الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
الجامعة الافتراضية السورية
ماجستير إدارة التقانة

تعزيز نقل البيانات السلكية في سوريا بتقنية الألياف الضوئية– دراسة حالة في مزود خدمة الانترنت أمواج

Enhancement of data transmission over wired networks in Syria with fiber-Internet Service LLc optic technology- Case Study in Waves

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في إدارة التقانة PMTM

إعداد الطالب

مضر لؤي حسن

modar_131367

إشراف:

د. لؤي صالح

2022

الشكر والتقدير

أود أن أقدم أسمى عبارات الشكر والتقدير لجميع أفراد الكادر التدريسي والإداري لبرنامج ماجستير التأهيل والتخصص في إدارة التقانة في الجامعة الافتراضية السورية على جهودهم العظيمة في فتح مجالات جديدة وقدرتهم الرائعة والمميزة في إعطاء المحاضرات والتي منحتني الشرف في أن أكون واحدا من طلابها .

أخص بالشكر الدكتور لؤي صالح لقبوله تولي هذا البحث وصبره وجهده وتوجيهاته وكان له اليد الفضلى في إنجاز هذا البحث عبر متابعته المستمرة والدائمة لمراحله.

كما أتوجه بالشكر الكبير لعضوي لجنة الحكم الكريمين، الدكتور عماد شلفون والدكتور علي حسن بقبول تحكيم البحث ومناقشته، والشكر أن ملاحظاتهما وآراءهما ستغني البحث وتثريه.

الإهداء

الى من علمني العطاء وإلى من أحمل اسمه بكل افتخار أهدي تخرجي أولا إلى سيدي وتأج رأسي...

ابي الغالي لؤي .. حفظك الله ياحبيبي

الى تلك المرأة العظيمة التي ربت وعلمت التي لطالما نظرت لعينيها لإستمد منها قوتي لأكمال مسيرتي العلمية في كل صباح ومساء ...

أمي الغالية فرات ... تقف كلماتي عاجزه عن شكرك يا حبيبه

الى سندي وأحبابي ، في شدتي ورخائي فهنيئاً لي بكم ...

محمد و علي ... نور عيني في هذه الحياة

الى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبهم ...

داعمتي وملهمتي امي الثانية عفاف وناهد غانم

الى من كان وجودهم في حياتي سبباً لأتذوق حلاوة النجاح أخوتي وأصدقائي ...

إسماعيل حتري و علي خلوف و يعقوب حتري و بشار الغضة و أنور حماد و أحمد حمود و محمد شعبان وأحمد محمود وعلي حسن

الى كل من وقف بجانبي ولكل من ساندني

في عائلتي الكبيرة بمزود خدمة الانترنت أمواج ..

الأستاذ ماهر برهان الدين الأمام والأستاذ باسم صواف والأستاذ هاني كشلو و إيمان و بتول و وعبد الرزاق و يامن ومحمد بريغلي و وائل ومحمود و ميسم ونور

وعائلتي الصغيرة الداعمة بمزود خدمة أمواج ...

رضوان و عبد العزيز وماهر و عبدالله و أحمد ومحمد و رهام وهبه وباسل ومحمد

المُلخص

تعتبر تقنية الالياف الضوئية من أهم التقنيات السلكية التي تقدم خدمات اتصال عالي السرعة لنقل بيانات الإنترنت، حيث تعتبر هذه التقنية بمثابة طفرة تكنولوجية في عالم الاتصالات والتقانة. وانطلاقاً من هذه الاهمية تم تسليط الضوء في هذه الدراسة على واقع التقنيات المستخدمة في بلادنا المتمثلة بخدمة ADSL التي تستخدم الكابلات النحاسية للربط بين العلب الفرعية في الشوارع والمنازل، والفارق الكبير التي تحققه خدمة الفايبر الضوئي في ظل الطلب الكبير عليها في الاماكن التي تتطلب عملها أداء وجودة عالية.

تم في هذه الدراسة التعريف بتقنية الالياف الضوئية وتقديم حالة عملية لأحد الفنادق في سوريا حيث تم تزويد فندق غولدن المزة بخدمة الفايبر الضوئي عن طريق مزود خدمة الانترنت أمواج مع دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع تصميم وتركيب وتشغيل هذة الخدمة، فضلاً عن الشرح المقدم حول هذه التقنية وايجابياتها والمقارنة بينها وبين خدمات ال ADSL في سوريا.كما تم تقديم شرح لبنية شبكة الالياف الضوئية وشرح هيكلية الشبكة وعناصرها ومكوناتها الأساسية وآلية الترابط والتوزع الجغرافي لهذا المشروع . قدم البحث دراسة جدوى خلال خمس سنوات، من خلال احتساب إجمالي الإيرادات في كل سنة من الفندق، واحتساب التكاليف الرأسمالية والتشغيلية للمشروع في كل سنة. وتوصلت دراسة الجدوى الى أن المشروع مجدي اقتصادياً.

أوصى البحث بالنظر في إمكانية اتخاذ قرارت من قبل السلطة التنفيذية بتبني استراتيجية مشتركة بين وزارة الاتصالات المتمثلة بالهيئة الناظمة للاتصالات ووزارة الاقتصاد بالسماح للشركات الخاصة بأستيراد التجهيزات الفايبر وفق ضوابط قانونية بشكل يتيح الاستفاده لكل من القطاعين والاستفادة من التوصيات العالمية المتعلقة بهذا النوع من التجارب لنشر هذا النوع من التكنولوجيا والذي يساهم بإدخال انواع اخرى من خدمات عائلة FTTX .وأن يتم إعطاء التسهيلات اللازمة بالسماح للشركات الخاصة بتقديم جميع خدمات الفايبر الضوئي وعدم حصر بعض هذه الخدمات بمزود واحد فقط، الامر الذي سيخلق بيئة تنافسية بين هذه الشركات.

الكلمات المفتاحية: شبكة FTTX ، شبكة ADSL ،الجدوى الاقتصادية .

Abstract

Optical fiber technology is one of the most important wired technologies that provide high-speed communication services for the transmission of Internet data, as this technology is considered a technological breakthrough in the world of communications and technology. Based on this importance, light has been highlighted in this study on the reality of the technologies used in our country, represented by the ADSL service, which uses copper cables to connect sub-boxes in the streets and homes, and the great difference achieved by the optical fiber service in light of the great demand for it in places that require performance and quality of its work high.

In this study, fiber optic technology was presented and a practical case was presented for a hotel in Syria, where the Golden Mazzeh Hotel was provided with fiber optic service through the Internet service provider waves, with the economic feasibility study of design and installation. And the operation of this service and the explanation provided about this technology and its advantages and the comparison between it and ADSL services in Syria. It also provides an explanation of the structure of the optical fiber network and an explanation of the structure of the network, its elements and basic components, the mechanism of connection and the geographical distribution of this project. The research presented a feasibility study within five years, by calculating the total revenues in each year from the hotel, starting from the revenues in each year of the first and second years at a speed of 40 megabytes and ending with the rest of the years with a package of 60 megabytes, and calculating the capital and operational costs of the project each year. The feasibility study concluded that the project is economically feasible through obtaining acceptable net profit values during and after five years of the life of the project. The research recommended the following:

Considering the possibility of the executive authority taking decisions to adopt a joint strategy between the Ministry of Communications represented by the Telecommunications Regulatory Authority and the Ministry of Economy to allow private companies to import fiber equipment in accordance with legal controls, allowing benefit from both sectors and benefiting from global recommendations related to this type of expertise to spread this type of technology, which Contributes to the introduction of other types of FTTX family services. And grant the necessary facilities to allow private companies to provide all fiber optic services and not limit some of these services to only one provider, which will create a competitive environment between these companies.

Keywords: FTTX network, ADSL network, economic feasibility

فهرس المحتويات

المُلخص iii

الفصل الأول: الإطار العام التمهيدي

1-1- مقدمة 1

2-1- المصطلحات والتعاريف..... 2

3-1- مشكلة البحث..... 4

4-1- هدف البحث..... 5

5-1- أهمية البحث..... 5

6-1- فرضيات البحث..... 6

7-1- متغيرات البحث..... 6

8-1- منهجية البحث..... 6

9-1- حدود البحث..... 6

10-1- الدراسات المرجعية..... 7

11-1- التعليق على الدراسات المرجعية..... 9

الفصل الثاني: الإطار النظري

2-1- تعريف بتقنية ADSL وتاريخها وتطورها..... 11

2-2- بنية شبكة ADSL ومزاياها وعيوبها..... 12

2-3- تعريف بتقنية الاتصال عبر الألياف الضوئية وتاريخها وتطورها..... 15

2-4- مكونات الألياف الضوئية 16

2-5- أنواع الألياف والكابلات الضوئية 17

2-6- آلية انتقال الاشارات من خلال الألياف الضوئية.....26

2-7- بنية شبكة الألياف الضوئية ومكوناتها 34

الفصل الثالث: الإطار العملي

3-1- سوق الاتصالات في سوريا.....47

3-2- خدمات الولوج الى الانترنت وتبادل المعطيات في سوريا.....48

3-2-1- الانترنت المتنقل 48

3-2-2- الانترنت الثابت.....49

3-3- دراسة مشروع تركيب وتشغيل تقنية الألياف الضوئية في مزود خدمة الانترنت أمواج لفندق غولدن المزة 51

3-3-1- المستلزمات الفنية 52

3-3-2- هيكلية العناصر الاساسية وآلية الترابط 62

3-3-3- التوزع الجغرافي 64

3-3-4- ميزات خدمة الاتصال فايبر.....65

3-3-5- دراسة الجدوى.....66

الفصل الرابع: الخلاصة والتوصيات

4-1- النتائج 69

4-2- التوصيات.....70

المراجع

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة

1-1- مقدمة:

تعتبر عملية نقل البيانات عبر الشبكات السلكية من أكثر طرق الاتصالات شيوعاً في سوريا. وتزداد الحاجة بشكل كبير ومتسارع للحصول على البيانات وتبادلها في جميع القطاعات ويتزايد الطلب على استخدامها للوصول الى جوده وسرعة فعالة. وقد كان لشبكة الانترنت دور كبير في زياده معدل استخدام هذه الشبكات وخصوصاً أننا أصبحنا في عالم مليء بوسائل الاتصالات والخدمات المتعلقة بالاعمال الالكترونية، لذلك كان ولابد من دراسة واقع الشبكات المستخدمة والبحث عن اساليب ووسائل لتطويرها وكسب رضا المستخدمين من خلال تلبية احتياجاتهم بأفضل مايمكن.

في يومنا هذا تعتبر دارت dsl من أكثر الطرق شيوعاً والتي تعتمد على نقل البيانات عبر الكبل النحاسي إلا أن هذه الطرق والتقنيات أصبحت تعاني من نقاط ضعف من حيث قصورها عن تلبية حاجات المستخدمين وخاصة مستخدمي السرعات العالية. وفي ضوء هذه العيوب تولد لدينا حاجة ماسة لإستخدام تقنية قادرة على إشباع حاجات المستخدمين بإمكانية حصولهم على خدمة تفي بالجودة والسرعة، وهذا ماعملت على تقديمه خدمة الفايبر الضوئي فهي من أحدث تقنيات الاتصال القادرة على نقل كميات ضخمة من المعطيات و تستخدم كوسيلة للاتصالات السلكية واللاسلكية ولربط شبكات الحاسوب، وهي مفيدة بشكل خاص للاتصالات بعيدة المدى، لان الضوء ينتشر من خلال الألياف الرقيقة بدلاً من الاسلاك النحاسية.

2-1- المصطلحات والتعاريف:

- **شبكات الاتصال السلكية:** هي شبكة الاتصال التي تعتمد على الاستخدام المباشر للكابلات والأسلاك لنقل البيانات الصوتية والمرئية، والمثال الكلاسيكي للاتصالات السلكية هو هاتف المنزل التقليدي المتصل بمحول الهاتف العملي عبر الأسلاك ، كما تشمل التوصيلات السلكية إيثرنت وكابل الألياف الضوئية للهاتف والاستخدامات الأخرى، وكابل للتلفاز وأنظمة الإنترنت وشبكة الهاتف العامة "PSTN" .
- **دارات DSL:** يعد هذا المصطلح اختصار لـ (Digital Subscriber Line) خط المشترك الرقمي ويعنى توصيل الخدمات الرقمية عبر خطوط شبكات الهاتف العادية حيث تصل حدود سرعات خدمة الـ DSL من 128 كيلوبت بالثانية إلى 24000 كيلوبت بالثانية بناء على مزود الخدمة ISP (كيلوبت بالثانية هي وحدة قياس سرعة البيانات بالشبكات وتختصر بـ Kb/sأما سرعة نقل البيانات الداخلية داخل الكمبيوتر بين مكوناته فتقاس بالكيلوبايت بالثانية وتختصر بـKB/s ، البايت = 8 بت) وماسبق هو سرعة التنزيل أو الاستقبال (download).
- **الالياف الضوئية :** الألياف الضوئية أو البصرية (Optical Fiber) هي ألياف شفافة مرنة مصنوعة من الزجاج النقي (السليكا) أو البلاستيك، بقطر أثخن قليلا من قطر شعرة الإنسان، وتستخدم في الاتصالات الضوئية البصرية، لما تتميز به من قدرة على البث لمسافات أبعد وبأمواج طولية أعلى (معدل نقل بيانات) من كبلات الأسلاك التقليدية. تستخدم الألياف عوضاً عن الأسلاك المعدنية لأن الإشارات تسافر فيها بأقل قدر من خطر فقدانها، كما أن الألياف محصنة أكثر من التداخلات الإلكترومغناطيسية التي تعاني منها الأسلاك المعدنية بشكل كبير.
- **شبكة بصرية سلبية (الغير نشطة)PON :** يعد مصطلح PON اختصارا ل passive optical network) وهي التقنية الرئيسية لتحقيق الألياف إلى المنزل (FTTH) ، مما يوفر وصول الألياف من نقطة إلى عدة نقاط. وهي تتألف من OLT (طرف الخط البصري) على جانب المكتب، و ONU (وحدة الشبكة الضوئية) و ODN (شبكة التوزيع البصري) على جانب المستخدم. أهم ما يميز تقنية PON هو "سلبي"، مما يعني أن ODN لا يحتوي على أي مكونات إلكترونية نشطة ومصدر طاقة إلكتروني؛ كل ذلك يتكون من مكونات سلبية مثل الفاصل البصري، مع انخفاض تكلفة الإدارة والصيانة والتشغيل.

- **الوصول المُتعدد بتقسيم الترميز**: يعد مصطلح **CDMA** اختصارا ل **Code-division multiple access** (CDMA) هو مثال على الوصول المتعدد، حيث يمكن للعديد من أجهزة الإرسال إرسال المعلومات في وقت واحد عبر قناة اتصال واحدة. يسمح هذا للعديد من المستخدمين بمشاركة نطاق من الترددات. تستخدم CDMA تقنية طيف منتشر ومخطط تشفير خاص حيث يتم تخصيص كود لكل مرسل.

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنكليزية	المختصر
خط المشترك الرقمي	Digital Subscriber Line	**DSL**
خدمات إنترنت فائقة السرعة	Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line	**VDSL**
الألياف البصرية إلى المنزل	Fiber to the Home	**FTTH**
الألياف إلى المبنى ، أو الأعمال ، أو الطابق السفلي	fiber-to-the-building, or business, or -basement	**FTTB**
الألياف إلى العقدة	fiber-to-the-node	**FTTN**
الألياف إلى الحافة أو الخزانة أو الخزانة	fiber-to-the-curb, -closet, or -cabinet	**FTTC / FTTK**
الألياف إلى أماكن العمل	fiber-to-the-premises	**FTTP**
الألياف إلى الهوائي / الراديو	Fiber-to-the-Antenna /Radio	**FTTA/FTTR**
الألياف إلى سطح المكتب	fiber-to-the-desktop	**FTTD**
الألياف حتى العمود	Fiber to the Mast	**FTTM**
محطة قاعدة	Base Station	**BS**
مزود خدمة شبكة	network service provider	**NSP**
مزود خدمة الانترنت	internet service provider	**ISP**
نقطة إلى عدة نقاط	point-to-multipoint	**P2MP**
النظير إلى النظير، أو الند للند	peer-to-peer	**P2P**
شبكة الهاتف العامة	Public Switched Telephone Network	**PSTN**
شبكة بصرية سلبية (الغير نشطة)	passive optical network	**PON**

طرف الخط البصري	Optical line terminal	**OLT**
وحدة الشبكة الضوئية	Optical Network unit	**ONU**
محطة الشبكة الضوئية	optical network terminal	**ONT**
شبكة التوزيع البصري	Optical Distribution Network	**ODN**
معدل الخطأ في البتات	Bit Error Rate	**BER**
الوصول المُتعدد بتقسيم الترميز	Code-division multiple access	**CDMA**
الشبكة الرقمية للخدمات المتكاملة	Integrated Services Digital Network	**ISDN**
الحلقة المحلية اللاسلكية	Wireless Local Loop	**WLL**
شبكات جيجابت البصرية السلبية	Gigabit Passive Optical Networks	**GPON**
وحدة معالجة مركزية	central processing unit	**CPU**
عامل الشكل الصغير قابل للتوصيل	small form-factor pluggable	**SFP**
بروتوكول إدارة الشبكة البسيط	Simple Network Management Protocol	**SNMP**
جهاز تقسيم الألياف الضوئية	Planar Lightwave Circuit Splitter	**PLC Splitter**
إطار التوزيع البصري	Optical Distribution Frame	**ODF**
التلفاز عبر بروتوكول الإنترنت	Internet Protocol Television	**IPTV**
خط المشترك الرقمي غير المتماثل	Asymmetric digital subscriber line	**ADSL**

1-3- مشكلة البحث:

إن خدمات الانترنت وتبادل المعطيات في سوريا تعتبر دون المطلوب بالمقارنة مع احتياجات هذا العصر خصوصاً في الاماكن التي تتطلب واقع عملها الحاجة الى سرعات عالية في نقل المعطيات كالمنشآت والفنادق والمطاعم، الأمر الذي شكل صعوبة لتلبية هذه الرغبات والمتطلبات في ظل الاعتماد على بنية تحتية نحاسية لا تلبي الحاجات وفق الجوده المطلوبة.

تتركز مشكلة البحث حول النقطتين التاليتين:

1- دعم البنية السلكية في سوريا بشبكة من الألياف الضوئية تقدم خدمات الولوج الى الانترنت وتبادل المعطيات بجودة وسرعات كبيرة وتأمين حاجات الشريحة التي تتطلب هذه السرعات.

2- تحديد المستلزمات الفنية لإنشاء وتركيب وعمل هذه التقنية وإمكانية تحقيق الهدف المرجو منها.

1-4- هدف البحث:

1) دراسة واقع الشبكة السلكية في سوريا المعتمدة على الكابلات النحاسية، ومكوناتها، والخدمات المقدمة عن طريقها، ومزاياها عيوبها.
2) التعريف بتقنية الفايبر الضوئي ومكوناته واستخداماته وايجابياته ومدى أهميته في تعزيز البنية التحتية الحالية.
3) وضع هيكلية للعناصر الاساسية وآلية الترابط الشبكي لدراسة التركيب وتشغيل تقنية الألياف الضوئية.

1-5- أهمية البحث:

تتطرق هذه الدراسة إلى أحد التقنيات الهامة في عصرنا الحالي وهي تقنية الالياف الضوئية، والتي تعد من التقنيات المهمة في مجال الاتصالات الحديثة التي تسعى إلى خلق بنية تحتية متطورة قادرة على نقل كمية كبيرة من البيانات وتقديم الخدمات التي تتطلب سرعات عالية وجودة كبيرة وخصوصاً نقل البيانات المتعلقة بخدمات الانترنت حيث أصبح الانترنت شيئاً أساسياً في أيّ منزل أو مقرٍّ للعمل وحاجة من حاجات العصر، وهذا ما توفره تقنية الألياف الضوئية Optic Fiber حيث تسمح لمستخدمينها بزيادة قدرتهم على أنجاز أعمالهم.

