تقنية خط المشترك الرقمي

Digital Subscriber Line

إن الخواص الفيزيائية للنحاس تجعل من عملية نقله لإشارات ذات سرعة عالية أو بتردد عال أمراً صعباً لكن الحاجة أم الاختراع.

ومنذ السبعينيات وحتى نهاية الثمانينيات كانت شركات الهاتف تواجه وضعاً يتمثل في وجود عدد هائل من أسلاك الهاتف النحاسية وتقنية جديدة في ذلك الوقت هي الاتصالات بالألياف البصرية ذات إمكانيات محدودة للتفرع والتشعب علاوة على تكلفتها العالية.

وفي نهاية الثمانينيات ابتكرت شركة بلكور (إحدى شركات بيل الأمريكية سابقاً ويطلق عليها أسم تيلكورديا حالياً) أسلوباً جديداً أطلقت عليه اسم HDSL يتضمن استخدام التقنية الرقمية في استخدام زوجين من الأسلاك النحاسية في نقل اتصالات بسعة 2 ميغابت /ثانية.

وبدأت العملية ببطء واحتاجت في البداية إلى تصميمات مكلفة ومع تزايد استخداماتها وإنتاجها انخفضت أسعارها؛ مما حفز الشركات المصنعة على تطويرها.

وتعمل هذه التقنية من خلال لوحين إلكترونيين أحدهما يركب في المقسم المركزي للهاتف والأخر في المنطقة الطالبة للخدمة أو بين أي موقعين في شبكة خاصة ، هذه الأنظمة تستخدم تصميماً متقدماً لدوائر متكاملة تستخدم معالجة رقمية معقدة للإشارة وبرنامج Software لعملها.

وتستخدم في هذه التقنية إشارات ذات مستويات طاقة عادية لكن الاختلاف هو أن قدرة الدوائر الإلكترونية المستخدمة في هذه التقنية لتحقق أو تعيد المستويات المنطقية للإشارة الرقمية في مواجهة العيوب التي فرضها النحاس عند نقله للإشارة، أي التعويض الدقيق لما فرضه النحاس من تشويه، وهذا التعديل يحدث مستمراً لذا فإن الإشارة المرسلة لن ينحدر مستواها عندما تتغير الظروف البيئية أو يختلف نوع السلك .

وتعد هذه التقنية مناسبة في الحالات التي تتطلب إيصال خدمات الاتصال إلى مواقع متفرقة، وتعد فيها عوامل الوقت والموارد المالية والجودة عوامل مؤثرة، وقد استخدمت لتوفر لشركات الهاتف وللمؤسسات شبكات بطريقة تحقق الخدمات الرقمية عالية السرعة إلى المستخدمين بسرعة عندما تصبح البدائل الأخرى أكثر كلفة .

وحتى في البلدان المتقدمة التي تكون فيها تكاليف الصيانة عالية وتتولى استبدال وتطوير أنظمتها وشبكاتها بسرعة، باعتبار أنها جهات مصنعة لهذه الأنظمة فإن تطوير الشبكات الهاتفية الحالية

لاستيعاب الخدمات الجديدة باستخدام الألياف البصرية سيحتاج وقتاً لا بأس به لتحقيق ذلك.

تطور خدمات DSL

وبالرغم من الزيادة المنتظمة في سرعة أجهزة المودم العاملة بالمدى الترددي للصوت، والتي ازدادت سرعة المودم من 1.2 إلى 56 كيلوبت/ثانية لكن زيادة الطلب على السرعة الأعلى يتطلب قفزة في هذا المجال.

هذه الخدمات بدأت بالخطوط الرقمية ISDN بسرعة 64 كيلوبت/ثانية ثم ظهرت أنظمة HDSL وهي أول الأنظمة المعتمدة على تقنية DSL وتستند على خدمة رقمية متماثلة السرعة في الاتجاهين (الإرسال والاستقبال).

ماهي خدمة DSL

وهي عبارة عن خدمة تقدم عادةً من قبل شركات الهاتف تستخدم فيها أسلاك الهاتف الاعتيادية النحاسية.

