

Vígh Sándor

Optikai hálózatok felépítése

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Távközlési szaktevékenységek

A követelménymodul száma: 0909-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-017-50



OPTIKAI HÁLÓZATOK FELÉPÍTÉSE

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Egy újonnan érkező kolléga számára kell bemutatni az optikai hálózatok felépítését.

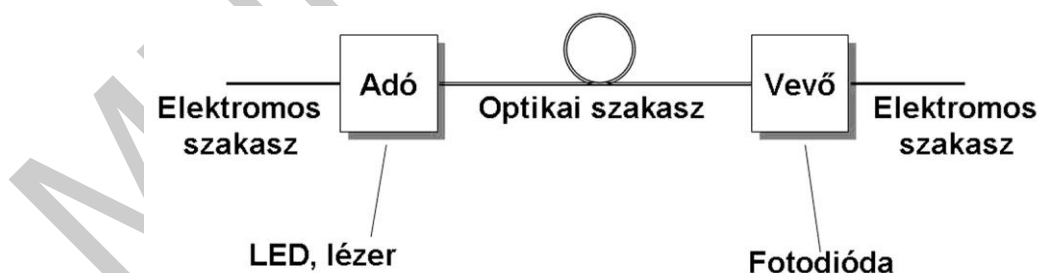
Röviden mutassa be az optika alkalmazási területeit! Térjen ki a tulajdonságaira, átviteli paramétereire! Részletezze a hálózati struktúrákat és megoldásokat mind a gerinchálózatokon, mind pedig az előfizetői hálózati síkon!

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

OPTIKAI HÁLÓZATOK FELOSZTÁSA

1. Optikai hálózatok jellemzői

Az optikai hálózatok kezdetben csak a vonal jobb kihasználását szolgálták. Ez annyit jelentett, hogy pont-pont összeköttetésben az elektromos jelet átalakították optikai jelfolyammá, melyet továbbítottak a másik állomás (pont) felé. Ott visszaalakítva a jelet visszakapták az eredeti információt.



1. ábra. Az optikai átvitel

Ebben esetben csak a vonalon – két pont között – történt optikai átvitel. Kihasználták, hogy 60–100 km-t lehetett így módon erősítő, vagy egyéb aktív elem nélkül áthidalni.

Azóta az optikai hálózatok is nagy fejlődésen mentek keresztül, jeleket ágaztattak le és rendeztek át, hullámhossz konverziót végeztek, többfelé szétosztották ugyanazt a jelfolyamot. Tulajdonképpen hasonló megoldások születtek, mint a hagyományos, rezes hálózati struktúrákon belül.

Az optikai hálózatok előnyei:

- áthidalható nagyobb távolság
- nagy átviteli sebesség
- nagy sávszélesség
- kisebb helyigény

Az áthidalható távolság két alapvető paramétertől függ: a csillapítástól és a diszperziótól. A csillapítás hullámhossz függő, ezért az optikai hálózatokat leggyakrabban 1300 és 1550 nm környékén alkalmazzák. Itt 0,36–0,22 dB/km-es fajlagos csillapítás értékekkel számolhatunk. A diszperzió csak nagy távolságokon befolyásolja az átvitelt, így a gerinchálózati megoldásoknál kell csak számolni vele.

A nagy átviteli sebesség jelenleg 2,5–40 Gbit/s nagyságrendű. Ezt eddig csak a nagytávolságú gerinchálózatokban használták ki, de a gigabites Internet megjelenésével már az előfizetői oldalon is jelentkezik az igény.

A nagy sávszélesség azt jelenti, hogy a nagysebességű jelekből párhuzamosan többet is át lehet vinni, ezáltal megsokszorozva egy jel sávszélesség igényét. Jelenleg ez elméletileg 5 Tbit/s nagyságrendbe esik. Ha a hagyományos telefonátvitelt vennénk alapul, akkor egyetlen optikai szálon egyidejűleg több mint 60 millió előfizető lenne képes kommunikálni egymással.

2. Jelátvitel megvalósítása az optikai hálózatokon

Az optikai átviteli közeg alkalmas mindenfajta átviteli megoldásra, de ezek a megoldások meghatározzák a konfigurációját a hálózatnak. Átvihető rajta többek között analóg jel is. Ezt a megoldást a mai napig alkalmazzák a kábeltévé esetében, ahol az elektromosan összeállított szélessávú jelet konvertálják át optikaivá és továbbítják az előfizetők felé.

A leggyakoribb átviteli mód természetesen a mai világban már digitális. Ennek ellenére több módszer is létezik. Van szimplex és van duplex összeköttetés. Mindez megvalósítható egy illetve két szálon is. A telefonátvitelben duplex kétszálal kivitel valósítottak meg. Ez azt jelenti, hogy az egyik irányt az egyik szálon, míg a másik irányt (a visszirányt) a másik szálon bonyolítják le. Ilyenek a gerinchálózaton megvalósított összeköttetések. Ez a legstabilabb, legjobb minőséget nyújtó megoldás. Az előfizetői hálózatban már megjelentek az egyszálal kivitelek is. Itt ún. ping-pong módszert alkalmaznak, azaz hol az egyik, hol pedig a másik irány él.

