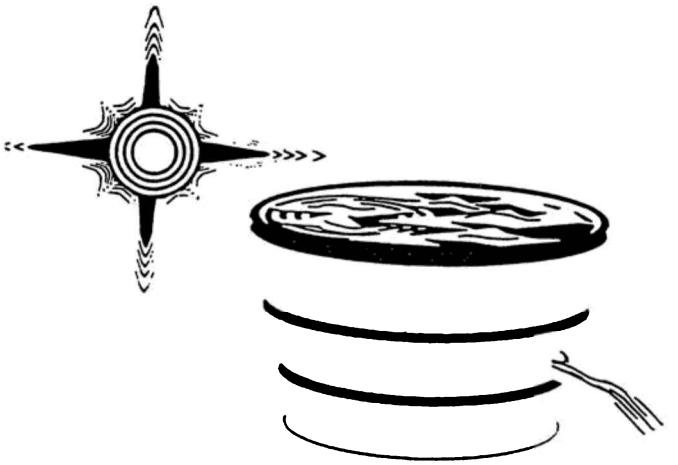
الفصل الثاني
أهمية الألياف البصرية
The Importance of Optical Fibers

نبدأ هذا الفصل بلمحة تاريخية عن تطور الاتصالات البصرية ثم شرح لعناصر أنظمة الاتصال عبر الألياف البصرية في الإرسال والاستقبال ودور الليف البصري كقناة اتصال ثم نقوم بعد ذلك باستعراض أنواع الألياف البصرية المستخدمة حالياً ، يأتي بعدها شرح لميزات الألياف البصرية واستخداماتها المختلفة ، ونختتم هذا الفصل بالتوقعات المستقبلية للبصريات الليفية .

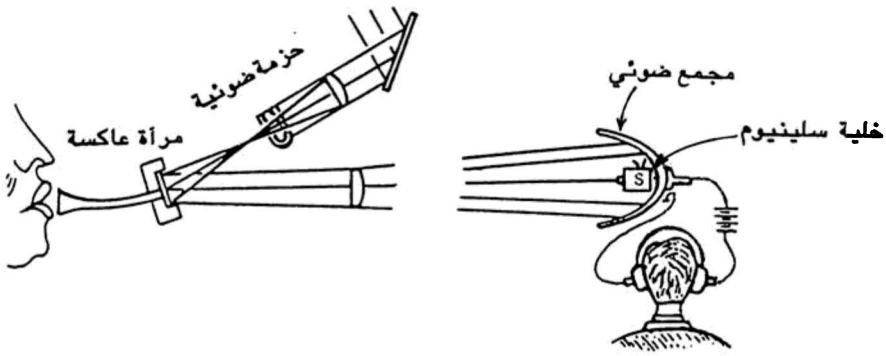
٢ - ١ تطور الاتصالات البصرية
Development of optical communicotions

استخدمت الإشارات الضوئية لنقل المعلومات قبل حوالي ٢٠٠ سنة إذ قام كلود شابي Claude Chappe عام ١٧٩٠ في فرنسا ببناء نظام تلغراف بصري مكون من مجموعة أبراج تحتوي على أذرعة ضوئية متحركة ، وقد استخدمت لنقل المعلومات لمسافة ٢٠٠ كيلومتر ويستغرق نقل المعلومة ١٥ دقيقة ، وأوقف استخدامه بعد اكتشاف التلغراف البصري . وفي عام ١٨٥٤ قام الفيزيائي الإنجليزي جون تايندل John Tyndall بإجراء تجربة تثبت إمكانية ثني الضوء وتوجيهه إذا وجد الوسط المناسب واستخدم لذلك وعاءً مدرجاً مملوءاً بالماء معرض أعلاه لأشعة الشمس وبه ثقب في أسفله يقع تحت سطح الطاولة المركب عليها الوعاء كما في الشكل (٢-١) ، ووجد أن الضوء أخذ شكل مسار الماء الخارج من الفتحة ، وفي هذه التجربة أثبت إمكانية حصر الضوء ضمن الوسط المادي وهو الماء في هذه الحالة وكذلك إمكانية ثنيه لأن الماء يتدفق بشكل منحني ، وتعد هذه أول تجربة بصرية .



الشكل (٢-١) صورة لتجربة جون تايندل عن إمكانية
ثني الضوء وتوجيهه في وسط مادي

في عام ١٨٨٠ تمكن ألكسندر جراهام بل Alexander Graham Bell في أمريكا من تطوير هاتف ضوئي (الشكل (٢-٢)) حيث قام بتوصيل مرآة عاكسة للضوء بميكروفون وأسقط شعاعاً ضوئياً على تلك المرآة وعند استخدام الميكروفون تبدأ المرآة بالاهتزاز وبذلك تتغير شدة الضوء المنعكس من المرآة ، وعلى الجانب الآخر يتم استلام الشعاع الصادر من المرآة بواسطة مرآة أخرى تقوم باسقاط الضوء على مادة السلينيوم التي تتغير مقاومتها بتغير شدة الإضاءة التي تعبر عن المعلومات والإشارات المشكلّة في الضوء المرسل غير أن هذه الفكرة لم تجد استخداماً عملياً لتأثرها بالأحوال الجوية ومدى الرؤية .



الشكل (٢-٢) رسم توضيحي لأول هاتف بصري لنقل الإشارات بالطاقة الضوئية

وفي عام ١٩٣٤ تمكن الأمريكي نورمان ر.فرنش من استلام براءة اختراع لهاتف بصري يقوم بإرسال إشارات صوتية مستخدماً كابل بصري حيث يصنع الكابل من الزجاج أو أي مادة تنقل الضوء وفقدانها قليل كما أن الطول الموجي ملائم للمادة المصنع منها الكابل ولم يتم إدراك هذه الفكرة عملياً إلا بعد ٢٥ سنة كانت بدايتها عام ١٩٥٨م عندما قام كلٌ من آرثر شاولو Arthur Schawlow وتشارلز تاونز C.Townes الأمريكيي الجنسية بتطوير جهاز الليزر وحازا على جائزة نوبل لهذا الاختراع وتمكن ثيودور هـ. ميمان T.H.Maiman الأمريكي الجنسية من تشغيل أول جهاز ليزر مصنوع من الياقوت عام ١٩٦٠ . وفي عام ١٩٦٢ أُدرك إمكانية تصنيع ليزر وكواشف ضوئية مصنوعة من أشباه الموصلات وبهذين الحدثين توفر المرسل والمستقبل ولم يبقى إلا إيجاد الوسط الناقل بينهما ، وفي بداية الأمر أجريت محاولات عديدة لإستخدام دليل موجي بمرايا عاكسه ونظام عدسات معقد ولم تلق هذه الفكرة النجاح لأنها لم تكن عملية ولم يكن استخدام الألياف البصرية ممكناً آنذاك نظراً لتوهينها العالي للضوء ، وهو 1000dB/km . وفي عام ١٩٦٦ اقترح كل من تشارلز هـ. كاو

Charles H.Kao وجورج أ. هوكام George A. Hockam من بريطانيا استخدام ألياف زجاجية فقدانها قليل وبالفعل تمكنت شركة كورننج للزجاج Corning Glass Works عام ١٩٧٠ من تطوير ألياف زجاجية يقل توهينها عن 20dB/km ، ويعتبر هذا سبقاً كبيراً في هذا المجال وأعطى ذلك فرصة كبيرة لاستخدامها في مجال الاتصالات وعلى نطاق واسع في شتى أنحاء العالم وسنتحدث في وقت لاحق عن الاستخدامات المتعددة لهذه الألياف، ونرى في الجدول رقم (١-١) نبذة تاريخية عن تطور الاتصالات البصرية.

١٨٥٤	تجربة جون تايندل
١٨٨٠	ألكسندر جراهام بل يقترح الهاتف البصري
١٩٦٠	بناء أول ليزر
١٩٦٦	اقتراح تصنيع ألياف بصرية من الزجاج
١٩٧٠	تصنيع ألياف زجاجية بتوهين يقل عن 20 dB/km
١٩٧٤	تصنيع ألياف زجاجية بتوهين 4 dB/km
١٩٧٦	أمكن الحصول على ألياف زجاجية بتوهين يصل إلى 0.5 dB/km
١٩٧٩	أمكن تخفيض التوهين إلى 0.2 dB/km والحصول على عرض نطاق عال.
١٩٨٠	نشطت الأبحاث في مجال الألياف الزجاجية أحادية النمط .
١٩٨٢	تم الحصول على ليف زجاجي أحادى النمط بتوهين يصل إلى 0.16dB/km وهو أقل توهين ممكن الحصول عليه نظرياً .

