

اتصالات البيانات والشبكات

التعدد (Multiplexing)

التعدد (Multiplexing)

١

الوحدة السادسة: التعدد (Multiplexing)

الجدارة:

التعرف على طرق التعدد المختلفة الغرض من استخدامها في عمليات التراسل المختلفة.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً بإذن الله على:

- ١- تعريف التعدد والتعرف على أنواعه.
- ٢- التعرف على التعدد بتقسيم التردد واستخداماته.
- ٣- التعرف على التعدد بتقسيم الزمن وأنواعه واستخداماته.
- ٤- التعرف على التعدد بتقسيم الموجة واستخداماتها.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب على محتويات هذه الوحدة: ثلاث ساعات.

الوسائل المساعدة:

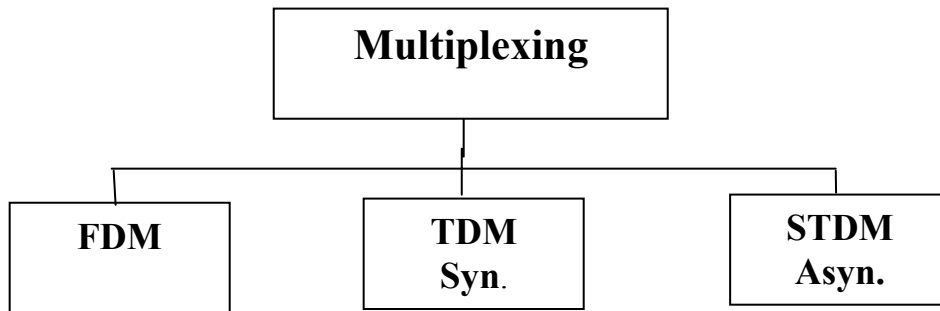
تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

اجتياز جميع المقررات السابقة.

٦- ١ مقدمة

عندما تكون سعة قناة التراسل التي تربط بين وحدتين أكبر من معدل تراسل هذه الوحدات فإن هذا يعتبر فقداً في سعة قناة التراسل هذه وعدم استخدامها بكامل كفاءتها وللتغلب على ذلك فإنه يمكن أن تشترك في تراسل هذه القناة أكثر من إشارة للحصول على أقصى كفاءة لاستخدام قناة التراسل هذه وتسمى هذه العملية بالتعدد أو تضاعف التراسل (Multiplexing). التضاعف أو تعدد الإرسال للإشارات (سمعية مرئية - و بيانات - الخ) يعني إرسال عدة إشارات من مصادرها المختلفة إلى عدة أماكن للوصول إلى (مستقبلات) بطريقة منتظمة أو غير منتظمة خلال قناة تراسل واحدة. قناة التراسل ذات النطاق الترددي العالي التي أو سعة القناة العالية يمكن أن تكون كيبلات محورية أو خطوط الألياف البصرية أو خطوط تراسل الميكروويف الراديوي أو الأقمار الصناعية. وتوجد عدة تقنيات تستخدم لإتمام عملية التعدد كما هو مبين في الشكل (٦- ١) والتي من نتائجها زيادة كفاءة التراسل.



الشكل (٦- ١)

٦- ٢ التعدد بتقسيم التردد (Frequency Division Multiplexing -FDM)

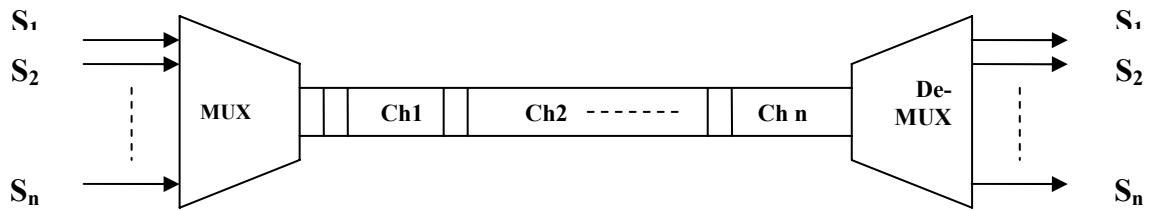
التعدد بتقسيم التردد تقنية تماثلية تستخدم عندما يكون النطاق الترددي لقناة التراسل يزيد أو يتجاوز النطاقات الترددية للإشارات المراد إرسالها مجتمعة أي إن:

نطاق التردد لقناة التراسل هو:

$$B.W_{ch} \geq B.W_1 + B.W_2 + B.W_3 + \dots + B.W_n$$

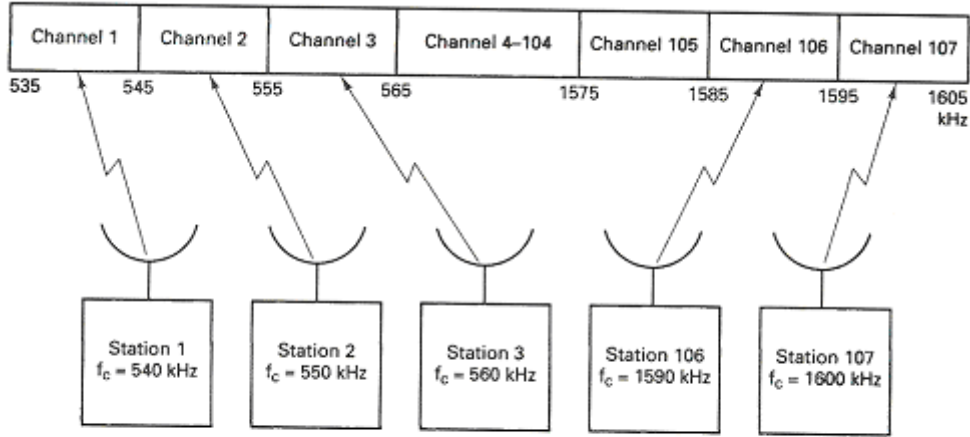
في هذه التقنية فإن عدة مصادر للإشارات التماثلية كل منها ربما تشغل نفس الطيف الترددي يمكن تحويلها إلى نطاقات ترددية مختلفة وإرسالها كلها بالتعاقب على قناة تراسل واحدة كما يحدث عند إرسال عدة مكالمات هاتفية على خط إرسال واحد.

نظم تقنية التعدد بتقسيم التردد كما ذكرنا سابقاً هي نظم تماثلية حيث إن إشارتي دخل وخرج جهاز التعدد وأيضاً الإشارة المرسله خلال قناة التراسل كلها إشارات تماثلية. أما إذا كانت الإشارات المراد إرسالها رقمية فلا بد أن تتحول أولاً إلى إشارات تماثلية بواسطة عمليات التعديل المختلفة كذلك لا يمكن إرسال الإشارات التماثلية الأصل ذات النطاقات الترددية المتشابهة كالمكالمات الهاتفية بصورة مباشرة لأنه لا يمكن فصلها عن بعضها أبداً. لذلك لابد من تعديل كل إشارة من هذه الإشارات (تعديلاً سعويًا) بترددات حاملة مختلفة عن بعضها البعض ولمنع أي تداخل بين هذه الإشارات المعدلة أثناء التراسل فإنه يتم فصل كل إشارة عن الأخرى عن طريق فاصل ترددي كما هو مبين في الشكل (٦-٢). ولاستقبال أي إشارة من هذه الإشارات فإنه يتم ضبط المستقبل على تردد الإشارة المعدلة المحددة ثم يتم استخلاص الإشارة الأصلية بعد ذلك عن طريق عمليات الكشف.



