

# اتصالات البيانات والشبكات

## اتصالات البيانات الرقمية (Digital Data Communication)

## الوحدة الخامسة: اتصالات البيانات الرقمية (Digital Data Communication)

### الجدارة:

التعرف على طرق التراسل وأطوارها وكيفية التحكم في تراسل البيانات والمواجهة.

### الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً بإذن الله على:

- ١- التعرف على طرق التراسل والتزامن.
- ٢- التعرف على أطوار التراسل المختلفة.
- ٣- التعرف على كيفية معالجة أخطاء التراسل والتحكم فيها.
- ٤- التعرف على كيفية تنظيم المواجهة بقنوات تراسل البيانات.

### مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ٣ ساعات.

### الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

### متطلبات الجدارة:

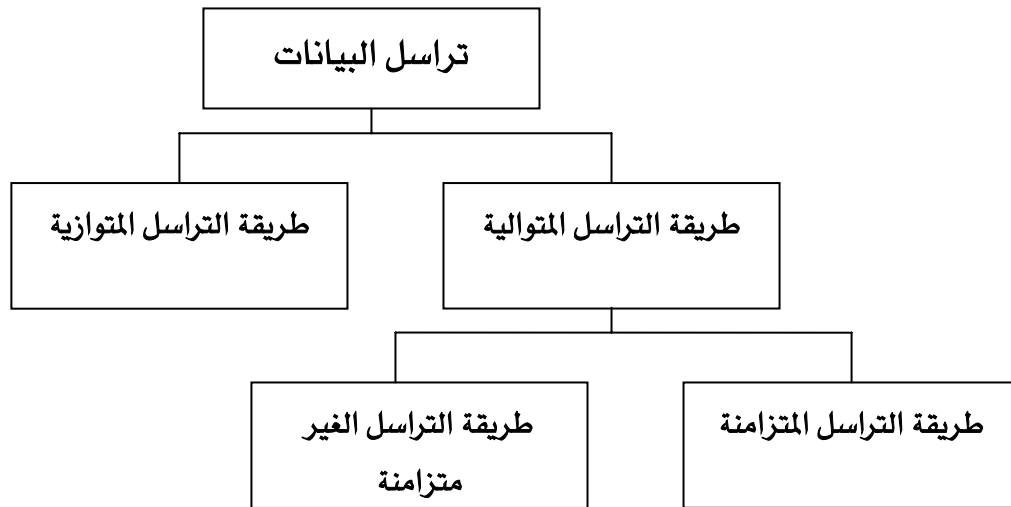
اجتياز جميع المقررات السابقة.

## ٥- ١ مقدمة

في الوحدة السابقة كان اهتمامنا يتركز أساساً على كيفية ترميز البيانات واختيار طريقة الترميز المناسبة لكي تكون ملائمة لعملية التراسل. الخطوة التالية هي عملية التراسل نفسها والوحدات المساعدة المطلوبة لإرسال الإشارات عبر قناة الاتصال من المرسل إلى المستقبل، مثال ذلك الإشارة الرقمية المتولدة من جهاز الحاسب التي تحتاج لوحدة أخرى تضع هذه الإشارات الرقمية في الأسلوب المناسب للتراسل أو تقوم بتعديل الموجة الحاملة قبل إرسالها عبر قناة التراسل الهاتفية وهكذا. أيضاً عندما نتكلم عن تراسل البيانات من نقطة إلى أخرى فلا بد من الأخذ في الاعتبار شكل البيانات المرسله وتكوينها.

## ٥- ٢ طرق تراسل البيانات الرقمية (Digital Data Transmission Methods)

يمكن أن ترسل البيانات في صورة بت يعقبها بت وهكذا أو ترسل في صورة مجموعة من البت يعقبها مجموعة من البت وهكذا كما يمكن لمجموعة البت هذه أن ترسل في صورة متوالية أو صورة متوازية والشكل (٥- ١) يوضح الطرق المختلفة لتراسل البيانات عبر قنوات التراسل.



الشكل (٥- ١)

## ٥- ٢- ١ طريقة التراسل المتوازية (Parallel Transmission)

في هذه الطريقة كما هو مبين في الشكل (٥- ٢) يتم التراسل عن طريق إرسال مجموعة من النبضات عددها  $n$  في وقت واحد باستخدام عدد من أسلاك الاتصال عددها  $n$  أيضاً حيث كل نبضة لها السلك المخصص لإرسالها كما يمكن ملاحظة أن هذه المجموعة من النبضات ترسل في وقت واحد

باستخدام نبضة استثارة واحدة one clock pulse. من مميزات طريقة التراسل المتوازية سرعة التراسل العالية لكنها تعتبر مكلفة نظراً لأنها تتطلب أسلاكاً كثيرة للتراسل كما إنها تستخدم للاتصال لمسافات قصيرة مثل التوصيلات داخل الحاسبات (بين الذاكرة والمعالج - و بين الدخل والذاكرة - و بين الذاكرة والخرج) أو بين الحاسب والطابعة. وهناك بعض التقنيات التي تستخدم تراسلاً متوازياً بـ ٨ - ١٦ - ٣٢ - ٦٤ بت.

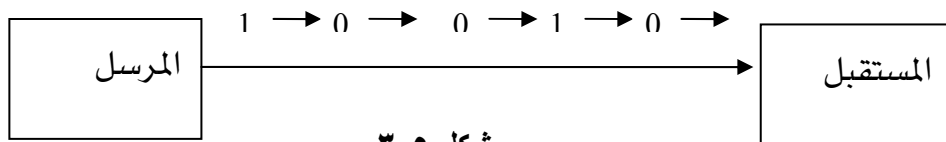


الشكل (٣-٥)

### ٥- ٢- ٢ طريقة التراسل المتوالية (Serial Transmission)

في هذه الطريقة يتم التراسل عن طريق إرسال مجموعة النبضات بالتتالي خلال سلك أو قناة اتصال واحدة حيث كل نبضة يتطلب لها نبضة استثارة لإرسالها فإذا كان لدينا عدد  $n$  من النبضات الرقمية ويراد إرسالها بالتتالي فلا بد من استخدام عدد  $n$  من نبضات الاستثارة أيضاً. تستخدم في بعض التطبيقات دوائر تحويل من توازي لتوالي أو توازي لتوازي في كل من المرسل والمستقبل. كما هو مبين بالشكل (٥-٣).

من مميزات طريقة التراسل المتوالية أنها بسيطة جداً وتستخدم للتراسل لمسافات بعيدة لكن يعيبها أنها ذات سرعة تراسل منخفضة.



شكل ٣-٥

في طريقة التراسل المتوالية حيث ترسل البيانات نبضة نبضة بالتتالي عبر وسط التراسل لذلك لا بد من وجود درجة عالية من التناغم أو التوافق بين المرسل والمستقبل بمعنى أن توافقت أو تزامنت هذه النبضات

بين المرسل والمستقبل يكون متشابهاً ( معدل التراسل - وعرض النبضة - والمسافة) ولذلك فإن التراسل المتوالي يمكن تقسيمه من حيث التزامن إلى الطريق غير المتزامنة والطريقة المتزامنة.

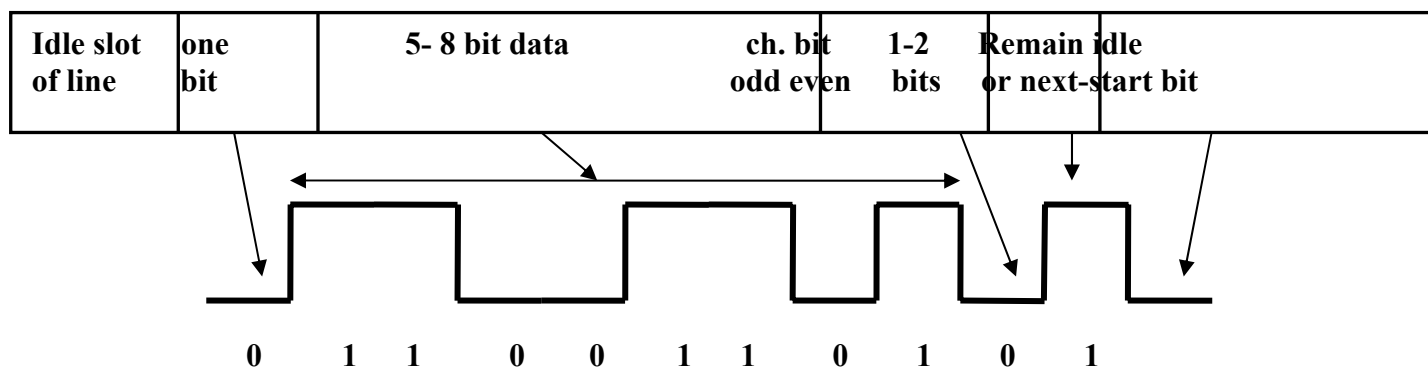
### أ- طريقة التراسل غير المتزامنة (Asynchronous Transmission)