جدول (٢-١) تطور الاتصالات البصرية الموجهه

٢ - ٢ عناصر انظمة الاتصالات عبر الالياف البصرية
Elements of Optical Fiber Communications

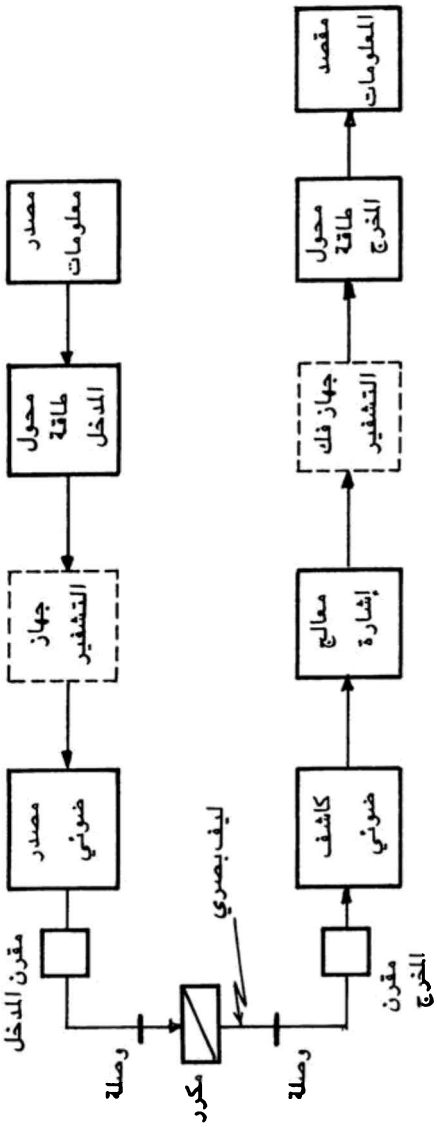
تعرضنا في الفصل السابق لنموذج عام للعناصر الأساسية لنظام اتصالات عام وسنقوم في هذا البند بشرح موجز لعناصر نظام اتصالات بصري مبتدئين بمصدر المعلومات ومنتهين بمقصد المعلومات ، كما هو مبين بالشكل (٢-٣).

ا - مصدر المعلومات Information Source

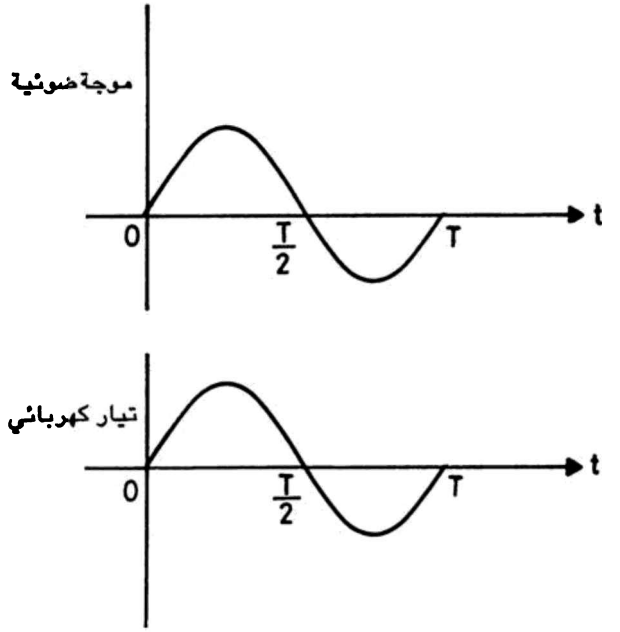
تتوفر المعلومات المراد إرسالها بأشكال كثيرة يمكن تصنيفها إلى قسمين، الأول منها على هيئة كميات فيزيائية كالصوت والحرارة والضغط وماإلى ذلك. والقسم الآخر على هيئة إشارات كهربائية كخرج الحواسيب وأجهزة القياس الكهربائية . ولابد من وجود المعلومة بشكل يستطيع نظام الاتصالات التعامل معه، وهو بالطبع الشكل الكهربائي. ففي حالة الكميات الفيزيائية لابد من تحويلها إلى إشارات كهربائية ، أما الكميات الكهربائية فيمكن استخدامها مباشرة .

ب - محول طاقة المدخل Input Transducer

يتولى محول طاقة المدخل تحويل الكميات الفيزيائية إلى إشارات كهربائية ، ومن الأمثلة الشائعة تحويل الأصوات إلى إشارات كهربائية ، إذ تقوم الموجات الصوتية بإحداث تغيير في مقاومة أو مكثف الميكروفون الذي يكون أحد عناصر دائرة كهربائية ، وبالتالي يتغير التيار الكهربائي المار في الدائرة تبعاً لتغير الموجات الصوتية كما هو في الشكل (٢-٤).



الشكل (٢-٣) مخطط إجمالي لنظام اتصال عبر الليف البصري



الشكل (٢-٤) العلاقة بين دخل وخرج محول طاقة المدخل

فلو أردنا إرسال هذه الإشارة عبر نظام الاتصالات فيمكننا ربط محول طاقة المدخل بالمصدر الضوئي مباشرة أو خلال دوائر الكترونية تقوم بتضخيم الموجة أو ترميزها.

جـ - التشكيل Modulation

يمكن التعبير عن التشكيل من خلال المثال التالي ، إذا كان لدينا رسالة مكتوبة على ورقة يطلب نقلها بين نقطتين متباعدتين ، فإن رمي ورقة الرسالة من نقطة المصدر باتجاه المقصد سوف يؤدي إلى نقل الرسالة مسافة قصيرة تسقط بعدها على الأرض ، ولكن لو أمكن ربط هذه الورقة بحجر ثم جرى رمي الحجر من نقطة المصدر فإنه يمكن قطع مسافة أطول ، وبذلك يمكن تأمين الاتصال بين هاتين النقطتين . تمثل الورقة المكتوبة في هذا المثال الإشارات أو المعلومات المراد إرسالها ، ويمثل الحجر الموجة الحاملة carrier

وتمثل العملية فكرة التشكيل ، وتسمى موجة المعلومات بموجة نطاق الأساس baseband signal ونطاق الأساس هنا يعني نطاق ترددات المعلومات نفسها أو موجة المعلومات . ويتفوق تردد الموجة الحاملة عادة بكثير على ترددات موجات نطاق الأساس، وتسمى الموجة الخارجة من المصدر الضوئي بالموجة المشكّله modulated signal . هناك نوعان من التشكيل تماثلي analog ورقمي digital . ففي التشكيل التماثلي يقوم التيار الخارج من محول الطاقة بتشكيل الموجة الحاملة والصادرة من المصدر الضوئي لتأخذ شكل موجة نطاق الأساس وتكون قابلة للإرسال عبر الليف البصري.

أما في النوع الآخر من التشكيل وهو الرقمي، فتحول الموجات التماثلية الخارجة من محول الطاقة إلى متغيرات ذات قيم منفصلة تتغير بشكل متقطع discrete حيث يوجد هناك إشارة (حالة ON) أو لايوجد (حالة OFF) فالحالة ON تمثل الرقم 1 والحالة OFF تمثل0 . وهذه هي الأرقام الثنائية أو مايسمى بثنائيات أو بتات Bits النظام الرقمي ويكون معدل الإرسال هو عدد الثنائيات الرقمية(البتات) لكل ثانية Bits Per Second (bps) ويمكن أن يكون تتابع النبضات بنوعيها ترجمة مرمزة لرسالة تماثلية . وتتم عملية الترميز هذه من خلال إدخال الإشارات التماثلية إلى جهاز الترميز أو محول تماثلي / رقمي analog to digital converter بعدها تذهب تلك الإشارات الرقمية إلى منبع الضوء لتخرج الموجة الضوئية الحاملة بشكل متقطع معبرة عن محتوى المعلومات المراد إرسالها وجاهزة للإرسال عبر الليف البصري وعند المستقبل تحدث عملية معاكسة حيث ترجع الإشارة الرقمية إلى شكلها التماثلي باستخدام جهاز إعادة ترميز أو محول رقمي/ تماثلي digital to analog converter ولابد من الإشارة هنا إلى أن عملية التحويل هذه يجب أن لاتحدث أي تغيير في المعلومات المرسلة .

