

TENDINȚE ÎN REȚELELE DE ACCES OPTICE

Praoveanu Iosif, PhD - Titu Maiorescu University, iosif.praoveanu@utm.ro

Rezumat

Accesul pe fibră optică este un dintre cele mai importante tehnologii din noua generație de rețele. Ea sporește banda la nivel de acces și asigură o dezvoltare reală a rețelei de acces. Rețelele optice de acces (OAN) actuale bazate pe rețele optice passive (PON) merg spre noua generație de rețele de acces (NGAN) capabile să suporte diferite servicii, conexiuni punct la punct (P2P) și conexiuni punct la multipunct (P2MP), comunicații bilaterale de bandă largă, înglobând diverse tehnologii. Evoluția principală a rețelelor de acces merge spre rate de transmisie de 10Gbps sau mai mult, distanțe tot mai mari, număr de utilizatori finali crescut, extinderea tehnologiei DWDM, introducerea de algoritmi eficienți de alocare dinamică a benzii. Pe lângă aceste perfecționări tehnologice, se dezvoltă o nouă abordare a accesului prin integrarea rețelelor mobile (WiFi, WiMAX) cu rețelele metropolitane.

Cuvinte cheie: new generation network, network access, PON, EPON, GPON, FTTx, WDM, OLT, ONU

I SCURTĂ PREZENTARE A REȚELELOR DE ACCES

Prima generație de rețele cu fibre până la casă (FTTH) au fost instalate, formând în prezent o arhitectură de rețele PON în care sunt asigurate legături P2P și P2MP înglobând tehnica multiplexării în timp (TDM). O parte importantă a acestei infrastructuri este deja extinsă în teren, ceea ce oferă oportunitatea accesului la tot mai mulți abonați dacă se dezvoltă protocoale de acces și de partajare adecvate.

Cel mai popular protocol de acces actual este TDMA, în care funcțiile pot fi implementate în tehnologie electronică digitală. Astfel de exemple sunt BPON (bazată pe tehnologie ATM până la 622Mbps simetric), GPON (Gigabit capable PON până la 2,5Gbps bazat pe ATM sau pachete Ethernet combinat cu TDM), EPON (PON optimizat pentru tehnologie Ethernet).

Rețeaua optică de acces (OAN) folosește în prezent două tehnologii: rețea optică activă (AON) rețea optică pasivă (PON).

AON se bazează pe metode electronice de distribuire a semnalelor, cum ar fi comutatoare, rutere, multiplexoare. Fiecare semnal care pleacă din oficiul central este distribuit direct fiecărui destinatar pe bază de adrese și tehnici de bufferare.

O rețea PON realizează posibilitatea de distribuție a semnalelor pe bază de o infrastructură de fibre optice și splitere cu raport de divizare tipic de 32÷128, deja instalată în mare parte în teren și poate constitui o bază pentru exploatare intensivă.

Sistemele de acces PON ar putea fi o soluție optimă în raport cu cerințele tot mai mari de comunicații de bandă largă care se cer în rețeaua de acces și în același timp o soluție de integrare a acestor servicii pe o platformă comună. Acesta este un pas în evoluția spre noua generație de rețele (NGN).

PON este realizată în prezent su diferite forme, fiber-to-the-curb (FTTC), fiber-to-the-cabinet (FTTCab), fiber-to-the-building (FTTB), fiber-to-the-curb office (FTTO), fiber-to-the-home (FTTH), fiber-to-the-user (FTTU), fiber-to-the-node (FTTN), asigurând furnizarea de servicii numerice de bandă largă, într-o manieră simplă și directă, la un cost acceptabil. Tehnologiile de comunicație sunt EPON, GPON, Ethernet și xDSL.

Arhitectura generală a unei rețele PON se poate vedea în fig. 1. Componentele principale ale unei astfel de rețele sunt: terminalele optice de linie (OLT) plasate în oficiul central, terminalul optic de rețea sau unitate de rețea optică (ONU/ONT) plasat în apropierea abonatului și infrastructura optică constituită din fibre optice, splitere și multiplexoare optice. Rețelele optice BPON, EPON și GPON instalate și operaționale în prezent sunt similare, deosebiri constând în principal în formatul de încapsulare a datelor. Câteva informații despre aceste standarde se găsesc în Tabelul 1.