كما يمكن لهذه التقنية أن تساعد أصحاب المنشآت والشركات في القطاع العام والخاص في تحسين واقع أعمالهم وخصوصاً أن المستقبل هو لخطوط الألياف البصريةFiber Optic ، وهي مسألة وقت لتنتشر بشكل كامل في أوربا وأمريكا، وكما نعلم في منطقتنا العربية متأخرين نسبيًا في إدخال هذا النوع من الخطوط ليعمل بشكل كامل، فهو متواجد بشكل محدود في بعض الدول العربية، ولم يتم تعميمه بالشكل الكامل.

1-6- فرضيات البحث:

يفترض البحث عجز البنية التحتية النحاسية في القطر عن نقل السرعات العالية من البيانات وخاصة المنشآت والمؤسسات والمعامل التي تتطلب طبيعة عملها هكذا نوع من السرعات وفي ظل الحاجة الى هذه الخدمات بالجودة والأداء المرغوب تشتد الحاجة إلى العمل على استخدام هذه التقنية وإمكانية اشباع حاجات المستخدمين.

1-7- متغيرات البحث:

المتغيرات المستقلة:

- تقنية DSL
- تقنية الألياف الضوئية

المتغير التابع:

- جودة خدمة نقل البيانات
- سرعة نقل البيانات

1-8- منهجية البحث:

جرى الاعتماد على المنهج الوصفي الذي سعى إلى وصف الظاهرة، وذلك من خلال الوقوف على أهمية وتطور البنية التحتية في سوريا في مجال نقل البيانات، وجمع البيانات ذات الصلة بمشكلة الدراسة، والاطلاع على المنشورات والأبحاث لتغطية الجانب النظري.

كما جرى الاعتماد على المنهج التحليلي من خلال جمع وربط البيانات التي جرى جمعها من التجارب والدراسات السابقة المتعلقة بهذا الموضوع وتوظيفها لحل مشكلة الدراسة.

1-9- حدود البحث

- الحدود الزمانية: الفصل الدراسي S22 في العام 2022 .
- الحدود المكانية: المناطق التي تغطيها مزود خدمة الانترنت أمواج في سورية.
- الحدود البشرية: مستخدمي شركة الانترنت أمواج .

1-10- الدراسات المرجعية

هنالك ندرة في الدراسات المحلية بهذا الموضوع، بالمقابل هنالك العديد من الدراسات الاجنبية التي تناولت هذه التقنية وتم الاطلاع عليها.

1) دراسة (Sulaiman Saber El Faleet -2015) بعنوان: "شبكات الألياف الضوئية الى المنازل المبنية على تقنية النفاذ الضوئي بتقسيم الشفرة"، أطروحة للحصول على درجة الماجستير في قسم الهندسة الكهربائية في الجامعة الاسلامية غزة .

تقدم هذه الدراسة تحليلاً للشبكات البصيرية الغير نشطة pon من خلال دراسة مستخدمي شبكة الألياف البصرية إلى المنزل FTTH ، ودراسة طول كابل الألياف الضوئية وتحسين سرعة النقل ومدخلات الطاقة حيث تمت دراسة النظام في جزئين:

- الجزء الأول: أعتمد تصميم ثلاثة مستخدمين تعتمد شبكات FTTH على الوصول المُتعدد بتقسيم الترميز OCDMA ودراسة تأثير الزياده لطول الارتباط البصري ومعدل بت الاشارة.
- الجزء الثاني: يحتوي على تصميم سبعة مستخدمين شبكات FTTH باستخدام قيود OCDMA.

توصلت الدراسة إلى أن معدل الخطأ في البتات (BER) يزداد أضعافاً مع المسافة وعدد المستخدمين وأيضاً توصلت الى أن الحد الأدنى الأمثل لمعدل البت 125 Mbps والحد الأقصى للبت بمعدل 300 Mbps يمكن نقلها.

2) دراسة(Craig Freudenrich, Ph.D. & Chris Pollette Jul 29, 2022) تم نشرها في موقع HowStuffWorks (موقع معلوماتي تجاري أمريكي) بعنوان: "كيف تعمل الألياف البصرية".

قدمت هذه الدراسة في مقدمتها تعريف بتقنية Fiber-optic lines وعملها واستخدامها وتناولت بنيتها و مكوناتها وقدمت شرحاً لآلية انتقال الاشارات من خلالها، ونظام ترحيلها وارسالها واستقبالها وشرح جودة هذه الخدمة المدعومة بتقنية الانعكاس الداخلي ضمن الليف. كما أظهرت الدراسة أيجابية هذه التقنية.

3) دراسة (WIK-Consult GmbH, 10 September 2008) بعنوان "اقتصاديات وصول الجيل القادم"، التي ساهم فيها العديد من الأشخاص من العديد من المنظمات من جميع أنحاء أوروبا.

كانت بيانات الدراسة مفيدة بشكل خاص للسوق في ألمانيا وفرنسا وإيطاليا والبرتغال وإسبانيا والسويد، علاوة على ذلك، الأسئلة والتعليقات التي تم عرضها والتي استقبلت في ورشة عمل ECTA وكان حدث ECTA "High Speed Europe" مفيد جداً، حيث (ECTA) يمثل الاتحاد الأوروبي للاتصالات التنافسية.

هدفت الدراسة إلى تقييم جدوى الجيل القادم من الوصول إلى نماذج الأعمال وتحليل كيفية التنظيم والتي قد تدعم ازدواجية البنية التحتية القابلة للتطبيق مع ضمان المنافسة في توفير الخدمات للمستهلكين والشركات.

وتركز الدراسة على جوانب معينة من جدوى نشر الألياف العميقة. وقد طبق هذا النموذج لتوليد نتائج تجريبية لستة دول (ألمانيا ، فرنسا ، إيطاليا ، البرتغال ، إسبانيا ، السويد).

و كانت النتائج الرئيسية لألمانيا:

(1) يعد طرح VDSL أمرًا مربحًا وجذابًا لخدمة جزء كبير من العملاء في ألمانيا.

(2) شروط نشر FTTH أقل ملاءمة لكنها لا تزال اقتصادية.

كما أدت الدراسة الى الوصول لنتائج المقارنة الدولية منها :

(1) يكشف السوق الياباني عن رؤى مهمة للتنمية الأوروبية:

- بمجرد توفر FTTB/ H في السوق ، يكون لديها القدرة (بسهولة) لاستبدال DSL وتجاوزه.
- إذا تم تنظيم نشر الألياف بطريقة فعالة من حيث التكلفة، على سبيل المثال عبر المجال الجوي، فإن الوصول إلى الألياف أكثر سهولة مما هو عليه في بيئة مجاري الهواء/الكابلات المدفونة.

(2) أعلنت الحكومة الأسترالية عن الاستثمار في شبكة FTTN على الصعيد الوطني على أساس مبدأ الوصول المفتوح لجميع مقدمي الخدمات.

1-11- التعليق على الدراسات السابقة :

تقاربت الدرسات واشتركت في عدة نقاط، أهمها:

- تعد تقنية الفايبر الضوئية تقنية واعدة وتوفر احتياجات مختلف التطبيقات عبر خدمات النفاذ عريض النطاق الى الانترنت بسرعات عالية جداً.
- تقنية الفايبر الضوئي هي تقنية جديدة للنفاذ عريض النطاق الى الانترنت وتهدف الى توفير النفاذ الى شبكات الاتصالات والمعلومات لتوفير الخدمات بجودة كبيرة وأداء عالي.
- من المتوقع أن تحتل هذه التقنية المعيار الأول المهيمن على الشبكات السلكية في الأسواق العالمية.

وجه الاختلاف والشبه بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة:

تتشابه الدراسه الحالية مع بعض النقاط المذكوره في الدرسات السابقة من حيث المفهوم والأهمية والاستخدام، ولكنها في أنها تخلق تصوراً للشبكة ومكوناتها وإمكانية تواجدها وتوزعها الجغرافي في سوريا، وكذلك في أنها ستجري دراسة لمشروع تركيب وتشغيل هذه التقنية بحيث توفر خدمات جديده للنفاذ عريض النطاق إلى الانترنت وبسرعات عالية وتلبية احتياجات العديد من المستخدمين الذي يتطلب عملهم سرعة نقل معطيات كبيرة

.

جوانب الاستفادة من الدراسات السابقة :

أن الدراسات السابقة خلقت دعما للدراسة الحالية في عده أمور منها :

- فهم تقنية الألياف الضوئية ومكوناتها وطبيعة عملها.

- الاستفادة من بعض نتائج هذه الدراسات كمدخلات للدراسة القائمة والتي توجهنا الى معالجة العديد من المشاكل والاخطاء.
- إمكانية الاستعانة بالتوصيات والمراجع والتجارب الواردة في الدراسات السابقة.

الفصل الثاني

الإطار النظري للدراسة

2-1- تعريف بتقنية ADSL وتاريخها وتطورها

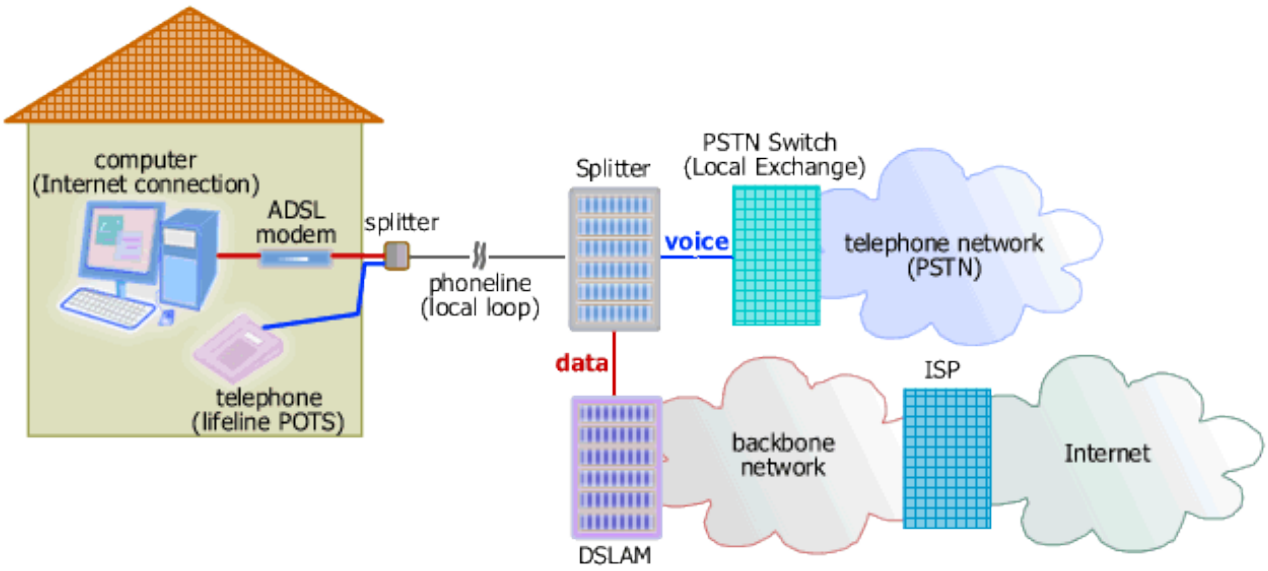
هو نوع من تقنيات خط المشترك الرقمي(DSL) ، **(Digital Subscriber Line)** وهي تقنية اتصالات بيانات تتيح نقل البيانات عبر خطوط الهاتف النحاسية بشكل أسرع مما يمكن أن يوفره مودم النطاق الصوتي التقليد .

تعود جذور تقنية DSL إلى العمل الذي قامت به شركة Bell Communications Research، Inc. في أواخر الثمانينيات لاستكشاف جدوى إرسال إشارات النطاق العريض عبر شبكة الاتصالات الأمريكية. أسفرت الجهود الأولى في هذا المجال عن تقنية إنترنت عالية السرعة أخرى تسمى الشبكة الرقمية للخدمات المتكاملة (ISDN) وهي شبكة تنقل الإشارات بين الأجهزة رقمياً وتوفر لنا سرعة وكفاءة في نقل البيانات سواء كانت صوت أو صورة أو فيديو في نفس الوقت كما توفر مجموعة أخرى من الخدمات مثل الفاكس والهاتف وأجهزة الإنذار وتصفح الإنترنت و قد بنيت تقنية هذه الشبكة على أن تستخدم نفس الخطوط النحاسية المستخدمة في الهاتف العادي لأنها الأكثر انتشاراً في العالم وتصل سرعة هذه الشبكة إلى 128 كيلو بايت في الثانية.

وفي أوائل التسعينيات ، تم طرح أول مجموعة متنوعة من DSL، ال DSL عالي معدل البت (HDSL) ، بقصد استخدامها للتلفزيون عند الطلب و بدت الجهود الأولية واعدة ، لكن العدد المتزايد بسرعة من القنوات التي توفرها شركات التلفزيون الكبلي جعل إنشاء خدمة عند الطلب أقل جاذبية من الناحية المالية.

بعد فترة وجيزة، تم إعادة استخدام DSL لتوصيل الأجهزة بالإنترنت حيث ظهرت أصناف أخرى من DSL تبعت إحداث HDSL ، بما في ذلك النوع الأكثر شيوعًا: DSL غير المتزامن (ADSL). ويشير مصطلح "غير متزامن" إلى أن تكون سرعة التنزيل (downstream) من الشبكة إلى المشترك، أكبر من سرعة الرفع (up stream) من المشترك إلى الشبكة حيث تنتقل البيانات عبر خطوط الهاتف العادية وتم استخدام (DSL terminal adapter) مهايئ طرفيه DSL ، والمعروف أيضًا باسم مودم DSL ، والذي يربط الكمبيوتر أو شبكة الكمبيوتر المحلية بخط **DSL.**[1]

2-2- بنية شبكة ADSL ومزاياها وعيوبها



الشكل (2-1)- بنية شبكة ADSL

في الشكل أعلاه نلاحظ بنية شبكة ADSL التي تتكون من موقع المقسم وموقع المشترك والبنية التحتية النحاسية التي تربط بينهما، حيث عند إنشاء ADSL يجب أن يكون هناك زوج من أجهزة مودم ADSL ، أحدهما في موقع المشترك والآخر في موقع مشغل الشبكة (المقسم). أثناء الاتصال بالإنترنت، يتصل جهازي مودم ADSL ، مما يؤدي إلى تحويل الإشارة إلى تنسيق يمكن نقله عبر خط الهاتف. [2]

ونلاحظ في موقع المقسم الهاتفي وجود DSLAM حيث يشير هذا مصطلح DSLAM إلى الأحرف الأولى من (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) ، مُعدِّد الوصول إلى خط المشترك الرقمي (DSLAM) وهو جهاز شبكة يربط العديد من مشتركي DSL بعمود أساسي واحد للإنترنت. ويتم استخدام DSLAM من قبل مزودي خدمة الإنترنت (ISP) أو مزودي الاتصالات لمشاركة عرض نطاق إنترنت عالي الجودة بين مشتركي DSL من خلال تقنيات تعدد الإرسال. تم تصميمه لإدارة اتصال الإنترنت الواردة والصادرة لمشتركي DSL ، ويتم تثبيت DSLAM في ISP

أو مكتب الاتصالات المركزي (المقسم) . وهو متصل بالعمود الفقري / الموجه الأساسي للإنترنت عبر شبكة اتصال عالي السرعة ، مثل مرحل الإطار أو وضع النقل غير المتزامن (ATM) أو شبكة IP. عندما يتم إرسال طلب إنترنت نموذجي بواسطة مودم المشترك ، فإنه يصل إلى جهاز DSLAM. يقوم DSLAM بتجميع العديد من طلبات المستخدم المختلفة التي يتم تمريرها إلى العمود الفقري / الموجه الأساسي للإنترنت ، والذي يوفر في النهاية نقلًا مزدوجًا للبيانات أو الإنترنت نفسه. [3]

ويتم تقسيم إشارة ADSL من كل مشترك إلى إشارات صوتية وإشارات بيانات بواسطة فاصل (مرشح) موجود عادة في نفس الحامل مع DSLAM. يتم تحويل الإشارة الصوتية (الهاتفية) إلى مفتاح الهاتف (التبادل المحلي) لمزيد من الاتصال بشبكة الهاتف (PSTN). يتم إرسال إشارة البيانات التي تحمل حركة مرور الإنترنت إلى ISP عبر الشبكة الأساسية للاتصال بالإنترنت.

وفي موقع المشترك، يقوم الفاصل (مرشح) بفصل إشارة الهاتف عن إشارة البيانات لذلك يمكن للمشترك استقبال أو إجراء مكالمات هاتفية أثناء الاتصال بالإنترنت دون تداخل.

أما البنية التحتية النحاسية التي تربط بين المشترك والمقسم تتكون من علب التوزيع المنتشره في ابواب مباني المشتركين ومن ثم ترتبط عبر كابلات نحاسية بكبائن الاتصالات المتواجده على الارصفة في الشوارع والتي بدورها هذه الكبائن يتم توصيلها بغرف التفتيش المتواجده تحت الارض والتي تحوي على مجموعة من الوصلات الحرارية للكابلات النحاسية ومنها يتم توصيل هذه الكابلات للمقسم عبر الارض .

مزاياها:

1- يوفر خط المشترك الرقمي غير المتماثل (ADSL) اتصالاً عالي السرعة ، ويقدم تكلفة شهرية ثابتة ، وله قيمة جيدة مقابل المال ، ولا توجد أسلاك إضافية .

2- لا يقدم خط المشترك الرقمي (ADSL) المزيد من الانقطاعات في الاتصالات ، حيث يمكنك التحدث على الهاتف عند تصفح الإنترنت لأن الصوت والبيانات يعملان في نطاقات منفصلة مما يعني وجود قناة منفصلة.

3- يستخدم خط المشترك الرقمي غير المتماثل (ADSL) البنية التحتية الحالية (شبكة الهاتف الأساسية) ، والتكلفة والوقت المستغرقان لإبقاء الخدمة متاحة أقل مما لو اضطر المشغل إلى القيام بأعمال لبناء بنية تحتية جديدة .

4- يقدم خط المشترك الرقمي غير المتماثل (ADSL) سرعات اتصال أعلى بكثير من تلك التي يوفرها خدمة الإنترنت الهاتفي والتي تعرف بخدمة (**Dial-up**) وهي شكل من أشكال الدخول إلى شبكة المعلومات الدولية (الإنترنت) عن طريق خط الهاتف.

5- يمكن لاتصال ADSL استخدام الهاتف والإنترنت في وقت واحد، ولا تحتاج إلى الاتصال أو إعادة الاتصال، فأنت متصل دائمًا باستخدام ADSL، ولا توجد رسوم مكالمة لاستخدام اتصال ADSL كما هو الحال في المودم أو اتصال ISDN، فهو يوفر لك وظائف إنترنت أفضل عرض نطاق ADSL أعلى مقارنة بشبكة ISDN أو اتصال المودم.

6- السماح بتنزيل المستندات، على صفحات الويب وإرسال البريد الإلكتروني بشكل أسرع من الانترنت الهاتفي (**Dial-up**) ، والتي تسمح بعرض أو إرسال ملفات الصوت والفيديو في الوقت الفعلي بسرعة كبيرة ، يمكن أن يكون ADSL مفيدًا جدًا للشركات لخفض تكاليف المكالمات للعملاء دوليًا ، خدمة ADSL هي عادةً ما يتم تكوينه لاستخدام الإنترنت نظرًا لأن التنزيل أعلى من التحميل.

7-يقدم خط المشترك الرقمي غير المتماثل (ADSL) تقنية اتصال النطاق العريض، ويستخدم ADSL الأسلاك النحاسية الحالية المثبتة لأنظمة الهاتف لتقديم البيانات الرقمية عالية السرعة، ويمكنهم تزويد العملاء بخدمات بيانات عالية السرعة حتى قبل التبديل إلى الألياف البصرية.

