

CWDM rendszerek az optikai hálózatokban

NAGY SÁNDOR, SZATMÁRI JENŐ

Magyar Telekom, PKI Távközlésfeljesztési Intézet
{szatmari.jeno, nagy.sandor3}@t-com.hu

Kulcsszavak: CWDM, DWDM, hullámhosszosztás, „black-box”- és „black link”-modellek, egy- és kétirányú átvitel, hálózatvédelem

Napjainkban, az élet minden területén növekvő információ igény a gerinc és a hozzáférési hálózatok fejlesztése terén is komoly feladatok elé állítja a szolgáltatókat. A hullámhosszosztásos CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) rendszerek gazdaságos megoldást jelenthetnek. A cikkben ismertetjük a CWDM rendszer hullámhossz kiosztását a fényvezetőszál átviteli tartományában, röviden bemutatjuk a rendszer fő alkotóelemeit, majd az ITU-T szabványosítási törekvéseit a G.695 ajánlás referencia modelljeinek ismertetésével. Továbbá áttekintjük a jelenleg a hazai piacon is jelen lévő CWDM rendszerek lehetséges hálózati architektúráit, üzemeltetési feladatait és védelmi megoldásait.

1. Bevezetés

A megnövekedett információmennyiség hatékony továbbításának kézenfekvő módja a vonali sebesség növelése. A már általánosan használt 2,5 Gbit/s-ról megtörtént a továbblépés 10 Gbit/s-ra, de már megjelentek a 40 Gbit/s sebességű üzemszerű forgalmat bonyolító fényvezetőszál rendszerek.

A mai, modern DWDM rendszerek képesek akár 160 különböző hullámhosszon működő csatorna átvitelére 10 Gbit/s sebességen is. CWDM esetén nagyobb távolságra vannak egymástól az egyes vivők, kisebb csatornaszám jellemző. A teljes 1310 nm-es és 1550 nm-es optikai ablak felhasználásával a csatornaszám 18-ig növelhető.

Az 1980-as évek elejétől már építettek többhullámhosszas LAN hálózatokat a 850 nm-es tartományban, 25 nm-es osztással, multimódusú (MM) szálak felhasználásával. A távközlés fejlesztői, szolgáltatói ekkor még nem figyeltek fel erre a lehetőségre. Újfajta, olcsóbb lézerek, mind például a VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) [1], az alacsony költséggel előállítható vékonyréteg-szűrők megjelenése egyre gazdaságosabbá tette a többhullámhosszas MM LAN hálózatok építését. Áttörés az 1990-es évek végén történt, amikor a CWDM az IEEE 802.3 „High Speed Study Group” csoportja érdeklődésének előterébe került. A diszperziós veszteségi problémák megoldására a 10GbE LAN és néhány 10GbE WAN alkalmazásnál [2,3] négy hullámhosszas átviteli megoldást ajánlottak a 850 nm-es és 1310 nm-es ablakokban, főleg épületen belüli környezetben MM szálak felhasználásával. A két ablak megkülönböztetésére sorrendben a CWDM és a Wide WDM (WWDM) kifejezéseket javasolták.

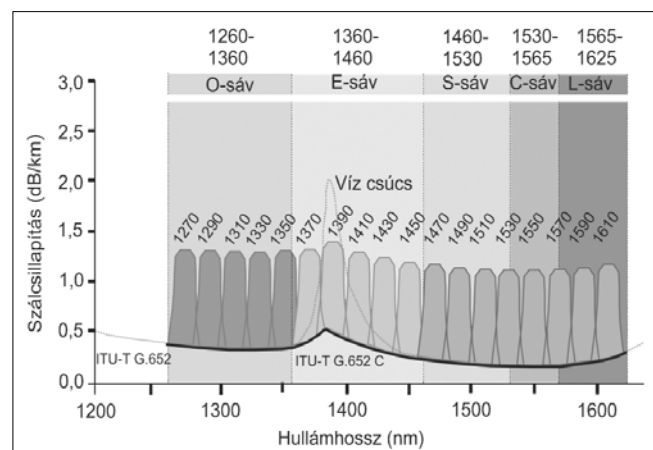
A városi vagy regionális környezetben a sűrű hullámhosszosztás a telítődések kiküszöbölésére túl drágának bizonyult. Itt alapvetően más követelményeknek kellett megfelelni: kisebb távolság, sokféle protokoll (SONET/SDH, Ethernet, ESCON, FICON, Fibre Chan-

nel stb.) támogatása, a továbbítandó információ mennyisége kevesebb annál, hogy egy DWDM rendszer gazdaságos lehessen.

A LAN hálózatokhoz kifejlesztett CWDM megoldások nem biztosítottak elég nagytávolságú átvitelt, ezért szükségessé vált a valamivel nagyobb (10...40 km) távolsági követelményeknek is megfelelő alkalmazás kialakítása. A széles hullámhosszhatárok között gazdaságosan gyártható, jó műszaki paraméterű lézereknek köszönhetően lehetővé vált, hogy a DWDM rendszerek által használt „C” sávon kívül az „O”, „E”, „S”, „L” (Original, Extended, Short, Long) optikai sávokat is alkalmazhassák többhullámhosszas átvitelre. Az említett tartományok együttesen mintegy tízszer szélesebb sávot fognak át, mint a „C” sáv, így hozzávetőlegesen tízszer szélesebb hullámhosszosztással is ugyanakkora információmennyiség továbbítható egy rendszeren, mint az megtehető lenne egy „C” sávban alkalmazott DWDM hálózat esetén.

A sávok és hullámhosszak kiosztását szemlélteti az 1. ábra a G.652 standard fényvezető szál csillapítás-görbéje mellett.

1. ábra
CWDM hullámhossz osztás a G.694.2 ajánlás szerint



Az 1270-1610 nm hullámhossz tartományban 18 vő helyezhető el, 20 nm-es osztással. Az „E” sávra eső hullámhosszakon a hagyományos G.652-es szálak esetén az „OH” szennyezés miatt a szálcsillapítás magasabb. A veszteség 0,5 dB/km-től 2 dB/km-ig ingadozhat, rossz esetben még ennél is nagyobb lehet.

2. CWDM rendszer alkotó elemei

2.1. A fényvezető szál

A korábban telepített fényvezető hálózatok nagyrészt az ITU-T G.652 ajánlásának megfelelő A és B típusú szálakat alkalmazták. Elenyésző mennyiségben előfordul G.652 ajánlásnak megfelelő, kiterjesztett hullámhossz tartományú C és D típusú szál is. A városi fényvezető hálózatok bővítésekor illetve „zöldmezős” beruházásoknál kedvező megoldás az új ITU-T G.652 C típusú szálak alkalmazása. Ezeknél a szálaknál a kifinomult gyártástechnológiának köszönhetően az 1383 nm közelében korábban jelentkező csillapítás növekedés már nem tapasztalható.

