

# خطوط النقل والألياف البصرية

مقدمة لتصميم أنظمة الاتصالات البصرية



## الوحدة الثامنة: مقدمة لتصميم أنظمة الاتصالات البصرية

**الجدارة:** هي القدرة على التعرف على مبادئ تصميم أنظمة الاتصالات البصرية والمكونات الأساسية لها..

**الأهداف:** عندما تكتمل هذه الورقة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

- يعرف كيفية اختيار المكونات الأساسية لنظام الاتصالات البصري.
- يعرف كيفية حساب ميزانية خط الاتصال البصري.
- يدرس أنواع المكونات الخاملة لنظام الاتصالات البصري.
- يدرس أنواع المكونات النشطة لنظام الاتصالات البصري.

**مستوى الاداء المطلوب:** أن يصل المتدرب على إتقان الجدارة بنسبة ٩٠٪

**الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة:** ٤ ساعات.

**الوسائل المساعدة:**

- السبورة.
- استخدام برنامج "Power Point" لعرض محاضرات مقدمة لتصميم أنظمة الاتصالات البصرية.

**متطلبات الجدارة:-** أن يكون المتدرب ملماً بمحتوى الوحدات السابقة ومقرر الإلكترونيات



## مقدمة لتصميم أنظمة الاتصالات البصرية

### Introduction to Fiber Optic System Design

#### مقدمة

سنتناول في هذه الوحدة نبذة عن موضوع تصميم أنظمة الاتصالات باستخدام الألياف البصرية حيث إن هذا الموضوع واسع وكثير التشعب، لكن وبناء على المعلومات السابقة التي درسناها حول المكونات الأساسية للنظام سنقدم وبشكل مختصر ومبسط كيفية تصميم خط بصري لتشكيل نظام اتصال. إن أهم مرحلة في عملية التصميم هي اختيار المكونات والذي سنتناوله في البداية.

#### ٨ - ١ اختيار المكونات Component Selection

هنالك العديد من العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم أنظمة الاتصالات، ففي حالة النظام التماثلي يجب معرفة عرض النطاق ( Bandwidth )، معدل التشويه ( Distortion ) بالديسبل ونسبة الإشارة للضوضاء المطلوبة ( Signal to Noise Ratio ). أما في حالة النظام الرقمي فيجب معرفة سرعة الإرسال بالبتات في الثانية الواحدة ( Bit Rate per Second "bps" ) ومعدل خطأ البتات ( Bit Error Rate ) المسموح به.

في حالة نظام الاتصالات البصري يجب مراعاة الأمور التالية:

- نوع الإرسال: تماثلي أو رقمي.
- قيمة القدرة المطلوبة.
- المسافة الكلية بين المرسل والمستقبل.
- سرعة البث أو عرض النطاق المطلوب.
- توهين الخط.
- نوع الكيبل.
- نوع الليف.



- الوصلات البصرية.

- اللحام.

- المصدر والكاشف الضوئي.

#### ٨-١-١ المصدر الضوئي Light Source

هنالك نوعان رئيسان من المصادر الضوئية التي تستخدم في أنظمة الاتصالات البصرية كما ذكر في الوحدة السابقة هما الديود الباعث للضوء (LED) والليزر (Laser)

#### ٨-١-٢ الليف البصري Optical Fiber

يعتبر الليف البصري المكوّن الأساسي للنظام وعند اختياره يجب مراعاة الأمور التالية:

- عرض النطاق.

- التوهين بالديسبل لكل كيلومتر [dB/km].

- التطبيق اللازم.

- الطول الموجي العامل.

- فتحة النفوذ العددية.

- قوة الشد.

- نصف قطر الانحناء المسموح به.

- التشتيت النمطي (الداخلي).

هنالك نوعان رئيسان من الألياف: أحادي النمط ومتعدد النمط وكلاهما يمكن أن يكون من النوع العتبي أو التدريجي وبمقاسات معينة ومعتمدة.

#### أ- الليف أحادي النمط



### ■ الإيجابيات:

- يتميز الليف الأحادي بأن لديه أكبر عرض نطاق ممكن مما يتيح إرسال المعلومات بأقصى سرعة ممكنة.
- يتوفر على الطول الموجي (1310 nm و 1550 nm).
- يوفر إمكانية إنشاء خطوط اتصال بعيدة المدى وبأقصى مسافة بين المعيدات (محطات التقوية وإعادة البث).

