تجعل من الممكن قياس قيمة هذه الإشارات في كل لحظة زمنية. وتسمى الإشارات في مثل هذه الحالة إشارات تشابهية أو تشابهية، وتؤكد هذه التسمية أن الإشارة تتطور زمنياً بشكل **مناظر** أو **مماثل** للعملية الفيزيائية التي ولدتها. ويمكن تمثيل الإشارات التشابهية بتابع زمني مستمر للزمن، ومثالها هو الإشارة $s_1(t)$ في الشكل (4) ، واستمرارية هذا التابع لا تنفي إمكانية وجود نقاط انقطاع في المنحني الممثل له سواءً أكان انقطاع في القيمة (المطال) Amplitude كما في الإشارة $s_2(t)$ أو انقطاع في الزمن حيث تغيب قيم الإشارة لفترات زمنية معينة كما في الإشارة $s_3(t)$.

يتم تحديد الإشارة التشابهية بشكل عام بثلاث قيم أساسية أولها المطال الذي يعبر عنه كقيم لحظية أو كقيم تابعة للزمن، وثانيها الطيف الترددي للإشارة والذي يعطي فكرة واضحة عن المركبات الترددية للإشارة والتي تشكل عاملاً هاماً في التعرف على الإشارة. ويلعب الطيف الترددي دوراً أساسياً في تحديد إمكانية إرسال هذه الإشارة أو تلك ضمن قناة تراسل معينة. أما ثالث هذه المحددات المميزة للإشارة التشابهية فهو الخواص الطورية التي تحدد الطور الابتدائي للمركبات الترددية.

ويمكن القول أنه تمت معالجة الإشارة التشابهية بشكل سليم، سواء من أجل إرسالها ضمن قناة ما أواستقبالها باستخدام تجهيزات معينة، إذا لم تتعرض محدداتها إلى تأثيرات تغير من طبيعة الإشارة، كأن يتغير مطال الإشارة أو طورها بشكل غير متجانس. ويعتبر التغير غير متجانسٍ إذا أثرت المعالجة على المركبات الترددية للإشارة بشكل مختلف مع اختلاف المركبات الترددية.



الشكل (4) :أمثلة على الإشارة التشابهية

2-4 الإشارات الرقمية

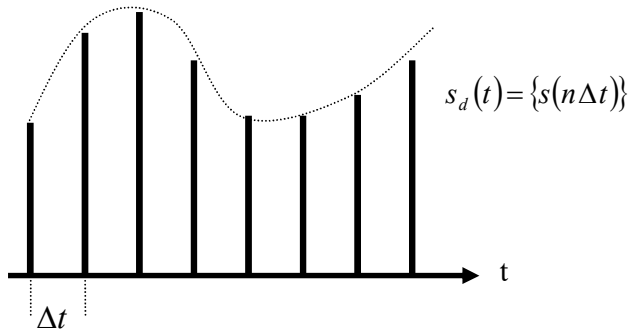
لقد تم في بداية تطبيق تقنيات الاتصالات، استخدام إشارات تشابهية ، وتم التمكن بمساعدة مثل هذه الإشارات حل المشاكل غير المعقدة المتعلقة بالهاتف، والإذاعة، والتلفزة، . . . . . الخ، حيث كانت الإشارات التشابهية تولد، وتعالج، ثم ترسل وتستقبل، بواسطة الإمكانيات الضعيفة المتوافرة آنذاك، وتسمى هذه الإشارات إشارات مستمرة في الزمن مستمرة في القيمة ومثالها مبين في الشكل (4).

ومع تطور أنظمة الاتصالات، وزيادة متطلبات استخدامها، تم استبدال الإشارات التشابهية في بعض التطبيقات بالإشارات المتقطعة، وأبسط نموذج رياضي لمثل هذه الإشارات $s_d(t)$ هو سلسلة القيم $\{s(n\Delta t)\}$ المأخوذة للإشارة في الأزمان Δt ، حيث n هو عدد صحيح .وتسمى الفترة الزمنية بين لحظتين زمنيتين متتاليتين بخطوة التقطيع Δt

$$s_d(t) = \{s(n\Delta t)\}$$

وتسمى مثل هذه الإشارات إشارات متقطعة في الزمن مستمرة في القيمة، ومثالها مبين في الشكل (5).

إن عدم إشغال الإشارة لكافة المجال الزمني المخصص لها يسمح بمشاركة مجموعة من الإشارات لنفس الحيز الزمني، وهذا ما يسمى بتجميع الإشارات بالتقسيم الزمني للقناة، أو بالمشاركة الزمنية للإشارات .

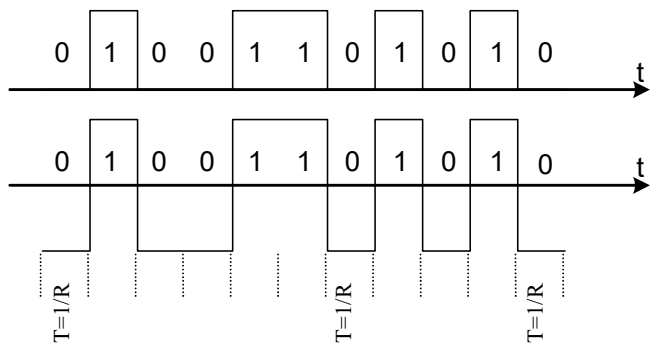


الشكل (5) : مثال على الإشارة المتقطعة

إن أهم أنواع الإشارات المتقطعة هو **الإشارات الرقمية**، وأحد أنواعها هي التي تنتج عند استبدال قيم عينات الإشارة بسلسلة من الرموز تشكل شيفرة معينة، تعبر بشكل أو بآخر عن القيم اللحظية للعينات، ويتم التعبير عن هذه السلسلة عادة بأرقام ثنائية، كالسلسلة 0110001110، أو السلسلة 111011001، المبينة في الشكل (1-6). وقد تم استخدام مثل هذه الإشارات في الآونة الأخيرة بازدياد مضطرد، مع حصول التطور الهائل في أساليب وأجهزة المعالجة الرقمية للإشارات، ويتم الانتقال من الشكل المتقطع للإشارات إلى الشكل الرقمي بتكميم قيم العينات، أي بحصر قيم العينات بعدد محدود من

القيم يسهل عملية التحويل هذه، بل ويجعلها ممكنة من الناحية العملية. وتسمى مثل هذه الإشارات إشارات متقطعة في الزمن متقطعة في القيمة.

في حين أن الإشارات الناتجة عن حوادث فيزيائية طبيعية هي تشابهية بطبيعتها إلا أن الإشارات التي تتعامل معها الحواسب رقمية. فطبيعة الحاسب رقمية فهو يعالج المعطيات ويخزنها وينقلها بشكل رقمي أي بشكل أصفار وواحدات، وتشكل ملفات ورسائل رقمية يجري تبادلها باستخدام الشبكات.
يستعاض عن مفهوم عرض الحزمة الذي يعتبر مفهوماً محدداً للإشارة التشابهية، بمفهوم معدل الإرسال Transmission Rate بالنسبة للاشارة الرقمية ويقدر بالبيت في الثانية الواحدة bits per second (bps).



الشكل (6) :بعض الأمثلة على تمثيل الإشارة الرقمية

ويرتبط المفهومان ببعضهما بشكل وثيق حيث تحتاج الإشارة الرقمية إلى عرض حزمة ترددية متناسب مع معدل إرسالها من أجل إرسالها في قناة تشابهية . كما تحتاج الإشارة التشابهية إلى معدل إرسال أدنى (بعد رقمنتها) ليتم إرسالها بشكل صحيح في قناة رقمية وسيتم التعرف على ذلك بشكل مفصل في الوحدة التالية.