الشكل (٦-٢)

من الأمثلة الشائعة لنظم التعدد بتقسيم التردد ، نظم تراسل البث الإذاعي التجاري ذات التعديل الاتساعي الذي يمتد من ٥٣٥ ك.هرتز إلى ١٦٠٥ ك. هرتز والشكل (٦-٣) يبين مخططاً لهذا النظام. كما يمكن استخدام تقنية التعدد بتقسيم التردد عن طريق كيبلات الإرسال التلفزيوني (CATV) حيث تستخدم الكيبلات المحورية ذات النطاق الترددي الكلي ٥٠٠ ميغا هرتز لإرسال عدة قنوات تلفزيونية بنطاق ترددي ٦ ميغا هرتز تقريباً لكل قناة تليفزيونية.



Frequency-division multiplexing commercial AM broadcast band stations

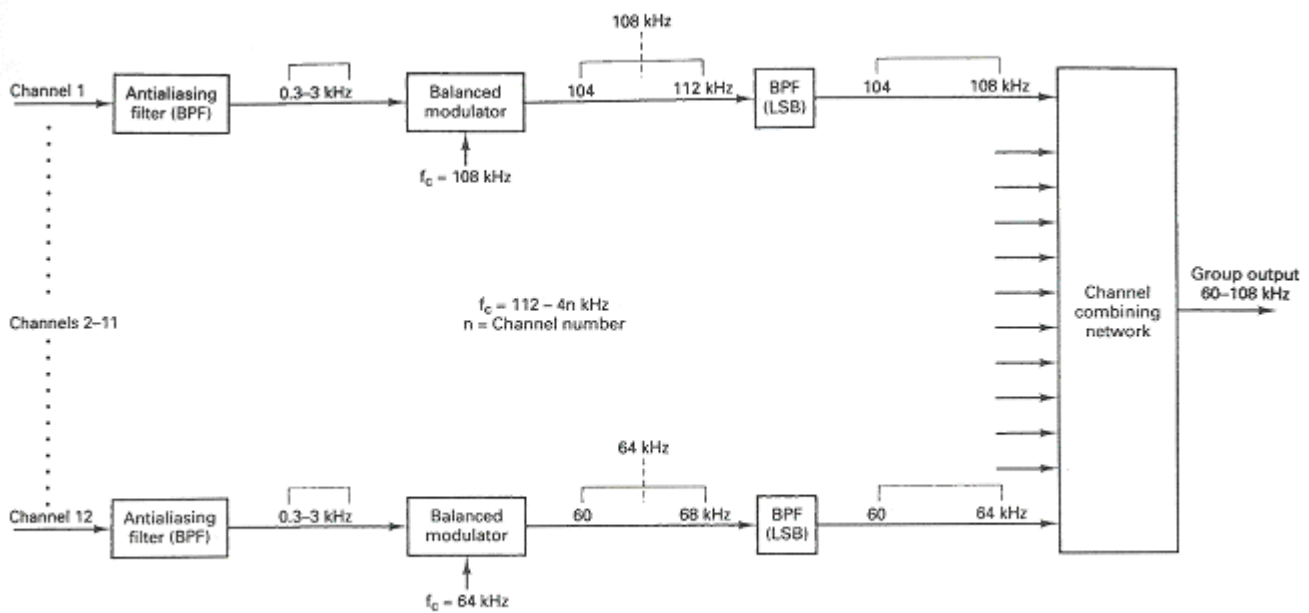
شكل ٦-٣

٦-٢-١ نظم التعدد بتقسيم التردد الحاملة (FDM Carrier Systems)

بدأ استخدام نظم التراسل الحاملة بعيدة المدى في الثلاثينات من القرن العشرين لإرسال المكالمات الهاتفية خلال قنوات التراسل عالية السعة مثل الكيبلات المحورية أو خطوط الميكروويف. من التقنيات الشائعة الاستخدام على مستوى العالم تلك التقنية التي قامت بتصميمها الشركة الأمريكية للهاتف والتلغراف AT&T والذي يتكون مخططها العام من عدة مستويات أو مجموعات سونجزها فيما يلي مع أنه توجد تقنيات أخرى مثال ذلك تلك التقنية التي دعمتها جمعية الاتصالات الدولية ITU-T والمستخدمه في الدول الأوروبية وبعض الدول الأخرى لكننا سنقتصر في شرحنا على النظام السابق ذكره.

أ- المجموعة الأساسية (Basic Group)

المستوى الأول من المخطط العام لـ AT&T-FDM يسمى المجموعة الأساسية التي تتكون من ١٢ قناة هاتفية (كل منها ذات نطاق ترددي قدره ٤ ك. هرتز تقريباً) يتم تعديل كل منها اتساعياً بنظام AM-SSB بموجات حاملة مختلفة في النطاق من ٦٠ ك. هرتز إلى ١٠٨ ك. هرتز بنطاق ترددي قدره ٤٨ ك. هرتز المقسم إلى ١٢ جزء بعدد القنوات الهاتفية المراد إرسالها بأسلوب التعدد لتكون ما يسمى بالمجموعة الأساسية كما هو مبين في الشكل (٦ - ٤).



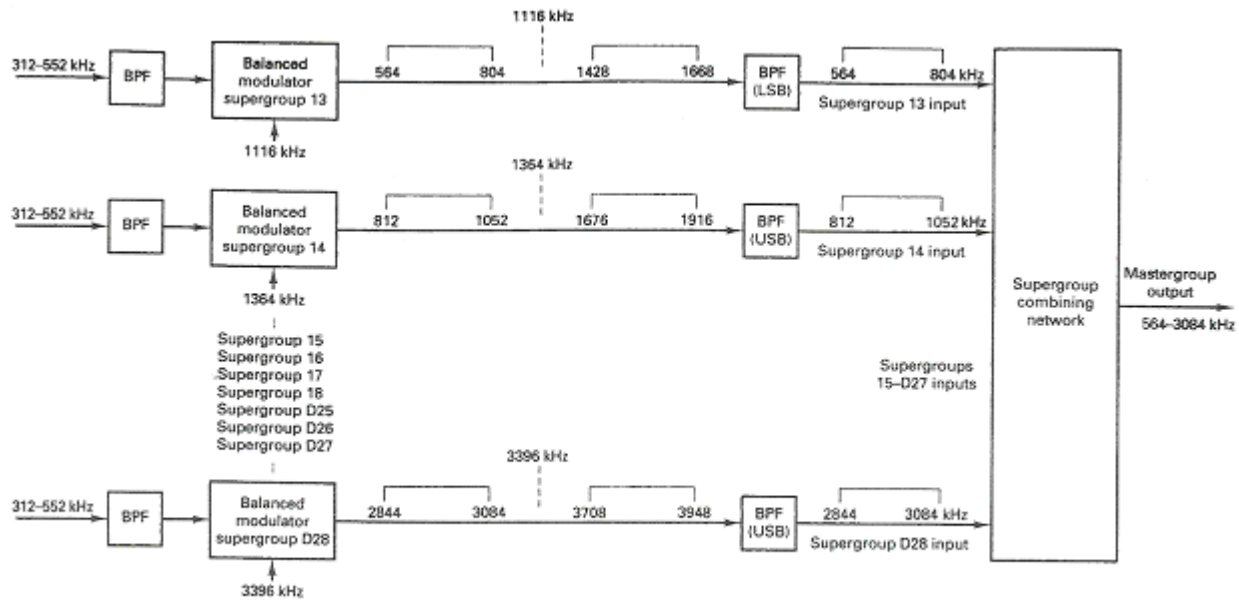
شكل ٦ - ٤

ب- المجموعة السوبر (Super Group)