8-يمكن أن يوفر DSL سرعات عالية أسرع بنحو ثلاثين إلى أربعين مرة من اتصال الطلب الهاتفي، ويستخدم نطاقًا واسعًا من الترددات، وتوفر اتصالات ADSL النطاق الترددي اللازم للخدمات الصوتية عالية الجودة، ويستخدم لتصفح الويب، والاتصال الهاتفي عبر الإنترنت، وكخط فاكس في نفس الوقت.

<u>عيوبها:</u>

1-لا تتوفر خدمة خط المشترك الرقمي غير المتماثل (ADSL) في كل مكان بالشكل المطلوب ، فهي تعمل بشكل أفضل عندما تكون أقرب إلى المكتب المركزي لمزود خدمة الإنترنت (المقسم) ، وتوفر سرعات متغيرة اعتمادًا على وقت اليوم ، فهي تقدم تنزيلًا أسرع من التحميل ، ويستغرق اختبار الخط وقتًا طويلاً .

2-يتأثر ADSL بعدد الأشخاص الذين يستخدمون الخط الخاص به في منطقة معينة ،حيث تقل جوده الانترنت عند هؤلاء الاشخاص كلما زاد عدد المستخدمين في المنطقة التي يقطنون بها فضلا عن

نقطه الضعف المتمثله بضعف سرعة ارسال upstream مقارنه بسرعة الاستقبال down stream حيث يكون الاتصال أسرع في التنزيل (تلقي البيانات) من إرسال المعلومات.

3- كل خط ADSL يتم مشاركة ضمن 50 مستخدمًا ، لذا فإن النسبة تكون 50:1 ، في حالة المستخدمين المنزليين ، بينما بالنسبة لمستخدمي الأعمال ، تكون النسبة 20:1 ، يمكن لأرقام المستخدمين أن تجعل عرض النطاق الترددي الخاص بالمستخدم يتقلب و الاتصال ADSL لا يقدم أي ضمان لمستوى الخدمة.

4- يمكن لـ ADSL السفر بشكل موثوق عبر الخط النحاسي السليم فقط ، لذلك ، إذا أضاف تعرض الخط النحاسي لأي ضرر فلن يتمكن من استقبال ADSL و تكون قوة الإشارة هي اتصال أضعف وأبطأ في أوقات الذروة وكلما كان المستخدم بعيدا عن المقسم .

5- أن تقنية ADSL تعتمد على سلامة البنية التحتية النحاسية حيث أن المدة التي تنتقل فيها البيانات من المرسل للمستقبل تتحدد بقوة الإشارة للشبكة، أي أنه لو كانت الشبكة ضعيفة فسوف تحتاج لوقت طويل جدا حتى تصل البيانات .

6- أن الشبكة النحاسية التي تعتمد عليها هذه الخدمة معرضة للتشويش ولا تتحمل الشد والضغط كونها قابلة للتصدأ وتحتاج للإستبدال بسبب تعرضها للتلف بكثرة. [4]

2-3- تعريف بتقنية الاتصال عبر الألياف الضوئية وتاريخها وتطورها

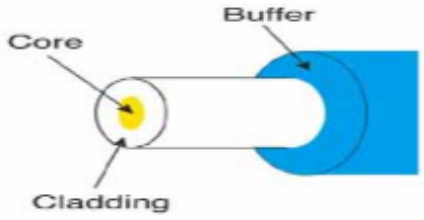
الألياف الضوئية هي وسيلة اتصال تعمل عن طريق إرسال إشارات ضوئية عبر خيوط رفيعة من الزجاج أو الألياف البلاستيكية شديدة النقاء. يعود تاريخ استخدام الألياف البصرية أول مرة لنقل الاتصالات الهاتفية إلى سنة 1977، لكن فكرة هذه التقنية تعود إلى قرن قبل ذلك . ففي سنة 1870 استخدم الفيزيائي الإيرلندي جون تيندال دفقاً مائياً ينساب من وعاء إلى آخر ومصدراً ضوئياً لاستعراض أن الضوء يستخدم الانعكاس الداخلي لتتبع مسار معين، ففي حين كان الماء ينسكب من خلال صنبور الوعاء الأول، وجّه تيندال شعاعاً من أشعة الشمس على مجرى الماء، فلاحظ أن الضوء تتبع المسار المتعرج داخل المجرى المنحني للماء؛ وكانت هذه التجربة هي أول بحث عن "البث الموجّه للضوء. بعد ذلك بعشر سنوات، ابتكر العالم ويليام ويلنغ طريقة لبث الضوء أطلق عليها اسم "ضوء الأنابيب"، واعتقد ويلنغ أنه باستخدام أنابيب من المرايا التي تتفرع من مصدر ضوء واحد سيتمكن من إرسال الضوء إلى غرف مختلفة، بنفس طريقة توصيل الماء عبر المواسير في المباني

حالياً، لكن بسبب عدم فعالية فكرة ويلنغ وتزامنها مع ابتكار أديسون الناجح للمصباح الكهربائي (اللمبة) فإن فكرته لم تتطور. [5]

وفي النصف الثاني من القرن العشرين، شهدت تقنية الألياف الضوئية تقدماً هائلاً، وجاء النجاح المبكر في خمسينيات ذلك القرن مع تطوير جهاز الفايبرسكوب لنقل الصور الذي استخدم أول ألياف زجاجية عملية، وتم تصميمه بالتزامن من قبل برايان أوبراين في شركة البصريات الأميركية ونارندر كاباني الذي كان أول من وضع مصطلح "الألياف البصرية" سنة 1956 وزملاؤه في كلية الإمبراطورية للعلوم والتكنولوجيا في لندن.

شهدت التجارب الأولى للألياف البصرية الزجاجية فقدانا مفرطا للإشارة الضوئية أثناء انتقالها عبر الألياف، مما حدَّ من مسافات النقل. وتطورت بعد ذلك الألياف البصرية على مرّ السنين في سلسلة من الأجيال، إلى أن تمكنت شركة "نيبون تلغراف وتلفون" اليابانية سنة 1977 من تطوير تقنية الألياف الضوئية التي تقدم نظرياً الحد الأدنى من فقدان الإشارة البصرية، استنادا إلى ألياف السليكا. وأخذ استخدام تلك الألياف في الاتصالات ينتشر خاصة لدى الجيش الأميركي الذي استخدمها في أنظمة اتصالات مُحسنة؛ ففي بداية السبعينيات ركبت البحرية الأميركية وصلة ألياف ضوئية هاتفية على متن البارجة "ليتل روك"، وتبعها في ذلك سلاح الجو الأميركي بتطوير تقنيته الخاصة للألياف الضوئية سنة 1976، وبتشجيع من نجاح تلك التطبيقات تم تمويل برامج الدفاع والتطوير للجيش لتطوير ألياف أقوى وكبلات تكتيكية ذات أداء عال.[6]

2-4- مكونات الألياف الضوئية :



الشكل (2-2)- بنية الليف الضوئي

تتكون كابلات الألياف الضوئية بشكل أساسي من 3 مكونات وهي كما يأتي:

- **النواة "core"** : وهي لب الكابل، وتتكون من الألياف أو الشعيرات الزجاجية الرفيعة .
- **الكِسوة "cladding":** وهي مادة زجاجية تحيط باللب، وتعمل على منع الإشارات الضوئية من الانعكاس خارج اللب، وهي تعمل كسطح عاكس أيضاً لمنع الضوء من العبور خلالها.
- **طبقة عازلة "buffer"** : وهي عبارة عن طبقة بلاستيكية تحمي المكونات الداخلية للكابل، كما أنها تمنع وصول الرطوبة والأوساخ إلى الطبقات الداخلية، والطبقة العازلة هي التي تعطي الكابل الحماية والمتانة اللازمين لحمياته من الصدمات المختلفة.[7]

2-5- أنواع الألياف والكابلات الضوئية :

كابل فايبر أحادي النمط Single mode fiber optic cable (SM):

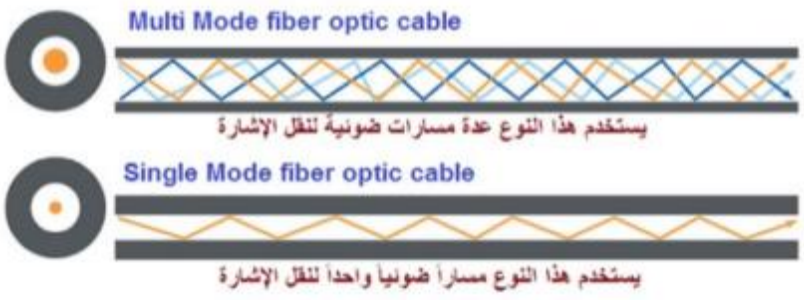
فى هذا النوع يكون القلب صغير يصل قطره إلى (9µm) ويكون قطر الكساء Cladding مساوياً (125µm) (متساوي فى النوعين). يستخدم ثنائي الليزر Laser Diode لتوليد الإشارة الضوئية المرسلة عبر القلب Core بطول موجى يتراوح ما بين 1550 nm و 1310 nm . -يستخدم هذا النوع مساراً ضوئياً واحداً لنقل الاشارة .

يستخدم الليف أحادي النمط حينما نحتاج لسرعة أعلى ومسافة أكبر قد تصل إلى 100 كيلومتر. كما يستخدم بين المبانى فى الشبكات وبين المدن والدول فى حالة شبكات الهاتف والانترنت.

كابل فايبر متعدد النمط Multi-mode fiber optic cable (MM):

في هذا النوع يكون القلب كبير يصل قطره إلى (50 µm) أو (62.5 µm) والقطر 62.5 µm هو الأكثر شيوعا ويكون قطر الكساء Cladding مساويا (125 µm). يستخدم الثنائي الباعث للضوء LED لتوليد الإشارة الضوئية المرسلة عبر القلب Core بطول موجى يتراوح ما بين 850 nm و 1300 nm. يستخدم هذا النوع عدة مسارات ضوئية لنقل الإشارة.

يستخدم الليف متعدد النمط لنقل البيانات لمسافات أقل من النوع السابق قد تصل الى 2000 متر دون الحاجة لتكبير الإشارة . كما يستخدم فى الشبكات الداخلية (LAN Networks) .



الشكل (2-3) المسارات الضوئية داخل الليف

كابل الفايبر الأحادي (Simplex fiber optic cable)

هو الكبل الذي يحتوى على ليف ضوئي واحد فقط ويستخدم فى حالة إذا أردنا إرسال البيانات والمعلومات فى إتجاه واحد فقط أى لا يرسل ولا يستقبل المعلومات فى نفس الوقت . من الممكن أن يكون Single core أو Multi core .

الشكل(2-4)- كابل الفايبر الأحادي (Simplex fiber optic cable)

كابل الفايبر المزدوج (Duplex fiber optic cable)

هو الكابل الذى يحتوى على ليفين ضوئيين داخل غلاف خارجى واحد .

الشكل (2-5-)- كابل الفايبر المزدوج (Duplex fiber optic cable)

من الممكن أن يكون Single core أو Multi core ، وينقسم إلى نوعين:

1. كابل فايبر نوع Full Duplex: فى هذا النوع يمكن إرسال البيانات او المعلومات فى الإتجاهين أى أنه يمكننا إرسال وإستقبال المعلومات فى نفس الوقت.
2. كابل فايبر نوع Half Duplex: فى هذا النوع يمكن إرسال البيانات او المعلومات فى الإتجاهين ولكن ليس فى الوقت نفسه أى أنه يمكننا إرسال المعلومات فى وقت ما ثم بعدها يمكننا إستقبال معلومات أخري أى أن عملية الارسال والاستقبال لا تتم فى نفس الوقت كما فى النوع السابق.

كابل الفايبر ذو الثنائى الملتصق (Zipcord fiber optic cable)

وهو كيبل ليف ضوئي يحتوي على كابلين simplex ملتصقين مع بعض، ومن الممكن أن يكون أحادي النمط أو متعدد النمط

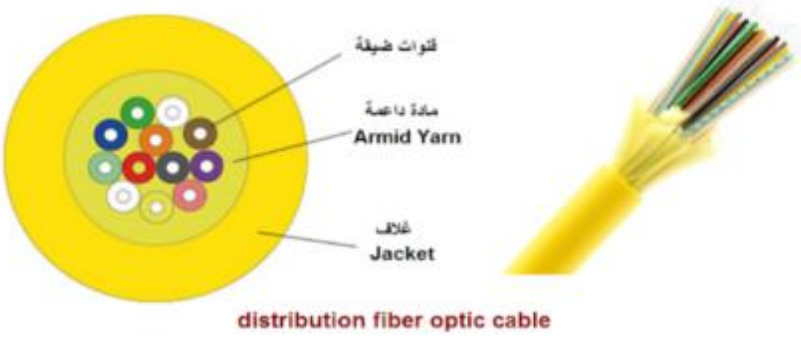
الشكل (2-6)- كابل الليف الضوئي ذو الثنائي الملتصق Zipcord fiber optic cable

وصلة كابل الفايبر ذو الثنائي الملتصق (Fiber optic patch cord cable)

و هي وصلات جاهزة حيث يكون مركب فيها موصلات الليف الضوئي بأطوال مختلفة، و لها أنواع و ألوان مختلفة، و تستخدم للتوصيل مابين لوحة التوصيل و الأجهزة.

الشكل (2-7)- وصلة الليف الضوئي Fiber optic patch cord cable

كابل الفايبر الموزع (distribution fiber optic cable)



الشكل(2-8)- كيبل اليف الضوئي الموزع distribution fiber optic cable

وهو كيبل ليف ضوئي يحتوي على عدد من الأنابيب الضيقة قد تصل إلى (144 أنبوبة أو فرعة) و كل أنبوبة فيها ليف ضوئي واحد ويحيط بجميع الأنابيب الضيقة مادة داعمة واحدة، و يستخدم للتمديدات عبر الأسقف و الحوائط داخل المباني لأنه مرن و سهل.

كابل الفايبر المجزئ (Breakout fiber optic cable)

هو كيبل ليف ضوئي يحتوي على اثنين أو أكثر من الأنابيب الضيقة، و كل أنبوبة تحتوي علي ليف ضوئي واحد، و المادة الداعمة تكون داخل كل أنبوبة على حدة و يستخدم للتوصيل المباشر للموصلات و لوحات التوصيل داخل المباني.

الشكل(2-9)- كابل الفايبر المجزئ Breakout fiber optic cable

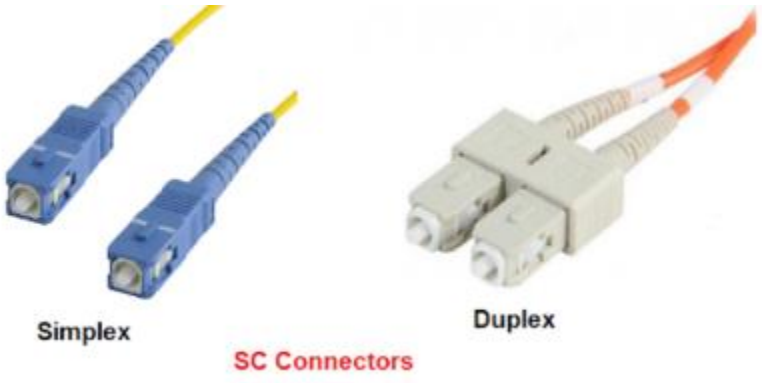
كابل الفايبر المسلح (Armored Cable)

هو كابل فايبر ذو أنبوبة واسعة ، تحتوي على أكثر من ليف ضوئي ، ويتميزبوجود طبقة معدنية تحت الغلاف الخارجي للكيبل ، و يستخدم في التمديدات داخل المباني و خارجها و يتميز بمقاومته للكسر .

الشكل(2-10)- كيبل الليف الضوئي ذو الدرع المعدني Armored Cable

أنواع موصلات الألياف الضوئية (Fiber optic Connectors)

SC Connectors وهي أختصارا ل ’ Subscriber Connector’ or ‘Standard Connector



الشكل(2-11)- موصلات SC Connectors

LC Connectors

وهي أختصارا لLucent Connector

الشكل(2-12)- موصلات LC Connectors

FC Connectors

وهي أختصارا ل 'ferrule connector' or 'fibre channel

الشكل(2-13)- موصلات FC Connectors

ST Connectors

وهي أختصارا لStraight Tip' connector

الشكل(2-14)- موصلات ST Connectors

MT-RJ Connector

الشكل(2-15)- موصلات MT-RJ Connector

MU Connectors

الشكل(2-16)- موصلات MU Connectors

كل نوع من أنواع الموصلات التي ذكرناها له نوعان: أحادي النمط ليركب في الليف الضوئي أحادي النمط، ومتعدد النمط ليركب في الليف الضوئي متعدد النمط.

محولات الفايبر Adapters

و هي وصلة تستخدم لربط موصلين مع بعض من نفس النوع أو من نوع مختلف، و لها أنواع كثيرة تعتمد على نوع الموصلين ومنها :

ST - ST Adapter : ويستخدم لربط كيبل به موصل ST مع آخر له موصل ST أيضاً

ST - ST Adapter

الشكل(2-17)- محولات ST - ST Adapter

SC - SC Adapter : ويستخدم لربط كيبل به موصل SC مع آخر به موصول SC ، ويوجد منه نوعان أحادي simplex وثنائي dupex

2-6- آلية انتقال الاشارات من خلال الألياف الضوئية:

تنقل الألياف الضوئية البيانات في شكل جسيمات ضوئية - أو فوتونات - تنبض عبر كابل ألياف بصرية. يحتوي كل من نواة الألياف الزجاجية والكسوة على معامل انكسار مختلف وهو الذي يؤدي الى ثني الضوء الوارد بزاوية معينة.

عند إرسال الإشارات الضوئية عبر كابل الألياف الضوئية تنعكس عن القلب وتغطي في سلسلة من الارتدادات المتعرجة في أعقاب عملية تسمى **الانعكاس الداخلي الكلي** أو مايسمى **(الانعكاس التام** في الفيزياء و الكهرومغناطيسية) بالإنجليزي (Total reflection) : وهو انعكاس كامل للشعاع الساقط و لا يحدث الانعكاس التام إلا بتوفر شرطين:

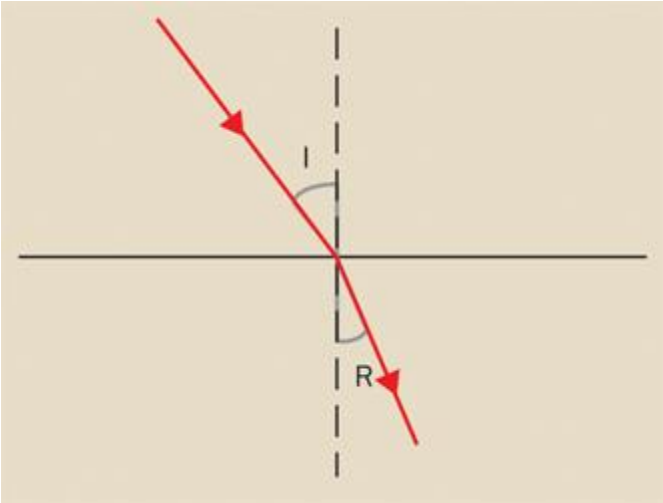
- إذا تعرض الشعاع الساقط إلى اختلاف في معامل الانكسار ,وهذا يحدث عند عبوره من وسط إلى وسط آخر.
- إذا غدت زاوية السقوط أكبر من **الزاوية الحرجة** وأصغر من 90.° و قيمة الزاوية الحرجة ليست ثابتة في كل الأحوال بل تتبدل بتبدل الأوساط التي ينتقل فيها الشعاع الضوئي. علما أنه في كل الأحوال تكون زاوية الانعكاس تساوي تماما زاوية السقوط.

لا تنتقل الإشارات الضوئية بسرعة الضوء بسبب طبقات الزجاج الأكثر كثافة، وبدلاً من ذلك تتحرك بنسبة 30٪ أبطأ من سرعة الضوء.