ولفهم معنى معدل الإرسال لنفرض أنه لدينا على سبيل المثال الإشارة الثنائية المبينة في الشكل (6) لاحظ تكرار رموز هذه الإشارة أي 0 و 1 في فترات زمنية متساوية وكل منها تساوي 1/R ثانية أو نقول بمعدل R/Sec. يسمى الزمن 1/R بالفاصل الثنائي binary interval. ويعطي منبع المعلومات في هذه الحالة R رقما ثنائياً أو بيتاً (bit) في الثانية (لاحظ أن كلمة (bit) أتت من كلمتي ***bi***nary digi***t*** وسنعتمد كلمة بيت في منهاجنا هذا كترجمة تعطي نفس المعنى الذي تعطيه كلمة bit وذلك للسهولة) وكمثال على ذلك إذا كانت 1/R=1ns. فإن معدل إرسال المعلومات هو $R = 10^9$ bit/s. أما إذا كانت 1/R =1μs. فإن $R = 10^6$ bit/s.

أسئلة التقويم الذاتي(3)

1. عرف الإشارة بشكل عام.
2. مالفرق بين الإشارة التشابهية والإشارة الرقمية؟
3. لماذا سميت الإشارة التشابهية والرقمية بهذين الاسمين؟
4. مالهدف من تحويل إشارات المعطيات من شكل فيزيائي إلى شكل آخر؟
5. حدد مفهوم عرض الحزمة ومفهوم معدل الإرسال. وما هي العلاقة بينهما؟

تدريب (1)

إشارة ثنائية معدل إرسالها 20 Mbps ماهو الفاصل الزمني الثنائي (زمن البيت الواحد) لها ؟

تدريب (2)

حدد معدل الإرسال مقدراً بـ bps لإشارة رقمية ثنائية يشغل البيت الواحد فيها زمناً قدرة $0.1\mu sec$.

5- قنوات الإرسال المستخدمة في تراسل المعطيات

إن قناة الاتصال بشكل عام كما عرفناها سابقاً هي الوسيلة التي يمكن أن يتم بها توصيل المعطيات من طرف إلى آخر. فهي ممرات النقل التي يربط وحدة المعالجة المركزية في الحاسب ببقية المكونات وهي أيضاً الكبل الذي يصل الطابعة أو لوحة المفاتيح أو أي ملحق من ملحقات الحاسب بالحاسب. ويمكن لقناة التراسل أن تكون الكبل المحوري الذي ينقل الإشارة من اللا قط إلى جهاز الاستقبال. أو الخط الهاتفي الذي يصل هاتفك أو الموديم الموصول إلى حاسبك إلى مقسم الهاتف المحلي أو المتواجد في مكان بعيد أو إلى موديم آخر موصول إلى حاسب آخر في الطرف البعيد من العالم وأنت تقوم بمحادثة Chatting مع صديق أو قريب. وقد تكون قناة التراسل مجموعة من هذه أو تلك من الوسائل التي عددناها سابقاً.

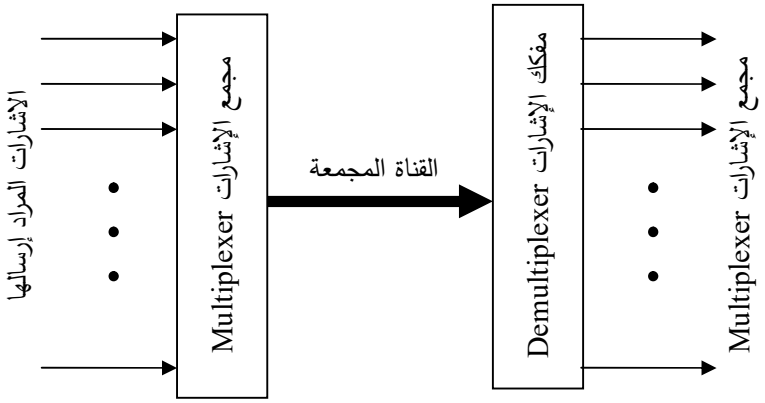
5-1 كيفية تصنيف قنوات الاتصال

إن المفهوم الذي أوردناه للقناة عام وشامل ولكن تصنيف القنوات وفقاً لبعض المحددات يمكن أن يعطي تحديداً أكثر وضوحاً لهذا المفهوم. فإذا قمنا بتصنيف القنوات على أساس عدد وتنوع الإشارات التي تحملها فإن هناك:

القناة التي تحمل إشارة واحدة : وتستخدم الوسط الكهربائي (اسلاك نحاسية ثنائية أو كبلات محورية) أو الضوئي (الألياف الضوئية) أو الكهرومغناطيسي (الأوساط اللاسلكية على اختلاف أنواعها) لنقل إشارة واحدة بين طرفي التراسل.

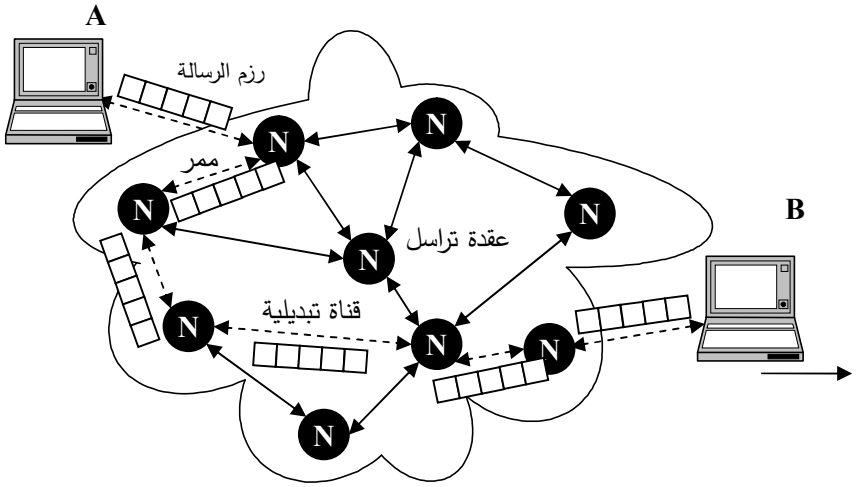
القناة المجمعة ***multiplexed channels :*** وهي القناة التي تقوم بنقل إشارات من مصادر مختلفة كالإشارات الهاتفية الرقمية وإشارات المعطيات الحاسوبية وإشارات القياس عن بعد، ضمن قناة واحدة مجمعة كما في الشكل (7). وقد يتم استخدام تقنية تعتمد على أن يتم الفصل بين هذه الإشارات بفواصل زمنية محددة كما في أنظمة التجميع بتقسيم الزمن Time Division Multiplexing (TDM) . أو يتم تحميل هذه الإشارات على حوامل ترددية مختلفة تشكل في مجموعها مجالاً ترددياً واحداً لإشارة مجمعة واحدة يتم إرسالها في قناة واحدة، كما في أنظمة التجميع بتقسيم المجال الترددي Frequency Division Multiplexing (FDM) . وهناك أنواع أخرى من القنوات المجمعة لامجال لذكرها حالياً.

وهناك القنوات التي تنقل جزءً معيناً من إشارة واحدة أو أكثر من إشارة يسمى رزمة Packet أو cell يتم تشكيل هذه القناة من خلال توصيل ممر ثابت عبر خطوط ودارات الشبكات التبديلية وذلك بشكل دائم لحين انتهاء فترة التراسل. كما وتسمى هذه القنوات بقنوات التبديل الداراتي Circuit switching Channels . أو يتم إرسال رزم الإشارة الواحدة أو الإشارة المجمعة من رزم تابعة لإشارات مختلفة عبر دارات يتم توصيلها حسب المسارات المتاحة في الشبكات التوصيلية في كل لحظة زمنية وتسمى القنوات بقنوات التبديل الداراتي الإفتراضية .Virtual Circuit switching Channels وتسمى أيضاً الوصلات المنطقية Logical Links. وذلك كما في الشكل (8).