د . منبع الضوء Light Source

يتولى المنبع الضوئي توليد الموجة الحاملة ويستعمل لهذا الغرض نوعان من

المنابع الضوئية هما ثنائي الليزر Laser Diode (LD) والثنائي الباعث للضوء Light Emitting Diode (LED) . وتتميز هذه الثنائيات بصغر حجمها وخفة وزنها وتستهلك كميات صغيرة من القدرة وتتمتع بسهولة التشكيل أي تحميل المعلومات على إشعاعاتها . يعمل كل من هذين الجهازين بواسطة تمرير تيار كهربائي فيه ويمكن جعل كمية القدرة التي يشعها الجهاز تتناسب مع هذا التيار وبهذه الطريقة فإن القدرة البصرية الخارجة من الثنائي تأخذ شكل التيار القادم من محول طاقة المدخل ، فإذا كان التيار الداخل للثنائي موجي فإن القدرة البصرية الخارجة تكون موجية وهذا مايحدث في التشكيل التماثلي . وإذا كان التيار الداخل للثنائي متقطع فإن القدرة البصرية الخارجة من الثنائي تكون متقطعة وبنفس الأسلوب وهذا مايحدث في التشكيل الرقمي ولابد من التوضيح هنا أن التغيرات في القدرة البصرية تحتوي على المعلومات المرسلة ويسمى هذا بتشكيل الشدة intensity modulation . رأينا في الشكل (٢-٤) أن تيار الموجة الداخلة للمنبع الضوئي يتغير بين موجب وسالب بينما القدرة البصرية الخارجة من الثنائي الباعث للضوء LED موجبة دائماً . لتحقيق هذه الخطية يجب أن يكون تيار التشكيل في النظام التماثلي بكامله موجباً . ويتم ذلك بإضافة تيار انحياز مستمر DC Bias Current إلى إشارة المعلومات المرغوبة أما في حالة التشكيل الرقمي فإن تيار التشكيل موجب دائماً وهذا يعني عدم استخدام تيار انحياز عند استخدام الثنائي الباعث للضوء .

أما في حالة استخدام ثنائي الليزر فإننا بحاجة إلى تيار أدنى يعمل عنده هذا الثنائي ويسمى هذا بالتيار العتبي threshold current . فإذا كان العدد البتة(1) فإن التيار المار بثنائي الليزر يتجاوز قيمة العتبة ويجعل الثنائي يبعث ضوءاً بينما يبقى التيار عند العتبة للبتة (0) ،ولايحدث أي إشعاع . أما في حالة استعمال ثنائي الليزر للتشكيل التماثلي فلابد من استخدام تيار انحياز مستمر بحيث يعمل الثنائي في الجزء الخطي من منحنى خواص التيار - القدرة حتى نحصل على إشارة مماثلة لإشارة الدخل.

هـ - مقرن المدخل Input Coupler

جاء الآن دور تحميل القدرة البصرية الصادرة من المنبع الضوئي على قناة الاتصال . ففي الإرسال اللاسلكي سواء كان إذاعياً أو تلفزيونياً أو غير ذلك يقوم هوائي الإرسال بنقل المعلومات إلى قناة الاتصال وهي الجو. أما في الأنظمة السلكية كالهاتف فإننا نستخدم وصلات بسيطة تربط جهاز الإرسال بخط الإرسال والأمثلة على ذلك كثيرة، أما في حالة استخدام نظام الليف البصري فإن نقل القدرة البصرية من المنبع الضوئي إلى الليفة البصرية يتعرض لفقد كبير والسبب في ذلك يعود إلى أمرين أساسيين، الأول هو صغر حجم الألياف البصرية والتي تبلغ أقطارها 50 µm أو أقل ، والثاني أن الثنائيات الضوئية تبعث القدرة الضوئية على امتداد زوايا كبيرة بينما لاتقبل الألياف البصرية دخول الضوء إليها إلا ضمن زوايا محددة وصغيرة وللحصول على أقل فقد ممكن لابد أن نحرص على تقارب قيم زوايا مخروط الإشعاع للثنائي الضوئي وزوايا القبول لليف البصري أو تصميم وسائل اقتران متطورة .

وسنقوم بشرح هذه الخواص في فصول قادمة لكن يجب أن نلاحظ أن مقرن المدخل جزء مهم من تصميم نظام الليف البصري بسبب إمكانية حدوث فقد كبير فيه .

و - قناة الإتصال او قناة المعلومات Communication or Information Channel

تعرّف قناة الاتصال بأنها المسار بين المرسل والمستقبل ، وفي نظام الاتصالات عبر الألياف البصرية يكون الليف الزجاجي أو البلاستيكي هو القناة . ولكي تكون لهذه القناة فعالية فلابد أن يكون التوهين ضعيفاً وزاوية القبول كبيرة حتى يستطيع الضوء قطع مسافات طويلة دون أن يضعف، وأن نجمع أكبر قدر من الضوء ليقترن بقناة الاتصال خاصة عند الإرسال لمسافات طويلة . وعلى الرغم من وجود أجهزة استقبال حساسة إلا أن القدرة الواصلة إلى المستقبل يجب أن لاتقل عن مستوى معين للحصول على المعلومات المرسلة بصورة مرضية.

هناك خاصية أخرى لقناة الاتصال هي زمن انتشارpropagation time الموجات خلالها. ويعتمد ذلك على تردد الضوء، وعلى مسار الأشعة الضوئية وتحتوي الإشارة المنتشرة في الليف على مجموعة من الترددات البصرية لأن المنابع الضوئية تبعث مجموعة من الترددات أو الأطوال الموجية wavelengths فتتوزع القدرة على عدة مسارات ويؤدي ذلك إلى تشوه الإشارة المنتشرة وللتقليل من هذا التأثير يتم إرسال المعلومات بمعدل منخفض low transmission rate وهذا غير محبب لأنه يحد من قيمة النظام ويمكن التقليل من تشوه الإشارة من خلال استعمال ألياف أحادية النمط single mode fibers ولكن هذا يوقعنا في مشكلة أخرى، إذ أن هذه الألياف صغيرة جداً حيث يبلغ قطرها $10\mu m$ فيصعب اقتران الضوء بها كما أن زاوية قبولها صغيرة .

أياً كانت الألياف فإن المتطلبات متناقضة من أجل زاوية قبول ضوئية كبيرة وتشوه إشارة منخفض. ولكن بالإمكان الحصول على أطوال خطوط ومعدل معلومات مقبولة باستخدام ألياف ذات زوايا قبول مناسبة وتشوه إشارة مقبول كما سيتبين ذلك في فصول لاحقة .

ولا يقتصر الفقد في قناة الاتصال عبر الألياف البصرية على التوهين في الليف البصري فحسب بل هناك عناصر أخرى يجب أخذها بعين الاعتبار وهي الوصلات الدائمة splices ،حيث أن الليف البصري يصنع بأطوال محددة لذا فإن الحصول على خطوط طويلة يتطلب ربط الألياف بعضها ببعض وكل وصلة تسبب فقد في مقدار القدرة المرسلة في حدود 0.2dB. لذا يجب الإقلال من هذه الوصلات ماأمكن ذلك . تتعرض القدرة المرسلة للتوهين نتيجة الفقد في مقرن المدخل والليف البصري والوصلات الدائمة ، فإذا كانت المسافة طويلة فتحتاج إلى مكررات repeaters توضع على مسافات معينة تتراوح المسافة بين المكررات من ٥٠ كيلومتر إلى ١٠٠ كيلومتر . تقوم هذه المكررات بتضخيم الإشارات إلى ماكانت عليه في بداية الإرسال عبر الليف البصري ، وحيث أن المكررات تتكون من دوائر إلكترونية فلابد من تحويل القدرة الضوئية إلى كهربائية وبعد

تضخيمها تحول إلى قدرة ضوئية وترسل ثانية عبر الليف البصري وقد تتكرر العملية عدة مرات حسب مسافة الإرسال إلى أن تصل إلى المستقبل .

ز - مقرن المخرج Output Coupler

في نظام الاتصالات اللاسلكية يقوم الهوائي بتجميع الإشارة من قناة المعلومات وهي الجو ويوجهها نحو المستقبل وفي الأنظمة السلكية كالهاتف فإننا نستخدم مقرن بسيط لتوصيل الأسلاك الهاتفية بجهاز الاستقبال . أما في نظام الاتصالات عبر الألياف البصرية، فإن عمل مقرن المخرج هو توجيه الضوء الخارج من الليف نحو الكاشف الضوئي ويخرج الضوء بشكل مخروطي كما كان في حالة الدخول ، وحيث أن الكواشف الضوئية ذات مسطحات كبيرة وزوايا قبول واسعة فإنه يتم استخلاص الضوء من الليف بصورة فعالة .