### ■ السلبيات:

- صعوبة التعامل مع الليف أحادي النمط وخاصة في موضوع اللحام ( Splicing ) وتركيب الوصلات ( Termination ).
- الحاجة إلى مصادر ضوئية ذات مواصفات عالية من حيث العرض الخطي الذي يجب أن يكون صغيراً جداً ( الأنسب هو الليزر أحادي النمط ).
- التكلفة العالية نسبياً.

### ب- الليف متعدد النمط

#### ■ . الإيجابيات:

- تكلفة أقل.
- تعتبر مناسبة وقياسية للشبكات المحلية ( LAN Networks ).
- لا تحتاج إلى أجهزة ضوئية غالية الثمن ( مصادر وكواشف ).
- السهولة في ربط وتوصيل الوصلات.
- السهولة في الموائمة عند إجراء التوصيلات مما يقلل الفقد.

#### ■ السلبيات:



- عرض نطاق ترددي قليل مما يجعله غير مناسب للاستخدام في الاتصالات بعيدة المدى.

تبقى الألياف متعددة النمط بمواصفات أقل كفاءة من أحادية النمط ولذلك لا تستخدم في أنظمة الاتصالات بعيدة المدى و ذات السرعة الفائقة.

### ٨- ١- ٣ الكيبل البصري Fiber Optic Cable

كما أشرنا سابقاً، تصنع الألياف البصرية وترتب داخل الكيبل ويختلف عددها حسب سعة الكيبل. عند اختيار الكيبل يجب مراعاة الأمور التالية:

- نوع الكيبل ويعتمد ذلك على نوع التطبيق.
- عدد الألياف.
- نصف قطر الانحناء المسموح به.
- عناصر التقوية والحماية.
- وزن الكيبل بالكيلوجرام لكل كيلومتر ( kg/km ).

### ٨- ١- ٤ الكاشف البصري Optical Photodetector

كما أشرنا في الوحدة السابعة هنالك أكثر من نوع من الكواشف الضوئية، لكن أكثرها استخداماً في أنظمة الاتصالات البصرية نوعان: الديود من نوع (P-I-N) والديود الجريفي من نوع (APD). في كل الحالات تجب معرفة ومراعاة الأمور التالية:

- حساسية جهاز الاستقبال ( Receiver Sensitivity ).
- سرعة إرسال البيانات ( البتات ).
- جهد الانحياز العكسي بالفولت.
- زمن الصعود والمهبط.



يتميز الديود من نوع (P-I-N) بسرعته العالية وانخفاض مستوى الضوضاء فيه، لكن حساسيته أقل من نوع (APD). حيث يتميز الديود من نوع (APD) بحساسيته العالية وذلك بسبب التكبير الداخلي لكنه ذو سرعة أقل ومستوى ضوضاء عالٍ.

## ٨ - ٢ ميزانية الخط البصري Optical Link Budget

تعتبر عملية إيجاد ميزانية الخط البصري أو ما يسمى ميزانية القدرة (Power Budget) من أهم مراحل التصميم وتعرف بأنها جدولته جميع أنواع الفقد (كذلك التكبير من وجد) على امتداد خط الاتصال البصري. هنالك مجموعة مسببات لفقد منها الليف نفسه، الوصلات، اللحام، الموهّنات، معدات WDM ... إلخ. كذلك تتضمن الميزانية القدرة الخارجة من المصدر، حساسية المستقبل، وقيمة القدرة الواصلة للمستقبل. لتوضيح طريقة عرض ميزانية القدرة لخط الاتصال، نقدم المثال التالي:

أ- فقد الليف البصري على الطول الموجي 1310 nm:

5.4dB (15.5 km بمعدل 0.35 dB/km)

ب- فقد اللحام:

0.2 dB (نقطتي لحام بمعدل 0.1 dB لكل نقطة لحام)

ت- فقد التوصيل:

1.0 dB (وصلتين بمعدل 0.5 dB للوصلة الواحدة)

ث- أنواع أخرى من الفقد 0.0 dB

ج- احتياطي التصميم 2.0 dB

ح- إجمالي فقد الخط 8.6 dB

خ- متوسط قيمة القدرة الخارجة من المرسل - 10 dBm

د- القدرة على مدخل المستقبل (حاصل طرح د - خ) - 18.6 dBm

ذ- المدى الحركي للمستقبل - 10dBm to - 25 dBm



- 25 dBm

ر- حساسية المستقبل على معدل خطأ  $10^{-9}$ 

6.4 dB

ز- الاحتياطي المتبقي (د - ر)

لغرض الفائدة نقدم نفس المثال باللغة الإنجليزية:

## - Link Optical Budget Example:

(a) *Optical fiber loss at 1300 nm:*

15.5 km length at 0.35 dB/km

5.4 dB

(b) *Splice loss:*

2 splices at 0.1 dB/splice

0.2 dB

(c) *Connection loss:*

2 connections at 0.5 dB/connection

1.0 dB

(d) *Other component loss*

0.0 dB

(e) *Design margin*

2.0 dB

(f) *Total link loss*

8.6 dB

(g) *Transmitter average output power*

- 10 dBm

(h) *Receiver input power (g – f)*

- 18.6 dBm

(i) *Receiver dynamic range*

- 10 to – 25 dBm

(j) *Receiver sensitivity at BER  $10^{-9}$* 

- 25 dBm

(k) *Remaining margin (h – j)*

6.4 dB





قبل البدء في عملية التصميم يجب تجميع وتحضير البيانات حول جميع المكونات اللازمة للتصميم. هنالك عاملان أساسيان يجب أخذهما بعين الاعتبار:

- الأول: وهو الفقد الإجمالي للخط والذي تحدده ميزانية القدرة للخط
- الثاني: وهو القيمة القصوى لعرض النطاق والتي تحدد السرعة القصوى لإرسال البيانات في النظام الرقمي.

#### ■ طريقة التصميم:

١. الحصول على المعلومات التالية من بيانات الجهات الصانعة ( انظر جدول ٨ - ١ ):

- قطر الليف.
- معامل التوهين لليف.
- فتحة النفوذ العددية لليف.
- عرض النطاق لليف ( MHz.km ) على الطول الموجي العامل.
- الطول الأقصى لليف.
- الفقد الأقصى للأجهزة المستخدمة.

إذا لم تعط قيمة الفقد للأجهزة في المواصفات يمكننا حسابها كآتي:

$$= (Loss_{max}) \text{ القيمة القصوى للفقد}$$

القيمة المتوسطة للقدرة الخارجة من المرسل ( $P_T$ ) مطروحاً منها حساسية المستقبل ( $P_r$ )

$$Loss_{max} = P_T - P_r$$

٢. من مخطط التركيبات يتم إيجاد:



- الطول الكلي للكيبل.
  - عدد نقاط اللحام اللازم والفقد في كل نقطة.
  - عدد الوصلات المطلوبة والفقد في كل وصلة.
  - احتياطي التصميم
  - الفقد الناتج عن أي مكونات أخرى في النظام.
٣. إكمال ميزانية القدرة حسب المثال السابق.
٤. الاحتياطي الباقي يجب أن يكون أكبر من صفر لضمان الحصول على تصميم مناسب.

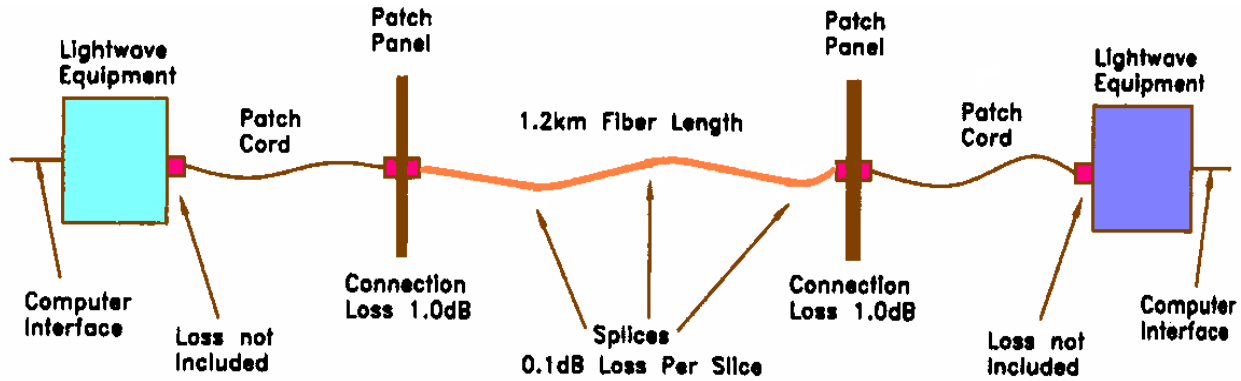
جدول (٨- ١) بيانات ومعطيات لبعض أنواع الألياف البصرية