لتجديد الإشارة أو تعزيزها طوال رحلتها، يتطلب إرسال الألياف الضوئية أحيانًا مكررات على فترات متباعدة. تقوم هذه المكررات بتوليد الإشارة الضوئية عن طريق تحويلها إلى إشارة كهربائية، ومعالجة تلك الإشارة الكهربائية وإعادة إرسال الإشارة الضوئية.

<u>مؤشر الانكسار:</u>

تتميز المواد البصرية بمؤشر انكسارها، والمشار إليه بـ n. مؤشر انكسار المادة هو نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعة الضوء في المادة. عندما يمر شعاع من الضوء من مادة إلى أخرى بمؤشر انكسار مختلف ، تنثني الحزمة (أو تنكسر) عند الواجهة (الشكل التالي) والذي يبين شعاع من الضوء يمر من مادة إلى أخرى بمؤشر انكسار مختلف ينثني أو ينكسر عند السطح البيني.

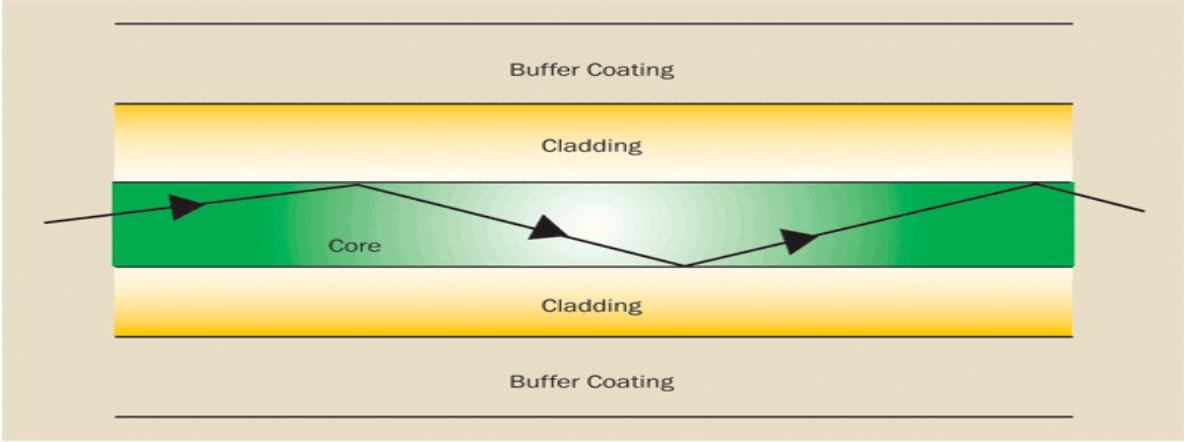


الشكل(2-18)- انكسار شعاع من الضوء عند السطح البيني

يصف قانون سنيل الانكسار:

$$n_I \sin I = n_R \sin R$$

ni و nR حيث هما مؤشرا انكسار المواد التي من خلالها تنكسر الحزمة و I و R هما زاويتا السقوط وانكسار الحزمة(الحرجة) . إذا كانت زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة للواجهة (عادة حوالي 82 درجة للألياف الضوئية) ، ينعكس الضوء مرة أخرى في وسط الحادث دون خسارة من خلال عملية تعرف باسم الانعكاس الداخلي الكلي التي ذكرناها والموضحة في (الشكل التالي) الذي يبين كيف يسمح الانعكاس الداخلي الكلي للضوء بالبقاء داخل قلب الألياف . [9]

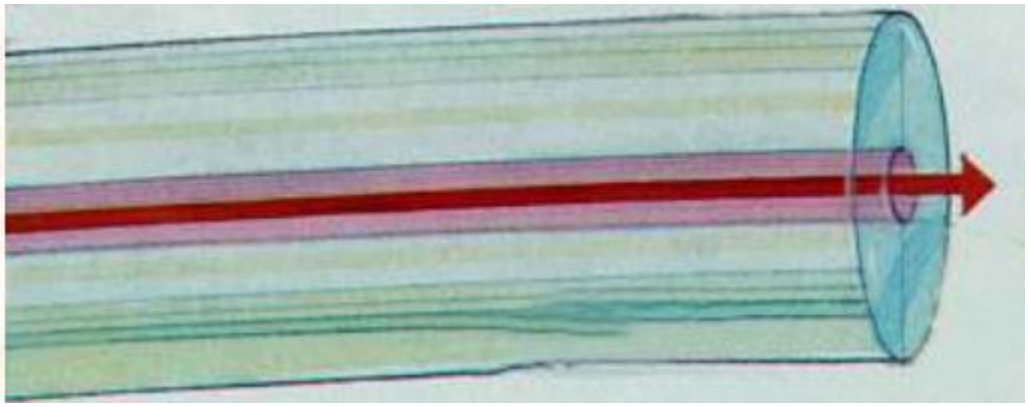


الشكل(2-19)- الانعكاس الداخلي الكلي للضوء داخل قلب الألياف

ولفهم خصائص أنواع الألياف المختلفة لابد من دراسة نوعان أساسيان من الألياف: الألياف متعددة الأوضاع والألياف أحادية الوضع.

الألياف أحادية الوضع:

يتم استخدام الألياف أحادية الوضع لمسافات أطول نظرًا للقطر الأصغر لنواة الألياف الزجاجية الفتحة الأصغر تعزل الضوء في شعاع واحد، مما يوفر مسارًا مباشرًا أكثر ويمكّن الإشارة من الانتقال لمسافة أطول.



الشكل(2-20)- ليف احادي الوضع

تتميز الألياف أحادية الوضع أيضًا بنطاق ترددي أعلى بكثير من الألياف متعددة الأوضاع. عادةً ما يكون مصدر الضوء المستخدم للألياف أحادية الوضع هو الليزر. عادةً ما تكون الألياف أحادية الوضع أكثر تكلفة لأنها تتطلب حسابات دقيقة لإنتاج ضوء الليزر في فتحة أصغر. الألياف أحادية الوضع لها نواة ضيقة، ويتغير مؤشر الانكسار بين اللب والكسوة أقل مما هو الحال بالنسبة للألياف متعددة الأنماط. وهكذا ينتقل الضوء بالتوازي مع المحور، مما ينتج عنه تشتت ضئيل للنبض. تقوم شبكات الهاتف والتلفزيون الكابلي بتركيب ملايين الكيلومترات من هذه الألياف كل عام. [10]

الشكل(2-21)- ليف أخر احادي الوضع

الألياف متعددة الأوضاع:

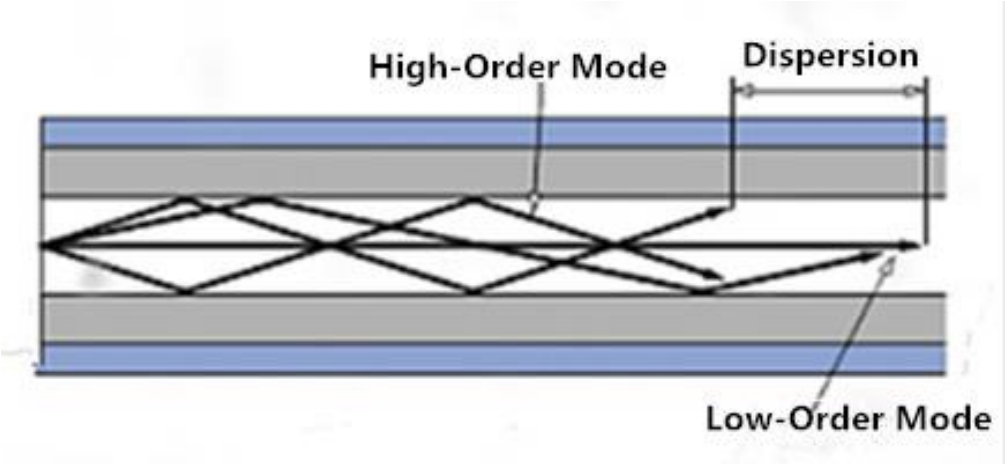
ضمن فئة الوضع المتعدد، هناك فرق مهم آخر بين النوعين :

1- نمط مؤشر الخطوة التدريجي (step index).

2- المؤشر المتدرج (graded index).

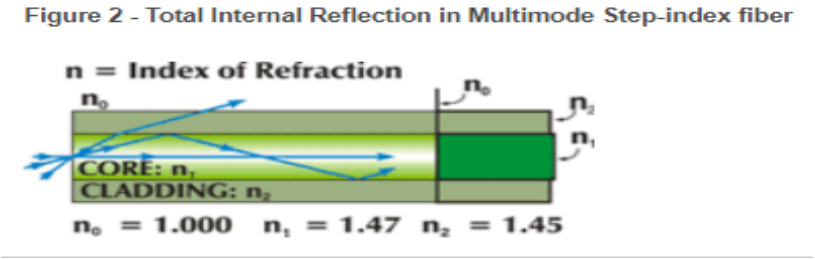
النوع الأبسط والأقدم هو **مؤشر ألياف الخطوة**، حيث يكون مؤشر الانكسار (قدرة المادة على ثني الضوء) هو نفسه في جميع أنحاء نواة الألياف. ويعتبر ليف مؤشر الخطوة من الألياف التي يكون لبها مؤشر انكسار منتظم ويحدث انخفاض حاد في مؤشر الانكسار عند الكسوة.

يحتوي جوهر الألياف ذات المؤشر التدريجي على دليل (index) منتظم للانكسار حتى واجهة الكسوة. ونظرًا لأن الأنماط المختلفة في الألياف ذات المؤشر التدريجي تنتقل أطوال مسار مختلفة في رحلتها عبر الألياف ، يجب أن تظل مسافات نقل البيانات قصيرة لتجنب مشاكل التشتت النموذجية الكبيرة كما هو موضح في الشكل التالي [8] :



الشكل(2-22)- مشاكل التشتت النموذجية الكبيرة في الألياف ذات المؤشر التدريجي

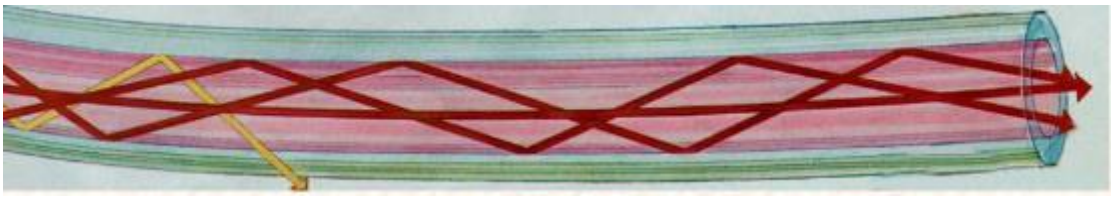
كما يوضح الشكل التالي أيضا كيف ينطبق مبدأ الانعكاس الداخلي الكلي على الألياف ذات مؤشر الخطوة متعدد الأوضاع.[10]



الشكل(2-23)- ليف مؤشر الخطوة متعدد الاوضاع (التدريجي) multimode step index

ليف مؤشر الخطوة متعدد الاوضاع (التدريجي) multimode step index

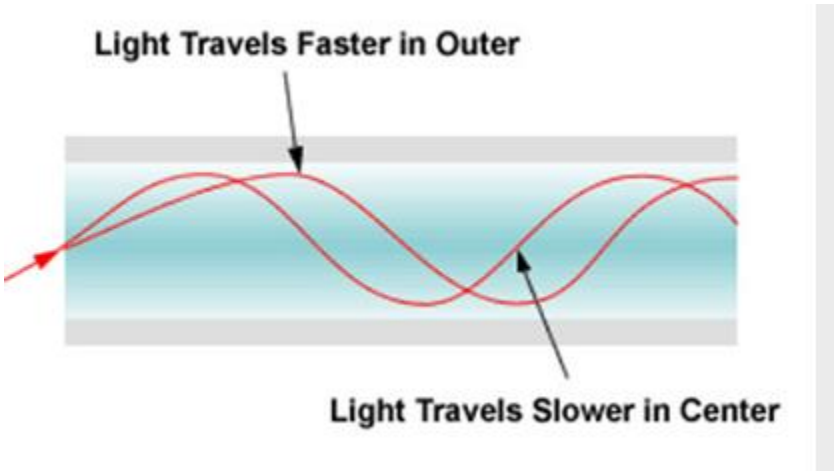
نظرًا لأن معامل الانكسار اللب أعلى من معامل الانكسار للكسوة يحصر الانعكاس الداخلي الكلي الضوء داخل الألياف الضوئية نظرًا لأن الكسوة تحتوي على معامل انكسار منخفض ، فإن أشعة الضوء تنعكس مرة أخرى في القلب إذا واجهت الكسوة بزاوية ضحلة (الخطوط حمراء). وفي حالة تجاوز الشعاع الزاوية "حرجة" معينة يهرب الشعاع من الألياف (الخط الأصفر).



الشكل(2-24)- ليف مؤشر الخطوة متعدد الاوضاع multimode step index

تتوفر ألياف المؤشر التدريجي بأقطار أساسية من 100 إلى 1500 ميكرومتر. إنها مناسبة تمامًا للتطبيقات التي تتطلب كثافة عالية من الطاقة ، مثل توصيل طاقة الليزر الطبية والصناعية. وبالتالي يتم استخدام الألياف ذات المؤشر التدريجي بالكاد في تطبيقات الاتصالات والبيانات الحالية.

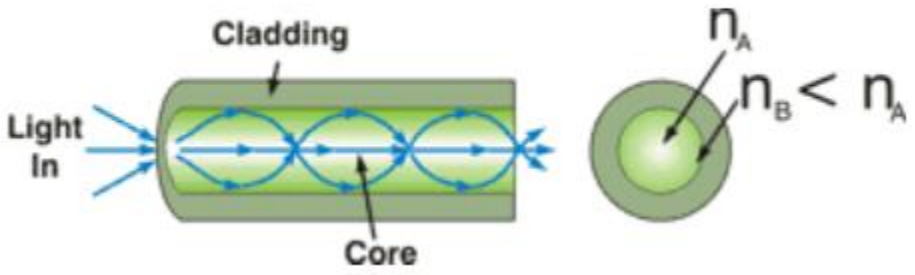
بالنسبة للألياف **متعددة الوضع ذات الإشارة المتدرج**، يتغير مؤشر الانكسار عبر النواة تدريجيًا من الحد الأقصى في المركز إلى الحد الأدنى بالقرب من الحواف (الكسوة)، ومن هنا جاء اسم المؤشر المتدرج. يستفيد هذا التصميم من ظاهرة انتقال الضوء بشكل أسرع في مادة ذات مؤشر انكسار منخفض عنها في مادة عالية المؤشر. حيث ينتقل الضوء بشكل أسرع عند حافة القلب منه في المركز كما في الشكل التالي[8] :



الشكل(2-25)-Multimode Graded Index Fiber

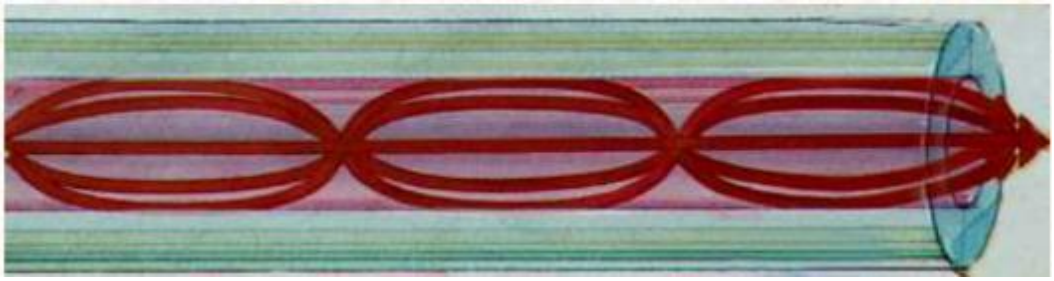
يؤدي الانكسار المتزايد في مركز القلب إلى إبطاء سرعة بعض أشعة الضوء ، مما يسمح لجميع أشعة الضوء بالوصول إلى الطرف المستقبل في نفس الوقت تقريبًا مما يقلل التشتت. يوضح الشكل التالي مبدأ الألياف ذات المؤشر المتدرج متعدد الأوضاع. معامل الانكسار المركزي للب ، nA ، أكبر من معامل انكسار اللب الخارجي ، nB. كما تمت مناقشته سابقًا ، فإن مؤشر الانكسار الأساسي هو قطع مكافئ ، حيث يكون أعلى في المركز. [10]

Figure 3 - Multimode Graded-index Fiber



الشكل(2-26)-ليف متعدد الاوضاع

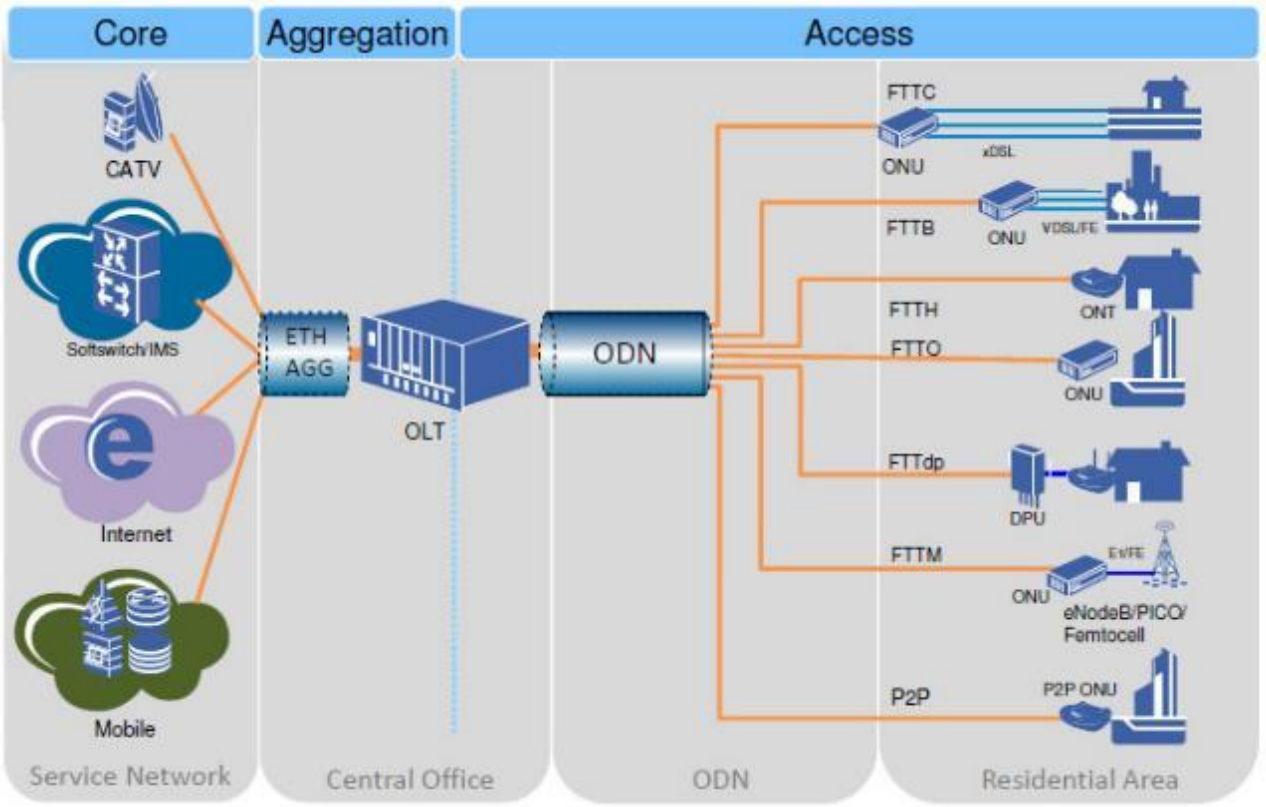
كما يوضح الشكل لم تعد أشعة الضوء تتبع الخطوط المستقيمة ؛ إنهم يتبعون مسارًا أفعوانيًا يتم ثنيه تدريجياً للخلف باتجاه المركز من خلال مؤشر الانكسار المتناقص باستمرار. هذا يقلل من تفاوت وقت الوصول لأن جميع الأوضاع تصل في نفس الوقت تقريبًا.