ح - كاشف الضوء Light Detector

يتولى الكاشف الضوئي تحويل القدرة البصرية إلى تيار كهربائي ويتناسب التيار الخارج من الكاشف مع قدرة الموجة البصرية الساقطة عليه وحيث أن تغيرات القدرة البصرية تحتوي على المعلومات المرغوبة، فإن تيار خرج الكاشف يحتوي هذه المعلومات وهذا التيار يماثل التيار المستعمل في قيادة المنبع الضوئي (مصدر الموجة الحاملة) وتسمى تلك العملية بإزالة التشكيل (الكشف) demodulation . وتستخدم لهذا الغرض ثنائيات ضوئية مصنعة من أشباه الموصلاتsemiconductors وهناك عدة أنواع منها وتتميز بصغر الحجم وقلة الوزن كما أنها إقتصادية ولها عمر طويل، واستهلاك قدرة منخفض وحساسية عالية للإشارات البصرية، واستجابة سريعة للتغيرات السريعة في القدرة البصرية.

ط - معالج الإشارة Signal Processor

يتولى معالج الإشارة تضخيم وترشيح الإشارة في أنظمة إرسال الإشارة التماثلية، إذ لايقوم بالتخلص من تيار الانحياز الثابت فحسب بل يمنع كافة الترددات غير المرغوب فيها من الاستمرار في الانتقال ويسمح بمرور كل الترددات التي تحتويها المعلومات المرسلة ، فيؤدي هذا إلى وضوح الإرسال المطلوب . يزيد الترشيح المناسب نسبة قدرة الإشارة إلى القدرة غير المرغوبة حتى القيمة العظمى .

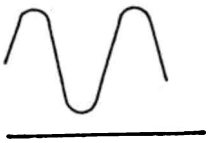
أما في حالة نظام إرسال الإشارة الرقمي فتضاف إلى معالج الإشارة دوائر قرار بالإضافة، إلى المضخمات والمرشحات، تقرر بها دوائر القرار فيما إذا كان قد استقبل (1) أو (0) خلال الشق الزمني لأي بتة.

وبسب الضوضاء في عناصر النظام المختلفة فإن حدوث خطأ في البتات، وارد ويجب أن يكون معدل الخطأ في البتات، bit error rate (BER) صغيراً جداً للحصول على اتصالات عالية الجودة . وعلى معالج الإشارة الرقمية أن يفك ترميز التتابع إذا كانت الرسالة تماثلية ويتم هذا بواسطة محول رقمي تماثلي فينتج الشكل الكهربائي الأصلي للموجات ، أما إذا كان الاتصال بين آلات فإن الإرسال الرقمي مناسب لكي يستعمل بدون التحويل الرقمي التماثلي .

ولإيضاح حالة الإشارة في نظام إرسال الإشارة التماثلي نرى في الشكل (٢-٥) حالة إشارة تماثلية عند نقاط مختلفة من النظام في الجزء (أ) التيار الناتج بعد محول الطاقة والذي يمثل الرسالة الأصلية والجزء (ب) شكل الموجة بعد إضافة تيار الإزاحة وفي الجزء (جـ) تغير القدرة البصرية الداخلة إلى الليف البصري ، وفي الجزء (د) تغير القدرة البصرية عند نهاية الليف بعد تعرضها للفقد في مقرن المدخل والوصلات الدائمة والتوهين في الليف . شكل التيار الخارج من الكاشف موضح بالجزء (هـ) أما الجزء (و) فيمثل التيار بعد الترشيح والتضخيم.

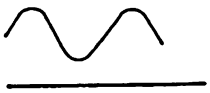
(أ) تيار يمثل الرسالة الأصلية

(ب) تيار خرج المشكّل



(جـ) تغير القدرة البصرية
عند مدخل الليف

(د) تغير القدرة البصرية
عند نهاية الليف



(هـ) شكل موجة التيار خارج
الكاشف الضوئي

(و) التيار بعد الترشيح
والتضخيم

الشكل (٢-٥) الإشارات عند نقاط مختلفة من نظام تماثلي

ي - محول طاقة المخرج Output Transducer

يتولى محول طاقة المخرج تحويل الإشارة الكهربائية بعد تضخيمها وترشيحها إلى شكلها الأصلي . فلو كانت الإشارة الأصلية المرسلة صوت فإننا نستخدم المجهار loudspeaker لتحويل التيار الكهربائي إلى صوت نتمكن من سماعه أما إذا كانت الإشارة الأصلية المرسلة صورة فنستخدم أنبوبة الأشعة المهبطية لتحويل التيار إلى صورة نستطيع مشاهدتها كالتلفزيون .

أما إذا كانت الإشارة المنقولة كهربائية كالتخاطب بين الحواسيب وأجهزة القياس الكهربائية ، فإننا نستخدم الإشارة بشكلها الكهربائي وتوزع الرسالة بواسطة موصلات كهربائية دون استخدام محول طاقة المخرج .

٢ - ٣ انواع الألياف البصرية Types of Optical Fibers

يتعين على مهندسي الاتصالات التعرف على أنواع الألياف البصرية وخصائصها قبل التوصية باستخدامها في التطبيقات المختلفة ، لذا لابد من إعطاء نبذة موجزة عن الألياف البصرية الموجودة حالياً :

ا - الياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي

Multimode Step Index Fibers

يتألف الليف البصري من جزئين أساسيين هما لب الليف والذي يشغل مركز الليف يحيط به كساء يضاف لذلك طبقة واقية تسمى الغلاف .

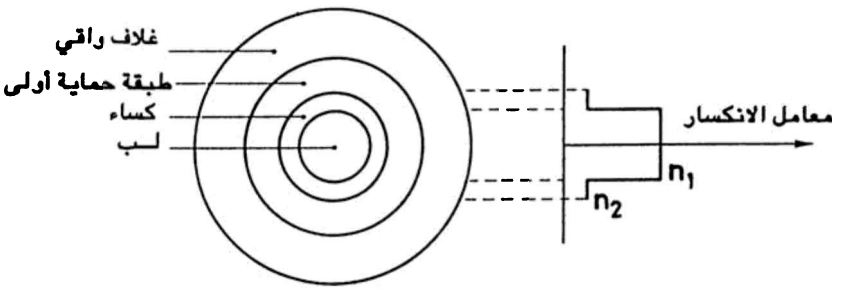
يصنع هذا النوع من الألياف البصرية من عناصر مختلفة من الزجاج ومركباته أو من السليكا المطعمة . تتميز هذه الألياف بكبر قطر اللب وكبر فتحة النفوذ العددية والتي تمكن من دخول كمية كبيرة من الضوء لليف البصري، خاصة عند استخدام الثنائيات الباعثة للضوء (LEDs) . وتعتمد خواص هذه الألياف على نوع الليف والمواد المصنع

منها وطريقة التصنيع.وتعتبر الألياف المصنعة من السليكا المطعمة أفضل الألياف البصرية، وفي الشكل (٢-٦) نرى مقطعاً لليف بصري بأجزائه المختلفة والمكونة من اللب والكساء والطبقات الواقية وتتغير قيمة معامل الانكسار عبر الليف البصري حيث نلاحظ أن أعلى قيمة له هي في اللب وتقل قيمته في الكساء .

يعطي الجدول (٢-٢) مواصفات الأجزاء المختلفة لهذا النوع من الألياف .

قطـر اللـــب	50- 400μm
قطر الكساء	125-500μm
قطر الغلاف الواقي	250-1000μm
فتحة النفوذ العددية	0.16 - 0.5

الجدول رقم (٢ - ٢)



الشكل رقم (٢-٦)مقطع نموذجي
لليف بصري متعدد النمط ومعامل إنكسار عتبي

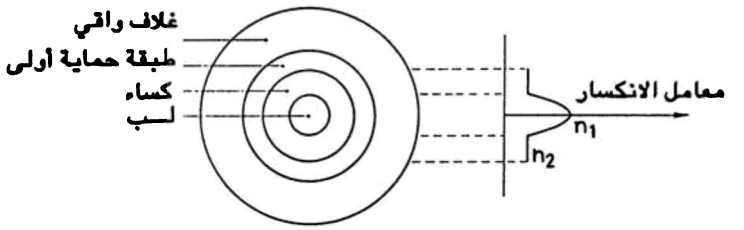
ويتراوح توهين هذه الألياف بين 4dB/km و 50dB/km وذلك حسب المواد المصنعة منها الألياف والطول الموجي المستخدم ، أمـــا عـــرض النطاق فيتـــراوح بـــين 6 MHz- km و 25 MHz - km وتستخدم لنقل المعلومات لمسافات قصيـــرة وعرض نطاق محدود ، غير أن تكلفتها قليلة .

