الجمهورية اليمنية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة المستقبل

كلية الهندسة والتكنولوجيا

قسم: هندسة اتصالات

تصميم شبكة الألياف الضوئية الى المنازل FTTH(جامعة المستقبل)

بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس في هندسة الاتصالات

إعداد الطـــــــــــــلاب/

ريان ناجي عبدالغني العبيدي

بلال عبده عبدالرحمن القباطي

محمود عارف الشرجبي

هشام أحمد جعشان

عادل محمد إسماعيل البعيثي

إشـــــــــــــراف

د/ سليم السعيدي

2021/2020م

إهداء

نهدي هذا المشروع إلى من هم أعز وأغلى على قلوبنا آبائنا وأمهاتنا وإخواننا وكل أقاربنا الذين كان لهم الفضل الكبير في نجاحنا في مشوار دراستنا. ثم نهديه إلى كليتنا الحبيبة ودكاترتنا الأعزاء وزملائنا الطلاب من بعدنا ليستفيدوا منه في نجاحهم الذي نتمنى أن يكون أكبر مما وصلنا إليه.

شكر وعرفان

نتقدم أولا بالشكر لله سبحانه وتعالى العليم الحكيم القائل في كتابه : (وما أوتيتم من العلم إلا قليلا)، كما نتقدم بالشكر للأب الفاضل المشْرف على المشروع الدكتور سليم السعيدي الذي بذل قصار جهده من أجل توجيهنا وتذليل الصعاب التي واجهتنا طوال فترة إجراء هذا المشروع، كما نتوجه بالشكر لكل من المهندس أمجد الخضمي رئيس قسم نظم المعلومات الجغرافية لدى المؤسسة العامة للاتصالات والمهندس صالح عُميران رئيس قسم التراسل لدى المؤسسة والذين ساعدونا بشكل كبير في تحصيل المعلومات والعمل على برنامج نظم المعلومات الجغرافية.

كذلك كلمة شكر لكل من ساهم في إنجاز هذا المشروع سوءا بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر.

قائمة الأشكال

الفصل الثاني		
الشكل (2-1)	وسائل نقل البيانات	4
الشكل (2-2)	المجدولة الغير مغلفة	5
الشكل (2-3)	الازواج المجدولة المغلفة	6
الشكل (2-4)	الكابل المحوري	7
الشكل (2-5)	مكونات الليف الضوئي	10
الشكل (2-6)	نظرية الانعكاس	11
الشكل (2-7)	ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي	11
الشكل (2-8)	تقنية التعدد بتقسيم الطول الموجي المضغوط	12
الشكل (2-9)	ليف أحادي النمط	15
الشكل (2-10)	ليف متعدد الأنماط	15
الشكل (2-11)	أنواع التشتت	18
الشكل (2-12)	معاملات اختيار مصدر الضوء	20
الشكل (2-13)	الثنائي الباعث للضوء LED	21
الشكل (2-14)	ثنائي الليزر Laser Diode	21
الشكل (2-15)	كابل الليف الضوئي الأحادي	22
الشكل (2-16)	كابل الليف الضوئي المزدوج	23
الشكل (2-17)	كابل الليف الضوئي ذو الثنائي الملتصق	23
الشكل (2-18)	وصلة الليف الضوئي	23
الشكل (2-19)	الوصلات المصنعية Pigital Cables	24
الشكل (2-20)	كابل الليف الضوئي الموزع	24
الشكل (2-21)	كابل الليف الضوئي الهوائي Aerial cable	24
الشكل (2-22)	كابل الليف الضوئي المجزئ	25
الشكل (2-23)	كابل ذو الدرع المعدني Armored Cable	25
الشكل (2-24)	الكابل الشريطيRibbon cable	25
الشكل (2-25)	الكابل البحريSubmarine cable	26
الشكل (2-26)	الكابل الفضائيAerospace Cable	26
الشكل (2-27)	ماهية شبكة ال FTTH	31
الشكل (2-28)	معمارية شبكة ال FTTX	32
الشكل (2-29)	EPON OLT FD2000S	33
الشكل (2-30)	Optical Network Unit	34
الشكل (2-31)	Optical Splitters	34
الشكل (2-32)	Point-to-multipoint	37
الشكل (2-33)	Point-to-point	37
الشكل (2-34)	FTTH Cables	38

الفصل الثالث		
الشكل (3-1)	المتطلبات الوظيفية للمشروع	40
الفصل الرابع		
الشكل (4-1)	تطبيقات الـ ArcGIS	42
الشكل (4-2)	واجهة برنامج ال ArcGIS Desktop	43
الشكل (4-3)	استراد الخريطة من مكان التخزين عبرArcCatalog	44
الشكل (4-4)	ظهور الطبقة الخاصة بالخريطة في نافذة برنامج ال ArcMap	44
الشكل (4-5)	خطوات إنشاء قاعدة البيانات في برنامج الـ ArcCatalog	45
الشكل (4-6)	الملف قبل التسمية	45
الشكل (4-7)	الملف بعد التسمية	45
الشكل (4-8)	خطوات إنشاء الطبقات من برنامج الArcCatalog	46
الشكل (4-9)	توزيع المقسمات بحسب حاجة	47
الشكل (4-10)	ربط المقسمات مع الكابل الرئيسي	47
الشكل (4-11)	خطوات عمل التخطيط على الGIS	48
الشكل (4-12)	واجهة برنامج الOptisystem	59
الشكل (4-13)	مكتبة أدوات ومكونات برنامج ال Optisystem	60
الشكل (4-14)	تصميم شبكة الالياف الضوئية لجامعة المستقبل	61
الشكل (4-15)	جزء الارسال والتعديل	62
الشكل (4-16)	دايود الاستقبال	62
الشكل (4-17)	التشتت وخط البتات	64
الفصل الخامس		
الشكل (5-1)	حساب الفقد الكلي في الشبكة	65

قائمة الجداول

جدول (1-1)	الخارطة الزمنية	3
جدول (2-1)	أصناف الأسلاك المجدولة	6
جدول (2-2)	الفرق بين تقنيتي CWDM وDWDM	14
جدول (2-3)	الفرق بين ليف أحادي النمط وليف متعدد الأنماط	16
جدول (2-4)	مقارنة بين معاملات المصادر الضوئية	21
جدول (2-5)	أنواع وصلات الألياف الضوئية	27
جدول (2-6)	محولات الالياف الضوئية	28
جدول (2-7)	العلاقة بين المقسم والتوهين فيه	35
جدول (2-8)	PON technologies	36
جدول (2-9)	الفرق بين P2MP & P2P	38
جدول (4-1)	أسعار متطلبات بناء الشبكة	54
جدول (4-2)	تكاليف بناء الشبكة لجزء من منطقة حي بغداد	55
جدول (4-3)	تكاليف بناء الشبكة لمدينة سعوان	56
جدول (4-4)	تكاليف بناء الشبكة لمدينة الصوفان السكنية	57
جدول (4-5)	تكاليف بناء الشبكة لمدينة حدة السكنية	58
جدول (4-6)	متطلبات بناء خط شبكة الاتصالات الضوئية لجامعة المستقبل	63

قائمة الاختصارات

GIS	**Geographic Information System**
FTTH	**Fiber-optic To The Home**
MAN	**Metropolitan Area Network**
LAN	**Local Area Networks**
WAN	**Wide Area Networks**
WDM	**Wave-length Division Multiplexing**
BWDM	**Bi-directional Wave length Division Multiplexing**
CWDM	**Corse Wave-length Division Multiplexing**
DWDM	**Dense Wave-length Division Multiplexing**
SMFO	**Single Mode Fiber optic**
MMFO	**Multi-Mode Fiber optic**
LED	**Light Emitting Diode**
LD	**Laser Diode**
ISI	**Intersymbol Interference**
NA	**Numerical Aperture**
FTTN	**Fiber To The Node**
FTTC	**Fiber To The Curb**
FTTB	**Fiber To The Building**
PON	**passive optical network**
OLT	**Optical Line Terminal**
ONT	**Optical Network Terminal**
ONU	**Optical Network Unit**
OS	**Optical Splitters**
EPON	**Ethernet Passive Optical Network**
GPON	**Gigabit-capable Passive Optical Networks**
BPON	**Broadband Passive Optical Network**
P2MP	**Point-to-Multipoint**
P2P	**Point-to-Point**
BER	**Bits Error Rate**

ملخص المشروع

نظرا للتطور السريع والهائل في تكنولوجيا الاتصالات وتبادل المعلومات بالتوازي مع تزايد الكثافة السكانية حول العالم أصبح البشر بحاجة ماسة لوسائط نقل قادرة على استيعاب ذلك الكم الهائل من البيانات ونقلها في زمن قياسي ودون أن تتعرض لأي مشاكل قد تعيق مسارها أو تُخل بسريتها.

تعتبر خطوط الالياف الضوئية - بالدرجة الأولى -هي الخطوط التي يمكنها أن تتضمن كل تلك المواصفات، وعلى الرغم من بعض سلبياتها القليلة الا أنها تستطيع نقل البيانات بسرعة فائقة تصل الى مليارات البتات في الثانية الواحدة وعلى شكل إشارات ضوئية يصعب سرقتها أو التنصت عليها.

واعتمادا على ما تقدمه خطوط الالياف الضوئية وحاجة البشر جميعهم في مواكبة التطور التكنولوجي الذي يحيط بهم حاليا قمنا بعمل هذا المشروع الذي يحمل بين صفحاته دراسات متكاملة حول خطوط الالياف الضوئية وتوصيلها الى المنازل. وتتجلى الفكرة الأساسية لهذا المشروع في ثلاثة محاور، المحور الأول هو إجراء مخططات لمناطق متنوعة في أمانة العاصمة صنعاء تُوضح فيه مسارات خطوط الالياف الضوئية وصولا الى المنازل، والمحور الثاني هو القيام بدراسة اقتصادية لكافة متطلبات بناء هذه الشبكة في تلك المناطق، والمحور الثالث هو عمل نماذج متنوعة لاختبار أداء الشبكة في المناطق التي تم تخطيطها.

Abstract

Duo to the rapid and tremendous development in communication technology in parallel with the increasing of Population density around the world people are in dire need for transmission media capable of accommodating the huge amount of data and transfer it in short amount of time without any problems that may hinder its path or reduce its confidentiality.

Optical fibers are the lines that can include all these Specifications, and despite some of its few drawbacks, it can transfer data at a high speed up to into billions of bits per second in a form of light signals that are difficult to be stolen and depending on what fiber optic offer and the need of all people to keep pace with technological development that currently surrounds them a project have been done about fiber optic and how to deliver it to homes.

The main idea of this project manifested in three subjects:

The first is making plans for Sanaa city, in which paths are clarified Optical fiber down to homes.

The second is carrying out an economic study of all the requirements for building this network in this area.

The third is Making various models to test the performance of the network in the planned areas.

الفهرس

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول	
1.1 المقدمة	1
2.1 المشاكل المراد حلها	2
3.1 الأهداف الرئيسية للمشروع	2
4.1 الأدوات المستخدمة في إنجاز المشروع	2
5.1 دراسة الجدوى	3
6.1 الخارطة الزمنية	3
الفصل الثاني	
1.2 مقدمة	4
2.2 وسائل النقل السلكية	5
1.2.2 الاسلاك المجدولة	5
2.2.2 الكابل المحوري	7
3.2 الألياف الضوئية	8
1.3.2 نبذة تاريخية حول الألياف الضوئية	8
2.3.2 مميزات الألياف الضوئية	9
3.3.2 عيوب الألياف الضوئية	9
4.3.2 تطبيقات خطوط الالياف الضوئية	9
5.3.2 مكونات الليف الضوئي	10
6.3.2 أساس عمل الألياف الضوئية	11
7.3.2 الأطوال الموجية التي تعمل عليها أنظمة الاتصالات الضوئية	12
8.3.2 التقنيات المستخدمة في الالياف الضوئية	13
9.3.2 أنواع الألياف الضوئية	15
10.3.2 مشاكل الاتصالات الضوئية	17
11.3.2 المصادر الضوئية	19
12.3.2 أنواع كابلات الالياف الضوئية	22
13.3.2 أدوات التوصيل والأدوات المساعدة المستخدمة مع الالياف الضوئية	26
4.2 مكونات نظم الاتصالات الضوئية	30
5.2 نظرة عامة عن الـــ FTTH	31
1.5.2 ماهية شبكة ال FTTH	31
2.5.2 معمارية شبكة ال FTTX	32
3.5.2 البنية التحتية لشبكة الـ FTTH	33
4.5.2 خصائص شبكة الـFTTH	35
5.5.2 FTTH Topology	37
6.5.2 الكابلات المستخدمة في شبكة الFTTH	38

الفصل الثالث	
1.3 مقدمة	**39**
2.3 طرق جمع المعلومات	**39**
3.3 المتطلبات الوظيفية للمشروع	**40**
الفصل الرابع	
1.4 مقدمة	**41**
2.4 إجراءات تصميم المشروع	**41**
1.1.2.4 نظرة عامة عن برنامج الـArcGIS	**42**
2.1.2.4 واجهة البرنامج	**42**
3.1.2.4 إنشاء الطبقات	**44**
2.2.4 المخطط العام للشبكة لجزء من حي بغداد	**49**
3.2.4 المخطط العام لبناء الشبكة في مدينة سعوان السكنية	**50**
4.2.4 المخطط العام لبناء الشبكة في مدينة الصوفان السكنية	**51**
6.2.4 المخطط العام لبناء الشبكة في مدينة حدة السكنية	**53**
3.4 الدراسة الاقتصادية للمشروع	**54**
1.3.4 تكاليف بناء الشبكة لجزء من منطقة حي بغداد	**55**
3.3.4 تكاليف بناء الشبكة لمدينة سعوان السكنية	**56**
4.3.4 تكاليف بناء الشبكة لمدينة الصوفان السكنية	**57**
5.3.4 تكاليف بناء الشبكة لمدينة حدة السكنية	**58**
4.4 نموذج بسيط لاختبار أداء شبكة ال FTTH	**59**
1.4.4 نظرة عامة عن برنامج Optisystem	**59**
2.4.4 تصميم الشبكة	**61**
الفصل الخامس	
1.5 مقدمة	**65**
2.5 النتائج	**65**
3.5 المعوقات	**66**
4.5 التوصيات	**66**
المراجع	**67**

1.1 المقدمة

استطاع الإنسان في جميع الحُقب الزمنيّة خلق طُرق ووسائل مختلفة للاتصال مع الآخرين من جنسه، ولتحقيق ذلك بدأ في العصور القديمة باستخدام الدخان والضرب على الطبول أو الصفير كوسائل للتواصل مع الاخرين، كذلك شكلّت جدران الكهوف من خلال الصور التعبيرية والرموز عليها وسيلة من وسائل الاتصال الهامة بين البشر في تلك الحقبة.

وبعد اختراع الكتابة أحدث الإنسان القديم تغييرًا جذريًا في ابتكاره لوسائل مغايرة لما كانت عليه قبل ولعل أكثرها انتشارا في تلك العصور هي اعتمادهم على الحمام الزاجل كوسيلة لنقل رسائلهم الى الوجهة المنشودة.

وفي فترات متقدمة من الزمن وعند ابتكار أول آلة للطباعة وتزامنا مع ظهور الخدمات البريدية بالإضافة الى التطور التكنولوجي السريع انتقل الانسان كلياً الى الجانب التكنولوجي والكهربائي في نقل البيانات والمعلومات.

بدأت -ومازالت- الأسلاك النحاسية هي مَن تَشغَلُ الجزءَ الأكبر من أوساط التواصل ونقل البيانات، ولكن الانسان لم يكتفي بصناعته لتلك الأسلاك فحسب بل اتجه لابتكار وسائط أخرى تلبي حاجته.

وفي سبعينيات القرن الماضي تم تصنيع الياف ضوئية مصنعة من مادة السليكا وبفقد 20dB/km، ومنذ أكثر من 25 عاما بدأ استخدام وتطبيق الالياف الضوئية كأوساط للتراسل ونقل البيانات مما مهد لحصول ثورة في عالم الاتصالات من حيث الكم الهائل من معلومات التي أصبح بالإمكان نقلها عبر هذه الخطوط لمسافات طويلة وبكفاءة عالية.

إن السرعات الهائلة التي تقدمها خطوط الألياف الضوئية (fiber optic) والتي تصل الى مليارات البتات في الثانية الواحدة كفيلة - بحد ذاتها – للتوجه نحو استخدام خطوط الألياف الضوئية (fiber optic) كبنية تحتية لشبكة الإنترنت السلكية وكبديل للخطوط النحاسية المستخدمة حاليا.

2.1 المشاكل المراد حلها

- تدني السرعات في الشبكات التي تستخدم الكابلات النحاسية في الجمهورية اليمنية.
- عدم تواجد بنية تحتية تدعم السرعات العالية في نقل البيانات الى المنازل في الجمهورية اليمنية.
- شح المعرفة بالمتطلبات الخاصة ببناء نظام FO وبكفاءة عالية باللغة العربية.

3.1 الأهداف الرئيسية للمشروع

- زيادة سرعة نقل البيانات عن طريق استبدال الكابلات النحاسية بالألياف الضوئية.
- عمل تخطيط لشبكة الانترنت- كبنية تحتية - لمناطق متنوعة في أمانة العاصمة بحيث تدعم السرعات العالية باستخدام الألياف الضوئية.
- دراسة متطلبات نظام الالياف الضوئية لبناء شبكة اتصالات ذات كفاءة عالية.

4.1 الأدوات المستخدمة في إنجاز المشروع

تنقسم الأدوات المستخدمة في المشروع الى:

1.4.1 مادية:

- جهاز حاسوب

2.4.1 برمجية:

- برنامج معالجة النصوص Word
- برنامج محاكاة لأنظمة الاتصالات الضوئية Optisystem
- برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS

5.1 دراسة الجدوى

تكمن الجدوى من مشروع الـFTTH في كونه يمثل نقلة نوعية في مجال الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات حيث أن السرعات الهائلة التي تقدمها خطوط الالياف الضوئية ساهمت وبشكل كبير في جعل العالم بأغلب تعاملاته كالقرية الواحدة.

يقدم المشروع دراسة متكاملة من ثلاث نواحي ألا وهي:

1- **الناحية التشغيلية**: متمثلة بأداء الالياف الضوئية والتي ستعرض كنتائج برنامج الـ Optisystemفي الفصل الخامس.
2- **الناحية الاقتصادية:** تتمثل بدراسة تكاليف بناء شبكة الـFTTH لكل منطقة على حِدة FTTHوالتي ستعرض - هي الأخرى - في الفصل الخامس.
3- **الناحية الفنية:** أما الدراسة الفنية فتتمثل بالخطط المتبعة لاختيار أماكن كبائن ومسارات كابلات هذه الشبكة بحسب ما تستدعيه المناطق المراد تغطيتها بشبكة الالياف الضوئية والتي ستعرض كذلك في الفصل الخامس.

