الألياف البصرية للمساكن Fiber to the Home

إن آخر ما انتهى إليه العلم في مجال الاتصالات البصرية هو ما يدعى إيصاله إلى آخر الحلقة المحلية Local Loop وهي الربط بين المقسم المركزي والمشتركين سواء أكانوا في المساكن أم الشركات.

فقد بدأت شركات خدمات الاتصالات منذ أكثر من (10) سنوات باستبدال كيبلاتها النحاسية بأخرى من الألياف البصرية في الحلقة المحلية، وتعد هذه خطوة مهمة لتخطي العقبات التي واجهت تقديم الخدمات الهاتفية الجديدة خلال السنوات السابقة.

ومن خلال هذا التغير يتاح لشركات الهاتف تقديم خدمات جديدة تستخدم سعات واسعة من عرض النطاق من هذه الخدمات خدمة الكيبل التلفزيوني.

لكن شركات الهاتف عَدَّت إجراء التمديدات بالألياف البصرية للمساكن مباشرةً، وبطريقة تمديد الكيبلات النحاسية نفسها مسألة مكلفة لم يحن أوانها بعد؛ لذا استخدمت بدلاً منها خيارات أخرى هي:

1- إيصال الألياف البصرية قرب المساكن Fiber to the Curb FTTC وتتضمن إيصال الألياف البصرية إلى مكان قرب المساكن حيث توصل إلى كابينة صغيرة تُحول فيها الإشارة البصرية إلى كهربائية،

obeikandl.com

ثم تمدد منها الكيبلات النحاسية إلى المساكن، والهدف من ذلك هو جعل المشتركين يتشاركون في تكلفة المكونات الخاصة بالشبكة البصرية من مرسلة ليزر وكاشف وغير ذلك من المكونات الإلكترونية؛ بالإضافة إلى استخدام الكيبلات النحاسية مسافة لا تزيد على بضعة مئات من الأمتار.

الشبكة البصرية غير الفاعلة Passive Optical Network (PON)

الشبكة البصرية غير الفاعلة هي شبكة اتصال مصممة لتوفير سعة النطاق الكبيرة للألياف البصرية بتكلفة منافسة للشبكة المعتمدة على الكيبلات النحاسية.

الميزة الأساسية لتقنية PON مقارنة بتقنية الشبكات البصرية الفاعلة أنه ليس هناك أجهزة إلكترونية فاعلة تُركب في الشبكة الخارجية بين المقسم المركزي والمشترك، وبذلك تنتفي الحاجة إلى وجود الطاقة في الشبكة الخارجية.

واكتسبت هذه التقنية دعماً قوياً نتيجة لارتفاع أسعار النحاس عالمياً الأمر الذي أدى إلى زيادة أسعار الكيبلات المصنوعة من النحاس، وانخفاض تكلفة تصنيع الألياف البصرية نتيجة الاستخدام المتزايد لها.

بصورة عامة توفر شبكات PON اقتصاداً في التكاليف مقارنة بالشبكات التي تتضمن مقسمات وسطية فمن خلال تقنية PON يمكن لشركات الهاتف تمديد شبكة ألياف بصرية إلى أقرب نقطة

obeikandl.com

للمشترك وعندها تُوزع الإشارة عبر موزع بصري يعتمد توزيع الإشارة بصرياً وبلا عملية تحويل الإشارة البصرية إلى كهربائية إلى ما يتراوح بين 32 أو 64 وأخيراً 128 مسكناً.

المبدأ الأساس للشبكات البصرية غير الفاعلة هو أن تشترك وحدات بصرية طرفية كثيرة Optical Network Terminals بوحدة بصرية رئيسة في المقسم المركزي.

ويتيح هذا الحل السرعة العالية التي تقدمها الألياف البصرية في مناطق ليس من الاقتصادي خدمتها من خلال ربط بين نقطة وأخرى بالألياف البصرية.