2.2. Transzponderek

Funkcióját tekintve a transzponder nem más, mint egy hullámhosszkonverter. Ez az egység biztosít átmenetet a színezett (vonali oldal) és a nem színezett (kliens oldal) optikai interfészei között. A „hagyományos” berendezések, mint például SDH-multiplexerek az aggregált interfészükön 1510 nm-es vagy 1310 nm-es névleges optikai hullámhosszúságú, esetleg elektromos jelet továbbítanak. Az 1310 nm vagy 1550 nm interfészekre érkező optikai jeleket nevezzük gyakran fekete-fehér interfészeknek. Ezeknek az optikai jeleknek hullámhosszpontossága, spektrumszélessége, stabilitása messze nem felel meg a WDM színezett interfészeknél kívánatosnak. A transzponder egység optikai vevője visszaalakítja az optikai jelet elektromossá, majd az elektromos jel regenerálása után újra optikai jellé alakítja, de már a színezett oldalon támasztott szigorúbb követelményeknek megfelelően.

A transzponder áramkörök gyártásakor a legnagyobb költséget a felhasznált lézerek jelentik. Távközlési célra legelterjedtebb két típus: Fabry-Perot (FP) és Distributed Feedback (DFB). A FP egyszerűbb, olcsóbb, a kisugárzott optikai teljesítményszint felénél mért spektrum szélessége: FWHM (Full Width of Half Maximum: félérték-szélesség), tipikusan 4 nm. A nagyobb spektrumszélesség miatt az FP lézerek Gbit/s nagyságrendű összeköttetések esetén már nem alkalmazhatók.

A DFB lézerek jól beváltak 2,5 Gbit/s sebességig, költséghatékonyan gyárthatók. Előnyük a keskeny spektrumszélesség, (FWHM értéke tipikusan 0,2 nm, következképpen kis diszperzió keletkezik a szálban) és a magas oldalsáv elnyomás. Tipikus optikai kimeneti szintjük 1 mW körüli. 2,5 Gbit/s vonali sebességen 80 km távolság is áthidalható a segítségükkel normál G.652 szálon nehézség nélkül. A már említett VCSEL lézereket tömegesen használják a GbE és 10GbE WWDM LAN

alkalmazásokra 850 nm és 1310 nm hullámhosszokon. Az alacsony költséggel gyártható VCSEL lézerek sikere újabb lökést adott a kutatóknak a nagyobb hullámhosszú (1500-1600 nm) VCSEL-ek kifejlesztésére. Ezek a lézerek ma már elérhetőek 2,5Gbit/s vagy akár 10Gbit/s vonali sebességű CWDM sőt DWDM célú alkalmazásra is.

A vételi oldalon beépített fotodetektorok költségében nincs lényeges különbség, hogy DWDM vagy CWDM alkalmazásról van szó, sőt kifejezetten kedvező, hogy mind a DWDM, mind a CWDM megoldásoknál ugyanazok a vevők alkalmazhatók. Az APD és a PIN detektorok is elég nagy sáv szélességűek, lefedik a CWDM teljes sávot. A vevők árát leginkább a sáv szélesség és a vételi érzékenység határozza meg. Keskeny sáv szélesség és nagy érzékenység a legdrágább változat. Az erősítésre is képes APD-k magasabb áráért 8-10 dB-lel nagyobb vételi érzékenységet kapunk.

2.3. Optikai multiplexerek, demultiplexerek, add/drop multiplexerek, szűrők

Az optikai multiplexer feladata, hogy a transzponderek által előállított különböző hullámhosszúságú ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$), úgynevezett színezett optikai jeleket egyetlen fényvezető szálba csatolja. Vétel irányban, a demultiplexer a vonalról érkező összetett ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) optikai jelet különböző hullámhosszúságú csatornákra bontja szét és továbbítja a transzponderek felé. A nagyobb hullámhosszosztás miatt (20 nm szemben a 0,8 nm-rel) lényegesen enyhébb követelményeket kell teljesíteni egy CWDM csatornaszűrőnek hullámhossz pontosság, stabilitás, elválasztás, hőmérséklet stabilitás tekintetében.

Az optikai add/drop multiplexerek (OADM) az N hullámhosszat szállító vonali jeltől $n \leq N$ számú hullámhossz kicsatolását teszik lehetővé, illetve a kicsatolt csatornák helyére újak illeszthetők. A maradék N-n hullámhosszat változatlanul továbbítják.

Az OADM-ek fizikai megvalósítása sokféle módon történhet, például optikai rácsok, Bragg-rácsok, Fabry-Perot-szűrő, többrétegű vékonyréteg-konstrukciók, („Thin-Film Filter”; TFF) Mach-Zender-interferométerek, „Arrayed Waveguide” csatolók (AWG).

CWDM rendszereknél a szűrők megvalósítására leggyakrabban a TFF technológiát részesítik előnyben. A technológia lényege, hogy üveghordozó felületre nagyszámú – alkalmazástól függően 50 (CWDM), 200 (DWDM) – különböző vastagságú és törésmutatójú réteget visznek fel. Ezzel a módszerrel elérik, hogy az eszközbe bevezetett több hullámhosszat tartalmazó optikai jeltől egy meghatározott hullámhosszú fénynyaláb kicsatolható úgy, hogy a többi változatlanul továbbhalad.

2.4. Erősítők

CWDM rendszereknél tipikusan nem cél a 80 km-nél nagyobb távolság áthidalása. A jelenleg gazdaságosan elérhető optikai erősítők erősítési tartománya sem képes minden CWDM hullámhosszt erősíteni. A jelenleg használt EDFA (Erbium Doped Fibre Amplifier) erősítők a DWDM „C” sávot tudják erősíteni, ami a CWDM hullámhosszak esetében legfeljebb 2 csatornát jelent.

| Névleges centrális hullámhossz [nm] | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1271 | 1291 | 1311 | 1331 | 1351 | 1371 | 1391 | 1411 | 1431 |
| 1451 | 1471 | 1491 | 1511 | 1531 | 1551 | 1571 | 1591 | 1611 |

2. ábra
Hullámhossz-osztás, ITU

3. CWDM és a szabványok, ajánlások

A szabványosító szervezetek IEEE, ITU megegyeztek a LAN WWDM és a CWDM szabványok harmonizációjában. Az IEEE elfogadta az ITU által javasolt (ITU T G.694.2) 20 nm-es hullámhosszosztást (2. ábra), ami optimálisnak bizonyult az UDFB (Uncooled Distributed Feed Back) lézerek és a Thin Film szűrők jellemzői szempontjából.

Az ITU kidolgozta a G.695 ajánlást, megcélözva ezzel a CWDM optikai interfész fizikai jellemzőinek meghatározását és egységes koncepció kidolgozását az egy- és kétirányú, egy- és többcsatornás rendszerek egységesítésére a „black-box” és „black-link” modellek bevezetésével. A kétféle modell kidolgozásának célja a referenciapontok precíz meghatározása a különböző gyártók berendezéseinek minél hatékonyabb együttműködésének elősegítésére. Az alábbiakban ezeket a modelleket foglaljuk össze, bemutatva az ITU által meghatározott referenciapontokat:

- Az ajánlás négy ($MPI-S_M$, $MPI-R_M$, S_S , R_S) referenciapont fizikai paramétereit határozza meg: A többcsatornás referenciapontok ($MPI-S_M$, $MPI-R_M$) rendeltetése, hogy az aggregát interfészek összeköthetők legyenek különböző gyártók berendezései között is.
- Az egycsatornás referencia pontok (S_S , R_S) meghatározásának célja, hogy a különböző gyártóktól származó sokféle kliensinterfész is együttműködjön egymással.
- Az ábrákon feltűnnek még az RP_S , RP_R jelű referenciapontok, de ezek csak informatív jellegűek.

