

# Passzív optikai hálózatok mérései

JESZENŐI PÉTER

Magyar Telekom Nyrt., PKI Fejlesztési igazgatóság  
jeszenoi.peter@telekom.hu

**Kulcsszavak:** PON, GPON passzív hálózat, fényvezető, optikai osztó, splitter, coupler, mérés, csillapítás, OTDR

A hozzáférési hálózatok sávszélességigénye miatt egyre inkább előtérbe helyeződnek a különböző FTTx megoldások. FTTx hálózatok megvalósítása kapcsán a közeljövőben a passzív optikai hálózatot (PON) alkalmazó rendszerek tömeges elterjedésére lehet számítani. A cikk a passzív hálózatrész minősítésével, mérés technikájával kapcsolatos kérdéskört tárgyalja.

## 1. Bevezetés

Ahol a kapacitás- vagy sávszélességigények a fix vezetékes hálózatban meghaladják a rézvezetékes megoldások képességeit, ott fényvezetős hálózatot kell alkalmazni. Régóta tudjuk, hogy az igazi, jövőbiztos megoldás az ügyfelek elérésére az optikai hordozót használó alkalmazások köre. A fényvezetős alkalmazások nagy előnye az egyszerűség: nincs szükség bonyolult modulációs eljárásokra, elhanyagolhatóak a különböző zavartatási problémák, a fényvezető nyújtotta nagy sávszélesség nem tesz szükségessé adatkompressziót.

A legtöbb előfizetői optikai hálózat logikai topológiája pont-többpont jellegű, hiszen általában egy központi helyszínről kell az információt az előfizetői végpontok felé eljuttatni és visszafelé a forgalmat a végpontokról a központi helyre eljuttatni. A pont-többpont kialakítású fényvezetős hálózat mérés technikája az eddig megszokottól némileg eltérő. A jelenleg elterjedten használt fényvezetős műszerek is csak részben alkalmasak a hálózat minősítésére. Újfajta mérési eljárásokra, bizonyos vizsgálatokhoz újfajta mérőműszerekre van szükség.

A hálózat fizikai részén végzett vizsgálatokba fektetett munka mindig megtérül. A hibátlan hálózat a feltétele annak, hogy a hálózati berendezések bekapcsolása után a szolgáltatást mielőbb el lehessen indítani és azon hibamentes, magas színvonalú szolgáltatást lehessen nyújtani.

## 2. Fényvezetős előfizetői rendszerek

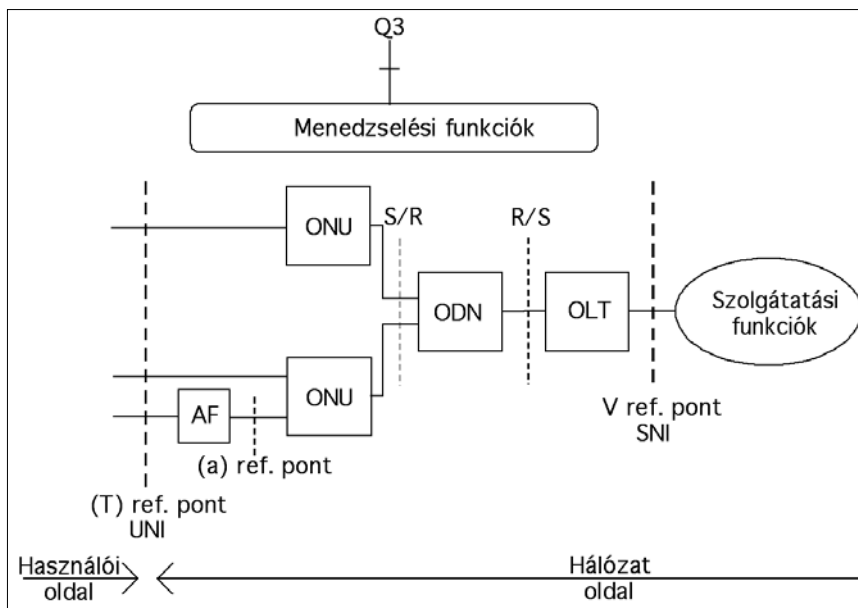
Magát az optikai elérési hálózatot három alapvető részre, elemre bonthatjuk (1. ábra).

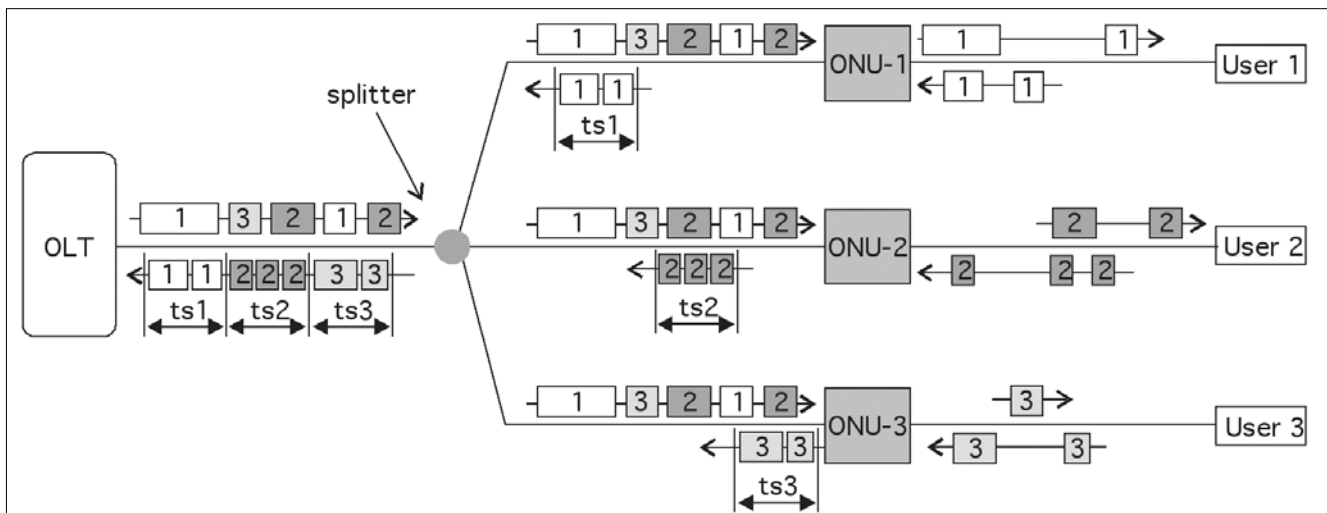
1. ábra  
Optikai hozzáférési hálózat  
referencia-konfigurációja  
az ITU-T G.982 ajánlás szerint