6.1 الخارطة الزمنية

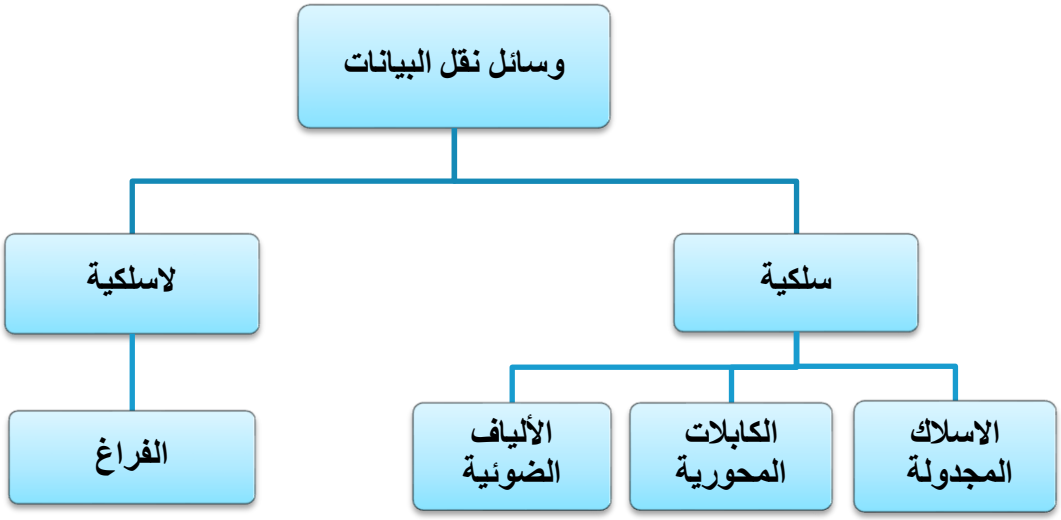
جدول (1-1): الخارطة الزمنية للمشروع

	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو
تحليل المشكلة وجمع البيانات								
تحليل النظام								
تصميم النظام								
تنفيذ وفحص النظام								
توثيق النظام								

1.2 مقدمة

تُمثل أوساط نقل البيانات جزء مهماً في عملية التواصل، حيث أنها تُشكل جسر العبور بين طرفي الاتصال، وبدونها لا وجود لعملية الاتصال، لذلك كان من المحتوم - وعبر العصور - الاهتمام بها وتطويرها لضمان جودة الاتصالات.

تختلف وسائل نقل البيانات حسب طريقة نقل البيانات بداخلها أو من خلالها، فقد صنفت هذه الوسائل الى نوعين رئيسيين هما:



الشكل (2-1): وسائل نقل البيانات

في هذا المشروع سوف نتطرق لذكر وسائل النقل السلكية بشكل عام وسنتحدث عن خطوط الألياف الضوئية بشكل خاص.

2.2 وسائل النقل السلكية

ويقصد بها الوسائط المادية التي تنتقل خلالها الإشارات سواء الكهربائية أو الضوئية بين طرفي الإرسال والاستقبال.

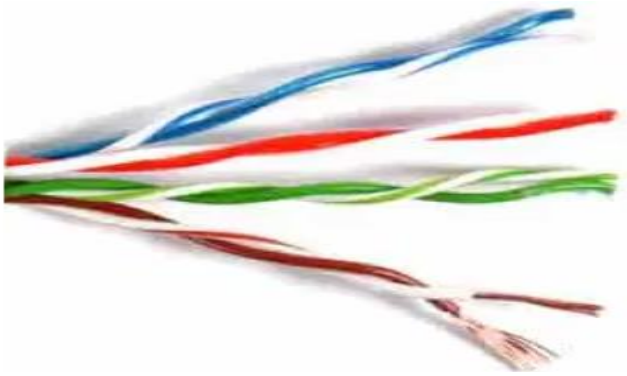
1.2.2 الاسلاك المجدولة (Twisted Pair)

تعتبر الاسلاك المجدولة هي الأكثر استخداما في وقتنا الحاضر في شبكة الانترنت والهاتف الثابت، وتتكون هذه الاسلاك من أربعة أزواج من السلاك النحاسية كل زوج منها ملفوف حول نفسه؛ ولهذا سميت بالأسلاك المجدولة.

لهذا النوع من الأسلاك عدة أصناف موضحة لاحقا في الجدول (2-1) ويتفرع هذا النوع الى فرعين رئيسيين هما:

1.1.2.2 الازواج المجدولة الغير مغلفة (Unshielded Twisted Pair)

يكون هذا النوع غير مغطى بطبقة عازلة ويستخدم في الاماكن عديمة التعرض للمؤثرات الخارجية كما في الشكل (2-2).



شكل (2-2): المجدولة الغير مغلفة

2.1.2.2 الازواج المجدولة المغلفة (Shielded Twisted Pair)

يكون هذا النوع مغطى بطبقة عازلة تقلل التداخلات الكهرومغناطيسية بين الأزواج الأربعة المكونة للكابل نفسه كما في الشكل (2-3).

شكل (2-3): الازواج المجدولة المغلفة

جدول (2-1): أصناف الأسلاك المجدولة

الصنف (Category)	سرعة نقل البيانات (Data Rate)
CAT 1	أقل من 1 Mbps
CAT 2	4 Mbps
CAT 3	16 Mbps
CAT 4	20 Mbps
CAT 5	100 Mbps
CAT 5E	أكثر من 100 Mbps
CAT 6	تصل الى 1 Gbps

2.2.2 الكابلات المحورية Coaxial Cable

الكابل المحوري هو نوع من أنواع الكابلات النحاسية المستخدمة من قبل شركات TV cable وشركات الهاتف الثابت وفي أجهزة الفيديو وفي شبكات الراديو السلكية واللاسلكية حيث أن أطوال قصيرة منه تستخدم لربط أجهزة ومعدات الاختبار مثل مولدات الإشارة، ويوجد له نوعين:

1- السميك Thick	2- الرفيع Thin
1- يستخدم هذا النوع في الشبكات الكبيرة.	1-يستخدم في الشبكات الصغيرة.
2- تكلفة عالية.	2-التكلفة أقل من النوع السابق.
3-سرعة نقل البيانات عالية.	3- سرعة نقل البيانات عالية.
4-يستطيع حمل الإشارة إلى مسافة500 متر.	4-يستطيع حمل الاشارة إلى مسافة 185متر.

شكل (2-4): الكابل المحوري

3.2 الألياف الضوئية

1.3.2 نبذة تاريخية حول الألياف الضوئية

إن أول المحاولات لنقل الإشارات مسافات طويلة بإستخدام الألياف الضوئية كانت في عام 1966 م. ويمكن أن نلخص بعض الأحداث التأريخية الهامة والمتعلقة بالألياف الضوئية كما يلي:

بدأ استخدام العلماء للألياف الضوئية بصورة عملية في بداية الخمسينيات حيث استخدمت في المناظير الطبية لفحص المعدة والأمعاء، وفي الصناعة لفحص مكائن الطائرات، في حين أن أطول هذه الألياف حينئذ لم تتجاوز عدة أقدام، بالإضافة الى أن حجمها كان كبيرا نسبيا في ذلك الوقت، وكذلك كان مقدار الفقد فيها مرتفع للغاية.

وعندما تم اكتشاف الليزر سنة 1960م بدأ التفكير في استخدام الألياف الضوئية حيث أنهم وجدوا أن حزمة ضوئية واحدة من أشعة الليزر يمكنها نقل آلاف الصور التلفزيونية ومنذ ذلك الوقت بدأت الابحاث تأخذ شكلا جديدا نظرا للإمكانيات الهائلة التي تقدمها أشعة الليزر.

وفي أغسطس من العام 1970م أطلق العالم دونالد كيك شعاع ليزر في عينة جديدة من الزجاج مسحوبة بشكل خيط رفيع طوله 200متر، وبواسطة المجهر بدأ العالم دونالد كيك يحاول ضبط مسار انطلاق شعاع الليزر مع قلب (core) الخيط الزجاجي وفجأة لفت انتباهه ضربت نقطة الضوء المجهرية في عينه حيث كان الضوء قد انطلق خلال الخيط الزجاجي.

ونتيجة للتقدم في تقنية صناعة الزجاج وإنتاج ثاني أكسيد السليكون النقي تمكن العلماء في عام 1979م من انتاج ألياف زجاجية في درجة بالغة من الشفافية والنقاء، بحيث أن الاشارة فيها لا تفقد أكثر من نصف طاقتها خلال مسافة 20كيلومتر.

2.3.2 مميزات الألياف الضوئية

1- السعة العالية (معدل نقل بيانات عالي) .
2- المناعة ضد التداخل الكهرومغناطيسي.
3- قلة الفقد.
4- السرية العالية .
5- عمر إفتراضي أطول
6- صغر الحجم والوزن.

3.3.2 عيوب الألياف الضوئية

1- ارتفاع أسعار مكونات الألياف الضوئية مقارنة بالأسلاك النحاسية.
2- ارتفاع أجهز الإرسال والاستقبال التي تتعامل مع خطوط الألياف الضوئية.
3- ارتفاع تكاليف صيانة ولحام الألياف الضوئية.
4- أنها لا تنقل الكهرباء وبالتالي فلا يمكن استخدامها في التغذية سواء لمحطات التقوية أو غيرها.

4.3.2 تطبيقات خطوط الالياف الضوئية

تستخدم خطوط الالياف الضوئية في الكثير من التطبيقات سواء في الجانب المدني أو في الجانب العسكري، كما أن لخطوط الالياف الضوئية تطبيقات عدة في مجال الاتصالات حيث تستخدم هذه الخطوط بشكل رئيسي في الربط بين قارات العالم (WAN) حيث توفر سرعات هائلة جدا في تراسل البيانات بين المزودين الرئيسين والمستخدمين في جميع دول العالم، كذلك أصبحت هذه الخطوط - في وقتنا الحالي- هي العصبون لمختلف شبكات الانترنت سواء الشبكات المحلية (LAN) أو للشبكات التي تربط بين المدن (MAN).

5.3.2 مكونات الليف الضوئي

يتكون الليف الضوئي من عدة طبقات هي كالتالي:

الطبقة الأولى

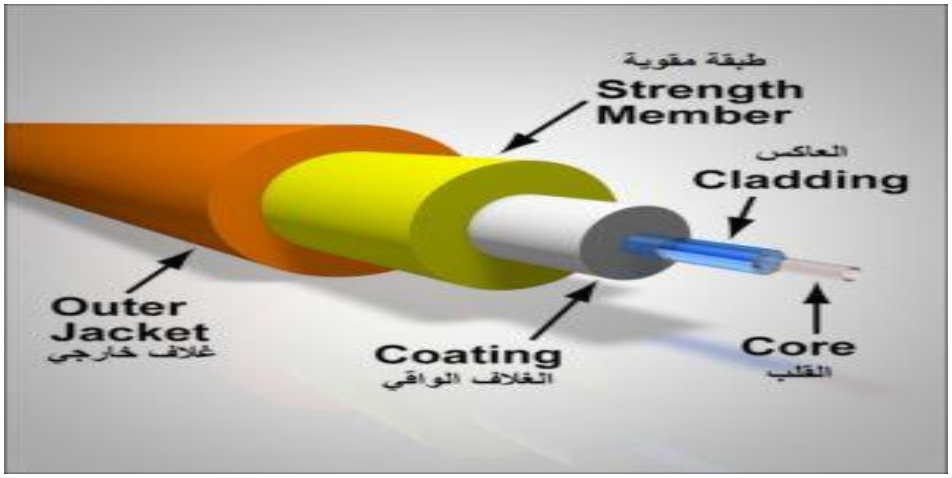
القلب (Core): وهو المنطقة الفعالة الرئيسية من الليف والتي تصنع من الزجاج الفائق النقاء (الكوارتز الذائب أو ما يعرف بالسليكا) Sio2 ويكون بمعامل انكسار كبير n1 ويمثل المسار الذي ينتقل من خلاله الضوء.

الطبقة الثانية

الغلاف (Cladding**):** وهو المنطقة الفعالة الثانوية من الليف والتي تصنع – كذلك - من الزجاج ولكن بمعامل انكسار n2 يختلف (يقل) عن معامل انكسار الزجاج الذي يصنع منه القلب نتيجة تشويبه عن طريق إضافة الشوائب كالجرمانيومGe ، وهذا التغيير التقني في معاملات الانكسار سوف يضمن حدوث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي مما يعكس الضوء باستمرار ليبقى في داخل القلب الزجاجي.

الطبقة الثالثة

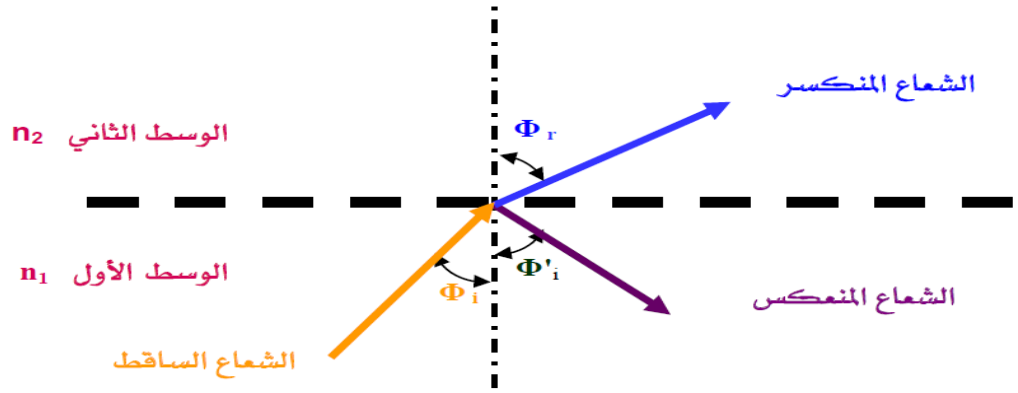
غطاء الحماية (Buffer Coating**)** وهو غلاف بلاستيكي يحمي ال Core والـــ Cladding.



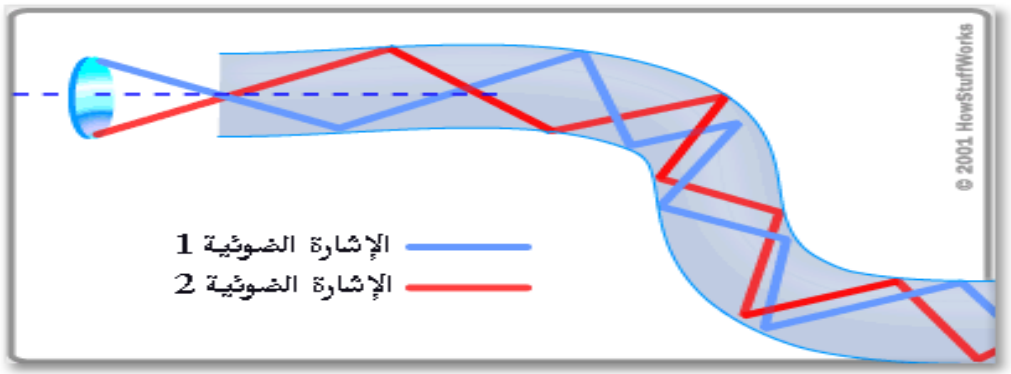
شكل (2-5): مكونات الليف الضوئي

6.3.2 أساس عمل الألياف الضوئية

تعتبر ظاهرة الانعكاس الداخلي الكلي في الألياف الضوئية هي الأساس لتكنولوجيا نقل الضوء عبر هذه الخطوط، عندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة (أكبر معامل انكسار) إلى وسط أقل كثافة (أقل معامل انكسار) فإن الضوء ينكسر بزاوية انكسار أكبر من زاوية سقوطه، وكلما زادت زاوية السقوط زادت زاوية الانكسار، وعند زاوية سقوط (48.6 درجة) – تسمى بالزاوية الحرجة والتي تعد أقل زاوية سقوط يحدث عندها انعكاس للشعاع الضوئي – تصبح زاوية الانكسار 90 درجة أي أن الشعاع الضوئي يأخذ مسارا موازيا لسطح القلب (core) وبالتالي إذا زادت زاوية السقوط عن الزاوية الحرجة (48.6 درجة) فإن الشعاع الضوئي لا ينتقل الى الوسط الآخر وإنما ينعكس في الوسط نفسه وهكذا تستمر سلسلة من الانعكاسات على طول الليف الضوئي.



شكل (2-6): نظرية الانعكاس



شكل (2-7): ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي

ويمكن حساب زاويتي السقوط والانكسار باستخدام المعادلة (2.1) قانون سنل التالي:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \qquad (1.2)$$

حيث أن n_1 معامل انكسار قلب الليف، n_2 معامل انكسار الغلاف، θ_1 زاوية السقوط، θ_2 زاوية الانعكاس.

وبالتالي يمكن حساب الزاوية الحرجة (θ_c) بالعلاقة التالية:

$$\theta_c = \sin^{-1}(n_2/n_1) \qquad (2.2)$$

7.3.2 الأطوال الموجية التي تعمل عليها أنظمة الاتصالات الضوئية

يتم تصنيع الألياف الضوئية اعتمادا على الاطوال الموجية التي سوف تعمل عليها، وتصنف هذه الاطوال كما يلي:

1- **النافذة الأولى First window (850nm) :**

بحيث يصل معدل التوهين للألياف التي تعمل في هذه النافذة إلى 3dB/Km .

2- **النافذة الثانية Second window (1300nm):**

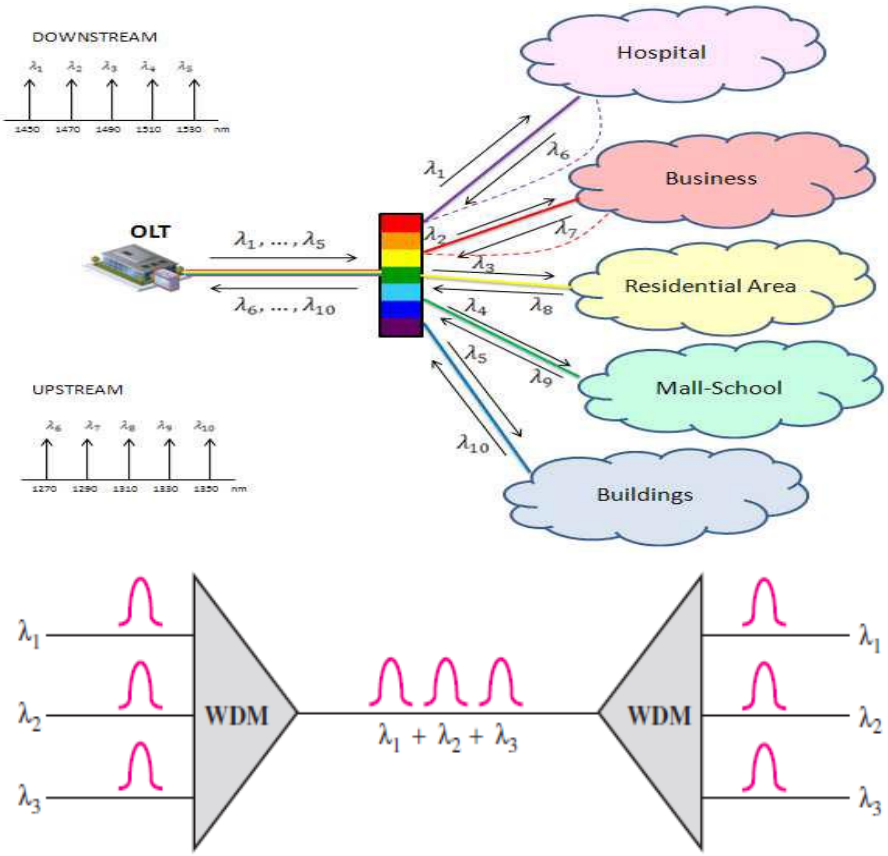
بحيث يصل معدل التوهين للألياف التي تعمل في هذه النافذة 0.5dB/Km -2.6 dB/K.