ب - الياف متعددة النمط وبمعامل انكسار متدرج

Multimode Graded Index Fibers

معامل انكسار هذه الألياف متدرج إذ تبلغ أعلى قيمة له في مركز الليف وتقل قيمة معامل الانكسار بصفة تدريجية كلما اتجهنا نحو الكساء حيث تكون قيمة معامل الانكسار ثابتة ويصنع هذا النوع من الألياف من عدد من العناصر الزجاجية أو السليكا المطعمة . وقد تصنع هذه الألياف من مواد ذات نقاوة أعلى من تلك التي تصنع منها الألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي حتى يقل فقد الليف البصري .

إن أداء الألياف متعددة النمط ومتدرجة معامل الانكسار يتفوق على أداء الألياف متعددة النمط ذات معامل الانكسار العتبي نظراً لتدرج معامل الانكسار وقلة التوهين فيها غير أن قطر اللب في الألياف متعددة النمط ومتدرجة معامل الانكسار أقل من قطر اللب في الألياف متعددة النمط ذات معامل الانكسار العتبي ، غير أن القطر الكلي بما فيه الطبقة الواقية متساوٍ في كلتا الحالتين.وهذا يعطي الليف البصري مقاومة أكثر للثني ونرى في الشكل (٢-٧) مقطعاً نموذجياً لهذا النوع من الألياف .



الشكل (٢-٧) مقطع نموذجي لليف متعدد النمط
بمعامل انكسار متدرج مصنوع من الزجاج

وفي الجدول (٢-٣) أقطار الأجزاء المختلفة لليف وفتحة النفوذ العددية

قطر اللـــب	30- 60μm
قطر الكساء	100-150μm
قطر الغلاف الواقي	250-1000μm
فتحة النفوذ العددية	0.2 - 0.3

الجدول رقم (٢ - ٣) أقطار أجزاء الليف وفتحة النفوذ العددية

لابد من الإشارة هنا إلى أن القطر القياسي للب المستخدم في الاتصالات البعيدة هو 50μm ·والقطر القياسي للكساء المستخدم في الاتصالات البعيدة هو 125μm

ويتراوح توهين هذه الألياف بين 2dB/km و 10dB/km وعرض النطاق من 150MHz- km وحتى 2GHz - km وتستخدم للمسافات المتوسطة وعرض نطاق متوسط إلى عالي مع الثنائيات الباعثة للضوء LEDs وثنائيات الليزر على التوالي ·

جـ - الياف احادية النمط Single Mode Fibers

قد يكون معامل إنكسار الليف متعدد النمط متدرج أو عتبي ولكن معظم الألياف أحادية النمط الموجودة حالياً ذات معامل إنكسار عتبي · تتميز الألياف أحادية النمط بنوعيتها الممتازة كما أن عرض النطاق فيها كبير وتستعمل للمسافات الطويلة وتصنع من مادة السليكا المطعمة لتقليل التوهين ·

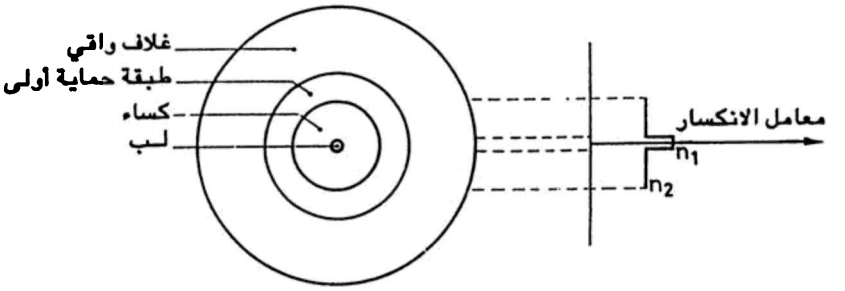
ولو أن قطر اللب صغير جداً إلا أن قطر الكساء يبلغ أضعاف قطر اللب وذلك للتقليل من نسبة الفقد من الموجات المضمحلة evanescent التي تمتد داخل الكساء. ومع استخدام الغلاف الواقي يصبح القطر الإجمالي لليف أحادي النمط مساوٍ إلى قطر

ليف متعدد النمط . ونرى في الشكل (٢-٨) مقطعاً لليف من هذا النوع . وفي الجدول (٢-٤) أبعاد الليف أحادي النمط وفتحة النفوذ العددية .

قطر اللب	3- 10μm
قطر الكساء	50-125μm
قطر الغلاف الواقي	250-1000μm
فتحة النفوذ العددية	.08 - 0.15

الجدول رقم (٢ - ٤) أقطار ليف أحادي النمط

وفتحة النفوذ العددية

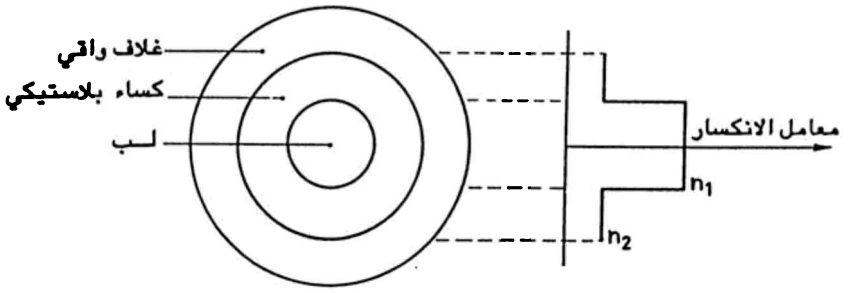


الشكل (٢-٨) ليف أحادي النمط بمعامل إنكسار عتبي

يبلغ توهين هذه الألياف 2-5 dB/km عند طول موجي $\lambda = .85\,\mu$ m .
ويمكن الحصول على توهين أقل عند أطوال موجية أعلى ، كما أن عرض النطاق يزيد عن 500MHz-km ويستخدم في الخطوط الطويلة ذات سعة النطاق العالية والمنبع الضوئي المستخدم في الإرسال من نوع ثنائي الليزر الحاقن injection laser diode .

د - الياف بكساء بلاستيكي Plastic Clad Fibers

عادة ماتكون هذه الألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار متدرج أو عتبي يصنع اللب من الزجاج والكساء من المطاط السليكوني silicone rubber يقل فقدها الإشعاعي عن مثيلتها المصنعة من السليكا بالكامل ، لذا فإن انجازها يتحسن في بعض المواقع كما أن سعرها أقل ، وفي الشكل (٢-٩) مقطع لهذا الليف ، وفي الجدول (٢-٥) نذكر أبعاد الليف وفتحة نفوذه العددية .



الشكل (٢-٩) مقطع لليف بصري لبه من السليكا وكساءه من البلاستيك

قطر اللب	معامل انكسار عتبي	100- 500μm
	معامل انكسار متدرج	50- 100μm
قطر الكساء	معامل انكسار عتبي	300-800μm
	معامل انكسار متدرج	125- 150μm
قطر الغلاف الواقي	معامل انكسار عتبي	500-1000μm
	معامل انكسار متدرج	250- 1000μm
فتحة النفوذ العددية	معامل انكسار عتبي	.2 - .5
	معامل انكسار متدرج	.2 - .3

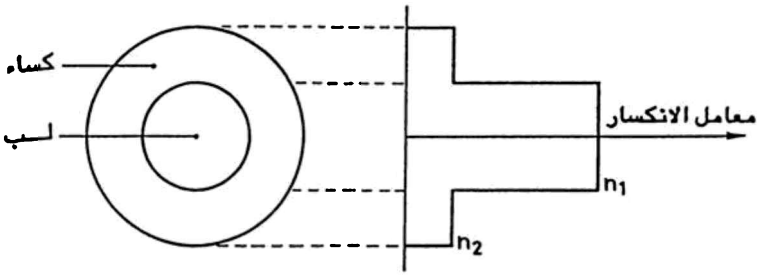
الجدول رقم(٢-٥)أبعاد الليف الزجاجي بغلاف بلاستيكي وفتحة النفوذالعددية

يتراوح توهين الليف بمعامل انكسار عتبي بين 5-50 dB/km وتوهين الليف بمعامل انكسار متدرج 4-15 dB/km. أما عرض النطاق لليف بمعامل انكسار عتبي فهو 5-25MHz km وعرض النطاق لليف بمعامل انكسار متدرج 200 -400 MHz-km.