العناصر الرئيسة للشبكة البصرية غير الفاعلة

1- **الموزع البصري** Optical Splitter

يعد أحد العناصر الأساسية في تصميم الشبكات البصرية غير الفاعلة وهو عبارة عن أداة ذات مدخل واحد ومخارج عديدة (2، 4، 8، 16، 32، 64، 128) ويزداد الفقد في الإشارة البصرية بزيادة عدد المخارج بطريقة مشابهة لموزع الإشارة الكهربائية.

ومن الأمور المفيدة في الموزع البصري، أنه أداة ثنائية الاتجاه لا يعمل فقط على توزيع الإشارة البصرية، بل على تجميعها أيضاً، لذلك يُشار إليه أحياناً باسم موزع / مجمع بصري Optical Splitter/Coupler كما أنه لا يحتاج إلى طاقة كهربائية وهو ما يخفض تكلفة التركيب والتشغيل معاً.

obeikandl.com

2- استخدام كيبل بصري واحد

جميع المعايير العالمية المستخدمة في تقنية الشبكات البصرية غير الفاعلة تستخدم الكبيل البصري نفسه في مساريّ الاتصال من المقسم إلى المشترك ومن المشترك إلى المقسم المركزي كما يستخدم طول موجي مختلف بين المسار من المقسم المركزي إلى المشترك عن الطول الموجي المستخدم في الربط بين المشترك إلى المقسم المركزي.

ويتم استقبال الإشارات وإرسالها من الكيبل البصري باستخدام مجمع بالتقسيم بالطول الموجي Wave Division Multiplexer في طرفي الشبكة في المقسم المركزي والمشترك.

ولتحقيق ذلك يتم استخدام المجمع الثنائي البصري Optical Diplexer وهي أداة صممت خصيصاً للشبكة البصرية غير الفاعلة تجمع بين مرسلة بصرية بالليزر وثنائي حساس لاستقبال الضوء ومرشحة تجميع بالطول الموجي في قطعة إلكترونية واحدة.

ففي المقسم هناك مرسلة ليزر بطول موجي 1490 نانومتر ومستقبلة بصرية بطول موجي 1310 نانومتر وفي جانب المشترك هناك مرسلة ليزر بطول موجي 1310 نانومتر ومستقبلة بصرية بطول موجي 1490 نانومتر.

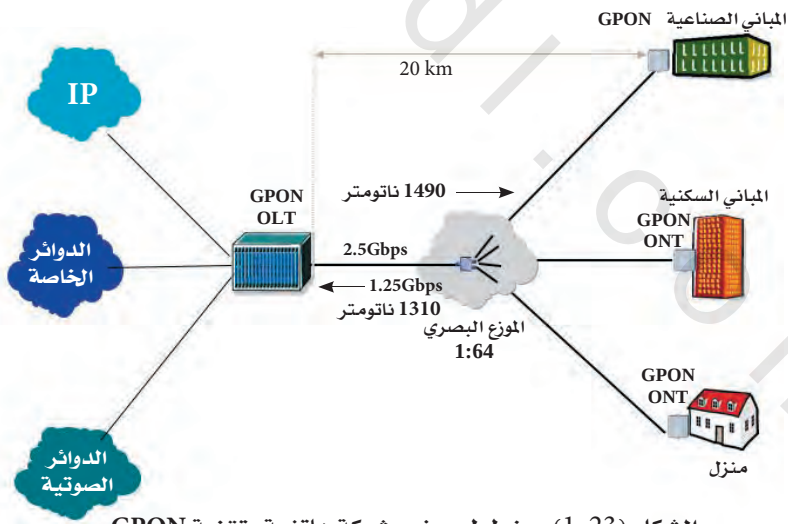
والإشارات بالطول الموجي 1490 و1310 نانومتر تُرسل باستخدام النطاق القاعدي Base Band أو إشارات الفتح – الغلق ON-OFF

obeikandl.com

وهنا الرقم (1) يكون عندما يكون الليزر في حالة إرسال والرقم (صفر) عندما يكون الليزر في حالة إطفاء.