3- **النافذة الثالثة Third window (1550nm) :**

بحيث يصل معدل التوهين للألياف التي تعمل في هذه النافذة إلى0.2dB/Km .

8.3.2 التقنيات المستخدمة في الالياف الضوئية

تعتبر تقنية التعدد بتقسيم الطول الموجي (WDM)هي التقنية التي تستخدم في اتصالات الالياف الضوئية والتي تسمح باستخدام عدة اطوال موجية لإرسال مجموعة من الإشارات عبر ليف ضوئي واحد بحيث يتم ارسال كل إشارة عبر طول موجي مختلف عن الإشارات الأخرى – أي كل إشارة لديها لون مختلف – ومن ثم يتم فصل الإشارات في المستقبل كما في شكل (2-8).



شكل (2-8): تقنية التعدد بتقسيم الطول الموجي المضغوط

1.8.3.2 أنواع تقنية التعدد بتقسيم الطول الموجي (WDM)

يتم تقسيم تقنية WDM وفقاً لعدد القنوات التي يتم ارسالها والطيف الموجي المتاح لها، وهي كالتالي:

CWDM -1

Coarse WDM: هي تقنية تقوم على أساس التقليل بين المسافات الفاصلة بين الاطوال الموجية بحيث يفصل بين كل قناة والأخرى 20nm فهي تقوم بإرسال 16 قناة على ليف واحد.

DWDM -2

Dense WDM: تبعد الأطوال الموجية أحدها عن الآخر بطول أقل من 0.8nm قد يصل الى 0.3nm ، وبالتالي يمكن تجميع حوالي 32 أو 64 أو 128 أو 160 طولا موجيا في داخل ليف ضوئي واحد يحوي عدد كبير من القنوات.

ونتيجة للتقارب الشديد بين الاطوال الموجية لهذه التقنية فهي تحتاج الى مرشحات ومصادر ضوئية دقيقة جدا وهذا ما جعلها ذات تكلفة مرتفعة.

جدول (2-2): الفرق بين تقنيتي CWDM وDWDM

CWDM	DWDM
مسافة إرسال أقل	مسافة إرسال عالية
لا يتم تضخيم الإشارات الضوئية	يتم تضخيم الاشارات الضوئية
1610nm-1270nm	1610nm-1570nm
ذات ترددات (عرض نطاق) أقل	ذات ترددات عالية

9.3.2 أنواع الألياف الضوئية

إن الفهم الجيد للخصائص المختلفة للألياف الضوئية يساعد في معرفة التطبيقات التي من الممكن استخدام هذه الالياف فيها، وتعتمد فكرة بناء أنظمة الاتصالات الضوئية بشكل صحيح على معرفة نوع الالياف والهدف من استخدمها.

يوجد نوعان من الألياف الضوئية:

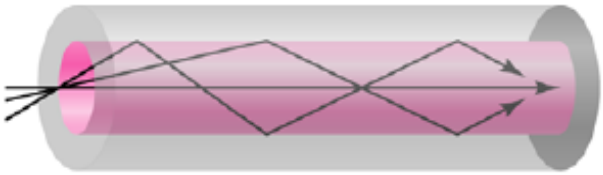
1- الألياف الضوئية أحادية النمط (Single Mode)

الياف ضوئية زجاجية قطر قلبها صغير جدا يصل الى9µm، تنقل إشارة ضوئية واحدة فقط خلال الليفة الواحدة في هذا النوع من الألياف، و يعتبر هذا النوع من الألياف هو الأعلى سرعة في نقل البيانات و للمسافات البعيدة والتي تصل إلى 100 كم، كما أنه يعمل على الأطوال الموجية (1550nm، 1300nm) ويستخدم للربط بين السنترالات وشبكات ال (WAN) و شبكات الهاتف والتلفزيون.

شكل (2-9): ليف أحادي النمط

2- الألياف الضوئية متعددة الأنماط (Multi-Mode)

الياف ضوئية قطر قلبها يصل الى 62.5 µm ويتم فيها نقل إشارات متعددة خلال الليفة الضوئية الواحدة لمسافات تصل حتى2000 مترً دون الحاجة لتكبير، وتستخدم في الشبكات المحلية LAN و MAN.



شكل (2-10): ليف متعدد الأنماط

- **الألياف العتبية متعددة النمط Multimode Step-index Fiber**

- 62/125ميكروميتر.
- ذو معامل الانكسار متماثل داخل القلب.
- يستخدم للمسافات القصيرة والتي قد تصل الى 2Km.
- يعمل على كلا من الليزر والLED كمصدر للضوء.
- ذو معدل نقل بيانات أقل مقارنة بالMMGI .
- أعلى تشتت من الMMGI .

- **الألياف التدريجية متعددة النمط Multimode Graded-index Fiber**

- 50/125ميكروميتر.
- ذو معامل انكسار متناقص تدريجيا باتجاه الغلاف.
- يستخدم لمسافات أبعد مقارنة بالMMSI .
- يعمل فقط على الLED كمصدر.
- ذو معدل نقل بيانات أكبر مقارنة بالMMSI .
- أقل تشتت من الMMSI .

جدول (2-3): الفرق بين ليف أحادي النمط وليف متعدد الأنماط

	متعدد الأنماط	أحادي النمط
القلب	50um و أكثر	10um
عرض النطاق	منخفض	عالي
الجودة	منخفضة	عالية
مصدر التوهين	Modal dispersion	Chromatic dispersion
المسافة	حتى 2000 متر	حتى 100كم
مصدر الضوء	LED	ليزر
الشبكات	LAN, MAN	WAN
الطول الموجي	850 و1300 نانومتر	1550و 1310 نانومتر
السعر	منخفض	مرتفع

10.3.2 خصائص الاتصالات الضوئية

بعض خصائص أنظمة الاتصالات الضوئية والتي تؤثر سالبا على أداء هذه الانظمة، ومن هذه الخصائص: -

1- التوهين (Attenuation) وما ينتج عنه من فقد والذي يوثر سلباً على مسافة الارسال.
2- التشتت (Dispersion) والذي يوثر سلباً على سرعة وسعة نقل البيانات.

- **التوهين (Attenuation)**

ويقصد به مقدار الفقد (Attenuation) في القدرة الضوئية المرسلة بين دخل وخرج الليف الضوئي نتيجة عدة عوامل:

1- **امتصاص الضوء (Light Absorption)** نتيجة لطبيعة المادة الزجاجية المصنع منها الليف الضوئي.

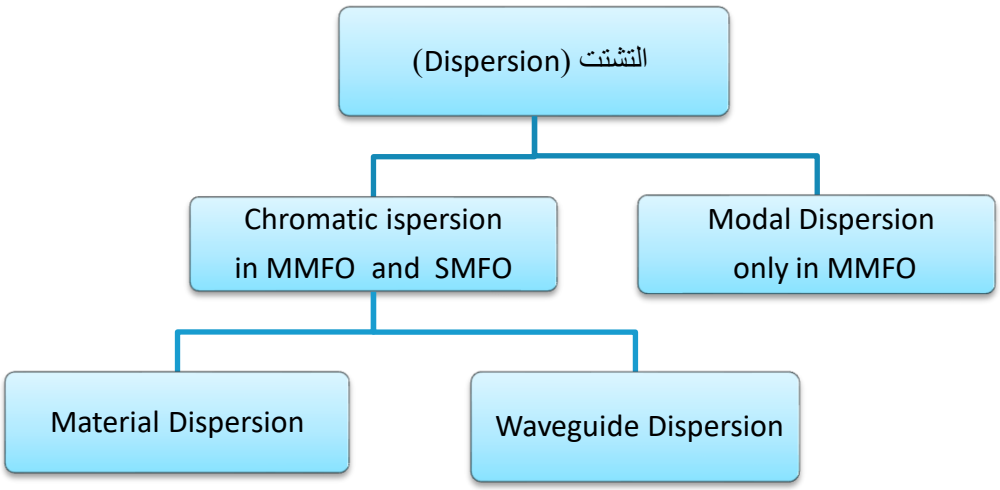
2-**التناثر (Scattering)** نتيجة للكثافة الغير متجانسة للزجاج المصنع منه الليف الضوئي والذي يسبب اختلاف في معامل الانكسار في قلب الليف، حيث يتناسب مقدار التناثر عكسيا مع λ^4 .

أنواع الفقد

1- الفقد داخل الليف نفسه (صناعي): - وعادة ما يكن 0.2dB/Km في الالياف أحادية النمط وب 1.5 dB/Km في الالياف متعددة الأنماط التي تعمل عند الطول الموجي1300nm .
2- الفقد الناتج عن الوصلات: - وهذا يعتمد على نوع الوصلة نفسها والتي أغلبها لا تتعدى 1 dB.
3- الفقد الناتج عن عمليات اللحام.
4- الفقد عند مدخل ومخرج الليف.
5- الفقد الناتج عن عدم المواءمة بين الالياف.
6- الفقد الناتج عن اختلاف فتحة النفاذ العددية بين الليفين.
7- الفقد الناتج عن الـsplitters .

- **التشتت (Dispersion)**

يؤثر التشتت سالبا على سرعة نقل البيانات في أنظمة الاتصالات الضوئية والذي يتمثل بزيادة في عرض نبضات (T) الإشارات المرسلة مع زيادة المسافة التي تقطعها الإشارة محدثا بذلك تداخل بين النبضات المرسلة (ISI).



الشكل (2-11): أنواع التشتت

- **التشتت الداخلي Intermodal Dispersion(modal)**

الذي يحدث نتيجة لتعدد الأنماط داخل الليف الضوئي وبالتالي تتعدد المسارات التي تسلكها الحزم الضوئية والتي لها نفس السرعة، وبالتالي تصل الحزم الضوئية في أزمنة مختلفة ولذلك يحدث توسع في عرض النبضات الذي يسبب التشتت ويكن مقدار هذا التشتت كبير في الالياف التي هي من النوع MMSI.

- **التشتت الباطني Intramodal Dispersion**

أو ما يسمى بالتشتت اللوني Chromatic Dispersion حيث إن هذا النوع من التشتت يظهر في جميع أنواع الألياف الضوئية سواء أحادية النمط أو متعددة الانماط، والذي ينشأ نتيجة أن الضوء – بمختلف ألوانه - عبارة عن حزمة من الاطوال الموجية المختلفة، وهو نوعيين:

- تشتت المادة Material Dispersion
- تشتت دليل الموجة Waveguide Dispersion

1. تشتت المادة Material Dispersion

التشتت الناتج عن اختلاف معاملات الانكسار للمواد المختلفة والتي تدخل في صناعة قلب(core) الليف الضوئي.

2. تشتت دليل الموجة Waveguide Dispersion

يحدث هذا النوع من التشتت نتيجة لاختلاف معامل الانكسار بين القلب والغلاف المحيط به حيث أن الضوء ينتشر بسرعات مختلفة مما يؤدي إلى تأخير زمني يتسبب في حدوث تشتت، ومع ذلك فقد تم التغلب على هذا النوع من التشتت في الالياف التي تعمل عند الطول الموجي 1550nmوبالتي تسمى هذه الالياف بالألياف ذات التشتت الصفري المُزاح.

11.3.2 المصادر الضوئية

ويقصد بها المصادر التي من شأنها توليد الإشارات الضوئية التي تحمل المعلومات داخل الليف الضوئي بين كل من المرسل والمستقبل.

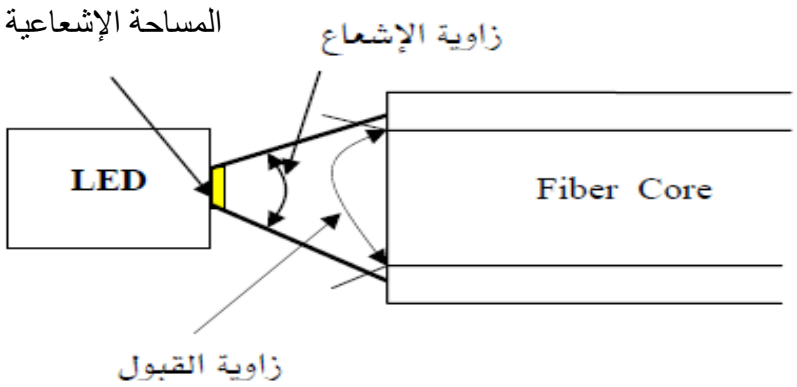
هناك نوعين من هذه المصادر والموضحة أدنى: -

1- الثنائي الباعث للضوء Light Emitting Diode

2- ثنائي الليزر Laser Diode

- **بعض العوامل التي تحدد اختيار المصدر الضوئي المناسب**

1- قدرة ارسال عالية.
2- عرض اشاعي أقل لتفادي مشكلة التشتت.
3- مساحة إشعاعية أقل من مساحة لب الليف الضوئي.
4- زاوية إشعاع للمصدر أقل من زاوية القبول.



شكل (2-12): معاملات اختيار مصدر الضوء

*** زاوية القبول (Acceptance angle)**

هي زاوية دخول الشعاع الضوئي إلى قلب (core) الليف الضوئي دون أن يحدث له انكسار الى طبقة الغلاف (cladding) المحيطة بقلب (core) الليف.
يجب أن تكن زاوية دخول الشعاع الضوئي أقل أو يساوي زاوية القبول.

*** فتحة النفاذ العددية (Numerical Aperture)**

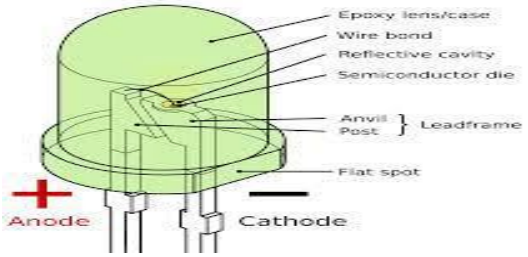
تمثل القيمة العددية لجيب زاوية القبول القصوى، ويمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$NA=n_0 \sin\Theta a=(n^2_1-n^2_2)^{1/2} \qquad (3\text{-}2)$$

حيث:
NA فتحة النفوذ العددية، Θa زاوية القبول، n_0 معامل انكسار الفراغ (يساوي 1).

1.11.3.2 الثنائي الباعث للضوء Light Emitting Diode (LED)

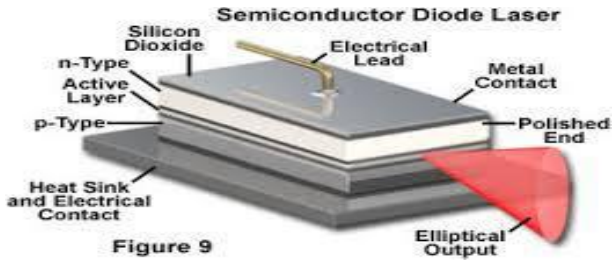
يعتبر الLED هو الاكثر انشتار والذي يستخدم في الاتصالات قصيرة المدى مثل شبكات LAN وبسرعة حوالي 125Mb/s.



شكل (2-13): الثنائي الباعث للضوء LED

2.12.3.2 ثنائي الليزر Laser Diode

يختلف عن ال LED في كون انبعاث الفوتونات فيه لا يتم بشكل تلقائي وانما باستخدام مصدر تحفيز وبالتالي تنطلق كميات كبيرة من الفوتونات والتي يتم حصرها في نطاق ضيق تزيد من مسافة الارسال مقارنة بال LED .



شكل (2-14): ثنائي الليزر Laser Diode

جدول (2-4): مقارنة بين معاملات المصادر الضوئية

Characteristic	LED	Laser
Output power	Lower	Higher
Spectral width	Wider	Narrower
Numerical aperture	Larger	Smaller
Ease of operation	Easier	More difficult
Speed	Slower	Faster
Cost	Less	More

12.3.2 أنواع كابلات الالياف الضوئية

- يتم تنصيف كوابل الالياف الضوئية اعتمادا على عدة عوامل مختلفة موضحة كالتالي:

1- عدد الشعيرات التي يحتويها الكابل.
2- درجة الحماية وظروف الاستخدام.

الكابلات الخارجية Outdoor cable

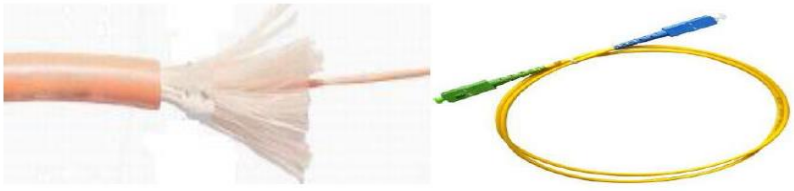
وهي التي تُمدد خارج المباني ويجب أن تكون مقاومة للحرارة الشديدة وأشعة الشمس والمياه، وعدم تلفها عند تعرضها للرياح القوية والتأثيرات الديناميكية (مثل الكابلات التي تمدد تحت الداء وداخل الأرض) **الكابلات الداخلية Indoor cable**

وهي التي تُمدد داخل المباني ويجب أن تكون ذات مرونة عالية لتكون سهلة التعامل داخل المباني ويسهل تركيبها بالموصلات ولوحات التوصيل.

- ويمكن تصنيف الكابلات الضوئية بحسب عدد الشعيرات في الكابل الواحد:

1- كابل الليف الضوئي الأحادي Simplex fiber optic cable

مكون من ليف ضوئي واحدة ذو أنبوبة ضيقة الذي يحتوي على ليف ضوئي واحد فقط، ويستخدم في حالة إذا أردنا الإرسال في اتجاه واحد فقط، أي لا يرسل ولا يستقبل المعلومات في نفس الوقت، ويمكن أن يكون أحادي أو متعدد النمط.



الشكل (2-15): كابل الليف الضوئي الأحادي

2- كابل الليف الضوئي المزدوج Duplex fiber optic cable

هو الكبل الذي يحتوي على ليفين ضوئيين داخل غلاف خارجي واحد، أي يمكن إرسال واستقبال المعلومات في نفس الوقت، ويمكن أن يكون أحادي النمط أو متعدد النمط.

الشكل (2-16): كابل الليف الضوئي المزدوج

3- كابل الليف الضوئي ذو الثنائي الملتصقZipcord fiber optic cable

هو كبل ليف ضوئي يحتوي على كبلين ملتصقين مع بعض، ويمكن أن يكون أحادي النمط أو متعدد النمط.

الشكل (2-17): كابل الليف الضوئي ذو الثنائي الملتصق

4- وصلة الليف الضوئي Fiber optic patch cord cable

هي وصلات جاهزة حيث يكون مركب فيها موصلات الليف الضوئي بأطوال مختلفة، ولها أنواع وألوان مختلفة، وتستخدم للتوصيل ما بين لوحة التوصيل والأجهزة.

الشكل (2-18): وصلة الليف الضوئي

5- الوصلات المصنعية Pigital Cables

هي وصلات جاهزة تحتوي على ليف ضوئي واحد أو أكثر، ويكون أحد أطرافها مركب فيه موصلات من نوع معين، والطرف الآخر غير مهيئ، وتستخدم ليتم ربط ولحام الطرف غير مهيئ بكابلات الألياف الضوئية الرئيسية، والطرف الآخر يركب في الأجهزة أو لوحة التوصيل.

