وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

دراسة تأثير معامل الانكسار في الألياف البصرية على قدرة الاتصالات

بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة ـ جامعة بابل

وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء

من قبل الطالب

مصطفى احمد دوهان

إشراف

الأستاذ الدكتور زيد عبد الزهره

١٤٤٤هـ ٢٠٢٣م

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَأَنزَلَ اللَّهُ عَلَيْكَ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ

وَعَلَّمَكَ مَا لَمْ تَكُنْ تَعْلَمُ وَكَانَ فَضْلُ

اللَّهِ عَلَيْكَ عَظِيمًا ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة النساء : آية ١١٣

الإهداء

إلى من أنارا إلي طريق العلم وعمداه بالمحبة والتفاني

والإخلاص .....والدي ووالدتي مع محبتي

متمنية لهم التوفيق والنجاح في حياتهم

إلى كل من أحببته وأحبني.

اهدي هذا الجهد المتواضع.

شكر وتقدير

بعد حمدٍ للهِ حمداً كثيرا على ما أفاض عليَّ من نعم وهداني لهذا وما كنت لأهتدي لو لا أن هداني الله...

أتقدم بالشكر الجزيل، والامتنان الوافي المقرونين بآيات الاحترام والتقدير لأساتذتي سادة الحرف والكلمة والفن في كلية التربية للعلوم الصرفة جامعة بابل،ابتداءا من عمادة الكلية وحتى رئاسة واساتذة قسم الفيزياء واخص بالذكر منهم(**الأستاذ الدكتور زيد عبد الزهره**) ، شكراً من الأعماق لكل من مد يد العون لي بكلمة أو توجيه أو نصح والله ولي التوفيق.

الخلاصة

الألياف البصرية هي ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة يجمع العديد من هذه الألياف في حزم داخل الكيبلات البصرية وتستخدم في نقل الإشارات الضوئية لمسافات بعيدة جداً

أن هناك بعضاً من الإشارات الضوئية التي تفقد أو تضعف خاصة عندما تسير لمسافات طويلة كالذي يحدث في الكيبلات الممتدة تحت سطح البحر والتي تستخدم في أغراض الاتصالات بين السفن والغواصات، وبالتالي تعالج هذه الكيبلات البصرية بمعززات لهذه الإشارات تمتد على طول الكيبل وتعمل على تقوية الإشارات الضوئية .تتكون هذه المعززات من ألياف بصرية مغلفة بمادة خاصة،وعندما تسقط الإشارات الضوئية الضعيفة على جزيئات المادة فإنها تستثار لتعطي إشارات ضوئية قوية لها نفس خصائص الإشارات الضوئية الساقطة

أن الغلاف يسند البناء الوسطي لليف البصري ويقلل من خسارة شدة الموجة العابرة فيه، أما الطاقة المرافقة لمجالي الموجة الكهرومغناطيسية فتنتقل في لب الليف وجزئياً في الغلاف حيث يتلاشى المجال الكهربائي والمغناطيسي للموجة العابرة إلى مقدار يمكن إهماله عند السطح الفاصل بين الغلاف والهواء الملامس له.

الفصل الاول
مقدمة عن الالياف البصرية

(١-١) ألالياف البصرية نظرة تاريخية .

الألياف البصرية هي ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة يجمع العديد من هذه الألياف في حزم داخل الكيبلات البصرية وتستخدم في نقل الإشارات الضوئية لمسافات بعيدة جداً.

ويتكون الليف البصري من :

*القلب (Core) : وهو عبارة عن زجاج رفيع ينتقل فيه الضوء.

*العاكس (Cladding): مادة تحيط باللب الزجاجي وتعمل على عكس الضوء مرة أخرى إلى مركز الليف البصري.

*الغطاء الواقي (Buffer Coating): غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة أو ويحميه من الضرر و الكسر

ولأن العاكس لا يمتص الضوء الساقط عليه بل يقوم بعكسه إلى داخل الليف البصري طوال رحلته فإن الضوء ينتقل لمسافات بعيدة دون أن يفقد أو يتضاءل .ولكن في بعض الأحيان يحدث وأن تضعف الإشارات الضوئية نتيجة لوجود الشوائب في مادة الزجاج الليفي ، وبشكل عام يمكن القول أن كفاءة الليف البصري ومدى انتقال الإشارات الضوئية فيه لمسافات طويلة دون أن تفقد أو تضعف تعتمد على عاملين:

درجة نقاء مادة الزجاج المصنوع منها الليف البصري (Core).

الطول الموجي للضوء المستخدم ،فمثلاً في الأطوال الموجية (٨٥٠nm) تكون نسبة الضعف في الإشارات الضوئية المرسلة حوالي(من ٦٠% إلى ٧٥% لكل كيلومتر).وفي الأطوال الموجية(١.٣٠٠nm) تتراوح النسبة من ٥٠% إلى ٦٠% لكل كيلومتر.

وهناك أنواعا من الألياف البصرية ذات الكفاءة العالية والتي تعد نسبة الضعف في إشاراتها الضوئية صغيرة جدا لا تزيد ١٠% لكل كيلومتر للضوء ذو الطول الموجي (١.٣٠٠nm).

(٢-١) الالياف البصرية ومراحل تطورها.

تتكون وحدة الاتصالات بالألياف البصرية من:

*جهاز الإرسال(Transmitter): يرسل الإشارات الضوئية المشفرة.

*مجدد أو معزز الإشارات الضوئية(Optical Regenerator): وهذا ضروري لتعزيز الإشارات وتقويتها حتى لا تضعف وتتلاشى خلال رحلتها الطويلة عبر الكيبلات البصرية.

*جهاز الاستقبال(Receiver): يستقبل الإشارات الضوئية ويحل تشفيرها.

*جهاز الإرسال (Transmitter)

فيه تدار الأجهزة لتعطي سلسلة من الومضات الضوئية المتعاقبة التي تولد الشفرات أو الإشارات الضوئية المرسلة.

*معزز الإشارات الضوئية(Optical Regenerator):

كما ذكر سابقاً أن هناك بعضاً من الإشارات الضوئية التي تفقد أو تضعف خاصة عندما تسير لمسافات طويلة كالذي يحدث في الكيبلات الممتدة تحت سطح البحر والتي تستخدم في أغراض الاتصالات بين السفن والغواصات، وبالتالي تعالج هذه الكيبلات البصرية بمعززات لهذه الإشارات تمتد على طول الكيبل وتعمل على تقوية الإشارات الضوئية .تتكون هذه المعززات من ألياف بصرية مغلفة بمادة خاصة،وعندما تسقط الإشارات الضوئية الضعيفة على جزيئات المادة فإنها تستثار لتعطي إشارات ضوئية قوية لها نفس خصائص الإشارات الضوئية الساقطة،أي أن الغلاف يعمل عمل الليزر(تفخيم الضوء الساقط) وهكذا تستمر عملية انتقال الضوء لمسافات طويلة دون أن تفقد.

*المستقبل (Receiver):

تستخدم في هذه المستقبلات خلايا ضوئية(Photocell) أو الثنائيات الضوئية (Photodiode) التي تتعرف وتكشف الإشارات الضوئية المرسلة وتحل شفرتها إلى إشارات كهربية تدير الأجهزة المختلفة كالتلفزيون ،والكمبيوتر،والهاتف...وغيرها.

(٣-١) الالياف البصرية وثورة الاتصالات .

تكنولوجيا المعلومات هي تعريف لكلمة TECHNOLOGY والتي هي مشتقة من الكلمة اليونانية TECHNE وتعني فنياً أو مهارات أما الجزء الثاني من الكلمة LOGY والتي تعني علماً أو دراسة ويترجم البعض كلمة تكنولوجيا إلى العربية (تقنية) بينما يراها البعض أنها ثقافة "