| الرقم<br>Number | نوع الليف<br>Fiber type<br>[ $\mu\text{m}$ ] | توهين الليف<br>Fiber Attenuation<br>[ dB/km ] | فتحة النفوذ<br>العددية<br>Fiber NA | عرض النطاق<br>ليف<br>Fiber Bandwidth<br>[ MHz $\times$ km ] | القيمة<br>القصوى للفقد<br>Maximum Loss [ dB]<br>at 850 nm | أقصى طول<br>Maximum Length<br>[ km ] |
|-----------------|--|---|------------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| 1               | 50 / 125                                     | 3.0   | 0.2                                | 50  | 2.0   | 0.6                                  |
| 2               | 50 / 125                                     | 2.7   | 0.2                                | 50  | 2.0   | 0.7                                  |
| 3               | 62.5 / 125                                   | 3.5   | 0.29                               | 50  | 5.0   | 1.4                                  |
| 4               | 62.5 / 125                                   | 3.0   | 0.29                               | 50  | 5.0   | 1.6                                  |
| 5               | 100 / 140                                    | 5.0   | 0.29                               | 50  | 9.5   | 1.5                                  |
| 6               | 100 / 140                                    | 4.0   | 0.29                               | 50  | 9.5   | 1.8                                  |

مثال (٨- ١) :-



يلزم تصميم خط اتصال بصري لربط جهازي حاسب ( انظر الشكل ٨ - ١ ) تفصلهما مسافة (1.2 km) ، علماً بأنه يلزم ثلاث نقاط لحام لربط وتوصيل الكيبل.



الشكل (٨ - ١) خط اتصال بصري لربط جهازي حاسب

### الحل

١. من الجدول ( ٨ - ١ ) نقوم باختيار الليف ( 62.5/125 ) أو ( 100/140 ) وذلك لأن المسافة المطلوبة 1.2 km لا تتحقق إلا بهذين النوعين. وسوف نقوم باختيار الأول منهما ( رقم 4 من الجدول ٨ - ١ ).

٢. من مخطط التركيبات نحصل على:

- الطول الكلي للخط (1.2 km).
- عدد الوصلات اللازمة (2).
- عدد نقاط اللحام اللازمة (3).
- الفقد الناتج عن مكونات أخرى: لا يوجد.



## ٣. ميزانية القدرة:

- فقد الليف على الطول الموجي (850 nm):

3.6 dB (1.2 km بمعدل 3 dB/km)

- فقد اللحام: 3 نقاط بمعدل (0.1 dB) لكل نقطة. 0.3 dB

- فقد التوصيل: وصلتين بمعدل (1 dB) لكل وصلة. 2.0 dB

- الفقد بسبب المكونات الأخرى 0.0 dB

- احتياطي التصميم 2.0 dB

7.9 dB ■ الفقد الإجمالي للخط

٤. بالرجوع للجدول (٨- ١) نجد أن المجموع الإجمالي للفقد يفوق الحد (5 dB) المسموح به لليف الذي تم اختياره، وبالتالي سوف يكون الاحتياطي الباقي سالباً (2.9 dB -) وهذا لا يجوز. لذلك يجب اختيار ليف آخر.

سوف نختار الليف رقم (6) وبعد إعادة الخطوات السابقة نجد أن الفقد الإجمالي يساوي (9.1 dB) وهذا الرقم أقل من المسموح به وبالتالي سيكون الفرق موجباً وهذا اختيار سليم.

ملحوظة: في كل حالات الاختيار يجب أن يحقق الليف شرط الطول المطلوب.

مثال (٨- ٢):-

لديك نظام اتصالات بصري بالمعطيات التالية:

- معامل التوهين ( $\alpha = 5 \text{ dB/km}$ )

- القدرة الداخلة ( $P_{in} = -16 \text{ dBm}$ )

- حساسية المستقبل ( $P_r = -30 \text{ dBm}$ )



- فقد الوصلة ( $A_c = 1.5 \text{ dB}$ ) ، ( يلزم وصلتين )

- احتياطي التصميم ( $M = 5 \text{ dB}$ )

(أ) أوجد طول الخط بالكيلومترات.

(ب) ارسم تغير القدرة بالاعتماد على الطول.