الشكل (2-19): الوصلات المصنعية Pigital Cables

6- كابل الليف الضوئي الموزعDistribution fiber optic cable

هو كبل ليف ضوئي يحتوي على عدد من الأنابيب الضيقة (قد تصل إلى 144 أنبوبة) وكل أنبوبة فيها ليف ضوئي واحد، يحيط بجميع الأنابيب الضيقة مادة داعمة واحدة، ويستخدم للتمديدات عبر الأسقف والجدران داخل المباني لأنه مرن وسهل.

الشكل (2-20): كابل الليف الضوئي الموزع

7- كابل الليف الضوئي الهوائي Aerial cable

هو كبل ليف ضوئي ذو أنبوبة واسعة مثبت معه في مرحلة التصنيع حامل معدني حتى يحمل الكيبل لذلك يستخدم للتمديدات الهوائية ما بين المباني.

الشكل (2-21): كابل الليف الضوئي الهوائي Aerial cable

8- كابل الليف الضوئي المجزئ Breakout fiber optic cable

هو كبل ليف ضوئي يحتوي على اثنين أو أكثر من الأنابيب الضيقة، وكل أنبوبة تحتوي على ليف ضوئي واحد، والمادة الداعمة تكون داخل كل أنبوبة على حدة، ويستخدم للتوصيل المباشر للموصلات ولوحات التوصيل داخل المباني.

الشكل (2-22): كابل الليف الضوئي المجزئ

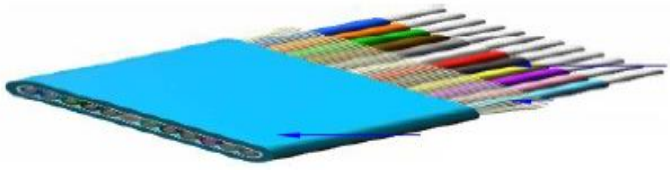
9- كابل الليف الضوئي ذو الدرع المعدني Armored Cable

هو كبل ليف ضوئي ذو أنبوبة واسعة تحتوي على أكثر من ليف ضوئي، ويتميز بوجود طبقة معدنية تحت الغلاف الخارجي للكبل، ويستخدم في التمديدات داخل المباني وخارجها ويتميز بمقاومته للكسر.

الشكل (2-23): كابل ذو الدرع المعدني Armored Cable

10- كابل الليف الضوئي الشريطي Ribbon cable

هو كبل ترتب فيه الألياف الضوئية على شكل صف يتَراوح عدد الالياف فيها من 4 إلى 12 ليف ضوئي للشريط الواحد، ويمكن أن يحتوي الكيبل على أكثر من شريط فوق بعض، وهو يتميز بالكثافة العالية للألياف الضوئية في مساحة صغيرة.



الشكل (2-24): الكابل الشريطيRibbon cable

11- كابل الليف الضوئي البحري Submarine cable

ويستخدم في التمديدات تحت المياه.

الشكل (2-25): الكابل البحري Submarine

12- كابل الليف الضوئي الفضائي Aerospace Cable

والذي يستخدم في الطائرات ومركبات الفضاء.

الشكل (2-26): الكابل الفضائيAerospace Cable

13.3.2 أدوات التوصيل والأدوات المساعدة المستخدمة مع الالياف الضوئية

1- موصلات الألياف الضوئية

وهي التي تُركَب في النهاية الطرفية للكيبل بحيث يكن جاهزا ليربَط بالأجهزة.

جدول (2-5): أنواع موصلات الألياف الضوئية

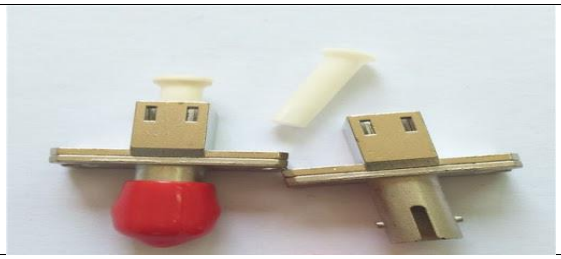
نوع الموصل		نمط التوصيل
ST connector	ST Connector	Simplex
SC connector		Simplex and duplex
FC connector		simplex
LC connector		Simplex and duplex

2- محولات الالياف الضوئية

هي الوصلات التي تربط بين موصلين سواء من نفس النوع أو من نوعين مختلفين.

جدول (2-6): محولات الالياف الضوئية

محولات لربط موصلين من نفس النوع	
1- محول ST-ST	
2- محول SC-SC	
3- محول LC-LC	
4- محول FC-FC	

محولات لربط موصلات من نوعين مختلفين	
	1- محول ST-SC
	2- محول ST-LC
	3- محول ST-FC
	4- محول SC-FC
	5- محول FC-LC

4.2 مكونات نظم الاتصالات الضوئية

بشكل عام تتكون نظم الاتصالات الضوئية من:

1- المرسل(Transmitter) : بحيث يحتوي على جزئيين مهمين هما مصدر الضوء والدوائر الالكترونية المساعدة.

2- وسط الارسال (الكابل الضوئي Optical fiber): تختلف طرق حماية الكابلات الضوئية باختلاف أماكن توزيعها، فمنها ما يتم تركيب داخل المباني أو تحت الارض والبعض الاخر يمد إما تحت الارض او تحت المياه.

3- الاجهزة الغير فعالة (Passive devices): وتشمل (المقسمات، الوصلات) المكونات التي لا تحتاج الى كهرباء لكي تعمل.

4- المستقبل(Receiver) : يحتوي بشكل أساسي على الدايود الكاشف الضوئي Photodetector Diodeالذي يحول الاشارة الضوئية الى اشارة كهربائية، بالإضافة الى بعض المرشحات الكهربائية.

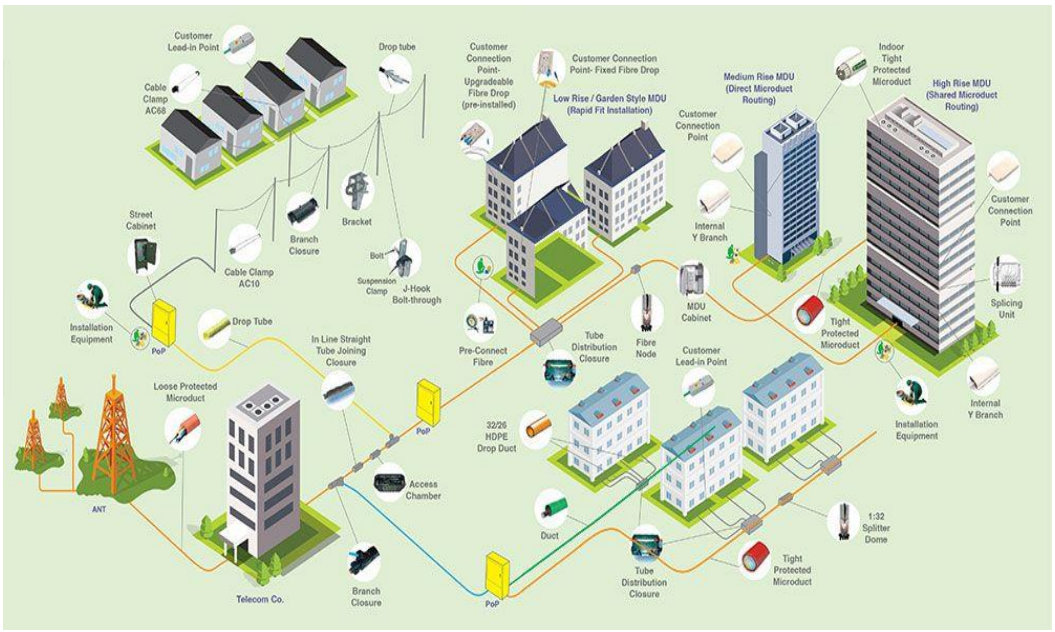
5- المكبرات (Optical amplifiers): دوائر الكتروني تستقبل الإشارة الضوئية المرسلة ثم تعمل على تكبيرها وإعادة إرسالها مرة أخرى.

5.2 نظرة عامة عن الـــ FTTH

إن التطور المتسارع في الاتصالات وتقنية المعلومات يتطلب سرعات عالية تواكبه، ومما هو معلوم لدى الجميع أن معمارية شبكة الاتصالات السلكية وتراسل البيانات في الجمهورية اليمنية لا زالت تعتمد وبشكل أساسي على الاسلاك النحاسية ذات النطاق (Bandwidth) الصغير والذي لا يتعدى الواحد الجيجا في أفضل الظروف، وهذا ما أدى بنا الى التفكيرفي عمل تخطيط لبنية تحتية أكثر كفاءة الى المنازل تعتمد على كابلات الالياف الضوئية.

1.5.2 ماهية شبكة ال FTTH

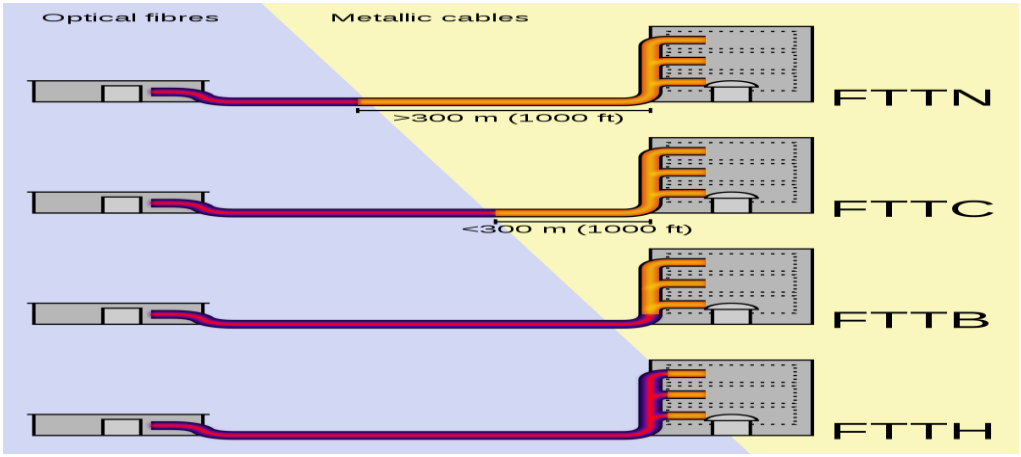
ال FTTH هي اختصارا ل Fiber Optic To The Home والتي تعني أن يتم ربط المستخدمين بالسنترالات (Access node) بواسطة كابلات الالياف الضوئية كما في الشكل التالي.



شكل (2-27): شبكة الياف ضوئية الى المنازل

2.5.2 معمارية شبكة ال FTTX

تعتمد معمارية شبكة ال FTTX على عدد شعيرات الالياف الضوئية الواصلة الى نقطة (مقسم، كبينة، جهاز طرفي) ما، بالإضافة الى موقع هذه النقطة كما في الشكل التالي.



شكل (2-28): معمارية شبكة ال FTTX

1- FTTN (Fiber To The Node)

وفي هذا النوع من الربط يتم الربط باستخدام كابل الالياف الضوئية من المزود الرئيسي الى السنترالات (access node) فقط.

2- FTTC (Fiber To The Curb)

وفي هذا النوع من الربط يتم الربط باستخدام كابل الالياف الضوئية من المزود الرئيسي الى الكبائن المتواجدة في أرصفة الشوارع.

3- FTTB(Fiber To The Building)

وفي هذا النوع من الربط يتم الربط باستخدام كابل الالياف الضوئية من المزود الرئيسي الى نقطة مركزية في المبنى.

4- FTTH (Fiber To The Home)

وفي هذا النوع من الربط يتم الربط باستخدام كابل الالياف الضوئية من المزود الرئيسي الى اللوحة الطرفية (ONT).

3.5.2 البنية التحتية لشبكة الـ FTTH

تمثل شبكة ال **passive optical network (PON)** العمود الفقري للشبكة ال FTTH، وتسمى بالشبكة الغير فعالة كونها لا تحتاج الى كهرباء لكي تعمل، وتتكون شبكة ال PON من ثلاثة عناصر رئيسية كالتالي:

1- Optical Line Terminal (OLT).
2- Optical Network Unit (ONT).
3- Optical Splitters (OS).

Optical Line Terminal (OLT) 1.3.5.2

تعد ال OLT العنصر الرئيسي في هذه الشبكة والتي عادة ما تتواجد في السنترالات والتي تحتوي على الMAC address لكل من المرسل والمستقبل، وتمثل الجزء الذي يتحكم بتدفق الصوت والبيانات في كلا الاتجاهين.

شكل (2-29): EPON OLT FD2000S

Optical Network Unit (ONT) 2.3.5.2

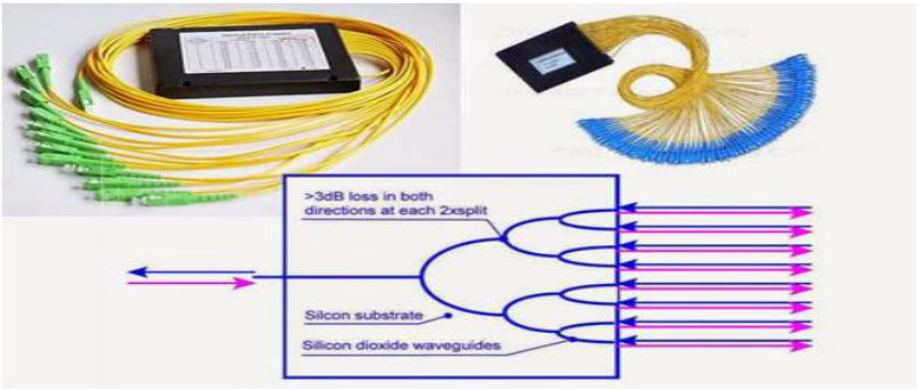
ويمثل العنصر المتواجد لدى المستخدم والذي يتعامل مع الاشارات الضوئية القادمة اليه من الشبكة لتزود بدوره أجهزة المستخدم بخدمات الشبكة.

شكل (2-30): Optical Network Unit

Optical Splitters (OS) 3.3.5.2

تعتبر المقسمات – ذات مدخل واحد وعدة مخارج - هي الجزء الأهم في شبكة ال PON والعنصر الذي أعطى الشبكة اسمها كون هذه ال Splitters تحتاج للكهرباء لتعمل.

تربط هذه ال Splitters كلا من الOLT وONT في شبكة ال PON وتعمل على تقسيم الاشارة الضوئية التي تصلها من ال OLT وارسالها من مخارج عدة لعدة ONTs، وكذلك تعمل ال Splitters على تجميع عدة إشارات ضوئية من عدة ONTs لترسلها في الاتجاه المعاكس الى ال OLT في السنترال.



شكل (2-31): Optical Splitters

تختلف ال Splitters اعتمادا على عدد المخارج التي تحتويها حيث يزداد مقدار التوهين في الموزع (splitter) بزيادة عدد مخارجه (N) طبقا للمعادلة (2-1)، كما هو موضحا في الجدول (2-7).

$$Attenuation = 10 \log\left(\frac{1}{N}\right) \qquad (1\text{-}2)$$

جدول (2-7): يوضح العلاقة بين الSplitters والتوهين فيه.

Splitter Ratio	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32
Ideal Loss / Port (dB)	3	6	9	12	15
Excess Loss (dB, max)	1	1	2	3	4
Typical Loss (dB)	4	7	11	15	19

4.5.2 خصائص شبكة الـFTTH

- **تنزيل البيانات (Downloading)**:

عند استخدام بروتوكول GPON تكن السرعة الاجمالية المشتركة هي 2.4Gb/s على الطول الموجي 1490nm في حين يستخدم الطول الموجي 1550nm لتنزيل الفيديوهات حيث أن أقصى سرعة يتم اعتمادها لجهاز في ONT واحد هي 100Gb/s.

- **رفع البيانات(Uploading)** :

السرعة الاجمالية المشتركة هي 1.244Gb/s على الطول الموجي 1310nm.

- **PON technologies**

هناك العديد من تقنيات شبكة ال PON أشهرها:

1- BPON -2 EPON -3 GPON

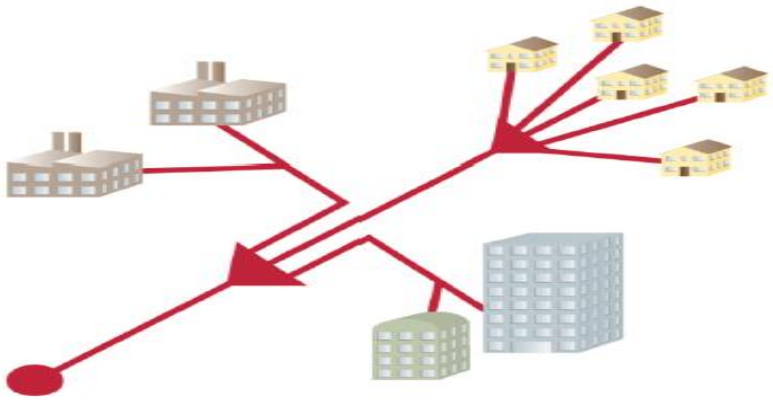
جدول (2-8): PON technologies:

Features	BPON	EPON	GPON
Transmission rate (Mbps)	Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622	Down: 1250 Up: 1250	Down: 1244, 2488 Up: 155, 622, 1244, 2488
Fiber type	Single-mode (ITU-T G.652)	Single-mode (ITU-T G.652)	Single-mode (ITU-T G.652)
Number of fibers per ONT	1or 2	1	1or 2
Operating wavelengths	For 1 fiber: Down: 1480-1500 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550 nm For 2 fibers: Down: 1260-1360 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550-1560 nm	Down: 1480-1500 nm Up: 1260-1460 nm Video: 1550-560 nm	For 1 fiber: Down: 1480-1500 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550-1560 nm For 2 fibers: Down: 1260-1360 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550-1560 nm
Max. Number of Splitters per ONT	32	16	128
Max. Distance among ONTs	20 km	10 km (prev. 20 km)	20 km
Max. insertion losses	0 dB	15/20 dB	15/20/25 dB
Traffic mode between OLT and ONT	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Comments	Improvement of APON. Support for other services than just ATM. based	Very popular in Asia. GE-PON is a special case of EPON.	Upgrade of BPON. Improved OAM&P. Dominating in the US.