تظهر تكنولوجيا المعلومات في كل أوجه حياتنا فمنذ بداية اليوم قد تكون المعلومات في شكل أذان الفجر أو نشرة الأخبار في المذياع أو التلفاز أو الجريدة الصباحية أو هاتف يخبر نبأ أو ما يتضمنه حديث العائلة على المائدة الإفطار كذلك محتويات الأوراق في العمل أو الحاسوب أو جهاز الفاكس فالواقع إننا منغمسون حتى أننا نتلقى ونرسل ونتعامل ونخزن وننظم ونفكر بالمعلومات وهي الوسائل التي تستخدم للإنتاج المستلزمات الضرورية لراحة الإنسان واستمرارية وجوده . لاتزال تكنولوجيا المعلومات مستمرة في النمو والتعقد والتطور، يتجاهل معظم الباحثين في تحديدهم لمفهوم تكنولوجيا المعلومات Information Technology المكون الأساسي له وهي المعلومات، التي تعد جوهر مهم وحيوي ترتكز عليه كل الأدوات والمعدات التي تستخدم في عملية خزنها ومعالجتها واسترجاعها أو تناقلها. ويتم التركيز على تلك الأدوات في وضع تعريف لهذا المصطلح. ويرى الباحث أن مفهوم تكنولوجيا المعلومات يمكن النظر إليه من زاويتين. الأولى تخص المعلومات بإطارها العام الذي توصف فيه بأنها النتاج الفكري البشري المتضمن في الأنواع المختلفة لمصادر المعلومات، أو الرسائل المتناقلة بين المرسل والمستقبل من خلال تقنيات الاتصالات المتنوعة، أو الأفكار والمفاهيم التي يتم بثها من خلال وسائل البث الموجه. أما الإطار الخاص للمعلومات فهو الذي توصف فيه، بأنها تلك البيانات التي خضعت لعمليات المعالجة والتقييم والترتيب والتنظيم والتصنيف، باستخدام الوسائل الآلية واليدوية. والزاوية الثانية لهذا المفهوم، ترتبط بالتقنيات التي استخدمت في عمليات المعالجة والتناقل والبث. وعليه يمكن صياغة تعريف تكنولوجيا المعلومات على أنها، التقنيات الالكترونية والرقمية التي تستخدم في تخزين ومعالجة وتناقل وبث نتائج عمليات تحليل وتصنيف وتكشيف واستخلاص المعلومات وتوجيه الإفادة منها

من قبل المستفيدين بأيسر السبل مع ضمان محصلات السرعة والدقة. ويؤكد الباحث هنا على إن المعلومات ضمن هذا المفهوم كانت قد خضعت إلى جملة من العمليات قبل أن تكون مدخلات في أجهزة الحواسيب أو رسائل مرسلة باستخدام تقنيات الاتصالات أو موجه باستخدام تقنيات البث، وبهذا تختلف عن مفهوم البيانات التي تستخدم بشكل شائع من قبل المتخصصين في مجال الحواسيب على إنها وصف لكل الحقائق والمفاهيم والرموز والأرقام الخام التي تعد مدخلات للحاسب والمهيأة لإجراء عمليات المعالجة عليها لإخراجها لاحقا على شكل معلومات.

(٤-١) مكونات أليف البصري.

بدأت الثورة المعلوماتية نتيجة اقتران تقنيتي الاتصالات من جهة، والمعلومات وما وصلت إليه من جهة أخرى، فالثورة المعلوماتية هي الطفرة العلمية والتكنولوجية التي نشهدها اليوم، حتى بات يطلق على هذا العصر **عصر المعلومات**. وتعد المعلومة أهم ممتلكات الإنسان، اهتم بها، على مر العصور، فجمعها ودونها وسجلها على وسائط متدرجة التطور، بدأت بجدران المعابد والمقابر، ثم انتقلت إلى ورق البردي، وانتهت باختراع الورق الذي تعددت أشكاله، حتى وصل بها المطاف إلى الأقراص الإلكترونية الممغنطة.

وباتحاد هاتين الطفرتين في عالم التكنولوجيا، ولد علم جديد هو **علم تقنية المعلوماتية Telematique**، وهو مصطلح يعبر عن اقتران التقنيتين، ويتكون من الجزء الأول من كلمتي Telecommunication، وهو الاتصال عن بعد، والجزء الثاني من كلمة Information ، وتعني المعلومات، وهو علم اتصال المعلومات عن بعد.

هكذا جاء التقدم الفني مصحوباً بصور مستحدثة لارتكاب الجرائم، التي تستعير من هذه التقنية أساليبها المتطورة، فأصبحنا أمام ظاهرة جديدة هي ظاهرة الجريمة المعلوماتية .

لقد تباينت الصور الإجرامية لظاهرة الجريمة المعلوماتية وتشعبت أنواعها فلم تعد تهدد العديد من الصالح التقليدية التي تحميها القوانين والتشريعات منذ عصور قديمة ، بل أصبحت تهدد العديد من المصالح والمراكز القانونية التي استحدثتها التقنية المعلوماتية بعد اقترانها بثورتي الاتصالات و المعلومات .

فالمصالح التقليدية التي تحميها كل التشريعات والنظم القانونية منذ زمن بعيد بدأت تتعرض الى اشكال مستحدثة من الاعتداء بواسطة هذه التقنية الحديثة فبعد أن كان الاعتداء على الاموال يتم بواسطة السرقة التقليدية أو النصب،و كانت الثقة في المحررات الورقية يعتدى عليها بواسطة التزوير، أصبحت هذه الأموال يعتدي عليها عن طريق اختراق الشبكات المعلوماتية واجراء التحويلات الالكترونية من اقصى مشارق الأرض الى مغاربها في لحظات معدودة، كما اصبحت تلك الحقوق الثابتة في الاوعية الورقية يتم الاعتداء عليها في اوعيتها الالكترونية المستحدثة عن طريق اختراق الشبكات والانظمة المعلوماتية دون الحاجة الى المساس باي وثائق او محررات ورقية..

وبعد ان كانت الحياة الخاصة للإنسان تواجه الاعتداء باستراق السمع او الصورة الفوتوغرافية، اصبحت هذه الخصوصية تنتهك بواسطة اختراق، البريد الالكتروني والحواسب الشخصية ، و قواعد البيانات الخاصة بالتأمين الصحي والمستشفيات ومؤسسات الائتمان والتأمين الاجتماعي.

اما المصالح المستحدثة ، فتتمثل في استحداث مراكز قانوينة افرزتها الحياة الرقمية الجديدة مثل حقوق الملكية الفكرية على تصميم البرامج المعلوماتية، بالاضافة الى حقوق الملكية الصناعية ، والاسم التجاري للمواقع الاليكترونية المختلفة ،والحقوق الناتجة عن تشغيلها والخدمات التي تقدمها للعملاء.

فإذا ما تأخرت القوانين والتشريعات اللازمة لمواجهة هذه الظاهرة الاجرامية ، الجديدة فسوف نواجة عشوائية سيبيرية كتلك العشوائية العمرانية التي نتجت عن تأخر قوانين التطوير العمراني.

لان الفضاء السيبري المتعولم وضع اكثر من ٢٠٠ دول في حالة اتصال دائم واصبحت شبكة الانترنت اليوم تشهد تعايشاً مستمرا في جميع المجالات العلمية والبحثية والاقتصادية ، بل والسياسية والاجتماعية على السواء ،وهو ما يقودنا الى ضرورة التعرض الى تحديات الجريمة المعلوماتية في ظل الفراغ التشريعي الليبي في مواجهة هذه الجرائم من جهة ،من جهة وتحديات الجريمة المعلوماتية العابرة للحدود الاقليمية من جهة اخرى.

تعد الجرائم المعلوماتية صنفاً مستحدثاً من الجرائم التي تتحدى القواعد التقليدية للتجريم و العقاب التي تقتضي ضرورة تحقق اركان الجريمة طبقاً لمبدأ شرعية الجرائم و العقوبات .

يصعب الاتفاق على تعريف موحد للجريمة المعلوماتية ، حيث اختلفت الاجتهادات في ذلك اختلافاً كبيرا ، يرجع إلى سرعة وتيرة تطور التقنية المعلوماتية من جهة، و تباين الدور الذي تلعبه هذه التقنية في الجريمة من جهة أخرى ، فالنظام المعلوماتي لهذه التقنية يكون محلاً للجريمة تارة ، و يكون وسيلة لارتكابها تارة اخرى،فكلما كان البحث منصباًعلى الجرائم التي ترتكب ضد النظام المعلوماتي انطلق التعريف من زاوية محل الجريمة بأنها الجريمة المرتكبة بالاعتداء على النظام المعلوماتي ، أما إذا كان البحث منصباً على دراسة الجرائم التي ترتكب باستخدام التقنية المعلوماتية ارتكز التعريف على الوسيلة و كان :" كل أشكال السلوك غير المشروع الذي يرتكب باستخدام الحاسب الآلي. تجر الاشارة أيضاً إلى أن أهم عوامل صعوبة الاتفاق على تعريف هو أن التقنية المعلوماتية أصبحت تحل محل العديد من التقنيات السابقة كاهاتف و الفاكس و التلفزيون ، فالمسألة لم تقتصر على معالجة البيانات فحسب با تعدتها إلى وظائف عديدة مثل ظيفة النشر و النسخ ، وهو ما يحتم ضرورة التفرقة بين جرائم الإنترنت وشبكات المعلومات بالمعنى الفني عن بقية الجرائم الأخرى التي يستخدم فيها الإنترنت أو الحاسب الآلي كأداة لا رتكابها. فيقصد بجرائم الإنترنت وشبكات المعلومات الدخول غير المشروع إلى الشبكات الخاصة كالشركات والبنوك وغيرها وكذلك الأفراد، والعبث بالبيانات الرقمية التي تحتويها شبكة المعلومات مثل تزييف البيانات أو إتلافها ومحوها، و امتلاك أدوات أو كلمات

سرية لتسهيل ارتكاب مثل هذه الجرائم التي تلحق ضرراً بالبيانات والمعلومات ذاتها وكذلك بالنسبة للبرامج والأجهزة التي تحتويها وهي الجرائم التي تلعب فيها القنية المعلوماتية دوراً رئيسياً في مادياتها أو السلوك الإجرامي فيها. أما الجرائم التقليدية الأخرى مثل غسيل الأموال، تجارة المخدرات، الإرهاب، الدعارة، الاستخدام غير المشروع للكروت الإلكترونية، ودعارة الأطفال Pornography و جرائم التجارة الإلكترونية ، وكذلك جرائم السب و القذف ، هي جرائم تستخدم التقنية المعلوماتية كأداة في ارتكابها دون أن تكون جرائم معلوماتية بالمعنى الفني وإن كان يطلق عليها الجرائم الإلكترونية.

