

# الفصل الرابع

تراسل المعطيات

## حول هذا الفصل

- ❖ يستخدم تعبير تراسل المعطيات للدلالة على عملية نقل هذه المعطيات من المرسل إلى المستقبل وبالعكس عبر الشبكة المعنية باستخدام شكل ما من أشكال الطاقة الكهربائية أو الضوئية أو الكهرومغناطيسية.
- ❖ ويجب أن يحقق التراسل بعض المعايير كسرعة التوصيل وسرعة نقل المعطيات، وخلق المعطيات المستقبلية من الأخطاء، وسرعة الاستجابة، إضافة إلى الكلفة. ويمكن أن يتم إرسال المعلومات بشكلها الأولي. أو يمكن تحويل هذه المعلومات لتناسب الوسط الذي يربط المرسل بالمستقبل
- ❖ يمكن تحويل إشارات الصوت والصورة التمثيلية إلى إشارات رقمية. أو تحويل الإشارات الرقمية إلى إشارات تمثيلية. أو تحويل الإشارات الرقمية من شكل إلى آخر أكثر ملائمة. أو تحويل الإشارات التمثيلية من شكل إلى آخر ومن مجال ترددي إلى مجال ترددي أكثر ملائمة.
- ❖ سنقوم في هذا الفصل بإلقاء الضوء على هذه المفاهيم

## أهداف الفصل

- ستكون عزيزي القارئ بعد دراسة هذا الفصل واستيعاب محتوياته قادراً على:
- ❖ التمييز بين الإشارات والقنوات والتقانات الرقمية والتمثيلية
  - ❖ تحديد أنواع وبارامترات وخواص الإشارات
  - ❖ شرح أنماط تراسل المعطيات والتمييز بينها
  - ❖ تحديد معيقات تراسل الإشارات وتأثيرها على نوعية وجودة التراسل
  - ❖ إيضاح خواص قنوات التراسل

# إشارات الإرسال Transmission signals

وتحدد الإشارة بمجموعة من المحددات سنقوم بإيضاحها فيما يلي

## ❖ محددات الإشارة

➤ المطال

➤ التردد

➤ طور الإشارة

## ❖ أنواع الإشارات

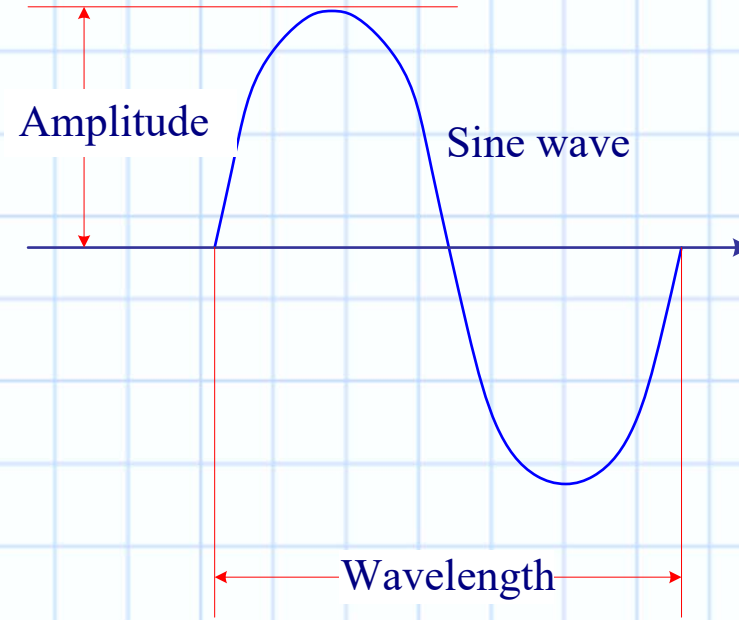
➤ الإشارات التناظرية

➤ الإشارات الرقمية

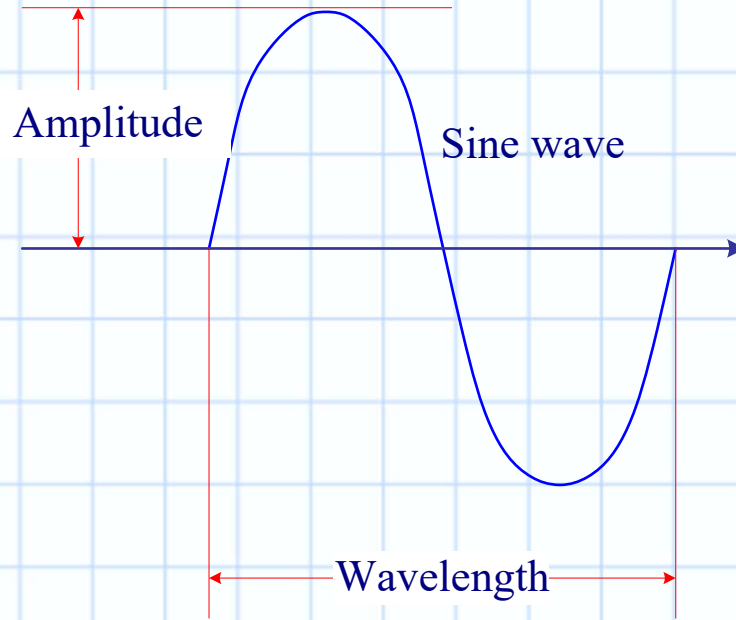
# Amplitude

❖ المطال هو القيمة العظمى للإشارة.