في هذه الطريقة من التراسل يتم إرسال البيانات في مجموعات غير منتظمة من ال 0,s وال 1,s تمثل حروفاً أو أرقاماً أو تعليمات حيث يتم تمثيل كل حرف أو رقم من ٥ إلى ٨ بت ثم يحاط ببت خاصة لتنبية المستقبل متى تبدأ البيانات ومتى تنتهي بالإضافة إلى وجود بت للتحكم والكشف عن الأخطاء التي يمكن أن تحدث للبيانات أثناء عملية التراسل وعادة يسمى الشكل العام المكون للبت الكلية المراد إرسالها بالإطار frame الذي يتكون من:

- بداية تراسل الإطار تميز بالبت 0 بزمن قدره  $T_b$ .
  - الحرف أو الرمز الذي يمثل البيانات يتكون من ٥ إلى ٨ بت.
  - نهاية تراسل الإطار تميز بالبت 1 بزمن قدره من  $T_b$  إلى  $2T_b$ .
  - وسيلة الكشف عن الأخطاء تميز بالبت 0 أو 1 حسب الطريق المستخدمة لتوليدها.
- يلاحظ في هذا النوع من التراسل أنه لا يوجد تزامن على مستوى الحروف حيث إن كل حرف مستقل عن الحرف الآخر ولا يحتاج المستقبل إلى معرفة الحرف السابق لكي يحدد بداية الحرف اللاحق ولكن مع ذلك يحتاج إلى تزامن على مستوى البت الواحدة لتحديد بداية كل بت ونهايتها.
- الشكل (٥-٤) يبين توزيع البت داخل الإطار لهذا النوع من التراسل.

start

stop



الشكل (٥-٤)

### - كفاءة التراسل (Transmission Efficiency)

تعد طريقة التراسل غير المتزامن ذات كفاءة تراسل منخفضة نظراً للهدر أو الإهدار الحادث نتيجة إضافة بت التزامن والتحكم حيث أن جزءاً كبيراً نسبياً من وقت التراسل يستخدم لإرسال بت التزامن والتحكم لذلك فهذا النوع من التراسل يمكن أن يكون أكثر فاعلية لإرسال الرسائل القصيرة بالإضافة إلى بساطته وقلة تكاليفه. يمكن تعريف كفاءة التراسل على أنها النسبة بين عدد بت البيانات  $k$  التي يحتويها الإطار إلى عدد البت الكلية  $n$  التي يحتويها الإطار كما يلي:

$$\text{Transmission Efficiency} = k/n \times 100 \%$$

$$= 8/11 \times 100\% = 72.73 \%$$

$$\text{waste percentage} = 100\% - 72.73 \% = 27.27 \%$$

### ب- طريقة التراسل المتزامن (Synchronous Transmission)

لمنع الانحراف أو التزحزح الزمني بين النبضات المرسل والمستقبل ذات السرعات العالية وأيضاً دقة تحديد بداياتها ونهاياتها فإن نبضات التوقيت أو التزامن يجب أن تتضمنها بيانات المعلومات المراد إرسالها لكي يتم التزامن بين المرسل والمستقبل. في طريقة التراسل هذه لا يتم إرسال البيانات حرفاً بل ترسل البيانات في صورة مجموعة كبيرة من الحروف تسمى Block تكون موجودة داخل الإطار حيث يتكون هذا الإطار من:

- حقل بداية الإطار مكون من ٨ بت ذات شكل مميز ويستخدم للترزامن بين المرسل والمستقبل.
- حقل التحكم مكون من ٨ - ١٦ بت ويستخدم للتحكم في التراسل مثل تحديد سرعة التراسل وطلب إعادة الإرسال أو أن ذاكرة المستقبل غير مستعدة لاستقبال أي بيانات لأنه مملوء بالبيانات وغير ذلك.
- حقل بيانات المعلومات الذي يحتوي على كمية كبيرة من البت Block بدون فواصل.
- حقل اكتشاف الأخطاء مكون من ٨ - ١٦ بت ويستخدم لتحليل بيانات المعلومات المستقبلية والتأكد من صحتها.
- حقل نهاية الإطار مكون من ٨ بت ذات شكل مميز ومشابه لحقل بداية الإطار ويستخدم للتمييز عن نهاية الإطار وبداية إطار جديد.

في هذا النوع من التراسل المتزامن نجد أن المستقبل يبحث دائماً عن حقل بداية الإطار وعندما يحصل عليه كاملاً يقوم المستقبل بتحليل الإطار للحصول في النهاية على بيانات المعلومات المراد استقبالها. تعتمد طريقة التراسل المتزامن على البروتوكول (الوسائل والإجراءات) المستخدمة لتكوين الإطار وعلى نوع التراسل كما تعد طريقة التراسل هذه أكثر كفاءة وفاعلية لتراسل البيانات ذات الرسائل الطويلة والسرعات العالية حيث إن كمية بيانات المعلومات تعد كبيرة جداً مقارنة بما يضاف من بت التحكم والتبنيه واكتشاف الأخطاء في الإطار والشكل (٥-٥) يبين توزيع حقول البت داخل الإطار لهذا النوع من التراسل.

8-bit flag (sync.)	control 8 or 16 bits	Block of Data 2400bits	Error control 8 or 16 bits	8-bit flag (sync.)
-----------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------------	-----------------------

الشكل (٥-٥)

مثال:

من توزيع البت في الإطار السابق نجد أن كفاءة التراسل المتزامن يمكن إيجادها كما يلي.

$$\text{Transmission Efficiency} = k/n \times 100 \%$$

$$= 2400/2432 \times 100\%$$

$$= 98.68 \%$$

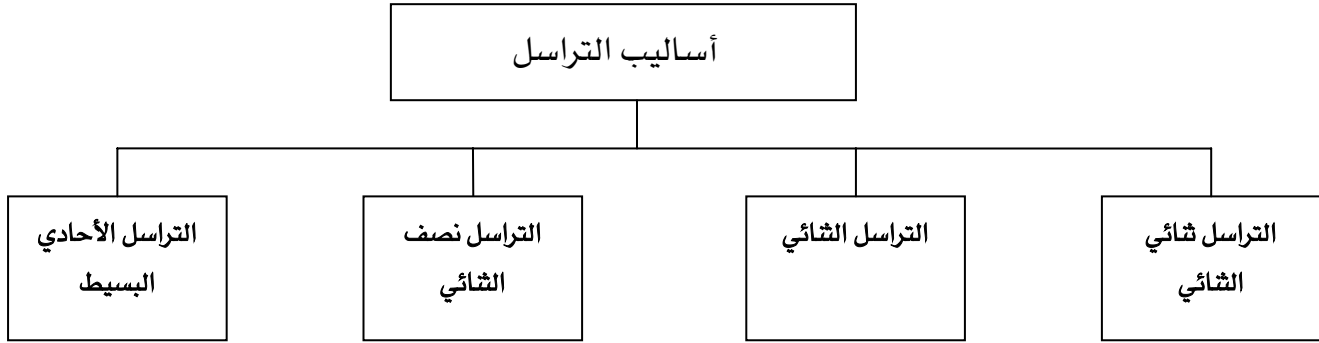
$$\text{waste percentage} = 100\% - 98.68\% = 1.32 \%$$

مما سبق نجد أن كفاءة التراسل المتزامن أكثر فعالية من كفاءة التراسل غير المتزامن.

من البروتوكولات الهامة والمستخدمه لتراسل البيانات المتزامن البروتوكول high-level data link (HDLC) control protocol.

### ٥- ٣ أطر أو أساليب التراسل (Transmission Modes)

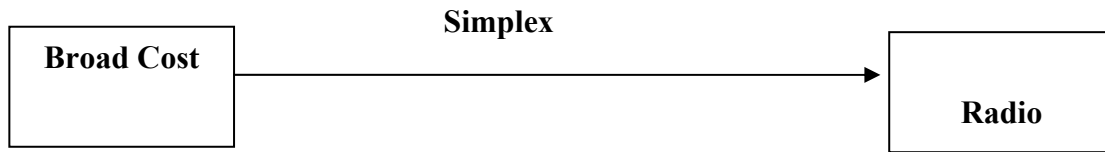
يتم تراسل البيانات عبر قنوات التراسل من المرسل إلى المستقبل بأحد الأساليب المبينة في الشكل (٥- ٦).