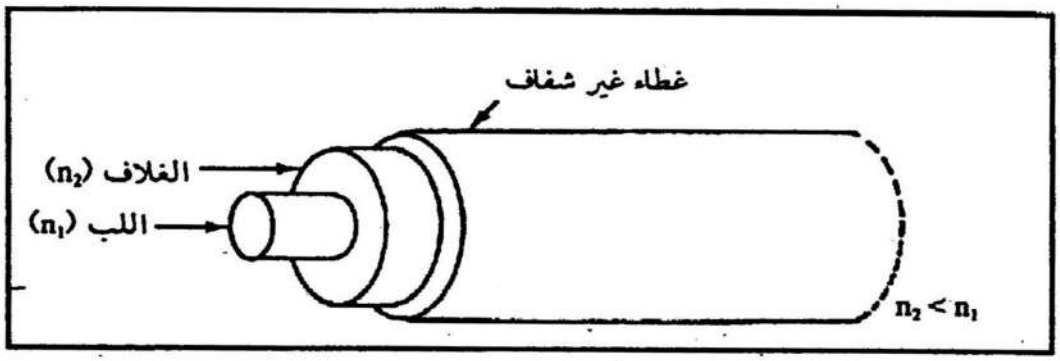
نصل إلى أن الجرائم المعلوماتية لها انواع و أصناف عديدة ، وكما أسلفنا القول فإن الجريمة المعلوماتية تتميز بأنها تضم نوعين من الجرائم المستحدثة ، الأول انواعاً مسحدثة من الإعتداء على مصالح محمية جنائياً بالنصوص القانونية التقليدية ، أي أن في هذه الحالات فإن طرق الاعتداء فقط هي المستحدثة لأنها تتم عن طريق التقنية المعلوماتية

الفصل الثاني
مميزات أللِيف البصري وكيفية ألانتشار الضوئي

(٢-١) أنواع ألالياف البصرية .

هي ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة ويتكون الليف البصري من لب اسطواني الشكل يتكون من مادة عازلة شفافة ذات معامل انكسار(n_1) يحيط به الغلاف المتكون من مادة شفافة عازلة أيضا ولكن بمعامل انكسار(n_2) اقل بقليل من معامل انكسار اللب.

أن الغلاف يسند البناء الوسطي لليف البصري ويقلل من خسارة شدة الموجة العابرة فيه، أما الطاقة المرافقة لمجالي الموجة الكهرومغناطيسية فتنتقل في لب الليف وجزئياً في الغلاف حيث يتلاشى المجال الكهربائي والمغناطيسي للموجة العابرة إلى مقدار يمكن إهماله عند السطح الفاصل بين الغلاف والهواء الملامس له، أما الأبعاد الاعتيادية لليف بصري مفرد فتتراوح بين بضع مايكرومتر إلى حوالي ملليمتر لقطر لب الليف ومن عشرة مايكرومتر ولغاية عشر الملليمتر لسمك غلافه.والشكل (1-2) يوضح أجزاء الليف البصري .



(١-١-٢) مزايا الالياف البصريه Advantages of Optical Fibers

1-سعة كبيرة لنقل الإشارات.
2-قطرها صغير ووزنها خفيف.
3-لا يوجد تداخل بينها مهما قربت المسافة بينها.
4-لا تتأثر بالحث أو التداخل الكهرومغناطيسي.
5-انخفاض في سعر تكلفة المكالمات .
6-أكثر أمانا وسلامة .
7-حياتها طويلة .
8-تتحمل درجات عالية ولا تتأثر بالمواد الكيميائية.

(2-2) أنواع الألياف البصرية (Types of Optical Fiber)

تصنف الألياف البصرية إلى ثلاثة أنواع تبعاً لأنماطها وتركيبها وهي كما يلي:

1-ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي **Multimode Step index Fibers**

يتألف الليف البصري من جزئيين أساسيين هما لب الليف والذي يشغل مركز الليف يحيط به كساء يضاف لذلك طبقة واقية تسمى الغلاف أو الغطاء الواقي. 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 وتعتمد خواص هذه الألياف على نوع الليف والمواد المصنعة منها وطريقة التصنيع

2-ألياف 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 الليف من عدد من العناصر الزجاجية أو السليكا المطعمة.

أن أداء الألياف متعددة النمط ومتدرجة معامل الانكسار يتفوق على أداء الألياف متعددة ذات معامل الانكسار العتبي نظراً لتدرج معامل الانكسار وقلة التوهين فيها،غير أن قطر اللب في الألياف متعددة النمط ومتدرجة معامل الانكسار اقل من قطر اللب في الألياف متعددة النمط ذات معامل الانكسار العتبي. وتستخدم للمسافات المتوسطة وعرض نطاق متوسط عالي .

3- ألياف أحادية النمط Single Mode Fiber

قد يكون معامل انكسار الليف متعدد النمط متدرج أو عتبي ولكن معظم الألياف أحادية النمط الموجودة حالياً ذات معامل انكسار عتبي. تتميز الألياف أحادية النمط بنوعيها الممتازة كما أن عرض النطاق فيها كبير وتستعمل للمسافات الطويلة وتصنع من مادة السليكا المطعمة . ولو أن قطر اللب صغير جداً إلا أن قطر الكساء يبلغ أضعاف قطر اللب وذلك للتقليل من نسبة الفقد من الموجات المضمحلة التي تمتد داخل الكساء ومع استخدام الغلاف الواقي يصبح القطر الإجمالي لليف أحادي النمط مساو إلى قطر الليف متعدد النمط .

(٢-٢) مميزات ألالياف البصرية .

عند تصميم وصلة ليفية بصرية لابد من اعتبار ثلاثة عناصر رئسيه وهي:–

1- فتحة النفوذ التعددية Numerical Aperture

يتطلب اقتران الضوء في اللب البصري وقوع شعاع ضمن زاوية معينة تدعى زاوية القبول ويعبر عن قدرة تجميع الضوء المقترن بالليف.

تعد زاوية القبول اكبر زاوية سقوط تصنعها الأشعة الساقطة مع محور الليف البصري عند مدخلة لكي تعبر خلاله وهي تمثل نصف الزاوية المستوية للمخروط المشكل من الأشعة الساقطة عند مدخل الليف البصري، وتقاس عادة بالدرجة أو الزاوية النصف قطرية، عند سقوط الإشعاع بزاوية اقل من زاوية القبول فانه سيسقط عند الحد الفاصل بين لب الليف وغلافه بزاوية اكبر من الزاوية الحرجة وسينعكس كلياً وسيعبر خلال الليف البصري وعلى امتداده، ولكن عند سقوط الأشعة بزاوية اكبر من زاوية القبول فان الشعاع سيسقط عن

الحد الفاصل بين اللب وغلافه بزاوية اقل من الزاوية الحرجة وسوف ينفذ إلى الغلاف ويعد خسارة مهمة الليف في نقل الطاقة التي تحملها الأشعة.

٢- التوهين Attenuation

يعتبر التوهين احد العناصر الأساسية في تقويم أنظمة الاتصالات حيث تتعرض الموجات الحاملة للوهن عند انتشارها في قناة الاتصال نتيجة عوامل عديدة كالامتصاص (Absorption) والتشتت (Scattering) ويجب استخدام قنوات اتصال بأقل توهين ممكن حتى تنتشر الموجات الحاملة لأطول مسافة ممكنة، وفي قنوات الاتصال المصنعة في الألياف البصرية يلعب التوهين دوراً أساسيا في اختيار الليف ، وفقد الضوء في الليف البصري يعتمد إلى حد كبير على الطول ألموجي ويزيد عند أطوال موجية معينة اخرى .

تقاس قيمة التوهين بوحدة الدسيبيل في الليف البصري لتعبر عن النسبة بين الطاقة الضوئية المستقبلة والطاقة الضوئية المرسلة في الليف.

3-التفريق Dispersion

ينقسم التفريق في الألياف البصرية إلى نوعين هما:

التفريق النمطي والذي يتم نتيجة سلوك الإشارات المرسلة مسارات مختلفة عند انتشارها داخل الليف مما يؤدي إلى عدم وصولها في وقت واحد. أما النوع الأخر فهو التفريق الباطني وينقسم إلى نوعين : تفريق المادة، وتفريق الدليل ألموجي .