❖ يقاس المطال بالفولت  $V$  أو بالأمبير  $A$  أو بالوات  $W$



# Frequency and Period



❖ دور الإشارة هو الزمن اللازم للإشارة الدورية لتكمل دورة واحدة.

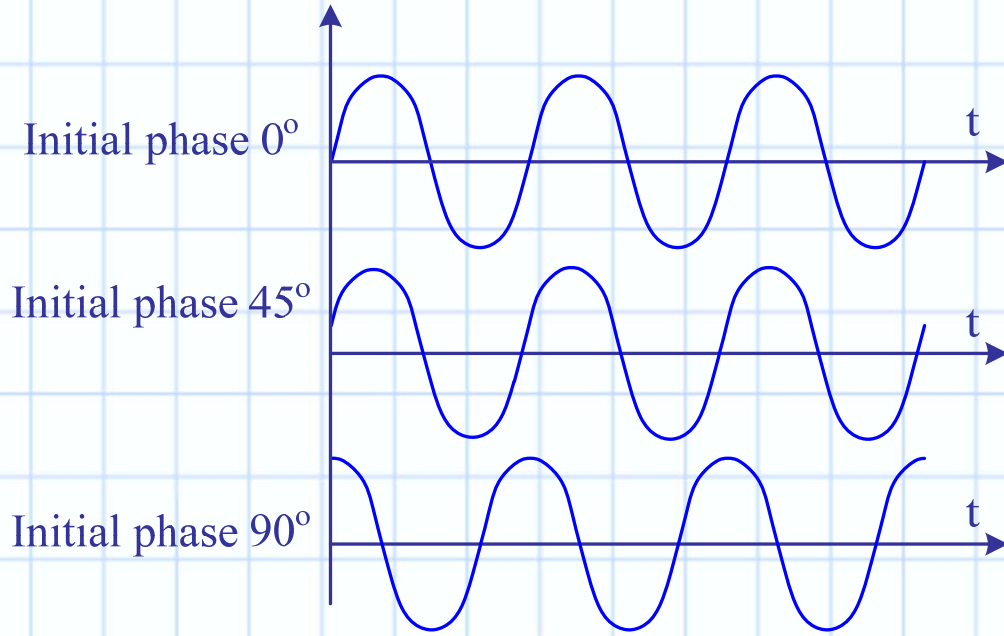
❖ التردد هو عدد الدورات التي تقوم بها الإشارة في واحدة الزمن.

❖ التردد والدور أحدهما مقلوب الآخر

❖ ويقاس التردد بالدورة في الثانية أو الهرتز Hz (الهرتز مساوٍ لدورة واحدة في الثانية الواحدة).



# الطور Phase



- ❖ يصف هذا المحدد موقع الإشارة بالنسبة لمبدأ الزمن.
- ❖ يمكن أن تسبب بعض العمليات على الإشارة انزياحاً في الطور أماماً أو خلفاً بقيمة معينة.
- ❖ يقاس الطور بالدرجات أو بالراديان (كل 360 درجة تعادل  $2\pi$  راديان)
- ❖ تعبر الإزاحة الطورية بقيمة  $360^\circ$  درجة عن إزاحة بقيمة دور كامل.

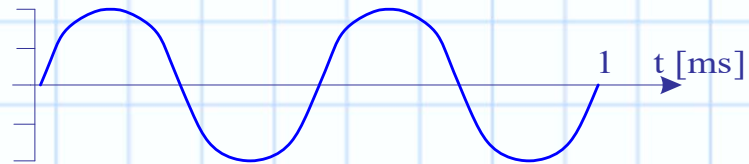


# Frequency and Time Domains

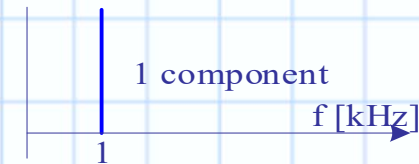
- ❖ يمكننا التعبير عن الإشارة في المجال الزمني أو في المجال الترددي
- ❖ حيث أن للإشارة مطال وتردد وطور. فإن جمع إشارتين جيبيتين مختلفتين في الطور والتردد والمطال سينتج إشارات مختلفة حسب قيمة الاختلاف بين الإشارتين.
- ❖ تدعى المركبة ذات التردد الأدنى في هذه الحالة بالمركبة الأساس بينما تدعى المركبات الأعلى بالتوافقيات.
- ❖ يتم التعبير عن هذه الإشارات في المجال الترددي بحزمة ترددية يتم فيها تمثيل جميع الترددات بين أدنى تردد والمساوي للصفر وبين أعلى تردد. وتسمى هذه الحزمة بطيف الإشارة.
- ❖ نعرف عرض حزمة الإشارة بأنه المجال الترددي بين أعلى وأصغر تردد للمركبات في طيف الإشارة.