وتستخدم خدمات DSL مدى ترددياً مختلفاً عن المدى الترددي الصوتي (300-3400 هرتز) ابتداءً من 4 كيلو هرتز الأمر الذي يجعل بالإمكان استخدام أسلاك الهاتف للخدمة الهاتفية الصوتية الاعتيادية بالإضافة إلى خدمة DSL.

أنواع خدمة DSL

ADSL : ابتكرت خدمة DSL غير متماثلة أو ADSL في عام 1993 م التي عبدت الطريق نحو استخدام هذه التقنية للخطوط الهاتفية، فهي مصممة للاستقبال من الشبكة بسرعة عالية قد تصل إلى 8 ميغابت/ثانية والإرسال إلى الشبكة upload بسرعة أقل لا تزيد على 800 كيلوبت/ثانية من خلال خط هاتفي واحد.

وقد اختيرت طريقة النغمات المتعددة المنفصلة كتقنية لتضمين البيانات في أنظمة ADSL وقد فُضلت على تقنيتين أخريين محل الدراسة هما: التضمين المقداري الرباعي QAM والتضمين المقداري الطوري بلا حامل CAP لثلاثة أسباب أساسية هي مزايا إرسال أفضل وإمكانية تطبيق بتعقيد أقل ومرونة أفضل في استخدام النطاق الترددي.

ففي تقنية ADSL يرسل المودم العامل بهذه التقنية والمركب في شبكة الهاتف (256) نغمة كل منها بعرض نطاق 4 كيلو هرتز ويقيس المودم الطرفي هذه النغمات لتحديد النغمات التي من المجدي الاستمرار في إرسال وجودة الإرسال في هذه النغمات.

ونتيجة هذه العملية تحدد سرعة الإرسال المتناسبة مع طول وجودة الكيبل النحاسي وحذف النغمات المتأثرة بمصادر التشويش (إشارات البث الإذاعي مثلاً) أو النغمات بالترددات العالية المتعرضة للتوهين الشديد بسبب طول الكيبل النحاسي.

أما أكثر شبكات ADSL الحالية فهي تقدم سرعة 1.5 ميغابت/ ثانية للاستقبال و 384 كيلو بت/ ثانية للإرسال ويطلق عليها اسم G.Lite وتهدف إلى الاستفادة الآنية من شبكات الهاتف الحالية ، وتتأثر سرعة نقل البيانات بطول الخط الهاتفي وسمك الموصل النحاسي وجودة النحاس المستخدمة في السلك .

وتوفر خدمة ADSL Lite مسافة تصل إلى 5.5 كيلو متر وهو أمر لا يتوافر دائماً أما الخدمات الأكثر سرعةً فإنها تتطلب ألا يزيد طول السلك عن 3.5 كيلو متر.

أما استخدام بعض التقنيات القديمة لزيادة طول الخطوط الهاتفية، مثل استخدام الملف Coil لتقليل السعة Capacitance بين سلكي الخط الهاتفي فهي من الأمور القاتلة لهذه التقنية.

الشكل (14-1) **مخطط يحدد النطاقات الترددية المستخدمة في تقنية ADSL والخط الهاتفي التناظري**

SDSL : وتستخدم هذه التقنية الأسلوب المتبع في خدمة DSL عند ابتكارها في منتصف التسعينيات وتستخدم حالياً زوجاً من الأسلاك الهاتفية المجدولة بدلاً من زوجين في أنظمة HDSL لتقدم خدمة نقل بيانات متماثلة للإرسال والاستقبال.

وتقدم هذه التقنية حالياً سرعة 2.3 ميغابت/ ثانية أو 30 خطاً هاتفياً وهي ضعف السعة التي تُقدم بواسطة أنظمة HDSL السابقة.