ويحصل تفريق الدليل الموجي في جميع الألياف البصرية وينتج من عرض خط المنبع البصري حيث إن المنابع البصرية لا تبث الإشعاع بطول موجي واحد بل بحزمة من الأطوال الموجية وحيث إن معامل انكسار الزجاج المستخدم في الألياف يتغير مع الطول ألموجي فان ذلك سيؤدي إلى اختلاف في سرعة الإشارات أو النبضات مما يؤدي إلى انبساطها ويؤثر ذلك على كمية المعلومات المراد نقلها .

(2-4) الخسائر في الألياف البصرية :

هنالك أسباب متعددة مسؤولة عن الخسارة في قدرة الإشارة المنقولة عبر الليف البصري . وتتأثر هذه بعدة عوامل تصنف كالأتي:

1- العوامل المعتمدة على المادة المصنع منها الليف البصري، مثلاً خواصها البصرية وتركيبها، كيفية تحضير المادة ونقاوتها ، تصميم الليف البصري ودقة تصنيعه.

2- الانحناءات في الليف البصري وخاصة المفاجئة منها وأيضا تلك التي تنتج عن تعبئة الليف البصري .

(٣-٢) كيفية أنتقال الضوء في الالياف البصرية.

من المعروف أن جزءاً من شدة الضوء المنتقل في وسط ما يمتص من الوسط ذاته وان مقدار الامتصاص للوسط يعتمد على خصائص مادة الوسط وعلى طول الموجة المنتقلة عبره، كما تتحول القدرة الممتصة إلى حرارة في الوسط. تصنف عادة خسارة الامتصاص في الوسط إلى نوعين :

الأول: خاص بمادة الليف البصري كالزجاج ومركباته الأساسية التصنيعية الأخرى المعروفة.
والثاني:يعود إلى وجود الشوائب والملوثات في مادة الليف البصري، تعطى الخسارة بدلالة معامل الامتصاص لمادة لب الليف البصري والذي يعتمد على طول الموجة الساقطة عليه والنافذة خلاله وأيضا على درجة حرارة الوسط.
ويتطلب تصنيع الليف البصري معالجة الزجاج ببعض أكاسيد المعادن وهذا يؤدي إلى زيادة قابلية الليف على الامتصاص. إن طول الموجة المهم في الاتصالات البصرية يتراوح بين (0.8-1.6)μm ، وان المصادر يجب أن تكون متناسبة مع تصميم الليف البصري.قد تعود خسارة الامتصاص إلى وجود بعض الشوائب والملوثات خاصة لبعض ايونات المعادن التي تقع قمة امتصاصها في المدى المرغوب فيه(الذي يتراوح في مجال الاتصالات حالياً من (0.8-1.6)μm) ومنها ايونات الحديد والكروميوم والنحاس الثلاثية التأين(Cu^{+3},Fe^{+3},Cr^{+3}) ،كذلك لوجود ايون الهيدروكسيل(OH-) في عجينة مادة الليف البصري تأثير كبير على توهين الإشارة الضوئية في المدى المذكور، فمثلاً بسبب وجود جزء واحد فقط من مليون من هذا الايون في الزجاج يحدث توهيناً للإشارة المنقولة بمقدار ثلاثين دسبيل لكل كيلومتر عند الطول الموجي(1.39 μm) ، ومن جهة أخرى تسبب الانتقالات أو الانبعاثات الطيفية بين المستويات الطاقية التذبذبية لشبكة المادة البلورية المصنعة منها مادة لب الليف البصري أهم خسارة في مدى الأشعة تحت الحمراء (الأشعة ذات طول موجة اكبر من 1.6 μm) .

(٤-٢) مراحل أنتقال الضوء عبر الليف البصري .

إن هذه الخسارة ناجمة عن تشتت القدرة البصرية عن مادة لب الليف البصري ، فمثلاً قد تكون عجينة الزجاج المصنع منها لب الليف البصري غير متجانسة في الكثافة أو من تركيز مكوناتها كذلك قد لا يكون مقطع لب الليف البصري منتظماً أو إن تصنيعه تضمن احتوائه على فقاعات هوائية صغيرة أو متناهية في الصغر(مجهريه) تغلغلت إلى داخل لب الليف أو عند الحد البيني الفاصل بين لبه وغلافه، كل هذه العوامل يمكن أن تؤدي إلى إن يكون لمعامل انكسار الوسط قيماً عشوائية غير متجانسة . أن مراكز عدم الانتظام هذه تمثل مراكز تشتت للطاقة وسبباً في هروبها خارج الليف البصري، قد يؤدي هذا أيضا إلى احتمالية تبادل القدرة التي يحملها نمط التذبذب العابر في ليف بصري مع أنماط أخرى مختلفة ولهذا السبب قد لا يستطيع نمط التذبذب الأصلي أن يواصل الانتقال عبر لب الليف البصري ولكنه يسرب أو يشع جزء من قدرته إلى خارج الليف . إن تشتت القدرة في الليف البصري قد يكون خطياً، أي إن علمية تشتت الطاقة لا يتضمن تغيراً في تردد الموجة العابرة في الليف البصري، أهم أنواع لهذا التشتت هو رالي(Rayliegh) وهو التشتت الذي يهيمن على ميكانيكية الخسارة لوسط ما في مدى الأطوال الموجية الواقعة بين نهاية مدى الأشعة فوق

البنفسجية وحتى بداية مدى الأشعة تحت الحمراء حيث تكون خسارة الامتصاص واطئة .

إن تشتت رالي يعتمد على طول الموجة المارة خلال الليف البصري وعوامل أخرى ، حيث إن التوهين الناتج عن هذا التشتت يتناسب مع القوة الرابعة للطول الموجي عكسياً.

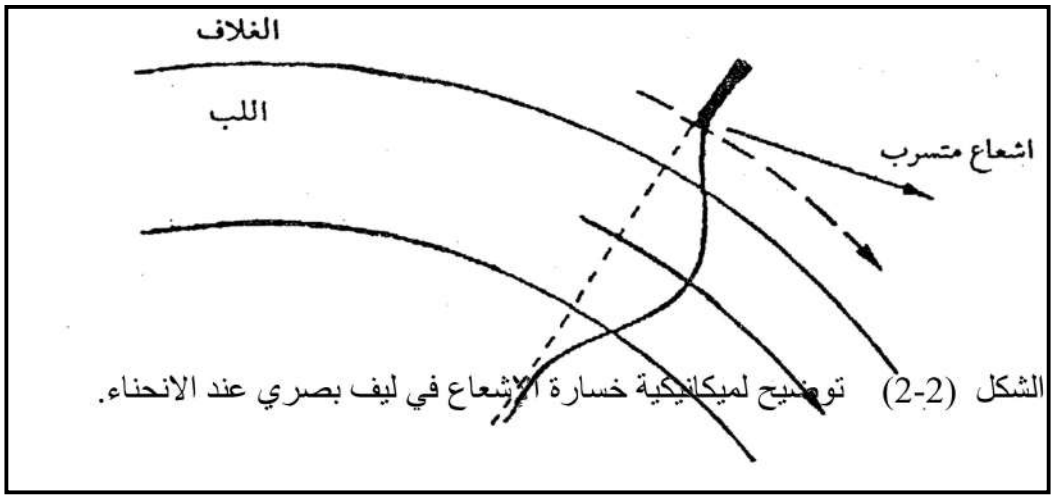
عندما يستخدم الليف البصري لنقل قدرة بصرية عالية القيمة نسبياً ، فان قنوات الخسارة لتشتت غير خطي تصبح مؤثرة، في هذه الحالة يكون لكل ليف بصري مستوى لعتبة القدرة. عند تجاوزها يمكن تسجيل خسارة ملحوظة في القدرة المنقولة عبره.

(2-4-3) خسارة الانعكاس لفرنيل

عند سقوط الضوء على لوح زجاجي فان جزءاً من الطاقة سينعكس عنه يدعى هذا الانعكاس (بانعكاس فرنيل) إن انعكاس فرنيل في وسط الهواء سيحدث عند مدخل الليف وفي الزجاج عند مسربه. ويمكن تقليص هذه الخسارة إلى مقدار يمكن إهماله باستخدام طلاءات ضد الانعكاس وبطبقات متعددة تطلى بها نهايتي الليف البصري.