### الحل

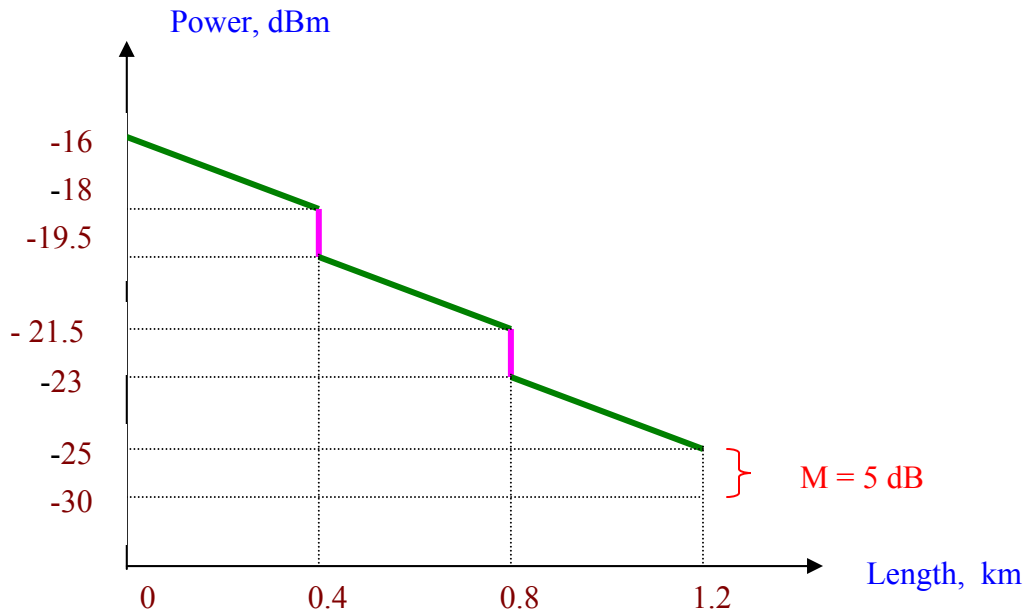
لإيجاد طول الخط نعلم العلاقة التالية:

$$M = P_{in} - \alpha \times L - 2A_c - P_r$$

$$5 \text{ dB} = -16 \text{ dBm} - \alpha \times L - 2 \times 1.5 - (-30 \text{ dBm})$$

$$\alpha \times L = 6 \text{ dB} \Rightarrow L = 6 \text{ dB} / 5 \text{ dB/km} = 1.2 \text{ km}$$

تتغير قيمة القدرة ابتداءً من بداية الخط وحتى نهايته حسب الشكل (٨ - ٢):



شكل (٨ - ٢) تغير قيمة القدرة على طول الخط



يمكننا تقسيم مكونات أنظمة الاتصالات البصرية إلى مجموعتين أساسيتين: الأولى: المكونات الخاملة أو السلبية ( Passive Components ) وهي المكونات التي لا تحتاج إلى قدرة كهربائية لتشغيلها، حيث تستخدم بشكل واسع في شبكات اتصالات الألياف البصرية ( Fiber-Optic Networks )، والثانية: المكونات الفعالة ( Active Components ) وهي المكونات التي تحتاج لقدرة كهربائية لتشغيلها والتي أصبحت ضرورية للتطبيق في أنظمة الاتصالات البصرية ذات المواصفات العالية. إلى هنا نكون درسنا مجموعة من المكونات والتي تعتبر أساسية في أي نظام اتصالات بصري منها الألياف، والوصلات، والمجمّعات، وأدوات اللحام، غير أن هنالك مكونات أخرى نوجزها فيما يلي:

#### أ- مكونات جميع القنوات بالتقسيم الطول الموجي WDM components

هنالك مكونات أخرى غير الروابط تستخدم في تقنية جميع القنوات بالتقسيم الطول الموجي والتي تعرف ( Wavelength Division Multiplexing ) ويرمز لها اختصاراً ( WDM ) أهمها:

##### - معدد الإرسال Multiplexer

يقوم بتجميع قنوات الاتصال على أطوال موجات مختلفة ومن ثم إرسالها عبر ليف واحد مما يساعد في استغلال عرض النطاق الترددي لليف بأفضل ما يمكن.

##### - مزيل معدد الإرسال Demultiplexer

يقوم بتوزيع أطوال الموجات القادمة من الليف إلى ألياف فرعية حسب العنوان لكل منها، وبذلك يقوم بعكس عمل مضاعف الإرسال.

##### - الموجّه Router

يقوم الموجّه بتوجيه طول موجي معين حامل للمعلومات عبر ليف بصري معين بينما يقوم بتوجيه بقية الأطوال الموجية عبر ألياف أخرى.

#### ب- معدد إرسال من نوع Add - Drop Multiplexer



يتميز هذا المعدد بأن له إمكانية إضافة أو سحب قناة اتصال أو حزمة فرعية من البتات (Bit Stream) بسرعة معينة في مواقع ونقاط محددة.