الشكل (٥- ٦)

### ٥- ٣- ١ طور التراسل الأحادي البسيط (Simplex Mode)

في هذا الطور من التراسل يتم تراسل البيانات في اتجاه واحد حيث يقوم المرسل بالإرسال فقط في اتجاه واحد والمستقبل يقوم بالاستقبال فقط كما هو مبين في الشكل (٥- ٧)، مثال ذلك نظم تراسل النداء الآلي - ونظم الاستشعار عن بعد - والإرسال الإذاعي أو التلفزيوني - ولوحة مفاتيح الحاسب الآلي وغير ذلك.



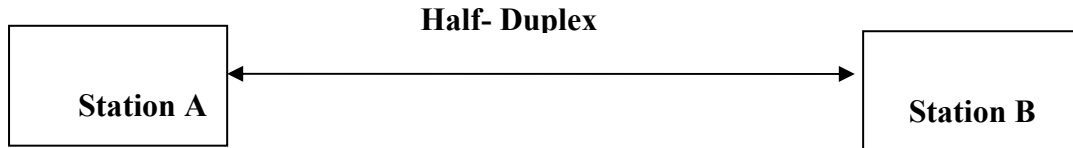
الشكل (٥- ٧)

### ٥- ٣- ٢ طور التراسل نصف الثنائي (Half Duplex Mode - HDX)

في هذا الطور من التراسل يتم إرسال البيانات بين طرفي الاتصال في كلا الاتجاهين ولكن ليس في نفس الوقت ولكن بالتناوب أو التبادل كما هو مبين في الشكل (٥- ٨) وعادة يتطلب هذا الطور من التراسل استخدام نفس عرض النطاق الترددي لإرسال البيانات في كلا الاتجاهين مما يسمح بتوفير التكلفة في نظم التراسل وعرض النطاق الترددي لكن من عيوب هذا الطور البطء في سرعة التراسل



نظراً لعدم إمكانية الإرسال والاستقبال في نفس الوقت. من أهم تطبيقات هذا الطور من التراسل وحدات التراسل اللاسلكية التي يستخدمها رجال الشرطة والجيش والمؤسسات والشركات.

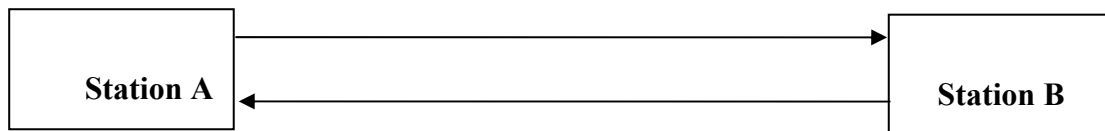


الشكل (٨-٥)

### ٥ - ٣ - ٣ طور التراسل الثنائي (Full Duplex Mode-FDX)

في هذا الطور من التراسل يتم إرسال البيانات بين طرفي الاتصال في كلا الاتجاهين في نفس الوقت لذا يتطلب هذا الطور من التراسل لنطاقي تردد أحدهما في اتجاه والآخر في الاتجاه الآخر كما هو مبين في الشكل (٥ - ٩). يتميز هذا النوع من التراسل بسرعة تراسل البيانات إلا أن تكلفته أعلى نظراً لزيادة النطاقات الترددية المستخدمة وقنوات التراسل وزيادة تكلفة نظم التراسل نفسها. من أهم تطبيقات هذا الطور من التراسل نظم الهاتف السلكية واللاسلكية وشبكات الاتصالات وشبكات الحاسب.

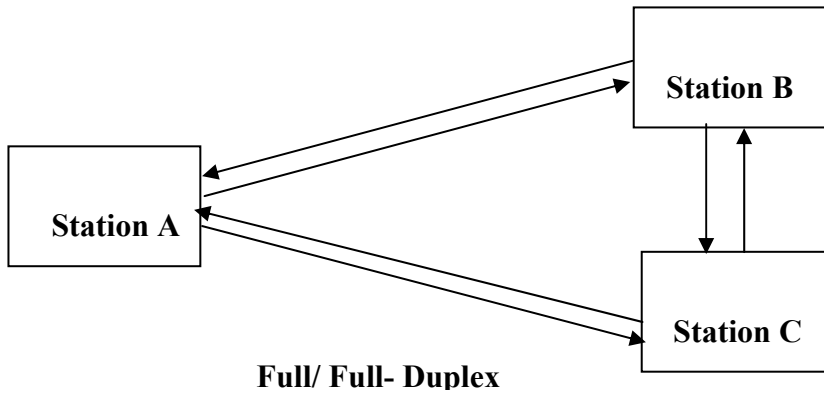
Full- Duplex



الشكل (٩-٥)

### ٥ - ٣ - ٤ طور التراسل ثنائي الشئ (Full/Full Duplex Mode-F/FDX)

في هذا الطور من التراسل يتم التراسل في كلا الاتجاهين في نفس الوقت لكن ليس بين وحدتي اتصال فقط لكن يتم الإرسال من إحدى الوحدات إلى الوحدة الثانية لكن الاستقبال في هذه الحالة يتم من وحدة ثالثة في نفس الوقت كما يحدث في نظم إرسال البطاقات البريدية في بعض الدول الأوروبية. الشكل (٥ - ١٠) يبين مخططاً لهذا النوع من أطوار التراسل.



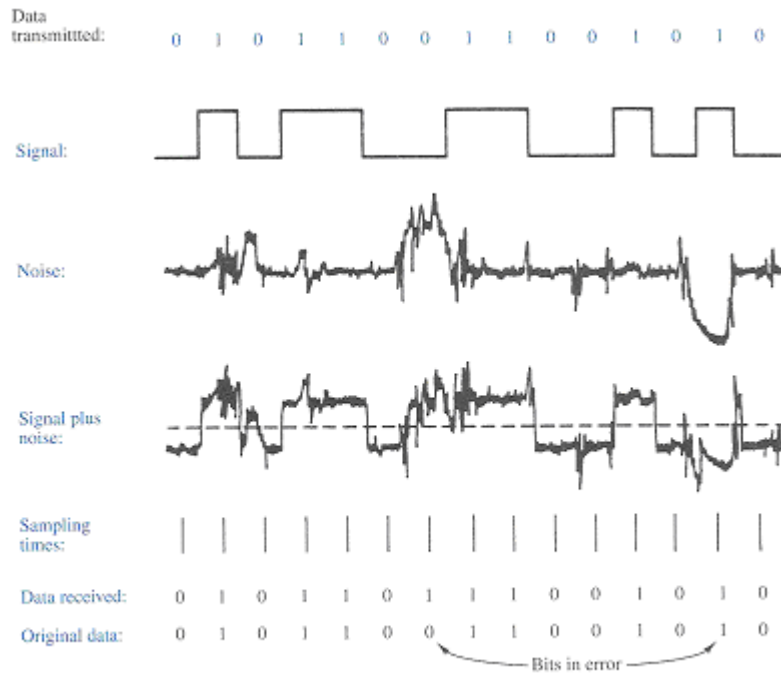
الشكل (١٠-٥)

#### ٥- ٤ أساليب التحكم ومعالجة الأخطاء (Error Control)

نظم اتصالات البيانات يمكن أن تكون محدودة أي ممتدة لبضعة أمتار أو مركبة ومنتسعة أي ممتدة لمئات أو آلاف الكيلومترات كما أن قنوات التراسل يمكن أن تكون قصيرة وبسيطة مثل قطعة من السلك أو طويلة وممتدة مثل قنوات تراسل الميكروويف أو الأقمار الصناعية أو الألياف البصرية. ونظراً للخصائص غير المثالية لأي نظام اتصال فإن معوقات التراسل التي ذكرناها سابقاً يمكن أن تؤثر على البيانات المرسله مما يجعلها عرضة للأخطاء التي قد تحدث أثناء عملية التراسل لذلك لابد من وجود بعض الأساليب والإجراءات التي يجب اتخاذها لمعالجة هذه الأخطاء والتحكم فيها وذلك لتحسين أداء قناة التراسل و من الأسباب الأساسية لحدوث هذه الأخطاء ما يلي:

- الضوضاء (Noise).
- النطاق الترددي المحدود (Limited bandwidth).
- معدل التراسل (Bit rate).