Létezik aszimmetrikus átviteli forma is. Tipikusan ilyen a műsorszórás, ahol az átviteli jeleket csak egyirányban továbbítják. Megjelent – törvényi előírás – a visszirány alkalmazása. Ez persze nem annyit jelent, hogy a tévé műsor lenne duplex, hanem hogy a műsor jele mellé olyan szolgáltatást is nyújtanak, mely duplex összeköttetést kíván meg.

Egyre gyakoribb igény az aszimmetrikus átvitel, melynél a letöltés és a feltöltés sebessége (itt sávszélessége) nem azonos. Ez adódik az Internet használatából, hiszen általában több jelet töltenek le, mint amennyit feltöltenek a világhálóra.

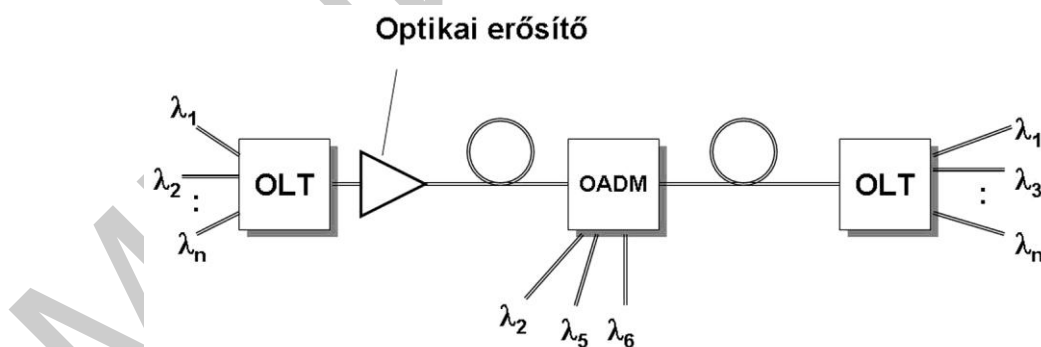
Az optikai hálózatok nagy fejlődésen mentek keresztül. Annyira általánossá vált, hogy egyre nagyobb sávszélesség igényel lépnek fel a szolgáltatók felé. Ehhez viszont a hálózati keresztmetszet nem megfelelő, kevés lett a lefektetett szálszám.

Mivel a legdrágább maga a fizikai hálózat kiépítése, ezért új megoldásokat vezettek be. Ilyen a WDM technológia, melyben az egy szálon párhuzamosan továbbított jelek száma már 100-as nagyságrendet is elérheti. Ez a módszer alkalmas kétirányú összeköttetés megvalósítására is egyetlen egy optikai szálon. Ez annyit jelent például, hogy a feltöltést 1310 nm-en, míg a letöltést 1550 nm-en valósítják meg.

AKTÍV OPTIKAI HÁLÓZATOK

1. Gerinchálózati megoldások

Az optikai hálózatok két nagy csoportra oszthatók. Az aktív és a passzív optikai hálózatokra. Míg az első típusban aktív elemek találhatók a csomópontokon, vagy erősítőt és regenerátort tartalmaz, addig passzív esetben csak passzív eszközök találhatók a két végpont között.

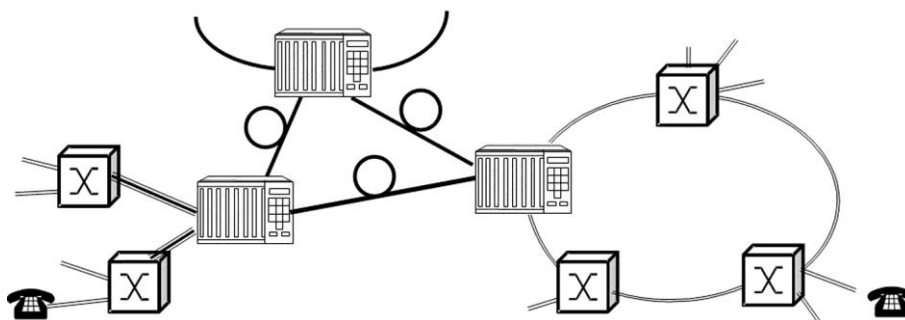


2. ábra. Az aktív optikai hálózat felépítése

A gerinchálózat és a helyközi hálózatok aktív eszközöket tartalmaznak, az előfizetői hálózatban van példa mindkét típusra. Tervezésnél előnyben részesítik a passzív optikai hálózatokat, mert olcsóbb eszközökkel építhetők, üzemeltetésük költsége is kisebb és kevesebb hibalehetőséget hordoz magában.