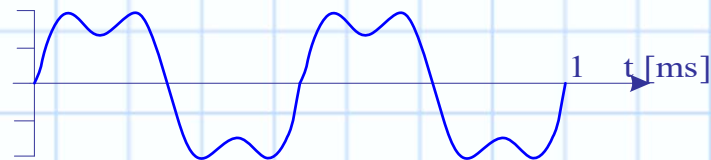
# Frequency and Time Domains



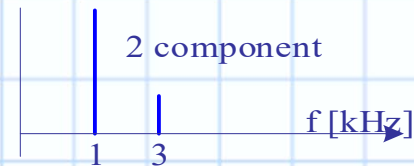
Simple sine wave signal



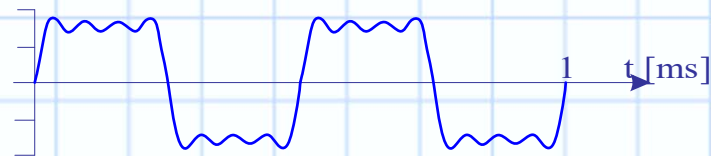
1 component



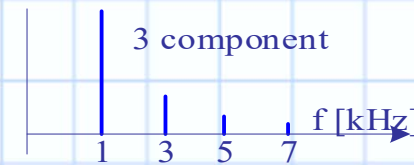
Composite of 2 simple sine wave signal



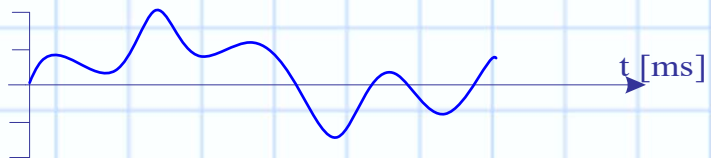
2 component



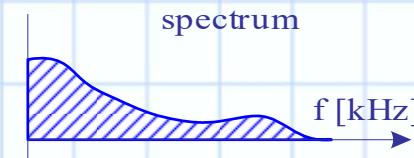
Composite of 4 simple sine wave signal



3 component



General analog signal form



spectrum

Time domain

Frequency domain

## Bandwidth

- ☀ يعتبر عرض الحزمة مؤشراً على سعة القناة. ويعبر عن قدرة الإشارة على حمل المعلومات.
- ☀ هناك علاقة مباشرة بين عرض الحزمة وبين التردد الحامل من جهة والفرق بين الترددين الأدنى والأعلى للإشارات التي يمكن إرسالها في هذه القناة.
- ☀ كما أن هناك علاقة مباشرة بين عرض الحزمة للقناة من جهة وبين معدل الإرسال لهذه القناة فكلما ازداد عرض الحزمة ازداد معدل الإرسال الممكن استخدامه.

# Signal Types

- ❖ Two types of signals are used to transfer information
  - ❖ Analog signal
  - ❖ Digital signal

## الإشارات التمثيلية Analog Signals

- ❖ هي الإشارات التي تعبر عن القيم الفيزيائية كالصوت والصورة بشكلها الطبيعي.
- ❖ تسمى الإشارة تمثيلية لأنها تماثل السبب الذي أدى إلى توليدها أو القيمة التي تعبر عنها.
- ❖ يتم التعبير عن الإشارات التمثيلية كهربائياً بإشارات الجهد والتيار المستمرة في الزمن والمتغيرة في القيمة تبعاً للمعطيات التي تمثلها.

## حسّات الإشارات التمثيلية

- ❖ تتمتع الإشارات التمثيلية بعدد من الحسّات منها:
- ❖ تعد خياراً جيداً للتعامل مع المبدلات الكهروميكانيكية والمبدلات الإلكترونية التمثيلية.
- ❖ أثبتت فعاليتها بالنسبة للكثير من التطبيقات خصوصاً في النصف الأول من القرن العشرين
- ❖ تتمتع الأجهزة التي تستخدمها ببساطة التركيب وانخفاض التكلفة
- ❖ يمكن استخدام أبسط أنواع التجميع وهو التجميع بتقسيم التردد لتجميع مثل هذه الإشارات وإرسالها ضمن قناة واحدة.
- ❖ لا يحتاج إرسالها إل تجهيزات إضافية ومعالجات إضافية كالتحويل إلى شكل رقمي مثلاً.

## سيئات الإشارات التمثيلية

- ❖ هذه الإشارات أكثر عرضة للتداخل الخارجي من الإشارات المعيقة مثل الإشارات الناتجة عن خطوط القدرة الكهربائية والبرق والتأثيرات الفضائية وغيرها.
- ❖ انخفاض معدلات الإرسال التي يمكن أن تنقلها مقارنة بالإشارة الرقمية
- ❖ يتم استخدامها بشكل قليل في الآونة الأخيرة بعد الانتشار الواسع للدارات الرقمية والتي تعتبر أكثر فعالية ومردوداً.
- ❖ أصبحت كلفة تشغيل الدارات التمثيلية التي تعتمد استخدام الإشارات التمثيلية أكبر من تشغيل الدارات الرقمية
- ❖ تعتبر الإشارات الرقمية أكثر ملائمة لعمل التجهيزات والقنوات الحديثة مثل تلك المرتبطة بالكابلات الضوئية.