الشكل(7) :مخطط توضيحي لقناة مجمعة

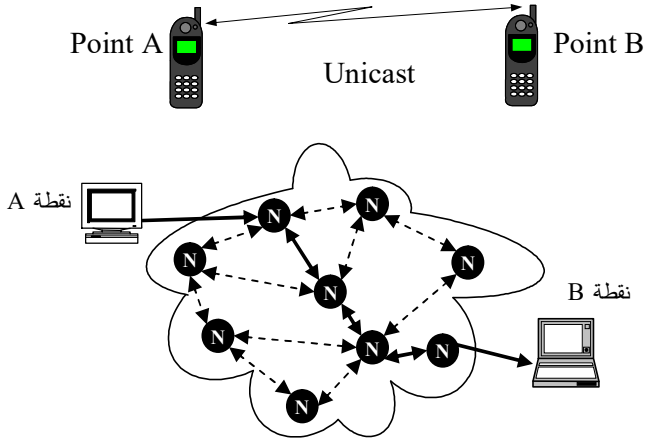
وفي مثل هذا النوع من الشبكات يمكنك في نفس الوقت إجراء محادثة مع شخص آخر (عبر الانترنت مثلاً) وأنت تقوم باستقبال بريدك الإلكتروني وفي نفس الوقت تقوم بتصفح موقعاً ما على الانترنت. وفي هذه الحالة فإن الرزم التابعة لتطبيقات مختلفة ستقوم بالدخول إلى حاسبك والخروج منه من نفس المنفذ دون أن تعيق بعضها البعض كما أن رزم نفس الإشارة ستقوم بالانتقال عبر الانترنت عبر مسارات مختلفة دون أن تفقد ترتيبها وتكاملها لتشكل في النهاية رسائل معطيات مفهومة وواضحة وخالية من الأخطاء.



الشكل(8) :توضيح للقنوات التبديلية

ومن ضمن التصنيفات الهامة للقنوات ذاك الذي يعتمد على اتجاه الإرسال. ووفقاً لهذا التصنيف قنوات االتراسل من نقطة إلى نقطة Point to point وهو الذي تكون فيه إمكانية التراسل بين نقطتين قائمة سواءً عبر وصلة واحدة وتسمى Unicast أو عبر مجموعة من الوصلات عبر الشبكة تشكل ممراً واحداً للمعطيات بين النقطتين المتراسلتين كما في الشكل (9).

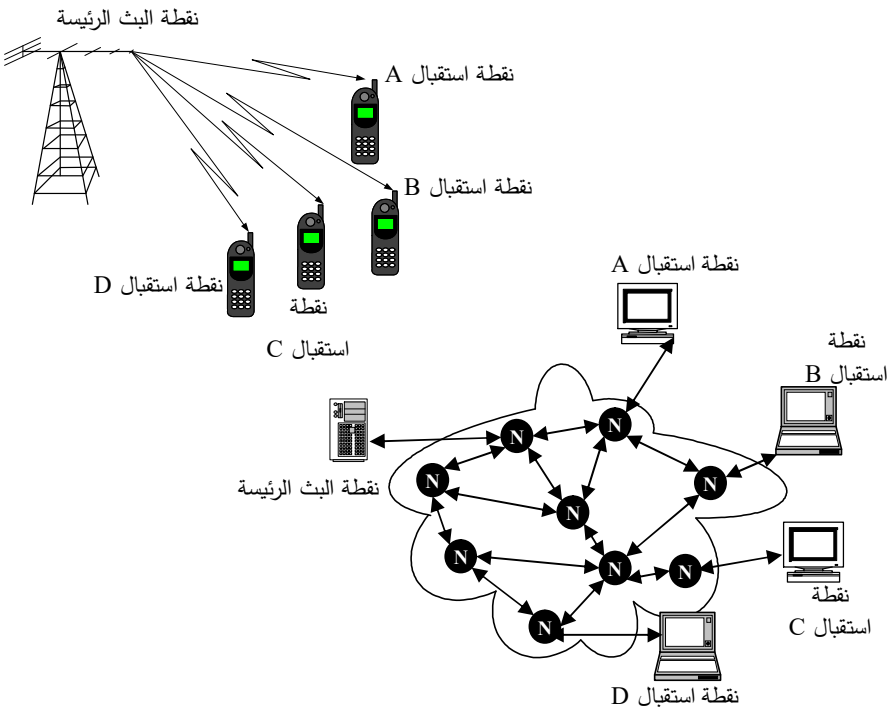
الشكل(9)



تراسل نقطة إلى نقطة Point to point

أما النوع الثاني وفق هذا التصنيف فهو قنوات البث عريضة النطاق Broadcast حيث تكون هناك نقطة مرسلة واحدة وعدة نقاط مستقبلة في آن واحد، وفي هذه الحالة يمكن أن يكون البث عبر قنوات ثابتة تم بنائها خصيصاً لهذه الغاية. أو قد يكون عبر شبكة عامة وفي هذه الحالة ترسل

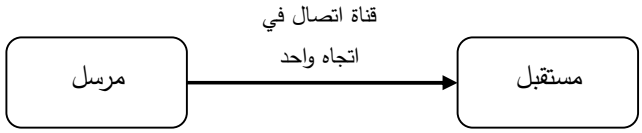
النقطة التي تبث مع رسالتها مايسمى رزمة بث Broadcast Packet تستقبلها جميع النقاط المعنية الاستقبال فقط. ويبين الشكل (10) بنية هذا النوع من القنوات.



الشكل(10): Broadcast Transmission

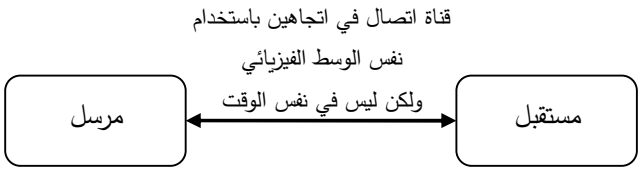
كما يمكن تصنيف قنوات الاتصال حسب إمكانية الاتصال في اتجاه واحد أو اتجاهين إلى:

قنوات اتصال وحيدة الاتجاه Simplex: وهي قنوات يتم فيها إرسال المعطيات في اتجاه واح عبر الوصلة أو الدارة المتشكلة بين المرسل والمستقبل دون أن يكون هناك أي إمكانية لنقل الإشارات في الاتجاه الآخر.وتستخدم في أنظمة تراسل المعطيات لنقل معطيات ناتجة عن القياس أو المراقبة لعملية ما فيزيائية كانت أو غير فيزيائية إلى مراكز المعالجة. وتتصف هذه القنوات بانخفاض معدلات الارسال فيها.

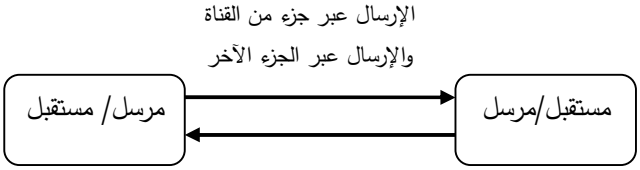


الشكل(11): قناة سيمبلكس

وهناك أيضاً قنوات تسمح بتراسل المعطيات في كلا الاتجاهين ولكن ليس في نفس الوقت. حيث يتم استخدام نفس القناة لإرسال المعطيات في الاتجاه الأول، وتلقي المعطيات من الطرف الثاني ولكن ليس في نفس الوقت. وتسمى هذه القناة **نصف دوبلكس (Half-Duplex (HDX** وخير مثال عليها بعض خطوط الموديم الهاتفي. وكذلك خطوط الطابعات و الخطوط الموصولة إلى الصراف الآلي ATM (Automatic Teller Machine). وغيرها من التطبيقات التي لايلعب فيها التأخير الزمني للمعطيات دوراً حاسماً.



الشكل(12): قناة نصف دوبلكس



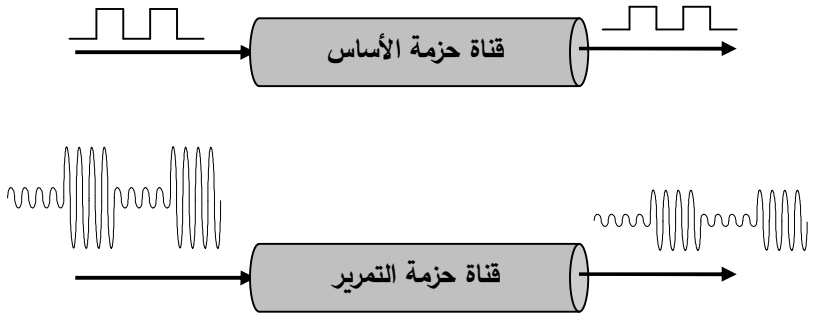
الشكل(13): قناة دوبلكس

وهناك أيضاً ضمن هذا التصنيف قنوات الاتصال التي تقوم بنقل المعطيات في كلا الاتجاهين في نس الوقت وتسمى قنوات **دوبلكس (Full Duplex (FDX** وتحتوي هذه القنوات قناتي (HDX) في نفس الوقت كل منهما تعمل في اتجاه

جميع القنوات الفيزيائية محدودة الإمكانية من حيث كمية المعطيات التي يمكن نقلها وتعتمد هذه الكمية على مايسمى عرض حزمة القناة channel Bandwidth وهو الفرق بين أصغر وأعلى تردد يمكن للقناة أن تنقله. وهذه سمة مميزة يمكن تصنيف القنوات وفقها إلى قنوات حزمة الأساس Baseband وهي القنوات المخصصة أساساً لنقل الإشارات دون تعديل على عرض طيفها الترددي أو موقعه. وهذه القنوات يمكن أن تكون قنوات رقمية أو تشابهية.