FTTH Topology 5.5.2

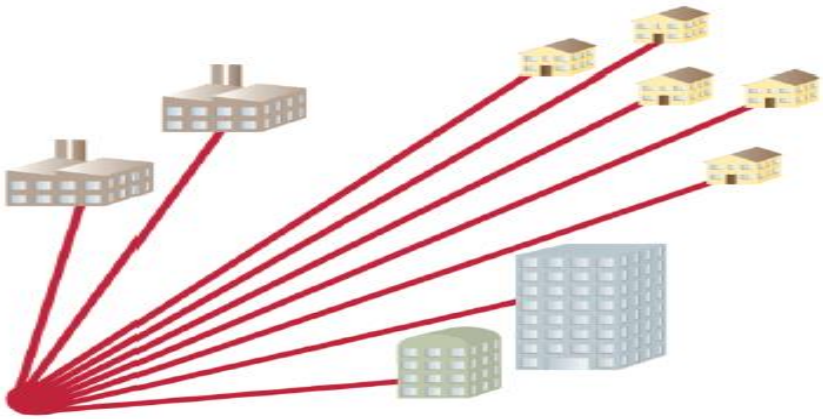
طرق ربط كابلات الالياف الضوئية في شبكة الFTTH أشهرها: -

1- **point-to-multipoint (P2MP)** والتي تتمثل ب **Passive optical network (PON)** الموضحة بالشكل أدناه:



شكل (2-32): Point-to-multipoint

2- **point-to-point(P2P) والتي** تستخدم عادة تقنية **Ethernet** كما في الشكل التالي:



شكل (2-33): Point-to-point

جدول (2-9): الفرق بين P2MP & P2P

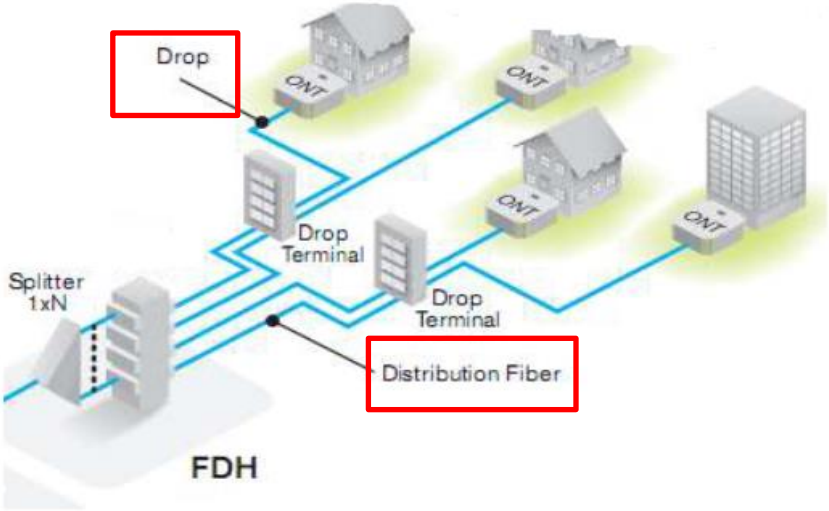
	P2MP	P2P
التصميم	سهل	صعب
المعمارية	بسيطة	معقدة
عرض النطاق	متشارك	مخصص
الفقد	عالي	قليل
عدد الكابلات	قليلة	كثيرة
التكلفة	قليلة	عالية

6.5.2 الكابلات المستخدمة في شبكة الFTTH

لا تختلف كابلات الـFTTH كثيرا عن الكابلات الضوئية الاخرى سوى في بعض المواصفات التي تستدعيها الحاجة، ومن أهم هذا المواصفات هي عدد الالياف الضوئية التي تحتويها كابلات الـ FTTH بالإضافة الى الاختلاف في درجة الحماية لهذه الكابلات عن نظيراتها.

1- **Distribution cable:** تمتد هذه الكابلات من كبائن التوزيع وصولا الى ال Splitters وعادة ما تكن من النوع Armored Cables في حال كانت الشبكة أرضية ، وعادة تحتوي على عدد كبير من الالياف الضوئية تصل الى 144 ليف في الكابل الواحد.

2- **Drop cables:** تستخدم هذه الكابلات لربط أجهزة ال ONTs لدى المشتركين بالمقسمات ، وعادة ما تحتوي هذه الكابلات عدد لا يتجاوز 12 ليف ضوئي في الكابل الواحد.



شكل (2-34): FTTH Cables

1.3 مقدمة

سوف سيتم في هذا الفصل تحليل المشروع من حيث طرق جمع البيانات وتحديد المتطلبات الوظيفية للمشروع.

2.3 طرق جمع المعلومات

تنوعت وسائل جمع المعلومات بحسب الظروف التي استدعاها المشروع والموضحة أدناه.

1.2.3 النزول الميداني: -

- **المقابلة:** أجرينا عدة مقابلات مع بعض مهندسي المؤسسة العامة للاتصالات والمختصين بالتخطيط وتراسل البيانات بشكل عام وبشكل خاص مع المهندس صالح العميراني رئيس قسم التراسل في المؤسسة، ولقد حصلنا على كثير من الإجابات لتساؤلات عدة بالإضافة الى جمع الكثير من المعلومات حول شبكة الاتصالات الضوئية ورؤية وتطلعات المؤسسة لبناء شبكة اتصالات تعمل بتقنية الالياف الضوئية لأمانة العاصمة.

- **الملاحظة:** من خلال الزيارات المختلفة التي اجريناها لسنترالات العاصمة صنعاء لاحظنا أنه لا تزال خطوط الالياف الضوئية محصورة الاستخدام للربط بين السنترالات فقط وقليل من بعض شركات القطاع الخاص.

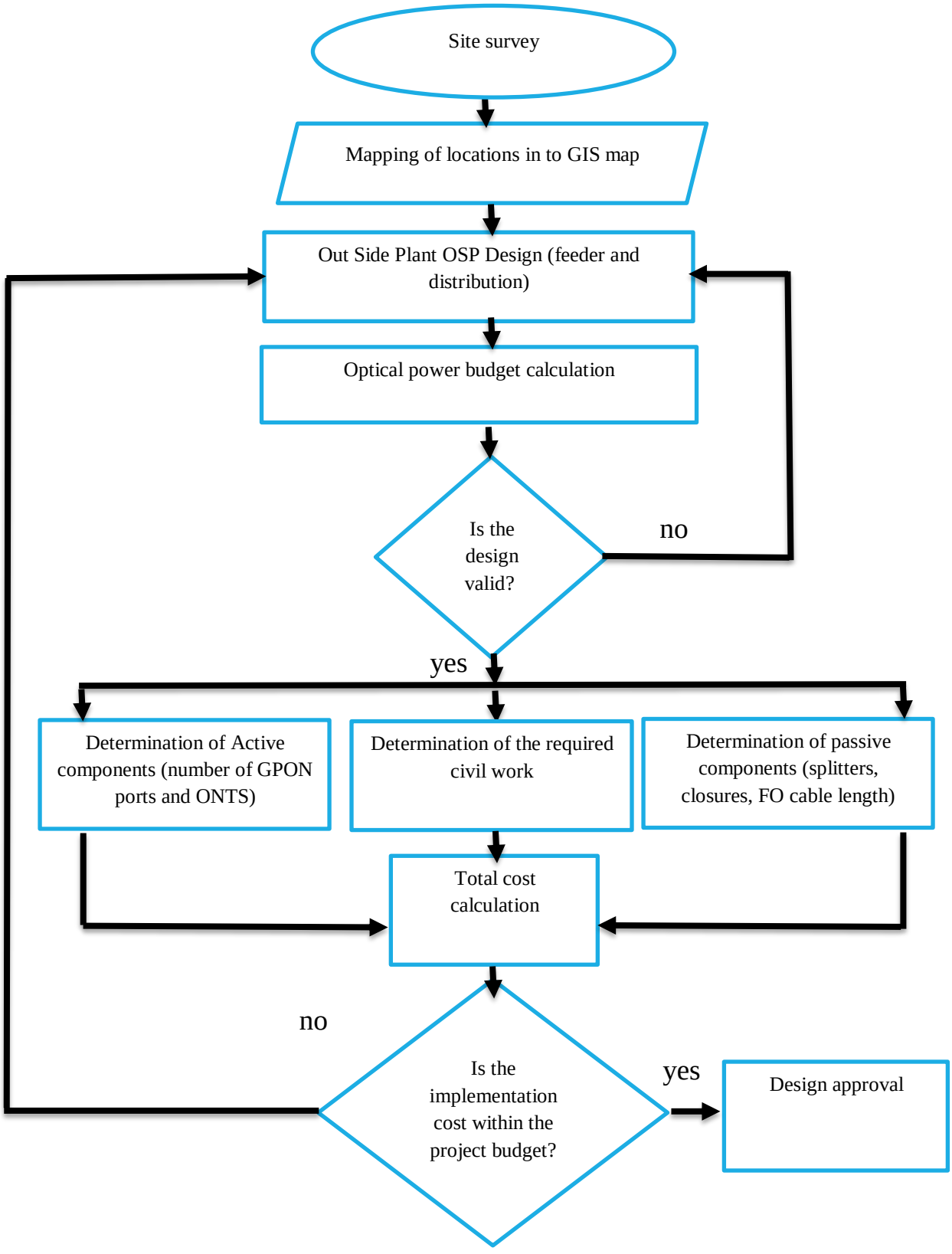
2.2.3 البحث الالكتروني: -

تم الاستفادة من الكثير من المواقع والصفحات والمجالات الالكترونية التي تحتوي مقالات علمية عن تقنيات الاتصالات الضوئية.

3.2.3 البحث من المراجع: -

هنالك العديد من المراجع والأبحاث التي استفدنا منها في عملية تقصي المعلومات وهي مذكورة في نهاية هذا البحث.

3.3 المتطلبات الوظيفية للمشروع



شكل (3-1): المتطلبات الوظيفية للمشروع

1.4 مقدمة

سنقوم في هذا الفصل بعمل مخطط - شامل الدراسة الاقتصادية- لشبكة الFTTH لمناطق مختلفة في أمانة العاصمة صنعاء باستخدام برنامج الـ ArcGIS يوضَح فيه مسار كابلات الالياف الضوئية بدءاً من الكبائن ووصولاً إلى المنازل (المشتركين) وكذلك تحديد أماكن المقسمات الخاصة بهذه الشبكة، بالإضافة إلى عمل نموذج بسيط (مصغر) لمحاكاة أداء هذه الشبكة باستخدام برنامج الـ Optisystem .

2.4 إجراءات تصميم المشروع

تضمنت خطة إنجاز المشروع بشكل تام عدة إجراءات هي:

1. تخطيط عام لشبكة الFTTH لمناطق مختلفة في أمانة العاصمة طبقا للواقع الجغرافي للعاصمة مع مراعاة عوامل عدة لازمة لتطبيق هذه الشبكة على أرض الواقع هي كالتالي:
   - أقرب المسارات الممكنة بحيث يتم تمرير الكوابل الرئيسية والفرعية فيها.
   - المناطق الأكبر من حيث الكثافة السكانية بحيث يتم اعتماد عدة نقاط خدمة لتغطي المنطقة بشكل كلي.
   - إمكانية توفر الخدمة على المدى البعيد.

2. الدراسة الاقتصادية لهذا المخطط تشمل تكاليف الكابلات والأجهزة اللازمة لبناء الشبكة.
3. نموذج بسيط لاختبار أداء شبكة الFTTH .

*** ملحوظة:**

تستخدم المؤسسة العامة للاتصالات كابلات الألياف أحادية النمط فقط في بناء شبكة الاتصالات الضوئية في العاصمة وهذا ما جعلنا نعتمد على هذا الكابلات عند عملية التخطيط.

1.2.4 المخطط العام لشبكة ال FTTH

تستخدم شركة الاتصالات اليمنية خطوط الالياف الضوئية حاليا للربط بين السنترالات وبعض جهات القطاع الخاص، وهذا وحده غير كافي لتفادي البطء الشديد في سرعات الانترنت المطلوبة مواكبة للتطور السريع في تكنولوجيا الاتصالات وتراسل البيانات، بالإضافة الى أن الشركة لا تزال تعتمد على الشبكة النحاسية بشكل أساسي لربط الكبائن بالمنازل (المشترك)، وهذا ما استدعى عمل هذا المشروع.

1.1.2.4 نظرة عامة عن برنامج الـ ArcGIS

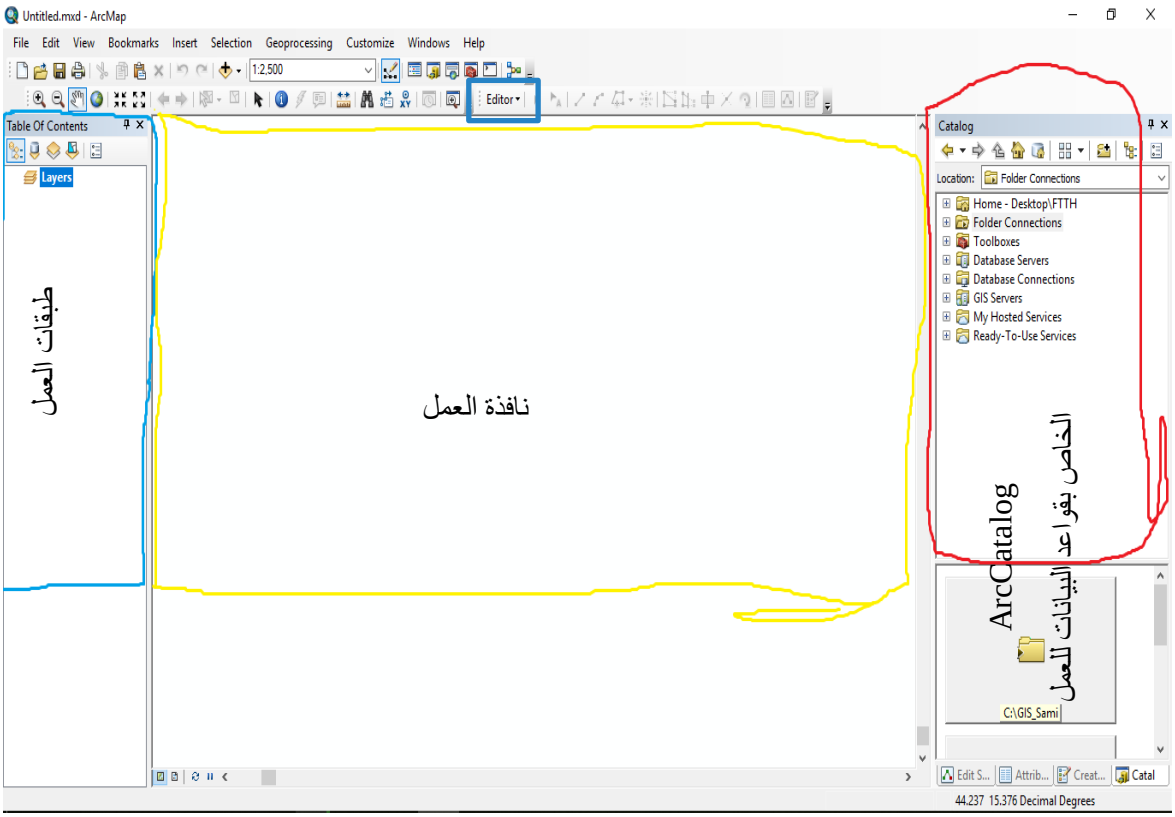
برنامج الـ ArcGIS Desktop هو عبارة عن برنامج تطبيقي طُور من قِبل شركة ESRI يعرف بنظم المعلومات الجغرافية والذي يُمَكن من التعامل مع الخرائط الجغرافية (البيانات المكانية) من حيث الرسم، إدخال بيانات وتحليلها استنادا إلى الاحداثيات المراد العمل عليها والتي تم تحديدها مسبقا من قِبل الشخص القائم بالعمل.

يجمع برنامج الـ ArcGIS Desktop بين كلا من برنامج الـ Autocad المسؤول عن الرسم، وبرنامج الـ ArcCatalog الذي يشبه بحد ما برنامج الـ Access من حيث كونه المكان الذي يتم فيه إنشاء قواعد البيانات الخاصة بالعمل ومن ثَم استدعائها في برنامج الـ ArcMap .

شكل (4-1): تطبيقات الـ ArcGIS

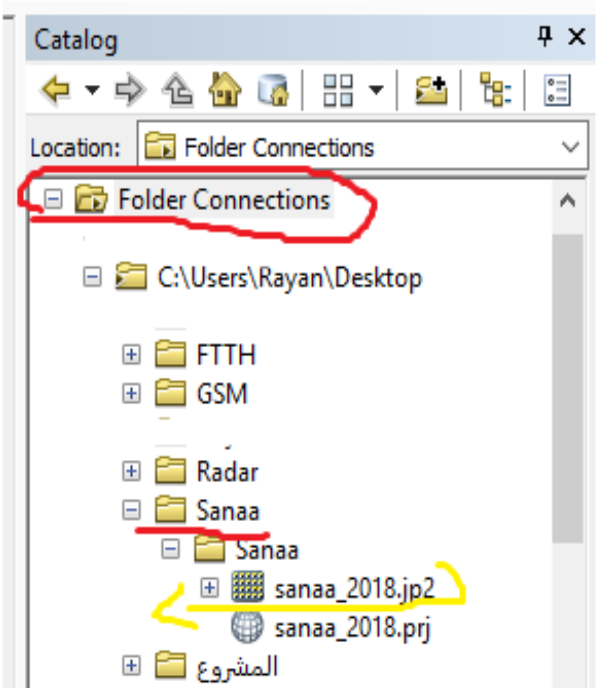
2.1.2.4 واجهة البرنامج

كما أسلفنا سابقا بأن برنامج الـ ArcGIS Desktop مكون من عدة برامج فإنه عند فتح برنامج الـ ArcMapستظهر هذه الواجهة والتي يظهر فيها كذلك نافذة خاصة ببرنامج الـ ArcCatalog الذي يحتوي على كل قواعد البيانات الخاصة بالعمل.

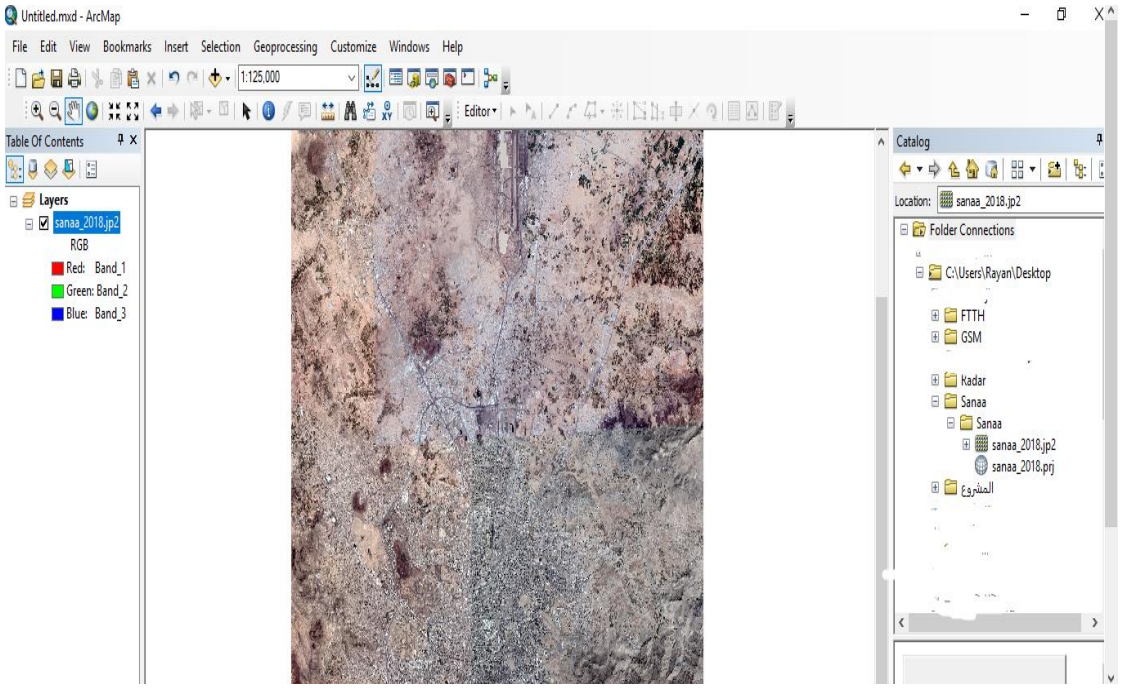


شكل (2-4): واجهة برنامج ال ArcGIS Desktop

يتم استيراد الخريطة من المكان المخزنة فيه لدى الجهاز بواسطة نافذة برنامج الـ ArcCatalog وسحبها إلى نافذة الطبقات لتظهر بذلك الخريطة في نافذة العمل كما في الشكليين التاليين، ومن ثَم الضغط على الخيارEditor للقيام ببقية العمليات والتي سوف نتعرف عليها لاحقا.