كما يوجد كذلك طول موجي ثالث في الشبكات البصرية غير الفاعلة هو 1550 نانومتر وهو مستخدم -أساساً- في شبكات الكيبل التلفزيوني ويستخدم في إرسال قنوات تلفزيونية مضمنة Modulated.

وخلافاً للطول الموجي 1310 و1490 نانومتر فإن الطول الموجي 1550 نانومتر إشارة تناظرية وليست إشارة رقمية واضحة كما في الطولين الموجيين السابقين بالرغم من أن القنوات التلفزيونية التي يتم بثها بهذا الطول الموجي من الممكن أن تكون رقمية أو تناظرية، وعادةً ما تستخدم مضخمات إشارة ذات طاقة أعلى في هذا الطول الموجي لهذا السبب.



الشكل (1-23) مخطط يوضح شبكة هاتفية بتقنية GPON

3- الأجهزة المركزية والطرفية

في هذه التقنيات تُركب وحدة طرفية عند المساكن أو الشركة تدعى الوحدة الطرفية للشبكة البصرية ONT أو وحدة الشبكة البصرية ONU وتكون النهاية الأخرى للشبكة البصرية في المقسم المركزي وتدعى بالوحدة البصرية النهائية OLT.

وعادة ما تُربط وحدة ONT في المساكن بعدة أنواع من كيبلات الاتصالات حسب نوع الخدمة، حيث يتم استخدام كيبل محوري لنقل إشارات التلفزيون وكيبل من سلكين للهاتف وكيبل من أربعة أزواج من الأسلاك المجدولة الخاصة بالشبكات من نوع Cat-5 أو Cat-6 لخدمات الشبكات.

تطور التقنية

APON : وهي أول معايير الشبكة البصرية غير الفاعلة وتستخدم تقنية الاتصال (Asynchronous Transfer Mode) ATM ووضعت معاييره لجنة مكونة من (13) شركة من شركات الخدمات وصناعة الاتصالات تدعى FSAN تأسست عام 1995م.

وأكملت اللجنة وضع معاييرها التي أطلقت عليها اسم ITU-T G.983.1 واستخدمت سرعة بيانات 155 ميجابت/ ثانية باثنتين من الأطوال الموجية هما 1490 نانومتر من الشبكة إلى المشترك و 1310 نانومتر من المشترك إلى الشبكة مسافة تصل إلى 20 كيلومتراً.

obeikandl.com

وبعد مدة قصيرة من وضع معايير APON أبدى عدد من الجهات المشاركة في وضع المعيار مخاوفهم في أن يقتصر استخدام الألياف البصرية على خدمات تعمل بتقنية ATM وقد نتج عن ذلك أن تقترح لجنة FSAN تعديل المعيار ليطلق عليه اسم Broadband PON (BPON) تضمن ذلك التحول من خدمة نقل بصرية SDH بسرعة 155 ميغابت/ ثانية إلى السرعة الأعلى منها وهي 622 ميغابت/ثانية في الربط بين المقسم الهاتفي المركزي إلى المشترك مع الإبقاء على سرعة 155 ميجابت ثانية لسرعة الربط بين المشترك والمقسم، وإضافة طول موجي هو 1550 نانومتر للربط باتجاه من المقسم إلى المشترك وهو مصمم لإرسال إشارات البث التلفزيوني أو الصور المتحركة Video.

الشكل (23–2) **كابينة توزيع بصرية**

تقنيات PON ومعايير الجودة

تعد تقنية ATM تقنية معروفة بجودة الخدمة Quality of Service لذلك فهي التقنية المرغوبة في شبكات الهاتف، أما تقنية Ethernet فهي التقنية السائدة في شبكات الحاسب.

ومن السائد لدى المختصين أن تقنية Ethernet غير مصممة لتوفير جودة الخدمة كما هو الحال في تقنية ATM.

لكن في السنوات الأخيرة تم تطوير الأنظمة العاملة بتقنية Ethernet لتأخذ في الحسبان توفير جودة الخدمة.