Table 1 Comparație BPON/EPON/GPON

	BPON	GPON	EPON
Standard	ITU G.984	ITU G.984	IEEE 802.2ah

Fiber type	ITU-T G.652 (single fiber)	ITU-T G.652 (single fiber)	ITU-T G.652 (single fiber)
Services	Voice/data/video/additional digital services(ADS)/ future services	Voice/data, content broadcast, e-mailing, file exchange, distant learning, telemedicine, on-line gaming, video on demand (VDO), private lines, high-speed interface access (HSIA), FTTx business	Triple play
Architecture	Symmetric: FTTCab/B/H/C Asymmetric: FTTCab/B/C	Symmetric: FTTCab/ H/C/B for multidwelling units (MDU); FTTB for business	1000Base-PX10 1000Base-PX20
Data rates (Mbps)	Symmetric: 155/622 Mbps Asymmetric: Downstream: 622 Mbps Upstream: 622 Mbps Possible downstream extension 1244/2488 Mbps	Symmetric: 155/622 Mbit/s Asymmetric: Downstream 622 Mbps Upstream 155/622/1244 Mbps	Symmetric: (nominal) 1.244 Gbps
Wavelength (nm)	Upstream: 1260-1360 nm Upstream and/or downstream: Intermediate wavelength band: 1360-1480 nm (for future use) 1500 nm wavelength band, Basic band: 1480-1500 nm Downstream: (1) 1539-1565 nm (ADS) (2) 1550-1560 (video distribution)	Downstream: 1480 nm Upstream: 1260-1360 nm Possibility of using shorter C-band wavelengths downstream and 1550 nm upstream	1500 nm 1000BASE 1490 nm + PIN Rx Upstream: 1300 nm (low-cost FP optics and PIN Rx) 1000BASE-PX20: Downstream:1490nm + APD Rx Upstream: 1300 nm DFB optics + PIN Rx)
Distance OLT-ONU (km)	20	10 (Fabry-Perot LD) 20 different fiber types 60 with optical reach extension	10 for 1000Base-PX10 20 for 1000Base-PX20
Split ratio	Up to 32	1:64 (possible 1:128)	1:16 / 1:32
MAC framing	ATM	ATM / GEM	Ethernet

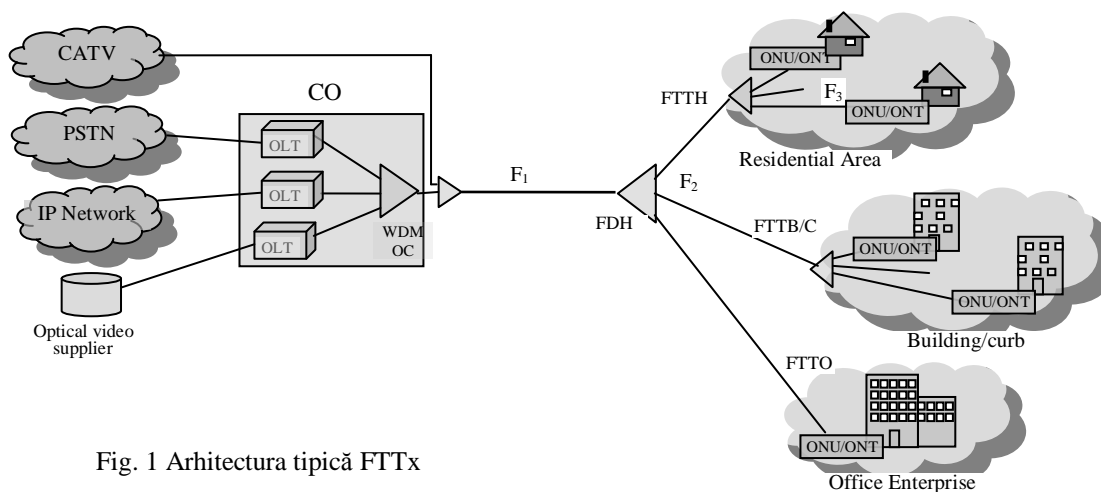


Fig. 1 Arhitectura tipică FTTx

PON realizează transmisii P2MP prin intermediul POS (Passive Optical Splitter). Fibra optică conectată la portul OLT este divizată prin intermediul spliterelor în canale optice spre unitățile optice plasate la utilizatori. Lungimea traseului optic este până la 10 km.