A gerinchálózat minden ország legforgalmasabb hálózati szegmenséhez tartozik. Itt nagyon fontos a nagy távolságok hibamentes átvitele. Ezt oly módon, hogy a továbbítandó jel sebessége meghaladja a 100 Mbit/s–ot is. Hagyományos kábeleken ekkora jelsebesség csak pár száz méterre lenne továbbítható.

A hálózat végpontján található OLT tulajdonképpen egy multiplexer. Ennek feladata a nagyszámú jel egyetlen jelbe való behelyezése, illetve a másik irányból érkező jel szétbontása. A kimeneti jel szintje 0 dBm körüli, mely elegendő 60 km távolság áthidalására erősítő vagy más aktív elem alkalmazása nélkül. Az aktív eszközök között nem csak multiplexereket találunk, hanem leágazó multiplexereket és cross-connect-eket is. Ezek segítségével érhetők el a jelek leágasztatása, szétosztása.



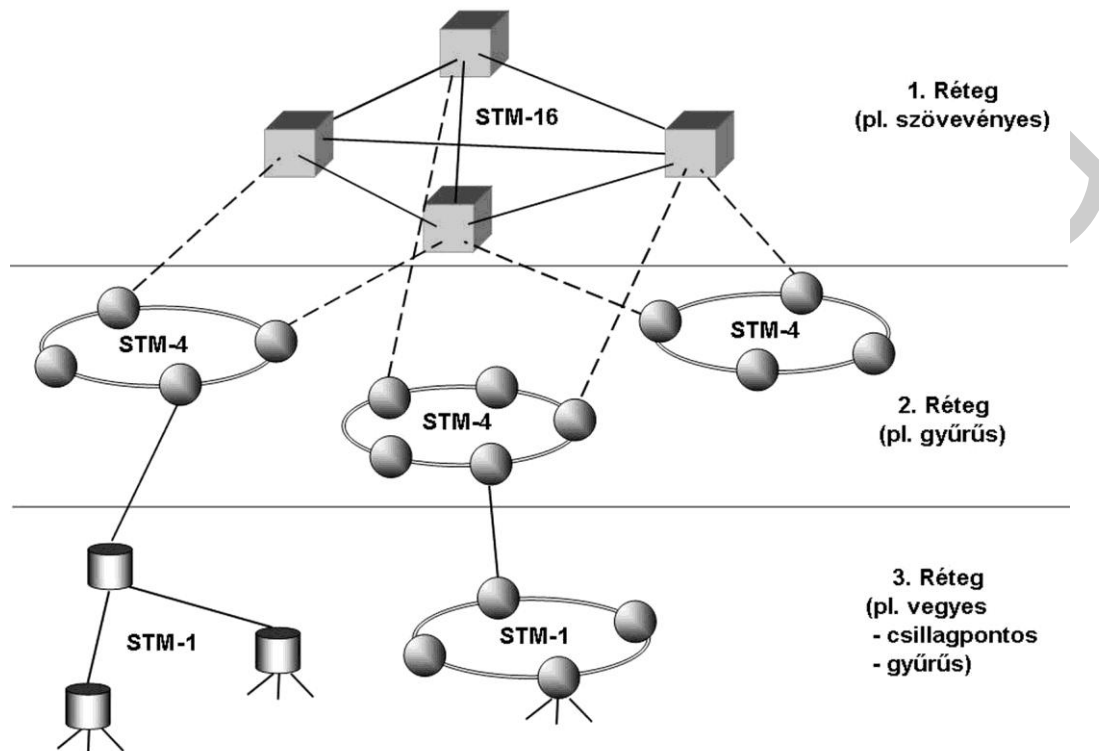
3. ábra. Gerinchálózat felépítése

A magyarországi gerinchálózat többszintű. A legfelső szint a maghálózat, mely a főbb csomópontokat köti össze. Ez általában szövevényes struktúrájú, azaz mindegyik mindegyikkel fizikailag össze van kötve. Ily módon egy stabil, tartalékolással ellátott hálózat építhető ki. Ez alatti hálózat már gyűrűs. Tartalékolás szempontjából már nem annyira stabil, kevesebb a redundancia, viszont az egyik legolcsóbban, a legkevesebb kábeltől kiépíthető struktúra. Az átviteli sebesség itt is nagy, egy-egy ilyen csomópont egy adott területet lát el szolgáltatásokkal.

A hálózaton látható, hogy réteges felépítésű. Különböző szinteket határoztak meg, melyek azonos funkciókkal és tulajdonságokkal rendelkeznek. Példaként a legmagasabb szinten érdemes a legstabilabb és legnagyobb kapacitású hálózati síkot kiépíteni. Itt már olyan számú és méretű jeleket multiplexálnak és küldenek tovább, hogy nagy problémát okozna a kiesés. A szövevényes struktúra biztosítja a meghibásodás elleni védelmet. Szakadás, kábelelvágás esetén – mivel az összes pont az összessel össze van fizikailag kötve – könnyen található kerülő útvonal, melyre átkerülve a forgalmat, megszűnik a hálózatkiesés.