وهناك أيضاً قنوات ذات حزمة تمرير محددة Passband وهذه القنوات هي عبارة عن حزمة ترددية محددة لنقل إشارة ما أو مجموعة إشارات وذلك بقل طيف إشارة حزمة الأساس من مجال التردد المنخفض الذي تقع فيه إلى المجال الترددي المناسب للتراسل أو المخصص له. وذلك باستخدام تقنيات

مختلفة كالتعديل Modulation بالنسبة للإشارات التشابهية و الإقفال بالإزاحة Shift keying بالنسبة للإشارات الرقمية وهذا ماسنأتي عليه بشي من التفصيل لاحقاً. انظر الشكل (14).



الشكل(14): توضيح لمفهوم قناة حزمة الأساس وقناة حزمة التمرير.

ويرتبط مفهوم قنوات تمرير الحزمة بمفهوم القنوات عريضة الحزمة Broadband والتي تقوم أيضاً باستخدام تقنيات مختلفة كالتعديل والإقفال لإرسال مجموعة إشارات ضمن حزمة ترددية مخصصة لقناة واحدة.

إن مفهوم القناة هو مفهوم منطقي أكثر مما هو مفهوم فيزيائي محدد، فقد تكون القناة حزمة ترددية مخصصة لنقل إشارة ما أو معطيات محددة، كما في حالة القنوات اللاسلكية وعلى وجه الخصوص هناك القنوات التلفزيونية وقنوات البث الإذاعي و...

أو قد تكون القناة فترة زمنية محددة تخصص لنقل معطيات ما ضمن وسط فيزيائي، كما في حالة قنوات نقل المعطيات باستخدام التبديل الرزمي وقنوات التراسل اعتماداً على تقسيم الزمن.

ولكن التصنيف الأهم للقنوات يعتمد على طبيعة الإشارات التي يتم إرسالها في قناة تراسل المعطيات وهنا يمكن تصنيفها إلى قنوات الإرسال التشابهية وقنوات الإرسال الرقمية:

2-5 قنوات الإرسال التشابهية

تسمى قناة التراسل تشابهية إذا كانت طبيعة الإشارة التي تنقلها تشابهية على كامل مسار القناة. فإن القناة التي تربط هاتفين هي قناة تشابهية لأن الإشارة على طرفيها تشابهية وكذلك الأمر بالنسبة للقناة التي تربط بين مدخل الموديم الموصول إلى حاسبك والمودم الموصول إلى حاسب شخص آخر يجري معك محاثة عبر الانترنت.

ويمكن للقناة التشابهية أن تنقل إشارات تشابهية بطبيعتها وفي هذه الحالة لاتحتاج الإشارات التشابهية إلى أي نوع من التحويل. كما يمكن أن تنقل إشارات رقمية ولكن يتم تحويلها لتصبح إشارات تشابهية على مدخل القناة في طرف الإرسال ومن ثم يعاد تحويلها إلى إشارات رقمية من جديد عند استقبالها. ويتم

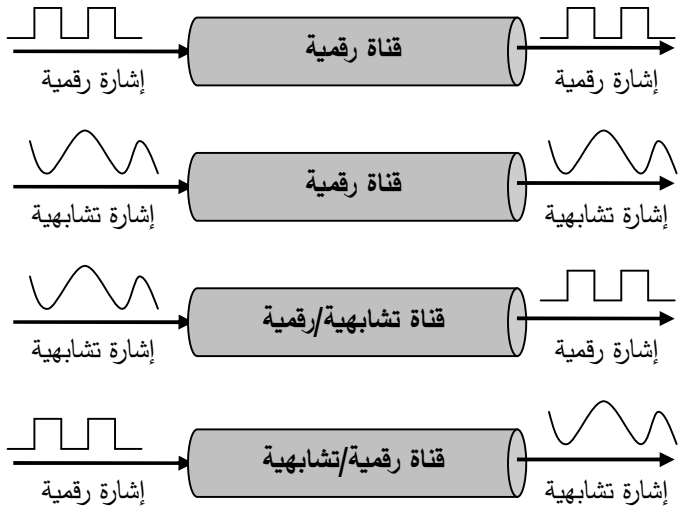
تزويد القناة بهذه الإمكانية من خلال إضافة تجهيزات أخرى إلى دخلها وخرجها. وخير مثال على هذه التجهيزات الموديم التشابهي (ويشكل الموديم الموصول إلى حاسبك أحد أنواع هذه الموديمات).

5-3 قنوات الإرسال الرقمية:

تسمى قناة التراسل رقمية إذا كانت طبيعة الإشارة التي تنقلها رقمية على كامل مسار القناة.

وكما نعلم فإن للقنوات الرقمية مجموعة من الميزات التي تجعلها أفضل من القنوات التشابهية على الرغم من أن الأخيرة أكثر انتشاراً بسبب تاريخها الطويل في الوجود وكمثال علة هذه القنوات قنوات الاتصال الهاتفية الموزعة GSTN بما فيها من مجمعات وموزعات ومعدلات وغيرها ويتغير بناء القناة في هذه المنظومة في كل لحظة حسب اتجاه الاتصال وحسب أماكن تواجد المرسل والمستقبل. عند إرسال المعلومات الرقمية في القنوات التشابهية لا بد من وجود جهاز يقوم بتحويل المعلومات الرقمية القادمة من DTE إلى إشارة تشابهية ترسل في القنوات التشابهية وعلى العكس فإن المستقبل يجب أن يحوي أجهزة لتحويل هذه الإشارة التشابهية مرة أخرى إلى إشارة رقمية تعطى إلى TDM من ناحية أخرى وغالباً ما يقوم الموديم بتحويل الإشارة في الاتجاهين المذكورين.

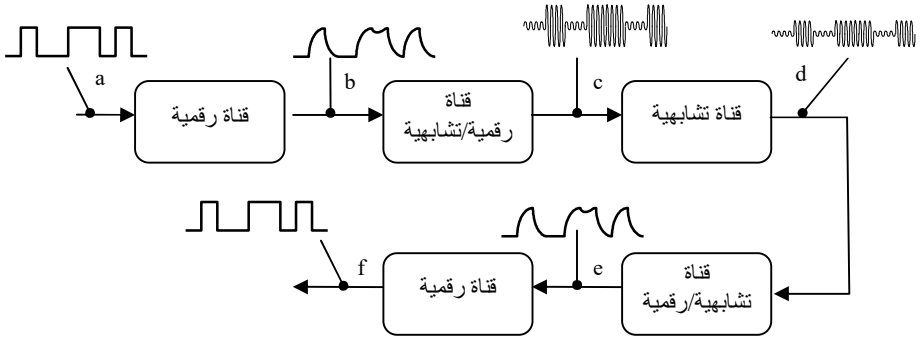
على الرغم من أن الكثير من المراجع تفضل تقسيم القنوات بشكل جزئي أيضاً إلى قنوات حسب دخل القناة وخرج القناة، وذلك كما في الشكل (15) فيمكن أن نقول: قناة رقمية-تشابهية إذا كان دخلها رقمياً وخرجها تشابهياً أو رقمية-رقمية، تشابهية-رقمية، تشابهية- تشابهية. وكمثال على القنوات الرقمية قنوات إرسال الإشارات PCM , ISTM وقنوات E_1/T_1 الخ.