A „black-box” megközelítésben az ITU által elképzelt dobozon belüli elemekre, illetve közöttük lévő belső kapcsolatokra nincs előírás vagy korlátozás.

Az ajánlás csak funkcionális követelményeket fogalmaz meg, legfontosabb a 3R regeneráció. A kidolgozók ebben a modellben a többcsatornás oldal interfészeit határozzák meg: $MPI-S_M$, $MPI-R_M$, lehetővé téve az együttműködést a többcsatornás pontok között.

A „black-link” az ITU által kidolgozott másik megközelítés, amikor az összetevő jelek optikai interfész paramétereit határozzák meg az egyes csatornákra külön-külön. A referencia pontok: S_S , R_S .

A többcsatornás fényvezető szakasz csillapítás, kromatikus diszperzió, PMD jellemzőiről (RP_S , RP_R jelű referencia pontok) viszont csak tájékoztatást követel meg az ajánlás.

Az S_S , R_S referenciapontok paramétereinek meghatározásával (ha ezeket a gyártók betartják) lehetővé válik a megfelelő hullámhosszú csatornák közötti együttműködés. Ebben a modellben az ajánlás kidolgozóit az optikai multiplexert (OM), optikai demultiplexert (OD) és az OADM-et (ha van), különálló optikai eszköznek tekintik.

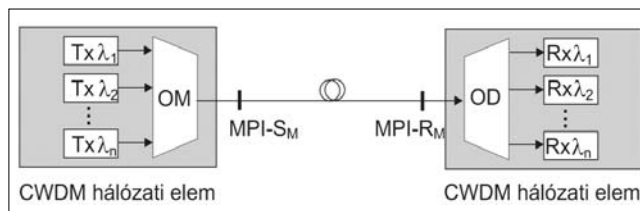
Az ajánlás mind az egyirányú, mind a kétirányú alkalmazásokra meghatározza a „black-box” és a „black-link” modellt is, valamint a „black-link” modell esetén külön megkülönbözteti a pont-pont és a gyűrűs topológiákat.

3.1. A referenciapontok meghatározása különböző alkalmazásokra

3.1.1 Egyirányú átvitel

Egyirányú átvitel esetén az oda-vissza irányú adat-továbbítást két külön fényvezetőn valósítják meg. A 3. ábra mutatja a referenciapontokat ($MPI-S_M$, $MPI-R_M$) többcsatornás „black-box” modellre. A CWDM hálózati elem ebben az esetben egy OM és az adók vagy egy OD és a vevők.

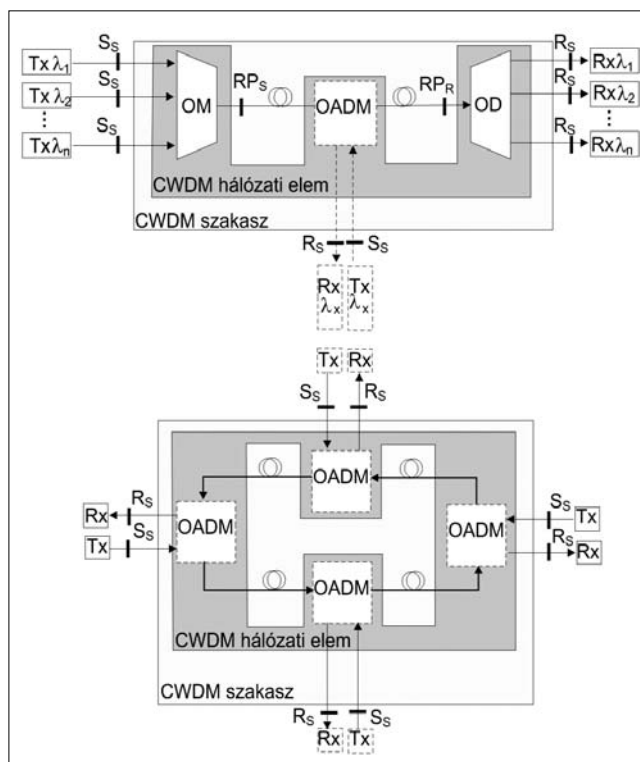
3. ábra A „black box” modell



A 4. ábra mutatja a referenciapontokat (S_S , R_S) egycsatornás „black-link” modellre az adók (T_x) és a vevők (R_x) között. A CWDM hálózati elem ekkor egy OM, OD páros, valamint tartalmazhat egy vagy több OADM-t is. Ez a modell alkalmazható pont-pont vagy gyűrűs hálózatra is.

4. ábra

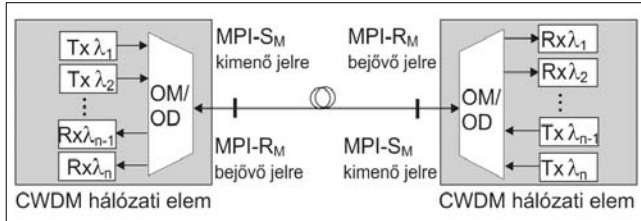
A „black link” modell pont-pont és gyűrűs alkalmazásokra



3.1.2. Kétirányú átvitel

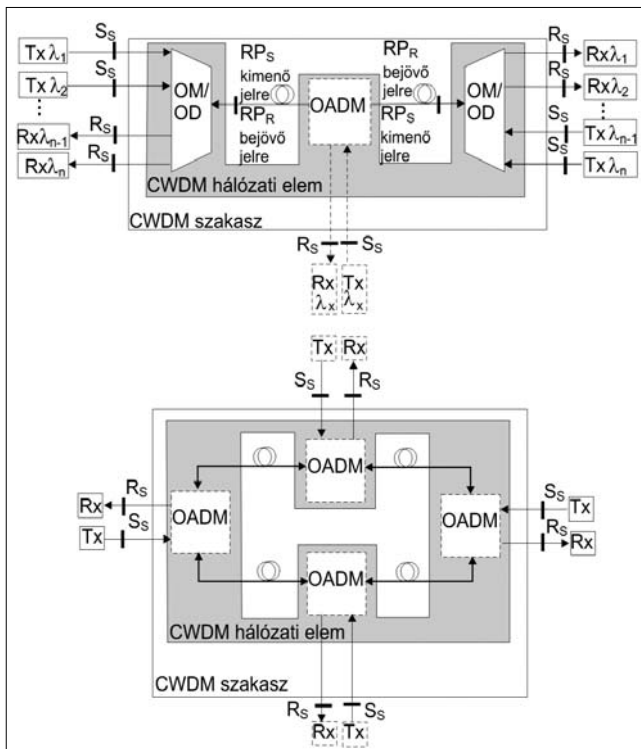
Kétirányú átvitel esetén, az oda-vissza irányú adat-továbbítást ugyanazon a fényvezető szálon valósítják meg. A 5. ábra mutatja a referenciapontokat (MPI-S_M, MPI-R_M) a többcsatornás „black-box” modellre, egyszál- las, kétirányú összeköttetésre. A CWDM hálózati elem ekkor egy egybeépített optikai multiplexer/demultiplexer (OM/OD) a hozzátartozó adókkal és vevőkkel.