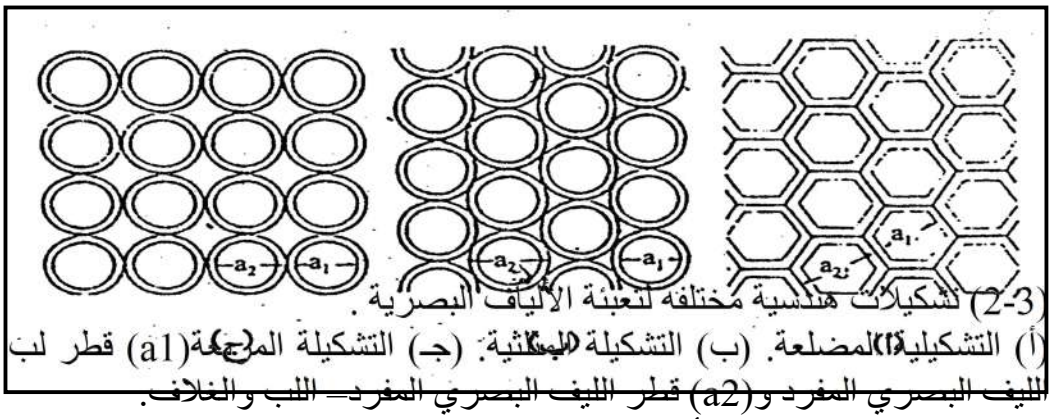
(٢-٥) أنماط ألانتشار في الليف البصري.

تتضمن الخسارة الناجمة من الانحناء الذي قد يصيب جزء من طول الليف البصري،تزداد هذه الخسارة كلما ازداد الانحناء أو التكور، لذا يجب أن لاينثني الليف البصري أو ينحني بتكور شديد نصف قطره يقارن بنصف قطر الليف البصري ذاته،عند موضع الانحناء يُلزم جزء من نمط التذبذب عند الجهة الداخلية من الانحناء وفي الوسط ذاته لكي تبقى جبهة الموجة العمودية على اتجاه الانتقال محافظة على شكلها، هذا يعني أن جزء من نمط التذبذب في الغلاف يجب أن ينتقل بسرعة اكبر من سرعة الضوء في الوسط نفسه، ولما كان هذا غير ممكن لذا فان الطاقة المرافقة لهذا الجزء من نمط التذبذب سيفقد على شكل أشعاع كما في الشكل (2-2) .



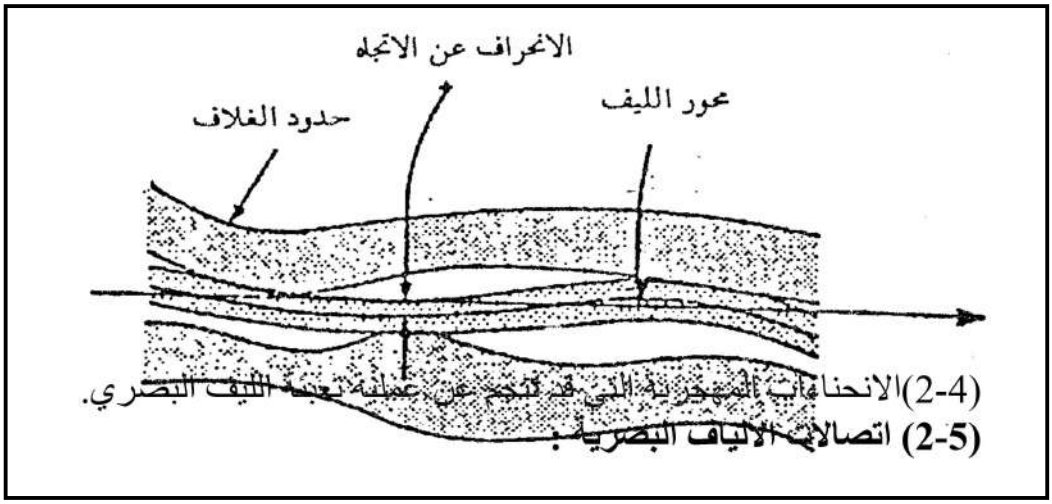
الشكل (2-2) توضيح لميكانيكية خسارة الإشعاع في ليف بصري عند الانحناء.

المقصود بعملية التعبئة هي جمع الألياف البصرية في حزمة (شكل عشوائي أو متشابه) وتغطيتها بطبقة أو أكثر من الكسوة الأخيرة. إن طاقة الضوء الساقطة عند مدخل ليف بصري والتي تعبر خلاله هي فقط تلك التي تسقط على مساحة المقطع للب الليف وتحدد هذه عادة بنسبة معينة تدعى نسبة التعبئة. وهي النسبة بين مساحة مقطع لب الليف البصري ومساحة المقطع الكلية له، تعتمد أيضا هذه النسبة على التشكيلة الهندسية لتعبئة الألياف البصرية لتشكيلات هندسية مختلفة، والشكل(3-2) يوضح تصاميم نموذجية لاحتمالية الترتيب الذي يمكن ان تتخذه علمية تعبئة ألياف بصرية متماثلة.



(2-3) تشكيلات هندسية مختلفه لتعبئة الألياف البصرية .
(أ) التشكيلية المضلعة. (ب) التشكيلة الثلاثية. (جـ) التشكيلة المجهة(a1) قطر لب الليف البصري المفرد و(a2) قطر الليف البصري المفرد= اللب والغلاف.

قد تضيف عملية تعبئة الألياف البصرية انحناءات عشوائية على محور الليف البصري مسببة خسارة إضافية أخرى، تنتج هذه الانحناءات عن قوى سحب أو ضغط صغيرة جداً تعمل باتجاه عرضي على محور الليف البصري محدثة فيه انحناءات عشوائية وعلى مقياس صغير جداً (مجهري) تدعى بالانحناءات المهجرية. تؤثر على الترتيب الهندسي لليف البصري وتسبب تشتتاً وخسارة تدعى بخسارة الانحناءات المهجرية، إن غطاءً خشناً صلباً قد يؤدي إلى انحناء في محور الليف البصري بمقدار بضع مايكرومتر ويسبب خسارة نتيجة التشتت، لذا فان عملية تعبئة الألياف البصرية يجب أن تنفذ بعناية ودقة بحيث يمكن السيطرة فيها على مثل هذه الانحناءات الدقيقة وتحاشي الخسارة المرافقة لها كما في الشكل(4-2)



(2-4)الانحناءات المهجرية التي قد تنجم عن عملية تعبئة الليف البصري.

(2-5) اتصالات الألياف البصرية:

انتقلت اتصالات الألياف البصرية (Optical Fibers) من أنظمة بسيطة لإيصال الضوء إلى أماكن يصعب الوصول إليها إلى أنظمة تؤثر على حياتنا كالتي أحدثتها الالكترونيات والحاسبات.

تمتلك الألياف البصرية مزايا عديدة كقلة الفقد وخفة الوزن ولكن الميزة الهامة هي سعة نطاقها العالية جداً والتي تصل إلى ألاف البلايين من البتات لكل ثانية . لقد احتلت الألياف البصرية مكاناً متميزاً في مجال الاتصالات إذ حلت محل الأسلاك النحاسية في العديد من الاستخدامات كالربط بين المقاسم الهاتفية والخطوط بعيدة المدى وعبر البحار وتطورات تقنية الألياف البصرية تطوراً سريعاً خلال العقود الماضية فاقت كل التوقعات مما جعلها تتربع موقعاً تنافسيا في وسائل الاتصالات الأخرى.

وقد مرت الاتصالات البصرية بأجيال متعددة منها:-

الجيل الأول: صمم هذا الجيل ليقوم بنقل معلومات بمعدل بتات تتراوح بين (2-140) ميكابايت لكل ثانية، استخدمت فيه منابع بصرية مصنعة من زرنيخ الكاليوم (GaAs) وكواشف سليكونية تعمل في أطوال موجية تتراوح بين (900 - 810)nm.

الجيل الثاني: تم تطوير منابع وكواشف ضوئية تعمل عند طول موجي 1300nm حيث ينخفض الفقد في الليف البصري إلى (١) db لكل كيلومتر .

عدد الدسيبيل= 10لو$_{10}$ القدرة الخارجة / القدرة الداخلة

الجيل الثالث: أدى استخدام الألياف البصرية أحادية النمط مما أدى إلى الحصول على سعة نطاق عالية، تم في هذا الجيل تشغيل وصلات بصرية تستخدم الألياف البصرية أحادية النمط وبطول موجي 1300nm للحصول على فقد يقل عن (db1) لكل كيلومتر ومسافة بين المكررات تبلغ (40Km) .

الجيل الرابع : تم تشغيل هذه الأنظمة عند الطول ألموجي 1550nmحيث الفقد اقل مما هو عليه عند الطول الموجي 1300nm . أدى تطور العناصر المستخدمة في هذه الأنظمة كمنابع الكواشف لبناء أنظمة تعمل بمعدل نقل معلومات قدره (10Gbit) لكل ثانية.

الجيل الخامس: تمكن الباحثون من تطعيم الألياف الزجاجية بمادة الاربيوم(Er) مما أعطى دافع قوي لاستخدام أنظمة الألياف البصرية عند الطول ألموجي 1550nm أدى ذلك التطعيم للحصول على مضخمات ذات كسب مرتفع أطلق عليها مضخمات الليف المطعم بالاربيوم(EDFA) (Erbium Doped Fiber Amplifiers) والتي وجدت استخداماً واسعاً في خطوط النقل التي تستخدم نبضات طبيعية(Solitons) والتي تمكنها من قطع مسافات طويلة دون تشويه .