الشكل(15): تصنيف قنوات الاتصال حسب طبيعة الإشارات على دخل وخرج القناة

إن هذا التصنيف للقنوات يتيح لنا النظر إلى الممر الذي تسلكه إشارة نقل المعطيات على أنه ممر مكون من مجموعة من القنوات الجزئية. كل من هذه القنوات يختلف بطبيعته وتجهيزاته حسب اختلاف الإشارة التي تنتقل فيه. فمن حاسبك الشخصي إلى الموديم تعتبر القناة رقمية. ومن الموديم إلى المقسم الهاتفي تعتبر تشابهية. أما من الحاسب إلى المقسم فتعتبر القناة رقمية تشابهية. وبين مقسمين باستخدام الحامل الرقمي T1 تعتبر رقمية. وبين الموديم والطرف الآخر للحامل الرقمي T1 تشابهية – رقمية وهكذا.

ويبين الشكل (16) كيف يمكن لقناة واحدة أن تجمع في بنيتها مجموعة من القنوات مختلفة البنية.



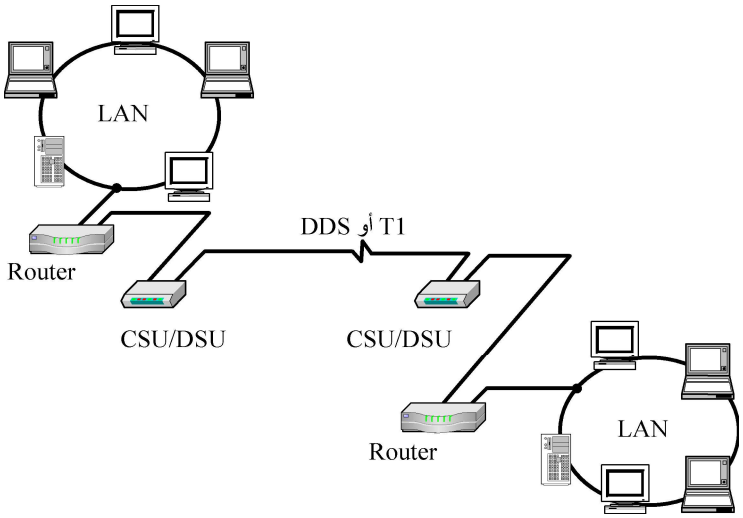
الشكل(16): تداخل مفهومي القناة التشابهية والرقمية ضمن منظومة واحدة

لاحظ أن القناة بين النقطتين a وf هي قناة رقمية بينما هي قناة رقمية/ تشابهية بين a وd، كما أنها تشابهية / رقمية بين c وf.

ولابد هنا من التعرض إلى أن وصل القنوات الرقمية ببعضها البعض يتم باستخدام وحدة خدمة القناة/ وحدة خدمة المعطيات Channel Service Unit/Data Service Unit (CSU/DSU).

تختلف القنوات الرقمية التي يمكن أن توصل إلى بعضها البعض بسعاتها ومعدلات إرسالها بنية أطر إرسالها وبروتوكولاتها ويستخدم للموافقة بين قناتين رقميتين مختلفتين حين ربطهما ببعضهما البعض جهاز يسمى وحدة خدمة القناة/ وحدة خدمة المعطيات (CSU/DSU)، وتقوم هذه الأجهزة التي تشبه الموديمات بالملائمة من حيث طبيعة الوصل الفيزيائي والمواصفات الكهربائية للقناتين على طرفي هذه الوحدة. فتقوم بتحويل الإشارات الرقمية من شكل إلى آخرى وتستبدل التشفير المستخدم من شكل إلى آخر وتقوم بتغيير إطار نقل المعطيات بين الطرفين ويشكل استخدامها لربط شبكات الحاسب المحلية إلى شبكات الحاسب الواسعة أو إلى مزودي الخدمة ISP أو إلى الشبكات الهاتفية الرقمية مثالاً جيداً على استخدامها . حيث يتم استخدام خطوط الحامل الرقمي T1 أو خطوط خدمة المعطيات الرقمة لهذا

الوصل ويتم وضع هذه الوحدات على طرفي الخط في هذه الحالة. ويوضح الشكل (17) كيفية وصل هذه الوحدة عند وصل الشبكات المحلية إلى الشبكة العالمية.



الشكل(17): استخدام CSU/DSU لوصل شبكتين محليتين عبر الشبكة ا لوصل شبكتين محليتين عبر الشبكة العالمية باستخدام خطوط DDS أو T1.

مهما كانت طبيعة الإشارة الرقمية أو منشأها فإننا يجب أن نعرف محتواها المعلوماتي أي كمية المعلومات التي تحتويها والمعدل الذي يجب أن ترسل فيه وكذلك سعة القناة المستخدمة ومواصفاتها التقنية لمعرفة إمكانية إرسالها وكفاءة هذا الإرسال وسننتقل في الفقرة التالية إلى تحديد بعض المفاهيم المتعلقة بذلك.

أسئلة التقويم الذاتي(4)

1. صنف قنوات التراسل حسب عدد الإشارات المنقولة فيها.
2. صنف قنوات التراسل حسب إمكانية اتجاه التراسل.
3. مالفرق بين قنوات حزمة التمرير وقنوات حزمة الأساس.
4. كيف يمكن تصنيف قنوات التراسل حسب طبيعة الإشارات المنقولة فيها.
5. ماهي وظيفة الـ (CSU/DSU)؟

تدريب (3)

صنف القنوات التالية حسب طبيعة الإشارة على دخل وخرج القناة:

أ. القناة التي تربط هاتفك المنزلي بالمقسم المباشر

ب. القناة التي تربط الموديم الموصول إلى حاسبك بالمقسم المباشر.

ج. القناة التي تربط الموديم الموصول إلى حاسبك بالموديم الموصول إلى حاسب آخر عند إجراء chatting.

د. القناة التي تربط بين الصحن اللاقط ومدخل المستقبل التلفزيوني Receiver.

هـ. القناة التي تربط بطاقتي شبكة لحاسبين موجودين في مخبر واحد بشكل مباشر.

و. القناة التي تربط بين هاتفك الجوال وهاتف زميل لك أثاء إجراء مكالمة.

ز. القناة التي تربط لوحة المفاتيح بحاسبك الشخصي.

6- مفاهيم عامة حول كمية المعلومات وسعة القناة

يجب تقييم المحتوى المعلوماتي للرسالة التي نريد إرسالها في قناة التراسل لمعرفة ما إذا كان بالإمكان إرسال هذه الرسالة في قناة التراسل أم لا. ونقصد أوليا بمحتوى الرسالة من المعلومات عدد الرموز الثنائية اللازمة لإرسال هذه الرسالة (وعلى الرغم من أننا قد نستخدم رموزاً أكثر تعقيداً من الرموز الثنائية فإننا سنأخذ المكافي الثنائي لها لتقييم محتواها من المعلومات وذلك بغاية التبسيط).

وبما أننا ننقل المعلومات Information بشكل أو بآخر في أنظمة تراسل المعطيات وبما أننا نحتاج إلى مقياس ما لكمية هذه المعلومات المحتواة في كل رسالة فعلينا أولاً تحديد ما نعنيه بمفهوم المعلومات.

لنفترض أن شخصاً قال لك بأن الشتاء سيكون ماطراً، أو بأن الصيف سيكون حاراً، أو بأن أوراق الأشجار تتساقط في الخريف، وبأن الأشجار تزهر في الربيع. فمن الواضح أنه لم يقدم لك أية معلومات لكونك تعرف هذه الأمور سلفاً، ولم يكن في الأمر لبس ولا غموض بالنسبة لك. أما أن يقول لك بأن الشتاء سيكون حاراً هذا العام، أو بأن يوم الغد سيكون مثلجاً، فإنه يكون قد قدم لك معلومة غير اعتيادية كانت غامضة بالنسبة إليك. وسيكون في (رسالته) هذه كمية من المعلومات بالنسبة لك. ولو أنك كنت مكان عامل الاستقبال في مقسم هاتفي وكنت تنتظر مكالمة تعرف زمن بدئها وزمن انتهائها ومحتواها، وأتت هذه المكالمة فإنك ستكون تلقيت رسالة تخلو من المعلومات (لم تقم بزيادة المعلومات لديك).