A hálózat központi helyén elhelyezett, az aggregációs és maghálózattal (gerinc) kapcsolatot teremtő optikai vonalvégződés az OLT (Optical Line Termination). Az OLT végzi a pont-többpont hálózatban az információ nyálabolását és többszörös hozzáférés vezérlését. A felhasználónál közvetlenül, vagy annak közelében elhelyezett optikai vonallezárás nevezzük ONU-nak. Az OLT és az ONU között elhelyezkedő szétosztó hálózat az optikai szétosztó vagy elosztó hálózat (Optical Distribution Network, ODN).

A PON (Passive Optical Network) rendszerek olyan optikai összeköttetések, melynél egy központi helyen (Central Office) lévő OLT és több, előfizetőhöz közeli pont, az ONU-k, vagy ha ez egy hálózati csomópont, akkor az ONU-k közötti összeköttetésben a fényútban csak passzív elemek találhatók. Ehhez passzív optikai osztókat (splitter) használnak, amelyekkel az eszköz osztásarányában szétosztják az OLT-től érkező optikai teljesítményt az egyes ONU-k számára.

Az OLT-ből az ONU-k irányába tartó jelfolyam adatszórás jelleggel minden végpont felé elküldésre kerül. Az upstream irányban az adatátvitel osztott közege,





2. ábra Jeltovábbítás és időszlet (slot)-kiosztás, GPON

időosztásos többszörös hozzáféréssel történik. Az üzenetek ütközését elkerülendő a végponti berendezések üzemének összehangolása szükséges (2. ábra).

A fel- és le irányú kommunikáció hullámhossz-multiplexálással van elválasztva egymástól. Az ITU-T az 1. táblázatban található hullámhossz-allokációt javasolja.

### 3. Passzív optikai elemek

A passzív optikai hálózatok egyszerű, de nagyon fontos elemei az optikai jel szétosztását és összegzését végző alkatrészek, ezek a splitterek, couplerek. Ezek az elemek reciprok módon viselkednek, tehát osztóként és összegzőként egyaránt alkalmazhatók. Az osztásarányt a hálózati kép, a csillapításviszonyok és az osztóhálózatban történő elhelyezése alapján kell a tervezés során meghatározni.

A passzív elemek többféle módon építhetők be a hálózatba. Jellemző elhelyezési mód, hogy a hálózatban elhelyezett kötészervényekben helyezük el őket. Ekkor általában hegesztéssel csatlakoztatjuk a fénykábel szálaihoz, ami nagyon kis csillapítást és reflexiómentességet biztosít, de nehézkessé teszi a hálózat későbbi átrendezését. Rugalmasabb megoldás, az optikai csatlakozókkal ellátott eszközök használata, de ez nagyobb méretű kültéri szerelvényeket követel meg, és némileg megbízhatatlanabb a hegesztett kötéshez képest.

1. táblázat  
Optikai hullámtartományok és felhasználásuk

Hullámhossz tartomány	Névleges értékek	Javasolt felhasználás
1310 nm-es tartomány	1260 – 1360 nm	Upstream
Átmeneti tartomány	1360 – 1480 nm	Jövőbeni felhasználásra fenntartva; Védősáv
Alapsáv	1480 – 1500 nm	Downstream
Kiemelt sáv, Opció 1.	1539 – 1565 nm	További digitális szolgáltatások
Kiemelt sáv, Opció 2.	1550 – 1560 nm	Videójel szétosztás
L sáv	1560 – 1600 nm	Jövőbeni felhasználásra fenntartva

### 4. Az átviteli közeg mérései

Ahogy már említettük, a passzív hálózat az eddig megszokottól némileg eltérő mérés technikai fogásokat igényel. Vizsgáljuk meg, melyek azok a hálózatparaméterek, amelyek fontosak és amelyeket vizsgálni/mérni kell.

Az egyik legfontosabb jellemző a hálózat csillapítása az üzemi hullámhosszakon. Ezt a paramétert a fényvezetők csillapítása mellett hálózatban elhelyezett passzív osztlók határozzák meg alapvetően.