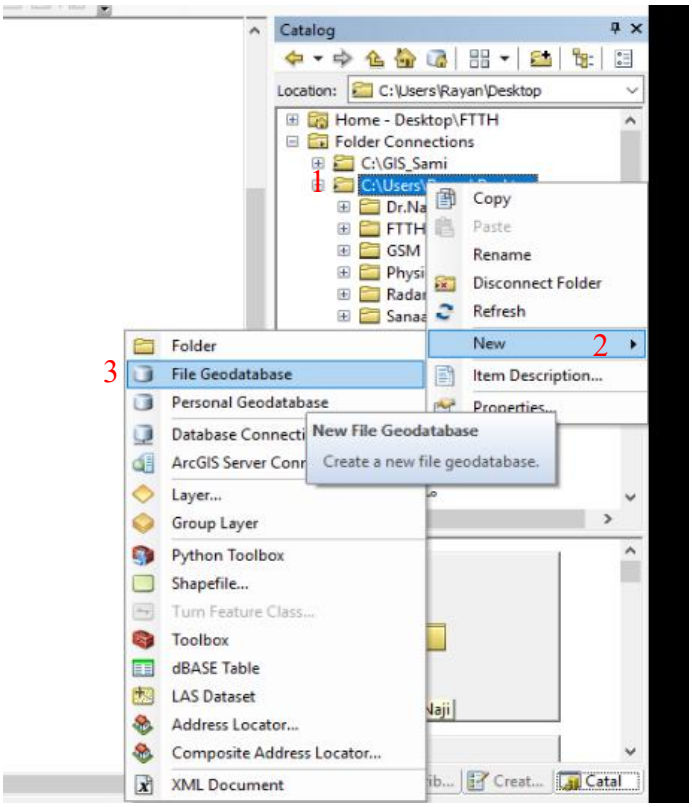
شكل (4-3): استيراد الخريطة من مكان التخزين عبرArcCatalog



شكل (4-4): ظهور الطبقة الخاصة بالخريطة في نافذة برنامج ال ArcMap

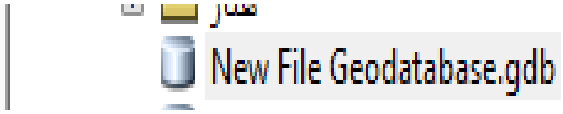
3.1.2.4 إنشاء الطبقات

أولا: إن عملية إنشاء الطبقات تتطلب إنشاء قواعد بيانات التي تخزن فيها بيانات الطبقات المراد إنشائها في برنامج الـ ArcCatalog ويتم هذا الاجراء في عدة خطوات موضحة بالشكل التالي



شكل (4-5): خطوات إنشاء قاعدة البيانات في برنامج الـ

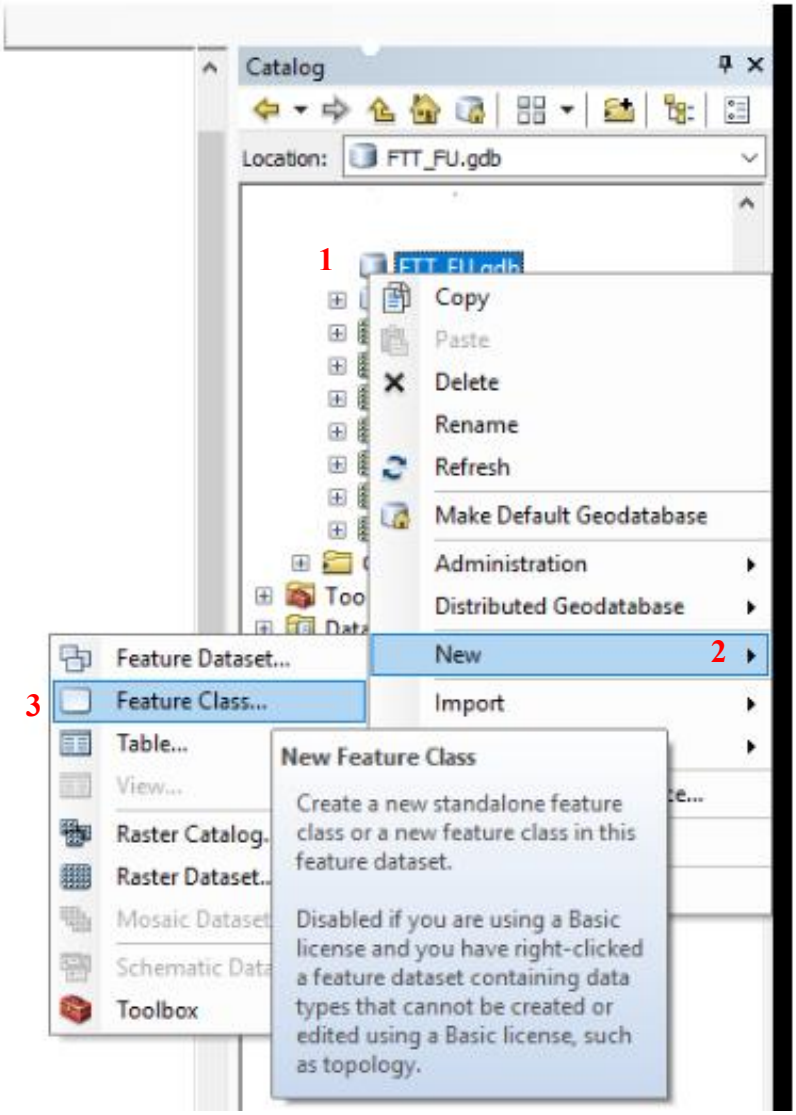
وسيتم فتح ملف جديد بدون اسم ومخزون في المكان الذي اختاره الشخص نفسه ويمكن تغيير اسم الملف إذا اراد الشخص القيام بذلك كما هو موضح أدناه.



شكل (4-6): الملف قبل

شكل (4-7): الملف بعد التسمية

ثانيا: يتم إنشاء الطبقات داخل الملف الذي تم إنشائه سابقا تبعا للخطوات المبينة في الشكل التالي



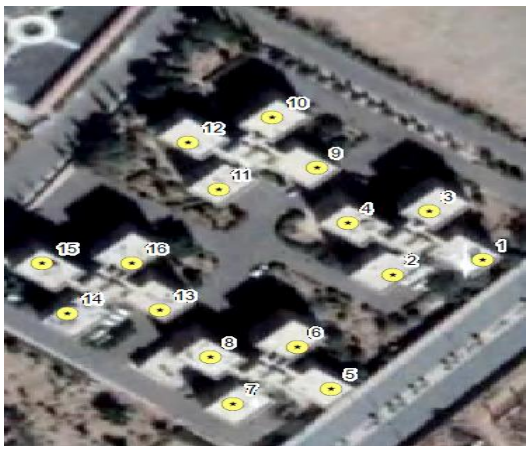
شكل (4-8): خطوات إنشاء الطبقات من برنامج الArcCatalog

ثم يتم تسمية الطبقة واختيار نوع هذه الطبقة سوآءا خطية أو نقطية وهذا كله بحسب رغبة الشخص القائم بالعمل، وبما أننا هنا نتحدث عن كابلات فهذا يعني أننا سوف نجعل هذه الطبقة من النوع الخطي، وبنفس الطريقة يتم إنشاء بقية الطبقات.

4.1.2.4 كيفية التخطيط والعمل على الطبقات

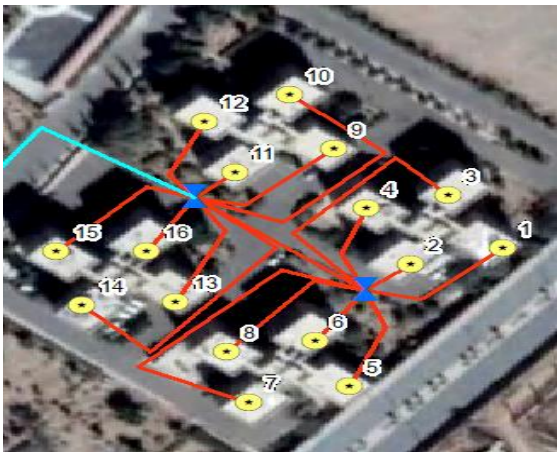
بداية يجب تحديد حدود المنطقة والتي يمكن للكبينة الواحدة تغطيتها علما بأن السعة الكلية للكبينة الواحدة 480 خط توصل point to pointمع المقسمات كلا بحسب سعته.

بفرض استخدام المقسمات (★) ذات سعة 6 خطوط وبفرض أن الحجم المتوسط للمباني في المنطقة هو ستة طوابق و يحتاج خط واحد لكل طابق و هذا يعني أن المقسم الواحد يغطي مبنى واحد كما هو موضح في المثال التالي



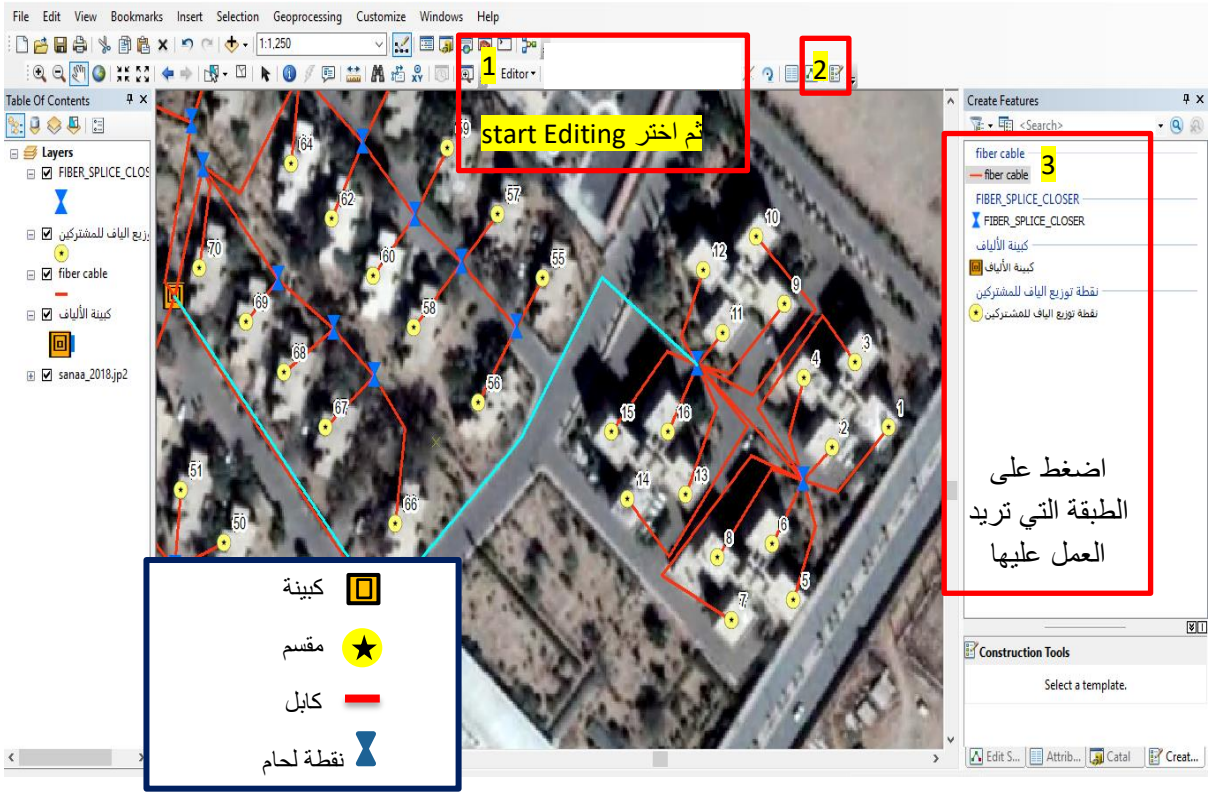
شكل (4-9): توزيع المقسمات بحسب حاجة

بعد أن تم توزيع المقسمات بحسب العدد المطلوب يتم ربط هذه المقسمات بالكبينة بواسطة كابلات الالياف الضوئية والتي تتواجد بسعات مختلفة وهي 96خط، 64خط، 48خط، 24خط، 12خط، 6خطوط أو 36خط، وتستخدم بحسب الحاجة، وهنا سوف نستخدم كابل بسعة 96خط ليغطي ال 16مقسما وبقية الكابلات التي تتفرع من الكابل الرئيسي الى المقسمات تكن بسعة 6 خطوط.



شكل (4-10): ربط المقسمات مع الكابل الرئيسي

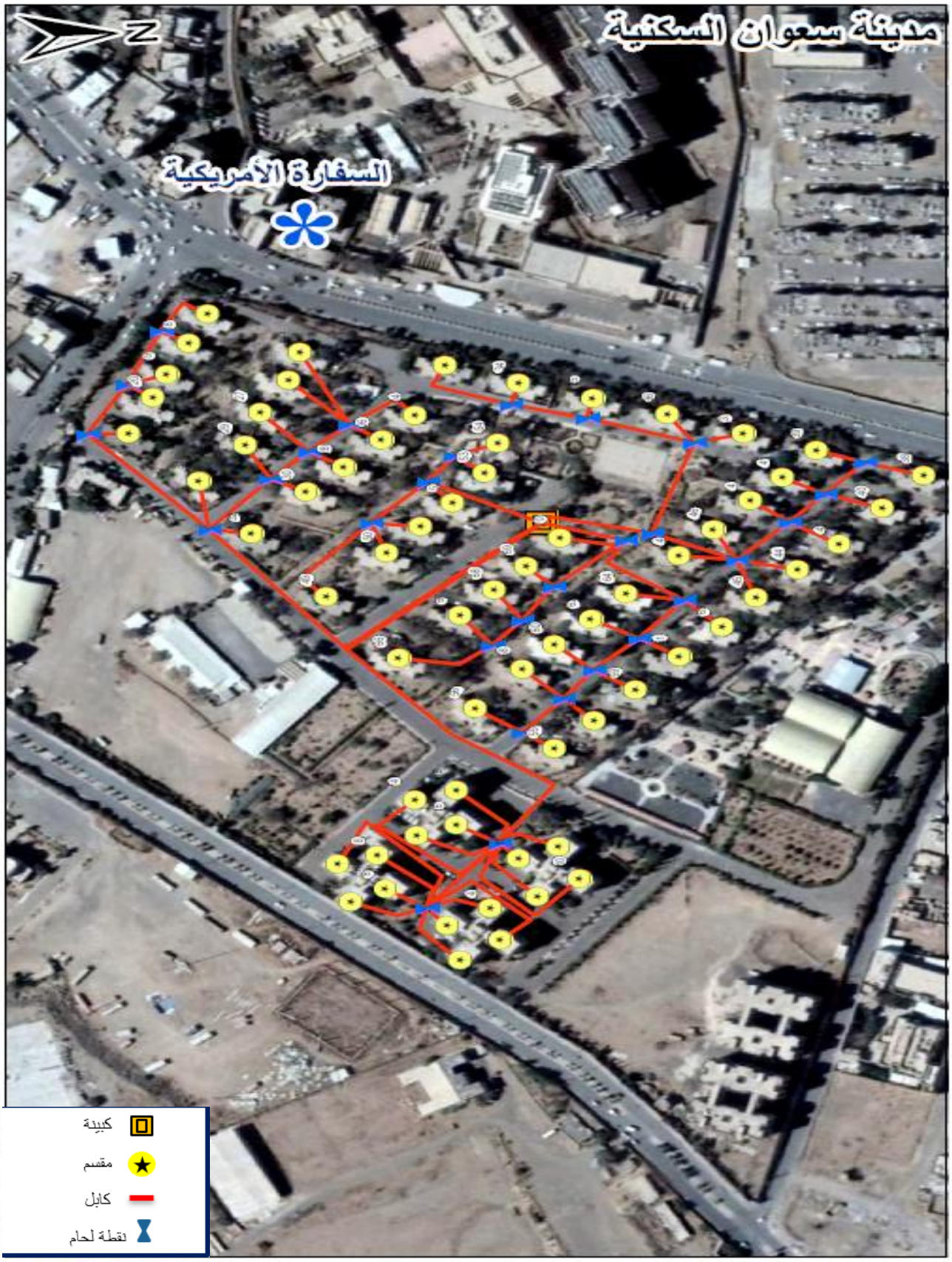
وللقيام بالعمل السابق على برنامج GIS اتبع الخطوات في الشكل التالي