A gyűrűs hálózati struktúra az egyik kedvelt hálózatkialakítási forma. Előnye, hogy ez is rendelkezik tartalék megoldással hiba esetére. A másik irányban még az adott állomás elérhető. Előnye, hogy sokkal olcsóbb megoldás, mint a szövevényes struktúra, mivel a topológiának megfelelően csak egyszerűen "láncfűzik" az állomásokat.

Mivel az optikai szakaszok 60 km nagyságrendűek lehetnek, ezért ez a megoldás kiválóan alkalmas a nagyobb települések felfűzésére. Mivel a távolságok Magyarországon nem haladják meg a 60 km-t, erősítőt és regenerátort nem szükséges alkalmazni alapesetben, hiszen a csomópontokon aktív optikai elemek találhatók (multiplexerek), melyek a jelszintet is automatikusan helyreállítják.

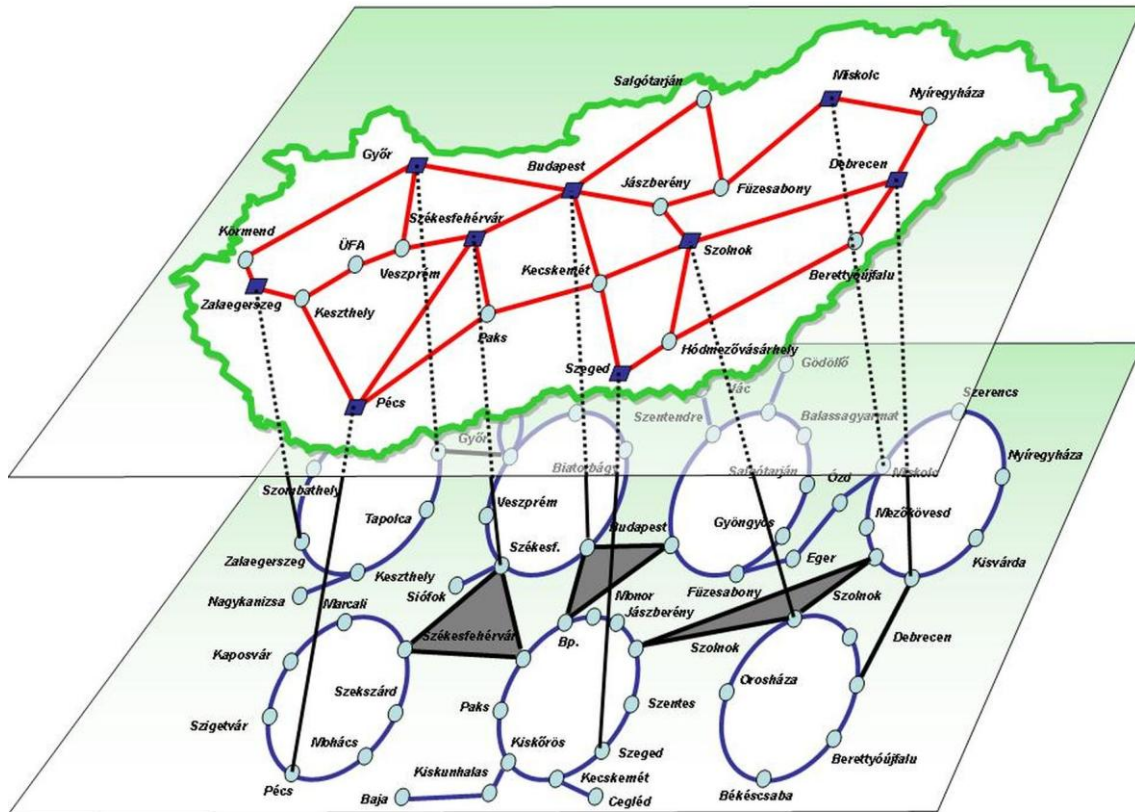


4. ábra. A réteges hálózat felépítése

A helyi és az access hálózatok struktúrája már sokféle lehet. Legtöbbször azonban csillagpontos, csak egyes fontosabb felhasználók felé történik tartalékkal rendelkező konfiguráció kiépítése.

Példaként az 5. ábrán látható Magyarország távközlési gerinchálózata. Ez a távközlési céllal épített egyik gerinchálózat, az országban párhuzamosan több is megtalálható. Ennek oka, hogy egyrészt több szolgáltató van a piacon és a többségük rendelkezik saját gerinchálózattal. Ezek mellett a más célból kiépített országos méretű hálózatokban is megjelent a távközlés, mely szintén alkalmas a nagysebességű jelátvitel megvalósítására. Ilyen például az áramszolgáltató kiépített hálózata, de említhetjük a vasúttársaságokét vagy a műsorszóró állomások között kiépített struktúrát illetve az energiaellátó központok között megvalósított üvegszálalás átvitelt. Ezek mindegyike teljesen, vagy részben lefedi az országot, de a csomópontok máshol vannak.