الشكل(2-27) ليف المؤشر المتدرج متعدد الاوضاع multimode graded index

تحتوي الألياف ذات المؤشر المتدرج على عروض نطاق أكبر بكثير من ألياف المؤشر التدريجي ، ولكنها لا تزال أقل بكثير من الألياف أحادية الوضع. أقطار اللب النموذجية للألياف المتدرجة هي 50 و 62.5 و 100 ميكرومتر و التطبيق الرئيسي لألياف المؤشر المتدرج هو في الاتصالات متوسطة المدى ، مثل شبكات المنطقة المحلية.

2-7- بنية شبكة الألياف الضوئية ومكوناتها



الشكل(2-28) شبكة الالياف الضوئية (FTTx)

في الشكل السابق مخطط توضيحي لشبكة الالياف الضوئية (FTTx) وهو المصطلح العام الذي يستخدم على نطاق واسع لمختلف البنية التحتية للوصول إلى الألياف البصرية. يشير العامل X إلى نقطة نهاية شبكة التوزيع البصري السلبية التي تبدأ من مكتب المركزي (central office) استنادًا إلى عامل X وتشمل FTTH و FTTB و FTTC و FTTO و FTTdp و FTTR و FTTM و FTTA و FTTP و FTTD هي المصطلحات الأكثر استخدامًا في شبكات الاتصالات المعاصرة. (11)

الألياف إلى المنزل (fiber-to-the-home) FTTH :

تصل الألياف إلى حدود مساحة المعيشة ، مثل الصندوق الموجود على الجدار الخارجي للمنزل. الشبكات الضوئية السلبية (GPON) وشبكة إيثرنت من نقطة إلى نقطة هي بنية تقدم خدمات اللعب الثلاثي (triple-play) والذي يقصد بها حزمة خدمات الإنترنت والتلفزيون ذات النطاق العريض والهاتف التي يمكن الاستفادة منها من خلال اتصال واحد واسع النطاق.

الألياف إلى العقدة (fiber-to-the-node) FTTN :

ويتم فيها إنهاء كابل الألياف في خزانة في الشارع ، ربما على بعد أميال من مباني العميل ، مع احتمال أن تكون التوصيلات النهائية نحاسية.

الألياف إلى الحافة أو الخزانة أو الخزانة (fiber-to-the-curb, -closet, or -cabinet) FTTC / FTTK

هذا مشابه جدًا لـ FTTN ، لكن خزانة الشارع أو العمود أقرب إلى مباني المستخدم ، عادةً على بعد 1000 قدم (300 متر).

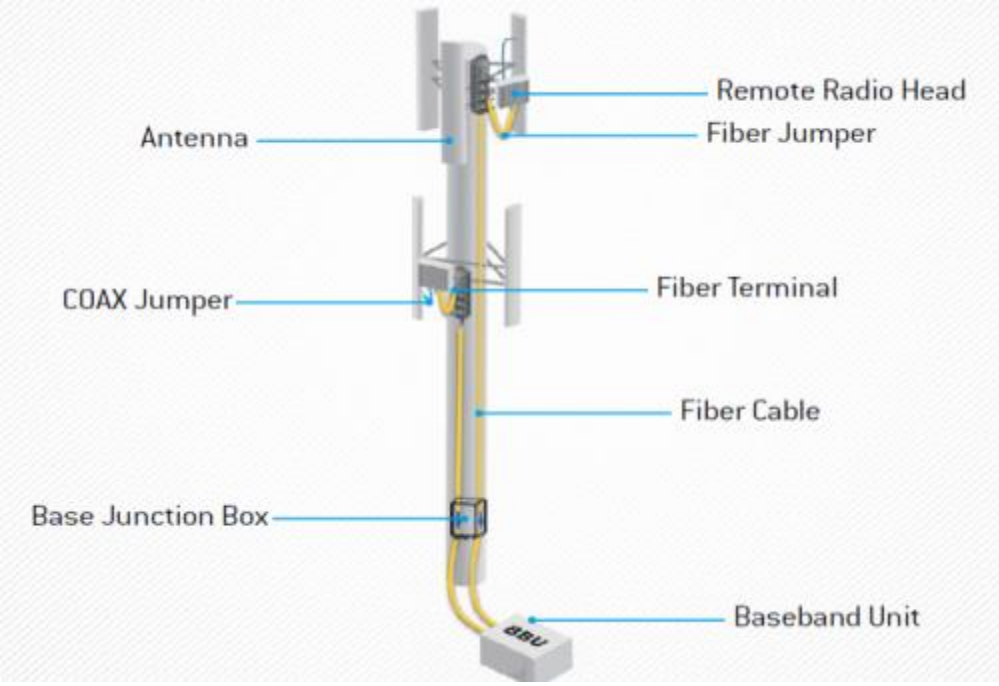
الألياف إلى أماكن العمل (fiber-to-the-premises) FTTP :

يستخدم مصطلح الاتصالات هذا لكل من FTTH و FTTB ، أو حيث تشمل شبكة الألياف كلاً من المنازل والشركات الصغيرة .

الألياف إلى المبنى ، أو الأعمال ، أو الطابق السفلي (fiber-to-the-building, or business, or -basement) FTTB

يصل كابل الألياف الضوئية إلى حدود المبنى - أو الحد الأدنى لنقطة الدخول - مثل الطابق السفلي في وحدة سكنية متعددة ، مع التوصيل النهائي لمساحة المعيشة الفردية التي يتم إجراؤها عبر وسائل بديلة.

الألياف إلى الهوائي / الراديو (Fiber-to-the-Antenna /Radio) FTTA/FTTR :

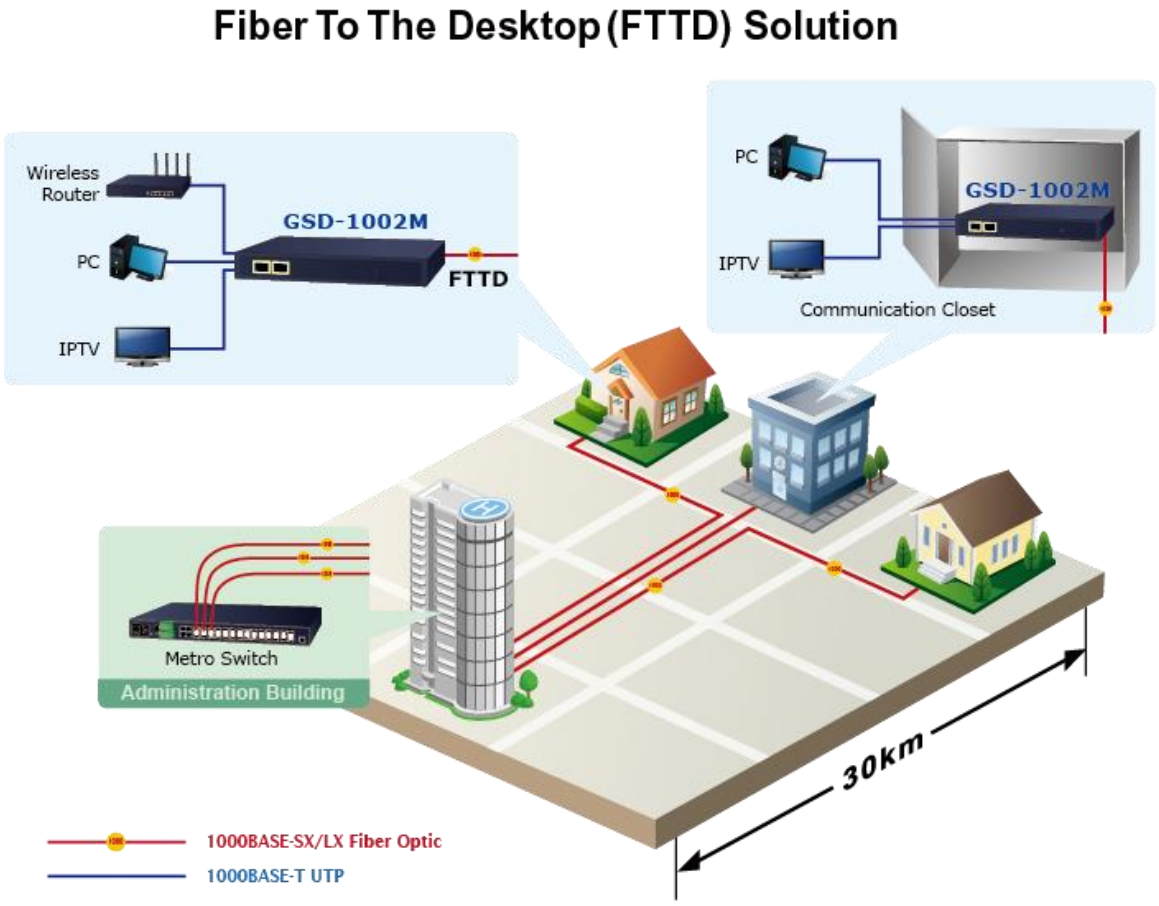


الشكل(2-29) Fiber-to-the-Antenna /Radio الألياف إلى الهوائي / الراديو

FTTA أو FTTR عبارة عن بنية شبكة عريضة النطاق يتم فيها استخدام الألياف الضوئية لتوصيل رأس الراديو البعيد (RRH) بالمحطة الأساسية في هوائيات جديدة ، أو تم تعديلها في الهوائيات الحالية ، لاستبدال كل أو جزء من الحلقة المحلية المحورية. تتمثل إحدى ميزات كبل الألياف الضوئية في سهولة تثبيته لأنه أخف من كابل المحوري (coax) حيث يسمح القطر الأصغر والوزن الخفيف للعديد من كابلات الالياف الضوية بأن تشغل نفس القدر من مساحة مثل كابل محوري واحد .نظرا لأن الابراج الخلوية تخضع بشكل طبيعي للعناصر ، فإن الحجم المادي وخصائص الكابلات الضوئية تكون أقل عرضة للتلف من هبوب الرياح .بالإضافة الى ماتحققة هذه الالياف من مزايا اخرى تتعلق بالاشاره حيث حدد كابل المحوري (coax) المسافة بين الهوائي والمحطة الاساسية مايصل الى 100 متر وبالمقابل فإن الكبلات الضوئية تمتد حتى 20 كيلو مترا وبأقل الخسائر .[12]

الألياف إلى سطح المكتب (fiber-to-the-desktop) FTTD :

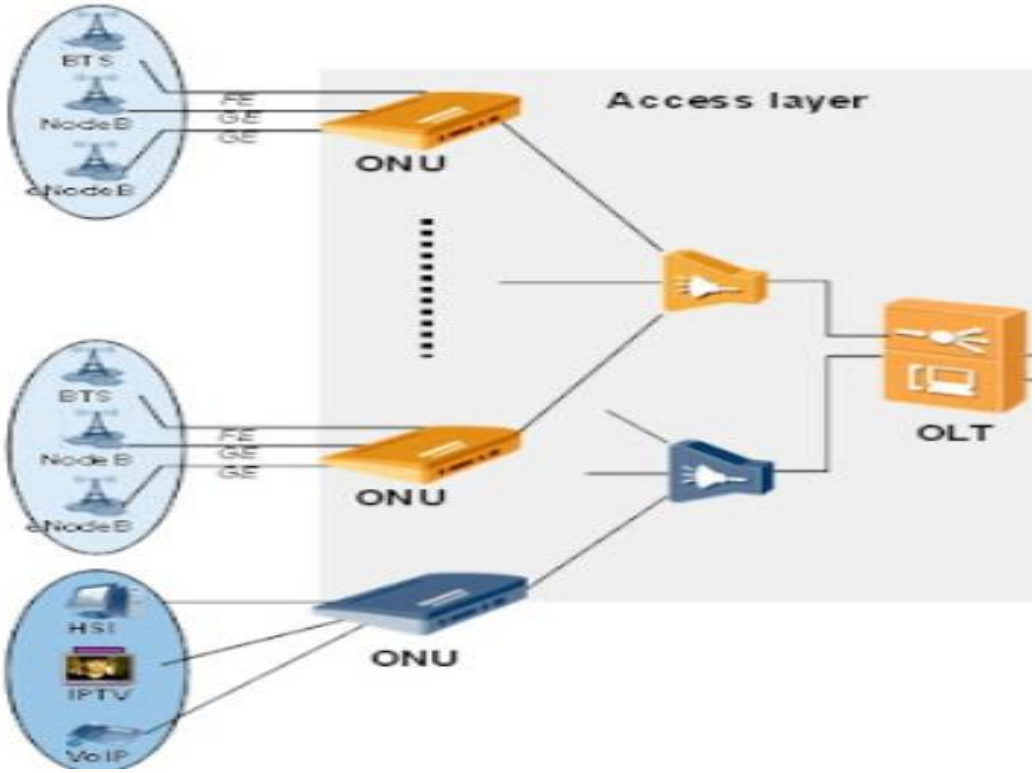
يتم تثبيت توصيلات كبلات الألياف الضوئية من غرفة الكمبيوتر الرئيسية إلى محطة طرفية أو محول وسائط ألياف ضوئية بالقرب من مكتب المستخدم.[13]



الشكل(2-30) الألياف إلى سطح المكتب FTTD (fiber-to-the-desktop)

الألياف حتى العمود (Fiber to the Mast)FTTM :

إنها خدمة لاسلكية ذات نطاق عريض للأعمال تزيد بشكل كبير من سرعة النطاق العريض للأعمال. لقد أثبتت شعبيتها في المناطق التي قد لا تحتوي على FTTC (الألياف إلى الخزانة) أو للشركات التي لا ترغب في دفع تكاليف الخط المؤجر الذي يعمل تحت الأرض. [14]



الشكل(2-31) الألياف حتى العمود (Fiber to the Mast)FTTM

في الشكل السابق يوضح خدمة FTTM و كيف تم توصيل ثلاث محطات أساسية مذكورة أدناه مع ONU في موقع مشترك حيث :

1- محطة قاعدة (Base Station) G2 .

2- محطة قاعدة G3 – NodeB.

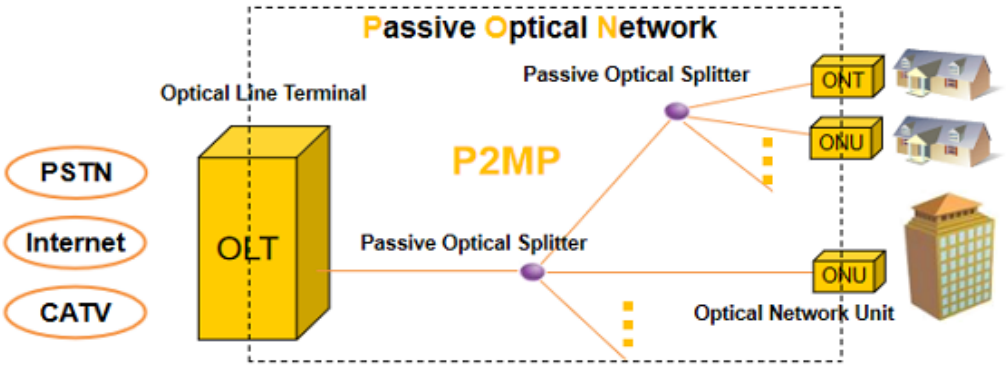
3- محطة قاعدة G4 eNodeB .

قبل البدء بالحديث عن مكونات شبكة الالياف الضوية لابد من التحدث عن الشبكة البصرية السلبية التي تسمى PON (Passive Optical Network) يعرف ال PON بشبكة الاتصالات التي تنقل البيانات عبر خطوط الألياف الضوئية. وإنه "سلبي" لأنه يستخدم مقسمًا ضوئيًا سلبيًا لتوجيه البيانات المرسلة من موقع مركزي إلى وجهات متعددة . [14]

يتم استخدام PONs من قبل ISPs و NSPs (**network service provider)** كطريقة فعالة من حيث التكلفة لتوفير الوصول إلى الإنترنت للعملاء. نظرًا لأن PON هو نظام من نقطة إلى عدة نقاط (P2MP) ، والذي يوفر طريقة أكثر كفاءة لنقل البيانات من شبكة من نقطة إلى نقطة.

يمكن أن ينقسم خط النقل الرئيسي إلى 32 خطاً منفصلاً ، الأمر الذي يتطلب بنية تحتية أقل بكثير من بناء خطوط مباشرة إلى كل وجهة باستخدام كابلات الألياف الضوئية.

يُطلق على الموقع المركزي لـ PON أيضًا اسم OLT (محطة الخط البصري) ، بينما تسمى الوجهة الفردية ONU (وحدة الشبكة الضوئية).



الشكل(2-32) الشبكة البصرية السلبية PON (Passive Optical Network)

بينما تستخدم جميع PON الألياف الضوئية والمقسمات غير المزودة بالطاقة ، إلا أن هناك العديد من الإصدارات المختلفة. فيما يلي قائمة بأنواع مختلفة من PON نذكر منها :

APON: كان هذا هو الأول من معايير PON وكان يعتمد على ATM (وضع النقل غير المتزامن). ATM هي تقنية تبديل تستخدمها شبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية التي تستخدم مضاعفة تقسيم الوقت غير المتزامن لترميز البيانات إلى خلايا صغيرة ثابتة الحجم. هذا يختلف عن Ethernet أو الإنترنت ، والتي تستخدم أحجام حزم متغيرة للبيانات أو الإطارات.

BPON: يعني PON النطاق العريض. تم تطويره على أساس APON ، الذي يدعم معدلات نقل تصل إلى 622 ميجابت في الثانية. يتم توفير المزيد من الوظائف مثل تخصيص النطاق الترددي الديناميكي والحماية. وهو يدعم خدمات مثل الوصول إلى Ethernet ونقل الفيديو والخطوط المؤجرة عالية السرعة.

EPON: يشير إلى Ethernet PON. تم نشر معيار EPON بواسطة IEEE802.3 EFM. فهو يجمع بين Ethernet و PON تقنيًا ، واعتماد PON في الطبقة المادية وبروتوكول Ethernet في طبقة ارتباط البيانات ، وتحقيق الوصول إلى Ethernet مع طوبولوجيا PON.

GPON: النموذج الكامل هو Gigabit PON. إنه أحدث معيار للوصول إلى PON ، والذي يتميز بنطاق ترددي عالٍ وكفاءة عالية وتغطية كبيرة وواجهات وفيرة. تعتبر GPON التقنية المثالية لتحقيق شبكات الوصول.

توفر GPON ثلاث شبكات من الطبقة الثانية: ATM للصوت، وEthernet للبيانات وVoIP . يوفر 1.25 جيجابت / ثانية أو 2.5 جيجابت / ثانية للنزول وعرض النطاق الترددي القابل للتوسع من 155 ميجابت / ثانية إلى 2.5 جيجابت / ثانية.[15]

تتشارك جميع الخدمات عائلة FTTx بذات النوعية من المكونات حتى نقطة نهاية شبكة التوزيع البصري ونذكر منها:

طرف خط بصري OLT (optical line terminal) :

وهو جهاز يستخدم لتوصيل الألياف الضوئية ونقل الإشارات. يحدث فرقًا كبيرًا في PON (الشبكة الضوئية السلبية). مهامه:

1. يتصل OLT بمفتاح مستوى التغطية بالكابل وينقل إلى إشارات ضوئية. لشيء آخر ، فإنه يتصل بالفاصل البصري (optical splitter) على أطراف العملاء باستخدام الألياف الضوئية.

2. التحكم ، والإدارة ، وقياس المسافة إلى الأجهزة الطرفية للعملاء مثل ONU.

3. OLT هو أحد الأجهزة الموجودة على عقد الخدمة في شبكة الوصول. يكمل الوصول إلى الخدمة من خلال الاتصال بأجهزة عقد الخدمة المقابلة عبر منفذ SNI.

يتكون OLT بشكل عام من:

1. لوحة التحكم. توجد عادةً لوحتان تشتملان على لوحات رئيسية وأخرى احتياطية على OLT .