النمو الهائل لخدمة الإنترنت خلال الأعوام الماضية وخاصة في الدول المتقدمة أوجد استخدام خدمات جديدة تضاف إلى الشبكة ومن هذه الخدمات خدمة إرسال الصور المتحركة حسب الطلب Video on demand؛ مما جعل المختصين يدرسون إمكانية تطوير تقنية ADSL لجعلها أكثر سرعة لتلبية المتطلبات الجديدة.

تقنية VDSL: أما تقنية VDSL وهي أحدث التقنيات التي طُورت من عائلة DSL وفيها يتم الاستقبال بسرعة 13 - 60 ميغابت/ثانية أما بالنسبة للإرسال فهناك نوعان: الأول مصمم للمساكن وفيه السرعة تتراوح بين 1.6 - 3.2 ميغابت/ثانية أما بالنسبة للشركات التي تحتاج إلى عملية ربط بين مراكزها أو أن لها متطلبات مختلفة فتكون فيها سرعة الإرسال مساوية لسرعة الاستقبال.

تعد تقنية VDSL هي أحدث تقنيات DSL حتى الآن وأكثرها سرعةً، ويتوقع أنها ستجسر الهوة بين تصميمات شبكات الاتصال

المعتمدة على الأسلاك النحاسية مع الشبكات الجديدة المعتمدة كلياً على الألياف البصرية التي طُبقت في السنوات الأخيرة.

تستخدم أجهزة المودم المعتمدة على تقنية VDSL في نهاية شبكات الاتصال بالألياف البصرية وفي مواقع المشتركين على التوالي .

ففي حالة تمديد الألياف البصرية من المقسمات الهاتفية المركزية إلى كبائن التوزيع الهاتفية يمكن استخدام الكابلات الهاتفية النحاسية الاعتيادية في اتصالات رقمية عالية السرعة.

ويمكن حالياً أن تقدم تقنية VDSL خدمات اتصال رقمي بسرعة 60 ميغابت / ثانية مسافة 300 متر عبر سلكين نحاسيين أو مسافة مقبولة أكثر هي 2 كيلومتر بسرعة 13 ميغابت / ثانية .

ومن مساوئ خدمة DSL تأثرها بالتداخلات مثل البث الإذاعي AM وذلك لكونها تستخدم المدى الترددي 250- 1000 كيلو هرتز وهو مدى يشترك مع البث الإذاعي .

منافسة التقنيات الأخرى

وتواجه شركات خدمات الاتصالات خدمات منافسة تقدمها شركات أخرى تعمل في أوروبا وأمريكا تستخدم تقنيات أخرى مثل الألياف البصرية أو الحلقة اللاسلكية المحلية WLL أو شركات الكابل التلفزيوني التي تطور شبكاتها باستخدام الألياف البصرية .

بالإضافة إلى ذلك، هناك شركات جديدة حصلت على تراخيص في العديد من الدول الأوروبية والأمريكية لاستخدام تقنيات جديدة

مثل LMDS (Local Multipoint Distribution System) أو الاتصالات البصرية اللاسلكية مما يجعل شركات خدمات الاتصالات الهاتفية غير قادرة على المنافسة الحقيقية بلا تطوير لتقنية VDSL.

التصاميم الحديثة لشبكات الاتصالات

تتجه التصاميم الحديثة لشبكات الاتصالات إلى استخدام أكبر للألياف البصرية وذلك لعدة أسباب منها: ارتفاع تكلفة الكابلات النحاسية نتيجة ارتفاع أسعار النحاس عالمياً، وانخفاض تكلفة الألياف البصرية نتيجة زيادة الطلب وانخفاض تكلفة تصنيع وتنقية الزجاج، نتيجة اعتماده على مواد رخيصة هي الرمل.

السبب الآخر - وهو الأهم - هو اتجاه شبكات الاتصال لتلبية الحاجة المتزايدة لسرعة الاتصالات فقد أصبحت شبكات الاتصالات التي تقدم خدمات الاتصال الصوتي فقط شيئاً من الماضي وأصبحت احتياجات خدمات البيانات ومنها خدمات الإنترنت التي تتزايد الحاجة إلى سعات أكبر فيها مسألة متكررة.