A Telekom hálózatának szekunder síkja szövevényes struktúrában köt össze kilenc szekunder központot (az ábrán kék négyzettel jelölve). A nyomvonal kialakításánál törekedtek arra, hogy minden központot minimum két irányból meg lehessen közelíteni. A hálózat szövevényes, mindegyik fizikailag mindegyik központtal közvetlen össze van kötve, de vannak szakaszok, melyek közösek. Az itt alkalmazott kábelben lévő szálak közül van amelyik az egyik központ felé, van olyan amelyik a másik központ felé van bekötve.



5. ábra. Magyarország gerinchálózata

A másik sík a primer központok síkja. Jól látható, hogy gyűrűs megoldást alkalmaztak. Több gyűrűre felfűztek egy-egy területet. Van olyan állomás, mely több gyűrűnek is a része, ez szintén a tartalékolást segíti elő. Minden gyűrű több ágon csatlakozik a felette lévő szekunder síkhoz.

Egy gerinchálózaton nem csak egyféle szolgáltatás továbbítható, így fontossá vált a minél nagyobb sávszélesség kiépítése. Több jel multiplexálásához, illetve különböző jelek egyidejű átviteléhez kiváló lehetőséget nyújt a WDM technológia.

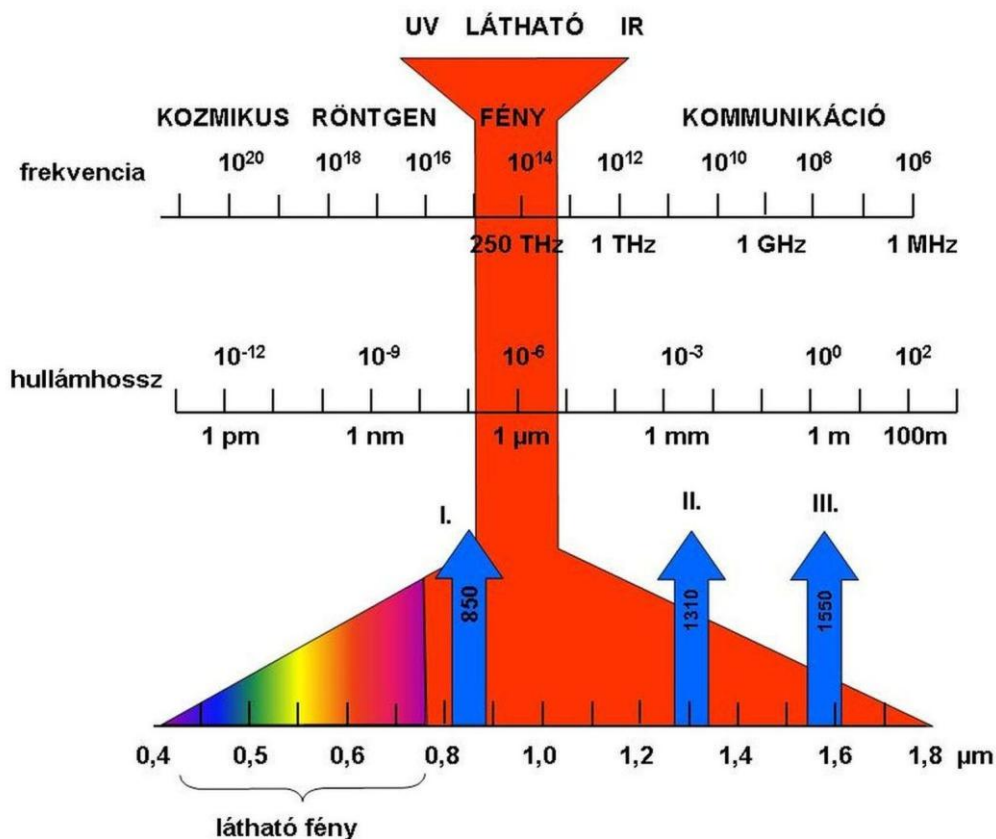
2. WDM technológia

A hullámhossz multiplexálás tulajdonképpen azt jelenti, hogy különböző színű fénnel más és más szolgáltatások jeleit lehet párhuzamosan egyetlen optikai szálon továbbítani. Ez két átviteli mód kombinációja. Az időosztással előállított nagy sáv szélességű jeleket – egy-egy sávként kezelve – különböző frekvencia tartományokba transzponálva (más más hullámhosszon) viszik át egyetlen egy vonalon.