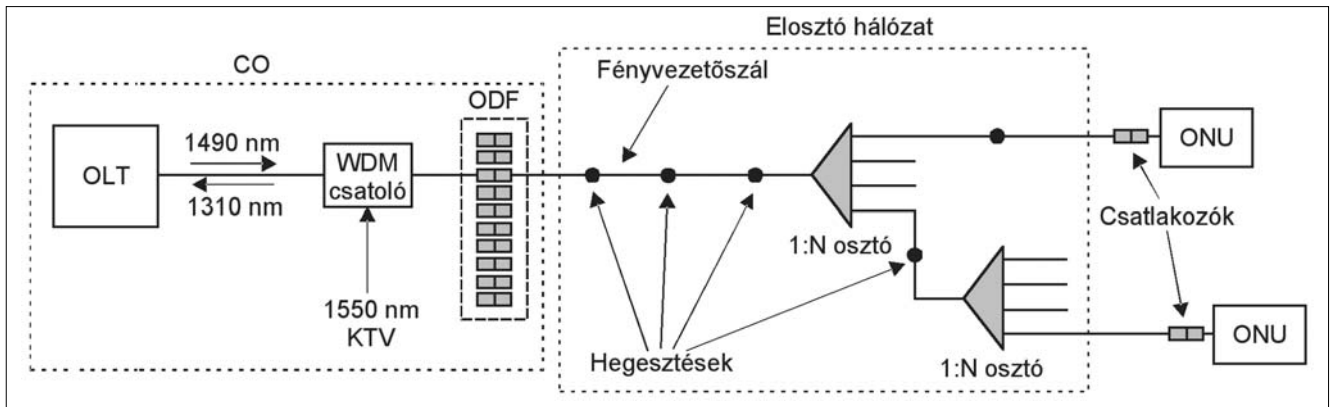
A nagysebességű hálózatokban az átvitelt döntően befolyásolják a fényvezetők különféle diszperziós tulajdonságai. A hozzáférési hálózatban jellemzően előforduló rövid (<20km) távolságok és a jelenleg alkalmazott 2,5 Gbit/s-nál alacsonyabb bitsebességek miatt a diszperziók számottevő hatásával nem kell számolni. Annál több problémát okozhatnak azonban a hálózatban fellépő reflexiók, legalábbis a hálózat központoldali részén. Ellenőrző mérésekre mindenképpen szükség van.

#### 4.1. Csillapításmérések

Mint minden optikai hálózaton, a PON hálózaton is a sikeres kommunikáció kulcsa a végpontok között pozitív csillapításmérleg. Ez azt jelenti, hogy az optikai adó által kibocsátott optikai teljesítmény a fényvezetős hálózat másik szélén elhelyezett optikai vevőbe olyan szinten érkezen meg, amely nagyobb az adott vevőre előírt vételi érzékenységnél. Az adási szint és a vételi érzékenység közötti különbség meghatároz egy csillapításértéket, melyet nem szabad túllépni.

Hálózati oldalról a fellépő csillapítás a következő összetevőkből ered (3. ábra):

- szakaszon lévő optikai csatlakozók csillapításai,
- szálcsillapítás,
- hegesztett kötések csillapításai,
- optikai osztlók csillapítása,
- WDM csatlók csillapítása,
- egyéb nemkívánatos hatásokból eredő veszteség.



3. ábra PON hálózat sematikus felépítése

A fenti felsorolásban meghatározó az optikai osztók csillapítása. Egy 1:2 osztás éppen a teljesítmény feleződését, vagyis 3 dB csillapítást jelent. A valóságos értékek az elméleti értékeknél alig rosszabbak a gyakorlatban. A 2. táblázat mutatja a tipikus osztásarányok esetén a várható csillapításértékeket.

2. táblázat  
Tipikus osztásarányok és csillapításértékek

Osztásarány	Csillapítás
1:2	3,4... 3,9 dB
1:4	6,5... 8,0 dB
1:8	9,5... 11,6 dB
1:16	12,6... 14,0 dB
1:32	15,8... 18 dB

A fényvezetősál csillapítása 1310 nm hullámhosszon 0,39 dB/km értékkel vehető figyelembe. 1490 nm-en és 1550 nm-en közel azonos, 0,22 dB/km csillapításértékkel lehet számolni.

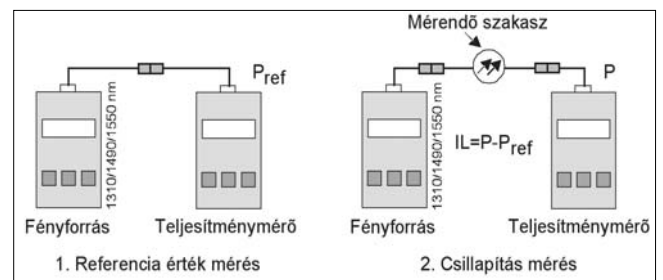
A hegesztett kötések mindössze 0,05 dB csillapítás-többletet okoznak kötésenként, míg egy optikai csatlakozó átlagosan 0,2...0,3 dB csillapítást okoz.

WDM csatoló akkor kerül a rendszerbe, ha 1550 nm hullámhosszon KTV jeleket is továbbít a rendszer. Az általa okozott csillapítás 0,7...1 dB körüli érték.

Az egyéb kategóriába tartozó veszteségek meghatározó része abból fakad, hogy fényvezetősálak megengedettnél kisebb hajlítási sugárnak vannak kitéve. Az alacsony hajlítási sugár miatt a továbbított teljesítmény egy része kilép a szálból. Jellemző hibahelyek lehetnek a kötésszerelvények, ahol nem szabályosan, a megfelelő gondossággal vannak elrendezve a fényvezetősálak, vagy az optikai rendezők, ahol az összekötőkábelek rendezetlenségéből adódhatnak kisebb törések. Problémás hely lehet még a hálózat is, ahol meglévő, nem kifejezetten fényvezetők részére kialakított helyekre kell fényvezetőket elhelyezni.