(2-6) التضمين

هو مفهوم أساسي يرد في مجال الاتصالات ونقل المعلومات بتوظيف موجة حاملة أو ناقلة للإشارة المعلوماتية والمقصود بمفهوم التضمين هو العملية التي تصف كيفية تغير إحدى الدلائل المرفقة للموجة الحاملة لكي تجعلها قادرة على حمل

الإشارة، يمكن توظيف سعة الموجة الناقلة ، لشدتها، ترددها، طورها، أو استقطابها، وأيضا بالإمكان استخدام أكثر من صفة لهذا الغرض.

نظراً لوجود تقنيات مختلفة ومتعددة لكيفية تحميل المعلومات على الموجة الناقلة على شكل تغيرات في إحدى دلائل أو خصائص الموجة الناقلة أمكن تصنيف تقنيات التضمين إلى ثلاثة أصناف:

1-التضمين المناظر.

2-التضمين النبضي.

3-التضمين الرقمي.

ففي التضمين المناظر توظف إشارة المعلومات الأولية التي هي عبارة عن تغير زمني مستمر للجهد الكهربائي لمتغير مستمر لإحدى خصائص الموجة الناقلة كالسعة أما في التضمين النبضي، يستخدم عرض النبضة ليتغير زمن حدوثها ضمن فتحة زمنية معينة للغرض ذاته، أما في تقنية التضمين الرقمي فان المعلومات تعطى بدلالة خيط من النبضات يكون لها عرض وزمن ثابتين ولكن سعتها تتغير بشرط أن مقدارها يخضع لقيم معينة مثلاً واحد وصفر .

وأكثر التقنيات استخداماً هي تقنية التضمين المناظر والرقمي .

لكل نموذج إرسال استخداماً مميزاته الخاصة ، فالتضمين المناظر هو الوسيلة التقليدية الملائمة والمؤتلفة للناس ، فالإذن البشرية اعتادت سماع الأصوات ذات التغير المستمر في مستوى شدتها وليس أصوات متقطعة ذات قفزات يظهر الصوت فيها فجأة أو ينعدم كلياً، تماماً كالعين التي اعتادت لترى مستويات متغيرة باستمرار لشدة الضوء وليس ومضات متقطعة لهذا السبب تبنى الإرسال الهاتفي التضمين المناظر للاتصالات فأسلاك الهاتف تنقل التغير المستمر في مستوى الإشارة المرسلة أما الإشارة الرقمية فهي أكثر ملائمة للالكترونيات والألياف البصرية فمن الأسهل تصميم وبناء دوائر للكشف عن الإشارة بكونها موجودة أو غير موجودة بدلاً من بناء دوائر للكشف عن كيفية تغير مستوى الإشارة المستمر. علاوة على كون الإشارة الرقمية اقل تأثراً بالتشويش، فمثلاً يبدو التشويه واضحاً في صوت المتكلم عبر الهاتف ولكن مهما كان التشويه على الإشارة الرقمية فيمكن تمييز وجودها من عدمه .

الفصل الثالث
تكنولوجيا الالياف البصرية

(3-1) أجزاء منظومة الاتصال

تتكون منظومة الاتصالات بالألياف البصرية من الأجزاء التالية :

1-المرسلة (Transmittev) وتشمل:

a-إدخال البيانات او المعلومات**(Data or information input)**

b-التضمين **(Modulation)**

c-المصدر البصري**(Optical source)**

2-الوسط الناقل للإشارة(Signal transfer medium)

وتشمل الألياف البصرية

3-المستقبلة (Receiver)وتشمل:

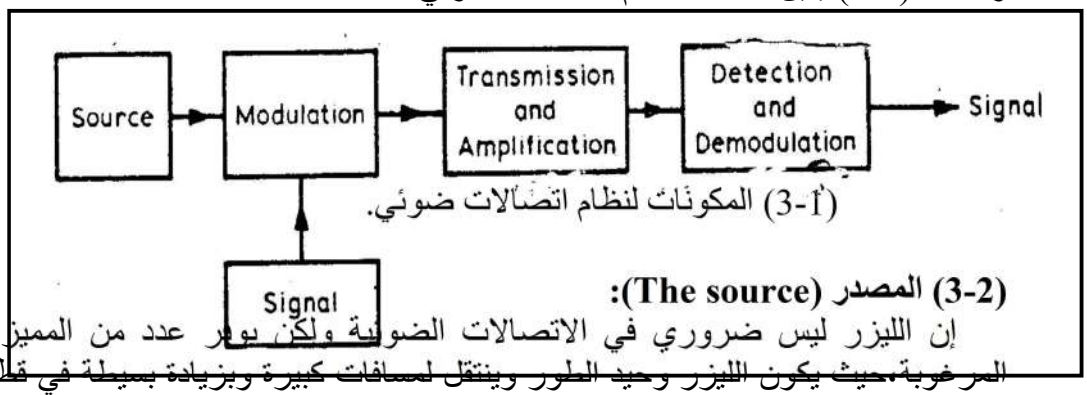
a-الكاشف الضوئي**(Photo detector)**

b-المضخم **(Amplifiar)**

c-منظومة فك التضمين**(Demodulator)**

d-إخراج البيانات او المعلومات**(Data or information output)**

والشكل (1-3) يبين مخطط لنظام اتصالات ضوئي.



(3-1) المكونات لنظام اتصالات ضوئي.

(3-2) المصدر (The source):

إن الليزر ليس ضروري في الاتصالات الضوئية ولكن يوفر عدد من المميزات المرغوبة،حيث يكون الليزر وحيد الطور وينتقل لمسافات كبيرة وبزيادة بسيطة في قطره مقارنة مع ما تعانيه حزمة الموجات المايكروية ،فان زاوية التفريق لحزمة الليزر اقل من حزمة موجة مايكروية بمقدار 10^5 مرة او إن نفس التفريق الحاصل لحزمة ليزر قطرها (1cm) فان الموجة المايكروية ستكون بقطر (1km).

إن كبر التشاكه الزمني لليزر وكنتيجة انتشار التردد الضيق جدا يفيدنا في استخدام مرشحات ذات نطاق ضيق بحيث يمكن التخلف من الضوء العرضي (Light extraneous) وبذلك تزداد نسبة الإشارة إلى الضوضاء.

إن عرض النطاق الضيق واستقرارية التردد لليزر تسهل نظام الكشف باستخدام ترددين اوبتردد واحد والذي يساعد مرة أخرى في زيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء .

إن مصدر الليزر المثالي لأغراض الاتصالات يجب أن تكون له الصفات التالية:

1- قدرة خرج كبيرة .

2- قدرة خرج مستمرة.

3- المتانة وطول العمر.

4- العمل بدرجة حرارة الغرفة.

5- استقرارية التردد كبيرة.

6- تشاكه فضائي جيد.

7- أحادية الطول الموجي.

8- سهولة التضمين.

9- سهولة التهييج.

توفر ليزرات الغاز أفضل المصادر للاستخدام في الاتصالات الضوئية لصفاتها التالية : تشاكه كبير والعمل بدرجة حرارة الغرفة واستقرارية التردد (جزء واحد من 10^8 جزء) ويمكن تضمينها داخليا (على الرغم من إن الترددات ليست كبيرة) الا أنها سهلة الكسر fragile وقصيرة العمر نسبيا مع ذلك فان ليزر الهليوم نيون له عمر متوقع بمقدار 10000 ساعة وليزر ايون الاركون أكثر من 1000 ساعة ٠ أما قدرة الخرج فليست كبيرة بشكل عام وتصل إلى 10 واط في ليزر الاركون وقدرات اكبر بكثير (آلاف الواطات) من ليزر ثاني اوكسيد الكربون ٠ الا أن من المؤسف إن طول موجة خرج

ليزر ثاني اوكسيد الكربون يؤدي بحزمة الليزر لان تتفرق بمقدار 20 مرة أكثر من ليزر الضوء المرئي .

كذلك فان الامتصاص الجوي بطول موجة(10.6 μm) كبير كذلك فان الكواشف المتوفرة بطول موجة من هذا القبيل تحتاج إلى تبريد.

إن ليزرات الحالة الصلبة يمكن أن تعمل بشكل مستمر وبقدرة خرج كبيرة (خصوصا ليزر Nd:Glass او Nd:yaG) الا أن التشاكه الزمني او الفضائي لخرجها ليس جيدا ولا يمكن تضمينها داخليا وان عمرها يعتمد على عمر مصابيح الضخ والذي لايصل إلى أكثر من 1000ساعة .