Hogy miért nevezik ezt hullámhossz multiplexálásnak? Mert ez az eljárás az optikai hálózatokon terjedt el, hiszen ezek képesek a nagy sáv szélességű jeleket hibamentesen nagy távolságra átvinni. A hullámhossz és a frekvencia hasonló fogalmak, az egyik mennyiség a másikba egy nagyon egyszerű képlet segítségével átszámítható.

$$c = \lambda \cdot f$$

- ahol c = a fény sebessége
- λ = a fény hullámhossza
- f = a frekvenciája



6. ábra. A fény frekvenciatartománya

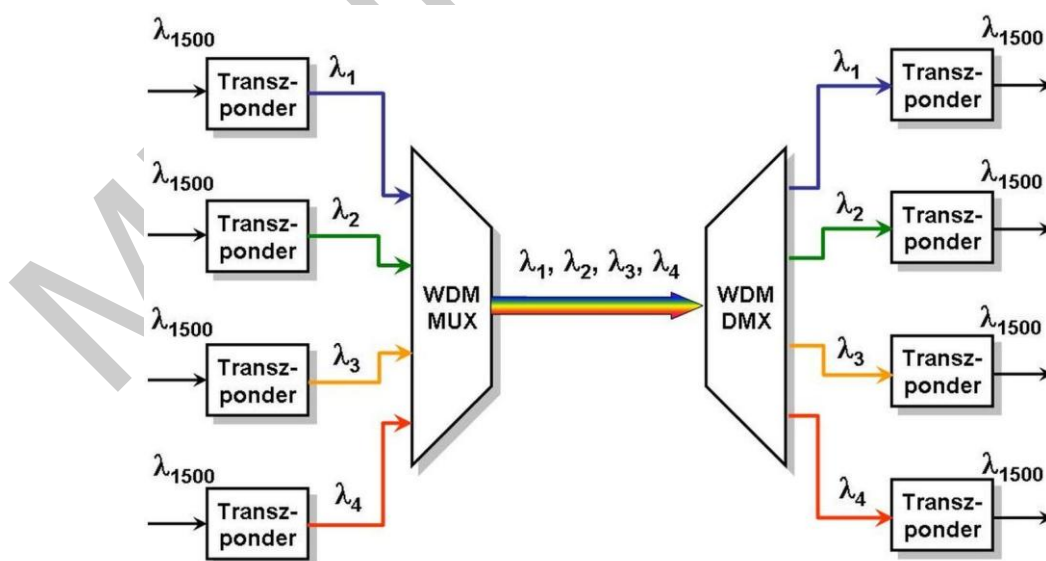
Megvizsgálva az elektromágneses hullámok felosztását a frekvencia illetve a hullámhossz függvényében azt tapasztaljuk, hogy a fény tartománya egy nagyon keskeny spektrum. A látható fény pedig még ennek is a töredéke. Távközlésre viszont a nem látható fény tartománya közül a három – kék nyíllal jelzett – átviteli ablakot használjuk, WDM (Wavelength Division Multiplexing = hullámhossz osztásos multiplexálás) technológiára pedig csak a II. és a III. ablak (1310 nm; 1550 nm) alkalmazható.

Még egyszerűbb megérteni az elvet, ha arra gondolunk, hogy az egyes nagy sáv szélességű jeleket az optikai szálakon különböző színnel (különböző hullámhosszon) viszzük át. Sokszor alkalmazzák is azt a kifejezést, hogy színezik a jeleket, mielőtt az optikai szálba csatolnák.

A 7. ábrán látható a WDM átvitel elve. Az 1550 nm hullámhosszon érkező szélessávú jelek időosztásos módon lettek összeállítva. Nagy sebességük miatt optikai kábeleken továbbítják őket, ide is ezen fognak érkezni. Eddig olyan rendszereket alkalmaztak, melyeknél az összes átviteli jel egyazon hullámhosszon került továbbításra, mely jól illeszkedett valamelyik átviteli ablakhoz.

Az első feladat tehát, hogy az azonos hullámhosszú jeleket át kell konvertálni (transzponálni) különböző hullámhosszakká. Ezt a feladatot végzik el a transzponderek, vagy más néven hullámhossz konverterek. Az így kapott színezett jeleket egy optikai multiplexer fogja egy szálba egyesíteni.

A vételi oldalon a demultiplexer feladata lesz a kevert (színezett) jelből szétválogatni az eredeti jeleket. Ez optikai rács segítségével történik, mely a különböző hullámhosszú jeleket különböző irányba téríti el. Az így kapott eltérő hullámhosszakat egy transzponder segítségével lehet az eredeti hullámhosszakká visszaalakítani (konvertálni).



7. ábra. A WDM alapelve

Az ábra csak négy jelre mutatja be a WDM elvét. A kérdés az, hány különböző optikai jelet lehet ilyen módon átvinni. Az átvitelnek vannak korlátjai, ilyen például maga az átviteli közeg. Kis csillapítása csak az átviteli ablakokban van, tehát minden színezett jelnek ezen ablakokban kell elhelyezkednie. Ez azt jelenti, hogy az egyes hullámhosszak közel vannak egymáshoz, például 1548 nm, 1549 nm, 1550 nm, ... és így tovább.