Avantajele utilizării PON sunt următoarele:

- Cost redus asigurat de faptul că echipamentul de transmisii de date din oficiul central este conectat pe fibre optice până la utilizatorii finali;
- Mentenanță ușoară și cost redus deoarece în rețea există, în principal, doar echipamente pasive.

II MODELUL REȚELEI FTTx

Arhitecturile de rețea FTTx (fiber-to-the-building, fiber-to-the home, fiber-to-the-node, fiber-to-the-premises, etc.) oferă o soluție atractivă pentru rețelele de acces. Folosind FTTx o rețea optică pasivă face posibilă partajarea aceleași conexiuni pentru mai mulți utilizatori fără a fi necesare componente active (prelucrare

electrică a semnalelor). O fibră optică principală, F1, aduce canalele optice de la OLT până la un punct de distribuție pe fibre de tip hub (FDH) plasat în apropierea utilizatorilor. În acest hub se află un splitter optic ce distribuie semnalul pe un număr oarecare de fibre F2. De la acesta urmează o nouă distribuție fie optică prin splitter și fibrele F3, fie electric, spre utilizatorii finali. O asemenea topologie de tip stea multiplă permite realizarea de conexiuni punct la multipunct în condiții avantajoase din punct de vedere economic.

OLT asigură transmisii downstream de date și voce folosind banda de lungimi de undă 1490 nm, iar ONU asigură transmisii upstream de date și voce în banda optică 1310 nm, evitând interferențele transmisiilor bilaterale pe aceeași fibră.

Soluții FTTx

Diferitele soluții FTTx se bazează dispunerea locațiilor ONU/ONT și rețeaua de fibră optică. În FTTH/FTTO, ONU este plasat în interiorul clădirii/biroului, care este foarte aproape de abonat. În cazul arhitecturii FTTB, ONU/ONT este dispus în interiorul clădirii în care se află mai mulți abonați. În cazul FTTC, ONU este plasat în afara unui grup de clădiri sau locuințe, deservind un grup de abonați din zona respectivă.

Topologia unei rețele FTTH este prezentată în fig. 2.

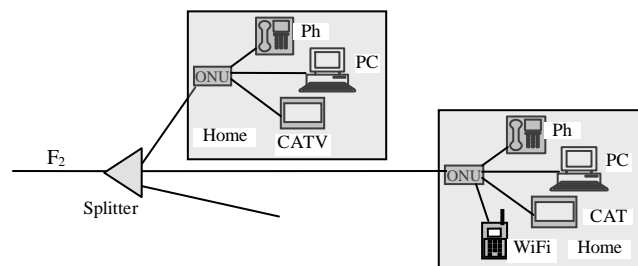


Figura 2 Topologie FTTH

OLT este plasat în oficiul central sau într-o cameră tehnică din zona rezidențială. Splitterul este plasat în afara clădirii, de regulă într-un punct central din zona rezidențială, de unde pleacă apoi fibre de distribuție până la fiecare locuință, terminându-se la un ONU situat în interiorul acesteia.

Serviciile asigurate de o astfel de rețea includ VoIP, IPTV, Monitor, HSIA (high speed Internet access), CATV, etc.

Interfețele ONU sunt de tipul: POTS, FE/GE, WIFI, RF, etc.

Lărgimea de bandă asigurată fiecărui abonat este relativă, dependentă de numărul de ONU, plasându-se în gama 10-100Mbps.

Topologia unei rețele FTTB este prezentată în fig. 3.

OAN (Optical Access Network) adoptă două tehnologii: conexiuni Ethernet punct la punct active și OPN.

În cazul PON, OLT este plasat oficiul central. ONU este situat în clădirea destinație în subsolul sau camera de echipamente tehnice a acestuia, de unde semnalele sunt distribuite electric în întreaga clădire.