2. لوحة امدادات الطاقة DC .

3. وحدة مروحة. إنها تستخدم بشكل أساسي لتبديد الحرارة ومراقبة البيئة.

4. إطار الخدمة

5. لوحات الإرسال الأخرى .

يتضمن V-SOL OLT GPON و EPON OLT. هناك 4 منافذ GPON OLT ، بالإضافة إلى 16/8 منفذ في GPON OLT. وينقسم EPON OLT أيضًا إلى 16/8/4 منفذًا.

الشكل(2-33)- طرف خط بصري -EPON OLT WITH 4/8/16 PORD

يتمتع بحماية أمنية من فئة الناقل ويوفر العديد من إدارة الخدمات مثل الوصول إلى الإنترنت ، وإعدادات WiFi ، و VoIP ، وإدارة الأمن ، وما إلى ذلك.

ينسق جهاز OLT مع أنواع مختلفة من ONU لتحقيق جميع أنواع شبكات الوصول مثل FTTC و FTTH و FTTM وما إلى ذلك. وفقًا للخدمات المختلفة ومتطلبات العملاء والمناطق ، هناك استراتيجيات مختلفة للنشر.

موضح بالصورة أدناه تطبيق FTTH (الألياف إلى المنزل) لجهاز V-SOL EPON OLT V1600D4-DP. يتصل OLT بمفتاح الإدارة و ONU. يوجد splitter بين OLT و ONU. ويمكن لـ PON أن توفر للعديد من العائلات لخدمات متعددة مثل IPTV و VOIP و IP Camera وما إلى ذلك .[16]

الشكل(2-34)- (الألياف إلى المنزل) لجهاز V-SOL EPON OLT V1600D4-DP

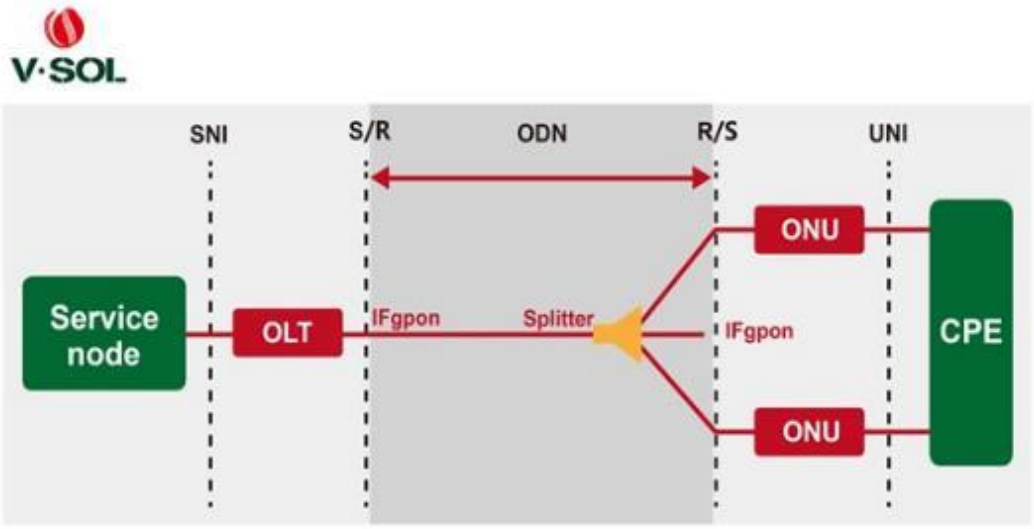
وحدة الشبكة الضوئية ONU (optical network unit)

يشير مصطلح ONU إلى وحدة الشبكة الضوئية و الجهاز الطرفي البصري في شبكة الوصول إلى الألياف ، والذي يوفر للمستخدمين واجهات خدمة متعددة.

الشكل(2-35)- وحدة الشبكة الضوئية ONU (optical network unit)

مهام ONU :

ONU جهاز يحول الإشارات الضوئية الواردة إلى إشارات كهربائية للأطراف في مقر العميل وفقًا لمعيار EPON. [17]



الشكل(2-36)-مخطط تموضع وحدة الشبكة الضوئية ONU

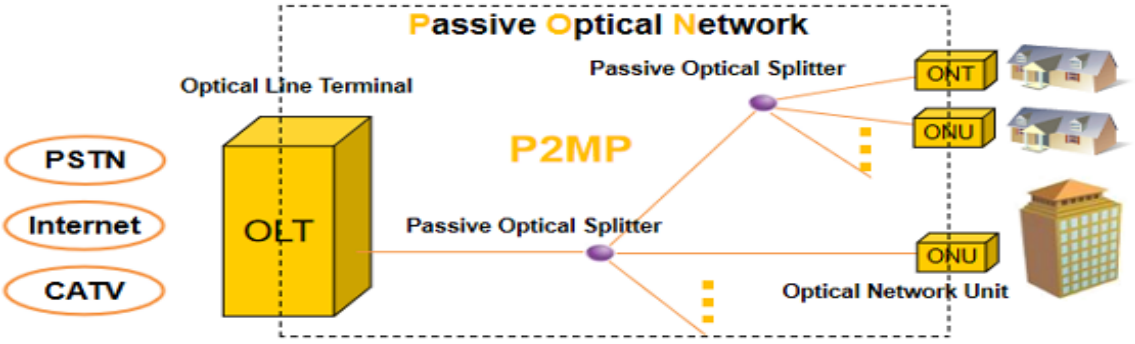
محطة الشبكة الضوئية ONT (optical network terminal) :

تعني محطة الشبكة الضوئية بإنها التي يمكنها نقل الإشارات الضوئية من OLT إلى إشارات كهربائية وتقديم خدمات متنوعة مثل الإنترنت و IPTV و VOIP .

الشكل(2-37)- محطة الشبكة الضوئية ONT (optical network terminal)

الفرق بين ONU و ONT :

في FTTx ، يكون ONT هو نفسه ONU ، وهو جزء من الشبكة الضوئية السلبية. ولكن هناك بعض الاختلافات الفنية في التعريف والنشر والأنواع ومنها لن ONU يشير إلى وحدة الشبكة الضوئية يأتي من معيار IEEE. بينما يشير ONT إلى محطة الشبكة الضوئية من معيار ITU-T وهم هما معياران مختلفان للاتصالات . [18]



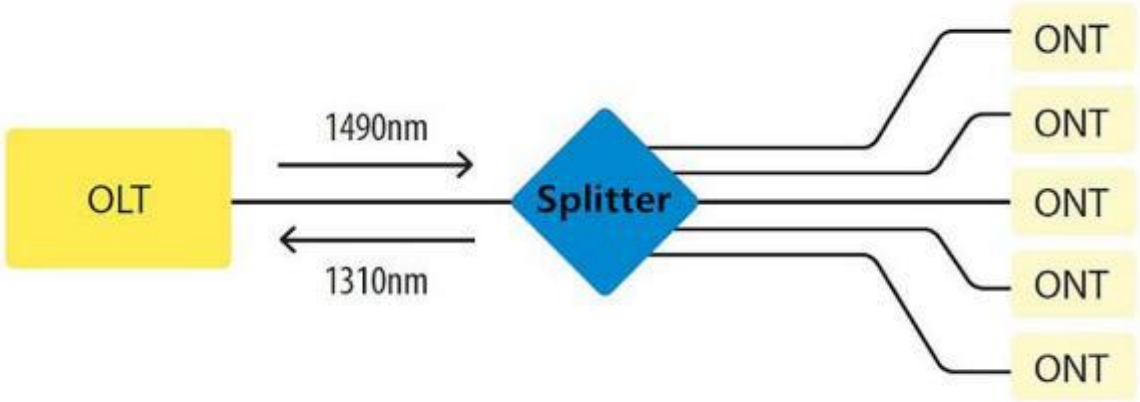
الشكل(2-38)- مخطط تموضع محطة الشبكة الضوئيةONT

مقسم الألياف البصرية Fiber Optic Splitter :

في طبولوجيا الشبكة الضوئية يساهم ظهور مقسم الألياف الضوئية (**Splitter)** في مساعدة المستخدمين على زيادة أداء دوائر الشبكة الضوئية.

مقسم الألياف الضوئية ، الذي يشار إليه أيضًا باسم الفاصل البصري ، أو مقسم الحزمة ، هو جهاز توزيع طاقة بصري متكامل للدليل الموجي يمكنه تقسيم شعاع الضوء الساقط إلى حزمتين أو أكثر من حزم الضوء ، والعكس بالعكس ، يحتوي على عدة مدخلات ومخرجات نهايات. لعب الفاصل البصري دورًا مهمًا في الشبكات الضوئية السلبية (مثل EPON و GPON و BPON و FTTX و FTTH وما إلى ذلك) من خلال السماح بمشاركة واجهة PON واحدة بين العديد من المشتركين.

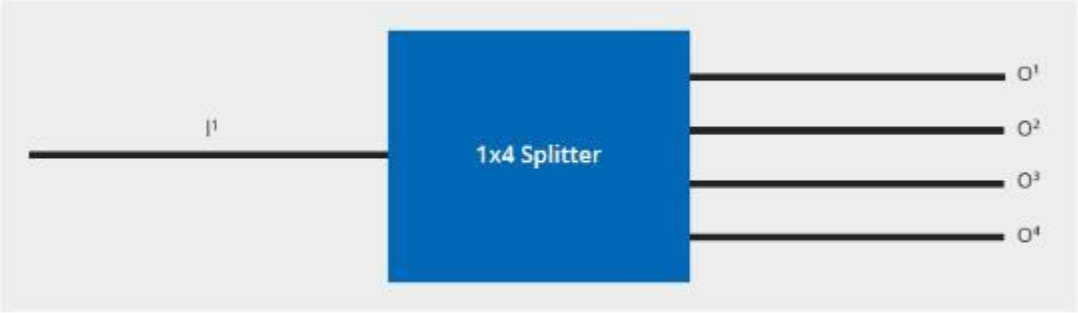
بشكل عام ، عندما تنتقل الإشارة الضوئية في ألياف أحادية النمط ، لا يمكن أن تتركز الطاقة الضوئية بالكامل في قلب الألياف. سيتم نشر كمية صغيرة من الطاقة من خلال تكسية الألياف. وهذا يعني أنه إذا كان هناك نوعان من الألياف قريبان بدرجة كافية من بعضهما البعض ، فيمكن للضوء المرسل في الألياف الضوئية أن يدخل إلى ألياف ضوئية أخرى. لذلك ، يمكن تحقيق تقنية إعادة تخصيص الإشارة الضوئية في ألياف متعددة ، وهذا هو سبب ظهور مقسم الألياف البصرية.



الشكل(2-39)- مقسم الألياف البصرية Fiber Optic Splitter

على وجه التحديد ، يمكن للفاصل البصري المنفعل أن يقسم ، أو يفصل ، شعاع الضوء الساقط إلى عدة حزم ضوئية بنسبة معينة. تكوين الانقسام x41 الموضح أدناه هو الهيكل الأساسي: فصل شعاع الضوء الساقط من كابل ليفي واحد إلى أربعة حزم ضوئية ونقلها عبر أربعة كابلات ليفية ناتجة فردية. على سبيل المثال، إذا كان كابل الألياف الضوئية للإدخال يحمل عرض نطاق ترددي يبلغ 1000 ميجابت في الثانية، فيمكن لكل مستخدم في نهاية كبلات الألياف الضوئية استخدام الشبكة ذات عرض النطاق الترددي 250 ميجابت في الثانية.[19]

غالبًا ما يستخدم المقسم البصري في ODN لمساعدة العديد من المستخدمين النهائيين على مشاركة واجهة PON



الشكل(2-40)- مقسم الألياف البصرية 1X4 Splitter

الفصل الثالث

القسم العملي

3-1- سوق الاتصالات في سوريا:

تقوم مؤسسة الاتصالات بتنظيم سوق الاتصالات في سوريا، وهي مؤسسة عامة ذات طابع اقتصادي تتمتع بشخصية اعتبارية واستقلال مالي وإداري، وتخضع لأحكام المرسوم التشريعي رقم /2/ لعام 2005 الخاص بالمؤسسات والشركات والمنشآت العامة وتتبع لوزارة الاتصالات والتقانة. مهمة المؤسسة توفير خدمات الاتصالات وفق سياسة مجلس الإدارة المستمدة من الخطط الخمسية والسياسات التي تقرها الوزارة وتتمتع بحق الحصر للاتصالات السلكية واللاسلكية في جميع أنحاء الجمهورية العربية السورية وفق المرسوم التشريعي رقم 1935 لعام 1975 الذي أحدثت بموجبه .

صدر القانون رقم /18/ تاريخ 9-6-2010 المتضمن قانون الاتصالات في الجمهورية العربية السورية والذي ينص على تشكيل الهيئة الناظمة لقطاع الاتصالات وتحويل المؤسسة العامة للاتصالات إلى شركة مساهمة مملوكة من الدولة تحت اسم الشركة السورية للاتصالات وتسمى اختصاراً " السورية للاتصالات".

كما تقوم المؤسسة بتقديم خدمات الهاتف الثابت والإنترنت في سوريا وتقوم شركتي سيريتيل و mtn بتقديم خدمات الهاتف الخليوي. كما تساهم المؤسسة بحصص في شركات مشتركة هي الشركة السورية الكورية لتصنيع تجهيزات المقاسم الريفية والمقاسم الفرعية الآلية، وتساهم المؤسسة بنسبة 51% من رأسمال الشركة المشتركة وتساهم سامسونغ بنسبة 49% من رأسمال الشركة وقد بدأت العمل في عام 1997. بالإضافة إلى الشركة السورية الألمانية لتصنيع طرفيات ISDN وتجهيزات الاتصالات اللاسلكية WLL، وتساهم المؤسسة بنسبة 25 % من رأسمال الشركة وتساهم GTC بنسبة 51% وشركة سيريتل بنسبة 24% وشركة جي تي (GET) الإماراتية بنسبة 63.75 % من رأس مال الشركة المشتركة ، وشركة كنعان بنسبة 11.25 % . [20]

2-3- خدمات الولوج الى الانترنت وتبادل المعطيات في سوريا:

يمكننا تصنيف خدمات الولوج الى الانترنت في سوريا الى صنفين :

1-الانترنت المتنقل .

2- الانترنت الثابت .

3-2-1- الانترنت المتنقل :

يوجد في سوريا مشغلان للاتصالات الخلوية المتنقلة وهما شركتي سيريتيل و MTN

شركة Syriatel :

شركة سيرياتيل من أولى الشركات السورية في مجال الاتصالات، وهي من أكبر الشركات في سوريا، وسيرياتيل هي أول مشغل خليوي في الجمهورية، تم تأسيسها في العام 2000 كشركة خاصة للاتصالات لتشغيل المكالمات للهاتف المحمول، وتقدم سيرياتيل خدمات الانترنت عن طريق شرائح من الجيل الثالث والرابع والتي توفر للعملاء الاتصال بالأنترنت أينما كانوا بتغطية عن طريق الأبراج المقامة لهذا الغرض ويقدر عدد مستخدميها بالملايين.

شركة MTN :

وهي إحدى فروع مجموعة شركات MTN التابعة لجنوب إفريقيا، والتي تم تأسيسها في العام 1994، وتم إنطلاقها في سوريا في عام 2007، لتصبح شركة الاتصالات الوحيدة الرائدة في سوريا إلى جانب سيرياتيل، تتواجد في العاصمة السورية دمشق أيضاً، وتقدم الشركة شبكات من الجيل الثاني والثالث والرابع، وشرائح اتصال تعمل على الهواتف المحمولة. وعلى الرغم من قرار انسحابها من سوريا ومناطق أخرى في الشرق الأوسط، إلا أن خدماتها لم تتوقف حتى الآن عن العمل، أي لا يزال العملاء قادرين على الاستفادة من خدماتها اليومية.

3-2-2- الانترنت الثابت:

تعتبر الشركة السورية للاتصالات هي المزود الوحيد لخدمات الاتصال الهاتفي الثابت والمالك الوحيد للبنية التحتية النحاسية بكل ما تحتوية من كابلات نحاسية ومقاسم هاتفية ومجموعات وعلب التوزيع هاتفية. وكانت قد بلغت السعات الهاتفية القائمة 5,707 مليون خط في نهاية عام 2011 ، وبلغ عدد الخطوط المستثمرة 4,289 مليون مشترك .وبلغ عدد المشتركين بالانترنت ضيق النطاق بتقنية dial-up حينها 639 ألف مشترك، وهذا العدد كان في تناقص مستمر لصالح زيادة في عدد مشتركي ADSL تبلغ 121340 في نهاية 2011 ، الى أن وصل عدد الكلي للمشتركين بالخدمة الهاتفية حتى تاريخ 2022/2/1 بكافة المحافظات /2810379/ مشترك، في حين بلغ عدد المشتركين بخدمة ADSLحتى التاريخ المذكور /1580925/ مشترك، منها /1056009/ مشترك بمزود تراسل، و/524916/ مشترك في المزودات الخاصة . [21]

حيث بلغ عدد مزودي خدمات الإنترنت في سوريا أكثر من ثلاثون مزوداً حتى العام الحالي ،و يوجد مزود واحد منها يتبع للشركة السورية للاتصالات ويسمى بمزود تراسل، وهو أكبر مزودات خدمة الانترنت عريض النطاق ADSL ويملك أكبر عدد من مشتركين كما ذكرنا سابقاً وثلاثون مزوداً تابع للقطاع الخاص تتخذ من العاصمة دمشق مقرا رئيسية لها ومنها : مزود الانترنت في الجمعية العلمية السورية للمعلوماتية - مزود أمواج waves - ليزر - تكامل - آية – عالمي - سوا- برو – زاد – إلكم - فيو – رن نت – سما نت – تواصل ناس – أمنية – ليما – مزود MTN - مزود INET .

حيث تقوم جميع هذه المزودات بضخ البيانات عبر مخدماتها ونقلها بالاعتماد على البنية التحتية النحاسية العائدة للشركة السورية للاتصالات لتأمين خدمات الانترنت الثابت والمعروف بخدمة ADSL وبسرعات تتراوح من 512 كيلو بت /ثانية وحتى 16 ميغا بت /ثا.