Magát a csillapításmérést megfelelő hullámhosszúságú fényforrás és teljesítménymérővel lehet elvégezni. A 4. ábra szerint összekapcsolt fényforrással és teljesítménymérővel először egy referenciaértéket kell meghatározni, majd a műszerek közé kell iktatni a szakaszt és megmérni a teljesítményt. A csillapítás meghatározásá-

hoz a mért értékből le kell vonni korábban mért referenciaértéket. Precíz méréshez a mérést két irányból is el kell végezni. A csillapításértékek irányonként kismértékben eltérhetnek egymástól. A különbözőséget a csatlakozók tulajdonságai és az alkalmazott fényvezetők nem teljesen azonos magátmérői okozzák.

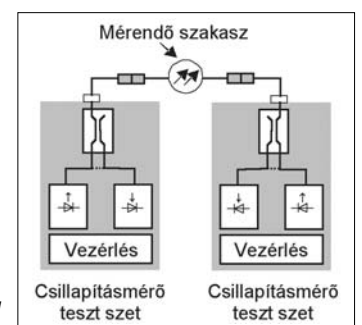


4. ábra

Csillapításmérés fényforrással és teljesítménymérővel

Ezzel a módszerrel – bár nagyon pontos mérési eredményt szolgáltat –, nagytömegű mérés elvégzése nehézkes és hosszadalmas. Ezt felismerve a műszergyártók kifejezetten csillapításmérésre alkalmas mérőszetteket fejlesztettek ki. Ezek a műszerek egyben tartalmaznak fényforrást és teljesítménymérőt. A fényforrás lehet többhullámhosszas is. A referenciaérték megmérése egy beépített csatlakozón keresztül az azonos műszerben lévő fényforrás és teljesítménymérő között történik (5. ábra).

A műszerekbe épített intelligencia és automatizmusok segítik a mérés elvégzését. Az optikai szakasz két végére csatlakoztatott műszerek a fényvezetőn kommunikálva kicserélik egymással a mért referenciaértékeket, majd a beállított hullámhosszakon mindkét irányban megméri a teljesítményeket és kiszámítják a csillapításértékeket. A mérések a legtöbb műszer esetén automatikusan, egyetlen gomb nyomására megtörténnek, kiküszöbölve a mérésekből az esetleges emberi hibákat.



5. ábra

Kétirányú csillapításmérés automatikus tesztszettel

GPON rendszer esetén az üzemi hullámhosszak 1310, 1490, 1550 nm. A csillapításméréseket ezeken a hullámhosszakon kell elvégezni. Természetesen, ha KTV szolgáltatás nem lesz a rendszeren, az 1550 nm-es mérés elmaradhat. A korábbi kiadású csillapításmérő szettek nem tartalmazzák az 1490 nm-es fényforrás-modult. Kompromisszumos megoldásként elfogadható az 1550 nm-en történő mérés. 20 km hosszú szakasz esetén az ebből várható eltérés nem lesz nagyobb 0,4 dB-nél.

#### 4.2. Reflexiók

A passzív optikai hálózatban keletkező reflexiók elsősorban az analóg kábeltévés alkalmazások esetén okoznak minőségromlást, szerencsétlen esetben azonban a digitális kapcsolatokat is megzavarhatják. A zavarokat egyrészt a PON rendszer OLT vevőjébe a hálózat reflexiós pontjairól visszajutó saját jel okozza, másrészt az OLT lézer adójának instabilitását okozhatják az oda visszajutó jelek.

Az optikai reflexiós csillapítást (ORL) a berendezések csatlakozási pontjain értelmezzük és a haladó jelek ( $P_h$ ), illetve a reflektáló felületről visszavert jelek ( $P_r$ ) viszonyaként logaritmikus léptékben (dB-ben) fejezzük ki.

$$ORL = 10 \log \frac{P_h}{P_r} \text{ [dB]}$$

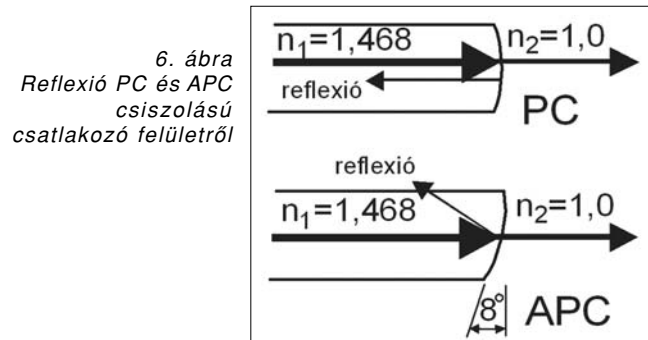
Ebben az értelemben a reflexiós csillapítás mérőszáma mindig pozitív szám és minél nagyobb a mérőszám, annál kedvezőbb reflexiós csillapításról beszélünk. Az optikai reflexió (OR) ezzel szemben a hálózat egy adott pontjáról reflektált teljesítmény ( $P_{nr}$ ) a haladó jel teljesítményéhez ( $P_h$ ) viszonyítva és negatív szám.

$$OR = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2} = 10 \log \frac{P_{nr}}{P_h} \text{ [dB]}$$

Az optikai hálózatban jellemzően ilyen reflexiós pontok azokon a helyeken lépnek fel, ahol törésmutató váltás történik ( $n_1 \rightarrow n_2$ ) például üvegszálból levegőbe, optikai csatlakozók vagy mechanikus kötések esetén. Egy üresen hagyott mérőleges csiszolású (PC) optikai csatlakozó által okozott reflexió -14,4 dB.