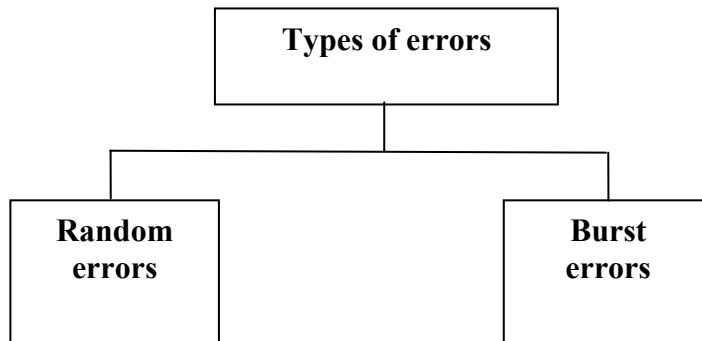
الشكل (٥- ١١) يبين تأثير الضوضاء على البيانات الرقمية المرسله وحدوث الأخطاء في البيانات الرقمية المستقبلية.



شكل ١١-٥

## ٥-٤ - ١ أنواع الأخطاء (Types of Errors)

عند ترسل الإشارة من نقطة إلى أخرى فإنها تتعرض للإشارات العشوائية أو التداخلات غير المرغوب فيها نتيجة مؤثرات حرارية أو مغناطيسية أو كهربية وبالتالي تتعرض الإشارة المرسلة لأنواع مختلفة من الأخطاء التي يبينها الشكل (٥-١٢).



شكل (٥-١٢)

## أ- الأخطاء العشوائية (Random Errors)

حيث تظهر الأخطاء بطريقة عشوائية وفي أماكن متفرقة خلال البيانات المرسله سواء بالطريقة المتوالية أو الطريقة المتوازية والخطأ الفردي single error يمثل أحد الأمثلة للأخطاء العشوائية كما هو مبين في الشكل.

0	1	1	0	0	0	1	0	البيانات المرسله
0	1	1	0	1	0	1	0	البيانات المستقبله

error

## ب- الأخطاء الحزمية (Burst Errors)

حيث تظهر الأخطاء في صورة حزمة تكون فيها الأخطاء متجاورة أو متباعدة مثال ذلك حدوث خطأين أو أكثر خلال البيانات المرسله بالطريقة المتوالية. طول حزمة الأخطاء يقاس من أول خطأ إلى آخر خطأ خلال البيانات المرسله مع الأخذ في الاعتبار أن بعض البت الموجوده بين أول خطأ وآخر خطأ تكون صحيحة وبدون أخطاء كما هو مبين في الشكل الذي نجد فيه طول حزمة الأخطاء يساوي خمسة بتات.

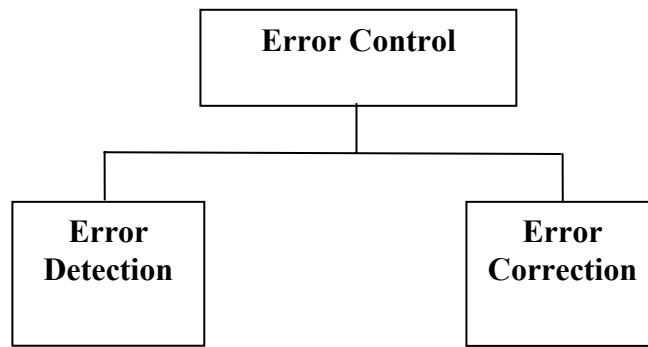
0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	بيانات مرسله
0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	بيانات مستقبله

error

error

لتحسين أداء قنوات التراسل يتم اتباع عدد من الأساليب لاكتشاف الأخطاء error detection أو تصحيح الأخطاء error correction خلال البيانات المرسله وتعتمد هذه الأساليب على إضافة عدد من البت الإضافية إلى بتات البيانات الأصلية المطلوب إرسالها ويطلق على هذه البتات الإضافية (البت الزائدة redundant bits) أو (البت المكافئة parity bits) وعند نقطة الاستقبال يقوم جهاز الاستقبال باستخدام هذه البت المكافئة لاكتشاف أو تصحيح الأخطاء خلال البيانات إن وجدت كما هو مبين في الشكل (٥- ١٣). تستخدم دوائر الـ XOR عند المرسل للحصول على هذه البت المكافئة أو عند المستقبل لفحص البيانات المستقبله وذلك باستخدام العمليات الرياضية المنطقية التالية:

$0 + 0 = 0$	$1 + 1 = 0$	$0 + 1 = 1$	$1 + 0 = 1$
-------------	-------------	-------------	-------------

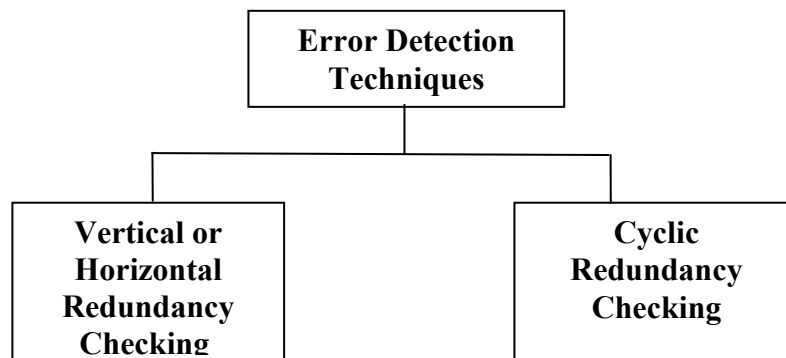


الشكل (١٣-٥)

تعتبر أساليب اكتشاف الأخطاء عموماً هي الأكثر شيوعاً واستخداماً في شبكات اتصالات البيانات وشبكات الحاسب.

#### ٥ - ٤ - ٢ أساليب اكتشاف الأخطاء (Error Detection)

في جميع الأساليب التي تستخدم لاكتشاف الأخطاء لا يتم تحديد أماكن البت التي حدثت بها الأخطاء ولكن فقط تحديد ما إذا كانت البيانات المستقبلية فيها خطأ أم لا. يمكن تصنيف معظم التقنيات المستخدمة في اكتشاف الأخطاء بنظم اتصالات البيانات والشبكات كما هو مبين في الشكل (١٤ - ٥).



الشكل (١٤-٥)

## أ- أسلوب البت المكافئة (Parity check Bit)

في هذه التقنية فإن كل حرف أو رقم ممثل بـ ٧ بت أو ٨ بت يضاف إليها بت واحدة تسمى المكافئ الفردي odd parity أو المكافئ الزوجي even parity اعتماداً على عدد الـ 1,0 التي يحتويها الحرف أو الرقم الواحد (فردي أو زوجي) وفي كلتا الحالتين يقوم جهاز الاستقبال بإحصاء عدد الـ 1,0 مرة أخرى بالحرف أو الرقم المستقبل فإذا ما ظهر اختلاف بين البت المكافئة المرسل والجديدة فهذا معناه وجود خطأ في الحرف المستقبل كما هو مبين في الجدول التالي ولا يمكن تصحيح هذا الخطأ. في هذا الأسلوب يتم اكتشاف الأخطاء الفردية فقط بينما لا يمكن اكتشاف الأخطاء الزوجية.

بت الحرف الأساسي	مضاف إليه البت المكافئ الفردي	مضاف إليه البت المكافئ الزوجي
1010111	«0 1010111	«1 1010111

## ب- أسلوب البت الزائدة الطولي (Longitudinal Redundancy Check-LRC)

في هذه التقنية يتم وضع مجموعة بت الحروف في مصفوفة عدد صفوفها يساوي عدد الحروف ثم بعد ذلك يتم إيجاد البت الزائدة أو المكافئة لكل عمود من أعمدة المصفوفة سواء بطريقة البت المكافئ الفردي أو البت المكافئ الزوجي فنحصل في النهاية على صف جديد يمثل البت الزائدة المكافئة الطولية الذي يضاف إلى صفوف بت الحروف الأصلية كما هو مبين بالمثل الذي سنورده بعد ذلك. يتم إرسال البيانات صفوفاً متتالية وفي النهاية يرسل الصف الأخير الذي يمثل البت الزائدة المكافئة التي تسمى LRC.

عند نقطة الاستقبال يقوم جهاز الاستقبال بإيجاد LRC جديدة ويقارنها بالمستقبلة فإذا كان هناك اختلاف بينهما فهذا معناه وجود خطأ بالرسالة المستقبلة. هذه التقنية تتيح اكتشاف الأخطاء الفردية والزوجية ما لم تحدث هذه الأخطاء في مواضع متناظرة من المصفوفة كما إن هذه التقنية تتيح اكتشاف الأخطاء الحزمية بطول حزمة يصل إلى طول بت الـ LRC.