لاحظ أن مفهوم محتوى الرسالة من المعلومات وزيادة غموضها أمران متناسبان. فكلما كان محتوى الرسالة غامضاً بالنسبة لك قبل تلقيها كلما كان محتواها من المعلومات أكبر والعكس بالعكس. فما هي المعلومات التي تقدمها لك رسالة يلتقطها مستقبلك و هي عبارة عن موجة جيبيه معروفة المحددات سلفاً بما في ذلك زمن بدئها وزمن انتهائها؟ أو ما الفائدة من إرسال رسالة كهربائية هي عبارة عن تتالي سلسلة من الرموز الثنائية معروفة الترتيب سلفاً؟ لذلك نقول بأن الغموض بمعنى عدم التوقع هو مؤشر هام على محتوى الرسالة من المعلومات.

ولكن هذا الكلام يبقى عاماً في إطاره ويمكننا تحديده أكثر بربط محتوى الرسالة من المعلومات بسرعة تغيرها مع الزمن. إن الإشارة الأسرع تغيراً في الزمن يمكن أن تحمل رسالة تحوي معلومات أكثر من الإشارة بطيئة التغير في الزمن. وهذا الأمر بديهي فخطوط المعطيات التي تعمل عند سرعات عالية يمكن أن تحمل كميات من المعلومات أكبر بكثير من الخطوط التي تعمل عند معدلات إرسال منخفضة، وذلك في واحدة الزمن. فلايمكن مقارنة كمية المعلومات التي يمكن تحميلها علة حامل ضوئي (باستخدام الألياف الضوئية) مع كمية المعلومات التي يحملها خط هاتفي أو خط ثنائي مجدول، وذلك ضمن فترة زمنية محددة.

والسؤال الآن ما هي كمية المعلومات التي نستطيع إرسالها ضمن هذه الفترة الزمنية؟ هل هناك حد لكمية المعلومات هذه ؟ ما علاقة هذا الحد بالنظام المستخدم؟ لماذا نضع حداً لكمية المعلومات التي نرسلها؟ وبما أن كمية المعلومات مرتبطة بعدم التوقع أي بعبارة أخرى بسرعة تغير الإشارة مع الزمن فإلى أي حد نستطيع تسريع تغير الإشارة؟ سيما وأن سرعة التغير هذه مرتبطة بمقدرة النظام المستخدم الذي هو نظام مادي حقيقي على التمييز بين مطالات الرموز المستخدمة في الإرسال، حيث لا يمكننا بالتأكيد زيادة العدد إلى ما لانهاية إضافة إلى أن الأنظمة المستخدمة تمتلك عناصر لها خاصية اختزان الطاقة وبالتالي إفراغها في وقت لاحق إضافة إلى تأثير هذه الأنظمة على المطالات .
ولتوضيح ذلك فإن خطاً ثنائياً (كالذي يستخدم في توصيل شبكة الهاتف إلى البيت يمكنه نقل إشارة ثنائية بمعدل مئات الآلاف من البيتات في الثانية عبر مسافات ليست طويلة . شبكات تراسل المعطيات المحلية Local area network (LAN) تستطيع نقل معلومات ثنائية بمعدل ملايين البيتات في الثانية في حين تستطيع الألياف البصرية نقل بلايين البيتات في الثانية وتستطيع الكبلات المحورية (المستخدمة مثلاً في الأنظمة التلفزيونية CATV) نقل بضعة مئات من ملايين البيتات في الثانية.

ونقول بأن لكل من هذه الأوساط الفيزيائية زمناً أصغرياً τ (هو المجال الزمني الأصغري الذي يمكن أن تشغله الإشارة بحيث يمكن كشفها) لتغير الطاقة و مطالاً أصغرياً لا يمكننا كشف ما هو أصغر منه وتكون كمية المعلومات الأعظمية التي يمكن نقلها عبره مرتبطة بهذين الأمرين، ويمكننا القول أن كمية المعلومات مرتبطة بعدد إمكانيات التغير في الإشارة الذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالزمن τ وعدد المستويات n التي يمكن أن تأخذها الإشارة (الرموز) المرسلة.

تسمى كمية المعلومات التي يتم إرساله ضمن قناة تراسل معينة في واحدة الزمن بمعدل الإرسال. كما تسمى كمية المعلومات الأعظمية التي يمكن نقلها في واحدة الزمن (معدل الإرسال الأعظمي) ضمن قناة تراسل معينة ضمن شروط تسمح بالاستقبال الصحيح للمعلومات بسعة القناة. إن سعة القناة محدد أساسي وهام من محددات التراسل يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالخواص الفيزيائية والمعلوماتية لكل قناة. إذن هناك نوع من الترابط بين زمن الإشارة وسرعة تغيرها وبين ترددها وعرض حزمتها الترددية وبين مفهوم

سعة النظام وهذا مايقود في جميع المسائل التحليلية والتصميمية لأنظمة تراسل المعطيات لربط سعة النظام بعرض الحزمة الترددية لتمرير النظام وبمعيقات التراسل المرتبطة بهذه القناة والتي ترتبط أساساً بنسبة الإشارة إلى الضجيج.

وتكون المسألة الأساسية عند تصميم نظام تراسل معطيات معين هي الإجابة عن السؤال التالي: هل يمكن من أجل معدل إرسال معين R b/s ومن أجل استطاعة إرسال معينة لقناة تراسل أن تحمل نفس الكمية من المعلومات وبخطأ أقل مع زيادة تعقيد النظام؟ أو هل يمكن زيادة معدل الإرسال ضمن نفس القناة مع المحافظة على إمكانية الاستقبال الصحيح للمعطيات، وذلك مع زيادة تعقيد الأجهزة الطرفية؟

الحقيقة أن الإجابة على هذا السؤال تقودنا إلى إيضاح دور استخدام التقنيات التي تسمح لنا أن نرسل ونستقبل رموزاً يعبر كل منها عن أكثر من بيت واحد. تتضمن هذه التقنيات التعديل الرقمي متعدد المستويات واستخدام تقنيات عالية لحذف الصدى وكذلك تقنيات عالية للإقلال من ضجيج التداخل بين الرموز. وهذا ماسنأتي عليه في الفصول اللاحقة بشئ من التفصيل.

أسئلة التقويم الذاتي(5)

1. اشرح مفهوم كمية المعلومات.
2. حدد مفهوم معدل الإرسال.
3. كيف تشرح العلاقة بين الغموض و كمية المعلومات في رسالة المعطيات.
4. اشرح مفهوم سعة القناة.
5. ما العلاقة بين مفهوم سعة القناة ومعدل الإرسال؟

7- العوامل المعيقة لتراسل المعطيات

هناك دائماً فرق واضح بين معدلات الإرسال التي يمكن الحصول عليها عملياً وبين معدلات الإرسال التي تصفها العلاقات الرياضية للقنوات المثالية. ويعود هذا الفرق إلى مجموعة من الأمور التي تعيق إرسال المعطيات في هذه القنوات والتي يمكن تصنيفها حسب أوساط التراسل، أو حسب التقنيات المستخدمة، أو حسب طبيعة الاشارات المستخدمة. تقوم أوساط النقل بتغيير الإشارات الحاملة للمعطيات والتي تعبرها بين نقطتين وذلك بفعل عوامل عديدة. من هذه العوامل التخامد Attenuation والذي يحدث بفعل مقاومة الوسط لهذه الإشارات والذي يكون على شكل صرف جزء من طاقتها للتغلب عليه وبالتالي فإن طاقة الإشارة ستتناقص باستمرار مع ازدياد المسافة المقطوعة. مما سيجعل مطالها يتناقص باستمرار إلى درجة يصبح معها الكشف عن هذه الاشارة واستقبالها بعد حد معين مستحيلاً. ويتم التغلب على هذا النوع من الإعاقة بتضخيم الإشارات التشابهية. أو بكشف الإشارات الرقمية وإعادتها إلى وضعها

الأصلي قبل التخامد وذلك باستخدام مايسمى إعادة التوليد Regeneration أو استخدام المكررات Repeaters. وسواء استخدم التضخيم أو إعادة التوليد فغن ذلك يجب أن يتم قبل الحد الذي تصبح معه العملية مستحيلة . وهذا يعتمد على قيمة التخميد الذي يتعلق بطبيعة الوسط الناقل وطبيعة الإشارات الحاملة للمعطيات.