المستوى الثاني من المخطط العام لـ AT&T-FDM يسمى المجموعة السوبر حيث يتكون من خمس مجموعات أساسية (٦٠ قناة هاتفية) يتم تعديلها أيضاً بنظام AM-SSB بموجات حاملة مختلفة في النطاق من ٤٢٠ ك. هرتز إلى ٦١٢ ك. هرتز بنطاق ترددي قدره ٢٤٠ ك. هرتز مقسم إلى خمسة أجزاء كل منها ذات نطاق ترددي قدره ٤٨ ك. هرتز. كما يمكن إرسال أي بيانات رقمية ذات سرعات متوسطة تصل إلى ٥٠ ك. بت/ث بعد تعديلها اتساعياً لتصبح إشارة تماثلية ملائمة لوسط التراسل. وتضم هذه المجموعات الخمسة المعدلة معاً لتكون ما يسمى بالمجموعة السوبر.

ت- المجموعة الماستر (Master Group)

المستوى الثالث من المخطط العام لـ AT&T-FDM يسمى المجموعة الماستر التي تتكون من عشر مجموعات من مجموعات السوبر (٦٠٠ قناة هاتفية) يتم تعديلها أيضاً بنظام AM-SSB بموجات حاملة مختلفة في النطاق من ٥٦٤ ك. هرتز إلى ٣٣٢٤ ك. هرتز بنطاق ترددي قدره ٢٥٢٠ ك. هرتز (٢٤٠٠ ك. هرتز + ١٢٠ ك. هرتز) مقسم إلى عشرة أجزاء كل منها ذات نطاق ترددي قدره ٢٥٢ ك. هرتز. كما يمكن إرسال أي بيانات رقمية ذات سرعات عالية تصل إلى ٢٥٠ ك. بت/ث بعد تعديلها اتساعياً لتصبح إشارة تماثلية ملائمة لوسط التراسل. تضم هذه المجموعات العشر المعدلة معاً لتكون ما يسمى بالمجموعة الماستر كما هو مبين في الشكل (٦-٥).



شكل ٦-٥

ث- المجموعة الجامبو (Jumbo Group)

المستوى الرابع من المخطط العام لـ AT&T-FDM يسمى المجموعة الجامبو التي تتكون من ست مجموعات من مجموعات الماستر (٣٦٠٠ قناة هاتفية) يتم تعديلها اتساعياً بنظام AM-SSB بموجات حاملة مختلفة في النطاق من ٣,٥٦٤ ميغا هرتز إلى ٢٠,٥٤٨ ميغا هرتز بنطاق ترددي قدره ١٦,٩٨٤ ميغا هرتز (١٥,١٢ ميغا هرتز + ١,٨٦٤ ميغا هرتز) مقسم إلى ستة أجزاء كل منها ذات نطاق ترددي قدره ٢,٨٣١ ميغا هرتز تقريباً. تضم هذه المجموعات الست المعدلة معاً لتكون ما يسمى بالمجموعة الجامبو. كما يمكن زيادة هذا المخطط بإضافة مستوى خامس يسمى بمجموعة السوبر جامبو التي تتكون من ثلاث مجموعات من مجموعات الجامبو (١٠٨٠٠ قناة هاتفية).

٦- ٣ التعدد بتقسيم الزمن (Time Division Multiplexing - TDM)

التعدد بتقسيم الزمن هي تقنية تستخدم لإرسال عدة إشارات رقمية من مصادرها المختلفة إلى أماكن وصولها (استقبالها) خلال قناة تراسل واحدة وذلك بتقسيم الزمن الكلي المخصص للتراسل إلى عدة أجزاء (كل جزء يسمى حيزاً أو شقاً slot) حيث كل شق مخصص لكل إشارة رقمية بحيث تكون سعة قناة التراسل أكبر من أو تساوي مجموع معدل التراسل لكل مصدر من المصادر الرقمية أي إن:

$$R_{ch} \geq R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

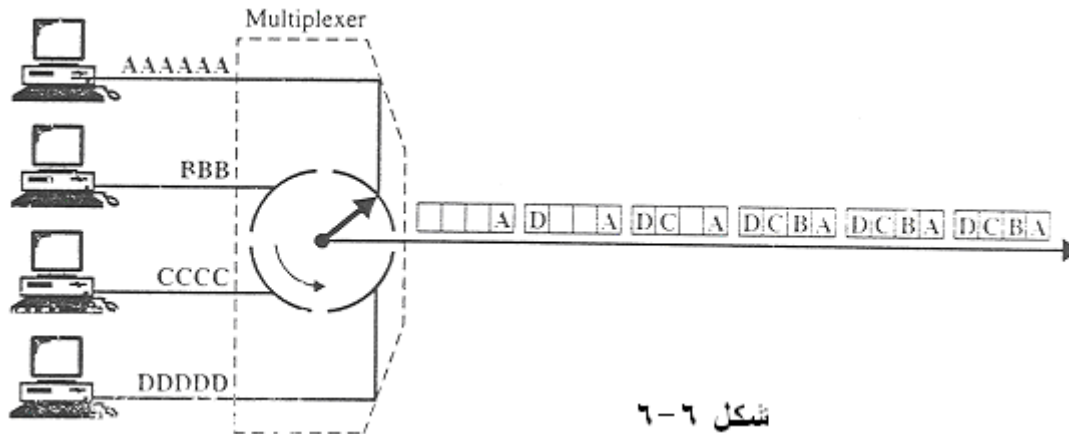
حيث R_{ch} : سعة القناة أو سرعة تراسل القناة

التعدد بتقسيم الزمن يمكن تحقيقه بطريقتين: التعدد بتقسيم الزمن المتزامن والتعدد بتقسيم الزمن غير المتزامن.

٦- ٣- ١ التعدد بتقسيم الزمن المتزامن

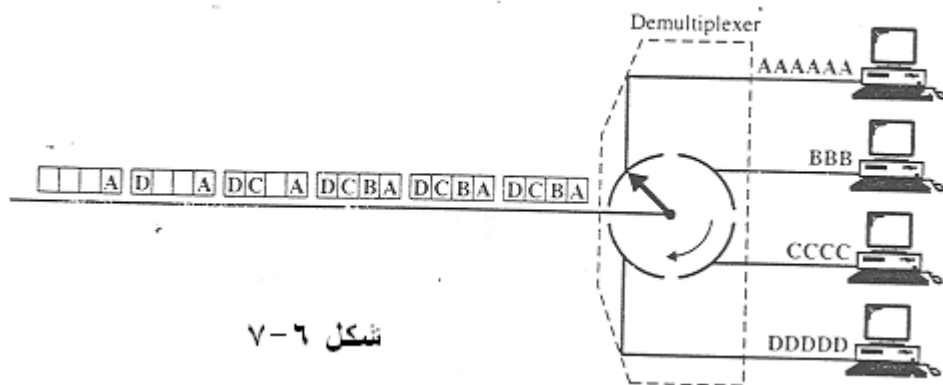
(Synchronous Time Division Multiplexing)

في تقنية التعدد بتقسيم الزمن المتزامن فإن كلمة تزامن هنا تعني أن دائرة التعدد تقوم بتخصيص نفس زمن الفجوة تماماً لكل مصدر من مصادر الإشارات الرقمية مهما كانت تلك المصادر تريد أن ترسل إشارات أولاً ثم تقوم دائرة التعدد بمسح هذه المصادر بطريقة متسلسلة ومنظمة لتكوين الإطار المخصص للإرسال والمكون من عدد من الشقوق يساوي عدد هذه المصادر التي تم مسحها مهما كانت هذه الشقوق مملوءة بالمعلومات أو فارغة. لذلك فإن الإشارات الرقمية القادمة من مصادرها والمراد إرسالها يتم تخزينها أولاً في مخازن Buffers (يمكن للمخزن أن يخزن بتاً واحدة أو حرفاً أو بلوكاً من الحروف وهكذا) حيث يتم مسحها بطريقة متسلسلة ومرتبة لتكوين الأطارات التي يتم إرسالها خلال قناة التراسل كما هو مبين في الشكل (٦- ٦).