Servicii asigurate: LAN, VoIP, IPTV, HSIA, TDM leased line, VPN, Monitor, etc.

Tipuri de interfețe ONU: POTS, FE/GE, E1/T1, ADSL/ADSL /ADSL +, VDSL, SHDSL, etc.

Banda de acces a fiecărui abonat este funcție de raportul de partajare, fiind în fgama 10-100 Mbps.

Aplicațiile tipice sunt pentru blocuri de locuințe cu abonați familiari, companii sau societăți comerciale,

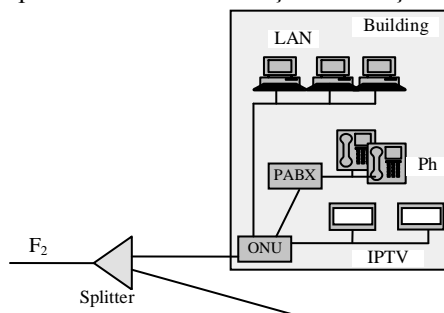


Figure 3 FTTB network topology

III NOUA GENERAȚIE DE REȚELE DE ACCES OPTICE

10G GPON reprezintă o upgradare a GPON, principalele îmbunătățiri fiind o mai mare rată de transmisie, mai multe servicii disponibile la utilizator, un număr mai mare de abonați. Rata datelor pe sensul downstream este 10Gbps, iar pe sensul upstream 2,5, 5 sau 10 Gbps. Spectrul optic folosit este mai larg, include noi domenii optice și tehnici WDM, iar puterea optică la emisie sporită permite creșterea raportului de divizare pe de o parte și mărirea distanței de legătură pe fibră optică.

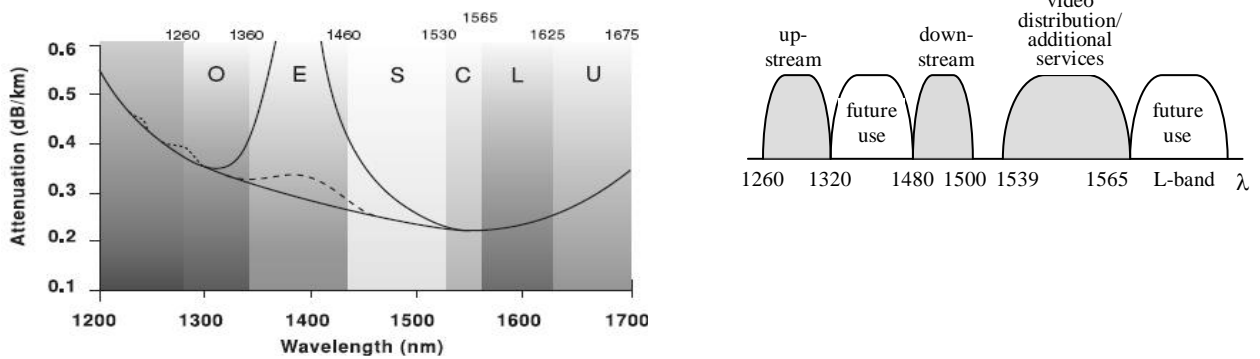


Fig.4 Folosirea spectrului optic

10G EPON este un nou standard (IEEE 802.3av) apărut în 2009. Scopul urmărit a fost în primul rând să crească capacitatea canalelor upstream și downstream, adăugarea de noi servicii, păstrând specificațiile de rețea și compatibilitățile cu actualul 1G EPON. De exemplu, păstrarea distribuției de programe video analogice în paralel cu noul serviciu IPTV. Principalele sale caracteristici sunt:

- Asigură rețea de acces a abonaților în topologie punct la multipunct pe FO single mode
- Transmisie full duplex cu rate de la 1 la 10 Gbps
- Trei variante de bugete de pierdere pentru a acoperi raporturi de divizare 1:16 și 1:32, la distanțe de legătură până la 20 km.