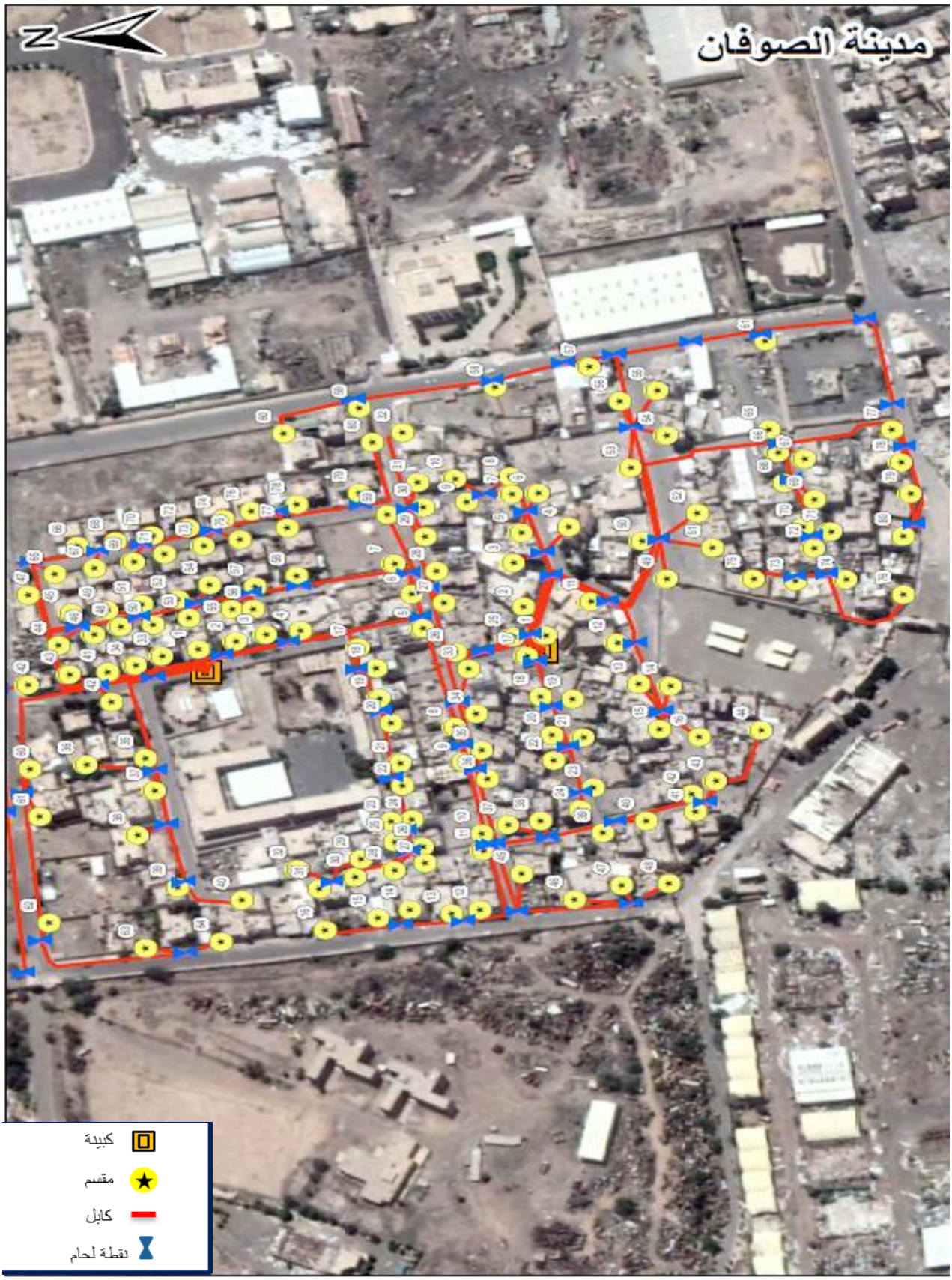
شكل (4-11): خطوات عمل التخطيط على الGIS

2.2.4 المخطط العام للشبكة لجزء من حي بغداد

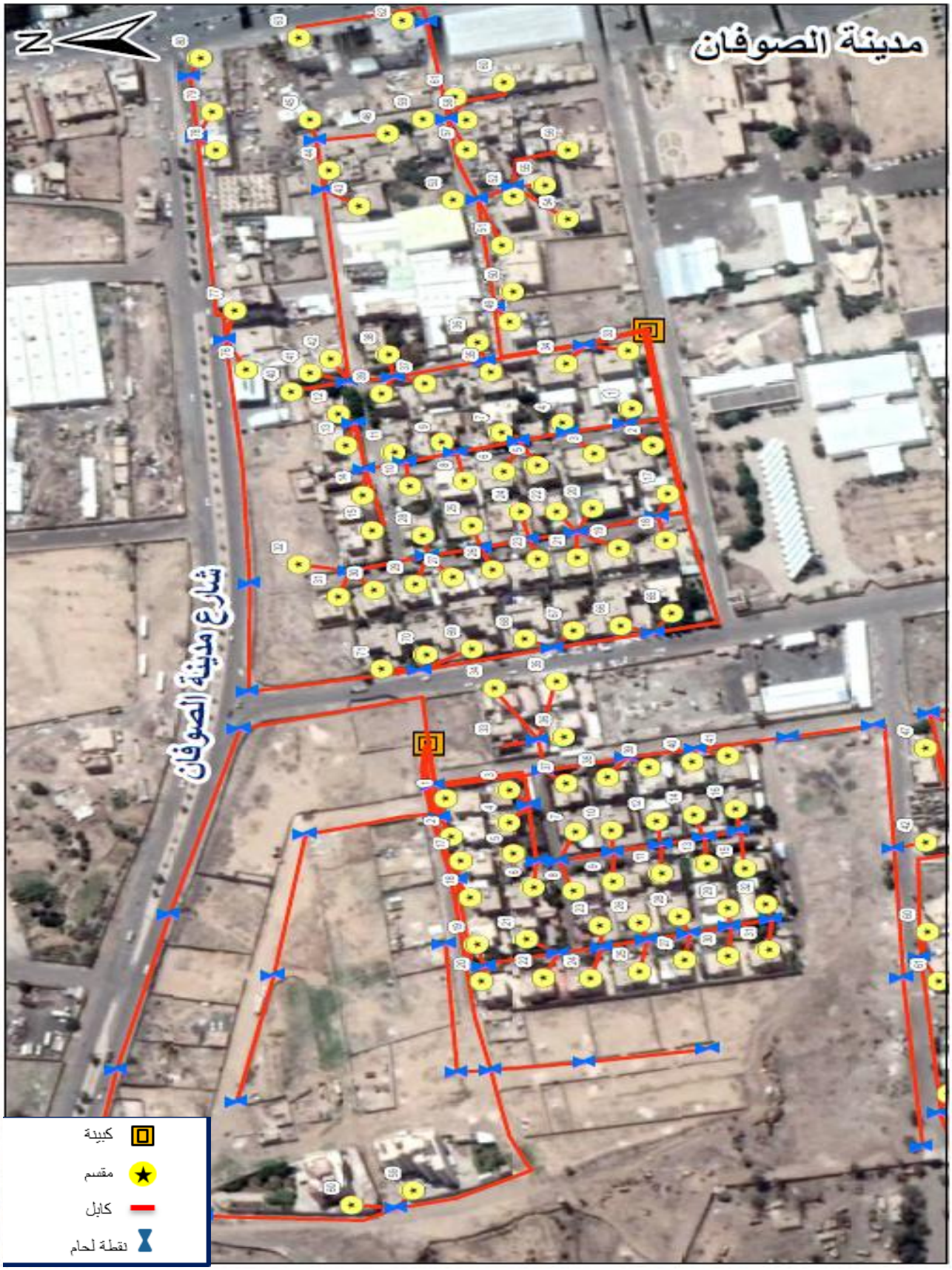
3.2.4 المخطط العام لبناء الشبكة في مدينة سعوان السكنية



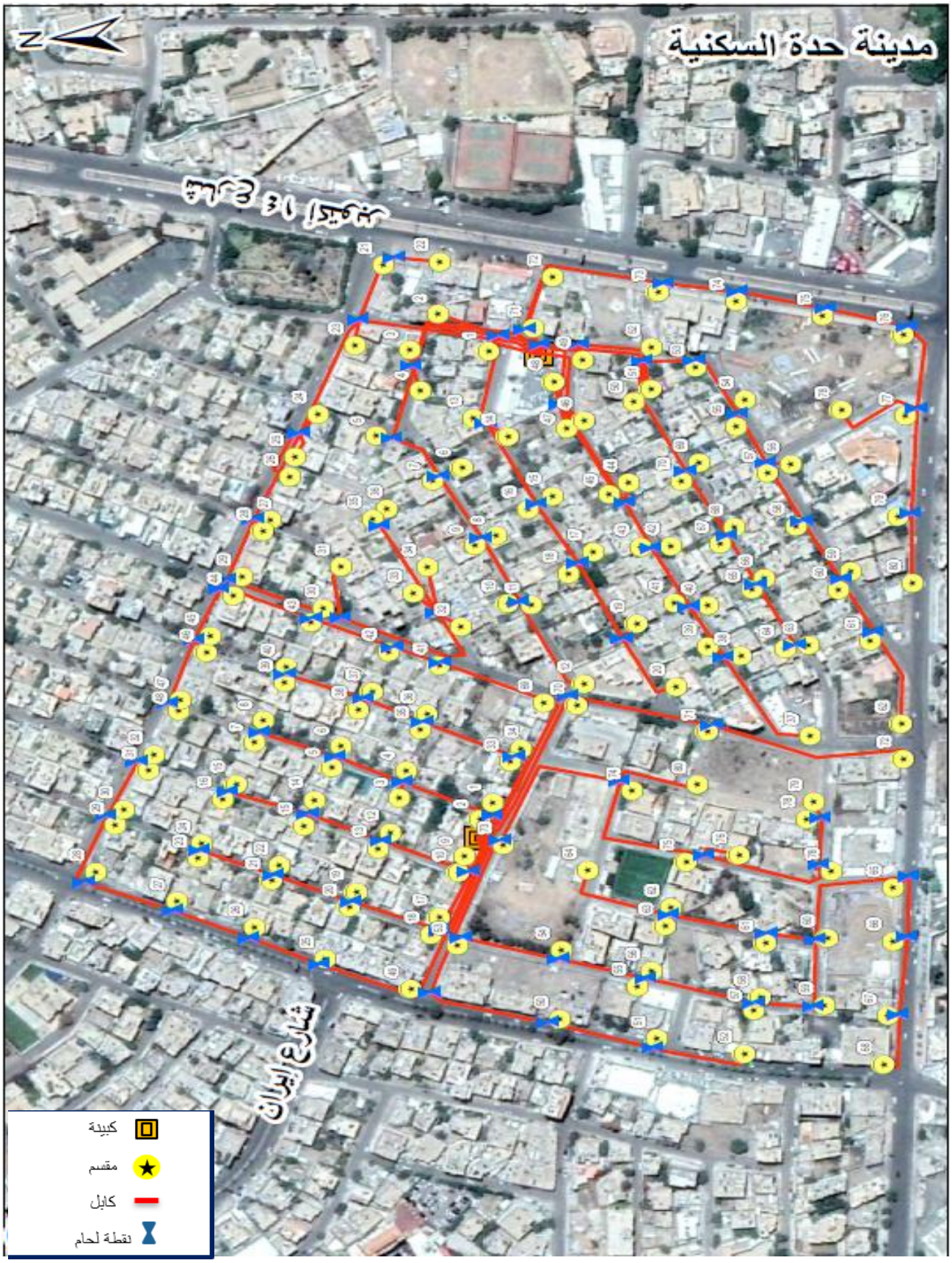
4.2.4 المخطط العام لبناء الشبكة في مدينة الصوفان السكنية



5.2.4 تابع المخطط العام لبناء الشبكة في مدينة الصوفان السكنية



6.2.4 المخطط العام لبناء الشبكة في مدينة حدة السكنية



3.4 الدراسة الاقتصادية للمشروع

بما أنه سيتم تقسيم مساحة العمل الى مناطق متعددة بحسب المساحة الجغرافية التي يمكن للكبينة Cabinate الواحدة أن تغطيها فقد تم دراسة تكاليف بناء الشبكة بالشكل نفسه لكل منطقة على حدة من حيث عدد المقسمات والكابلات المستخدمة بسعاتها المختلفة شاملة أسعارها في الوقت الحالي.

جدول (4-1): أسعار متطلبات بناء الشبكة

	اسم المنتج	السعر بالدولار
1	الكبينة Cabinate	$ 1980
2	كابل ذو سعة 96 خط	$ 5400/Km
3	كابل ذو سعة 64 خط	$3400/Km
4	كابل ذو سعة 48 خط	$ 2300/Km
5	كابل ذو سعة36خط	$1650/Km
6	كابل ذو سعة 24 خط	$ 1100/Km
7	كابل ذو سعة 12 خط	$ 720/Km
8	كابل ذو سعة 6 خطوط	$ 280/Km
9	Splitter 1*32	$ 22.5
10	مقسم ذو سعة 6 نقاط	$ 20/Km
11	ONT device	$48
12	شريط (24) cassette	$1
	Indoor fiber distribution box	$2
13	Distribution Box(موفا)	$32

*** ملحوظة:**

سعر الكبينة لا يشمل سعر الـ splitters التي تحتويها.

1.3.4 تكاليف بناء الشبكة لجزء من منطقة حي بغداد

جدول (4-2): تكاليف بناء الشبكة لجزء من منطقة حي بغداد

المنتج المطلوب	العدد المطلوب	سعر المنتج الواحد بالدولار	اجمالي السعر بالدولار
Cabinate	1	$ 1980	$1980
كابل ذو سعة 96 خط	1كم	$ 5400/km	$5400
كابل ذو سعة 64 خط	52م	$3400 /km	$167.8
كابل ذو سعة 48 خط	275م	$ 2300/km	$632.5
كابل ذو سعة 36 خط	315م	$1650 /km	$519.75
كابل ذو سعة 24 خط	500م	$ 1100/km	$550
كابل ذو سعة 12 خط	605م	$ 720/km	$435.6
Distribution Box	35	$ 30	$1050
Splitter 1*32	15	$ 22.5	$337.5
كابل ذو سعة 6 خطوط	3850م	$ 280/km	$1078
مقسم ذو سعة 6 نقاط	74	$ 20	$1480
ONT device	74	$ 48	$3552
Indoor fiber distribution box	444	$ 2	$888
التكلفة الاجمالية = $18,071.15			

3.3.4 تكاليف بناء الشبكة لمدينة سعوان السكنية

جدول (4-3): تكاليف بناء الشبكة لمدينة سعوان

المنتج المطلوب	العدد المطلوب	سعر المنتج الواحد بالدولار	اجمالي السعر بالدولار
Cabinate	1	$ 1980	$ 1980
كابل ذو سعة 96 خط	650م	$ 5400/km	$ 3510
كابل ذو سعة 64 خط	23م	$3400 /km	$ 78.2
كابل ذو سعة 48 خط	125م	$ 2300/km	$ 287.5
كابل ذو سعة 36 خط	290م	$1650 /km	$ 478.5
كابل ذو سعة 24 خط	260م	$ 1100/km	$ 286
كابل ذو سعة 12 خط	170م	$ 720/km	$ 0.72
Distribution Box	29	$ 30	$ 870
Splitter 1*32	15	$ 22.5	$ 337.5
كابل ذو سعة 6 خطوط	2000م	$ 280/km	$ 560
مقسم ذو سعة 6 نقاط	67	$ 20	$ 1340
ONT device	402	$ 48	$ 19,296
Indoor fiber distribution box	402	$ 2	$ 804
التكلفة الاجمالية= $ 29,819.42			

4.3.4 تكاليف بناء الشبكة لمدينة الصوفان السكنية

جدول (4-4): تكاليف بناء الشبكة لمدينة الصوفان السكنية

المنتج المطلوب	العدد المطلوب	سعر المنتج الواحد بالدولار	اجمالي السعر بالدولار
Cabinate	4	$ 1980	$7920
كابل ذو سعة 96 خط	2300م	$ 5400/km	$12420
كابل ذو سعة 64 خط	550م	$3400 /km	$1870
كابل ذو سعة 48 خط	800م	$ 2300/km	$1840
كابل ذو سعة 36 خط	570م	$1650 /km	$940.5
كابل ذو سعة 24 خط	600م	$ 1100/km	$660
كابل ذو سعة 12 خط	310م	$ 720/km	$223.2
Distribution Box	418	$ 30	$12450
Splitter 1*32	60	$ 22.5	$1350
كابل ذو سعة 6 خطوط	8000م	$ 280/km	$2240
مقسم ذو سعة 6 نقاط	273	$ 20	$5460
ONT device	273	$ 48	$13104
Indoor fiber distribution box	1638	$ 2	$3267
التكلفة الاجمالية = $ 63,744.2			

5.3.4 تكاليف بناء الشبكة لمدينة حدة السكنية

جدول (4-5): تكاليف بناء الشبكة لمدينة حدة السكنية

المنتج المطلوب	العدد المطلوب	سعر المنتج الواحد بالدولار	اجمالي السعر بالدولار
Cabinate	2	$ 1980	$ 3960
كابل ذو سعة 96 خط	590م	$ 5400/km	$ 3186
كابل ذو سعة 64 خط	250م	$3400 /km	$ 850
كابل ذو سعة 48 خط	1850م	$ 2300/km	$ 4255
كابل ذو سعة 36 خط	1125م	$1650 /km	$ 1856.25
كابل ذو سعة 24 خط	1250م	$ 1100/km	$ 1375
كابل ذو سعة 12 خط	870م	$ 720/km	$ 626.4
Distribution Box	92	$ 30	$ 2760
Splitter 1*32	30	$ 22.5	$ 675
كابل ذو سعة 6 خطوط	3000م	$ 280/km	$ 840
مقسم ذو سعة 6 نقاط	160	$ 20	$ 3200
ONT device	160	$ 48	$ 7680
Indoor fiber distribution box	960	$ 2	$ 1920
التكلفة الاجمالية = $ 33,183.65			

4.4 نموذج بسيط لاختبار أداء شبكة ال FTTH

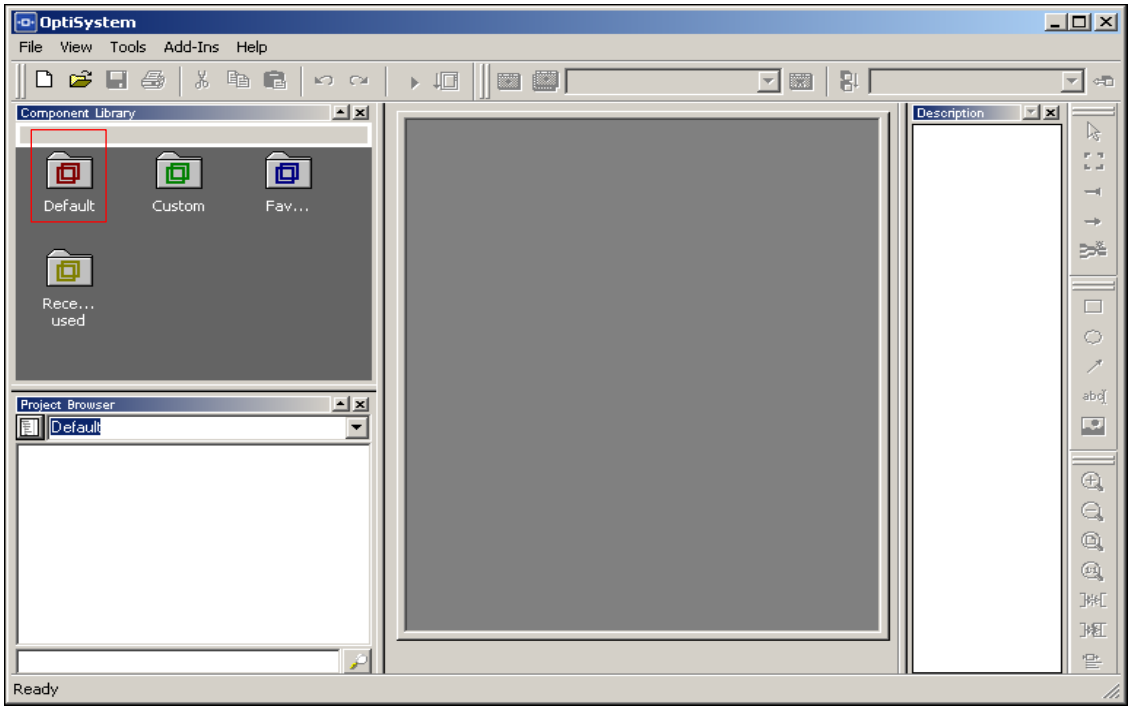
في هذه الفقرة سيتم إجراء نموذج اختبار لأداء شبكة الالياف الضوئية في المسار الذي تم الربط منه لجامعة المستقبل باستخدام برنامج Optisystem وذلك من حيث:

1. مقدار التوهين الحاصل لقدرة الاشارة المرسلة مع مسافة الارسال.
2. نسبة خطأ البتات BER
3. التشتت Dispersion

1.4.4 نظرة عامة عن برنامج Optisystem

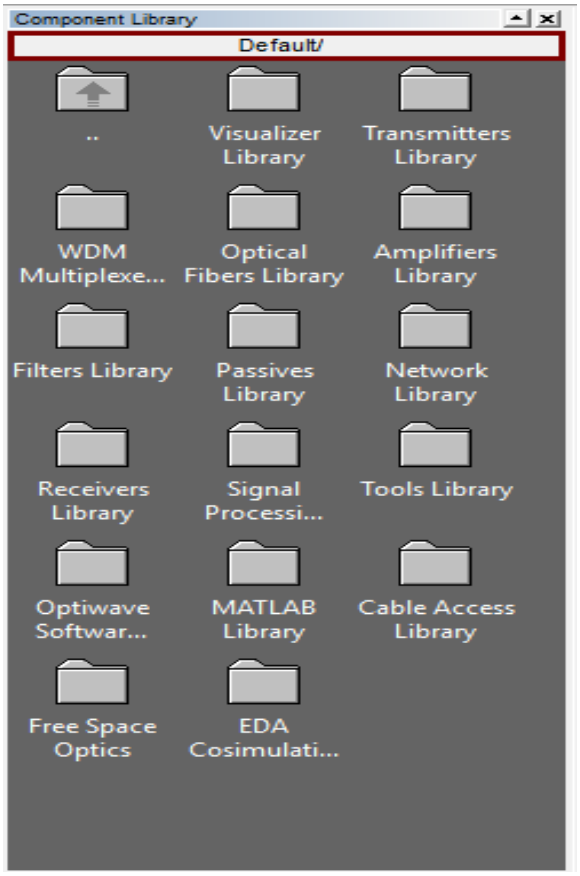
يعد برنامج Optisystemأحد البرامج المجانية والمتخصصة في فحص واختبار شبكة اتصالات الالياف الضوئية، حيث يوفر هذا البرنامج أكثر – إن لم تكن جميع – متطلبات بناء شبكة الالياف الضوئية.