أمّا تقنية ATM فهي مصممة لتكون ملائمة لنقل القنوات الصوتية بكفاءة عالية، بينما يحتاج نقل الصوت بتقنية Ethernet إلى استخدام تقنية الصوت عبر معيار إنترنت Voice over IP وهو أسلوب غير كفء في استخدام معدل البيانات في نقل الصوت.

التطورات اللاحقة

مع كون تقنية ATM واحدة من أفضل تقنيات نقل الاتصالات بفضل الإمكانيات العالية في نقل قنوات الصوت الرقمية والبيانات إلا أنها ليست الوحيدة، فإحدى أكثر التقنيات المستخدمة في شبكات الحاسب هي تقنية Ethernet والتي تعتمد مواصفات IEEE رقم 802.3 وبذلك وضعت المواصفات 802.3ah في عام 2004م وهذه المواصفات تعرّف تقنية Ethernet PON وهذه –أيضاً– مصممة لتعمل بموزع بصري 16:1 إلى مسافة 20 كيلومتراً لكن الأجهزة العاملة

obeikandi.com

معظمها تعمل مسافة 10 كيلومترات نظراً لزيادة تكلفة الأجهزة العاملة لتحقيق مسافة 20 كيلومتراً وبسرعة 1.25 جيجا بت /ثانية في الاتجاهين من المقسم إلى المشترك وبالعكس.(يطلق كذلك على تقنية EPON اسم GePON في اليابان)

الشكل (23-3) **موزع بصري**

لكن ابتكار تقنية البث التلفزيوني HDTV والاستخدامات الواسعة للبيانات، كان حافزاً لمجموعة FSAN لابتكار معايير تقنية GPON وتوفر تقنية GPON خدمات الصوت والبيانات بتقنية ATM و SDH و TDM و Ethernet والدوائر الخاصة كما أنها توفر مدى أدنى هو 20 كيلومتراً وبحد أقصى 60 كيلومتراً وبسرعة 2.5 جيجابت /ثانية من الشبكة إلى المشترك وبسرعة 1.25 جيجابت /ثانية في الاتجاه الآخر.

ولا يتوقف تطوير تقنيات PON إلى هذا الحد بل إن هناك أنظمة أخرى في طور التطوير منها WPON (Wave Length Division multiplexing PON) والتي تستخدم (16) طولاً موجياً بدلاً من 3 أطوال موجية في GPON.

الإضافات على المعايير لاستخدامها في تقنية PON

يتم الإشارة لدى المطلعين على تقنيات PON أن تقنية EPON هي عبارة عن تقنية Ethernet وهو ما يجعل سؤالاً يتبادر إلى الذهن عن سبب الاتجاه إلى تقنية جديدة تدعى GPON.

في الحقيقة فإن تقنية EPON ليست معيار Ethernet فالبيانات بمعيار Ethernet لا يمكنها الانتقال عبر شبكة بصرية غير فاعلة قبل إجراء تعديلات عليها ولفهم ذلك يجب التعرف أولاً على طبيعة معيار Ethernet.

معيار إيثرنت هو معيار للربط من نقطة إلى عدة نقاط حيث يمكن لكل جهاز استلام الإرسال واكتشاف التصادم بين البيانات المرسلة من الأجهزة المختلفة والأكثر من ذلك، فإن الإيثرنت معروفة دائماً بكونها تقنية ربط الند للند Peer to Peer والتي يعمل فيها أي جهاز إيثرنت بصورة مستقلة فهو يتعاون مع الأجهزة الأخرى لكنه لا يأخذ توجيهاً من الأجهزة الأخرى.