# Digital Signals

- ❖ تعتمد التقنية الرقمية على العملية التي يتم بها توليد وحفظ ومعالجة المعطيات على شكل سلسلة من الأصفار والواحدات يسمى كل منها بيتاً.
- ❖ فالبيت هو أصغر وحدة من وحدات المعطيات. وتمتلك البيت قيمة ثنائية هي الصفر أو
- ❖ يتم تخزين البيت في أجهزة التخزين عادة على شكل مستوى من الجهد أعلى أو أخفض من مستوى مرجعي معين هو الصفر عادة.
- ❖ يتم مع الإشارات الرقمية استخدام فترة البيت بدلاً من الدور ومعدل الإرسال بدلاً من التردد.
- فترة البيت هي الزمن اللازم لإرسال بيت واحد.
- معدل الإرسال فهو عدد فترات البيت في الثانية الواحدة. أي بعبارة أخرى هو عدد البيئات التي يتم إرسالها في الثانية الواحدة bps.

## مميزات الارسال الرقمي

- ❖ معدل الأخطاء الناجمة عن استخدام الإرسال الرقمي أقل مما هو عليه في الإرسال التمثيلي
- ❖ الإرسال الرقمي أكثر فعالية
- ❖ يسمح الإرسال الرقمي بالوصول إلى معدلات إرسال عالية
- ❖ تسمح التعمية المستخدمة مع الإرسال الرقمي بتطبيق وسائل أكثر أمناً وسرية من حالة الإرسال التمثيلي.
- ❖ يقدم الإرسال الرقمي إمكانيات أكثر بساطة وفعالية في تجميع الإشارات
- ❖ يسمح الإرسال الرقمي بإرسال معطيات ذات طبيعة مختلفة كتلك التي تنقل الصوت ومعطيات الكمبيوتر وتلك التي تمثل الفيديو وغيرها ضمن قناة واحدة بطرق أبسط قياساً مع ما يمكن أن يتم في القنوات التمثيلية.
- ❖ يعطي الإرسال الرقمي إمكانية التحكم الرقمي بالقنوات والشبكات المستخدمة.
- ❖ يسمح الإرسال الرقمي بالمعالجة الرقمية وتطبيق ما يسمى بالشبكات الذكية IN.

🔴 يسمح ترميز المعطيات الكهربائية والضوئية والكهرطيسية بتقديم أشكال مختلفة للإشارات الرقمية التي يجري فيها تمثيل الصفر والواحد بمستويين مختلفين من الطاقة يمثل أحدهما الصفر بينما يمثل الآخر الواحد.

# أنماط التراسل Data transmission types

يمكن تصنيف أنماط تراسل المعطيات حسب مجموعة من العوامل والمحددات كما في الفقرات التالية.

❖ أنماط التراسل وفقاً لطريقة تدفق المعطيات

➤ سيمبلكس Simplex

➤ النمط نصف المزدوج Half-duplex

➤ النمط المضاعف الكامل Full-duplex

❖ أنماط التراسل وفقاً لنمط الوسط الفيزيائي

➤ النمط التفرعي

➤ النمط التسلسلي

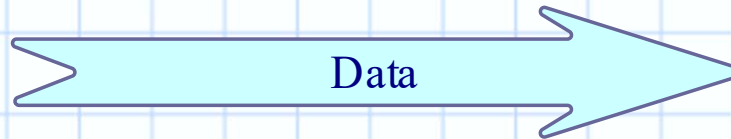
❖ أنماط الإرسال وفقاً لعرض الحزمة اللازم