شكل ٦-٦

عند المستقبل، تقوم دائرة عاكس التعدد Demultiplexer باستخلاص محتويات كل شق من شقوق الإطار وتميرها إلى وحدة الاستقبال الخاصة بها وبطريقة متسلسلة ومرتبة كما كانت عند نقطة الإرسال كما هو مبين في الشكل (٦-٧).

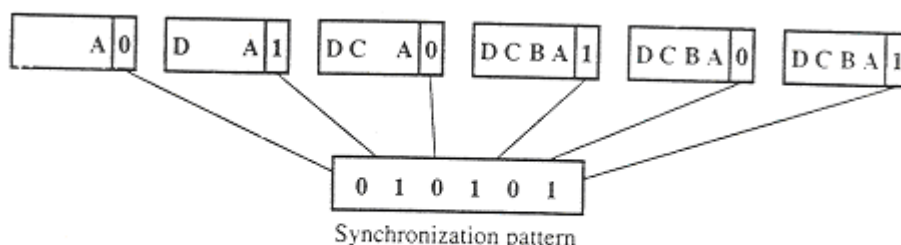


شكل ٦-٧

أ- إحاطة الإطار (Framing)

نظراً لأن ترتيب الشقوق في نظام التعدد بتقسيم الزمن المتزامن لا يتغير من إطار إلى إطار آخر فإن هذا الترتيب يساعد دائرة عاكس التعدد على توجيه كل فجوة إلى وجهتها الصحيحة دون الاحتياج لعملية العنونة. لكن قد توجد مؤثرات مختلفة نتيجة التراسل يمكنها جعل عملية التوقيت لكل فجوة بين المستقبل والمرسل غير متوافقة، لذلك تتم عادة إضافة بت أو اثنين للتزامن عند بداية كل إطار حيث تسمى هذه البت ببت إحاطة الإطار (framing bits) التي تساعد دائرة عاكس التعدد على أن يتزامن أو

يتوافق مع البيانات القادمة بحيث تمكنه من فصل زمن كل فجوة بدقة. في معظم الأحوال، فإن بت التزامن تتكون من بت واحدة لكل إطار تتناوب بين الـ 0 والـ 1 كما هو مبين في الشكل (٦-٨).



شكل ٦-٨

ب- بت الحشو (Bit Stuffing)

كما ذكرنا سابقاً، فإنه يمكن إرسال البيانات من مصادر مختلفة باستخدام تقنية التعدد بتقسيم الزمن المتزامن ولكن عندما يكون معدل تراسل بيانات هذه المصادر غير متساو أو لا توجد علاقة عددية بين هذه المعدلات فإن هذا يسبب مشكلة في عملية التزامن ويمكن أن تؤدي إلى عدم إمكانية المستقبل من الحصول على البيانات الأصلية سليمة. وللتغلب على هذه المشكلة يمكن استخدام تقنية بت الحشو (bit stuffing) التي تعتبر علاجاً فعالاً لهذه المشكلة وفي هذه التقنية توضع بت زائدة ومميزة في أماكن ثابتة في إطار المرسل وبالتالي يكون معدل تراسل خرج دائرة التعدد (multiplexer) أكبر من مجموع معدلات تراسل دخل دائرة التعدد بدون حساب بت إحاطة الإطار. الزيادة في سعة معدل تراسل خرج دائرة التعدد نشأت نتيجة حشو البت الزائدة وإضافتها لأي بت قادمة من أي مصدر من مصادر البيانات المختلفة حتى يصل معدلها بعد الحشو إلى قيمة معدل نبضات الاستثارة لدائرة التعدد (clock pulses). بت الحشو هذه يسهل تمييزها عند المستقبل حيث تتم إزالتها بعد ذلك بواسطة دائرة عاكس التعدد (De-multiplexer). المثال التالي يوضح تخطيطاً تقنياً حشو البت.

مثال:

إذا كان هناك ١١ مصدراً لبيانات مختلفة والمطلوب إرسالها بطريقة التعدد بتقسيم الزمن المتزامن وتلك البيانات بياناتها كما يلي:

مصدر ١: مصدر تماثلي نطاقه الترددي = ٢ ك. هرتز.

مصدر ٢: مصدر تماثلي نطاقه الترددي = ٤ ك. هرتز.

مصدر ٣: مصدر تماثلي نطاقه الترددي = ٢ ك. هرتز.

المصادر من ٤ - ١١: مصادر رقمية كل منها ذات معدل تراسل = ٧٢٠٠ بت/ث.

الحل:

- المصادر التماثلية الثلاثة تتحول إشارات التماثلية إلى رقمية باستخدام نظام الـ PCM.

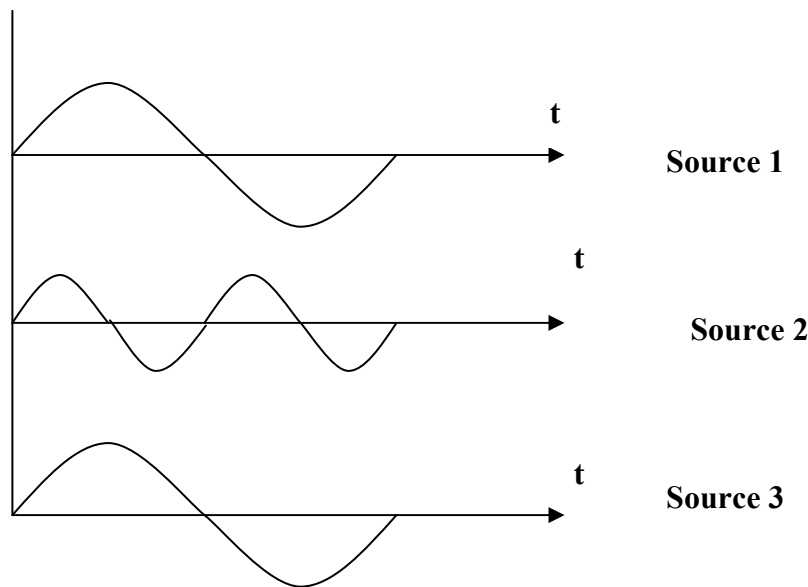
- معدل التعيين للمصدر الأول والثالث = $2f_1 = 4$ ك. هرتز.

- معدل التعيين للمصدر الثاني = $2f_2 = 8$ ك. هرتز.