Există o serie de probleme care trebuie depășite: un algoritm de alocare dinamică de bandă (DBA) nou și eficient, implementarea unor mecanisme de protecție și securitate a datelor și a conexiunilor, coexistența rețelelor 1G și 10G EPON pe aceeași infrastructură, etc.

SperPON este un nou sistem care vizează upgradarea vechiului APON pe următorii parametri:

- Distanța de legătură 100 km în loc de 20 km
- Raportul de divizare 1:1024 față de 1:64
- Rata biților 2.4 Gbps în loc de 622 Mbps pe downstream și 311Mbps în loc de 155 Mbps pe upstream.
- Implementarea unui protocol de acces la mediu (MAC) eficient care să permit multiplexarea statistică a unui număr mare de abonați conectați la ONU.

Marea provocare specifică SuperPON este numărul foarte mare de abonați care trebuie conectați pe baza unui protocol de acces eficient. O soluție aflată în studiu este TCP over ATM care să asigure un serviciu cu rată garantată a cadrelor (GFR). El reprezintă o perfecționare a vechiului serviciu UBR (unspecified bit rate) folosit în rețelele ATM. GFR este probabil să devină serviciul cel mai folosit în aplicațiile interrețele. El este deja experimentat cu succes în unele proiecte de rețele de acces (proiectul PELICAN) și s-a dovedit potrivit atunci când circuitele virtual ATM poartă trafic TCP/IP.

DBA (Dynamic Bandwidth Allocation)

Deoarece mulți abonați sunt conectați la un singur echipament terminal de linie a unei rețele SuperPON, alocarea dinamică de bandă este o cale foarte importantă de a obține o eficiență de transmisie bazată pe multiplexare statistică. Într-o rețea APON timeslotul este celula ATM. Există două metode principale de implementare a unui protocol MAC centralizat. Prima metodă alocă bandă ONT generând o rată fixă de acces fiecărui terminal pe baza cererii (informației de semnalizare). Tehnica este denumită generator pe bază de rată de transmisie și reprezintă o metodă statică de alocare de bandă (static MAC protocol).

A doua opțiune este de a genera permisiuni de acces la terminalul de linie (OLT) bazată pe cererea generată de ONU și transmisă pe un canal de interogare periodică sau de reacție (pooling or feedback channel). Metoda este cunoscută ca acces dinamic la mediu. Desigur o asemenea metodă este mult mai eficientă în cazul traficului în rafale.

WDM PON

Tehnologia WDM PON este cea mai nouă soluție pentru viitoarele generații de rețele de acces de bandă largă. Ea rezolvă multe din dezavantajele soluțiilor tradiționale TDM PON. Marele avantaj al tehnologiei WDM este că poate asigura conexiuni punct la punct pe o singură fibră sau pe o infrastructură optică dată, folosind canale optice distincte reprezentate prin lungimi de undă diferite, care pot partaja același mediu fizic fără a se suprapune. Fiecare canal optic individual poate purta fluxuri de date downstream sau upstream, poate fi divizat de splitere le pasive împreună cu celelalte canale optice sau poate fi rotat individual de rutere optice numai spre anumite destinații. Versatilitatea unei rețele WDM este mult mai mare decât a uneia fără facilități WDM. Un rutier optic poate comuta 32 sau chiar 128 de canale λ individuale, realizând totătea conexiuni punct la multipunct.