(3-3) التضمين (Modulation):

إن الإشارة التي يتم إرسالها يجب أن تحمل Impressed على حزمة الليزر بطريقة تعرف بالتضمين .وان التضمين يمكن أن يتم بعدة طرق مثل (تضمين السعة ،تضمين التردد،التضمين الرمزي لذروة النبضات) وان التضمين الرمزي لذروة النبضات من الطرق المهمة والتي تستخدم كثيرا في الاتصالات والتي فيها لاتتحدد إمكانية عرض المعلومات بعرض نطاق المضمن ولكن بعرض خط الانتقال الذري او الجزيئي والذي عن طريقه تحصل عملية الليزر .

في هذه الحالة يتكون التضمين من تكبير لرتل من النبضات المتتالية والمنتظمة

إما عن طريق إرسال او منع البعض منها،لهذا فان النظام يعتبر أساسا ثنائي(0,1). وان الكاشف يبحث عن النبضة وليس سعتها حيث تكون عملية الإرسال جيدة تحت ظروف غير جيدة.

(3-4) مرشدات الألياف (Fiber guides):

من المحتمل أن تكون أكثر الطرق المهمة في الإرسال هو استخدام الألياف البصرية والتي يتكون أنبوب الضوء فيها من انبوب مرن من الزجاج قطره بضعة مايكرونات محاط بكسوة ذات قطر مقداره بضع عشرات من المايكرونات ذات انكسار اقل.

إن اغلب الطاقة ترسل بالقرب من الجزء المركزي وبسبب صغر أبعاده فان الانبوب يمكن أن يطوى بنصف قطر قدره(1cm)دون أن يتأثر الإرسال ،إن حزمة من هذه الألياف يمكن أن تكون أسلاك اتصالات متعددة القنوات .

إن المشكلة الرئيسية في ألياف الاتصالات هي كبر في الخسارة الضائعة في المادة التي يصنع منها الليف مثل الزجاج وثاني اوكسيد السليكون المذاب .

إن الخسائر في المادة نفسها تكون بمقدار (100 db/Km)وربما اكبر عندما تكون على شكل ليف ،وهذه الخسائر ناتجة عن مركبات الحديد الموجودة في الزجاج وقد وجهت بحوث كثيرة لإيجاد طريقة للتخلص من هذه الخسائر .ويمكن تصنيع الألياف ذات الخسائر القليلة بمقدار (10 db/Km) حيث إن اغلب هذه الخسائر ناتجة عن الاستطارة ضمن المادة نفسها .

(3-5)التضخيم (Amplification)

في أي نظام اتصالات ضوئية أرضية سيكون أساسا توفير نقاط إعادة (Repeater point) يتم فيها تكبير حزمة الضوء.

وهذه المضخمات ربما تأخذ شكل ليزرات دون تغذية عكسية ،أي عادة يحدث فيها قلب للتعداد،وعلى الرغم من ان التكبير يحدث لأطوال موجية عديدة ومختلفة فقد وجد إن الربح العالي يتحقق عند مستويات واطئة للقدرة .

إن المضخمات الغازية تعمل بشكل مستمر مع ضوضاء قليلة ولكن بقدرة قليلة ماعدا مضخم ثاني اوكسيد الكربون الذي يكبر بقدرة عالية وبربح قليل.أما مضخمات شبه الموصل والحالة الصلبة يمكن تشغيلها بالنمط النبضي فقط .

(3-6) الكشف وفك التضمين (Detection and demodulation)

إن أول مكونات نظام الكشف سيكون بالتأكيد مرشحا ضيق النطاق للتخلص من الضوء الغير مرغوب فيه .

بالإمكان استخدام نوعين من الكشف،وهما مباشر او غير متشاكه و ذوترددين او متشاكه .

1-الكشف المباشر(Direct detection):

لو سمح لحزمة الليزر المضمنة إن تسقط على الكاشف بحيث يستجيب الكاشف مباشرة إلى تغييرات الشدة يحدث الكشف المباشر ويجب تضخيم الحزمة أولا إلى أن تصبح الضوضاء مساوية إلى الإشارة في الكاشف الضوئي ويمكن استخدام المضاعف الضوئي للكشف المباشر بشرط أن يكون التضمين اقل من(10^8Hz) ويوضع هذا الحد بسبب تغير زمن العبور للالكترونات للعقد الثنائية بسبب التغير في السرعة التي بها تقذف الالكترونات من الكاثود.

لقد تم تصميم أنواع خاصة من المضاعفات الضوئية والتي يقل فيها الانتشار في زمن عبور الالكترونات، وتسمى المضاعفات الضوئية متقاطعة المجال (Crossed field photo multiplier) ويمكنها أن تتعامل مع إشارة بمقدار (5×10^9Hz) والطريقة الأخرى في فك التضمين هي في استخدام أنابيب ذات الموجة المتنقلة وهي موضحة في الشكل (3-2) حيث تسقط حزمة الليزر على كاثود ضوئي حيث تنبعث الالكترونات وتوجه بواسطة مطلق الكترونات (Electron gun)باتجاه الجامع ، وفي الطريق تمر الالكترونات خلال تركيب حلزوني من موجة بطيئة ترسل على امتدادها حزمة موجات مايكروية وينتقل التضمين على حزمة الليزر بواسطة الالكترونات إلى الموجات الالكترونية والتي يفك عنها التضمين بالطريقة المعروفة .

إن كل من المضاعف الضوئي متقاطع المجال وانبوب الضوء ذو الموجة المنتقلة هي جاهزة باعثة للضوء photo emissive ويتجدد استعمالها بالطول الموجي للإشعاع الساقط . أنها تعمل ضمن المنطقة المحصورة من فوق البنفسجية UV إلى تحت الحمراء القريبة NIR ، ولكن لأطوال موجية اكبر من 10^6m .

يجب استخدام كواشف توصيل ضوئي photo conductive ،وتقسم الكواشف ذات التوصيل الضوئي إلى تلك التي تشبه الانديوم انتيمونايد والرصاص السلينايد والتي تتطلب التبريد إلى درجة حرارة النتروجين السائل ووصلات p-n والتي تعمل بترددات أعلى من (10^6Hz) والتي تتحدد عندها الكواشف ذات التوصيل الضوئي الاعتيادي . إن هذه الكواشف عبارة عن وصلات p-n معكوسة الانحياز التي فيها يتم تضمين التيار المعكوس بواسطة الشعاع الساقط وبواسطة تشويب مناسب ، يمكن تحقيق درجة معينه من الربح الداخلي من خلال التأين في الوصلة. إن ثنائيات الانهيار تصنع عادة من السليكون او الجرمانيوم ، ولسوء الحظ فأن ثنائيات الضوء الانهيارية المصنوعة من السليكون لاتعمل بأطوال موجية اكبر من 1μm بينما يمكن استخدام الجرمانيوم في الكشف عن شعاع بطول موجة (1.6μm) .

2-الكشف ذو الترددين (heterodyne detection):

إن الكشف ذو الترددين يحدث عندما تخلط حزمة الليزر المضمنة مع حزمة أخرى غير مضمنة وتحتوي تردد الضربة الناتج على الإشارة التي تكشف مباشرة لو كانت الحزمة الناقلة والمخلوطة بنفس التردد يحدث ما يسمى بالكشف وحيد التردد (homodyne detection) إن كلا الطريقتين لهما أفضلية لكن نسبة الإشارة إلى الضوضاء تكون اكبر مرتين في حالة الكشف المباشر .

وبسبب الصعوبات الواردة الذكر في الكشف المباشر في الأشعة تحت الحمراء فان الكشف ذو الترددين يكون ملائم بالنسبة لأنظمة الاتصالات التي تستخدم ليزر ثاني اوكسيد الكربون مع ذلك فان المتذبذب والحزمة المستلمة يجب ان يرصفا بدقة وتشاكها فضائيا .

إن هذا الشرط يحتاج إلى مستوى عالي وشدة في الحرص على إشارة الحزمة والنوعية الضوئية للمكونات المستخدمة في نظام الاستلام .

(3-7) الكشف وفك المضاعفة لأكثر من قناة :

عند تضمين ليزر He-Neبتردد (224×10^6Hz) بحيث تنتج نبضة كل (4.5 nsec) عرضها مساو الى(0.6 nsec) ثم ندخل هذا الخرج في نظام كهروضوئي يحتوي على مضمن سلطت عليه الإشارة بطريقة بحيث تتعدل النبضات في هذه الطريقة وبما إن الفاصلة الجانبية Side spacing للنبضات مقاربة لعرضها من الممكن مضاعفة الزمن بينيا Interleave بحدود أربع مجاميع من النبضات .

باستخدام ليزر(Nd:Yag)يتم توليد نبضات بمقدار (100-25 Psec) ويجب أن يكون ممكنا مضاعفة الزمن الى 24قناة قبل أن يصبح التداخل بين القنوات المجاورة مشكلة .