- إذا تم مسح هذه العينات للإشارات الثلاث بمعدل مسح = ٤ ك. هرتز فإن:

عدد العينات لكل دورة مسح = عينة واحدة من المصدر ١ + عينتان من المصدر ٢ + عينة واحدة من

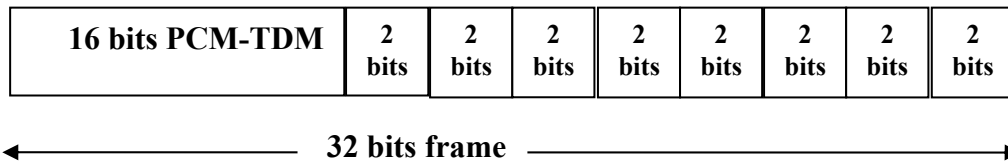
المصدر ٣ = أربع عينات كما هو مبين في الشكل (٦-٩).



الشكل (٦-٩)

بفرض أن كل عينة يمكن تحويلها إلى ٤ بت، فإن العينات الأربع لكل دورة مسح تتحول إلى ١٦ بت بمعدل مسح = ٤٠٠٠ دورة مسح / ثانية توضع في مخزن سعته ١٦ بت.

- عينات الإشارات التماثلية الثلاث التي تحولت إلى إشارات رقمية باستخدام نظام الـ PCM يمكن إرسالها بمعدل تراسل $n.f = 8 \text{ ك.} \times 16 = 128 \text{ ك. بت/ث.}$
- بالنسبة للمصادر الرقمية الثمانية (من ٤ - ١١) فإنه يمكن استخدام تقنية حشو البت لجعل معدل تراسل كل مصدر يزداد من ٧,٢ ك. بت/ث إلى ٨ ك. بت/ث مع استخدام ٨ مخازن سعة كل منها ٢ بت.
- المصادر الرقمية الثمانية يصبح إجمالي معدل تراسلها بعد عملية الحشو $8 \text{ ك.} \times 8 = 64 \text{ ك. بت/ث.}$
- يتم بعد ذلك مسح الإشارات الرقمية الناشئة عن النظام PCM ومصادر الإشارات الرقمية الثمان الأخرى بعد عملية الحشو ثم ترسل كلها بنظام التعدد بتقسيم الزمن المتزامن في إطار واحد يحتوي على $16 + 8 \times 2 = 32 \text{ بت}$ بمعدل تراسل $64 \text{ ك. بت/ث} \times 2 = 128 \text{ ك. بت/ث.}$
- الشكل (٦- ١٠) يبين هذا المخطط متضمنا إطار البيانات لكن بدون بت إحاطة الإطار.



شكل ٦- ١٠

٦- ٤ الخدمات الرقمية (Digital Services)

النظم الحاملة ذات التراسل لمسافات بعيدة والمتوفرة حول العالم صممت لإرسال الإشارات التماثلية والإشارات الرقمية خلال قنوات التراسل ذات السعات العالية (كيبلاط محورية - إلى اف بصرية - ميكروويف - أقمار صناعية). لكن مع التقدم التكنولوجي الهائل في مجال الاتصالات والإلكترونيات وزيادة أعداد المشتركين المحتاجين لخدمات الاتصالات، بدأ الاتجاه نحو هيمنة الاستخدامات الرقمية وتوفير الشركات العاملة في هذه المجالات للخدمات الرقمية المختلفة نظرا للمميزات العديدة لاستخدام التقنيات الرقمية عن التماثلية ومن أهمها المناعة العالية ضد الضوضاء والتداخلات. يمكن تلخيص الخدمات الرقمية متسلسلة كما يلي:

(١) الخدمة ٥٦ / المبدلة 56/ Switched :

الخدمة التي يتم توفيرها في هذه الحالة هي خدمة رقمية بحتة بمعدلات تصل إلى ٥٦ ك. بت/ث وقناة التراسل تستخدم لإرسال الإشارات الرقمية بدون استخدام وحدة المودم ولكن تستخدم وحدة أخرى تسمى وحدة الخدمات الرقمية (Digital Service Unit (DSU ووظيفتها القيام بتحويل معدل تراسل إشارة دخل هذه الوحدة إلى معدل قياسي هو ٥٦ ك. بت/ث. من مميزات استخدام هذه الوحدة السرعة المناسبة والجودة والمناعة ضد الضوضاء والتداخلات لكنها غالية الثمن. تستخدم هذه الخدمة في المؤتمرات المرئية - الفاكس السريع - الوسائط المتعددة - نقل البيانات السريعة.

(٢) خدمة البيانات الرقمية (Digital Data Service -DDS)

الخدمة التي يتم توفيرها في هذه الحالة هي خدمة رقمية بمعدلات تصل إلى ٦٤ ك. بت/ث تستخدم القنوات الرقمية المؤجرة digital leased line. هذه الخدمة تستخدم وحدة خدمة رقمية شبيهة بالنوع السابق لكنها رخيصة عنها لأنها بدون لوحة المفاتيح الشبيهة بقرص التليفون.

ت- خدمة الإشارات الرقمية (Digital Signal Service -DSS)

بعد تقديم خدمات ال DSU و DDS فإن شركات الهاتف رأت أن هناك حاجة لتطوير خدماتها فكانت الخطوة التالية هي خدمة الإشارات الرقمية التي استخدم فيها نظم التراسل المتعدد. في نظم التراسل الرقمية ذات التعدد بتقسيم الزمن المتزامن، يوجد نظامان شائعان لتلك النظم الرقمية الحاملة وهما:

- نظام تابع لشركة الهاتف والتلغراف الأمريكية (AT&T-TDM Digital Carrier System)
- نظام تابع لهيئة الاستشارات الدولية للهاتف والتلغراف (CCITT-TDM Digital Carrier Sys.)

٦-٤-١ النظام الرقمي الحاملة (Digital Carrier Systems-AT&T)

سوف نقتصر في دراستنا هذه على النظام الأول نظرا لشيوع استخدامه في أمريكا الشمالية وكثير من دول العالم وخاصة في المنطقة العربية من قبل شركات الهاتف التي تهتم بتقديم كافة الخدمات لمستخدميها. يتكون مخطط هذا النظام من عدة مستويات أو مراحل أهمها المرحلة الأولى والتي تسمى Digital Signal Format (DS-1) والتي يمكن تحويلها إلى T-1 بعد تمرير الإشارة الرقمية على عمليات ترميز القناة ثم إرسالها خلال زوج من الأسلاك يسمى T-1 Carrier Line. هذه المرحلة لها المواصفات التالية:

١. عدد القنوات الهاتفية = ٢٤ قناة هاتفية.
 ٢. النطاق الترددي لكل قناة هاتفية = ٤ ك. هرتز.
 ٣. معدل أو تردد التعيين = ٨ ك. هرتز.
 ٤. عدد المستويات، $Q = 128$ باستخدام μ -Companding Law.
 ٥. عدد البت لكل عينة، $n = 7$.
 ٦. عدد بت تحديد الفجوة = ١.
 ٧. عدد بت تحديد الإطار = ١.
 ٨. عدد البت لكل إطار $N = 193$ بت.
 ٩. معدل التراسل $R = N \cdot f_s = 1.544$ ميغا بت/ث.
- الشكل (٦-١١) يبين التركيب البنائي للإطار المستخدم للمرحلة الأولى DS-1.