PON rendszerekben az OLT oldalon előírt, megkövetelt optikai reflexiós csillapítás legalább 32 dB. Az ér-

ték teljesítése érdekében általános szabály, hogy az optikai elosztóhálózatban (ODN), beleértve az ONU csatlakozásokat is, csak alacsony reflexiójú, ferde csiszolású (APC) optikai csatlakozókat használnak. Az APC csatlakozók nyitott állapotban is nagyon alacsony reflexiót okoznak köszönhetően a ferde csiszolásnak (6. ábra).



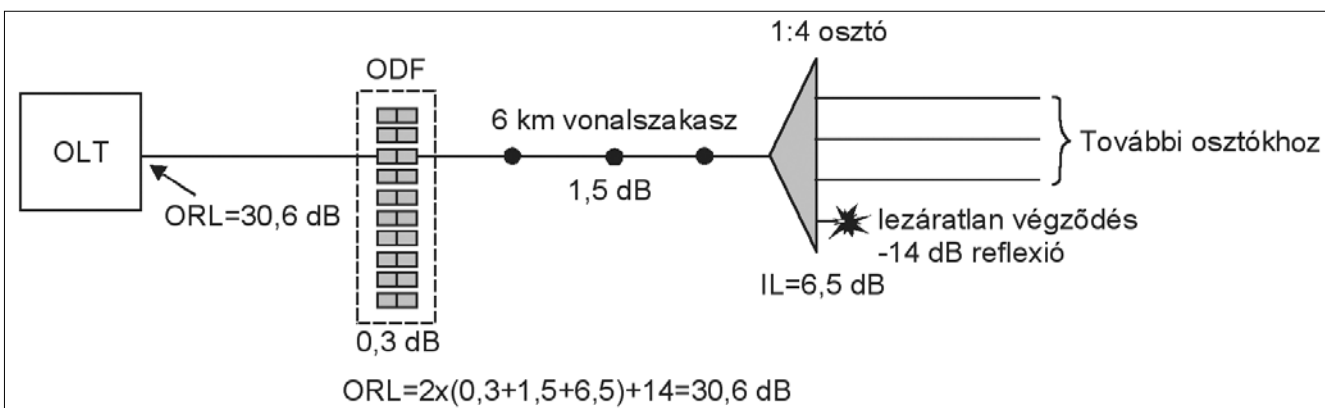
6. ábra Reflexió PC és APC csiszolású csatlakozó felületről

A 8 fokosra csiszolt csatlakozóvégén fellépő reflexió kilep a szál magjából és nem terjed visszafelé. Kis osztásarányok és rövid szakaszok esetén előfordulhat, hogy egy-egy üresen hagyott, APC csatlakozó nélküli optikai osztó-végződés nem megengedett mértékű reflexiót okoz a hálózaton. A 7. ábrán látható szituációban például az 1:4 osztó egy szabadon hagyott kimenetéről keletkező reflexió meghaladhatja a megengedett mértéket.

A reflexiós csillapítás mérésére két eljárás ismert. Az egyik az úgynevezett folyamatos hullámú reflexiómérés (OCWR) elvű módszer, a másik módszer szerint az optikai visszaszórásmérők (OTDR) által felvett visszaszórás görbéből számítható a reflexió.

Az OCWR módszer alkalmazásánál egy fényforrásból optikai iránycsatolón keresztül folyamatosan fényt bocsátunk a fényvezetőszálba, majd a reflexiós helyekről visszavert fényt iránycsatoló segítségével egy optikai detektorra irányítjuk. A mérés előtt egy ismert mértékű reflexiót okozó lezárással a teljesítménymérőt kalibrálni kell. Ilyen ismert lezárás lehet akár egy sértetlen felületű, tiszta PC csatlakozó felület, amely 14,4 dB reflexiót okoz. A mérőrendszer mérési tartományát ellenőrizni lehet úgy, hogy a rendszert egy nem reflektáló lezárással zárjuk le. Ez történhet úgy, hogy a csatlakozó végére az üvegszál törésmutatójával megegyező törésmutatójú folyadékot cseppentünk (index-matching gel), vagy az üveg-

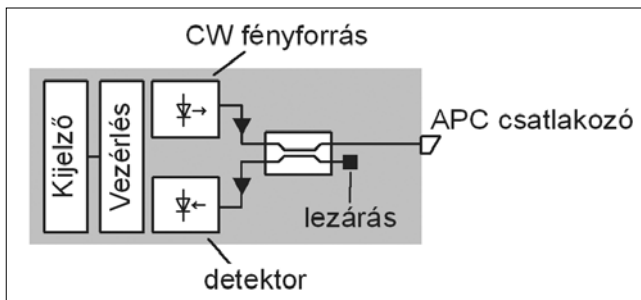
7. ábra Reflexió egy szabadon hagyott osztó kimenetről



szálat olyan kisátmérőjű rúdra csavarjuk fel (~10 mm), amely átmérő mellett a fény a magból már kilép. Ez utóbbi módszer a gyakorlati alkalmazásokban is megjelenő hajlításérzékenyen szálok esetén már nem használható.

A 8. ábrán látható mérési összeállítás egy célműszerbe integrálva is megvásárolható, nem szükséges egyedi elemekből azt összeállítani. A módszerrel ±0,5 dB pontosság érhető el. A mérés nagyon egyszerűen kivitelezhető és 70 dB-ig jól alkalmazható. Az így végzett mérés a hálózat végpontjain pontos, valóság-hű képet ad a mögöttes hálózatban keletkezett reflexiók mértékéről. Itt kell megjegyezni, hogy a fényvezetőben állandóan jelenlévő Rayleigh-szórásból eredő reflexió mértéke -80 dB körüli érték.