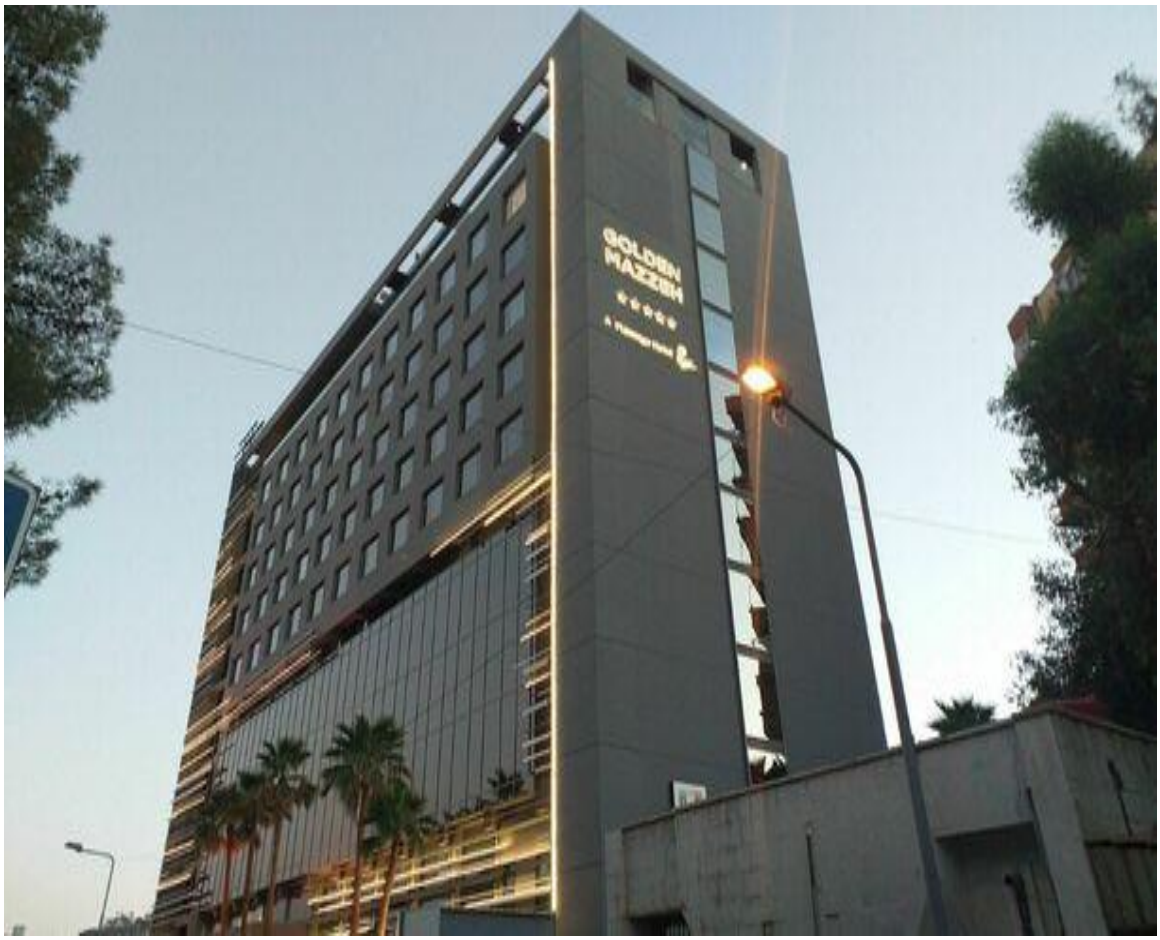
وفي ظل اعتماد سوريا على خدمة ADSL في السنوات السابقة الا ان الحاجة العالمية فرضت زيادة سرعة الإنترنت وجودتها للوصول الى مستوى يقارن بدول العالم والتي تحدّثت وأصبحت كبيرة لتأمين متطلبات الشرائح التي تتطلب طبيعة عملها هذه الجودة وخصوصاً أن خدمة الـ ADSLالمتوفرة في سورية تشاركية، و من الطبيعي أن تضعف السرعة في حال زيادة عدد المشتركين التابعين للمركز الهاتفي، أي أن الدخول على الخدمة بوقت واحد سوف يؤدي الى تشارك المشترك بخدمة الـ ADSL على حزمة السرعة مع مشتركين غيره يصل عددهم إلى 8 في أوقات الذروة، وفي غير أوقات الذروة

يستطيع المشترك أن يستفيد من كامل السرعة المطلوبة، أي أن نسبة التشاركية في الـ ADSLهي 8/1 في الحزم. لذا وأنطلاقا من هذه الحاجة بدأت تقنية فايبر نت بالانتشارفي سوريا عام 2015 من خلال مشروع يستهدف الفعاليات الاقتصاديّة والمدن الصناعية والجامعات والمؤسسات الحكومية والمشاريع الصغيرة والكبيرة، وبسرعات مختلفة حسب رغبات المشتركين وبجودة عالية لنقل البيانات وعدم تأثرها بالعوامل الخارجية. وتعمل الشركة السورية للاتصالات في وقتنا الحالي على تقديم خدمة الفايبر نت للمنازل FTTH أي تقديم الانترنت والتلفزيون والمكالمات إلى المنازل وأماكن الأعمال الصغيرة والمتوسطة عبر كبل ضوئي وبجودة وسرعات عالية لتشمل سبع محافظات في سوريا وهي (دمشق ونذكر منها المزة أوتستراد والفيلات الشرقية والمالكي والمهاجرين– حماة - حمص- طرطوس –اللاذقية -حلب -السويداء)، وتجاوز عدد مشتركيها الـ /400/ مشترك، بما يتيح إيصال الإنترنت للمنازل عبر الكابل الضوئي بسرعات عالية تتراوح بين 8 و16 ميغا.

وأعتمدت مبدأ التشاركية قي الفايبر نت للمنازل في سوريا التي تقدمها الشركة السورية للاتصالات بأنها ستكون على البوابة وليس الحزمة، ونسبة التشاركية بحال تم استخدام العدد الأعظمي (الأقصى) للاشتراكات تصل لـ4/1 في الذروة، وستتأثر بهذه الحالة سرعة رفع الملفات (Upload) فقط لتكون بين 2.5 – 3 ميغابت/ثا في حال الإشتراك بسرعة الـ8 ميغابت/ثا على سبيل المثال، دون أن تتأثر سرعة تحميل الملفات (Download) التي ستبقى 8 ميغابت/ثا. أما في حالة الـ ADSLتكون التشاركية على الحزمة وليس على البوابة، والتأثير يكون على سرعتي UPLOAD و Download في الذروة، الامر الذي سيحدث بالاعتماد على هذا النوع الجديد من الخدمات فارق كبير من حيث الاستخدام والتي تجعل من الضرورة العمل على استبدال البنية التحتية النحاسية ببنية كابلات ضوئية والسعي لنشر جميع انواع خدمات الفايبر الضوئي المتمثلة بخدمات FTTX وليس فقط ان يقتصر على نوع واحد FTTH.

3-3- دراسة مشروع تركيب وتشغيل تقنية الألياف الضوئية في مزود خدمة الانترنت أمواج لفندق غولدن المزة:

يعتبر فندق غولدن مزة من أحدث فنادق العاصمة السورية دمشق، ويعتبر من سوية خمس نجوم من قياس 111 غرفة، تحت إدارة شركة فلامينغو العالمية. يقع في منطقة المزة غرب دمشق في حي الفيلات الشرقية بالقرب من اوتوستراد المزة (شارع فايز منصور).



الشكل(3-1)- فندق غولدن المزة

3-3-1- المستلزمات الفنية:

تتكون من عدة عناصر أساسية تشكل بنية الشبكة، وتشمل التجهيزات داخل الفندق وخارجه وكابلات الفايبر التي تصل بينهما.

أولاً: التجهيزات خارج الفندق:

ويقصد بها التجهيزات الاساسية الممتده من المقسم الى الكبين وتشمل :

1- طرف خط بصري OLT (optical line terminal):

تم استخدم GPON OLT وذلك لتوفير أقصى وأعلى سرعة لنقل البيانات مع تقليل تكلفة الشبكة، حيث يتكون نظام GPON(Gigabit Passive Optical Networks) بشكل عام من محطة طرفية ضوئية في المكتب المركزي لمزود الخدمة (المقسم)، ويلعب "OLT" دوراً أساسياً في أداء شبكة الألياف الضوئية .

الشكل(3-2)- GPON OLT

حيث يتضمن "OLT" على وحدة معالجة مركزية CPU (central processing unit) وبطاقات شبكة بصرية سلبية وجهاز توجيه بوابة GWR (gateway router).

وهناك وظيفتان تؤديهما "OLT" ، تتمثل الوظيفة الرئيسية في التحكم في نشر المعلومات عبر شبكة التوزيع البصري"ODN" ، والانتقال في كلا الاتجاهين أثناء التواجد في مكتب مركزي (المقسم) ، والمسافة القصوى المدعومة للإرسال عبر شبكة ODN (Optical Distribution Network) هي 20 كم أي لايجب أن تتجاز المسافة بين OLT وطرفية المشترك مسافة 20 كم. بالاضافة الى قيام OLT بالعديد من الوظائف منها تنسيق تعدد الإرسال بين أجهزة التحويل على أطراف الشبكة الضوئية الموجودة في مباني العملاء.

آلية عمل محطة نهاية الخط البصري OLT:

- بداية الشبكة هي طرف الخط البصري"OLT" ، يحول حركة المرور في شبكة العمود الفقري الداخلية إلى أطوال موجية بصرية، كما يستقبل ويجمع "تعدد الإرسال" الإشارات من نقطة نهاية شبكة العميل وحدة الشبكة الضوئية أو المحطة الطرفية"ONU / ONT" .
- داخل معدات OLT توجد وحدة المعالجة المركزية وجهاز توجيه البوابة وبطاقات الشبكة وواجهات خط الألياف الواردة إلى "OLT" عبر جهاز إرسال واستقبال صغير الشكل قابل للتوصيل small form-factor pluggable (SFP) التي تتيح الاتصال بكابلات الألياف والإثيرنت من أنواع وسرعات المختلفة.

الشكل(3-3)- small form-factor pluggable (SFP)

- في كثير من الحالات لا يتم توصيل العميل مباشرة بـ"OLT" ، وقد يغادر العملاء أو يحتاجون إلى خدمة مختلفة، أو قد تكون هناك حاجة لإعادة توجيه خطهم بسبب التغييرات المادية على الشبكة، وبدلاً من ذلك سوف يستخدمون إطار التوزيع البصري "ODF" لتوفير اتصالات موصلة أو مقسمة بين الألياف من المجالين والذي سنتكلم عنه لاحقا.
- يتم إرسال البيانات المرسلة عبر خطوط الألياف البصرية من وحدة "OLT" إلى وحدة "ONU"والتي تم الإستعاضة عنها هنا بالإطار ODF .
- يتم تصنيف البيانات التي يتم جمعها من مشتركي الشبكة وإرسالها إلى "OLT" على أنّها تتجه نحو الأعلى، ويتم تصنيف البيانات التي يتم جمعها من شبكة مترو أو شبكة طويلة المدى ثم إرسالها إلى المشتركين عبر "ONTs" على أنّها تتجه نحو المصب .

- ينفذ "OLT" إجراءات تخصيص النطاق الترددي لتسهيل تسليم البيانات التي تصل في دفعات من العملاء.

2- Cisco Catalyst 3750 Series Switch (POP) :

الشكل(3-4)-Cisco Catalyst 3750 Series Switch

تتوضع هذه التجهيزة في المقسم ويتم تزويده بالالياف الضوئية القادمة من OLT حيث توفر هذا النوع من المفاتيح إمكانية التخصيص والإدارة المتقدمة. حيث يسمح بروتوكول إدارة الشبكة البسيط (SNMP) بمراقبة العديد من الحالات وقياس تدفقات حركة المرور لمعرفة حجم الاستهلاك والاستخدام ومعدل نقل البيانات الذي يقوم به العميل وادراتها من قبل مزود خدمة امواج .

الشكل(3-5)- توصيل Switch في المقسم

3- مقسّم الألياف البصرية Fiber Optic Splitter :

الشكل(3-6)-PLC Splitter

يعد جهاز تقسيم الألياف الضوئية PLC مكونًا سلبيًا أساسيًا في الألياف. الاسم الكامل لـ PLC Splitter هو Planar Lightwave Circuit Splitter. إنها تعتمد تقنية الدليل الموجي البصري السيليكا وتستخدم لتخصيص الطاقة الضوئية من الكبل الضوئي القادم من المكتب المركزي (المقسم) إلى مباني العملاء (الفندق) حيث يقدم PLC Splitter حل شبكات فعال من حيث التكلفة وموفر للمساحة في نظام النقل البصري. يتواجد Splitter في الكبين الضوئي على الرصيف بالقرب من بناء دار المعلمين على استراد المزة وهو من نوع plastic box plc splitter 1×64

الشكل(3-7)- الكبين الضوئي بجانب دار المعلمين

ثانياً: التجهيزات داخل الفندق:

1- إطار التوزيع البصري في كابلات الاتصالات ODF (Optical Distribution Frame)

هو إطار يستخدم لتوفير التوصيلات البينية للكابلات بين طرفيات الاتصالات (الكبين الضوئي وراوتر العميل) والتي يمكن أن تدمج ربط الألياف وإنهاء الألياف ومحولات الألياف البصرية والموصلات ووصلات الكابلات معاً في وحدة واحدة، ويمكن أن يعمل أيضاً كجهاز حماية لحماية اتصالات الألياف البصرية من التلف.

الشكل(3-8)- ODF

ويقسم "ODFs" بشكل أساسي إلى ثلاثة أنواع، وهي :

- "ODF" المثبت على الحائط
- "ODF"المثبت على الأرض
- "ODF"المثبت على الرف

وفي هذا المشروع تم استخدامODF ذو 24منفذاً المثبت على الرف كونه نمطياً في التصميم بهيكل ثابت، كما يمكن تثبيته على الرف بمزيد من المرونة وفقاً لعدد ومواصفات كابلات الألياف الضوئية، كما يُعتبر هذا النوع من أنظمة التوزيع البصري أكثر مناسبة ويمكن أن يقدم المزيد من الاحتمالات للتغيرات المستقبلية، كما يبلغ حجم معظم حامل "ODF" حوالي "19 بوصة"، ممّا يحقق إمكانية تثبيتها بشكل مثالي على حامل النقل القياسي الشائع الاستعمال .

الشكل(3-9)-توصيل راوتر المايكروتيك مع ODF داخل الفندق

2-Mikrotik Routerboard:

الشكل(3-10)- Mikrotik Routerboard

يحتوي Mikrotik Routerboard RB2011UiAS على معظم الميزات والواجهات من جميع أجهزة التوجيه اللاسلكية وهو مدعوم بمعالج شبكة Atheros الجديد بسرعة 600 ميجاهرتز ،

ويحتوي على ذاكرة وصول عشوائي (RAM) سعة 128 ميجابايت ، وخمسة منافذ LAN جيجابت، وخمسة منافذ Fast Ethernet LAN ، وومنفذ SFP أيضًا واثنين من هوائيات ويحتوي أيضًا على قدرة إخراج PoE سلبية على المنفذ الأخير (ETH10) ، وهذا يعني أنه يمكنك تشغيل جهاز آخر فقط عن طريق توصيله عبر كابل إيثرنت عادي .

الشكل(3-11)-منافذ Mikrotik Routerboard

ويتميز هذا الجهاز بانه يتيح للمستخدمين تطوير جهاز الكمبيوتر إلى جهاز راوتر برمجي، ولدى هذا النظام مميزات كثيرة أبرزها الشبكة الخاصة الافتراضية(VPN) و جدار الحماية(Firewall) ، إضافة إلى تحديد معدل نقل البيانات لكل مستخدم أو مجموع المستخدمين في الفندق ، كما يحتوي على نقطة وصول للشبكات اللاسلكية(Access Point) ، ونظام نقطة الاتصال(Hotspot) ، الذي يربط اسم كل مستخدم بكلمة سر لتأمين تصفّح آمن للإنترنت.

الشكل(3-12)-توصيل راوتر المايكروتيك

الفايبر المستخدم في المشروع هو من الألياف الضوئية أحادية من نوع G.652 وهي تعد إلى حد بعيد أكثر كبلات الألياف الضوئية أحادية الوضع تثبيتًا على مستوى العالم.حيث تم تصميم ألياف G.652 بحيث يكون لها طول موجي خالٍ من التشتت بالقرب من 1310 نانومتر ، لذلك تم تحسينها للتشغيل في نطاق 1310 نانومتر ويمكن أن تعمل أيضًا عند 1550 نانومتر. و يحتوي على أربع فئات فرعية: G.652A و G.652.B و G.652.C و G.652.D. جميع المتغيرات الأربعة لها نفس الحجم الأساسي .

في هذا المشروع تم استخدام فايبر من نوع G652D وهو عبارة عن ألياف بصرية أحادية الوضع ؛ حيث يمكن أن ينتقل نمط ضوء واحد فقط بداخله. لقد كان المفضل بسبب توافقه مع الإصدارات السابقة. هذا يجعل من السهل لصقها بألياف G652 في حال الحاجة للاصلاح مستقبلا . و يبلغ قطر كبل الألياف G652D مجال وضع يبلغ 10.1 ميكرومتر. قطر مجال النمط هو عرض الألياف الضوئية التي تنتقل الإشارة ضمنها. علاوة على ذلك ، فإن G652D عبارة عن ألياف بصرية صلبة ذات مقاومة محدودة للانحناء ، ويبلغ الحد الأقصى لنصف قطر الانحناء لهذه الألياف الضوئية 25 مم

الشكل(3-13)- كبل الألياف G652D

وحدة التوصيل small form-factor pluggable (SFP) :

وحدة SFP

عامل الشكل الصغير القابل للتوصيل (SFP) هو في الأساس وحدة ألياف بصرية تتلاءم مع مقبس أو منفذ SFP على محول إيثرنت أو محول وسائط. يسهل التحويل السلس لإشارات Ethernet إلى إشارات ضوئية لنقل البيانات واستقبالها.

الشكل(3-14)- وحدة SFP

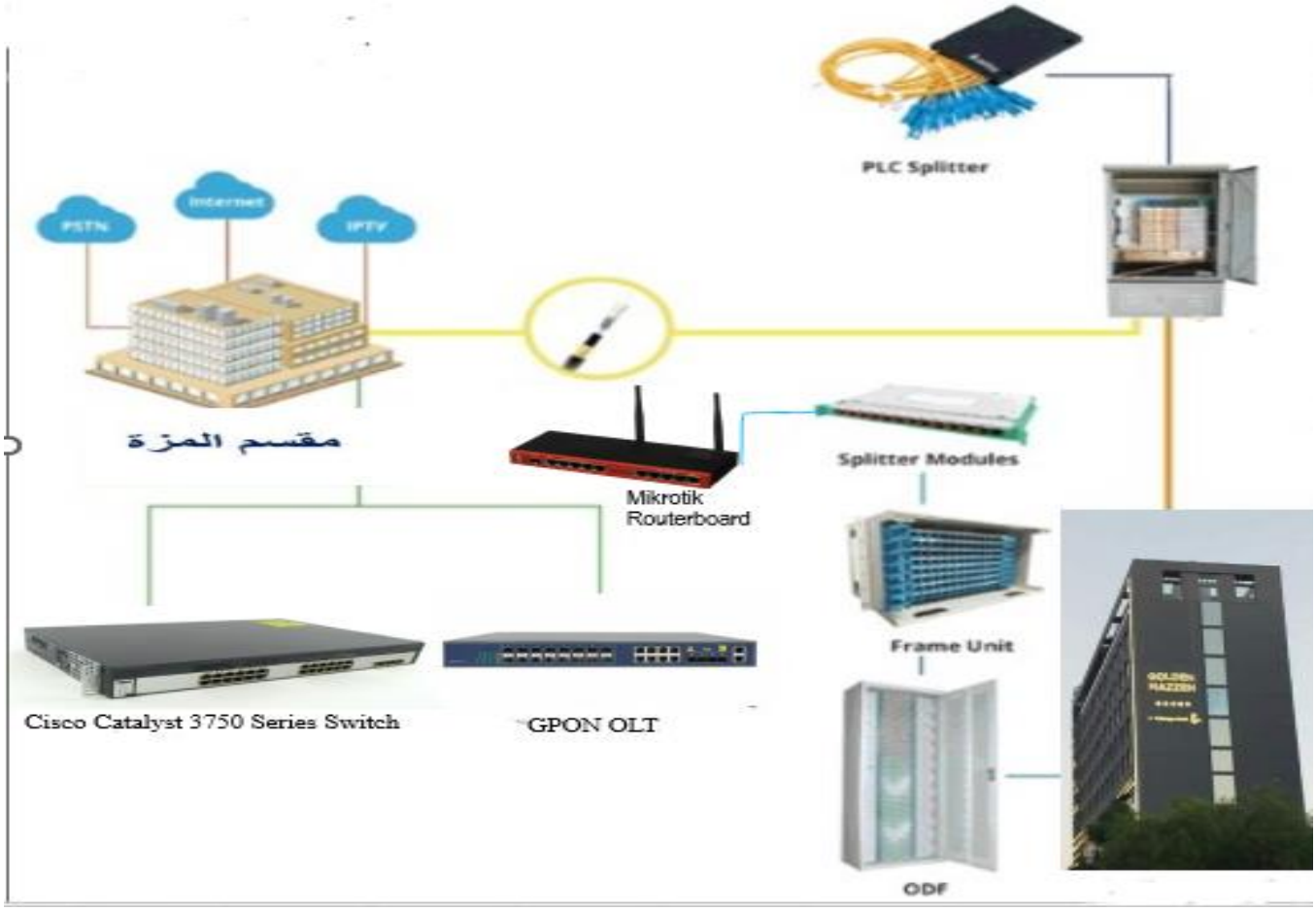
وظائف وحدات SFP

تعمل وحدات SFP على تسهيل الاتصال عالي السرعة بين المحولات ومكونات الشبكة مثل أجهزة التوجيه والأجهزة الأخرى حيث يتم استخدامها لتوصيل طرفيات الالياف الضوئية الى منافذ كل من تجهيزات OLT و POP (switch) و Mikrotik Routerboard المستخدم .