تستعمل هذه الألياف إذا كان عرض النطاق قليلاً ومسافات النقل قصيرة وتمتاز عن الألياف ذات الكساء الزجاجي بسهولة التوصيل .

هـ - الياف بلاستيكية All Plastic Fibers

جميع الألياف البلاستيكية متعددة النمط وذات معامل انكسار عتبي وأقطارها كبيرة ولايستخدم فيها غلاف واقي لكبر حجمها . سعرها رخيص ويسهل التعامل معها وفتحة النفوذالعددية كبيرة غير أن فقدها كبير ويحد هذا من استخدامها في الاتصالات. وفي الشكل (٢-١٠) مقطع لهذا الليف ، وفي الجدول (٢-٦) أبعاد الليف البلاستيكي وفتحة النفوذ العددية .



الشكل (٢-١٠) مقطع لليف بصري من البلاستيك

قطـر اللـــب	200- 600μm
قطر الكساء	450 -1000μm
فتحة النفوذ العددية	0.5 - 0.6

الجدول رقم (٢ - ٦)

قطر الليف وفتحة نفوذه العددية

يبلغ التـوهين عند طول مـوجي $\lambda = 0.65\mu m$. 350-1000dB/km .

وعرض النطاق قليل جداً حيث لاتستخدم هذه الألياف إلا لعشرات الأمتار كالاستخدام المنزلي ونحوه .

٢ - ٤ ميزات الألياف البصرية Advantages of Optical Fibers

قبل أن نتطرق إلى ميزات الألياف البصرية لابد من الإشارة إلى أن هناك قيوداً إقتصادية وتقنية لابد من اعتبارها قبل اختيار نظام الليف البصري ولابد من دراسة أنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية ومقارنة مزايا ومساوىء كل نظام من الأنظمة ، ولم يأتي اختيار الألياف البصرية عبثاً بل هناك أسباباً كثيرة لهذا الاختيار وسنتطرق في هذا البند

إلى هذه الميزات ، ولابد من الإشارة إلى أن هناك مساوىء للألياف البصرية كإرتفاع تكلفة الموصل البصري وكبر فقده وصعوبة توصيل الألياف ببعضها وبالمنبع والكواشف الضوئية مقارنة بالأنظمة السلكية الأخرى. ولكن هذه المساوىء لاتقلل من أهمية الألياف البصرية للاتصالات للميزات الكثيرة التي سنذكرها وهي :

١ - عرض نطاقها عال جداً .

٢ - قطرها صغير ووزنها خفيف .

٣ - لايوجد تداخل بينها مهما قربت المسافة بينها .

٤ - لا تتأثر بالحث أو التداخل الكهرومغناطيسي.

٥ - انخفاض في سعر تكلفة المكالمات.

٦ - أكثر أماناً وسلامة .

٧ - حياتها طويلة .

٨ - تتحمل درجات حرارة عالية ولاتتأثر بالمواد الكيميائية.

٩ - سهولة الصيانة كما يمكن الاعتماد عليها .

وسنشرح الآن الفوائد الرئيسية للألياف البصرية :-

١ - إن عرض النطاق المرتفع جداً يعني إمكانية نقل معلومات عالية جداً بواسطة ليفه بصرية واحدة وقد تكون هذه المعلومات صور تلفزيونية أو مكالمات هاتفية أو معلومات للحواسيب أو مزيج منها . وقد أثبتت التجارب إمكانية نقل معلومات بمعدل (10 Gb/s) ولمسافة ٨٠ كم بدون مكررات repeaters مستخدمين الطول الموجي 1310nm ومرسلات ثنائي الليزر laser diode ومستقبلات الثنائي الضوئي الجرفي avalanche photodiode(APD) أما عند استخدام النبضات الطبيعية solitons فقد تم إرسالها لمسافة ١٥٠٠٠كم بمعدل معطيات 5Gb/s باستخدام تعدد الإرسال بتقسيم الزمن time division multiplexing (TDM) ومعدل معلومات 10Gb/s عند استخدام تعدد الارسال بتقسيم الطول

الموجي wavelength division multiplexing (WDM)
والأبحاث مستمرة في أنحاء العالم للحصول على أنظمة تعمل بمعدل معلومات أعلى ولمسافات أطول.

من الناحية النظرية فإن عرض نطاق ليفه بصرية واحدة هو 10^4 GHz ، فلو فرضنا أن المسافة بين المكررات تبلغ 100 km فإن هذا يعني إمكانية نقل المعلومات المذكورة في الجدول (٢-٧) وهي معلومات أقرب للخيال منها للواقع، وبإمكاننا أن نضع مجموعة منها ضمن كابل واحد ، وهذا بالطبع يعني منبعا لاينضب من وسائل نقل المعلومات . ويتناسب عرض النطاق تناسباً طردياً مع أعلى معدل لنقل المعلومات أو سعة نقل المعلومات Information carrying capacity.

نوع القناة	عدد القنوات	معدل الإرسال
قناة صوتية	160مليون قناة	64kb/s
معلومة	1 بليون	9.6 kb/s
قناة تلفزيونية	200 ألف قناة	44 Mb/s

الجدول (٢ - ٧)

٢ - قطرها صغير ووزنها خفيف ، يبلغ سمك الليفة البصرية سمك الشعره ، وعلى الرغم من أن هناك طبقات واقية توضع فوقها إلا أنها لاتزال أقل حجماً ووزنا من الأسلاك الهاتفية أو المحورية ومثالاً على ذلك أن ليف بصري بقطر يبلغ 125 µm ضمن كابل يبلغ قطره ٦ ملم يمكن له أن يحل محل كابل هاتفي قطره ٨ سم ويحتوي على ٩٠٠ زوج من الخطوط السلكية النحاسية وهذا يعني أن الحجم قد انخفض بنسبة تزيد عن ١ : ١٠٠ وكمثال آخر على صغر حجم الكابلات البصرية فإن كابلات محورية بطول ٢٣٠ متر وقطر ٤٦ سم وتزن ٧ طن كانت

تستخدم في نظام رادار متقدم على ظهر أحد السفن تم استبدالها بكابلات بصرية تزن ١٨ كغم وقطرها ٢,٥ سم.

مما سبق يتضح لنا إمكانية إضافة كابلات بصرية في نفس مسارات الكابلات النحاسية والمحورية في شتى مجالات الاتصالات السلكية .

ونظراً لهذه الميزة فقد تم استبدال الكابلات النحاسية في كثير من الطائرات والبواخر بألياف بصرية . وبسبب صغر الحجم وقلة الوزن فإن نقلها وتركيبها يتم بصورة أسهل وأسرع من الكابلات النحاسية وهذا يعني تكلفة أقل.

٣ - نلاحظ أحياناً عند إجراء محادثة هاتفية سماع أصوات محادثات هاتفية أخرى وهو مايطلق عليه باللغط وهذا النوع من التداخل لايحدث عند استخدام الألياف البصرية مهما قربت المسافة بينها.

٤ - تتمتع الألياف البصرية لكونها مصنعة من مواد عازلة dielectrics بعدم تأثرها بالحث الكهرومغناطيسي الصادر من المصادر الكهرومغناطيسية الصناعية كالمحركات والمولدات والأجهزة الكهربائية المختلفة أو الطبيعية كالبرق وتلك الخاصية تغنينا عن وضع مواد عازلة لحمايتها من الحث induction والتداخل interference .

٥ - تصنع معظم الألياف البصرية في وقتنا الحاضر من مادة السليكا الموجودة بكثرة في الرمل والتي يقل سعرها كثيراً عن معدن النحاس الذي بدأ ينفذ في أماكن كثيرة من العالم ، ونظراً للميزات التي ذكرناها في البنود٢.١ فإن ثمن نقل المعلومات بأنواعها المختلفة سيقل عن الأنظمة المختلفة الأخرى .