### ج- المرشحات Filters

تقوم بالسماح بإمرار أو منع طول موجي معين ويقوم بالعكس مع بقية الأطوال الموجية الأخرى وعادة ما يستخدم في جهة الاستقبال ويقوم بوظيفة مزيل معدد الإرسال.

### د- الموهّئات Attenuators

تقوم بتخفيض مستوى القدرة للضوء الواصل إلى المستقبل حتى لا يحصل له حمل زائد (Overload)، وذلك بناءً على معطيات ومواصفات المستقبل. عادة ما يقوم مبدأ عمل الموهّئات على امتصاص الجزء الزائد من الضوء بنسبة معينة يحددها المصنّع.

### هـ- العوازل البصرية Optical Isolators

وهي عبارة عن معدات تسمح للضوء بالانتشار في اتجاه واحد وتمنعه في الاتجاه المعاكس. تلعب العوازل البصرية دوراً هاماً في أنظمة الاتصالات البصرية التي تستخدم الليزر وذلك لمنع الضوء المنعكس من الوصول لليزر والذي يمكن أن يتسبب في خلل عمل الليزر.

## ٨- ٥ المكونات الفعّالة Active Components

يتم استخدام العديد من المكونات الفعّالة في أنظمة الاتصالات البصرية الحديثة أهمها:

### أ- التعديل وأجهزة التعديل Modulation and Modulators

كما هو معروف فإن عملية التعديل تعتبر أساسية في أي نظام اتصال، وفي أنظمة الاتصالات البصرية لا بد من طريقة سهلة وفعّالة لتعديل الضوء وذلك لجعله يحمل المعلومات المراد إرسالها. في حالات سرعات الإرسال المتوسطة يعتبر التعديل المباشر (Direct Modulation) الأنسب للتطبيق، أما على سرعات البث والإرسال العالية جداً يجب استخدام التعديل الخارجي (External Modulation).

### - التعديل المباشر Direct Modulation



وذلك عن طريق تغيير تيار الحقن ( Injection Current ) الداخل على المصدر الضوئي سواء الليزر أو الديود الباعث للضوء ( LED ). حيث إنه من الميزات الهامة للمصادر الضوئية بنوعيتها الديود الباعث للضوء، والليزر أن القدرة المنبعثة من المصدر تتغير بشكل مباشر ( Directly ) مع تغير التيار الداخل والمشغل للمصدر وتستخدم هذه الطريقة في حالات سرعات الإرسال المتوسطة

#### - التعديل الخارجي External Modulation

في حالة سرعات البث والإرسال العالية جداً ( الأعلى من 1 Gbit/s ) يصبح التعديل المباشر غير مناسب للأسباب التالية:

- محدودية القدرة الخارجة ( Limited output Power )؛
- محدودية سرعة التعديل ( Limited Modulation Speed )؛
- محدودية العلاقة بين القدرة في حالة الصفر والواحد ( On-Off Ratio ).
- التأثيرات غير الخطية ( Nonlinear Effects )؛
- الإزاحة الترددية ( Frequency Chirp )؛

في هذه الحالة ونتيجة للأسباب السابقة الذكر يجب استخدام جهاز تعديل منفصل عن المصدر الضوئي، وأكثر الأنواع انتشاراً هو جهاز التعديل الكهروضوئي ( Electro-Optical Modulator )، ومن ناحية سرعة التعديل، يعتبر الليزر الأفضل حيث تصل سرعته إلى أكثر من ( 10 Gbit/s ).

#### ب- أدوات التبديل البصرية Optical Switches

تقوم أدوات التبديل البصرية أو ما يسمى المفاتيح بتوجيه وإعادة توجيه الإشارات البصرية، حيث تلزم بغرض التكيّف مع الأوضاع المتغيرة للنظام. في الواقع العملي يتم تنفيذ وتصنيع المفاتيح بشكل إلكتروني للسهولة وقلة التكاليف. لكن وفي نفس الوقت يتم تطوير المفاتيح البصرية بشكل مضطرد وذلك للحاجة الماسة لها وخاصة في شبكات الاتصالات البصرية التي تعمل على سرعات إرسال عالية جداً. إن أهم ما يميز المفاتيح الكهربائية هو عدد المداخل ( Inputs ) و عدد المخارج ( Outputs ).