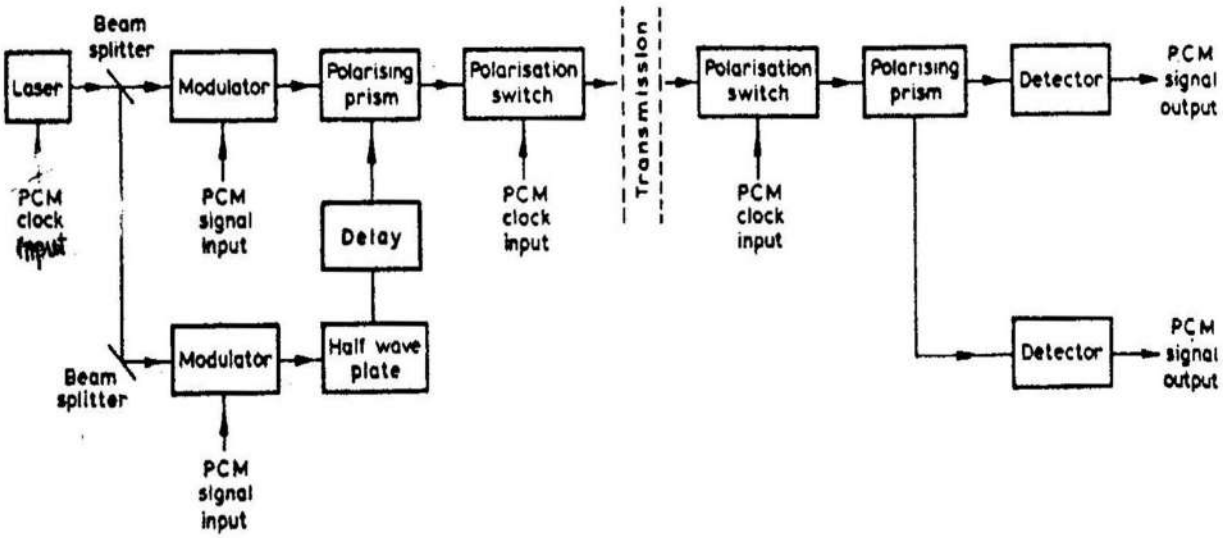
في نظام القناتين يتم شطر خرج الليزر الى حزمتين تمرران في مضمنين منفصلين كل مضمن يعمل كبوابة ويتكون من بلورة تانتاليت الليثيوم والتي تدخل فيها الحزمة بزاوية 45° مع المحور الضوئي وتنتشر عموديا على المحور الضوئي كما في الشكل-3) (2 ،وعن طريق إسقاط النبضة على البلورة فان الحزمة يمكن أن تدور بزاوية 90° بحيث تمرفي المحلل وبدون الجهد الكهربائي على البلورة (المسؤول عن عملية إسقاط النبضة) فان الحزمة لاتمر خلال المحلل.

يمكن مضاعفة القناتين أولا بتدوير مستوى الاستقطاب لإحدى القناتين بـ 90° بالنسبة للأولى ومن ثم تأخير إحدى الحزمتين نسبة الى الأخرى ،ثم تمرر الحزمتان في بلورة مستقطبة بحيث يتكون الخرج من مجموعتين من النبضات متضاعفة الزمن وكل مجموعة تكون مستقطبة بشكل متعامد عن طريق استخدام طريقة معينة بحيث يتم تدوير مستوى استقطاب النبضات المتعاقبة قبل عملية الإرسال بحيث تكون الحزمة المرسلة مستقطبة خطيا.

إن فك المضاعفة والكشف عنها يتم عن طريق استخدام الطريقة مارة الذكر ثم تفصل النبضات متأخرة الاستقطاب بواسطة مرشح مستقطب ويكشف عن كل واحدة بواسطة ثنائي ضوئي انهياري مباشرة ،إن عرض نطاق هذه الكواشف واسع بحيث تكشف إشارات بتردد 244 MHz وأكثر .

بالإمكان زيادة السعة باستخدام ليزرات ذات أطوال موجية مضاعفة ترميز النبضة لكل الأطوال الموجبة ،إن كل موجة قناة يمكن أن تعزل بواسطة مرشحات ذات نطاق ضيق ،وترتيب كهذا يعرف بمضاعفة التردد.

وبالإمكان تحقيق زيادة اكبر باستخدام أنماط مختلفة من الانتشار أي المضاعفة فضائيا .



(3-3) نظام اتصالات ضوئي يحوي تضمين رمزي لذروة النبضات ذات قناتين مضاعفتين .

(3-8)المناقشة والاستنتاجات

تمت دراسة الخواص البصرية للألياف المستخدمة في الاتصالات الليزرية من خلال دراسة امتصاصيتها لأشعة الليزر ومقارنة ذلك مع امتصاص الهواء ،وبالتالي يمكن التعرف على القدرة الفائقة التي من خلالها يتم الاتصال عبر الألياف البصرية دون خسائر كبيرة بالطاقة ،يمكن نقل عدة أطوال موجية خلال ليف بصري واحد وبخسائر قليلة جدا لان طبقاته تمتلك معامل انكسار مختلف، وان كل طول موجي يمر خلال طبقة وبالتالي لايحدث تداخل بين الموجات.

إن أشعة الليزر لايمكن أن ترسل إلى مسافات بعيدة في الجو بسبب حصول التوهين الذي يجعلها غير فعالة ،ولكن باستخدام الألياف البصرية سوف تنتقل الأشعة الليزرية إلى مسافات كبيرة دون حصول خسائر تذكر .

إن استخدام الأشعة المايكروية في الاتصالات غير الموجهة داخل جو الأرض غير عملية بسبب وجود التقلبات الجوية كالأمطار والضباب والدخان والغيوم وان الخسائر في الإرسال تقدر بحدود (3-8 db/km) للأمطار و(3-20 db /km) للضباب ،كما إن التأثيرات الحرارية تؤدي إلى خسائر كبيرة في الإرسال ،فان اتجاه الموجات سوف يتغير بواسطة انحدار حراري كنير،بينما تكون الخسارة في الألياف البصرية حوالي (0.1 db/km) لهذه الموجات .

تميزت الأشعة الليزرية عن الأشعة المايكروية بسبب الخواص الجيدة لأشعة الليزر كالاتجاهية العالية والاستقامة (أي تركيزها في قطر صغير لمسافات كبيرة)، فزاوية التفريق تكون في الأشعة المايكروية اكبر حوالي 10^4 مرة بالمقارنة مع الموجات الليزرية ،كما إن قابلية حزمة الليزر على حمل المعلومات يمثل سببا في تطور الاتصالات البصرية،فمن المعروف إن كمية المعلومات التي يمكن إرسالها عبر الموجة الكهرومغناطيسية (الموجة الحاملة)تتناسب مع نطاق عرض التردد للموجة

فباستبدال الإرسال من منطقة الموجات المايكروية إلى منطقة الموجات المرئية يعني زيادة التردد الحاصل بمقدار 10^4 مرة وهذا يعني إمكانية الحصول على تذبذب نطاق ترددي اكبر بكثير من المتوفر في حالة الموجات المايكروية وبالتالي فان تحميل الموجة الليزرية بمعلومات اكبر بكثير.

إن حزمة الليزر تتميز بقدرتها على التضمين وان موجات الضوء لايمكن تضمينها لان مصادر الضوء تنتج موجات بترددات او أطوال موجية مختلفة وعند تضمين إحدى الترددات فإنها تتداخل مع الترددات الأخرى وهذا يؤدي إلى الضوضاء ولذلك فان شعاع الليزر يعتبر أقوى مصدر ضوئي يملك أطوال موجية ضيقة تقلل من الضوضاء.

المصادر

١. تيسير زيد الكيلاني ، التعليم المفتوح وتكنولوجيا المعلومات عشية القرن الحادي والعشرين ، المجلة العربية للتعليم التقني ، المجلد (١٤) ، العدد (٢) ، تموز، ص٣٨
٢. عبد الرزاق السالمي و رياض حامد الدباغ ، ، تقنيات المعلومات ، دار وائل للنشر ، عمان-الأردن،٢٠٠١، ص١٢
٣. أكرم محمد عثمان ، تكنولوجيا المعلومات : آفاق المستقبل ، مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم ، العدد (١)، ١٩٩٨، ص٢
٤. بشير العلاق ، المدخل لتكنولوجيا المعلومات ، دار افاق ، بيروت ، ٢٠٠٤، ص٢٣
٥. هشام فريد رستم، قانون العقوبات ومخاطر تقنية المعلومات،مكتبة الآلات الحديثة،أسيوط،١٩٩٢،ص٥.
٦. ممدوح خليل عمر – حماية الحياة الخاصة والقانون الجنائي – دار النهضة العربية القاهرة ١٩٨٣ ص ٢٠٧
٧. أسامة عبد الله قايد – الحماية الجنائية للحياة الخاصة وبنوك المعلومات – دار النهضة العربية القاهرة ١٩٩٤ ص ٤٨
٨. عبد الفتاح بيومي حجازي – الالياف البصرية – في القانون العربي النموذجي دار الكتب القانونية – القاهرة ٢٠٠٧ ص ٦٠٩
٩. ١ أ.د. صالح أحمد البربري – الاتصالات والالياف البصرية ، ص٢