٦ - نظراً لأن الضوء هو الوسط الناقل للمعلومات في الألياف البصرية ولايولد هذا الضوء أي مجال مغناطيسي خارج الكابل فإن من الصعوبة بمكان التجسس ومعرفة المعلومات التي يحويها الكابل البصري كما أن من الصعوبة معرفة وجود الكابل البصري بسبب المادة المصنع منها ولايوجد جزء معدني إلا في بعض الحالات حيث تتم إضافة كابل فولاذي لتقوية الكابل البصري .أو تسليح معدني لحماية الكابل من القوارض والأحمال الخارجية .

أما الميزة الأخرى فهي سلامة الألياف البصرية لأن الضوء هو الناقل ولايمكنه أن يحدث شرراً أو دائرة قصر لعدم وجود تيار كهربائي فيه ولهذا السبب يمكن استخدام الألياف البصرية في المحلات الحاوية على غازات أو مواد قابلة للإحتراق ومستودعات المواد الخطرة كما أن احتمال كهربة العاملين في الألياف البصرية غير وارد .

٧ - يتوقع أن يكون عمر الألياف البصرية في حدود ٢٥ عام مقارنة بخمسة عشر عام للنظم الأخرى حيث أن المكونات الأساسية للألياف هي الزجاج والذي لايصدأ على عكس النظم الأخرى والتي تحوي على معادن تتعرض للصدأ .

٨ - يمكن للزجاج أن يتعرض لدرجات حرارة متفاوتة من حيث الانخفاض والارتفاع كما يمكن استخدامه في أجواء تحتوي على مواد كيميائية مختلفة دون أن يتعرض للتلف.

٩ - أثبتت التجارب التي أجريت حديثاً إمكانية وضع المكررات repeaters على مسافة ١٠٠ كم بين مكرر وآخر وهذا يقلل من عدد المكررات وبالتالي من صيانة النظم كما يزيد من الاعتماد على النظام لقلة الأجهزة المستخدمة بينما المسافة بين المكررات في النظام الهاتفي المستخدم حاليا تتراوح بين ٤ إلى ٦ كم .

٢ - ٥ استخدام الألياف البصرية Applications of Optical Fibers

تعرضنا في القسم السابق إلى فوائد الألياف البصرية ، ومما لاشك فيه أن كثيراً من الحقول في المجالات المدنية والعسكرية بدأت تستفيد من هذه الفوائد ومن الصعب جداً التعرض لكل المجالات الممكن استخدام الألياف البصرية فيها وسنقوم في هذا القسم بالتعرض لبعض الاستخدامات العامة، وأهم الاستخدامات للألياف البصرية هي :

ا - الإتصالات الهاتفية Telephone Communications

لعبت الأسلاك المجدولة والكابلات المحورية دوراً كبيراً في السنوات الماضية في مجال الاتصالات الهاتفية وبصفة خاصة بين البدالات ، وحيث أن أحد الصفات الهامة هي سعة الألياف البصرية ، فقد بدأت كثير من الشركات بالتفكير في بناء خطوط هاتفية جديدة وإحلال بعض الخطوط القديمة سواء كانت أسلاك مجدولة أو كابلات محورية وأول خط تجاري يستخدم الألياف البصرية في الولايات المتحدة بدأ تشغيله في ٢٢ أبريل ١٩٧٧م وقد استخدم الإرسال الرقمي في هذا الخط ، كما أن المكررات كانت على مسافة ٣ر٦ كيلومتر واستخدمت الثنائيات الباعثة للضوء light emitting diodes في أجهزة الارسال وثنائيات الضوء الجرفية avalanche photodiodes في أجهزة الاستقبال وكانت سعة هذا الخط ٢٤ مكالمة آنية وقد استخدم تشكيل الرمز النبضي pulse code modulation في هذا الخط . وتلا ذلك إنشاء عدد كبير من الخطوط الهاتفية في أنحاء العالم بلغت سعة بعضها حوالي ٢٦٥٦٢ مكالمة هاتفية يمكن تنفيذها في وقت واحد .

ب - الإتصالات التلفزيونية TV Communications

بدأ أول استخدام للألياف البصرية بربط الكاميرات التلفزيونية بسيارات النقل التلفزيوني وفي الدوائر المغلقة ثم استخدمت في إيصال الخدمات التلفزيونية للمنازل وقد استخدمت لنقل قناة واحدة فقط وتستخدم الآن لنقل عشرات القنوات التلفزيونية والفيديو

ضمن نظام الكابل التلفزيوني cable television (CATV) .

جـ - محطات القوى Power Stations

نظراً لعدم تأثر الألياف البصرية بالتداخل أو الحث الناتج عن المولدات الكهربائية أو خطوط الضغط العالي فقد تم تركيب الألياف البصرية في محطات القوى الكهربائية لنقل المكالمات الهاتفية ونقل المعلومات ، كما تم تركيبها جنباً إلى جنب مع خطوط الضغط العالي لنقل المعلومات data transmission والسيطرة control .

د - الشبكات المحلية Local Area Networks

يطلق هذا الأسم على شبكات الاتصالات المستخدمة لتبادل المعلومات بين الحاسبات والمستخدمين وهذه الشبكات تكون في نطاق جغرافي محدود كمكاتب الشركات أو الجامعات أو المستشفيات أو غيرها ومجالاتها مابين ١٠٠ متر إلى ١٠ كم وسعة نطاقها فوق المليون بتة/ ثانية وهناك عدة تكوينات لهذه الشبكات نذكر منها الشبكة الحلقية والنجمية وغيرها .

هـ - الاستخدامات العسكرية Military Applications

بدأ أول الاستخدامات العسكرية للألياف البصرية في السفن والطائرات الحربية نظراً للميزات التي ذكرناها وبصفة خاصة قلة الوزن والحجم. ثم تلا ذلك استخدامها في ميادين المعارك حيث خفة الوزن وصغر الحجم وسهولة النقل ، أمور هامة في مثل هذا الوضع ، كما تم استخدامها في الخطوط الأمامية في جبهات القتال .

و - استخدامات متفرقة Other Applications

ذكرنا بعض الاستخدامات الهامة للألياف البصرية وحيث أن من الصعوبة التطرق لكل الاستخدامات الممكنة لابد من ذكر بعض منها :

أ - الاستخدامات الطبية (المناظير الطبية بكافة أنواعها).

ب - قياس درجات الحرارة عن بعد .

جـ - قياس المجالات المغناطيسية الخطرة .

د - مصانع البتروكيماويات والمصافي.

هـ - الكابلات البحرية .

٢ - ٦ التوجهات المستقبلية Future Trends

شهد حقل البصريات الليفية fiber optics تطوراً مذهلاً خلال السنوات الخمس الماضية لم يتوقعه حتى العاملون في المجال كان التركيز في هذا التطور هو الحصول على أجهزة وشبكات ذات كفاءة عالية بتكلفة أقل وتطويع البصريات الليفية لتوائم أنظمة الاتصالات القائمة وتبسيط التعامل مع نظم الألياف البصرية وكنتيجة للأبحاث الدؤوبة فقد برزت مجالات جديدة سيكون لها تأثير كبير على انتشار هذه التقنية وهي :

أ - مضخمات الألياف المطعمة بالأربيوم .

ب- الدوائر الفوتونية المتكاملة .

جـ - ألياف مصنعة من زجاج الهالايد Halide Glass .

د - استخدام النبضات الطبيعية Solitons

هـ - زيادة عدد مكونات الدوائر المتكاملة لتزيد عن مليون مكوّنة لكل رقاقة.

و - الحصول على منابع ضوئية بتردد واحد .

وقد انشئت خطوط ألياف بصرية تنقل المعلومات بمعدل يصل إلى 2.4Gb/s وهناك خطط لزيادة هذا المعدل سواء تحت البحر أو على اليابسة كما أن مضخمات الألياف المطعمة بالأربيوم ستغني عن المضخمات الالكترونية والمكررات ويصبح نقل المعلومات لالآف الكيلومترات ممكناً بدون مكررات ، ويفتح استخدام النبضات الطبيعيـــة

آفاقاً جديدة لم تكن معروفة في السابق ، وسيمكن إرسال المعلومات بمعدلات عالية جداً لآلاف الكيلومترات دون مكررات أو معالجة .