لذلك يعتقد الكثيرون أن مستقبل الشبكات الهاتفية إلى المساكن يتمثل في تمديد الألياف البصرية للمساكن، لكن تحقيق ذلك يحتاج إلى عدد من السنوات لكي تنخفض تكلفة الأنظمة الطرفية العاملة مع شبكات الاتصالات بالألياف البصرية ويمكن الاستبدال التدريجي للشبكات النحاسية الرئيسة.

وحتى الوصول إلى ذلك الحين تسعى الشركات التي تقدم خدمات الاتصالات إلى استخدام تقنيات وسيطة لتقديم خدمة البيانات بسرعة كبيرة للمشتركين ومن هذه التقنيات تقنية خط المشترك الرقمي Digital Subscriber Line.

استخدامات تقنيات DSL

أكثر هذه التقنيات DSL شيوعاً واستخداماً هو Asynchronous DSL أي خط المشترك الرقمي غير التماثلي، وهي خدمة مناسبة تماماً لاستخدامات تصفح شبكة الإنترنت المعتمدة على لغة الرموز النصية Hypertex Markup Language HTML وتتمثل في تنزيل Download وقتي أو تنزيل مقاطع صور متحركة Video Streaming باتجاه المشترك وبمعدل بيانات منخفض نحو شبكة الإنترنت، لكن ما هي المتطلبات الأخرى التي لا تغطيها خدمة ADSL؟

الشكل (14-2) أحد أجهزة مودم ADSL.

أول هذه المتطلبات تتمثل في تقديم خدمة اتصالات سريعة ذات سرعة متماثلة في اتجاهين للشركات والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة أو للمكاتب المنزلية Home Office.

بينما يحتاج حالياً عدد من الاستخدامات إلى عشرات الميغابت/ ثانية مثل العاملين في مجال التصميم والطباعة والنشر والعاملين في مجال الإعلام والتصوير التلفزيوني، والمهندسين الذين يستخدمون برامج التصميم بالاستعانة بالحاسب CAD والباحثين الذين يرتبطون بأنظمة حاسب عملاقة، والأطباء الذين يجرون عمليات جراحية في مناطق نائية والمؤتمرات المصورة Video Conferencing.

هذا بالنسبة للاستخدامات الحالية، أما الاستخدامات التي تبدو في طريقها للحاجة إلى اتصالات بيانات بسرعة عشرات الميغا بت /ثانية فيبدو البث التلفزيوني حسب الطلب أحد الاستخدامات التي تتوافر الإمكانيات لها قريباً فأجهزة الشبكات والإلكترونيات المنزلية في سبيلها إلى الاندماج مع أجهزة الحاسب وأجهزة الخزن ، فقد أصبحت أجهزة الحاسب مزودة بأجهزة تسجيل رقمية DVD ومزودة بمنفذ Universal Serial Port USB وربما تبدأ أجهزة التلفزيون بالتحول إلى أجهزة وسائط متعددة من خلال أجهزة حاسب مزودة ببرامج عرض الصور التلفزيونية. هذه الاستخدامات تناسب الجيل الجديد من تقنيات DSL والتي تدعى (Very High Speed Digital Subscriber Line) VDSL.

أما من ناحية شركات الهاتف فإنها تسعى لتقديم خدمة VDSL من أجل المنافسة مع شركات البث التلفزيوني الفضائي وشركات الكيبل التلفزيوني وتحتاج في ذلك إلى 10 ميغابت / ثانية على الأقل لتحقيق ذلك.

ولتحقيق ذلك تحتاج شركات الهاتف إلى إعادة النظر في المعايير التي تستخدمها في إنشاء الشبكات الهاتفية لخدمة المناطق السكنية.