➤ تراسل حزمة الأساس

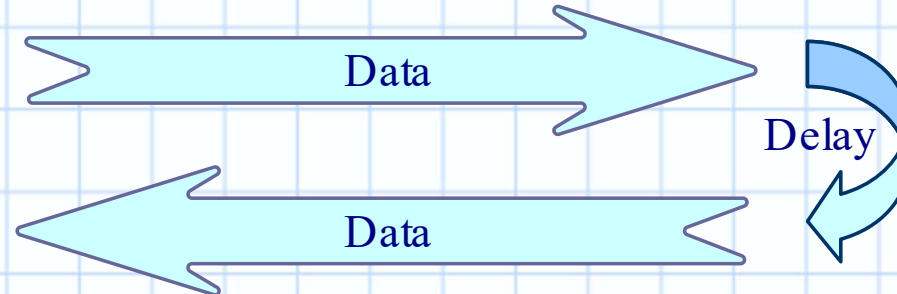
➤ تراسل الحزمة العريضة

## Transmission Modes According to Data flow

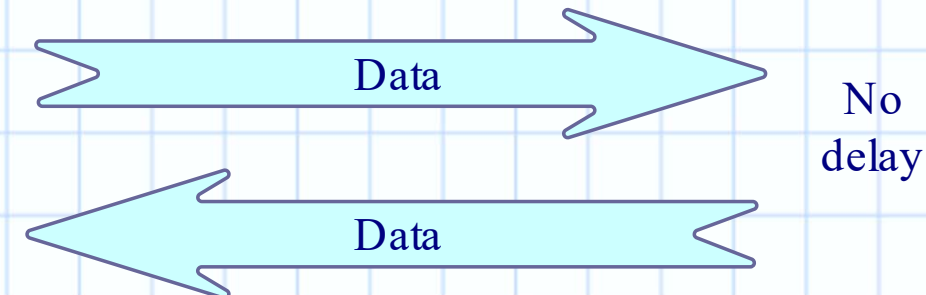
**Simplex**  
Only one direction



**Half-Duplex**  
Either direction, but  
only one way at a time

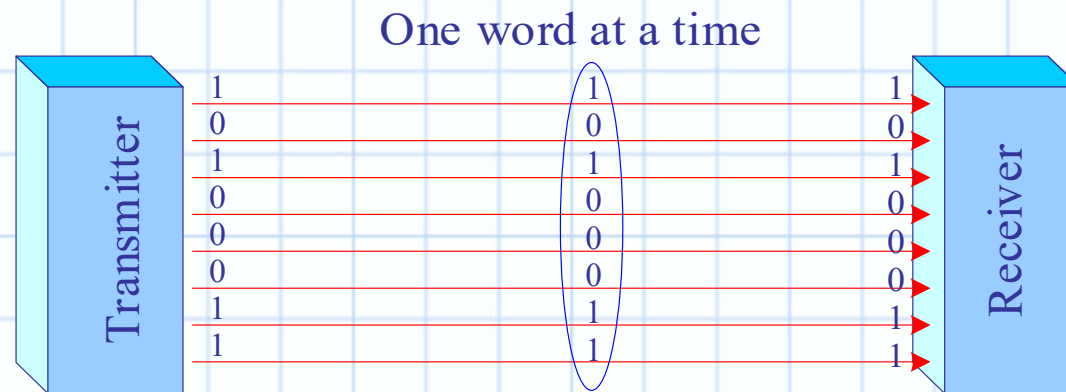


**Full-Duplex**  
Both direction, at the  
same time time

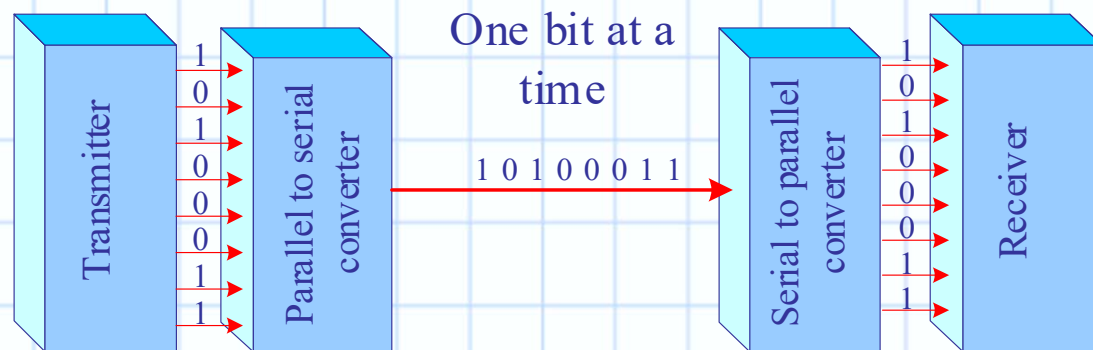


## According to Type of physical connection

### Parallel transmission Mode



### Serial transmission Mode





## تراسل حزمة الأساس

❖ ويمكن وصفه بأنه التطبيق المباشر للإشارة على وسط الإرسال،

❖ هذا النمط غير ملائم من أجل المسافات البعيدة.

❖ يمكن استخدامه مع أوساط النقل الموجهة guided مثل زوج الأسلاك المجدولة والكبل المحوري.

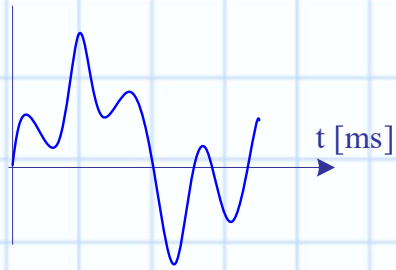
❖ تتعرض الإشارات في مثل هذا النمط إلى التخماد والضياع بعد مسافة محددة تختلف باختلاف الوسط. ولذلك يتم اللجوء إلى استخدام مكررات الإشارة.

## تراسل الحزمة العريضة

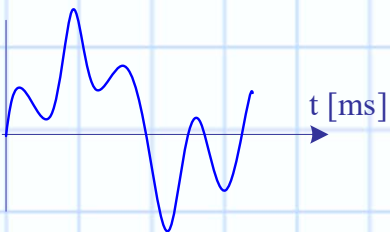
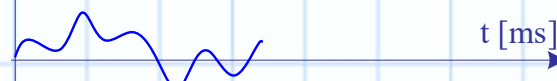
- ❖ ويتم في هذا النوع نقل طيف الإشارة إلى مجال ترددي أعلى. ويحتاج الأمر إلى استخدام التعديل في مرحلة الإرسال والكشف في مرحلة الاستقبال أي إلى استخدام الموديمات.
- ❖ يؤمن هذا النمط إمكانية إرسال عدة إشارات دفعة واحدة بنقل كل منها إلى مجال ترددي مختلف وتأمين حيز للأمان بين الإشارات وهذا ما نسميه تجميع الإشارات بتقسيم التردد FDM.
- ❖ يستخدم في تطبيقات الشبكات الحاسوبية لنقل الإشارات عبر موديمات الكابلات وخطوط الـ DSL ونقل الإشارات عبر الكابلات الضوئية والكثير من التطبيقات اللاسلكية.