2.3.2.4 واجهة البرنامج



شكل (4-12): واجهة برنامج الOptisystem

يتم الدخول من على النافذة component libraryفي الاعلى وبالضغط على أيقونة default للوصول الى كل المكونات والادوات اللازمة لتنفيذ شبكة الالياف الضوئية وكما هي موضحة في الشكل أدنى.

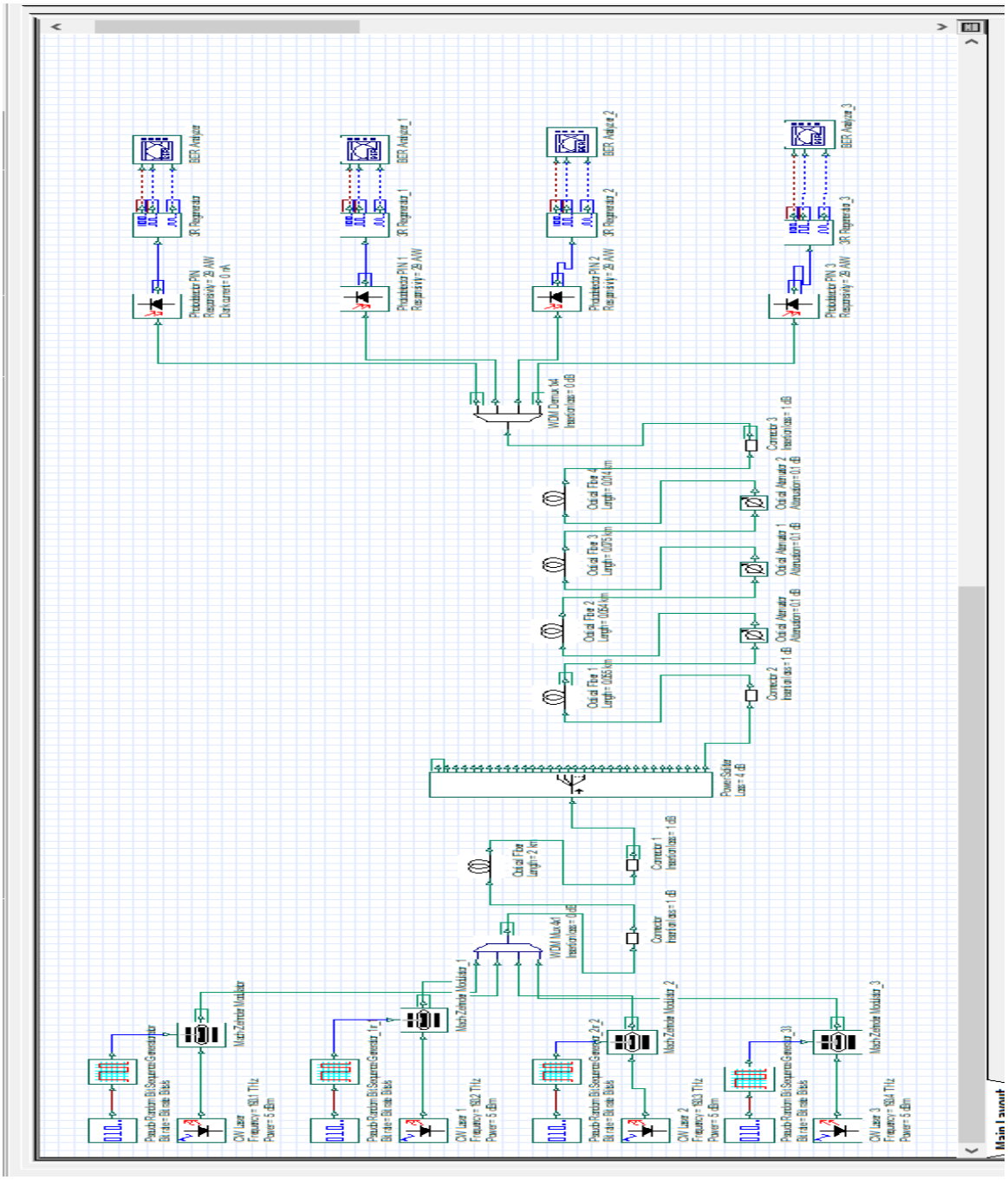


شكل (4-13): مكتبة أدوات ومكونات برنامج ال Optisystem

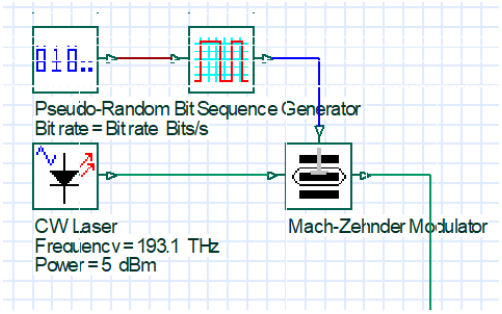
وكل مكتبة من المكاتب الظاهرة في الشكل السابق تضم مجموعة من الادوات والمكونات وهي واضحة من الاسم التي تحمله كل مكتبة.

2.4.4 تصميم الشبكة

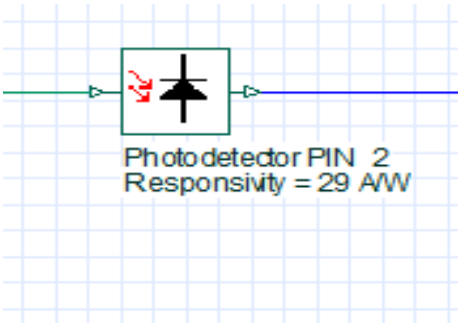
سيتم في هذا الجزء عمل محاكاة لشبكة الياف ضوئية تغذي جامعة المستقبل من أقرب كبينة لها والتي تتغذى بدورها من سنترال الاوقاف والذي يبعد عن هذه الكبينة بحوالي 2Km تقريبا، حيث وأن الجامعة تبعد عن الكبينة بحوالي 123m، بالإضافة الى استخدام تقنية الـDWDM .



شكل (4-14): تصميم شبكة الالياف الضوئية لجامعة المستقبل



شكل (4-15): جزء الارسال والتعديل



شكل (4-16): دايود الاستقبال

أولا: الربط من السنترال الى الكبينة

تُستخدم تقنية الـDWDM للحصول على أكبر كم من القنوات كما ذكرنا في الفصل الثاني حيث يكن الطول الموجي الفاصل بين كل قناة وأخرى صغير جدا وقد يصل إلى 0.8nm، حيث أن المسافة بين السنترال والكبينة هي 2Km تقريبا، وعدد الوصلات المستخدمة على طول الخط هي 3 وصلات بمعدل فقد 1dB لكل وصلة، مع العلم أن الكابل الضوئي المستخدم هو من النوع أحادي النمط SM حيث أن معدل الفقد فيه لا يتجاوز 0.2dB/Km.

تُستخدم الموزعات من النوع 32*1-بمعدل فقد حوالي 20dB- داخل الكبينة بحيث يمكن لهذه الكبينة أن تغطي حي بغداد وبسعة 480 خط الى 480 شقة بفرض أن كل بناية تستوعب 6 خطوط لست شقق كلا منها مستقلة بشبكتها عن الأخرى.

وكون الإشارة الضوئية الناتجة عن المصدر الضوئي صغيرة جدا تقدر بالملي وات (5dBm) فهي بحاجة لـ Optical Amplifier لكي تصل الى المستقبل بقيمة أكبر من حساسيته والتي تقدر بـ 29dBm- كقيمة قصوى، وكذلك لتفادي نسبة الفقد العالية في الاشارة والناتجة عن الموزع 32*1.

ثانيا: الربط من الكبينة الى الجامعة

يوجد 3 نقاط لحام على الخط الذي يربط الجامعة بالكبينة بطول 123متر، مع العلم أن نسبة الفقد في كل نقطة تلحيم يجب ألا تتجاوز 0.1dB، بالإضافة الى وجود وصلتين على طول هذا الخط.

- احتساب الفقد الكلي الناتج عن هذا المسار بدءا من السنترال ووصولا الى الجامعة:

الفقد الكلي = الفقد الناتج عن طول الكابل الرئيسي من السنترال الى الكبينة + الفقد الناتج عن طول الكابل من الكبينة الى الجامعة + فقد الوصلات + فقد التلحيم + فقد الموزع +الفقد الاضافي للموزع.

فقد الكابل =الفقد لكل كيلو متر * طول الكابل.

فقد الوصلات =الفقد لوصلة الواحدة * عدد الوصلات.

فقد التلحيم =الفقد لنقطة التلحيم الواحدة * عدد نقاط اللحام.

فقد الموزع 1*32= (Number of output ports) 10*log = 15.05dB .

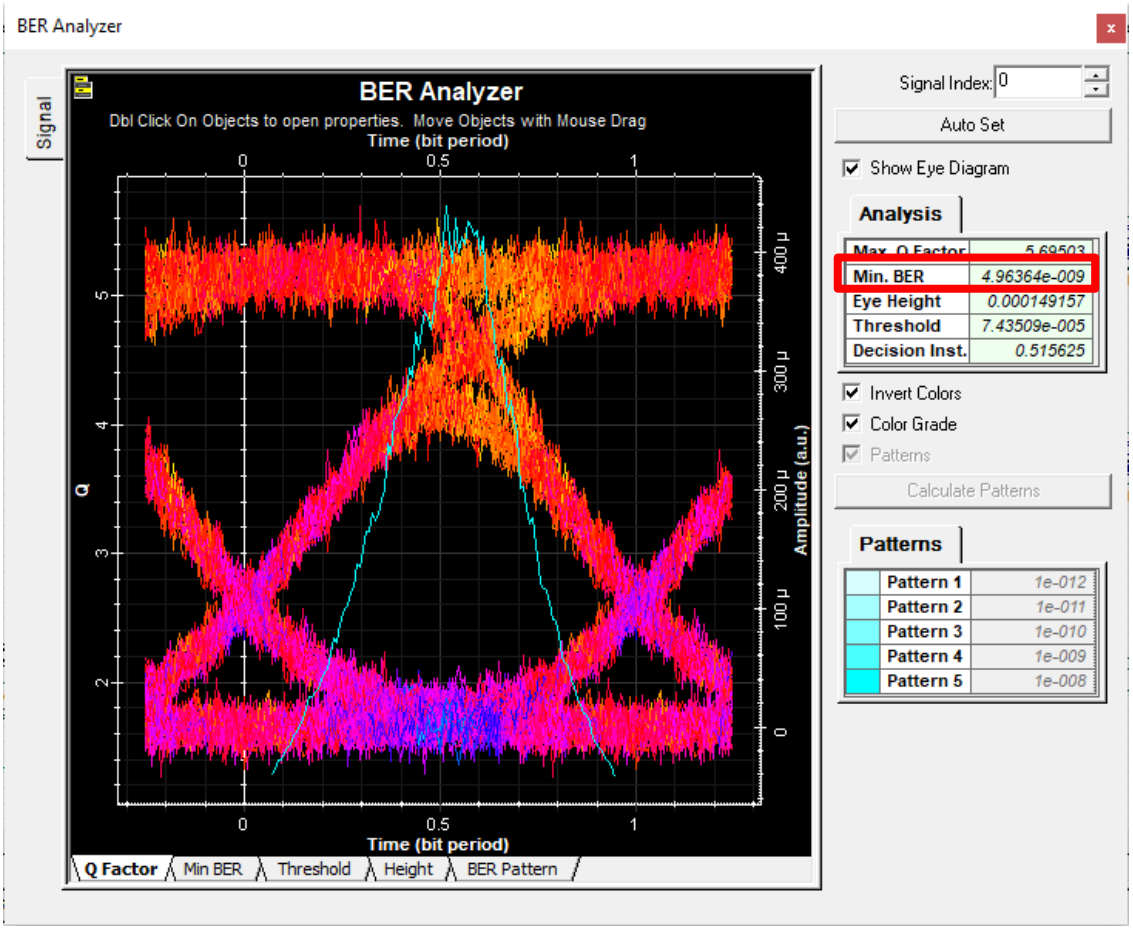
الفقد الداخلي للموزع 1*32=4dB.

جدول (4-6): متطلبات بناء خط شبكة الاتصالات الضوئية لجامعة المستقبل

	العدد المطلوب	الفقد للجزء الواحد
الكابلات	2.123Km	0.2dB/Km
الوصلات	4	1dB
التلحيم	3	0.3dB

- **نسبة خطأ البتات والتشتت:**

يوضح الشكل التالي كلا من خطأ البتات والتشتت، حيث أن خطأ البتات ممثلة بقيمة عددية صغيرة جدا كما في الشكل أدني، أما التشتت فهو متمثل بكون شكل العين في الشكل التالي مقبولا



شكل (4-17): التشتت وخطأ البتات

1.5 مقدمة

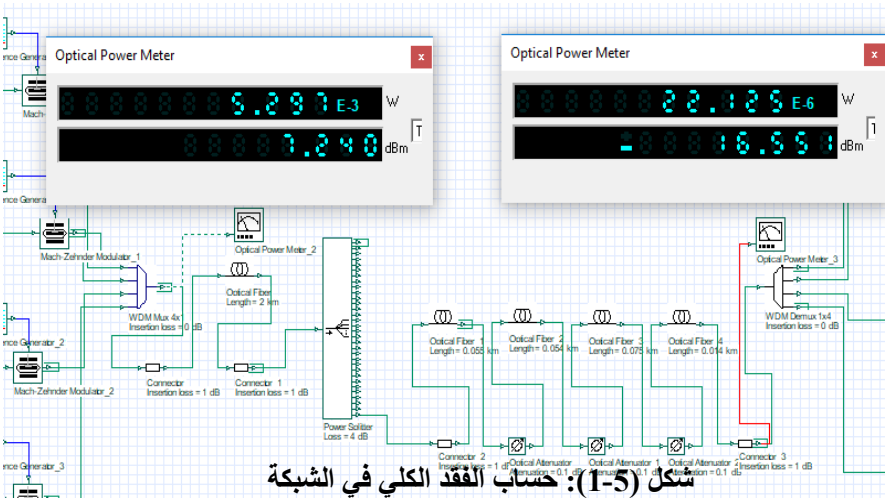
يحتوي هذا الفصل على نتائج أداء شبكة الالياف الضوئية لجامعة المستقبل والتي سبق دراستها في الفصل الرابع كنموذج لشبكة الالياف الضوئية واعتمادا على مخطط الشبكة في منطقة حي بغداد كما هو موضح في الشكل () والذي تم عرضه في الفصل الرابع.

2.5 النتائج

بناءً على مخطط الشبكة في منطقة حي بغداد الموضحة بالصورة في صفحة 49 من هذا المشروع، بالإضافة الى الجدول (4-6) في الفصل الرابع والذي يوضح متطلبات بناء شبكة الالياف الضوئية الخاصة بالجامعة؛ فقد أُجريت الحسابات التالية:

- الفقد الناتج عن طول الكابل من السنترال الى الكبينة = 0.2dB/km * 2Km =0.4dB
- الفقد الناتج عن طول الكابل من الكبينة الى الجامعة = 0.2dB/k *0.123km =0.0246dB.
- فقد الوصلات =4dB
- فقد التلحيم =0.3dB
- الفقد الكلي للموزع=19.05dB
- الفقد الكلي في الكابلات = 0.646dB

الفقد الكلي = 0.4dB + 2Km * 0.2dB/km + 0.3dB + 4dB +15.05dB + 0.0246dB = 23.77dB.



شكل (5-1): حساب الفقد الكلي في الشبكة

3.5 المعوقات

لعل أهم المعوقات التي تواجه مشروع الـ FTTH: -

1- العشوائية في البناء العُمراني.
2- التكلفة الابتدائية اللازمة لبناء المشروع وخصوصا على ذوي الدخل البسيط.
3- تمثلت مشكلة عدم الحصول على المعلومات المتعلقة بالتعداد السكاني للأمانة العاصمة أهم المعوقات التي واجهتنا - بشكل خاص - في هذا المشروع.

4.5 التوصيات

لقد تم عمل المخططات والجداول - التالي ذكرها – وفقا للإستراتيجيات التي تعتمدها المؤسسة العامة للاتصالات والتي اعتمدها فريق العمل في هذا المشروع والتي عُرضت في الفصل الرابع، بيد أنها افتقرت لبعض البيانات المهمة والتي ينبغي معرفتها قبل الشروع بالعمل، ولكن الصعوبة التي واجهت الفريق في الحصول على تلك البيانات جعلت الفريق يعتمد بيانات افتراضية ليبدأ العمل في اتمام المشروع وطرح تلك الصعوبات ضمن التوصيات التالية:

- رسالة منا – نحن - فريق العمل في هذا المشروع لمن يرغب مستقبلا في دراسة مشروع الـFTTH هي أن يتم المسح ميدانيا متضمنا معرفة عدد السكان وطالبي الخدمة في هذه المنطقة عند دراسة وقبل تنفيذ المشروع فيها.
- رسالة أخرى لأصحاب المباني أن يأخذوا بعين الاعتبار أثناء عملية البناء عمل تجهيزات شبكة الالياف الضوئية من حيث:

1- وضع حفرة بعمق 50cm وطول60cm على مكان مناسب في السور باتجاه الشارع تكن كنقطة لدخول الكابل الى المبنى.
2- وضع أنبوب بلاستيكي من بداية الحفرة وعلى ارتفاع المبنى بقطر لا يقل عن 50mm وزاوية انثناء منفرجة كي لا يُكسر قلب الليف الضوئي.

Reference

1- المراجع الإنجليزية: -

- Sam Ahmed. (2014). Designing FTTH Using GPON. Sana'a University 2013/2014.
- Juan Salvador Asensi Pla. (2011). Design of Passive Optical Network. Brno University of Technology.
- Sulaiman Saber El Faleet. (2015) Fiber to The Home (FTTH) Networks Based on OCDM Technique. The Islamic University – Gaza.
- Fiber to the home council Europe 2016.
- WILPEN L. GORR, GIS Tutorial 1 Basic Workbook.

2- المراجع العربية: -

- خطوط النقل والالياف الضوئية. المملكة العربية السعودية.
- م. صالح عميران، م. عادل عبده مجاهد. .FTTH المعهد العام للاتصالات .صنعاء.

3- المواقع الالكترونية: -

- mcldatasolutions.co.uk
- www.alibaba.com

4- المجلات العلمية: -

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة العلوم الهندسية. المجلد (37) العدد (2) .2015