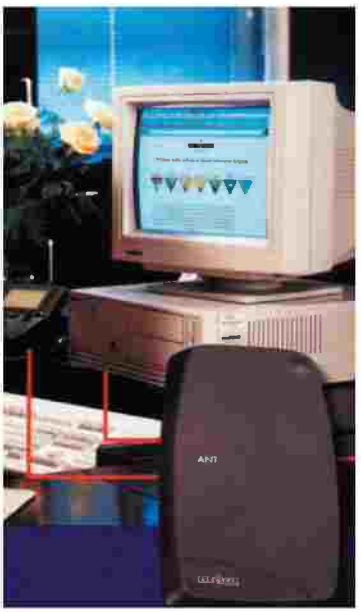
فخدمة ADSL يمكن تقديمها للمشتركين الذين يصل طول أسلاك الهاتف من المقسم الهاتفي المركزي إلى مساكنهم حتى (5) كيلومترات وهي بذلك تغطي معظم المناطق التي يخدمها المقسم الهاتفي المركزي وعند بدء التخطيط لتقديمها في التسعينيات قرر الكثير من شركات الهاتف تصميم شبكاتها بحيث لا يزيد طول أي خط هاتفي عن المقسم لـ (5) كيلومترات.

أما خدمة VDSL فهي تحتاج إلى إعادة تأهيل الشبكات الهاتفية بوضع وحدات شبكة بصرية Optical Network Units (ONU) في مواقع مخطط لها بعناية لتكون الشبكة الهاتفية بالأسلاك النحاسية بأقصر مسافة ممكنة وتتراوح السرعة التي يمكن تقديمها عبر تقنية VDSL بين 14.5 ميغابت / ثانية لمسافة 1.5 كيلومتر من الأسلاك النحاسية و 58 ميغابت /ثانية إذا كان طول الخط النحاسي أقل من 300 متر.

مزايا خدمة VDSL

تعد إمكانية استخدام زوج الأسلاك النحاسية نفسه في نقل خدمتي الهاتف الرقمي ISDN و VDSL من أهم مزايا خدمة VDSL على العكس من خدمة ADSL التي يتحتم عند استخدامها استخدام خط هاتف عادي Analog Line.

أحد أهم الاستخدامات لتقنية VDSL في آسيا هو مقهى الألعاب Gaming Café وبسرعة 50 ميجابت/ ثانية باتجاه من الشبكة وبسرعة 26 ميجابت/ ثانية بإرسال إلى الشبكة Up Stream أما بالنسبة لخدمة VDSL في كوريا الجنوبية فقد قدمت بسرعة 50 ميغابت/ ثانية باتجاه من الشبكة وبسرعة 12 ميغابت/ ثانية باتجاه إلى الشبكة.



الشكل (14-3) أحد أجهزة مودم VDSL.

ومن ضمن مشروعات تسعى إليها شركة NTT اليابانية (الشركة اليابانية للهاتف والبرق) التي تسعى فيها إلى توفير خدمة الصور المتحركة Video وهو مشروع أعلنت عنه عام 2000م تهدف من خلاله إلى إيصال الألياف البصرية إلى 18 مليون مسكن خلال عشر سنوات ويبدو أن الشركة في طريقها لتحقيق ذلك ، فقد وُصِّلت هذه الألياف البصرية إلى 6 ملايين مسكن خلال المدة من عام 2000 – نهاية عام 2007 م.

بعض شركات الهاتف الآسيوية كانت تعلل عدم تقديمها لخدمة VDSL بعدم توافر خدمة ATM في المقاسم التي تقدم منها لكن في اليابان وكوريا فقد كانوا قادرين على القفز لتقديم خدمة VDSLالمعتمد تقنية Ethernet الأكثر سرعة والأقل تكلفة من أنظمة ATM.

وبدأت خدمة VDSL بالازدهار في آسيا أكثر من الولايات المتحدة ويعزو أحد المطلعين أسباب ذلك إلى طبيعة توزيع السكان حيث إن المدن في آسيا تمتاز بوجود كثافة سكانية عالية من خلال الأراضي الصغيرة المخصصة للمساكن والعمارات السكنية مما يجعل 90% من المشتركين على بُعد -3000 3500 متر من المقسم المركزي وهذا يؤدي إلى إدخال معظم السكان ضمن مدى خدمة ADSL و VDSL.