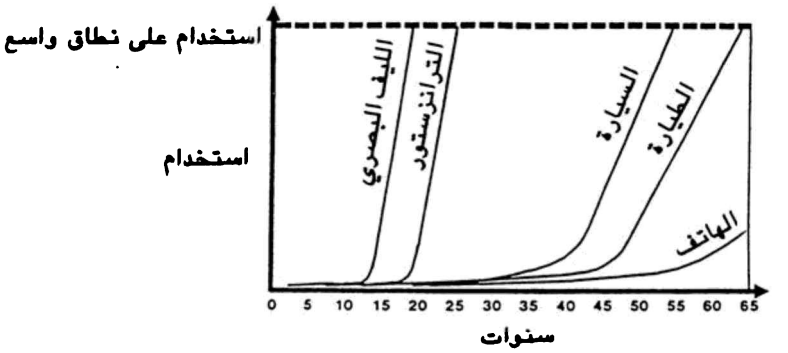
وستتركز الاستخدامات المستقبلية على :

(١) تكوين شبكات إتصال ذكية وذات سعة عالية تربط القارات مع بعضها .
(٢) ربط المكاتب الرئيسية مع بعضها كالشركات الكبرى والبنوك وماإلى ذلك .
(٣) ايصال الخدمات للمنازل.
(٤) التوسع في استخدام الشبكات المحلية وشبكات المناطق الواسعة بكافة أنواعها .
(٥) استخدام أجهزة تبديل switching سريعة .
(٦) تحسين تعدد الإرسال واستخدام تعدد تقسيم الطول الموجي.
(٧) استخدام المكونات الفوتونية .

٢ - ٧ الخلاصة Summary

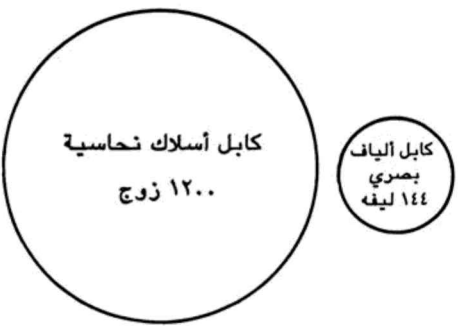
استعرضنا في هذا الفصل التطور التاريخي لإستخدام الاتصالات البصرية الموجهة والتي بدأت بتجربة جون تايندل التي أثبتت إمكان توجيه الضوء إذا وجد الوسط المادي المناسب. لكن الثورة الحقيقية في مجال الاتصالات البصرية بدأت عند اكتشاف الليزر عام ١٩٦٠. ولم يبدأ التفكير العملي باستخدام الألياف البصرية إلا عند اكتشاف ألياف زجاجية بفقد يصل إلى 20 dB/km عام ١٩٧٠ . وبدأت التجارب لاستخدامها عام ١٩٧٦ ووصلت الخدمة التجارية عام ١٩٧٧ وقد تطور استخدامها مع الزمن بشكل يفوق كثير من الاكتشافات الأخرى كما هو في الشكل (٢-١١).

ونظراً لاختلاف مكونات الاتصال عبر الليف البصري عن الأنظمة الالكترونية فقد تطرقنا للمكونات الأساسية ودورها في النظام وضرورة تحويل الاشارات الكهربائية إلى ضوئية حتى نتمكن من الإرسال عبر الليف البصري وبمعرفة أسلوب انتقال الموجات الضوئية وخصائص الألياف البصرية فقد وجدت أنواع كثيرة من الألياف البصرية يستخدم



الشكل (٢-١١) تطور الاستخدام مع الزمن

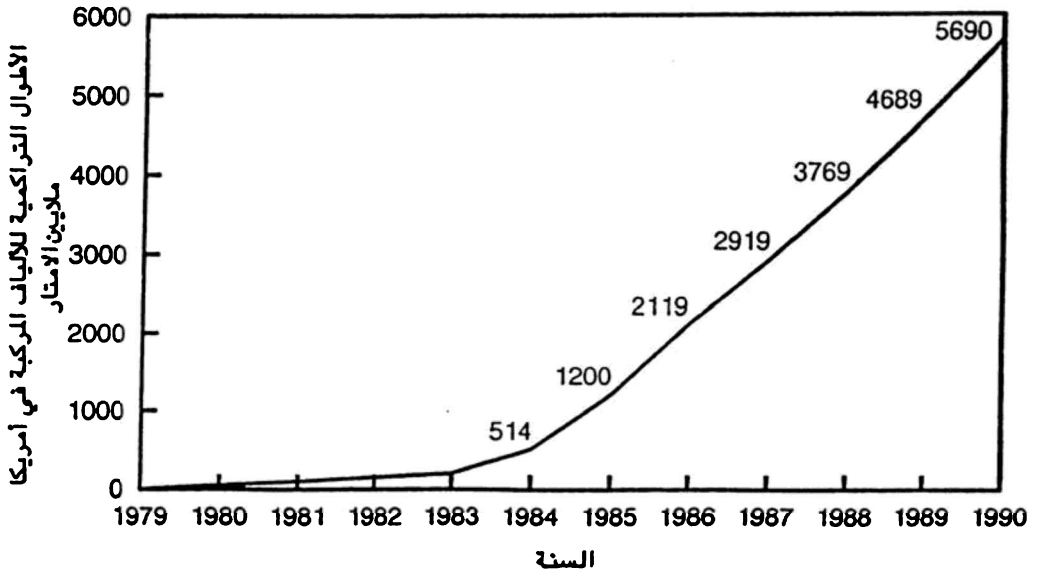
كل منها لغرض معين ، وقد استعرضنا الأصناف الشائعة والموجودة بشكل تجاري وهناك أنواع خاصة سنشرحها فيما بعد . ولم يأت استخدام الألياف البصرية عبثاً بل بسبب الميزات الكثيرة التي تتمتع بها مما جعلها تتفوق على الاتصالات السلكية الأخرى ، ونورد في الشكل (٢-١٢) مقارنة بين كابل بصري وآخر نحاسي. إذ تبدو فيه مقارنة الحجم وسعة كل كابل وعدد القنوات الصوتية التي يستطيع كل منهما أن يمرره .



			معامل الميزه البصري
معدل المعلومات R	1.2 Gb/s	6.2 Mn/s	180
مسافة المكررات D	50 km	1.5 km	33.3
RX D	56000	9.3	6020
عدد القنوات الصوتية	1.161.216	57600	20.2

(٢-١٢) مقارنة بين كابل ألياف بصري وكابل أسلاك نحاسي

وقد شاع استخدام الألياف البصرية في معظم الاتصالات السلكية وبدأت تحل محل كثير منها ، وأصبحت تنافس الاتصالات اللاسلكية بعيدة المدى كالاتصالات عبر السواتل الفضائية ، وكدليل على التوسع في استخدام الألياف البصرية نورد في الشكل (٢-١٣) أطوال كابلات الألياف البصرية المركبة في الولايات المتحدة الأمريكية ونلاحظ ازدياد الكابلات المركبة في السنوات القليلة الماضية والتي تعدت خمسة ملايين كيلومتر.



الشكل (٢-١٣) كابلات الألياف البصرية المركبة في الولايات المتحدة على مدى سنوات

واختتمنا هذا الفصل باستعراض التطورات المستقبلية المبنية على اكتشافات حديثة تمت في السنوات القليلة الماضية والتي سيؤدي تطبيقها العملي إلى تغير جذري في مفهوم الاتصالات الحديثة .

الفصل الثاني

أسئلة

١ - هل تعتقد أن إنتشار شبكات الاتصالات البصرية سيلغي دور السواتل، علل ذلك؟

٢ - ماهي المكونات الأساسية لليف البصري وهل يمكن الحصول على ليف بدون كساء ولماذا ؟

٣ - ماهي السمات الرئيسية التي أدت إلى قلة تكلفة نظم الاتصالات البصرية؟

٤ - ما السبب في تأخر إستخدام الألياف البصرية في الاتصالات ؟

٥ - أذكر بعض إستخدامات الألياف البصرية في غير مجال الاتصالات؟

٦ - ماهي أوجه التشابه والفرق بين نظم الاتصال عبر الليف البصري ونظم الاتصالات الأخرى.

٧ - أذكر أنواع الألياف البصرية.

٨ - لماذا نستخدم ألياف بمعامل انكسار متدرج.

٩ - أذكر ثلاثة أنواع من الألياف البصرية حسب نوع مادة التصنيع؟

١٠- ماذا يحدث عندما يكبر لب الليف أو يصغر؟

١١- أذكر خمس ميزات للألياف البصرية ؟