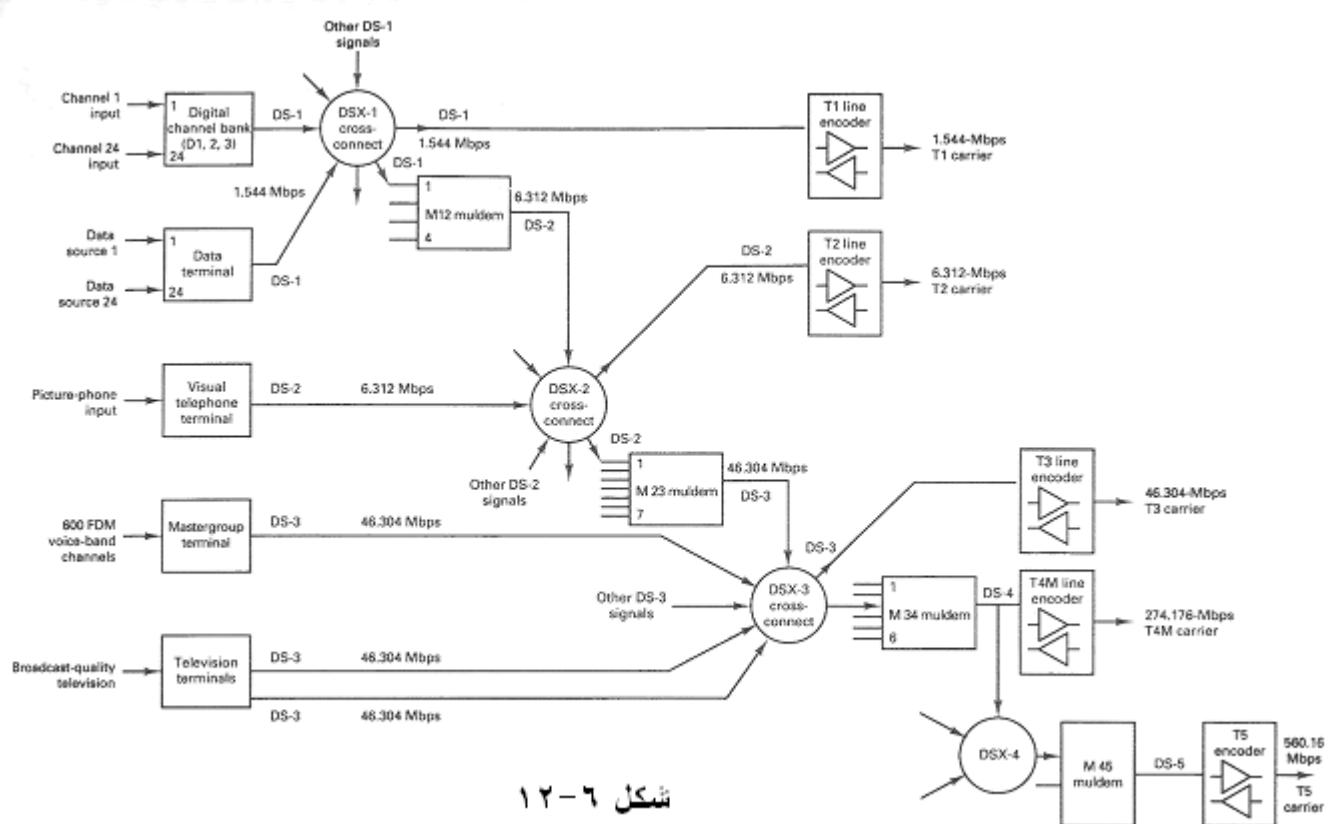
Ch.1 8 bits	Ch.2 8 bits	-----	Ch.24 8 bits	Fb
----------------	----------------	-------	-----------------	----

← 193 bits →

← 125 micro sec →

شكل ٦-١١

استخدام نظام التعدد بتقسيم الزمن يعطي ميزة تقديم خدمات متعددة كتراسل الإشارات السمعية والبصرية والصور والمستندات وغير ذلك. الشكل (٦-١٢) يبين المخطط العام للنظام الرقمي AT&T-TDM الذي يتكون من عدة مراحل للوصول إلى معدلات التراسل العالية لتوفير الخدمات السابق ذكرها بالإضافة إلى الجدول التالي يصنف مراحل الإشارات الرقمية - المعدلات - السعات - الخدمات التي تقدم من قبل شركة AT&T.



شكل ٦-١٢

جدول تصنيف مراحل نظام AT&T-TDM

نوع الخط	DS	معدل التراسل	عدد القنوات	الخدمات التي يتم توفيرها
T1	DS-1	١,٥٤٤ م. بت/ث	٢٤	نطاق المحادثات الهاتفية والبيانات
T1-c	DS-1c	٣,١٥٢ م. بت/ث	٤٨	نطاق المحادثات الهاتفية والبيانات
T2	DS-2	٦,٣١٢ م. بت/ث	٩٦	محادثات الهاتفية - بيانات - صور
T3	DS-3	٤٤,٧٣٦ م. بت/ث	٦٧٢	محادثات هاتفية - مرئيات - بيانات
T4	DS-4	٢٧٤,١٧٦ م. بت/ث	٤٠٣٢	محادثات هاتفية - مرئيات - بيانات
T5	DS-5	٥٦٠,١٦ م. بت/ث	٨٠٦٤	محادثات هاتفية - مرئيات - بيانات

٥ - ٦ التعدد بتقسيم الزمن غير المتزامن

Multiplexing (STDM) Asynchronous Statistical Time-Division

من دراستنا السابقة لتقنية التعدد بتقسيم الزمن المتزامن وجدنا أن احتمال استخدام قناة التراسل بكامل كفاءتها هو احتمال غير كبير نظرا لأن الوحدات المتصلة بدائرة التعدد يمكن أن تكون فعالة أو غير فعالة وهذا بالتالي يؤدي إلى وجود فجوات فارغة تؤدي إلى تبديد فعالية قناة التراسل مثال ذلك:

- بفرض أنه لدينا نظام تعدد لعدد ٢٠ جهاز حاسب متشابهة، ويتم إرسال خرج هذه الأجهزة على قناة تراسل واحدة بطريقة التعدد بتقسيم الزمن المتزامن فإن سرعة تراسل قناة التراسل على الأقل تساوي ٢٠ مرة لمعدل تراسل كل جهاز حاسب، لكن إذا كان هناك ١٠ أجهزة فقط لهذا النظام ترسل خرجها على نفس قناة التراسل فإن كفاءة قناة التراسل سوف تنخفض بنسبة ٥٠٪ نظرا لتبديد نصف زمن إطار التراسل.

❖ - بالنظر إلى نظم التراسل الهاتفية الرقمية التي تستخدم نظام التعدد PCM-TDM نجد أن احتمال أن يقوم المشتركين باستخدام هذا النظام لإرسال مكالماتهم الهاتفية في نفس الوقت هو احتمال ضعيف مما يؤدي إلى انخفاض كفاءة قناة التراسل.

مما سبق نجد أنه للتغلب على هذه المشكلة وزيادة كفاءة قناة التراسل كان ظهور نظام التعدد بتقسيم الزمن غير المتزامن STDM.