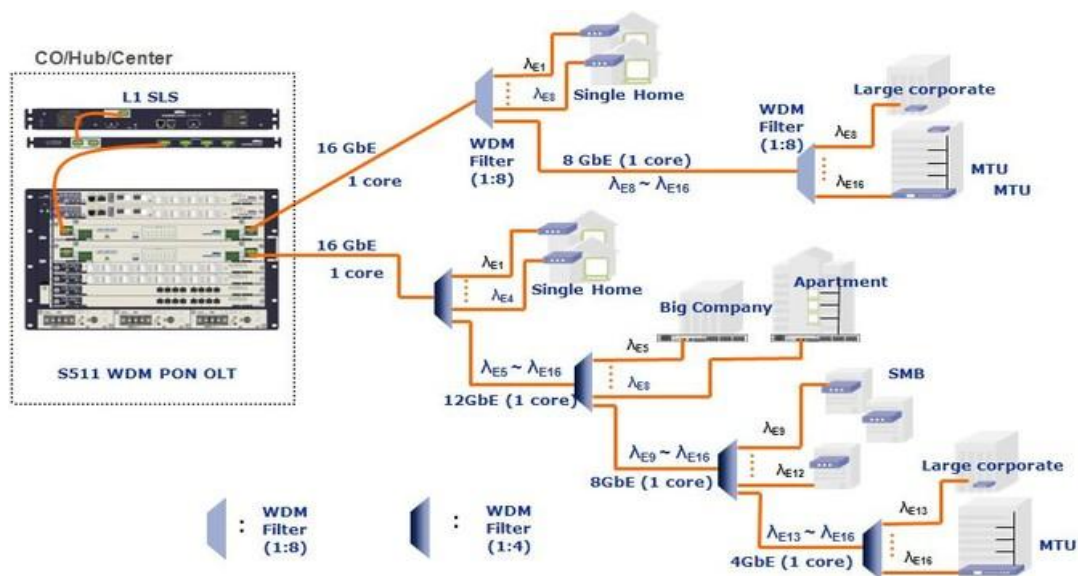


Fig. 5 Utilizarea WDM în PON

Interesul pentru WDM PON a crescut semnificativ în lume, în special în zona Asiei de sud-est și va fi orientarea majoră pentru noile generații de PONs. Provocarea tehnologică a rețelelor WDM PON este de a evita folosirea la abonați, în ONU, a echipamentelor optice selective în λ care sunt costisitoare în prezent. Este vorba de laseri acordabili pentru transmițătoarele optice și receptoare optice acordabile în λ . Mai mult chiar, laserii acordabili necesită multă informație de administrare și control care trebuie transmisă pe o rețea distinct sau prin canale distincte de management. Totuși în viitor, prin perfecționare tehnologiilor echipamentelor optice de emisie și recepție, soluția sistemelor acordabile în λ poate fi acceptabilă și eficientă economic comparativ cu sistemele fixe.

Concluzii

În această lucrare este prezentată o trecere în revistă a tehnologiilor pentru PON, cuprinzând arhitecturi de rețea, tehnologii prezente, servicii și protocoale. Cererea de servicii de bandă largă până la abonat necesită conceperea și implementarea de noi soluții care au în vedere, pe de o parte, perfecționarea celor existente, iar pe de alta introducerea unor tehnologii noi, cum ar fi utilizarea WDM în actualele PON.

Maturizarea tehnologiei WDM – PON și disponibilitatea sa comercială va fi o variantă competitivă în raport cu TDM PON rețelele de acces de bandă largă.

Această nouă tehnologie necesită cercetări teoretice și aplicative pentru dezvoltarea de noi algoritmi de alocare dinamică a benzii care să permită lărgirea gamei de servicii livrabile utilizatorilor. Combinația voce, Internet de mare viteză și TV pe Internet (Triple Play) vor fi de mare interes în viitor. Piața acestor servicii va fi în continuă creștere atât ca număr de abonați, cât și ca arie geografică.

References

1. L. Gutierrez, M. de Andrade, S. Sallent – New trends on Optical Networks : DBAs for 10G EPON and Long-Reach PON, *euronf.enst.fr/archive/208/paper_NOC_ID_78.pdf*
2. Amitabha Banerjee, Wavelength-division-multiplexed passive optical network (WDM-PON) technologies for broadband access: a review - Journal of Optical Networking Vol. 4, No. 11, November 2005
3. Choosing the right FTTx architecture, *white paper*, http://www.zhone.com/solutions/docs/zti-wp-fttx_choices.pdf
4. FTTx Solution White Paper www.telecomasia.net/pdf/ZTE/ZTE_091709.pdf
5. FTTx Using GEAPON [www.ecitele.com/Products/FiberAccess/Fiber Access/FTTx using GPON ECIs UVPs and advantages.pdf](http://www.ecitele.com/Products/FiberAccess/Fiber%20Access/FTTx%20using%20GPON%20ECIs%20UVPs%20and%20advantages.pdf)