8. ábra Reflexió csillapításmérő (OCWR) elvi felépítése



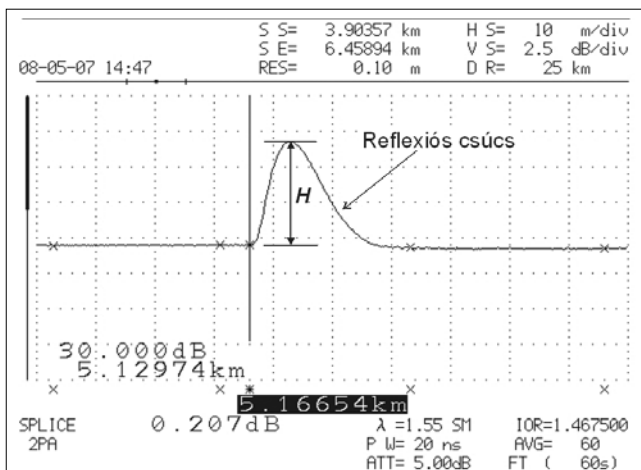
Az OTDR műszerek a fényvezetőszálba bocsátott impulzusok, illetve a visszaszórás idődiagramban történő megjelenítésével mintegy feltérképezik a fényvezetőszálak csillapításviszonyait. A reflexiók helyek jellegzetes csúcscsökként jelennek meg az OTDR ábrákon. A fényvezetőszálba bocsátott impulzusok szélességének ismeretében az ábrából kiszámítható a reflexió mértéke. Az elérhető pontosság ±2...3 dB. A reflexió mértékét, a számítás egyes OTDR műszerek automatikusan meghatározzák, másoknál ez a feladat mérést végző technikusra hárul. A számításhoz használható egyenlet a következő:

$$R = B_{ns} + 10 \log((10^{\frac{H}{5}} - 1)D),$$

ahol  $H$  a reflexió csúcs nagysága,  $D$  az OTDR impulzus szélessége,  $B_{ns}$  a visszaszórási tényező.

Ez utóbbi értéke 77...81 dB közötti érték (9. ábra).

9. ábra OTDR ábra reflexió csúccsal



Az OTDR műszerrel a hálózat adott pontjára vonatkoztatott reflexió csillapítás is meghatározható, bár meg lehetőséges pontatlanul. Óriási előny viszont, hogy a reflexió helyéről azonnali és pontos információhoz jutunk. Tehát OCWR módszerrel pontos eredményhez jutunk, de hiba esetén a reflexió helyéről semmilyen információt nem kapunk. Ilyen esetekben az OTDR műszerrel történő hibahely meghatározás elengedhetetlen.

### 4.3. Hálózatcsillapítás-karakterisztika

A hagyományos pont-pont optikai rendszereknél régóta használt, kiforrott módszer az OTDR műszerrel a fényvezetőszál csillapítás karakterisztikájának felvétele. A karakterisztikán a fényvezető mentén fellépő összes csillapításemény jól azonosítható. A fellépő csillapítások, reflexiók mértéke és azok helyei nagy pontossággal azonosíthatók.

PON rendszerek esetén a pont-többpont struktúra miatt az OLT oldalról történő méréssel a száلكarakterisztika felvétele, illetve az eredmény kiértékelése jóval bonyolultabb feladat, gyakran egyértelműen nem is lehetséges. Az osztók mögötti rész fényvezetőiről az OTDR-be érkező visszaszórt jelek átfedik egymást. Az egyes események (esemény: csillapításlépcső, reflexió) távolságának azonosítása egyértelműen megtehető, de az, hogy az adott esemény az optikai osztó után mely ágon található, annak azonosítása már kérdéses. Pont-pont optika esetén egy OTDR ábra alapján a fényvezetőszakasz különösebb gyakorlat nélkül is jó jellemezhető. PON rendszer esetén a hálózat pontos ismerete nélkül – amiről az OTDR ábra készült – gyakorlatilag semmi nem mondható. Különösen igaz ez akkor, ha a hálózatban több lépcsőben vannak osztók elhelyezve. Némi eredménnyel kecsegtethet az a lehetőség, hogy a hálózat installálása után – hibátlan állapotban – rögzítünk egy OTDR képet. Ezt később referenciaként lehet használni egy hibás állapot analizálásra.

Sokkal időigényesebb a hálózat feltérképezése az ONU oldalról. Az összes végpontot végigjárva mérni kell az OTDR műszerrel. A hálózat adott ágáról ebben a szituációban teljesen korrekt és jó áttekinthető képet alkotunk egészen az OLT-ig. A reflexiók helyek, csillapítások egyértelműen azonosíthatók.

Az PON hálózat méréséhez nincs szükség a jelenlegiektől drasztikusan különböző képességű OTDR műszerek alkalmazására. Az osztók csillapítása miatt nagy dinamikatarományra van szükség, ugyanakkor a nagy felbontóképesség is követelmény a rövid távolságok miatt.