أ- سلوك هذا النظام (System Performance)

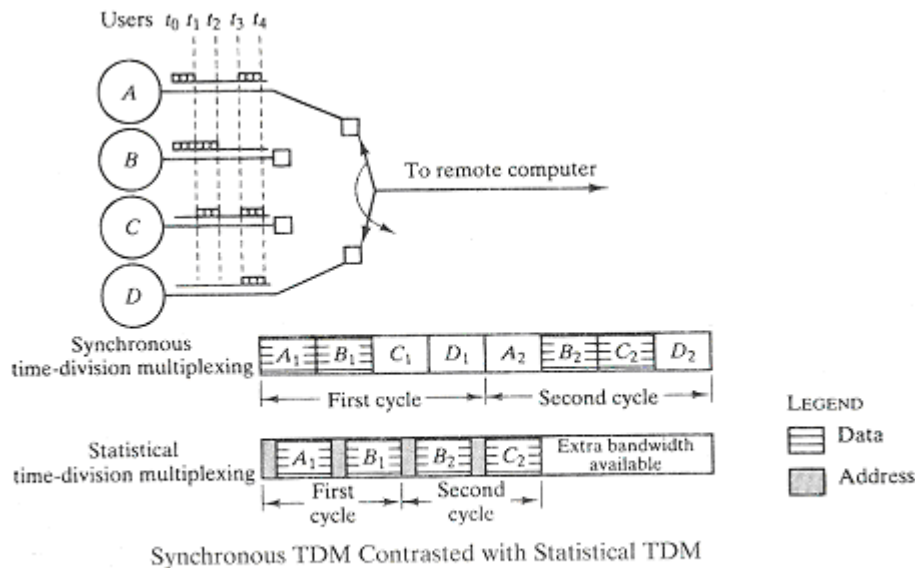
تم تصميم هذا النظام لحل مشكلة الفقد في كفاءة التراسل التي كانت موجودة بالنظام السابق. في نظام التعدد غير المتزامن STDM يتم تخصيص عدد فجوات الإطار المراد إرساله ديناميكيا وليس ثابتا معتمدا في ذلك على العدد الحقيقي للوحدات التي تريد فعلا إرسال إشارات، فمثلا لو فرض أن لدينا عدد n من خطوط مصادر الدخل إلا أن هناك عدد k من هذه الخطوط فعالة وتريد إرسال معلوماتها حيث $k < n$ فإن دائرة التعدد تقوم بمسح خطوط الدخل حتى يمتلئ الإطار بعدد k من الفجوات المملوءة بالبيانات ثم يرسل هذا الإطار خلال قناة التراسل.

أما إذا فرض وكان هناك عدد غير كاف من خطوط الدخل الفعالة لملء كل فجوات الإطار أو العكس فإن الإطار يتغير ديناميكيا حسب عدد خطوط الدخل الفعالة التي لديها بيانات تريد إرسالها وبالتالي يكون معدل تراسل البيانات عند مخرج دائرة التعدد أقل من معدل تراسل البيانات للوحدات المتصلة بدائرة التعدد مجتمعة. نظرا لأن خطوط أو مصادر دخل دائرة التعدد لا ترسل بياناتها في نفس الوقت لكنها تتغير بشكل غير منتظم فهذا يتطلب وجود حقل معلومات عن العناوين لضمان وصول البيانات لوجهتها الصحيحة وعلى ذلك فإن كل فجوة لابد أن تحتوي على عنوان الوصول للوجهة المراد الوصول إليها بالإضافة إلى الحقول الأخرى لبداية ونهاية الإطار وأيضا حقول التحكم واختبار البيانات التي تستخدم أحد بروتوكولات تكوين الإطار مثال البروتوكول HDLC كما ذكرنا سابقا كما هو مبين بالشكل (٦- ١٣) الذي يبين تشكيل الإطار المستخدم في تقنية التعدد بتقسيم الزمن غير المتزامن STDM.

Beginning Flag	Address Field	Control Field	STDM Data	FCS Field	شكل ١٣-٦ Encoding Flag
-------------------	------------------	------------------	--------------	--------------	------------------------------

شكل ١٣ - ٦

الشكل (٦ - ١٤) يبين المقارنة بين طريقة التعدد المتزامن وطريقة التعدد غير المتزامن في حالة وجود أربعة مصادر للبيانات متصلة بدائرة التعدد.



شكل ١٤ - ٦

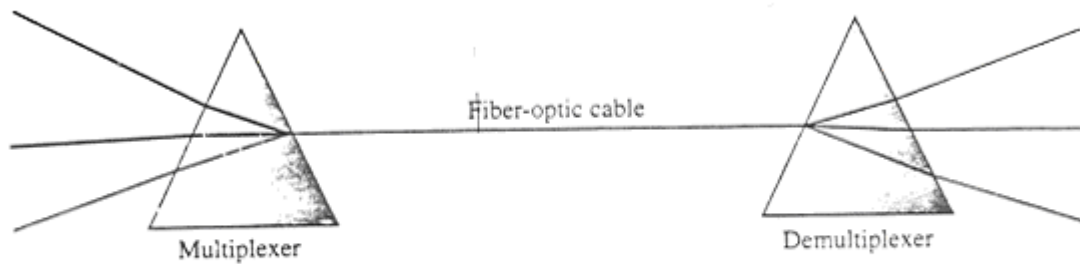
٦ - ٦ التعدد بتقسيم الموجة (Wave-Division Multiplexing - WDM)

التعدد بتقسيم الموجة WDM يشبه على نحو مفاهيمي تقنية التعدد بتقسيم التردد FDM إلا أنه في تقنية التعدد بتقسيم الموجة تكون إشارات دائرة التعدد Mux ودائرة عاكس التعدد De-mux هي إشارات ضوئية مرسلة خلال قنوات الألياف البصرية.

في هذه التقنية يمكن إرسال عدة مصادر للمعلومات ذات أطوال موجية مختلفة عن طريق تجميعها في صورة إشارة ضوئية واحدة (Multiplexing) وإرسالها خلال قناة التراسل البصرية لتشمل نطاقاً ترددياً عالياً جداً. تجميع إشارات المصادر الضوئية المختلفة في صورة إشارة ضوئية واحدة عند المرسل ثم فصلها عن بعضها مرة ثانية عند المستقبل يمكن تنفيذها بسهولة باستخدام المنشور الزجاجي prism عند المرسل لعملية التعدد أو التجميع واستخدام منشور محززة الحيود diffraction grating (أداة تستخدم

للحصول على الأطياف الضوئية استنادا إلى ظاهرة الحيود) عند المستقبل لعملية عكس التعدد أو عملية الفصل.

نتذكر من أساسيات الفيزياء أن المنشور الزجاجي يمكن استخدامه لتوجيه الشعاع الضوئي اعتمادا على زاوية سقوط الشعاع الضوئي والتردد أو الطول الموجي، وباستخدام هذه التقنية التي تبدو بسيطة لكنها معقدة يمكن تجميع Mux عدة أشعة لمصادر دخل ضوئية كل منها يحتوي على نطاق ترددي ضيق والحصول في خرج دائرة التعدد على شعاع ضوئي واحد ذي نطاق عريض من الترددات. الشكل (٦- ١٥) يبين عملية التعدد وعاكس التعدد لعدة مصادر ضوئية مختلفة تخطيطيا وباستخدام المنشور الزجاجي.



شكل ٦-١٥

نظم تراسل الألياف البصرية الحالية يمكنها العمل عند معدلات للبيانات تصل إلى عشرات الجيجا بت/ث نظرا لأن المكونات أو العناصر الإلكترونية المتاحة لها حدود في السرعة القصوى تصل أيضا إلى عشرات الجيجا بت/ث، مثال ذلك ثنائيات الليزر يمكن أن تعطي أشعة ضوئية بنطاقات ترددية تصل إلى عشرات الجيجا هرتز.