مثال:

البيانات الأصلية:  $w1= 11100111, w2= 11011101, w3= 00111001, w4= 10101001$

البيانات الأصلية بعد ترتيبها في مصفوفة:

$w1= 11100111$

$w2= 11011101$

$w3= 00111001$

$w4= 10101001$

$LRC= 10101010$

البيانات الأصلية + LRC:

W1	W2	W3	W4	LRC
11100111	11011101	00111001	10101001	10101010

### ت- أسلوب البت الزائدة الدوري (Cyclic Redundancy Check-CRC)

تعتمد تقنية الـ CRC علي فكرة بسيطة مفادها أن جهاز الإرسال يضيف إلي بيانات المعلومات الأصلية مجموعة من البت الزائدة والتي تنتج بطريقة تكرارية كباق من ناتج قسمة بت بيانات المعلومات الأصلية علي عدد أولي تتم اختياره بعناية من قبل هيئات المواصفات القياسية العالمية للاتصالات. وفي جهاز الاستقبال يتم قسمة البت المستقبلية كلها علي نفس العدد الأولي الذي تم استخدامه عند المرسل فإذا كان هذا الباقي الناتج من عملية القسمة يساوي صفراً فهذا معناه عدم وجود خطأ بالبت المستقبلية أما إذا كان هذا الباقي لا يساوي صفراً فهذا معناه وجود خطأ بالبت المستقبلية وقد دلت التجارب والدراسات أنه باستخدام هذه التقنية فإن حوالي ٩٩,٩٥٪ من كل الأخطاء الناتجة خلال قنوات التراسل يمكن اكتشافها.

نظراً لصعوبة متابعة الأعداد الثنائية وقراءتها فقد جرى الاصطلاح علي تمثيل تلك الأعداد بسلسلة متعددة الحدود polynomial بحيث يمثل الأس لكل حد موقع البت المقابل للعدد الثنائي ويمثل معامل الحد قيمة البت 0 أو 1 فعلى سبيل المثال:

البيانات في صورة أرقام ثنائية = $D = 10100111$
البيانات في صورة متسلسلة كثيرة الحدود $D(X) = X^7 + X^5 + X^2 + X + 1$

كما إنه يتم استخدام الأعداد الأولية القياسية من قبل هيئات المواصفات العالمية الدولية لتنظم الاتصالات فعلى سبيل المثال:

$CRC-12 = 1100100000011 = X^{12} + X^{11} + X^8 + X + 1$
$CRC-16 = 11000000000000101 = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$
$CRC-ITU-T = 10001000000100001 = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

المثال التالي يوضح عملية استنتاج البت الزائدة بالطريقة التكرارية.

❖ بيانات المعلومات:  $D = 10110111$  ,  $D(X) = X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

❖ العدد الأولي :  $g = 110011$  ,  $g(x) = X^5 + X^4 + X + 1$

الحل:

البت المكافئة في صورة متسلسلة يرمز لها بـ  $b(x)$ ، حيث  $b(x)$  تساوي الباقي من قسمة  $X^m \times D(x) / g(x)$  حيث  $m$  هي درجة أو أعلى أس في المتسلسلة  $g(x)$  وفي نفس الوقت هي تساوي عدد البت المكافئة CRC وفي مثالنا هذا  $m = 5$ .



$$X^m \times D(x) = X^5 \times (X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1) \\ = X^{12} + X^{10} + X^9 + X^7 + X^6 + X^5$$

ولإيجاد متسلسلة البت المكافئة نستخدم طريقة القسمة المطولة بطريقة دورية آخذين في الاعتبار طريقة الجمع أو الطرح المنطقية حتى نحصل على باقي القسمة الذي يمثل متسلسلة البت المكافئة كما يلي.

	$X^7 + X^6 + X^4 + X^2 + X + 1$
$X^5 + X^4 + X + 1$	$X^{12} + X^{10} + X^9 + X^7 + X^6 + X^5$
	$X^{12} + X^{11} + X^8 + X^7$
	$X^{11} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^6 + X^5$
	$X^{11} + X^{10} + X^7 + X^6$
	$X^9 + X^8 + X^7 + X^5$
	$X^9 + X^8 + X^5 + X^4$
	$X^7 + X^4$
	$X^7 + X^6 + X^3 + X^2$
	$X^6 + X^4 + X^3 + X^2$
	$X^6 + X^5 + X^2 + X$
	$X^5 + X^4 + X^3 + X$
	$X^5 + X^4 + X + 1$
	$X^3 + 1 = \text{remainder} = b(x) , b = 01001 = \text{CRC}$

وبالتالي يمكن كتابة البيانات الكلية المرسل في صورة متسلسلة ،  $T(x)$  كما يلي:

$$T(x) = X^m \times D(x) + b(x) \\ = X^{12} + X^{10} + X^9 + X^7 + X^6 + X^5 + X^3 + X$$

كما يمكن كتابة هذه المتسلسلة في صورة بيانات رقمية ثنائية ،  $T$  كما يلي:

$$T = 1011011101001 = \text{Data} + \text{CRC}$$

## ٥- ٤- ٢ أساليب تصحيح الأخطاء (Error Correction)

التقنيات التي ذكرناها سابقاً تتعلق بإمكانية اكتشاف الأخطاء خلال البيانات التي يتم استقبالها فقط ولا يمكن تصحيح هذه الأخطاء. لكن توجد تقنيات أخرى تستخدم لتصحيح الأخطاء التي يتم اكتشافها لكن هذه التقنيات تعتبر أكثر تعقيداً عن تلك المستخدمة في اكتشاف الأخطاء. عدد البت المكافئة المطلوب إضافتها يعتمد على عدد البت المطلوب تصحيحها لأنه كلما زادت عدد البت المطلوب تصحيحها كلما زادت عدد البت المكافئة المطلوب إضافتها مما يجعل هذه النظم أكثر تعقيداً وغير فعالة. لهذا الغرض، فإن معظم نظم تصحيح الأخطاء محدودة لتصحيح خطأ أو خطأين أو ثلاثة أخطاء. تصحيح الأخطاء يمكن معالجته بإحدى الطرق التالية.

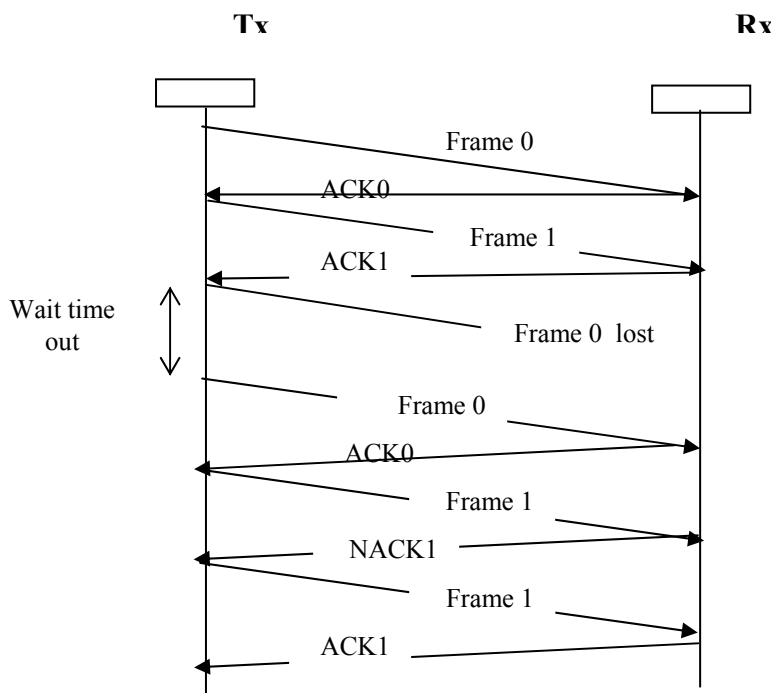
### أ- أسلوب طلب إعادة الإرسال تلقائياً (Automatic Repeat Request – ARQ)

يمكن استخدام هذه التقنية عند وجود قناة تراسل إضافية لإعادة التراسل بين المستقبل والمرسل حيث ترسل أوتوماتيكياً رسالة إعادة الإرسال (ARQ) من المستقبل إلى المرسل في حالة اكتشاف أي خطأ خلال الرسالة المستقبلية فيقوم المرسل بإعادة إرسال الرسالة مرة أخرى. يمتاز هذا الأسلوب بالبساطة والفاعلية لإرسال رسائل البيانات قصيرة الطول (تقريباً من ٢٥٦ إلى ٥١٢ حرف) ومسافات التراسل القصيرة لكنه يصبح غير فعال في حالة إرسال البيانات ذات السرعات العالية والمسافات الطويلة بين المرسل والمستقبل وذلك نظراً للهدر أو الفقد الكبير في زمن التراسل والناجم عن التوقف والانتظار لورود الرد للمرسل من المستقبل دون اتخاذ أي خطوة إيجابية للاستفادة من ذلك الوقت لإرسال بيانات أخرى. توجد عدة أنواع تستخدم تقنية الـ ARQ نذكر منها.