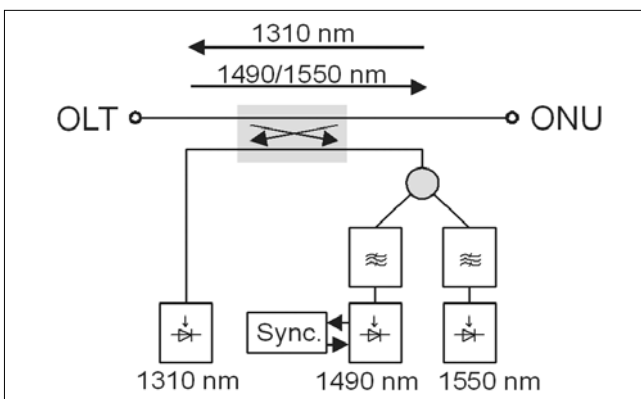
### 4.4. Teljesítménymérések

PON rendszerben egy optikai teljesítmény megmérése nem egyszerű feladat, a hagyományos optikai teljesítménymérő műszerrel nem is lehetséges. A problémákat az egy fényvezető rendszer, az irányonként különböző hullámhosszak, az OLT-k irányába küldött borszűs forgalom okozza. Ráadásul a rendszert megbontva a rendszer adott ága leáll, márpedig a hagyományos optikai teljesítménymérő csatlakoztatása másképp nem lehetséges.

A teljesítményszintek méréséhez ezért speciális, a fényvezetőbe iktatható teljesítménymérőt kellett kifejleszteni. A szálba iktatott műszer 1...2 dB beiktatási csillapítás árán képes a két irány hullámhosszainak szétválasztására és a borsztös forgalomra szinkronizálva az ONU-kból származó teljesítmény megmérésére.

A „PON teljesítménymérő” folytonossá teszi a fényvezetőszálát az OLT és az ONU között. A beépített optikai szűrők és szinkronizáló elektronika képessé teszik a műszert az 1310, 1490, 1550 nm-es hullámhosszak egyidejű megmérésére (10. ábra). A módszerrel az előfizetői (ONU) oldalon ellenőrizhetők az optikai szintek, ott ahol még csak egy ONU forgalom van. Egyelőre nincs alkalmas mérőműszer több ONU borsztjeinek megkülönböztetett mérésére.

10. ábra „PON teljesítménymérő” elvi felépítése



#### 4.5. Mérések a hálózaton

A PON hálózaton alapvetően két alkalommal kerül sor optikai mérésekre: a telepítés utáni ellenőrzések, minősítések alkalmával, illetve már üzemelő hálózaton történő hibakeresés esetén. Üzem közbeni folyamatos szálfigyelésre általában az előfizetői rendszerekben nem kerül sor. A műszaki lehetőségek megteremthetők, de az előfizetői rendszerek költségérzékenye miatt ezt a lehetőséget ritkán használják.

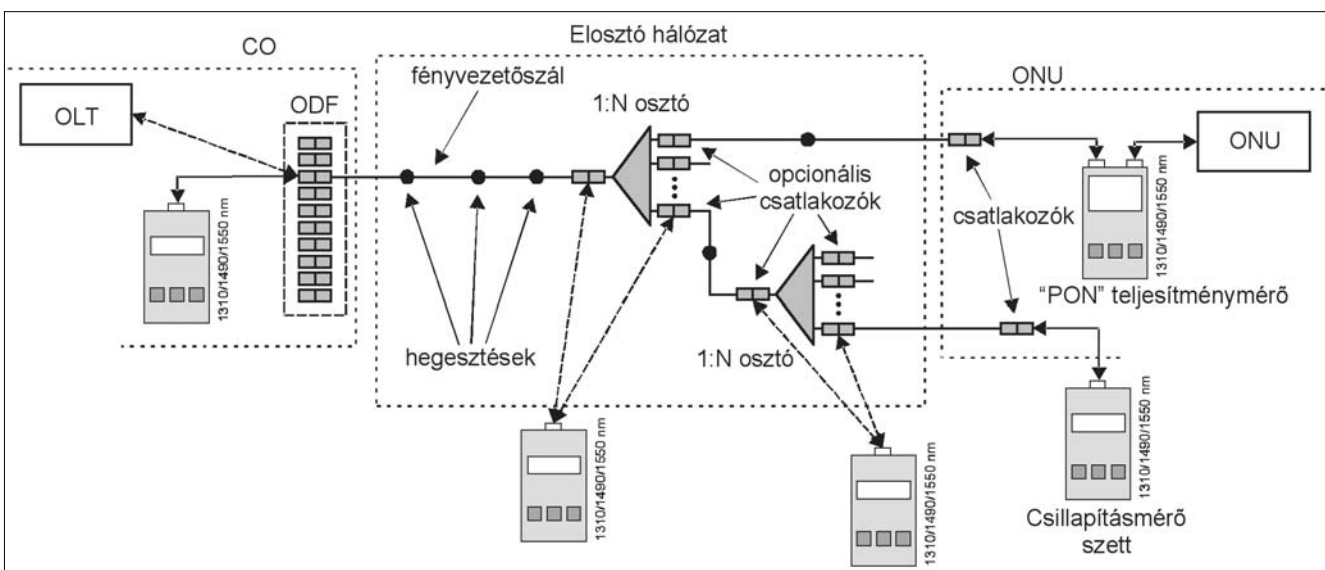
A hálózat telepítése után a legfontosabb a hálózat csillapításviszonyainak ellenőrzése. Az aktív berendezések majdani üzemeltethetősége szempontjából a végpontok között mért beiktatási csillapítás mérése fontos. A végpontokon itt az OLT oldali optikai rendszőt és az ONU oldali csatlakozási felületet kell érteni. A hálózatban az alkalmazott építési technológiáktól függően lehet, hogy vannak olyan pontok, ahonnan még egyszerűen végezhető mérések és a hálózat több szakaszra bontható. Ez elsősorban annak a kérdése, hogy a hálózatban elhelyezett osztók optikai csatlakozókon vagy hegesztett kötésen keresztül vannak a hálózata illesztve.