# معيقات التراسل Transmission Impairments

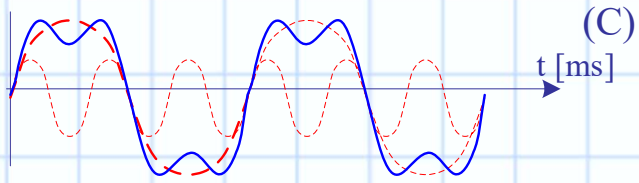
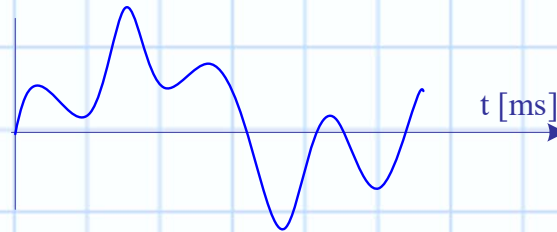
- ❖ Attenuation
- ❖ Dispersion
- ❖ Delay distortion
- ❖ Noise
  - ❖ Thermal Noise
  - ❖ Intermodulation noise
  - ❖ Crosstalk
  - ❖ Impulse noise



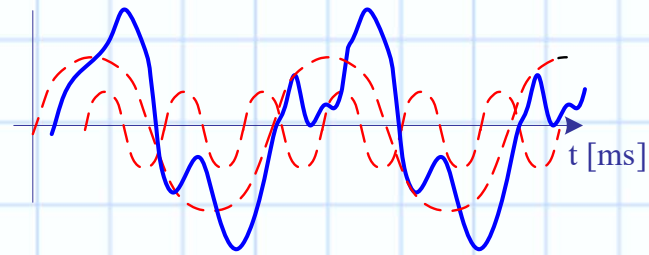
(A)



(B)



(C)



Transmitting site

Receiving site

# Attenuation Dispersion and Delay Distortion

## ❖ التخماد

- عندما تنتشر الإشارة إلى مسافة بعيدة في وسط الانتشار فإن مطالها يتناقص إلى أن يختفي.
- تسمى ظاهرة تناقص مطال الإشارة مع ازدياد المسافة التي تنتقلها الإشارة بالتخماد.
- يقاس التخماد بالديسيبل dB.
- وللحفاظ على إمكانية الاستقبال الصحيح للإشارة نستخدم مضخمات لإشارة للإشارات التمثيلية ومكررات الإشارة للإشارات الرقمية.
- ويختلف التخماد باختلاف وسط الإرسال.

## ❖ التشتت

- تميل الإشارات إلى الانتشار والتوسع في أشكالها حين نقلها وبشكل يتعلق بالتردد وهذا هو التشتت
- ويؤثر التشتت بشكل مباشر على معدل الإرسال ضمن القناة.

## ❖ التشوه

- يمكن أن يسبب وسط النقل للإشارة المارة عبره نوعين من التشوه هما التشوه المطالي والتشوه الطوري.



## Attenuation Dispersion and Delay Distortion

### ❖ التشوه المطالي

➤ وينشأ هذا النوع من التشوه نتيجة لتغير التخميد الذي تسببه القناة للإشارة بشكل يتعلق بالتردد. وهذا يعني أن القناة تخمد بعض المركبات في طيف الإشارة بشكل أكثر أو أقل مما تقوم به بالنسبة لمركبات أخرى. وهذا يقود بالنتيجة إلى طيف الإشارة المستقبلية سيكون مختلفاً عن طيف الإشارة المرسل.

### ❖ التشوه الطوري

➤ ينتج عن اختلاف سرعة انتشار مركبات طيف الإشارة باختلاف ترددات هذه المركبات.  
➤ وهذا النوع من التشوه خطير بالأخص على إشارات المعطيات الرقمية. حيث أن تغير شكل الإشارة سيؤدي إلى تغير قيمة الإشارة في اللحظة التي علينا فيها أن نقرر فيما إذا كانت تمثل صفراً أو واحداً وبالتالي قد تؤدي إلى استقبال خاطئ لهذه المعطيات.



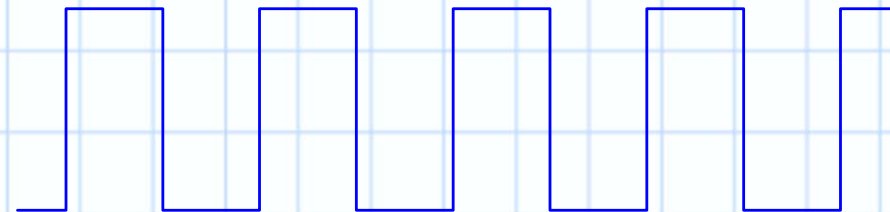
# Noise

❖ A random noise present on the line even when no signal is transmitted.

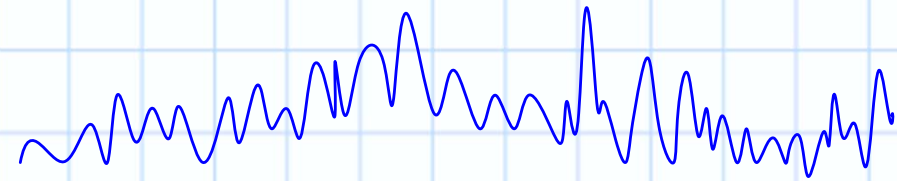
❖ Noise sources:

- ❖ Thermal
- ❖ Intermodulation
- ❖ Crosstalk
- ❖ impulse.