5. ábra „Black box” modell kétirányú alkalmazásra



Az egyirányú átvitelhez hasonlóan a 6. ábra mutatja a referenciapontokat (S_S, R_S) egyszál- nas „black-link” modellre az adók (T_x) és vevők (R_x) között. A CWDM hálózati elem egy OM/OD páros és tartalmazhat egy vagy több OADM-t. Ez a megközelítés alkalmazható pont-pont vagy gyűrűs hálózatra is.

6. ábra A „black link” modell pont-pont és gyűrűs, kétirányú alkalmazásokra



3.2. Egységesítés

A különböző interfészek megkülönböztetésére, az SDH rendszerek mintájára bevezettek egy úgynevezett alkalmazási kódot. Segítségével könnyen azonosíthatók az optikai interfészek.

Az alkalmazási kód CWDM interfészekre:
CnWx-ytz

ahol:

- C: a CWDM alkalmazás jele,
- n: a maximálisan alkalmazható csatornaszám,
- W: a szakaszhossz jele,
- S: kis távolságú
- L: nagy távolságú
- x: szakaszok száma,
- y: maximális kliensjel bitsebesség,
- 0: NRZ kódolású 1,25 Gbit/s
- 1: NRZ kódolású 2,5 Gbit/s
- t: fenntartott betű,
- z: fényvezető szál típus
- 2: G.652
- 3: G.653
- 5: G.655

A kétirányú alkalmazást egy plusz B betűvel jelölik:
B-CnWx-ytz

A „black-link” modell alkalmazását a kód elejére illesztett S betű jelzi: S-CnWx-ytz.

Példaként egy ilyen kód: C8S1-1D2 – ez egy 8 csatornás, kistávolságú CWDM alkalmazást jelent, NRZ kódolású 2,5Gbit/s sebességű kliensjelekkel, optikai erősítő nélkül, G.652-es szálon.

Az osztályozásnak megfelelő interfész kódokhoz meghatározták a fizikai paramétereket, melyeket a G.695 ajánlás részletesen tárgyal az említett különböző modellek eseteire.

4. CWDM hálózati architektúrák

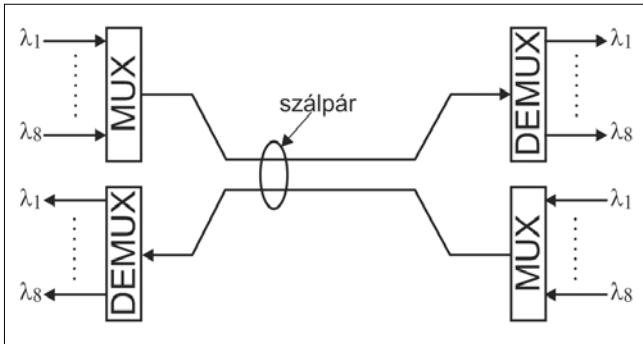
A CWDM hálózatok tipikusan pont-pont összeköttetések- ből állnak, néhol közbelső OADM használatával (busz-struktúra). Ritkán fordul elő gyűrűs hálózatki- alakítás, inkább csak olyan esetekben, amikor valamilyen hálózatvédelmi megoldás alkalmazására van szükség. Szövevényes hálózatki- alakítás a CWDM megoldásokra nem jellemző.

A továbbiakban részletesen bemutatjuk az egyes hálózati kialakításokat. Természetesen mind a „black-link”, mind pedig a „black-box” modellre érvényesek ezek a hálózati architektúrák, sőt egyre gyakrabban előfordul a gyakorlatban, hogy a két megoldást együttesen alkalmaz- zák. Az egyszerűség kedvéért a későbbiekben a „black-link” hálózati megoldásokon mutatjuk be az egyes topológiákat és a rajzokon nem szerepeltetjük a CWDM hullámhosszakat előállító transzpondereket.

4.1. Pont-pont összeköttetés egy szálpáron

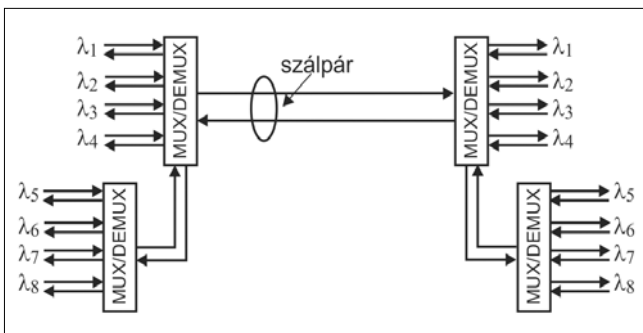
A 7. ábrán bemutatott összeköttetés egy pont-pont CWDM kialakítás, ahol a két irány teljesen független. A kapcsolat két egyirányú pont-pont összeköttetésből meg- valósított hálózatnak is tekinthető. Ebben a hálózati megoldásban alkalmazott multiplexerek/demultiplexerek fix, nem bővíthető kialakításúak.

Előnye ennek a konfigurációnak, hogy könnyen át- tekinthető módon történik a helyszíneken a kábelezés, hátránya viszont, hogy már a kezdeti fázisban – rend- szerfüggően – 8 csatornára ki kell építeni a rendszert.



7. ábra Pont-pont összeköttetés egy szálpáron

Léteznek olyan multiplexerek/demultiplexerek, amelyek bővítési lehetőséget is biztosítanak. A 8. ábra egy olyan konfigurációt mutat be, ahol a pont-pont összeköttetés egy szálpáron 4-ről 8 csatornára bővíthető.

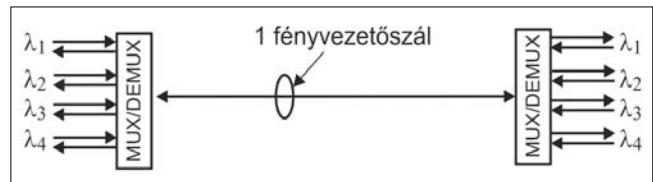


8. ábra Pont-pont összeköttetés egy szálpáron 4-ről 8 csatornára bővíthető esetben

Kezdeti kiépítésben csupán 4 csatorna használatával indulhat a megvalósítás, igaz egy szálpárt elhasználunk, viszont fennáll a további bővítés lehetősége. A már üzemelő 4 csatornán kívül a hálózati forgalom megszakítása nélkül tovább bővíthető a rendszer egy következő MUX/DEMUX kaszkádolt bekötésével. Léteznek olyan hálózati megoldások, ahol a fenti ábra mintájára, 8+8 csatornával építik ki a hálózatot. Ekkor az 1471-1611 nm hullámhosszak közötti 8 csatornát használják fel kezdeti kiépítésben, majd az 1311-1451 nm közötti hullámhosszakkal egy későbbi fázisban bővíthető a rendszer.