وحدات SFP تعتبر متوافقة مع كبل الألياف البصرية متعدد الأوضاع مزدوج أو أحادي الوضع بالإضافة إلى كبلات الإرسال البسيط ويدعم أطوال موجية تصل إلى 1310 نانومتر للوضع المتعدد و 1550 نانومتر للوضع الفردي.

الشكل(3-15)- توصيل زوج من الليف الضوئي مع وحدة SFP

3-3-2- هيكلية العناصر الاساسية وآلية الترابط:



الشكل(3-16)- مخطط يبين هيكلية العناصر الاساسية وآلية الترابط

يبين الشكل أعلاه آلية ترابط العناصر الاساسية لشبكة الالياف الضوئية المغذية لفندق غولدن المزة حيث تنطلق الاشارة الضوئية من مقسم المزة بعد اطلاقة من راوتر شركة امواج ومنها الى GPON OLT الذي يقوم بدورة بالتحكم في نشر المعلومات عبر شبكة التوزيع البصري"ODN" ، والانتقال في كلا الاتجاهين أثناء التواجد في مكتب مركزي (المقسم) و يحول حركة المرور في شبكة العمود الفقري الداخلية إلى أطوال موجية بصرية ، كما يستقبل ويجمع "تعدد الإرسال" الإشارات من نقطة نهاية شبكة العميل (الفندق) كما ذكرنا سابقا ومن ثم يتغذى POP مزود امواج بزوج من الفايبرات الذي تم تخصيصها للفندق وتزويده بسرعة 40 ميغا عبر زوج من الفايبر (فايبر للارسال وفايبر للاستقبال) ويقوم من خلال هذا البوب وبالإدارة المتقدمة عن طريق بروتوكول إدارة الشبكة البسيط

(SNMP) يقوم بمراقبة تدفقات حركة المرور لمعرفة حجم الاستخدام ومعدل نقل البيانات العميل المستفيد من الخدمة.

ومن المقسم ينطلق الكبل ضوئي الى الكبين ضوئي في موقع دار المعلمين (FTTB) حيث يبلغ طول الكبل 1200 متر (عائد للشركة السورية للاتصالات) بسعة 12 فايبر (الفايبر 4 و 5) . ويتم توصيل الكبين بالفندق عبر كبل ضوئي سعة 26 ليف (الفايبر 2 و 3) بطول 300 متر (عائد للشركة السورية للاتصالات) متصلا ب ODF الذي يقوم بدورة بتغذية تجهيزة Mikrotik Routerboard لتقوم بتغطية الفندق سواء أكان لاسلكياً عبر الهوائيات أو سلكياً عبر منافذ Ethernet وإمكانية توصيلها بعدد من الراوترات الاخرى لتغطي جميع غرف وصالات الفندق .

3-3-3- التوزع الجغرافي:

يقوم هذا المشروع بتغطية فندق غولدن المزة المتواجد في محافظة دمشق استراد المزة مقابل دار البعث كما هو موضح بالشكل التالي .

حيث يمتد الكبل الضوئي ذو 12 ليف من مقسم المزة D3 ليغذي كبين المتواجد بجانب بناء دار المعلمين ومنه ينطلق كبل ذو 26 ليف الى الفندق المتواجد على استراد المزة . أن بقية الالياف الشاغرة في الكبين معظمها مستخدمة من قبل عدة شركات لتغذية هذا النوع من المنشآت ومنها ماتستخدمة الشركه السورية للاتصالات بخدمة FTTH والتي هي المزود الحصري لهذه الخدمة، وأما مابقي من الياف شاغرة يتم الحفاظ عليها لإمكانية الاستفادة مستقبلا منها بناء على طلبات المستخدمين في المنطقة بعد موافقة الشركة السورية للاتصالات.

الشكل (3-17)- مخطط يبين الموقع الجغرافي لأمتداد الكبل الضوئي من المقسم حتى موقع الفندق

3-3-4- ميزات خدمة الاتصال فايبر:

خدمة الانترنت باستخدام الفايبر التي تتميز بالاستمرارية والاستقرار والسرعة العالية وانعدام نسب الضجيج، الأمر الذي يجعله أكثر كفاءة ومثالية بكثير من طرق الاتصال الأخرى. بالإضافة إلى إمكانية رفع كفاءة السرعة في أي وقت في حال ارتفاع كثافة الاستخدام أو ازدياد تدفق المعلومات على الفايبر. فضلا عن امكانية تزويد الفندق بخدمة IPTV بالاضافة الى الخدمات المقدمة من فريق عمل فني عالي الخبرة مدعوما بعقد اتفاق مستوى الخدمة SLA الذي يضمن للزبون اداء الخدمة يصل الى 99.9% من العمل سنوياً واعتماد الخدمة على تجهيزات من ماركات عالمية ذات جودة ووثوقيه عاليتين، ويمكن زيادتها بشكل مأجور مع أداة مراقبة على الانترنت تمكن العميل من مراقبة حالة الحزمة.

الشكل (3-18)- صورة تبين استقرار وسرعة الانترنت العالية من خلال قياسها عبر تطبيق speed test بواسطة واي فاي الجوال في فندق غولدن المزة

3-3-5- دراسة الجدوى:

سنقوم بدراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع خلال خمس سنوات وفقا لمواصفات الشبكة التي تم تحديدها مع الاخذ بعين الاعتبار طلبات الفندق على سرعات اعلى. سيجري في هذة الدراسة احتساب صافي الارباح خلال الخمس سنوات. سنعتبر في دراسة الجدوى الاقتصادية، وفي ضوء الجدول الزمني، أن المرحلة الاستثمارية بدأت 1-8-2022 حيث سيجري خلال هذه المرحلة توفير الخدمة للفندق بالكامل.

سنقوم بتخفيض أسعار بنسبة 7 % للفندق كل سنتين أي في السنة الثالثة سيكون هنالك تخفيض اول وفي السنة الخامسة سيكون هنالك تخفيض اخر وذلك نتيجة زيادة عدد المستخدمين في الفندق الذي يفترض ان يقوم بطلب رفع السرعة من 40 الى 60 ميغا ابتداء من السنة الثالثة.

في التكاليف الرأسمالية لدينا تكلفة أجور تركيب للألياف الضوئية تستوفى لمرة واحدة لصالح الهيئة الناظمة للاتصالات، ولدينا أيضاً تكلفة اجور تركب على pop تستوفي لمرة واحدة، واستئجار المكان المخصص للتجهيزات في مقسم المزةd3. أما في التكاليف التشغيلية فلدينا تكلفة سنوية مقابل الحزمة المستخدمة وهي تدفع كل سنة لصالح الهيئة الناظمة للاتصالات، وطبعا لدينا تكاليف الصيانة.

لايوجد قيمة ثابتة بالنسبة لأجور الموظفين، حيث يعتمد تحديد هذة الاجور على استراتيجية المالية للشركة.

سنقوم بإضافة خطين (***ADSL backup8Mbps***) كخطوط احتياط للفندق بشكل مجاني ابتداء من السنة الأولى و في السنة الثالثة عند زياده عدد الزوار كما هو المفترض ورفع حزمة الى 60 ميغا سنقوم بإضافة خط (***ADSL backup8Mbps***) اخر مع خطين (***ADSL backup8Mbps***) الموجودين .

بالنسبة إلى تكاليف الابتدائية لتركيب وتشغيل هذة الشبكة التي تدفع للشركة السورية للاتصالات:

جدول ايراد المشروع خلال خمس سنوات من الفندق تبعا لاستخدام الزوار المحتملين

	السنة الاولى	السنة الثانية	السنة الثالثة 7%مع حسم	السنة الرابعة 7%مع حسم	السنة الخامسة 7%مع حسم مرة اخرى اي مجموع 14% حسم
لمستخدمين المحتملون اعتمادا على ماتم متابعته في الاشهر الأولى	250	350	425	450	475
حجم التحميل	45 Tera	63T	75t هنا تم رفع الحزمة الى 60 ميغا	81T 60 ميغا	86T 60 ميغا
الإيراد الشهري	760,000	760,000	1,140,000	1,140,000	1,140,000
الايراد السنوي	9,120,000	9,120,000	13,680,000	13,680,000	13,680,000
الايراد السنوي بعد الخصم 7% كل سنتين	9,120,000	9,120,000	12,722,400	12,722,400	11,764,800

الجدول(3-1)- جدول ايراد المشروع خلال خمس سنوات من الفندق تبعا لاستخدام الزوار المحتملين

الجدول التكاليف الرأسمالية خلال خمس سنوات

SP 2500 = USD

CAPEX	السنة الاولى	السنة الثانية	السنة الثالثة حيث تم اضافة *ADSL backup8Mbps* اخر بعد رفع الحزمة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
أجور تركيب ألياف الضوئية	675,000	0	0	0	0
تكلفة ADSL backup8Mbps	=(2000+((8+8)*375))* 12= 96,000	96,000	132,000 (تم اضافة ADSL backup8Mbps) =12*(2000+(24*375))	132,000	132,000
اجورتركيب POP	40,000	0	0	0	0
تكلفة router	1,200,000	0	0	0	0
IP	3000	0	0	0	0
مالية	369600	369600	369600	369600	369600
رسم الطابع	44,000	0	0	0	0
تكلفة كهربا + أستئجار المكان	534000	534000	534000	534000	534000

اجمالي التكاليف الرأسمالية	2,961,600	999,600	1,035,600	1,035,600	1,035,600

الجدول(3-2)- الجدول التكاليف الرأسمالية خلال خمس سنوات

جدول التكاليف التشغيلية للمشروع خلال الخمس سنوات

SP 2500 = USD

OPEX	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
اجور الحزمة	3,360,000	3,360,000	5,000,040	5,000,040	5,000,040
اشتراك بال pop	12,000*12=144000	144000	144000	144000	144000
اهتلاك تجهيزات	285,000	285,000	285,000	285,000	285,000
أجور صيانة للالياف	375,000	375,000	375,000	375,000	375,000
إجمالي التكاليف التشغيلية	4,164,000	4,164,000	5,804,040	5,804,040	5,804,040

الجدول(3-3)- جدول التكاليف التشغيلية للمشروع خلال الخمس سنوات

إجمالي الإيرادات للمشروع خلال الخمس سنوات

إجمالي الإيرادات	السنة الاولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
	9,120,000	9,120,000	9,120,000	13,680,000	13,680,000

الجدول(3-4)- جدول إجمالي الإيرادات للمشروع خلال الخمس سنوات

اجمالي التكاليف المشروع خلال الخمس سنوات

إجمالي التكاليف CAPEX+OPEX ()					
7,125,600	5,163,600	6,839,640	6,839,640	6,839,640	

الجدول(3-5)- جدول اجمالي التكاليف المشروع خلال الخمس سنوات

الربح الصافي خلال الخمس سنوات

CASH FLOW total) revenue-total capex-total OPEX)					
1,994,400	3,956,400	5,882,760	5,882,760	4,925,160	

الجدول(3-6)- جدول الربح الصافي خلال الخمس سنوات

الفصل الرابع

الخلاصة والتوصيات

4-1- النتائج:

بالرغم من أهمية خدمات الفايبر الضوئي واثرها العالمي في سد حاجات السكان وخصوصاً فيما يتعلق بالمنشآت والشركات العالمية التي تتطلب عملها سرعات نقل عالية فإنه في الوقت الحالي يحظى عدد قليل من السكان في بلادنا بأهمية هذا النوع من الخدمات و فوائدها حيث تشكل هذه الدراسة رديفاً للدراسات العالمية المتعلقة بهذا المجال في ظل النمو عالمي القوي لمستخدمي الإنترنت والذي يضمن نمو هذه الخدمات في بلادنا واكتساب القوة اللازمة لجذب المزيد من العملاء التي تتطلب اعمالهم سرعات ذات الجودة و أداء عالي.

فيما يلي أهم ما تم الوصول اليه من نتائج الدراسة الحالية:

تقنية الالياف الضوئية هي من إحدى أهم التقنيات التي ظهرت حديثا كحل واعد وفعال لمشاكل الأداء والجودة في السرعة وفيما يلي بعض من المزايا الرئيسية مثل:

أ-عرض النطاق الترددي العالي والسرعة: حيث ممكن لكابل الألياف الضوئية أن يستوعب عرض نطاق وسرعة عاليين للغاية، و ربما تكون الكمية الضخمة من البيانات التي يمكن إرسالها هي الميزة الأكثر أهمية حيث يمكن نقل البيانات عبر قناة واحدة وبسرعات قد تصل الى 100 ميغا بت / ثانية .

ب- خفة الوزن ورقة السماكة: حيث تعتبر الألياف الضوئية أخف وزناً من الكابلات النحاسية وقد يتم تطويرها لتقليل الأبعاد بشكل ملحوظ، وتعتبر أرق وأخف وزنًا من توصيلات الأسلاك النحاسية، مما يجعلها مكملاً أفضل للإعدادات التي تكون فيها المساحة مرتفعة، ونظرًا لقلة الوزن، تكون عملية التثبيت لها بسيطة إلى حد ما.

ج- طول العمر: عادةً ما يكون العمر الإنتاجي لكابل الألياف الضوئية حوالي 100 عام، مما يجعله عائدًا مناسبًا على الاستثمار.

د-حماية البيانات: لا تولد كابلات الألياف الضوئية إشعاعًا كهرومغناطيسي، لذلك من الصعب للغاية اعتراضها، عند نقل المعلومات أو إرسالها، فإنّ هذه الأسلاك غير قابلة للعبث.

ه-التكلفة المعقولة: تعتبر خدمة الفايبر الضوئي على المدى المتوسط والبعيد ذو تكلفة معقولة نظرًا للحاجة الهائلة والمتزايدة للخدمات المتعلقة بمجال الألياف الضوئية، وخصوصا أن المنافسة زادت في أنحاء العالم وبالتالي انخفاض في أسعار النفقات الرأسمالية بشكل كبير حيث استمر عدد منتجي الألياف في الزيادة بسبب زيادة الحاجة إلى الألياف الضوئية الامر الذي سيسهل أنجاز الكثير من العقود الخارجية وبالتالي الاستمرار بالتوريدات ستخلق بنية تحتية متوفرة لكل من يطلبها، وخصوصا أن انتشارها ستخفض الكثير من التكاليف يوم عن يوم بوجود التجهيزات قريبة لكل من يطلبها وبالتي تحمل نفقات أقل .

تعتبر تقنية الالياف الضوئية في سوريا حلاً فعالاً لمتطلبات شريحة من الفعاليات والذين ينقسمون بين قطاعات أعمال بحاجة إلى سرعات عالية كشركات الإنتاج وقطاعات تعليمية ولا سيما الجامعات، إضافة إلى القطاعات الحكومية بالإضافة الى أن خدمة الفايبر تقدم خدمة نقل البيانات لربط فروع الشركات بشكل عام، وأهم مثال لها البنوك وشركات الصرافة، وتتضمن أيضاً خدمة التلفزيون عبر الإنترنت.

4-2- التوصيات:

1) النظر في إمكانية اتخاذ قرارت من قبل السلطة التنفيذية بتبني استراتيجية مشتركة بين وزارة الاتصالات المتمثلة بالهيئة الناظمة للاتصالات ووزارة الاقتصاد والتجارة الخارجية بالسماح للشركات الخاصة بأستيراد التجهيزات المتعلقة بخدمات الفايبر وفق قيود وضوابط قانونية ليتم تنظيمها بشكل يتيح الاستفاده لكل من القطاعين والاستفادة من التوصيات العالمية المتعلقة بهذا النوع من التجارب لنشر هذا النوع من التكنولوجيا والذي يساهم بإدخال انواع اخرى من خدمات عائلة FTTX .
2) أن يتم إعطاء التسهيلات اللازمة بالسماح للشركات الخاصة بتقديم جميع خدمات الفايبر الضوئي وعدم حصر بعض هذه الخدمات بمزود واحد فقط كما هو الحال بخدمة FTTH وحصر هذه الخدمة بمزود تراسل الامر الذي سيخلق بيئة تنافسية بين هذه الشركات والتسويق

لهذه الخدمات بشكل أوسع وبالتالي المساهمة في بناء البنية التحتية لهذه التقنية وتزويد جميع المحافظات بهذه الخدمة.

توصيات للباحثين في المستقبل :

أن يتم استخدام مخرجات هذة الدراسة كمدخلات للدراسات المستقبلية التي تتعلق بهذا النوع من التقنيات بحيث يتم الاستفادة منها بالشكل الأمثل من خلال ماتم العمل عليه في هذة الدراسة من تصور الشبكة الموجود ومكوناتها وإمكانية تواجدها بحيث توفر خدمات النفاذ عريض النطاق إلى الانترنت بسرعات تلبي متطلبات العديد من المنشآت والمؤسسات والجامعات، وأخص بالذكر الجامعة الافتراضية السورية ومدى إمكانية الاستفادة من هذه الدراسة لتركيب وتشغيل هذة التقنية في مراكز الجامعة للحصول على أفضل جودة وسرعة ممكنه للإنترنت، الأمر الذي يضمن سير العمليات التعليمية والامتحانية بأفضل صورة، وإمكانية تخصيص فترات زمنية لإتاحة هذة المراكز المزودة بهذا النوع من الخدمات للطلاب الذين يعانون من المعوقات التكنولوجية التي تؤثر على دراستهم كعدم القدرة على الاتصال بشبكة الإنترنت .

المراجع

https://www.britannica.com/technology/DSL -1

-2

http://www.conniq.com/InternetAccess_ADSL.htm

-3

https://www.techopedia.com/definition/3163/digital-subscriber-line-access-multiplexer-dslam

-4

https://www.online-sciences.com/computer/asymmetric-digital-subscriber-/line-adsl-advantages-and-disadvantages

-5

https://i-fiberoptics.com/pdf/12_0120-if_514.pdf

-6

http://www.sci.brooklyn.cuny.edu/~rusatin/group/group1/history.html#:~:text=In%20the%20early%201970%EF%BF%BD,(ALOFT)%20program%20in%201976.

-7

https://www.thefoa.org/tech/ref/basic/fiber.html

-8

http://opticalfiberalsa.over-blog.com/2016/07/graded-index-or-step-index-multimode-fiber.html

-9

https://www.photonics.com/Articles/Fiber_Optics_Understanding_the_Basics/a25151

-10

https://web.archive.org/web/20180621154027/http://www.fiber-optics.info/articles/types_of_optical_fiber

-11

https://forum.huawei.com/enterprise/en/huaweis-access-network-fttx-system-overview/thread/605120-100181

-12

/https://www.khrista.co.id/ftta-networks

-13

https://www.planet.com.tw/en/product/gsd-1002m

-14

https://www.technopediasite.com/2019/02/fttm-network-design-excellent-notes.html

-15

https://www.vsolcn.com/blogs-detail/what-is-pon

-16

https://www.vsolcn.com/blogs-detail/what-is-olt

-17

https://www.vsolcn.com/blog/?Keyword=ONT

-18

https://us.hitrontech.com/learn/what-is-the-difference-between-ont-onu/#:~:text=An%20ONT%20and%20an%20ONU,ONU%20is%20an%20IEEE%20term.

-19

https://community.fs.com/blog/what-is-a-fiber-optic-splitter-2.html

-20

الشركة السورية للاتصالات ..(2011) النشرة الشهرية الدورية عن المؤسسة العامة للاتصالات . استرجعت بتاريخ 2014/11/10 من :

www.ste.gov.sy

-21

وزارة الإعلام السورية(moi.gov.sy)

-