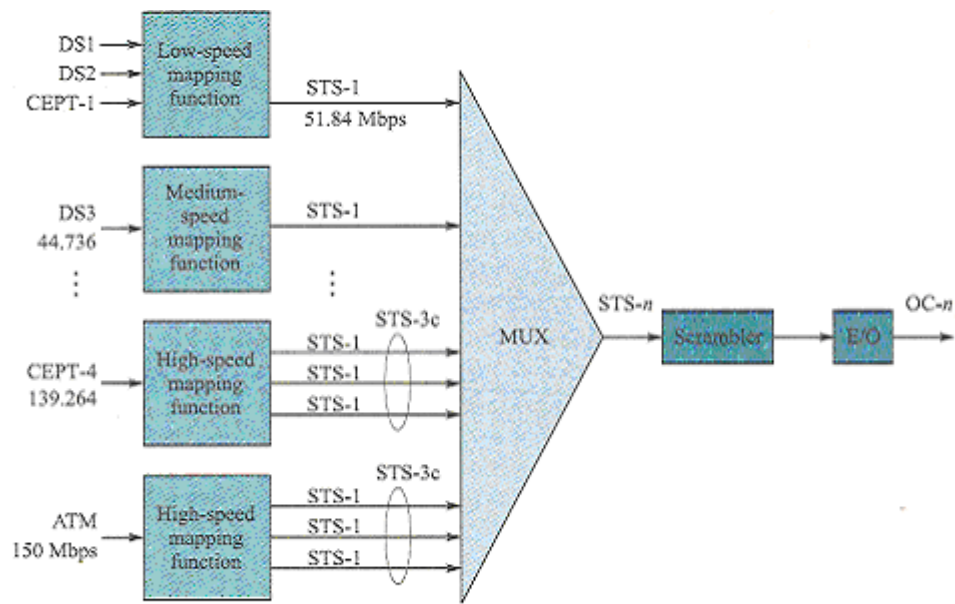
٦- ٧ الشبكة البصرية المتزامنة (Synchronous Optical Network –SONET)

لمقابلة الاحتياج السريع للمعايير اللازمة لتوصيل نظم التراسل فيما بينها، تم ظهور معيار الشبكة البصرية المتزامنة SONET في أمريكا الشمالية وفي نفس الوقت كان للهيئة الدولية CCITT المعيار الخاص بها والمسمى المخطط الرقمي المتزامن (SDH) Synchronous Digital Hierarchy. المعياران SONET و SDH كونا الأساس للعمود الفقري للشبكات الحالية ذات السرعات العالية. المعيار SONET يستخدم المستوى الأول لمعيار نقل الإشارة المتزامن Synchronous Transport Signal Level-1 (STS-1) بمعدل ٥١,٨٤ ميجا بت/ث كأساس لتوسعة مخطط التراسل الرقمي ليصل إلى عدة جيجا بت/ث. الجدول التالي يبين المعيارين SONET و SDH والعلاقة بينهما.

SONET electrical signal	SONET Optical signal	Bit rate M bit/sec.	SDH electrical signal
STS – 1	OC – 1	51.84	-
STS – 3	OC - 3	155.52	STM – 1
STS – 9	OC - 9	466.56	STM – 3
STS – 12	OC - 12	622.08	STM - 4
STS – 18	OC - 18	933.12	STM - 6
STS – 24	OC - 24	1244.16	STM - 8
STS – 36	OC - 36	1866.24	STM – 12
STS – 48	OC - 48	2488.32	STM – 16
STS - 192	OC - 192	9953.28	STM – 64

الجدول يبين العلاقة بين المعيارين SONET و SDH

باستخدام الجدول السابق نجد أن نظم الـ WDM المتاحة والتي تستخدم ١٦ طولاً موجياً عند المستوى OC – 48 يمكنها توفير معدل إجمالي يصل تقريباً إلى $١٦ \times ٢,٥$ جيجا بت/ث = ٤٠ جيجا بت/ث، وأيضاً النظم التي تستخدم ٣٢ طولاً موجياً عند المستوى OC - 192 يمكنها توفير معدل إجمالي يصل تقريباً إلى ٣٢×١٠ جيجا بت/ث = ٣٢٠ جيجا بت/ث وهكذا وذلك بعد تحويل الإشارة الكهربائية STS – n إلى إشارة ضوئية OC – n كما هو مبين بالشكل (٦- ١٦).



شكل ٦-١٦

أسئلة الوحدة السادسة

أجب عن الأسئلة الآتية:

س١: عرف التعدد ، وما هو الغرض من استخدام هذه التقنية ؟

س٢: اذكر تقنيات التعدد المختلفة الشائعة الاستخدام.

س٣: إذا كان هناك عدة إشارات تماثلية ويراد إرسالها باستخدام تقنية الـ FDM ، كيف يمكن ذلك؟

س٤: ما هي أنواع تقنية الـ TDM وما هو الفرق بينها ؟

س٥: ما هو الفرق بين دائرة التعدد ودائرة عاكس التعدد ؟

س٦: ما هي العلاقة بين عدد الفجوات بالإطار وعدد خطوط الدخل في كل من الـ TDM المتزامن والغير متزامن.

س٧: الإشارة DS-0 لها معدل التراسل ٦٤ ك. بت/ث، كيف يمكن الحصول على هذا المعدل ؟

س٨: اختر الإجابة الصحيحة:

أ - أي تقنية تعدد تستخدم لإرسال الإشارات التماثلية؟

FDM -

TDM المتزامن -

TDM الغير متزامن -

- الإجابة الثانية والثالثة.

ب - أي مما يلي ملائم لعملية التعدد؟

- قنوات التراسل عالية السعة.

- التراسل المتوازي.
- التعديل متعدد المستويات.
- المودم.
- ت- في تقنية الـ TDM المتزامن عند وجود عدد n من مصادر الدخل، فإن كل إطار يحتوي على الأقل على عدد من الفجوات يساوي:
 - N
 - $n + 1$
 - $n - 1$
 - $n/2$

- ث- في تقنية الـ TDM غير المتزامن وعند وجود عدد n من مصادر الدخل، كل إطار يحتوي على عدد m من الفجوات، حيث m عادة n .

- أقل من.

- أكبر من.

- مساوية لـ .

- ليست هناك إجابة صحيحة.

- ج- في مخطط الـ AT&T – FDM، النطاق الترددي للمجموعة الأساسية يساوي حاصل ضرب:

- عدد القنوات الهاتفية $\times 4$ ك. هرتز.

- معدل التعيين $\times 4$ ك. هرتز.

- عدد القنوات الهاتفية $\times 8$ ك. بت/عينة.

- معدل التعيين $\times 8$ ك. بت/عينة.

- ح- أي تقنية تعدد تتضمن إشارات مكونة من أشعة ضوئية؟

FDM-

TDM- المتزامن.

TDM- غير المتزامن.

WDM-

س٩: استخدم المعلومات التالية لإيجاد أقل نطاق ترددي لقناة التراسل:

- التعدد باستخدام الـ FDM.

- عدد مصادر الدخل يساوي ٥ وكل منها ذو نطاق ترددي ٤ ك. هرتز.

- وجود نطاق فاصل بين كل مصدر يساوي ٢٠٠ هرتز.

س١٠: إذا تم استخدام تقنية التعدد TDM المتزامن لإرسال بيانات ١٠٠ جهاز حاسب إلى . و كان كل جهاز حاسب يرسل بياناته بمعدل ١٤,٤ ك. بت/ث، أوجد أقل معدل لبيانات قناة التراسل ، وهل يمكن استخدام الـ T-1Line في عملية التراسل هذه ؟