4.2. Pont-pont összeköttetés egy szálon

A hagyományos WDM megoldások olyan két fényvezetőn (szálpár) működő összeköttetések, ahol az egyik szál az adásra, a másikat a vételre használják. Ez a megoldás akkor elengedhetetlenül fontos, ha az összeköttetések erősítők használata szükséges, például DWDM hálózatokban. Olyan esetekben, ahol az erősítés nem szükséges, vagy nem lehetséges, létezik egy alternatív elrendezés, ahol egy szálát használnak mindkét irány átvitelére. Megoldandó probléma, hogy hogyan egyesítsük a jeleket és hogyan válasszuk szét a másik oldalon. A CWDM hálózatokban passzív szűrőkkel valósítják meg mind a hullámhosszak egyesítését, mind pedig a szétválasztását.



9. ábra Pont-pont összeköttetés egy szálon

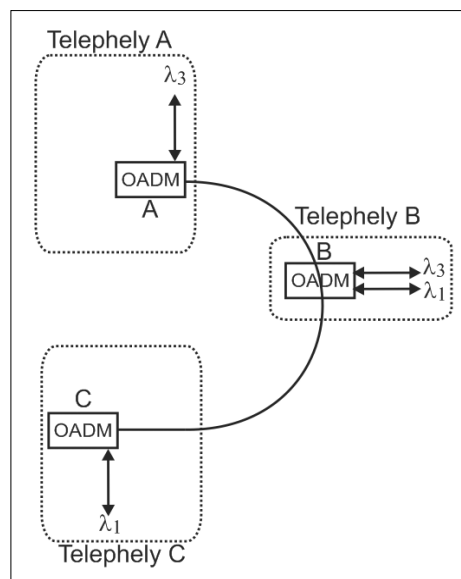
A 9. ábra egy olyan hálózati megoldást bemutat be, amely ötvözi a korábban bemutatott két megvalósítás előnyeit. Ebben a kialakításban kezdetben elég 4 csatornára kiépíteni a rendszert, majd a később jelentkező igények kiszolgálására újabb 4 csatornával lehet bővíteni azt. Természetesen ez már fizikailag egy másik szálon valósul meg.

A megvalósítás sajátossága, hogy egy csatorna adás és vétele egy fényvezetőn, két szomszédos csatornán működik. Előnyként jelentkezik, hogy rugalmasan lehet a bővítéseket elvégezni, hiszen a kezdetben feleakkora csatornaszámot kell kiépíteni és ehhez csupán egyetlen egy fényvezetőre van szükség. A lehetőség fennáll a későbbi bővítésre is, ami akár CWDM + DWDM csatornák együttes alkalmazása is lehet. Ez a megoldás a szálpárból csak egy szálát használ fel, így a másik szabad fényvezetőszálat tetszés szerint használhatjuk akár DWDM hálózat kiépítésére is.

Ha DWDM csatornákkal szeretnénk bővíteni hálózatunkat, akkor az két másik módszerrel is megvalósítható. Az egyik nagyon egyszerű megoldás, hogy olyan DWDM hullámhosszat választunk, amely beleesik az 1531 nm, vagy az 1551 nm-es CWDM csatorna sávjába. Másik megoldás lehet az, ha egy CWDM csatornába (DWDM multiplexer/demultiplexer használatával 100 GHz-es DWDM csatornaosztás esetén) 10...12 DWDM hullámhosszt illesztünk.

4.3. Busz- és gyűrűstruktúra

Az add/drop szűrők használata lehetőséget biztosít arra, hogy a pont-pont összeköttetést kiterjesszük egy busz- vagy gyűrűstruktúrára.



10. ábra OADM hálózat kiindulási állapota

Az add/drop szűrők használata megengedi az egyik szakaszon már használt hullámhosszak újrafelhasználását is. Minden csomópontnál csak azok a hullámhosszak kerülnek ki- és becsatolásra, amelyekre szükség van. Ez a megoldás lehetőséget biztosít arra, hogy nem szükséges egy 8 csatornás terminálmultiplexert használni abban az esetben, ha csupán 1-4 hullámhosszra van szükség. Ilyen esetben OADM alkalmazása egy nagyon költséghatékony megoldás, amellyel biztosítható „Pay-as-you-grow” hálózatbővítés.

Erre egy olyan példát mutatunk be, ahol a hálózatot egyszásas OADM eszközökkel valósítjuk meg. Kezdeti állapotnak az előző oldali, 10. ábra szerinti 3 telephely összeköttetéseit vettük alapul.

A hullámhosszak egy szálon történő kétirányú alkalmazása lehetőséget biztosít arra is, hogy a már telepített csomópontok között később a hálózat forgalmának megszakítása nélkül újabb csatornákat használjunk fel, akár egy közbelső telephelyen is. Természetesen erre az eddig nem használt szálakat kell igénybe venni.

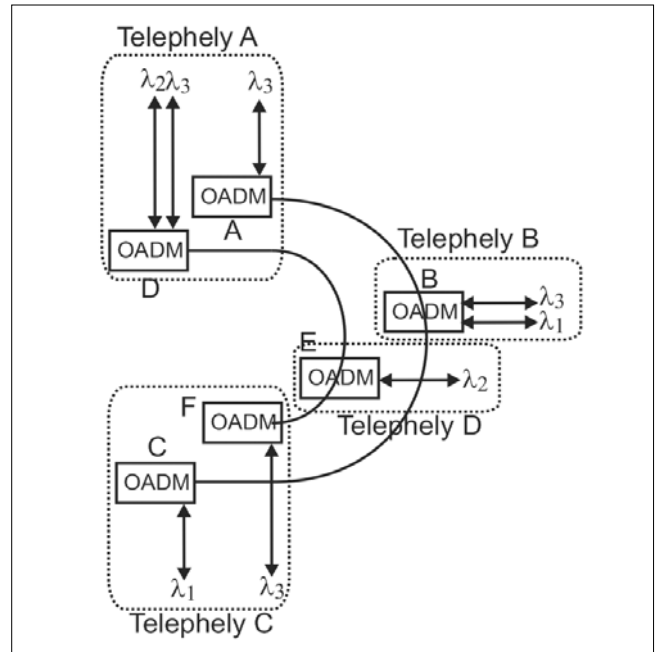
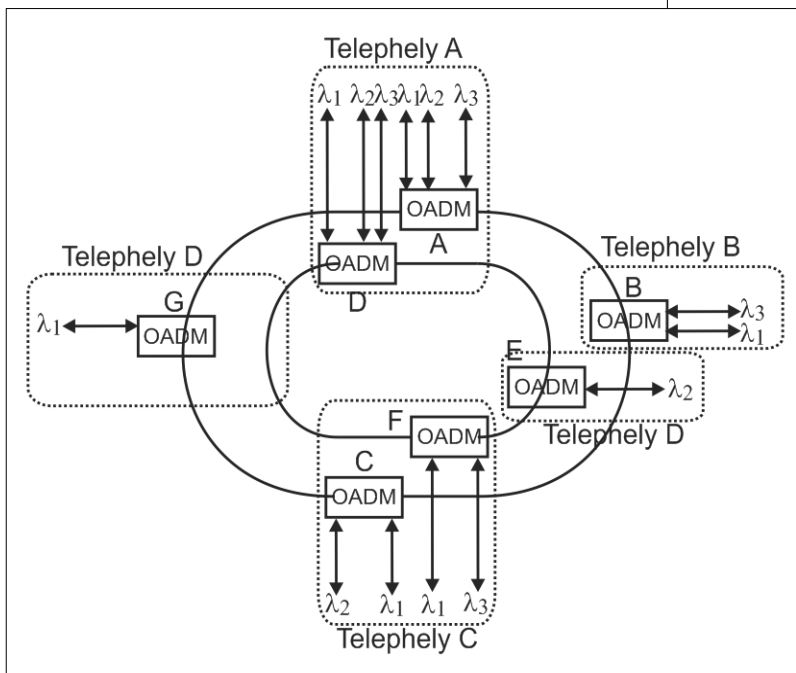
Az így kibővített hálózati megvalósítását az 11. ábra mutatja. Innentől már csak egy lépés, hogy akár újabb csomópontok beiktatásával összekössük a busz kezdetét és végét, amellyel kialakítottuk a CWDM gyűrűt (12. ábra).