طريقة " الوقوف والانتظار Stop-and-Wait ARQ " التي يمكن تلخيص فكرتها كما يلي:

- يقوم المرسل بإرسال إطار البيانات محدد الرقم ثم يظل متوقفاً عن الإرسال منتظراً رد المستقبل.
- في حالة ورود الإشعار بالاستلام ACK من المستقبل للمرسل فهذا معناه أن الإطار وصل سليماً.
- في حالة ورود الإشعار بالاستلام NACK من المستقبل للمرسل فهذا معناه أن الإطار وصل للمستقبل لكن غير صحيح وعلى المرسل إعادة إرسال نفس الإطار.
- في حالة عدم ورود أي إشعار بالاستلام من المستقبل للمرسل خلال الفترة الزمنية للانتظار والتي يحددها المرسل بواسطة جهاز منبه التوقيت عندئذ يقوم المرسل بإعادة إرسال نفس الإطار الذي سبق إرساله من قبل. الفترة الزمنية للانتظار تتوقف على الفترة اللازمة لإرسال الإطار ثم فترة الانتشار ذهاباً

والمطلوبة لوصول الإطار ما بين المرسل والمستقبل ثم وقت الانتشار في الاتجاه الآخر للرد بالاستلام من المستقبل للمرسل بالإضافة إلى أي فترات زمنية أخرى للمعالجة لدى جهاز الاستقبال. الشكل (٥- ١٥) يبين سلسلة الإجراءات التي ذكرناها في هذه الطريقة.



شكل ٥-١٥

### ب- أسلوب تصحيح الأخطاء الأمامي (Forward Error Correction-FEC)

تستخدم هذه التقنية عندما لا توجد إمكانية إعادة التراسل بين المستقبل والمرسل مثال ذلك مستقبلات اتصالات الأقمار الصناعية والفضاء البعيد حيث يتم اكتشاف الأخطاء ثم تصحيحها. في هذه التقنية تتم إضافة مجموعة من البت الزائدة المكافئة إلى بت بيانات المعلومات باستخدام طرق عديدة منها طريقة الترميز الدوري cyclic code أو طريقة ترميز هامنج Hamming code وهي طرق شائعة لتصحيح خطأ واحد في الرسالة المستقبلية.

عند المستقبل يتم الحصول على حقل اكتشاف الأخطاء فإذا كان يحتوي كله على أصفار فهذا معناه عدم وجود أخطاء في الرسالة المستقبلية أما إذا كان غير ذلك فهذا معناه أن الرسالة المستقبلية يوجد بها أخطاء والتي يمكن تصحيحها عن طريق تحليل حقل الأخطاء هذا لمعرفة مكان الخطأ وبالتالي تصحيح هذا الخطأ. في طريقة هامنج لتصحيح الأخطاء يمكن وضع البت المكافئة في أماكن محددة وبالتالي

يكون حقل اكتشاف الأخطاء مناظراً للموضع الذي يوجد فيه الخطأ فمثلاً لو تم وضع البت المكافئة في الأماكن 1,2,4,8,16,... ضمن بيانات المعلومات فإنه يمكن مباشرة تحديد موضع الخطأ من حقل اكتشاف الأخطاء كما هو مبين بالمثال التالي.

مثال:

توجد علاقة بين طول الرسالة المراد إرسالها،  $n$  وطول بيانات المعلومات،  $k$  وعدد البت المكافئة،  $m$  كما يلي:

$$n = m + k = 2^m - 1$$

$$n = 2^m - 1 = 2^3 - 1 = 7$$

بفرض  $m = 3$  فإن:

$$k = n - m = 7 - 3 = 4 \text{ bits}$$

طول حقل اكتشاف الأخطاء = عدد البت المكافئة = 3 .

في هذه الحالة يتم وضع البت المكافئة في الأماكن 1,2,4 وبيانات المعلومات في الأماكن 3,5,6,7 كما يلي:

d d d m d m m

يلي:

7 6 5 4 3 2 1

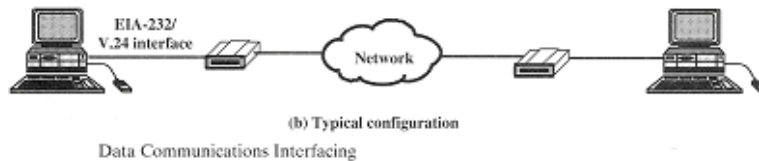
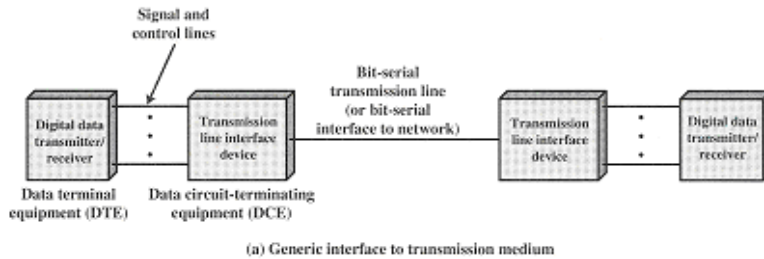
حقل اكتشاف الأخطاء ممثل بثلاث بت في العمود الأيمن يمكن تحليله كما يلي:

لا يوجد خطأ في الرسالة المستقبلية	000
يوجد خطأ في البت رقم 1	001
يوجد خطأ في البت رقم 2	010
يوجد خطأ في البت رقم 3	011
يوجد خطأ في البت رقم 4	100
يوجد خطأ في البت رقم 5	101
يوجد خطأ في البت رقم 6	110
يوجد خطأ في البت رقم 7	111

## ٥- ٥ تنظيم المواجهة بقنوات تراسل البيانات (Interfacing)

في نظم اتصالات البيانات والشبكات نجد أن معظم وحدات معالجة البيانات الرقمية محدودة الإمكانيات من حيث سرعة التراسل (محدودة التزامن - والتحكم - والمسافة) كما أننا من النادر أن نجد تلك الوحدات (حاسبات - وطابعات - ووحدات طرفية - إلخ) مربوطة مباشرة بنظم التراسل أو الشبكات.

لذلك فإنه عند ربط الأجهزة أو الوحدات التي تصدر عنها البيانات الرقمية بقناة تراسل البيانات أن يتم هذا الربط من خلال بوابة مواجهة Interface بين هذه الأجهزة وبين وحدات خاصة تقوم بتجهيز أو تشكيل البيانات الرقمية ووضعها في شكل ملائم للإرسال عبر قناة التراسل ويطلق على هذه التجهيزات أو الوحدات مسمى "وحدات دوائر البيانات (Data Circuit Equipment (DCE" ووظيفتها التعديل والكشف وتنظيم سريان البيانات والتحكم فيها وتوفير إشارات التحكم والتزامن وغير ذلك من العمليات التي تساعد على إرسال واستقبال البيانات بأمان ووضوح وسرية ومن أمثلة هذه الوحدات جهاز المودم وأجهزة المعالجة الرقمية وغير ذلك. أما الأجهزة أو الوحدات التي تصدر عنها تلك البيانات الرقمية كأجهزة الحاسب ومحطات العمل الرقمية ووحدات استشعار البيانات وما نحوها فيطلق عليها مسمى "وحدات البيانات الطرفية (Data Terminal Equipment (DTE" ولكي يكون هناك تفاعل جيد أو جودة تراسل بين وحدات نظم اتصالات البيانات والشبكات فإن الوحدات DTE, DCE الموجودة عند نقطة الإرسال لابد أن يكون لها نظير عند طرف الاستقبال كما هو مبين في الشكل (٥- ١٦).