فالتخميد الذي تتعرض له الإشارات التشابهية يختلف عن التخميد الذي تتعرض له الإشارات الرقمية في نفس الوسط.

وكذلك فإن التخميد الذي تتعرض له الإشارات في الكبلات المحورية يختلف عن التخميد الذي تتعرض له نفس الإشارات في الكبلات الثنائية المجدولة. وكذلك فإن التخميد الذي تتعرض له الإشارات في الأوساط الحرة Unguided Mediums يختلف عن التخميد الذي تتعرض له نفس الإشارات في الأوساط غير الحرة Guided Mediums.

بالإضافة إلى التخميد فإن وسط النقل يضيف مجموعة من الإشارات المعيقة إلى إشارت تراسل المعطيات وهذه الإشارات المعيقة موجودة بالأساس في أوساط النقل هذه. وتعتبر من العوامل المحددة لهذا الوسط أو ذاك. وتسمى هذه الإشارات بالضجيج Noise. والضجيج متعدد الأشكال والخواص. وتختلف أشكاله وخواصه باختلاف المنشأ وطريقة التأثير.

فالضجيج فهو إشارات عشوائية معيقة تتراكب مع الإشارة المرسلة بشكل يقلل من إمكانية الاستقبال الصحيح للمعطيات المرسلة عبر القناة. والضجيج مختلف ومتنوع في خواصه ومصدره ويمكن تصنيفه بشكل عام إلى:

الضجيج الجوي: وهو ينتج عن الظواهر الكهربائية التي تحدث في طبقات الجو المختلفة كالبرق، ويتركز تأثير هذا النوع من الضجيج في مجال الأمواج الطويلة والمتوسطة .

الضجيج الصناعي: وينشأ هذا النوع عن التغيرات الفجائية في جهد أو تيار مختلف الأجهزة والأدوات الكهربائية المنزلية والصناعية، مثل أجهزة الإنارة والمحركات الكهربائية والأجهزة الطبية الكهربائية وأجهزة الاشتعال في محركات الاحتراق الداخلي . . . .الخ .

الضجيج المتداخل: وينشأ عن عدم تقيد المحطات المجاورة بالمجال الترددي المخصص لها بدقة، أو عدم فعالية عملية انتخاب الإشارة المطلوبة .

الضجيج الفضائي: وهو ينتج عن إشعاعات الشمس والكواكب الأخرى، حيث تمتلك الشمس على سبيل المثال دورة إشعاع كهرطيسي مدتها 12 عاماً تمر في فترة ذروة يزداد خلالها الأثر المعيق لهذه الإشعاعات، وتمر في فترات يقل فيها هذا التأثير .وتشع النجوم الأخرى أيضاً ولكن تأثير إشعاعها

على أجهزة الاستقبال مهمل بسبب بعدها. ويقع المجال الترددي لتأثير الضجيج الفضائي بين 10MHz و1.5GHz وتقع ذروة تأثير هذا النوع بين 15MHzو 150 MHz.

إن الأنواع الخارجية من الضجيج المذكورة أعلاه بالإضافة إلى أنواع أخرى لم يتم ذكرها تصنف تحت أسماء عديدة هي إشارات معيقة يجب التعايش معها، فالضجيج الفضائي والجوي لا يمكن التخلص منه بأي حالٍ من الأحوال، والحل الوحيد لإنقاص تأثير هذه الأنواع من الضجيج هو زيادة استطاعة الإشارة المرسلة لتحسين نسبة الإشارة إلى الضجيج .

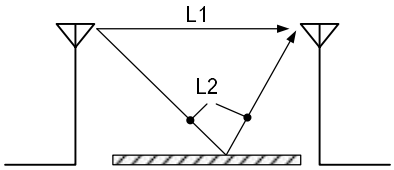
هناك نوع آخر من الضجيج يتولد داخلياً في أجهزة الاستقبال ذاتها وهو **الضجيج الحراري** وينتج بسبب ظاهرة التهيج الحراري Thermal Agitation، والتي تعود إلى الحركة العشوائية للذرات والإلكترونات بسبب التسخين، هذه الحركة التي تكون تياراً عشوائياً يمر في عناصر الدارة وينشأ عنه هبوط جهد على عناصر الدارة بقيمة بضع ميكرو فولتات، وتمتلك كثير من الإشارات الراديوية مطالاً من نفس المرتبة .ويسمى هذا النوع من الضجيج ضجيجاً أبيضاً وذلك لأنّ طيفه يحتوي مركبات ترددية تمتد حتى اللانهاية (وهذه التسمية مأخوذة من تسمية الضوء الأبيض الذي يحتوي طيفه الضوئي كافة الألوان)

عند مناقشة جودة قناة تراسل معطيات تشابهية فإن نسبة الإشارة إلى الضجيج (S/N) تعتبر من أهم المحددات التي تقيم جودة القناة، وكفاءتها ، وهي ببساطة عدد يشير إلى نسبة استطاعتي الإشارة المفيدة إلى الضجيج وتقدر هذه النسبة بالديسيبلdB.

والجدير بالذكر أنه كلما ازداد طول قناة الاتصال كلما زاد تأثير الضجيج وتخامد مطال الإشارة، وبالتالي كلما تناقصت نسبة الإشارة إلى الضجيج، وقد يتبادر إلى الذهن أن تضخيم خرج قناة الاتصال قد ينفع في التعويض عن تخامد مطال الإشارة المفيدة، ولكن ذلك لن يفيد لأن التضخيم سيطال الضجيج أيضاً بنفس النسبة وبالتالي فإن نسبة الإشارة إلى الضجيج لن تتغير ولن يجدي التضخيم نفعاً على هذا الصعيد.

وتكون الطريقة الأمثل لمعالجة مثل هذا النوع من الإشارات المعيقة باستخدام مرشحات تقوم بتنقية الإشارة من الإشارات الضجيجية المرافقة لها قبل تضخيمها. ومما يساعد على هذا الأمر أن الإشارات الضجيجية الموجودة في كل وسط إرسال معروفة الخواص مما يسهل عملية التخلص منها باستخدام المرشحات Filters.

وهناك أيضاً الضجيج الناجم عن وصول الإشارة إلى نقطة الاستقبال عبر مسارات مختلفة وبخواص تختلف نتيجة المرور في هذه الممرات وبالتالي فإن مجموع هذه الإشارت سيشكل نسخة مختلفة بخواصها عن الإشاراة الأصلية. Multipath Fading انظر الشكل (18).



الشكل(18): وصول الإشارة عبر مسارات مختلفة

يعبر عن تأثير الإشارات المعيقة في الأنظمة الرقمية **معدل الخطأ** error rate يعتبر واحداً من أهم المفاهيم التي تقيم جودة النظام المصمم ومعدل الخطأ هو بالتعريف متوسط الأخطاء في واحدة الزمن وهناك مفهوم آخر يحمل معنى قريباً من هذا وهو **نسبة احتمال الخطأ** probability of error والذي يعني عدد البيتات الخاطئة المستقبلة (أي استقبال 0 في حال كون البيت المرسل هو 1 أو العكس) في كل عدد معين من البيتات التي أرسلت وتم استقبالها وتعيينها في طرف الاستقبال. ويرمز له بـ p_e فإذا كانت $p_e = 2.10^{-6}$ فهذا يعني أنه بين كل مليون بيت مستقبل على خرج النظام احتمال أن يكون هناك بيت واحد خاطئ وكلما قلت هذه النسبة كلما كان أداء النظام أفضل وسنعتمد هذا المفهوم أثناء دراستنا.

يتم إنقاص نسبة احتمال الخطأ بالاختيار المناسب لنوع التعديل والترميز والكشف وكشف الخطأ أي باستخدام أنظمة تزداد تعقيداً كلما زادت الدقة المطلوبة من النظام وبالتالي تزداد كلفة النظام وهذا أمر عادل أن ندفع أكثر من أجل نظام أقل خطأ وبالتالي أكثر وثوقية غالباً.