Másik nagy előnye az egyszásas kiépítésnek, hogy például a D és F csomópontok összeköttetéseiben (lásd a lenti ábrán) a D telephely OADM szűrői nem okoznak beiktatási csillapítás-többletet, így nagyobb távolságok áthidalására képes a rendszer.

Mint láttuk, számos előny köszönhető az egyszásas konfigurációnak. Ezek összefoglalva a következők:

- Alacsony kezdeti beruházási költség, majd a továbbiakban is mindig csak az újonnan bekapcsolt csatornák költségeit kell „megfizetni”.

12. ábra OADM végleges gyűrű kialakítás



11. ábra OADM kibővített hálózat

- A CWDM kiindulás lehet egy későbbi DWDM hálózathoz, azokon a helyeken, ahol a csatornaszám a kezdeti kiépítésben még nem indokolja a DWDM alkalmazását.
- Az erősítő nélküli CWDM hálózatok az alacsonyabb beruházási költségeknek köszönhetően gyorsabb megtérülést hozhatnak.
- CWDM és DWDM csatornák alkalmazhatók ugyanazon a rendszeren.
- Rugalmas hálózati topológia alakítható ki az egyszásas és a kétszásas konfigurációnak köszönhetően.

5. Hullámhossz kihasználtság

A CWDM hálózatokban általában minden, a 34 Mbit/s-tól 2,7 Gbit/s tartományba eső klienssel továbbítható. Léteznek olyan többsebességes, „multirate” transzponder kártyák, amelyek ezen sebességtartományon belül az összes szabványos bitsebességet támogatják és gyakran lehetőség van egyéb gyártó specifikus jelek átvitelére is. Ez a megoldás olyan helyeken hasznos, ahol az előfizetői igények gyakran változnak, vagy egyedi, nem szabványos sebességű jelek átvitelére van szükség.

A szolgáltató bevétele szempontjából nem mindegy azonban, hogy egy hullámhosszt csupán egy FastEthernet összeköttetésre használ fel, vagy egy STM-16-os (2,5 Gbit/s) SDH összeköttetésre. Ennek a problémának a kiküszöbölésére úgynevezett *muxpondereket* fejlesztettek ki, melyek kisebb sebességű kliens jeleket fog-

nak össze, majd az így keletkezett nagyobb sebességű jelet ültetik a CWDM hálózatra.

Példaként a jelenleg piacon lévő gyártók által használt muxponderek közül néhányat bemutatunk:

- 2 GbE jelet ültet egy STM-16-os, vagy OTU-1 jelfolyamba (GFP-F),
- 2 FC jelet ültet egy STM-16-os, vagy OTU-1 jelfolyamba (GFP-T),
- 8 darab STM-1/4 jelet fog össze egy STM-16-ba (maximum STM-16 kapacitásig).
- 10 db kliens adatjel összefogása egy STM-16-os jelbe. A lehetséges kliensjelek: 1 G/2 G FC (GFP-T), GbE (GFP-F), ESCON (GFP-T).
- 4 db protokollfüggetlen (200 Mbit/s-1,2 Gbit/s) jel továbbítása STM-16-os jelben,
- 8 db protokollfüggetlen (200 Mbit/s-2.12 Gbit/s) jel továbbítása STM-16-os jelben,
- 8 GbE sebesség limitált, vagy 4 GbE teljes sebességű jel továbbítása 5 Gbit/s-os OTN keretezésű jelfolyamban.

A CWDM hálózat 1530 nm és 1550 nm csatornáiban alkalmazhatók a 10 Gbit/s-os DWDM transzponderek is (ha rendelkezik a gyártó ilyenekkel). Ennek köszönhetően még jobb csatornakihasználást érhetünk el. A DWDM rendszerekben ugyanis többnyire lehetőség van STM-64, 10GbE WAN, valamint 10GbE LAN kliensjelek továbbítására. További előnyt jelent a G.709 szerinti OTN keretezés használata, hiszen ekkor az SDH hálózatok monitorozó funkcióihoz hasonló minőségi mutatók használhatók akár 10 GbE kliens jelek alkalmazása esetén is. Ezen felül a rendszer opcionálisan alkalmazhat FEC (Forward Error Correction) hibajavítást, amivel 4-5 dB nyereséget érhetünk el. Ez a 4-5 dB nyereség legalább 10 km-rel növelheti az áthidalható szakasz hosszát.

A 10 Gbit/s-os csatorna esetében is létezik muxponder funkcióval rendelkező előfizetői kártya, amely 8-9 db GbE jelet képes egy 10 Gbit/s-os jelbe illeszteni, vagy 4 db, STM-16-os jelet összefogni egy STM-64-esbe.

6. Üzemeltetést segítő funkciók

A korszerű optikai hálózatokban elterjedten alkalmazott cserélhető optikai modulok új generációja számos elektromos- és optikai paraméter monitorozhatóságát biztosítja. Ilyenek például a kimeneti és bemeneti optikai teljesítmény, a lézeralam és a hőmérséklet, de lehetőség van további két, gyártó specifikus paraméter mérésére is.

Ezen paraméterekhez, küszöbértékek beállításával különböző riasztásokat lehet hozzárendelni, amivel a szolgáltatásra közvetlenül kiható minőségromlás előtt figyelmeztetést kaphatunk a nemkívánatos eltérésekről, például túlmelegedés, csökkenő optikai teljesítményszint stb.

A szolgáltatás minőségét figyelő (performance monitoring) funkciók segítségével lehetőség van a rendszer teljesítőképességének figyelésére. SDH jelek ese-

tén például az ITU-T G.784/826 ajánlása szerinti paraméterek figyelése oldható meg. Ethernet jelek továbbításakor különböző keret statisztikák készíthetők, amelyek jellemzőek az átvitel minőségére. Természetesen a beállított küszöbértékek átlépése esetén riasztást tud generálni a rendszer, valamint ütemezetten képes riportokat készíteni.