Signal



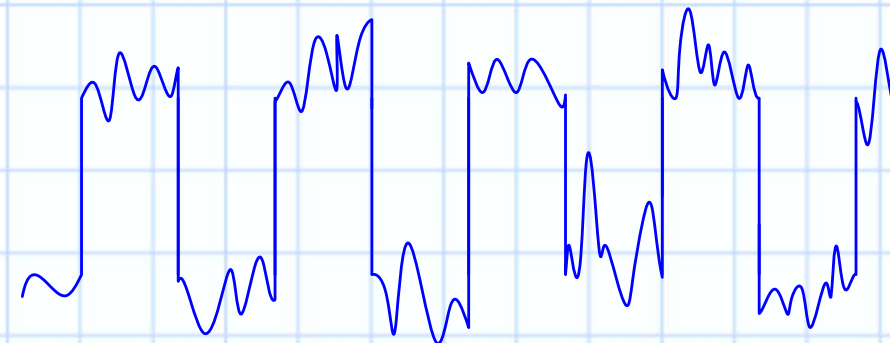
Noise



Signal

+

Noise



Increased data rate implies "shorter" bits with higher sensitivity to noise

## الضجيج الحراري

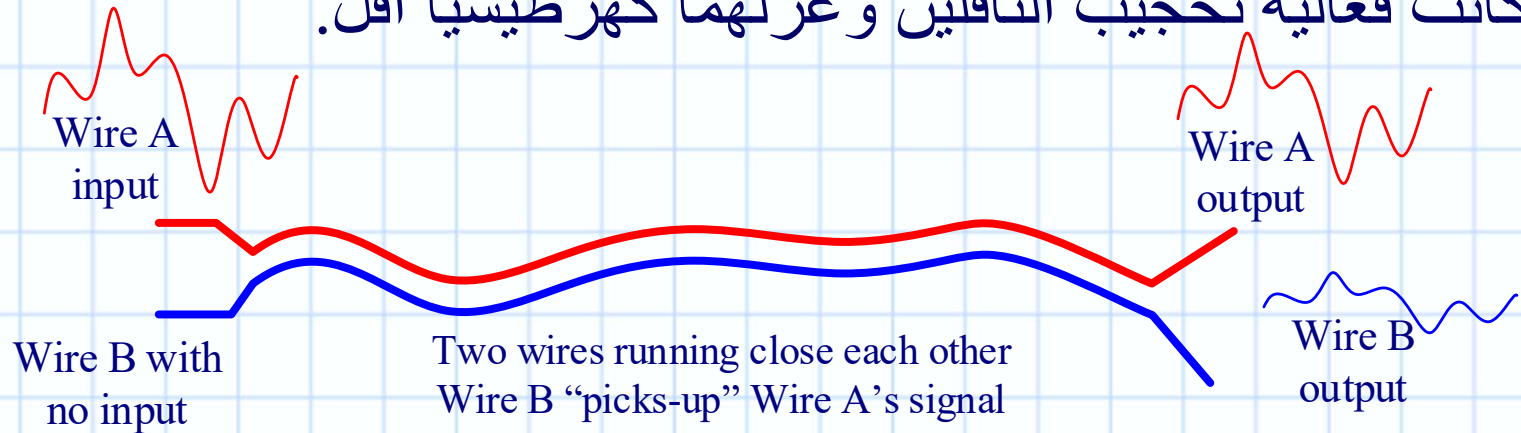
- ❖ ينشأ هذا النوع من الضجيج في النواقل الكهربائية وجميع الأجهزة والعناصر الإلكترونية بسبب اختلاف درجة الحرارة عن درجة الصفر المطلق.
- ❖ هذا الضجيج هو عبارة عن إشارات عشوائية يحتوي طيفها مركبات ترددية تغطي كامل الطيف الترددي لذلك يسمى الضجيج الأبيض.
- ❖ أهم سيئات هذا النوع من الضجيج أنه لا يمكن إزالته وتخليص القناة منه.

## ضجيج التعديل التداخلي

❖ ينتج ضجيج التعديل التداخلي عن التأثير المتبادل لإشارتين في الوسط إحداهما الإشارة التي نريد إرسالها. ويظهر هذا التأثير على شكل مزج للإشارتين ينتج عنه مركبات جديدة لها ترددات مساوية لمجموع وفرق الإشارتين..

## التسميع

- ❖ وينتج هذا النوع عن كون مسار الإشارة المفيدة يجاور مسار إشارة أخرى حيث ينتج عن هذه الإشارة حقلاً كهروطيسياً يحرض في مسار الإشارة المفيدة تياراً كهربائياً متناسباً مع شدة الحقل. وهذه الإشارة تكون معيقة للإشارة الموجودة في هذا الناقل.
- ❖ تزداد هذه الظاهرة وضوحاً كلما كانت المسافة التي يتجاور فيها الناقلين أطول وكلما كانت فعالية تحجيب الناقلين وعزلهما كهروطيسياً أقل.



🔴 يستدعي وجود الضجيج في قنوات الاتصال استخدام مضخمات الإشارة أو مكررات الإشارة للتقليل من تأثيره أو حذف هذا التأثير.

فالمضخمات هي أجهزة تمثيلية تقوم بتضخيم مستوى الإشارة ولكنه في نفس الوقت يقوم بتضخيم مستوى إشارة الضجيج المرافقة.