هناك عوامل معيقة متعلقة بخواص قنوات التراسل نفسها حيث تتعرض إشارت المعطيات التي تنقل عبرها إلى التأثر بهذه العوامل مما يؤدي إلى ازدياد الصعوبة في كشفها بعد حد معين ويمثل ISI أهم مثال على هذا النوع من العوامل المعيقة. وهذا بسبب **التداخل بين الرموز Intersymbol Interference** وسنرمز له أينما ورد لاحقاً بالرمز ISI.

ويعتبر هذا النوع من الضجيج من أكثر المشاكل أهمية في أنظمة الاتصالات الرقمية بشكل خاص والمتقطعة عموماً في الأقنية محدودة العرض ترددياً. وهو من أهم العوامل التي تعيق إرسال المعطيات في قنوات التراسل وتمنع من الوصول إلى المعدلات التي تصفها العلاقات الرياضية في الحالة المثالية.

وهناك نوع من الإشارات المعيقة ينتج عند تغير خصائص الوسط الناقل، والذي يحدث غالباً عند ربط قناتين لهما خواص كهربائية مختلفة، كالحالة عند ربط قناة نصف دوبلكس مع قناة دوبلكس. يؤثر على تراسل المعطيات نوع آخر هام جداً من المعيقات وهو **الصدى** Echo.

وتنتج ظاهرة الصدى عن انعكاس جزء من استطاعة الإشارة عند نقطة الربط. فتعود هذه الإشارة من حيث أتت وتصل إلى الطرف المرسل الذي يستقبلها على أنها إشارة معطيات جديدة (يمكنك ملاحظة وجود الصدى أحياناً عند اتصالك مع شخص آخرى عبر مسافة بعيدة).

تعتبر مشكلة الصدى من أهم المشاكل التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم الموديمات التشابهية التي تقوم بتحويل الإشارات الرقمية إلى طبيعة تشابهية تتناسب مع الخطوط الهاتفية المستخدمة. ويتم التغلب على هذه الإعاقة باستخدام دارات إلكترونية تسمى حاذفات الصدى Echo Cancellers.

هناك مشكلة هامة، وخصوصاً عند إرسال المعلومات إلى مسافات بعيدة وهي عملية **توقيت** Timing إرسال البيتات كل 1/R ثانية، أي وفق معدل إرسال R، وبحيث يكون زمن إرسال البيت وزمن استقباله متساوياً، وذلك لمنع الالتباس الذي يمكن أن يحصل أثناء اتخاذ القرار حول كون البيت المرسل 0 أو 1 وتسمى هذه العملية **بتأمين التزامن للنظام** .

وسنقوم بإلقاء الضوء على مشكلة تأمين التزامن وضبط التوقيت في الوحدات اللاحقة ضمن منهاجنا.

أسئلة التقويم الذاتي(6)

1. لماذا يختلف معدل الإرسال الحقيقي عن معدل الإرسال المثالي؟
2. ماهو دور كل من مضخمات الإشارة ومكررات، الإشارة ومالفرق بينهما؟
3. مالفرق بين تأثير الضجيج وتأثير التخامد على الإشارة المرسلة؟
4. عدد بعض أنواع الضجيج التي تعرفها.
5. كيف يعبر مفهوم نسبة الإشارة إلى الضجيج عن جودة الإرسال؟
6. مالعلاقة بين نسبة احتمال الخطأ (معدل الخطأ) وجودة الإرسال الرقمي؟
7. كيف ينشأ ضجيج التداخل بين الرموز؟
8. ماهي ظاهرة الصدى وكيف يمكن معالجتها.

9- لمحة عن الوحدة التالية

سنقوم عزيزي الدارس في الوحدة الثانية بدراسة عملية أخذ العينات وتبيان أهميتها في أنظمة تراسل المعطيات ونبين الشروط العامة لتحويل إشارة من شكلة تشابهي إلى رقمي وبالعكس. وعلاقة ذلك بالخواص الكهربائية للإشارة. كما سنقوم بشرح كيفية عمل بعض الدارات التي تقوم بتحويل الإشارات. وكذلك توضيح كيفية نشوء ومعالجة الأخطاء الناجمة عن عملية أخذ العينات واسترجاعها.

10- إجابات التدريبات

إجابة التدريب (1)

الفاصل الزمني الثنائي هو:

$$\tau = \frac{1}{20.10^6} = 0.05\mu\sec$$

إجابة التدريب (2)

حدد معدل الإرسال هو:

$$\frac{1}{01.10^{-6}} = 10Mbps$$

إجابة التدريب (3)

أ. قناة تشابهية

ب.قناة تشابهية.

ج. قناة رقمية.

د. قناة تشابهية .

هـ. قناة رقمية.

و. قناة تشابهية.

ز. قناة رقمية.

11- سرد المصطلحات

أ

احتمال الخطأ	probability of error
أخذ العينات	sampling
إرسال	Transmission
استطاعة الإرسال	Transmission power
إشارة ثنائية	Binary signal
إعادة التوليد	Regeneration
الإقفال بالإزاحة	shift keying
أمواج ميكروية	Microwave
أوساط غير موجهة	Guided Mediums
أوساط موجههة	Unguided Mediums

ب

بث واسع النطاق	Broadcast

ت

التأخير الزمني	Time delay
تجارة إلكترونية	E-commerce
التجميع بتقسيم التردد	Frequency Division Multiplexing (FDM)
التجميع بتقسيم الزمن	Time Division Multiplexing (TDM)

تجهيزات	*equipment*
التخامد	Attenuation
التداخل بين الرموز	Intersymbol Interference (ISI)
الترميز	Encoding
تسلسلي	Serial
التشفير	Coding
التشوه	Distortion
تعديل	Modulation
تفرعي	Parallel
تكميم	Quantizing
التلاشي بفعل تعدد المسارات	Multipath Fading

ح

حاذف الصدى	Echo canceller
حامل	Amplitude

خ

حزمة الأساس	Baseband
حزمة التمرير	Passband
الخواص الطورية	Phase characteristics

د

دوبلكس	Fullduplex

ر

رزمة	Packet
رزمة بث	Broadcast Packet
رقمي	Digital

س

سعة القناة	Channel capacity
سيمبلكس	Simplex

ص

الصدى	Echo

ض

ضبط التوقيق	Clocking
الضجيج	Noise
ضجيج حراري	Thermal Noise
ضجيج صناعي	Industrial Noise
ضجيج فضائي	Atmospheric noise
ضجيج كوني	Cosmic noise
ضجيج متداخل	Interfering Noise

ط

طور	Phase
الطور	Phase
طيف	spectrum
الطيف	Spectrum

ع

العالم الافتراضي	Virtual Reality
العتبة	Threshold
عريض الحزمة	Broadband
العطالة الزمنية	Time Latency
عقدة تراسل	Node
عملية التكميم	Quantization
عينة	Sample

غ

غير متزامن	asynchronous

ف

فاصل بين رمزين ثنائيين	binary interval

ق

قناة	Channel
قناة مجمعة	*multiplexed channel*
قنواة التبديل الداراتي	Circuit switching Channels
قنوات التبديل الداراتي الافتراضي	Virtual Circuit switching Channels.

Electromagnetic	كهرو مغناطيسي
wireless	لاسلكي
optical fiber	ليف ضوئي
Carrier	ليف ضوئي
Discrete	متقطع
Information content	المحتوى المعلوماتي
parameters	محددات
Transmitter	مرسل
Filter	مرشح
Digitized	مرقمن
Synchronization	مزامنة
Receiver	المستقبل
Destination	المستقر، الجهة المستقبلة
Transmission rate	معدل الإرسال
Error rate	معدل الخطأ
Data	معطيات
Information	معلومات
Repeaters	المكررات
components	مكونات
Path	ممر
Source	منبع
Half duplex	نصف دوبلكس
Decision making point	نقطة اتخاذ القرار
Multimedia	الوسائط المتعددة
interface	وصلة بينية
Logical Link	وصلة منطقية