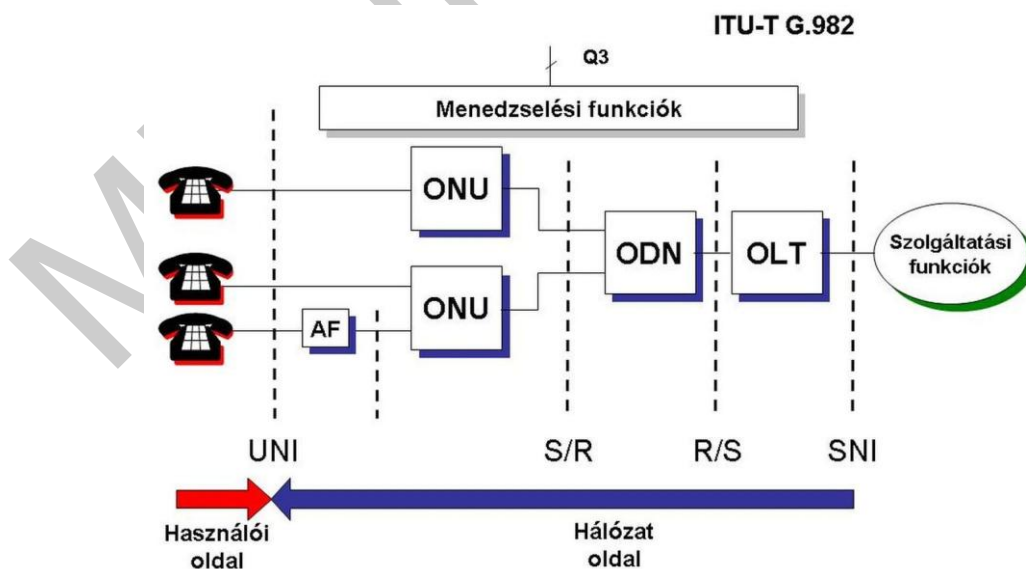
Szabvány szerint az 1550 nm-es ablakban maximálisan 128 különböző hullámhossz vihető át. A hullámhosszak egymástól „való távolságát” nem nm-ben, hanem frekvenciába átszámítva GHz-ekben adták meg. Amennyiben mind a 128 csatornát ki akarjuk használni, akkor a csatornatávolság 50 GHz-re, 64 csatorna esetén 100 GHz-re adódik. (Értelemszerűen 32 csatorna esetén 200 GHz, 16-os konfigurációnál 400 GHz adódik.) Ennek a kiosztásnak az oka, hogy az egymás „mellett” haladó jelek hatnak egymásra, áthallás keletkezhet, ezért lehetőleg minél távolabb kell elhelyezni egymástól az átvinni kívánt jeleket.

PASSZÍV OPTIKAI HÁLÓZATOK (PON)

Passzív optikai hálózatoknak nevezik azokat a hálózati megoldásokat, ahol az OLT (Optical Line Terminal = optikai vonali berendezés) és a végberendezés (itt ONU = Optical Network Unit) között nincs aktív elem, minden funkció passzív hálózati eszközökkel van megoldva.

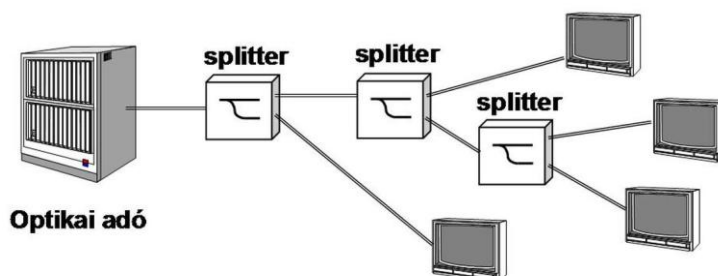
1. Passzív optikai hálózatok fajtái

A passzív optikai hálózatok leginkább az Access = hozzáférési hálózatokban terjedtek el. Oka, hogy itt nagyon sokféle kell szétosztani a hálózatokat, így sokszámú végberendezésre lett volna szükség aktív megoldások esetén. Az elosztó hálózat (ODN = Optical Distribution Network) feladata, hogy a jeleket eljuttassa minden felhasználó felé.



8. ábra. Access hálózatok felépítése

A passzív optikai hálózatok első széleskörű alkalmazása a kábeltévés előfizetői hálózatok voltak. Ezek a hálózatok általában splittereket (jelhasítókat) és szűrőket tartalmaztak, ezek segítségével osztották szét a jelet az előfizetők felé. Az osztás teljesítmény alapján történt, azaz minden készülékig az összes jel eljutott, mindenki saját maga választhatta ki ebből a neki tetsző csatornát.