بصورة أبسط فإن إيثرنت يعمل بإرسال أطر البيانات Data frames من حزم بيانات لها مقدمة Header وبيانات مفيدة Payloads وفحص جمع الإطار Frame Check Sum.

obeikandi.com

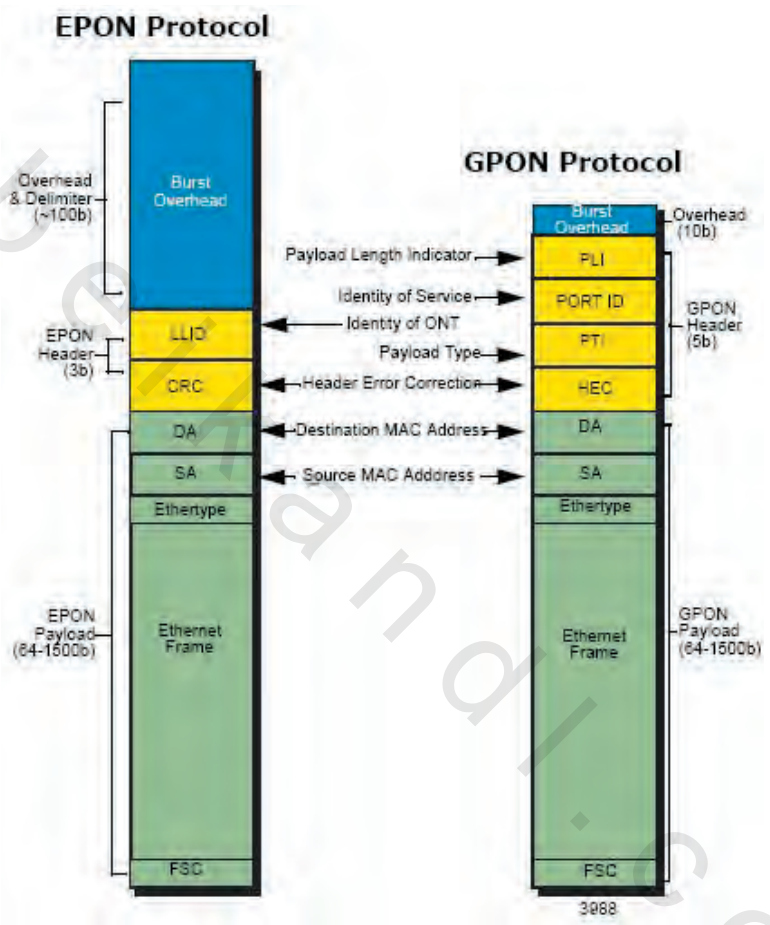
أما الشبكات البصرية غير الفاعلة فإنها تختلف عن شبكات إيثرنت؛ نظراً لكونها ذات تصميم مختلف، ففي الاتجاه من المقسم إلى المشترك فهي من نقطة مركزية إلى نقاط متعددة (مثل إيثرنت) لكنها من نقطة إلى نقطة بالنسبة للاتجاه من المشترك إلى المقسم المركزي.

هذا الاختلاف له دوره في تصميم معيار الشبكات البصرية غير الفاعلة وهذا يعني أن الوحدات الطرفية ONT تستقبل إرسالاً فقط من الوحدة الرئيسة OLT ولا يمكنها استقبال شيء من الوحدات الطرفية الأخرى.

إضافةً إلى ذلك فأن الوحدات الطرفية لا يمكنها التعرف على التصادم في أطر البيانات مع الوحدات الأخرى.

لذلك صممت معايير الشبكات البصرية بحيث تتحكم فيها الوحدات الرئيسة OLT بالوحدات الطرفية وتم ذلك من خلال تعليب أطر إيثرنت ضمن معايير الشبكة البصرية غير الفاعلة وهو ما حدث في EPON و GPON.

وللتأكيد على الاختلاف بين معيار GPON و EPON يمكن ملاحظة الشكل رقم (23-5). ويمكن تلخيص مزايا GPON على EPON في إمكانية تحقيق جودة عالية للخدمة وإمكانات أفضل لنقل الصوت.



الشكل (23-4) **مخطط يوضح تصميم إطار نقل البيانات بتقنية EPON و GPON**

أسباب التحول إلى الألياف البصرية

تمر الآن شبكات الاتصال بمرحلة المستخدم فيها بحاجة إلى المزيد من السرعة في الربط مع شبكة الإنترنت فقبل سبعة أعوام كان المودم الذي يوفر سرعة 56 كيلوبت/ثانية وسيلة ربط مقبولة.