تتمثل وظائف أدوات التبديل البصرية في الأمور التالية:

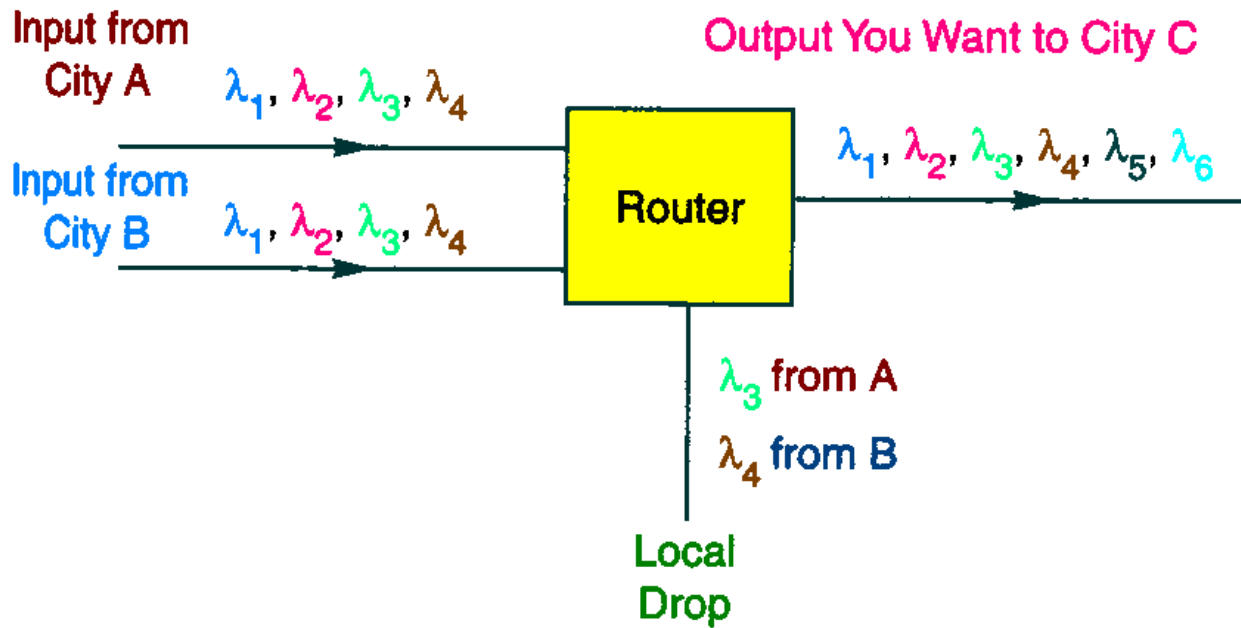




- استعادة وتغيير مسار الإرسال ( Route Restoration ) في حالات أعطال الكيبل.
- تغيير هيكلية الشبكة ( Changing Configuration ).
- التبديل الديناميكي للكتل الكبيرة من الحركة (Dynamically Switching Large blocks of Traffic)
- إدارة أطوال الموجات في أنظمة WDM (Wavelength Management in WDM systems).

### ج- محولات الطول الموجي Wavelength Converters

وهي عبارة عن معدات خاصة تقوم بتحويل بعض أطوال الموجات العاملة إلى أطوال موجات أخرى محددة مسبقاً ( انظر الشكل ٨ - ٣ )، حيث تم تصميمها لأنظمة الاتصالات البصرية ذات تجميع القنوات بتقسيم الطول الموجي ( WDM Systems ).



الشكل (٨ - ٣) مبدأ تحويل الطول الموجي



## تدريبات على الوحدة الثامنة

تمرين ١: لديك نظام اتصالات بصري بالمواصفات والمعطيات التالية:

- قطر لب الليف ( $62 \mu\text{m}$ )
- معامل التوهين للليف ( $1 \text{ dB/km}$ )
- القدرة الداخلة على الليف ( $-10 \text{ dBm}$ )
- حساسية المستقبل ( $-40 \text{ dBm}$ )
- طول الكيبل على البكرة ( $5 \text{ km}$ )
- طول الخط الإجمالي ( $22 \text{ km}$ )
- فقد اللحام ( $1 \text{ dB}$ ) لكل نقطة لحام

ارسم تغير مستوى القدرة مع تغير الطول.