أما المكررات فهي أجهزة رقمية تقوم باستعادة الإشارة المرسلة الأصلية ومن ثم بث هذه الإشارة إلى مسافة جديدة.

# Data Channel Characteristics

Data channels characterized their:

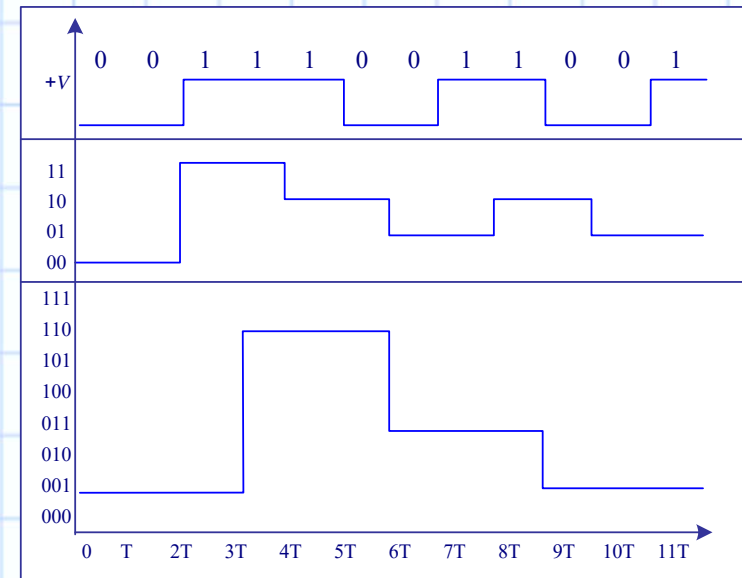
- ❖ capacity
- ❖ available bandwidth
- ❖ transmission rate
- ❖ signal to noise ratio (SNR)
- ❖ error probability
- ❖ and efficiency



## Data Channel Characteristics

والسعة هي معدل الإرسال الأعلى الذي يمكن استخدامه ضمن هذه القناة. وفي حال كون القناة مثالية أي خالية من الضجيج فإن معدل الإرسال الأعلى يعتمد على عرض حزمة القناة وعلى مستوى الترميز المستخدم وفق العلاقة التالية التي تسمى علاقة نايكويست:

$$C = 2W \log_2 M$$



## Data Channel Characteristics

يمكن حساب سعة القناة وفق علاقة شانون على الشكل التالي:

$$C = 2W \log_2 (1 + S / N)$$

حيث:

$S$  هي استطاعة الإشارة بالوات  $W$

$N$  هي استطاعة الضجيج بالوات  $W$

$W$  عرض الحزمة بالهرتز Hz

📡 تقاس نسبة الإشارة إلى الضجيج على دخل المستقبل حيث يجب التخلص من الضجيج وتقدر بالديسيبل، ويمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$SNR = 10 \log (S/N) [dB]$$

حيث  $S$  هي استطاعة الإشارة و  $N$  استطاعة الضجيج

## المردود

❖ يقاس مردود إرسال القناة في أنظمة تراسل المعطيات بنسبة سعة القناة مقدرة بالـ bps إلى عرض حزمة القناة مقاساً بالـ Hz.

## معدل الإرسال

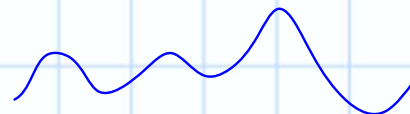
☀️ البود هو عدد الرموز التي يتم إرسالها في واحدة الزمن وهو يعبر عن سرعة إشارة الحامل.

☀️ يعبر معدل إرسال البيت عن عدد البيئات التي يمكن إرسالها في واحدة الزمن حيث يمكن لكل رمز أن يحمل بيت واحد أو أكثر وفي بعض الأحيان أقل وذلك حسب التعديل المستخدم.

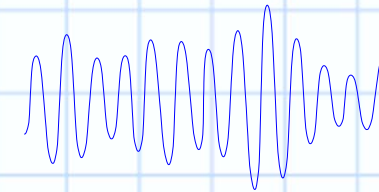
☀️ معدل خطأ البيت: يعبر هذا المعدل عن احتمال ورود الخطأ. فعندما يكون معدل الخطأ باحتمال  $2 \cdot 10^{-6}$  فإن احتمال ورود الخطأ في كل  $10^6$  بيت هو ٢ بيت فقط.

# Data Transmission Channels

الإرسال التمثيلي  
للإشارات التمثيلية



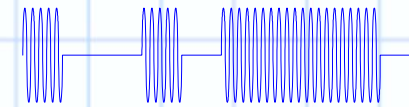
Analog channel



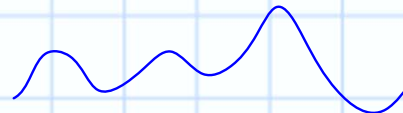
الإرسال التمثيلي  
للمعطيات الرقمية



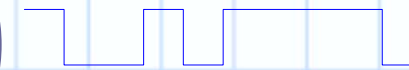
Analog channel



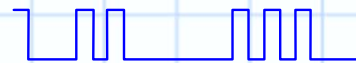
الإرسال الرقمي  
للإشارات التمثيلية



Digital channel



الإرسال الرقمي  
للمعطيات الرقمية



Digital channel