أما الآن فإن السرعة المقبولة هي في حدود 512 كيلوبت/ثانية 1- ميغابت/ثانية وترتفع إلى مابين 1-3 ميغابت/ ثانية في دول أخرى وهي سرعة أعلى 35 مرة عما كان مقبولاً في عام 2000م.

والتوقعات تشير إلى أن السرعة المطلوبة ستكون في حدود 35-70 ميغابت / ثانية عام 2014م.

وقد يعترض عدد من المختصين على أن الخطوة نحو إيصال الألياف البصرية إلى المشترك مسألة مبالغ فيها، فخدمات DSL تفي بالمتطلبات الحالية للمشتركين.

ويمكن أن يكون هذا الاعتراض صحيحاً في دول وغير صحيح في دول أخرى، ففي اليابان يمكن للمشترك الاختيار بين خدمة DSL أو الربط بالألياف البصرية بسعر أعلى وأشارت إحصائية أخيرة أن 70% من المشتركين يطلبون خدمة الربط بالألياف البصرية ذات السعر الأعلى.

ومعظم الخدمات الحالية في اليابان بربط الألياف البصرية تعمل بتقنية EPON وتقدم خدمة بيانات بسرعة تصل إلى 55 ميغابت/ثانية

obeikandl.com

من الشبكة إلى المشترك وبسرعة 54 ميغابت /ثانية من المشترك إلى الشبكة.

أما ما تقدمه شركة NTT اليابانية لمشتركيها ضمن خدمة ADSL فهي خدمة بيانات من الشبكة إلى المشترك بسرعة 7 ميغابت/ثانية وبسرعة 0.7 ميغابت/ثانية من المشترك إلى الشبكة.

انخفاض التكلفة

أي عملية لحام للألياف البصرية هي عملية مكلفة، وبالرغم من زيادة الخبرة في التعامل مع الألياف البصرية إلا أنها لا تزال تحتاج إلى خبرة متخصصة، وبالرغم من انخفاض تكلفة أجهزة لحام الألياف البصرية إلى أن الأجهزة المتخصصة لا تزال تكلف ما لا يقل عن 5000 دولار للجهاز الواحد.

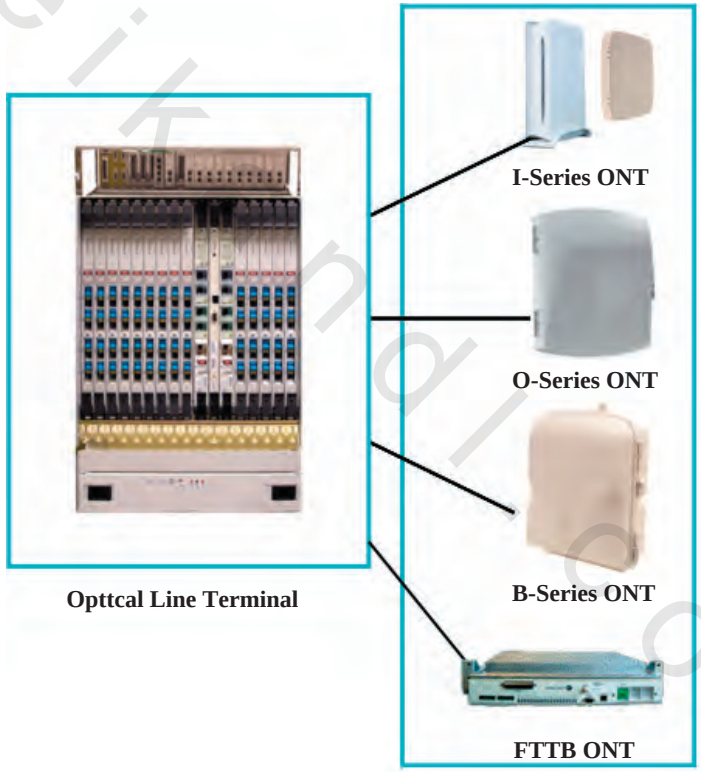
وهيئة FTTH الأوروبية تضع تكاليف إيصال مشترك جديد بخدمة FTTH من ضمنها المعدات والأعمال المدنية والتركيب بما يتراوح بين 1000-1250 دولار وهذا أقل من 40% مما كان عليه قبل (5) أعوام.