A mérések azokról a helyekről végezhetőek el egyszerűen, ahol a hálózathoz optikai csatlakozókon keresztül hozzá lehet férni. Csatlakozók alkalmazása esetén könnyedén megejthető csillapításmérés külön-külön az egyes fényvezetős szakaszokra. A hálózaton egy telepítés után meglehetősen nagyszámú mérésre van szükség a sok végpont miatt. Éppen a költségérzékenység miatt a gyors és megbízható mérések végzéséhez célszerű olyan komplex csillapításmérő szettek használatát, amelyek a méréseket két irányban automatikusan elvégzik 1310, 1490 és 1550 nm hullámhosszon. Nem követünk el nagy mérési hibát, ha az 1490 nm hullámhossz helyett csak 1550 nm-en történik a vizsgálat.

A telepítés utáni vizsgálatok alkalmával mind az OLT, mind az ONU oldalról célszerű reflexiós csillapítás mérést is végezni. Erre a mérésre a PON rendszerek működési elvéből fakadó fokozott reflexióérzékenység miatt van szükség. Maga a mérés néhány perc alatt kivitelezhető OCWR működési módot alkalmazó műszer segítségével.

OTDR-rel történő vizsgálatokra – sok hálózatüzemeltető véleménye szerint – csak akkor van szükség az átadás-átvételi mérések során, ha a csillapítás- és reflexió mérések eredményeiből hibákra lehet következtetni: például nagyobbak a beiktatási csillapítás valamely szakaszon a hálózatra előzetesen számítással meghatá-

11. ábra Optikai mérési lehetőségek/pontok PON hálózaton



rozott értékeknél. A visszaszórásmérőt az ONU oldalról alkalmazva a feltételezett hibahelyek (csillapításlépcső, reflexió) jól behatárolhatók. Az aktív berendezések üzembe helyezésekor az ONU berendezések elé csatlakoztatott speciális teljesítménymérővel az optikai szinteket lehet ellenőrizni.

Üzemelő rendszereken fellépő optikai hálózatos hibák igen nagy része a hálózatot ért fizikai behatás következtében lép fel. Ez többnyire szálszakadást vagy csillapításnövekedést jelent. Az esetek többségében az aktív berendezések menedzselő rendszeréből származó információkból azonosítható, hogy a hálózat mely részében történt a probléma. A leszakadó ONU-k azonosítják azt az optikai ágat, ahol a hiba történt. A pontos hibahely meghatározáshoz OTDR műszert kell használni. A hálózatról leszakadt valamelyik ONU felől a hálózatba mérve az esetek többségében a hibahely egyértelműsíthető.

Az OTDR-es mérés üzemelő rendszeren is lehetséges néhány óvintézkedés megtétele után. Mérési hullámhossznak 1625 vagy 1650 nm-t kell választani. Meg kell akadályozni, hogy az OTDR-be az OLT-ből kibocsátott 1490 nm-en üzemi hullámhossz bejusson és megzavarja a műszer működését. Ez a műszer kimenetére illesztett felülráteresztő optikai szűrővel megoldható. Néhány OTDR már eleve beépítve tartalmaz ilyen opciót. Az OLT oldalon meg kell akadályozni, hogy az OTDR mérőjele az OLT-be jusson.

A mérés idejére az OLT elé az OTDR hullámhosszán működő blokkolósűrőt kell elhelyezni. A szűrő elhelyezése ugyan néhány percnyi üzemkiesést okoz, de az épen maradt hálózatrészekben a szűrő felhelyezése után a hibaelhárítás ideje alatt is lehet szolgáltatni. A hálózat helyreállítása és ellenőrzése után az OLT-hez betett szűrő kevésbé fogalmas időszakban eltávolítható.

## 5. Összefoglalás

A távközlés átstrukturálódása, a „sávszélesség-éhes” alkalmazások a vezetékes elérési hálózatokban egyre inkább előtérbe helyezik fényvezetők alkalmazását. A

különböző PON rendszerek tűnnek műszaki/gazdasági szempontból megfelelő megoldásnak. Az optikai elosztó hálózat minősítéséhez, optikai méréseihez az eddigi pont-pont rendszereknél megszokott mérési eljárások csak részben használhatók. Új módszerek alkalmazására és részben újfajta optikai műszerekre van szükség.

### A szerzőről

**Jeszenői Péter** 1982-ben szerzett villamosmérnöki diplomát. 1991-ig a Távközlési Kutató Intézetben mikrohullámú berendezések és műszerek fejlesztésében vett részt. Érdeklődése a 80-as évek végétől az optikai távközlés felé fordult. 1991-től kezdődően a Magyar Telekom (Matáv) PKI-ban optikai távközlést érintő témákon dolgozik. Részt vett a Magyar Telekom optikai gerinchálózatának kialakításában, továbbfejlesztésében. Jelenleg a fénytávközléssel kapcsolatos méréstechnikával foglalkozik.

### Irodalom

- [1] Andre Girard,  
FTTx PON Technology and Testing.  
Exfo Electro-Optical Engineering, Inc., 2005.
- [2] J. Laferriere at al.,  
Reference Guide to Fiber Optic Testing.  
Volume 1., JDS Uniphase Corp., 2007.
- [3] Stave Grady (Ed.):  
The book on FTTX.  
ADC Telecommunications, Inc., 2005.
- [4] Duwayne Anderson, Florian Bell,  
Optical Time-Domain Reflectometry.  
Tektronix, Inc., 1997.
- [5] Matthew Adams,  
Insertion Loss and Return Loss –  
Keys to FTTx Passive Component Reliability Testing.  
JDSU White Paper, April 2008.
- [6] FTTH Council,  
Network Infrastructure Committee:  
Infrastructure Components and Deployment Methods.  
Barcelona, 2007.