كما أسهمت المعايير المستخدمة، والتطوير الذي تحقق لخدمة VDSL في جعلها ذات تكلفة مشابهة لخدمة ADSL، كما بدأت تكلفتها تنخفض لتصبح أقل منها أخيراً.

وتواجه خدمة VDSL مصاعب في انتشارها في الولايات المتحدة، نظراً لاتساع شبكات الكيبل التلفزيوني وتقديم تلك الشركات لخدمات منافسة لخدمة VDSL لذلك فإنها خدمة مثالية للمناطق التي لا تشملها شبكات الكيبل التلفزيوني.

وهناك خدمة جديدة واعدة هي VDSL2 تتخطى حدود المسافات لخدمة VDSL كما أن هناك خدمة جديدة باستخدام تقنية ADSL2+ بسرعة تنزيل 24 ميغابت /ثانية في حالة كون الخط النحاسي بطول أقل من 300 متر.

كيف تقدم خدمة DSL

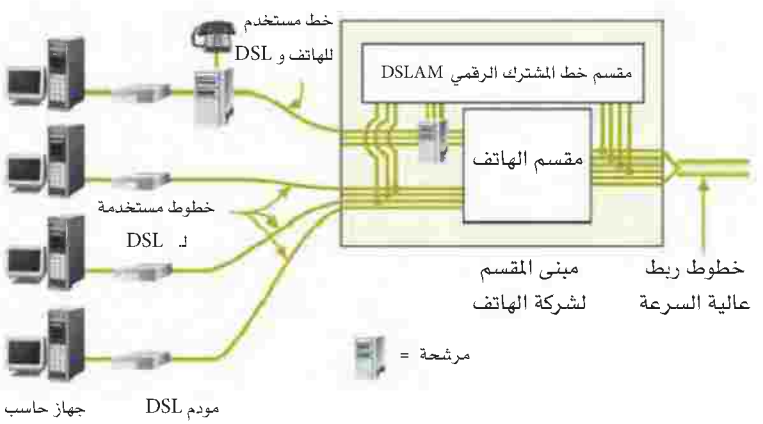
تعتمد شبكات الهاتف الحديثة على ربط المقاسم الهاتفية المركزية من خلال تقنية SDH Synchronous Digital Hierarchy في الدول التي تستخدم معايير الاتحاد الدولي للاتصالات أو Synchronous Optical Network (SONET) في الولايات المتحدة وكندا.

وتعرف أنظمة SDH أو SONET بأنها أكثر التقنيات المستخدمة في شبكات الألياف البصرية معولية Reliability كما أنها قادرة على نقل أي نوع من خدمات الاتصالات وتصل سعات الربط فيها إلى 10 جيجا بت /ثانية.

وتطورت شبكات الاتصالات في السنوات الأخيرة مما جعل هذه الأنظمة تصل إلى الكبائن الهاتفية الإلكترونية ثم المراكز التجارية والمباني الكبيرة.

يتم عادة استخدام الأسلاك الهاتفية نفسها المستخدمة في الخطوط الهاتفية التناظرية POT في نقل خدمة ADSL ويتم الفصل بينهما من جهة المشترك أو في جهة المقسم الهاتفي المركزي من خلال مرشحات Filter ويتم تجميع خطوط ADSL من خلال أجهزة تدعى DSLAM لتُحوَّل هذه الخطوط إلى قناة اتصال بسعة 155 ميغابت / ثانية بتقنية ATM يتم تحميلها عبر قناة SDH.

كما يتم حالياً جمع خطوط DSL عبر قناة من نوع Gigabit Ethernet بسعة 1 جيجابت / ثانية يتم جمعها مع القنوات الأخرى من خلال تقنية (WDM Wave Division Multiplexing).



الشكل (14-4) مخطط يوضح إضافة خدمة ADSL إلى الشبكة الهاتفية