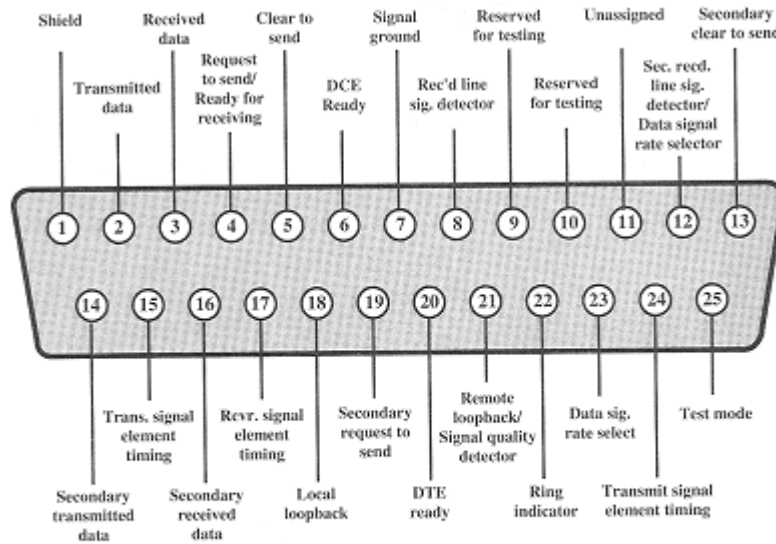


شكل ٥- ١٦

لضمان تنظيم سريان الإشارات المعبرة عن بيانات المعلومات وإشارات التحكم والتزامن وغير ذلك من الوحدة DTE إلى الوحدة DCE فإنه لابد من وجود وسيلة للربط بينهما تسمى نافذة أو بوابة المواجهة (Interface Port) وعند اختيار إحدى هذه البوابات فلا بد من الأخذ في الاعتبار المواصفات الأربع التالية:

#### أ- المواصفات الميكانيكية (Mechanical Characteristics)

تحدد المواصفات الميكانيكية كل ما يتعلق بالجانب الميكانيكي للمنفذ مثل شكل المنفذ (المستطيل - أو الدائري - أو الذكر - أو الأنثى - أو عدد دبائيس التوصيل) وعدد الأسلاك ونوع الأسلاك بالكيل ووسيلة التثبيت أو الربط وغير ذلك.



Pin Assignments for V.24/EIA-232 (DTE Connector Face)

شكل ٥-١٧

## ب- المواصفات الكهربائية (Electrical Characteristics)

المواصفات الكهربائية تحدد الجوانب ذات العلاقة في الأمور الكهربائية مثل سرعة التراسل والجهد الكهربائي للنبضة المرسله وجهد الأرضي وكيفية تمثيل ( ترميز ) الإشارات الكهربائية الرقمية المرسله وإشارات التحكم وغير ذلك. لذلك لابد أن يكون هناك توافق بين الـ DTE والـ DCE من حيث هذه المواصفات.

## ت- المواصفات الوظيفية (Functional Characteristics)

المواصفات الوظيفية تحدد المهام أو الوظائف الخاصة بالتوصيلات ( الأسلاك ) الموجودة في المنفذ أو البوابة مثال ذلك تخصيص توصيلات للإرسال وأخرى للاستقبال وتوصيلة للتحكم وأخرى للترزامن وتوصيلة لإعادة التراسل وأخرى للاختبار وغير ذلك.

## ث- المواصفات الإجرائية (Procedural Characteristics )

المواصفات الإجرائية تحدد كيفية إجراء أو تنفيذ هذه المهام أو الوظائف مثل كيفية إجراء عمليات تبادل البيانات عبر المنفذ والتهيئة لبدء التراسل وتحديد كيفية إنهاء أو فصل الاتصال وكيفية العمل في حالة اختبار المنفذ أو حدوث إجراء غير متوقع وغير ذلك مثل إرسال البيانات من وحدة الحاسب إلى وحدة المودم عبر المنفذ أو البوابة.

توجد عدة منافذ أو بوابات ذات مواصفات قياسية مدعومة من الهيئات الدولية للمواصفات منها جمعية الصناعات الإلكترونية (EIA) Electronic Industries Association وجمعية الاتصالات الدولية International Telecommunication Union- Telecommunication Standards Committee (ITU-T) ومن أمثلة هذه المنافذ المنفذ EIA-232 وتسمى أيضاً RS-232 وتستخدم وحدات الـ DTE ووحدات الـ DCE. الجدول التالي يبين مواصفات هذا المنفذ أو البوابة.

V.24/EIA-232-F Interchange Circuits

V.24	EIA-232	Name	Direction To:	Function
<b>DATA SIGNALS</b>				
103	BA	Transmitted data	DCE	Transmitted by DTE
104	BB	Received data	DTE	Received by DTE
118	SBA	Secondary transmitted data	DCE	Transmitted by DTE
119	SBB	Secondary received data	DTE	Received by DTE
<b>CONTROL SIGNALS</b>				
105	CA	Request to send	DCE	DTE wishes to transmit
106	CB	Clear to send	DTE	DCE is ready to receive; response to Request to send
107	CC	DCE ready	DTE	DCE is ready to operate
108.2	CD	DTE ready	DCE	DTE is ready to operate
125	CE	Ring indicator	DTE	DCE is receiving a ringing signal on the channel line
109	CF	Received line signal detector	DTE	DCE is receiving a signal within appropriate limits on the channel line
110	CG	Signal quality detector	DTE	Indicates whether there is a high probability of error in the data received
111	CH	Data signal rate selector	DCE	Selects one of two data rates
112	CI	Data signal rate selector	DTE	Selects one of two data rates
133	CJ	Ready for receiving	DCE	On/off flow control
120	SCA	Secondary request to send	DCE	DTE wishes to transmit on reverse channel
121	SCB	Secondary clear to send	DTE	DCE is ready to receive on reverse channel
122	SCF	Secondary received line signal detector	DTE	Same as 109, for reverse channel
140	RL	Remote loopback	DCE	Instructs remote DCE to loop back signals
141	LL	Local loopback	DCE	Instructs DCE to loop- back signals
142	TM	Test mode	DTE	Local DCE is in a test condition
<b>TIMING SIGNALS</b>				
113	DA	Transmitter signal element timing	DCE	Clocking signal; transi- tions to ON and OFF occur at center of each signal element
114	DB	Transmitter signal element timing	DTE	Clocking signal; both 113 and 114 relate to signals on circuit 103
115	DD	Receiver signal element timing	DTE	Clocking signal for circuit 104
<b>GROUND</b>				
102	AB	Signal ground/common return		Common ground refer- ence for all circuits

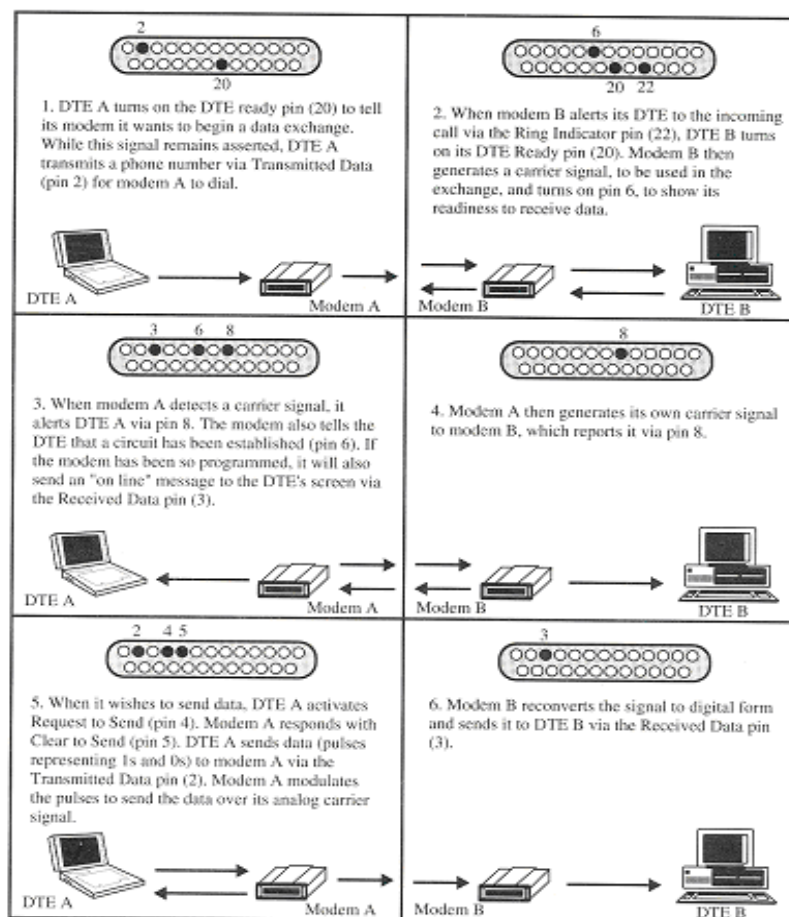
الشكل (٨- ١٨)