7. Védelmi funkciók

A WDM rendszerekben számos védelem valósítható meg. Ezek egy része magának az összeköttetésnek a védelmét jelenti, más része a berendezések azon egységeit védi, amelyek kiesése, meghibásodása jelentős hatással van a működésre. Szinte természetesen lehet mondani, hogy a tápellátó modulok duplikálva vannak, hiszen egy tápellátási hiba duplikálás nélküli esetben a szolgáltatás azonnali megszakadását okozza. A vezérlő/felügyeleti egységek általában nincsenek közvetlen kihatással a forgalomra, de azok meghibásodása esetén a hálózatelem nem lesz elérhető a menedzselő rendszerből, így a hiba behatárolása és elhárítása nehezebb.

Nyilvánvaló, hogy bármely egység meghibásodása a forgalmi útban, vagy az optikai összeköttetések megszakadása a szolgáltatás kieséséhez vezet. Az alábbiakban az ennek elkerülésére kidolgozott védelmi megoldások közül mutatunk be néhányat.

7.1. Optikai vonali védelem

Az optikai vonali védelem (multiplex szakasz védelem) esetében az összes csatorna jelét, ami a vonalra kerül, szétosztjuk egy optikai teljesítményosztó segítségével (splitter), majd a hálózaton két külön útvonalon keresztül továbbítjuk. A vételi oldalra mindkét jel megérkezik és egy áramkör figyel valamilyen átvitelre jellemző paramétert és ez alapján dönt, hogy melyik legyen az aktív és melyik a védelmi irány. Ezekben az esetekben leggyakrabban az optikai teljesítmény szintje alapján történik a védelmi átkapcsolás. Egy ilyen hálózati kialakítást mutat a következő oldalon a *13. ábra*.

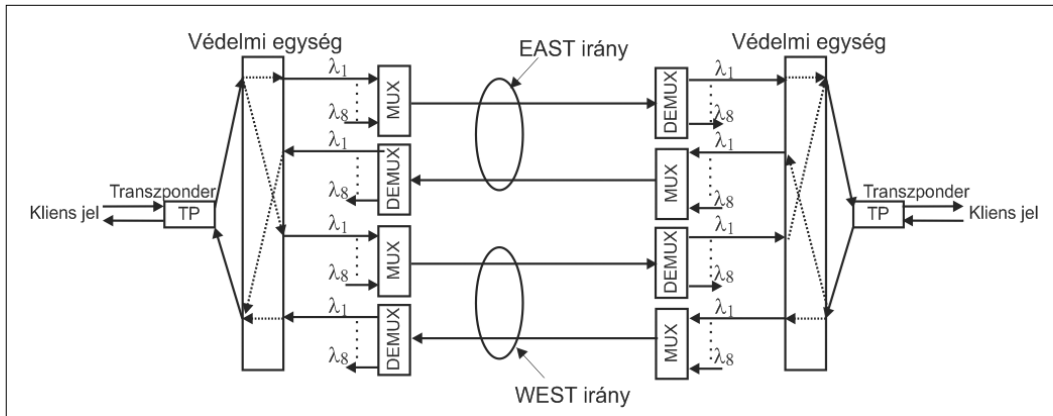
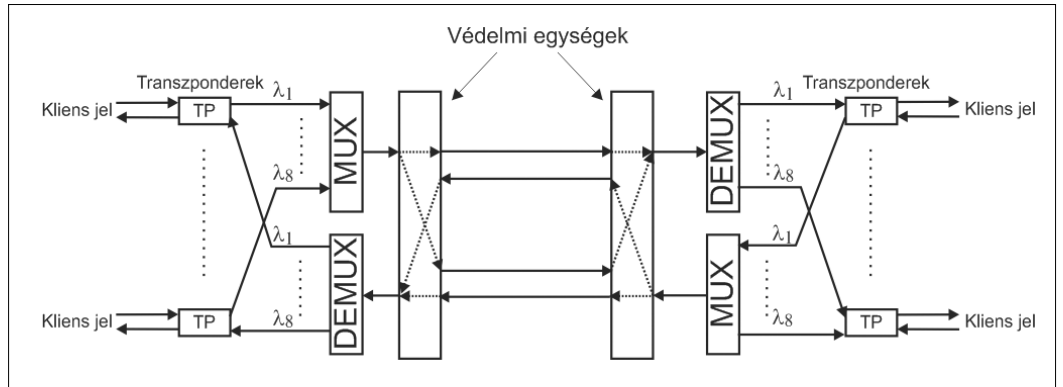
Az átkapcsolás történhet automatikusan, vagy manuálisan is. A hiba megszűnése után az összeköttetés választhatóan visszaállhat az eredeti üzemi csatornára (revertive mód), vagy marad aktívna a védelmi útvonal (non-revertive mód).

7.2. Vonali oldali optikai csatorna védelem

Ez a hálózati megoldás nagyon hasonlít a korábban ismertetett optikai vonali védelemre, azzal a különbséggel, hogy itt nem az összes csatornát védjük, hanem csupán egyet (*14. ábra*).

Léteznek olyan transzponderek is, amelyek a vonali oldalon nem egy, hanem két színezett interfésszel rendelkeznek, vagy két vonali SFP használható. Ebben az esetben a kliens oldali jelet két külön útvonalon vezetjük el, majd a vevő oldalon egy áramkör dönt, hogy melyik irányt használja.

13. ábra
Optikai vonali védelem
megvalósítása



14. ábra
Vonal oldali
optikai csatorna-
védelem

**7.3. Kliens oldali
1+1 optikai csatornavédelem**

A kliens oldali 1+1 optikai csatornavédelemben az összeköttetés mindkét oldalán egy-egy optikai összegzőt, valamint szétosztót helyeznek el. Az adó oldalon a kienstől érkező optikai jelet egy 50-50%-os osztó segítségével két külön transzponderre vezetjük, amelyek közül az egyik lesz az üzemi, a másik pedig a védelmi irány.

Mindkét csatorna jelét továbbítjuk a hálózaton, majd a vevő oldalon a két irány jelét egy optikai összegző segítségével egyesítjük (15. ábra).