تمرين ٢: لديك نظام اتصالات بصري بالمعطيات التالية:

- سرعة إرسال البتات ( $155 \text{ Mbps}$ )
- نصف قطر لب الليف ( $25 \mu\text{m}$ )
- معامل التوهين ( $0.7 \text{ dB/km}$ )
- القدرة الداخلة على الليف ( $0 \text{ dBm}$ )
- احتياطي التصميم ( $5 \text{ dB}$ )
- طول الليف ( $6 \text{ km}$ )
- عدد نقاط اللحام (3) بفقد يساوي ( $0.5 \text{ dB}$ ) لكل نقطة

أوجد: (أ) حساسية المستقبل



(ب) الفقد الإجمالي للخط

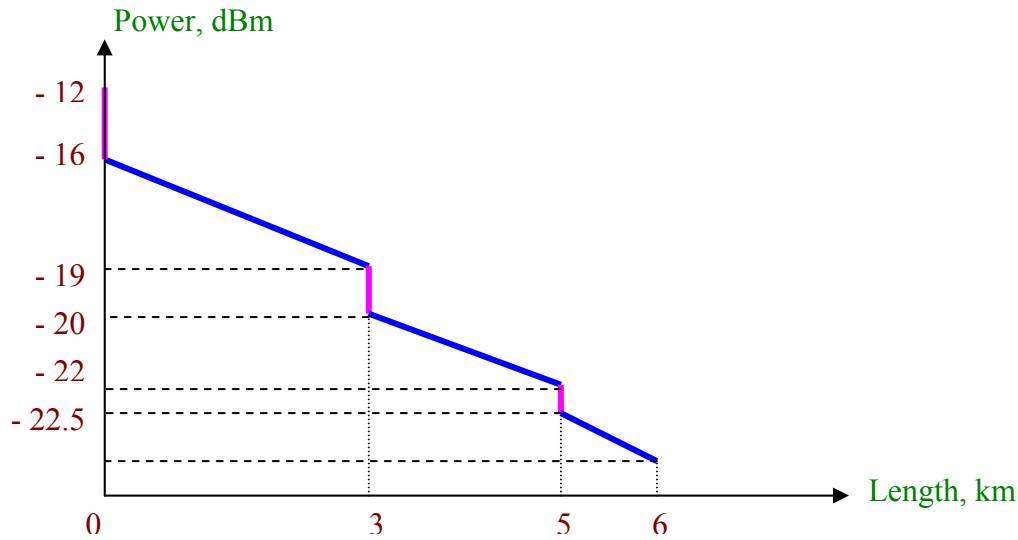
(ت) ارسم تغير مستوى القدرة مع تغير الطول

تمرين ٣: بالرجوع إلى الشكل المرسوم أدناه والذي يمثل توزيع مستوى القدرة لليف معين بالاعتماد على الطول.

أوجد: (أ) الفقد الكلي للخط

(ب) معامل التوهين لليف

(ت) فقد إيصال الضوء من المصدر لليف



شكل "تمرين (٣)" تغير قيمة القدرة على طول الخط

تمرين ٤: قم بتصميم خط اتصال بصري لربط جهازي حاسب على مسافة (1 km) وسرعة إرسال (34 Mbps) حيث يتوفر لديك أربع بكرات من الليف البصري بطول (250 meters) للبكرة الواحدة، علماً بأن فقد الوصلة الواحدة (0.8 dB). (يمكنك الرجوع للجدول ٨ - ١).

تمرين ٥: لو فرضنا أنه تم استبدال الليف في التمرين السابق (تمرين ٤) بآخر طوله (1km). قم بتصميم الخط في هذه الحالة؟

تمرين ٦: عدد أهم الأمور التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم أنظمة الاتصالات البصرية؟



تمرين ٧: عدد أهم الأمور التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند اختيار الكاشف الضوئي؟

تمرين ٨: عدد أهم الأمور التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند اختيار المصدر الضوئي؟

تمرين ٩: لماذا سميت ميزانية القدرة بهذا الاسم؟

تمرين ١٠: وضّح الفرق بين المكونات الخاملة والنشطة المستخدمة في أنظمة الاتصالات البصرية. عدد أهم أنواعها؟

تمرين ١١: ما الأسباب الموجبة لاستخدام طريقة التعديل الخارجي في أنظمة الاتصالات البصرية؟

تمرين ١٢: ما الوظائف الرئيسة للمفتاح البصري؟

تمرين ١٣: بالرجوع إلى الإنترنت قدم بحثاً عن الأنواع التجارية المتوفرة للمكونات الخاملة التي تستخدم في أنظمة الاتصالات البصرية؟

تمرين ١٤: بالرجوع إلى الإنترنت قدم بحثاً عن الأنواع التجارية المتوفرة للمكونات النشطة التي تستخدم في أنظمة الاتصالات البصرية؟