## ٥- ٦ وحدة المودم (Modem Unit)

تعد شبكات الهاتف من أوسع شبكات الاتصال انتشاراً وذلك لتوفير سبل الاتصال للمنازل والشركات والمؤسسات والمصانع والأفراد ، ولزيادة فاعلية هذه الشبكات فقد صار من الأهمية الاستفادة من هذه الشبكات لإرسال الإشارات الرقمية الصادرة من الوحدات الرقمية والحاسبات وحيث إن شبكات الهاتف تستخدم أساساً لتراسل المحادثات الهاتفية والتي تعد إشارات تماثلية، لذلك عند استخدام هذه الشبكات لتراسل الإشارات الرقمية فإنه لابد من تحويل هذه الإشارات الرقمية إلى إشارات تماثلية عن طريق دوائر التعديل التي تم ذكرها سابقاً للحصول على إشارات مناسبة لوسط تراسل شبكات الهاتف وعند الاستقبال تتم العملية العكسية لاستعادة الإشارة الرقمية الأصلية من الإشارة التماثلية المستقبلية ويطلق على الجهاز أو الوحدة التي تقوم بهاتين العمليتين بجهاز المودم ( معدل - كاشف ) والذي يسمى DCE.

تربط عادة أجهزة المودم بأجهزة الحاسبات في نقطة الإرسال أو الاستقبال عن طريق فتحة خاصة بجهاز الحاسب لإرسال الإشارات الرقمية يطلق عليها " بوابة التوصيل المتوالي " كما يتم ربط المودم بشبكة الهاتف عن طريق فتحة التوصيل المعتادة للهاتف وبالتالي يحقق جهاز المودم إمكانية التوصيل بين أجهزة الحاسبات المتباعدة عبر الشبكة الهاتفية كما هو مبين في الشكل (٥- ١٩).



الشكل (٥- ١٩)

وللتحكم بجهاز المودم يتم ذلك عن طريق تنفيذ برنامج خاص للاتصالات الهاتفية علي جهاز الحاسب ويقوم هذا البرنامج بإعطاء التعليمات والأوامر المطلوبة لإرسال واستقبال البيانات بين الشبكة الهاتفية والمودم وإجراء عمليات المخاطبة بين الحاسب والمودم.

وبالإضافة إلى قيام جهاز المودم بأعمال التعديل والكشف فإنه يقوم بأعمال أخرى مساعدة مثل طلب رقم الهاتف لجهاز الحاسب المستقبل ومراجعة الأخطاء التي قد تحدث أثناء عملية التراسل وغير ذلك. ويمكن تصنيف أجهزة المودم إلى:

- أجهزة المودم المتزامن:

حيث يمكن استخلاص نبضات التزامن من الإشارة المستقبلية وفي هذا النوع تستخدم نظم التعديل

الرقمية PSK- QAM كما تستخدم هذه الأجهزة في سرعات التراسل المتوسطة والعالية.

## - أجهزة المودم غير المتزامن:

حيث تحتاج هذه النظم لنبضات تزامن مستقلة ونظم التعديل الرقمية FSK كما تستخدم هذه النظم في سرعات التراسل المنخفضة.

## ٥- ٦- ١ الأنظمة القياسية لأجهزة المودم

تم تحديد المواصفات القياسية لأجهزة المودم من قبل الهيئات العالمية فيما يتعلق بنوع التعديل المستخدم وسرعة التراسل القصوى وترددات الموجة الحاملة وعرض النطاق الترددي وطور التراسل وأي خصائص إضافية أخرى خاصة بالمودم مثل ضغط البيانات أو الترميز أو تحديد سرعة التراسل بما يتناسب مع جودة الإرسال واكتشاف الأخطاء التي قد تحدث أثناء عملية التراسل وغير ذلك ومن أشهر هذه الأنظمة ما يلي.

## أ- مواصفات شركة بل Bell الأمريكية

تعتبر شركة بل من كبريات شركات الهاتف على مستوى العالم والصناعة في هذا المجال. وعادة يشار إلى مواصفات هذا النوع برقم عددي يبين نوع المودم مثل 103 أو 202 أو 209 كما هو مبين في الجدول.

Modem Series	Line Facility	Operating Mode	Synchronization Mode	Modulation Type	Max. Bit Rate
103	Dail-up	FDX	Asynchronous	FSK	300 b/s.
202 S	Dail-up	HDX	Asynchronous	FSK	1200 b/s.
202 T	Private	HDX/FDX	Asynchronous	FSK	1800 b/s.
209 A	Private	HDX/FDX	Synchronous	16-QAM	9.6k.b/s.
209 B	Dail-up	HDX	Synchronous	16-QAM	9.6 k.b/s.

## ب- مواصفات اتحاد الاتصالات العالمي CCITT لجنة الاتصالات ITU-T

هذه اللجنة تعتبر إحدى اللجان التابعة لمنظمة الأمم المتحدة. وعادة يشار إلى مواصفات هذا النوع بالحرف V للإشارة بأنها مواصفات خاصة بأجهزة تراسل البيانات ويلى الحرف V رقم عددي يحدد نوع المواصفة مثل V.29 أو V.34 كما هو مبين في الجدول.

Recommendation	Description
V.29	9600 b/s – FDX – Leased Circuits
V.32	9600 b/s – FDX – Leased Circuits + Echo Supression
V.33	14.4 k.b/s – FDX – Leased Lines
V.34	(V.fast) ITU- 28.8 k. b/s Standard
V.39	(V.fast) ITU- 56 k. b/s Standard

### أسئلة الوحدة الخامسة

أجب عن الأسئلة الآتية:

س١: أختار الإجابة الصحيحة.

- أ- في طرق التراسل ال ..... ، ترسل البت كلها في وقت واحد حيث كل بت لها شلوكها الخاص.
  - المتوالي غير المتزامن.
  - المتوالي المتزامن.
  - التوازي.
  - المهجن.
- ب- في طرق التراسل ال ..... ، حقلًا البداية والنهاية يكونان متساويين في عدد البت ومتشابهين.
  - المتوالي غير المتزامن.
  - المتوالي المتزامن.
  - التوازي.
  - الإجابة الأولى والثانية.
- ت- تراسل البيانات يمكن تنفيذها بثلاثة أطوار أساسية هي:
  - توصيل مباشر - داخلي - صوتي.
  - توصيل مباشر - صوتي - بسيط.
  - بسيط - نصف ثنائي - ثنائي كامل.
  - بسيط - صوتي - ثنائي كامل.
- ث- أي طريقة لكشف الأخطاء تستخدم بت مكافئة واحدة لكل حرف.
  - VRC.
  - LRC.
  - CRC.
  - كل الإجابات السابقة.

- ج- إذا تم إرسال الحرف 1110111 ثم استقبل كحرف آخر 1101111 فنوع الخطاء هو.
- خطأ واحد.
  - متعدد الأخطاء.
  - أخطاء حزمية.
  - كل هذه الإجابات.

- ح- في حالة اكتشاف الأخطاء بطريقة المتسلسلة كثيرة الحدود فإن CRC تمثل.
- المقسوم عليه.
  - ناتج القسمة.
  - الباقي.
  - لا توجد إجابة صحيحة.

- خ- إذا كانت وحدة بيانات المعلومات هي 111111 والمقسوم عليه هو 1010 فإن المقسوم هو.
- 111111000
  - 1111110000
  - 111111
  - 1111111010

س٢: رسالة مكونة من ٢٤٠ حرف، كل حرف تم تمثيله ببايت واحد. ارسم إطاراً واحداً في حالة التراسل غير المتزامن ثم ارسم الإطار في حالة التراسل المتزامن. أوجد كفاءة التراسل في كل حالة.

س٣: إذا تم استقبال البيانات التالية 01101011، وكان نظام إضافة البت المكافئة هو النظام الزوجي. اختبر هذه البيانات.

س٤: إذا تم استقبال الرسالة التالية 11011011 11010000 01001111 10010101، وكان نظام إضافة البت المكافئة هو النظام LRC الزوجي. اختبر هذه الرسالة.

س٥: إذا تم استقبال البيانات التالية 11001100111 حيث استخدمت طريقة هامنج للترميز وكان حقل اكتشاف الخطأ هو 0101. حدد البت التي فيها الخطأ ثم أعد كتابة البيانات بعد تصحيحها.

س٦: ما هو المنفذ أو البوابة؟ وما وظيفته؟ وما المواصفات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند اختيار هذا المنفذ؟