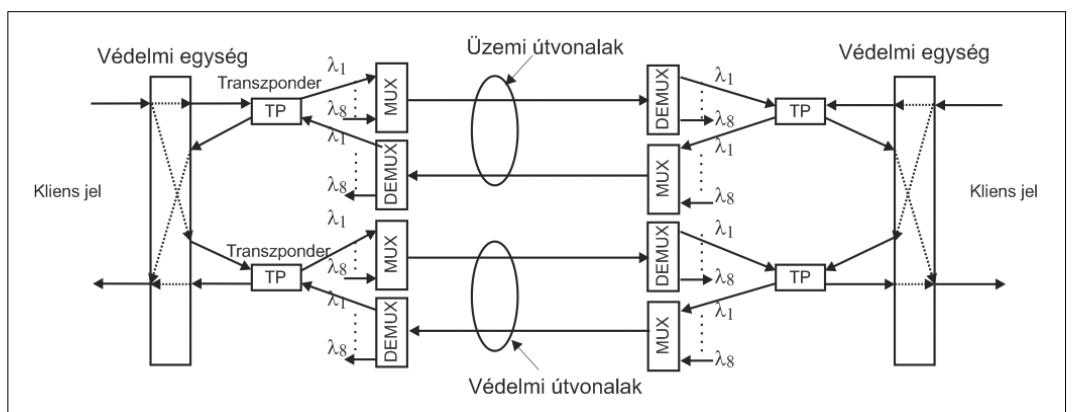
Természetesen a vevő oldalon egyidőben nem adhat mindkét transzponder, ezért alapesetben az üzemi irány adója aktív, míg a védelmi irányé lekapcsolt állapotban van. Az átviteli útban bekövetkezett hiba esetén az üzemi irány adója lekapcsolódik és ezzel egy időben a védelmi útvonalé pedig aktívvá válik.

8. Összefoglalás

A CWDM rendszerek nagyobb hullámhosszostásából adódó enyhébb stabilitási követelményeiknek egyenes következménye a gyártási költségek drasztikus csökkentése. Nincs szükség a lézerek hűtésére, következtéppen kisebb méret, egyszerűbb gyártástechnológia szükséges, alacsonyabb lesz a fogyasztás is. Egy CWDM adó teljesítményfelvétele lehetséges, hogy csak huszad része egy DWDM adóénak. Összességében mintegy négy-ötösörös költségmegtakarítás érhető el csak a lézerek területén.

Az előállítási költségek csökkenése természetesen a berendezések árfekvésében is tükröződik. A kedvező ár, a vonzó műszaki megoldások viharos gyorsasággal tették népszerűvé a CWDM megoldásokat. Egy-egy hullámhossz jobb kihasználását eredményező multiplexelési, aggregálási technikák tovább javítják a rendsze-

15. ábra
Kliens oldali
1+1 optikai csatorna-
védelem



rek ár/érték arányát. Többek között ez a technikai újdonság az, amely miatt a CWDM rendszerek már messze nem tekinthetők egyszerű, ostoba optikai vonaltöbbszörözőknek.

Jótékony hatással van a berendezésárakra a kialakult versenyhelyzet, hiszen számos kisebb gyártó is megjelent a piacon meglepően jó műszaki színvonalú berendezéssel. Talán nem túlzás kijelenteni, hogy a 2,5 Gbit/s-os tartományig nem lehet találni olyan jelformátumot a távközlés vagy az informatika területén, amelyet ne támogatnának akár több CWDM berendezésgyártó eszközei is.

Várható, hogy a közeli jövőben a jelenleg általánosan használt 8 felső csatorna mellett a teljes CWDM tartományra, tehát 16-18 hullámhossz továbbítására alkalmas rendszerek közül választhatnak a szolgáltatók, felhasználók.

Irodalom

- [1] G. G. Ortiz et al,
„Monolithic, Multiple-Wavelength Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Arrays by Surface-Controlled MOCVD Growth Rate Enhancement and Reduction, IEEE Photonics Technology Letters, August 1997.
- [2] N. Chitica, J. Daleiden, M. Strassner, K. Streubal,
„Monolithic InP-Based Tuneable Filter with 10 nm Bandwidth for Optical Data Interconnects in the 1550 nm Band”,
IEEE Photonics Technology Letters, May 1999.
- [3] W. St.Arnaud,
„1310 nm vs 1550 nm window for 10 GbE”,
IEEE 10G Study Group, June 1999.
- [4] ITU-T Rec. G.695,
Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications.
- [5] ITU-T Rec. G.694.2,
Spectral grids for WDM applications:
CWDM wavelength grid.
- [6] Jeszenői Péter,
A fotonikai helyzetkép,
PKI Közlemények, 44. szám, pp.49–72.
- [7] www.transmode.com
- [8] Transmode System manual
- [9] www.huawei.com
- [10] Huawei System description

Hírek

Az Oracle bejelentette az Oracle Database Lite 10g 3. verziójának megjelenését. Az Oracle Database Lite 10g kiválóan méretezhető mobil megoldás, melynek segítségével az alkalmazások online hálózati kapcsolat nélkül, az Oracle adatbázisszerverrel történő időközönkénti szinkronizálással is használhatók. A mobil szervert és mobil relációs adatbázist magában foglaló Oracle Database Lite 10g 3. verziójának segítségével a felhasználók biztonságosan bonyolíthatják le az adatforgalmat a vállalati adatbázisokkal. A megoldás ezen felül az alkalmazások, az eszközök és a felhasználói engedélyek központi kezelését is biztosítja, valamint automatikus szinkronizálásra is képes. Az adatok kétirányú szinkronizálása felhasználói beavatkozás nélkül zajlik, a mobil felhasználók így zökkenőmentesen dolgozhatnak, függetlenül attól, hogy éppen kapcsolódnak-e a hálózathoz.

A Cisco szabványosítási javaslata a kiskereskedelmi cégek veszteségének megelőzését és az üzletlen belüli vásárlói élmények javítását tűzte ki célul. Napjainkban rengeteg videoelemző szoftver létezik, amely a felvételen rögzített, meghatározott viselkedési mintákat és eseményeket azonosítja. A javasolt szabvány – amely meghatározná, hogy az elemzőprogramok által miként és milyen formátumban írhatók le a metaadatok – lehetővé teszi a szélesebb körű együttműködést a különféle gyártók termékei között. Ennek eredményeként a kiskereskedő vagy egy harmadik fél egyszerűbben hozhat létre és integrálhat számos videoelemző terméket egyetlen, személyre szabott megoldásban. A számítógépes feldolgozás és a videofelvételek elemzése lehetővé teszi, hogy a kiskereskedők még hatékonyabbá tegyék kármelegítési erőfeszítéseiket, és jobban megértsék a vásárlói viselkedést. A konvergencia hálózati alkalmazások piacvezető szereplőjeként a Ciscót kiskereskedelmi vállalatok egy csoportja kérte fel egy olyan módszer kidolgozására, amely biztosítja a metaadatok következetességét, kompatibilitását és bővíthetőségét.

A vállalati szolgáltatás-orientált architektúra (enterprise SOA) fejlesztése mellett további elkötelezettsége kifejezésésképpen az **SAP AG olyan új mobil megoldásokat és fejlesztéseket mutatott be**, amelyek segítségével a felhasználók mobil eszközeik segítségével is hozzáférhetnek az SAP üzleti folyamataikhoz. Az „SAP xApps composite applications for mobile business” nevű, már meglévő megoldás új képességei segítik az infomunkásokat abban, hogy növeljék produktivitásukat és megalapozottabb üzleti döntéseket hozhassanak. A vállalat ezzel egy időben bejelentette az SAP NetWeaver Mobile legújabb verzióját. A mobil infrastruktúra az SAP mobil megoldásainak alapját képezi és lehetővé teszi a szervezetek számára, hogy a vállalati SOA rugalmasságát kihasználva könnyedén építhessenek fel testre szabott alkalmazásokat.