المعوقات

ربما يقول أحد المخالفين لهذا التوجه: إن تكلفة الشبكة البصرية عالية، كما أنها لا تضمن أن يطلب المشتركون خدمات عالية السرعة مما يجعل شركة خدمات الاتصالات تستثمر استثمارات عالية التكلفة وبلا عائد مجْزٍ.

إلا أن تكاليف تقديم خدمات البيانات تنخفض بصورة مستمرة كما أن الاتجاهات التقنية تتجه نحو مزيد من الاندماج بين أجهزة الحاسب والتلفزيون والمزيد من استخدامات الهاتف المرئي.

ويتجه العديد من شركات الاتصالات إلى استخدام تقنية الشبكة البصرية إلى العقدة Fiber To The Node وهي مرحلة وسطية



الشكل (23-5) **صورة توضح وحدة مركزية ووحدات طرفية بسعات مختلفة بتقنية GPON**

تُوصل فيها الألياف البصرية إلى نقطة قريبة من المشتركين على أن تبقى الشبكة النحاسية مئات الأمتار الأخيرة إلى المشترك من أجل تقليل الوحدات الطرفية، وعدم الحاجة إلى تركيب وحدات طرفية بصرية لمشتركين لا يرغبون في الحصول على خدمات بيانات سريعة وتدعم هذه الشركات توجهها هذا ببيانات التكلفة التي تقل عن تكلفة تقنية الشبكة البصرية غير الفاعلة للمشتركين.

انتشار تقنية الشبكات البصرية غير الفاعلة

تعد اليابان أكثر دول العالم استخداماً لتقنية الشبكات البصرية غير الفاعلة حيث بلغت الوحدات السكنية المزودة بهذه الخدمة في بداية عام 2007 م أكثر من 6 ملايين وحدة سكنية من أصل (10) ملايين مسكن مزود بهذه الخدمة في العالم تمثل تقنية EPON النسبة الكبيرة منها.

بينما تمثل شركة Verizon الأمريكية شركة خدمات الاتصالات الأولى في استخدام هذه التقنية في الولايات المتحدة الأمريكية، بينما تبنت معظم شركات الهاتف الأمريكية الأخرى تقنية FTTN ويصل عدد المساكن المزودة بهذه الخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية إلى أكثر من مليون مسكن.

ومعظم العدد الباقي البالغ 3 ملايين مسكن تقع في شرق آسيا بينما لا يصل عدد المستفيدين من هذه الخدمة في أوروبا إلا بضعة مئات الآلاف نظراً لتبني معظم شركات خدمات الاتصالات الأوروبية لتقنية FTTN.

obeikandl.com

وفي آخر المعلومات عن خدمة FTTH في منتصف عام 2008 م بلغ عدد المساكن المزودة بهذه الخدمة (32) مليون مسكن منها 27 مليون في آسيا أما الصدارة في هذا المجال فتأتي في اليابان وكوريا وتايوان بينما بلغ عدد المساكن المزودة بهذه الخدمة حوالي 3 ملايين في أمريكا الشمالية و1.4 مليون مسكن في أوروبا بينما يتوزع الباقي على أرجاء العالم.

وتعد الكويت الدولة العربية الأولى في استخدام هذه التقنية حيث وقعت وزارة المواصلات في الكويت عقوداً لإنشاء شبكات عاملة بتقنية GPON شملت (35) منطقة مختلفة من ضمنها العاصمة.

وتعد شركة ألكاتيل لوسنت من أوائل الشركات التي تطرح إلى السوق العالمية أنظمة GPON وحدث ذلك في منتصف عام 2005م بينما تعد شركة هيتاشي اليابانية أكبر مورد لأجهزة EPON في اليابان.

obeikandl.com