9. ábra. A KTV hálózat felépítése splitterekkel

Ez a megoldás mindaddig megfelelő volt, míg egyirányú, azaz szimplex összeköttetést kellett továbbítani. Az első probléma a vissz irány megoldása volt, hiszen ezen az elven ezt nem lehetett megvalósítani. Később megjelentek a duplex, különböző típusú összeköttetések. Ezekre is megjelentek a kidolgozott átviteli módok és szabványok.

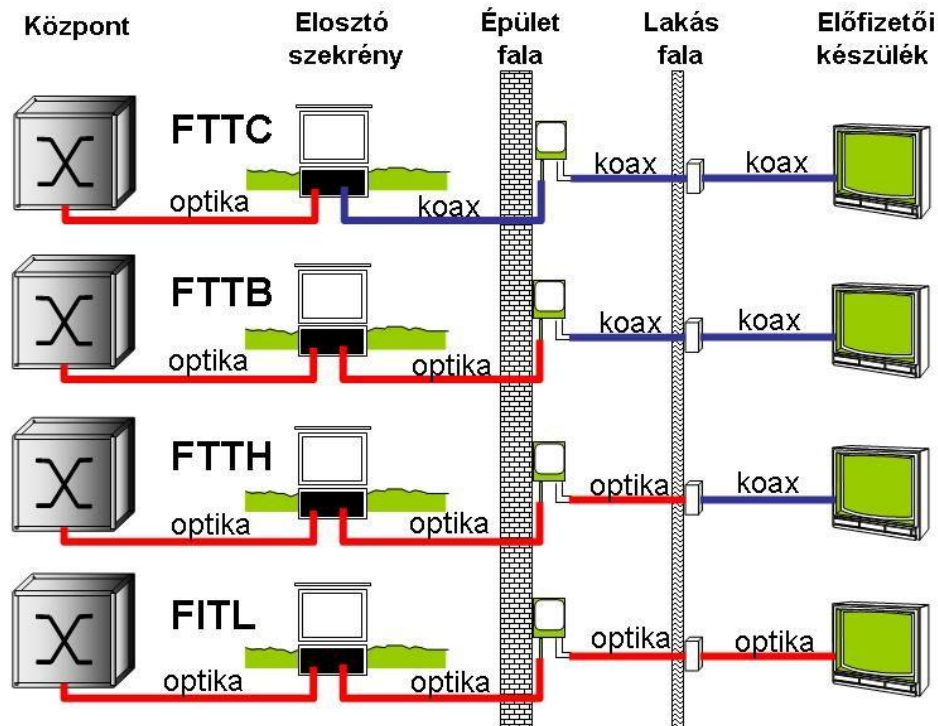
A másik gond a sávszélesség kérdése volt. A sokszámú csatorna átvitele nagyobb sávszélességet igényelt, melyet már hagyományos rézalapú koaxiális kábeleken már nem lehetett továbbítani. Megjelentek a HFC hálózatok (HFC = Hibrid Fiber and Copper), melyekben egy darabig optikai úton továbbították a jelet, s csak a végső pár száz méteren alkalmaztak koax kábeleket. Attól függően, hogy meddig került kiépítésre az optikai hálózat, különböző struktúrák jelentek meg:

- FTTC = Fiber to the Curb/Cabinet = optikai szál az utcai rendezőig,
- FTTB = Fiber to the Building = optikai szál az épületig,
- FTTH = Fiber to the Home = optikai szál a lakásig,
- FITL = Fiber in the Loop = optikai szál az előfizetőig.

Olyan területeken, ahol egy épületben nem laknak sokan, a szétoztást és a leágazást az utcán kell megoldani, ott az optikát is az elosztási pontig vezetik. Itt egy szekrényben, vagy alépítményben végződik az optikai jel és alakítják át elektromossá (FTTC). Ilyen alkalmazás tipikusan a családi házas övezet, de elképzelhető más területeken is.

Az épületen belüli alkalmazás már jobb abból a szempontból, hogy a kötés és a jel elektromossá alakítása is védett helyen történik (FTTB). Nagy blokkházakban, lakótelepeken általános megoldás.

Sajnos az elektromosan áthidalható távolságok csökkennek az átviteli jel sebességének növelésével. Ebben az esetben már az is előfordulhat, hogy az épületen belül kiépített strukturált hálózat nem bírja továbbítani a jelet. Ilyenkor a kiépítést célszerű a lakásig vezetni (FTTH).



10. ábra. Az FTTx hálózat megoldásai

A legjobb megoldásnak az előfizetőig történő optikai kiépítés (FITL) tűnik, de ehhez speciális interfésszel rendelkező végberendezések szükségesek, melyek jelenleg az előfizetőknek nem áll a rendelkezésére.

Attól függően, hogy milyen jelet továbbítanak a hálózaton, ezeket az FTTx hálózatokat továbbbontották:

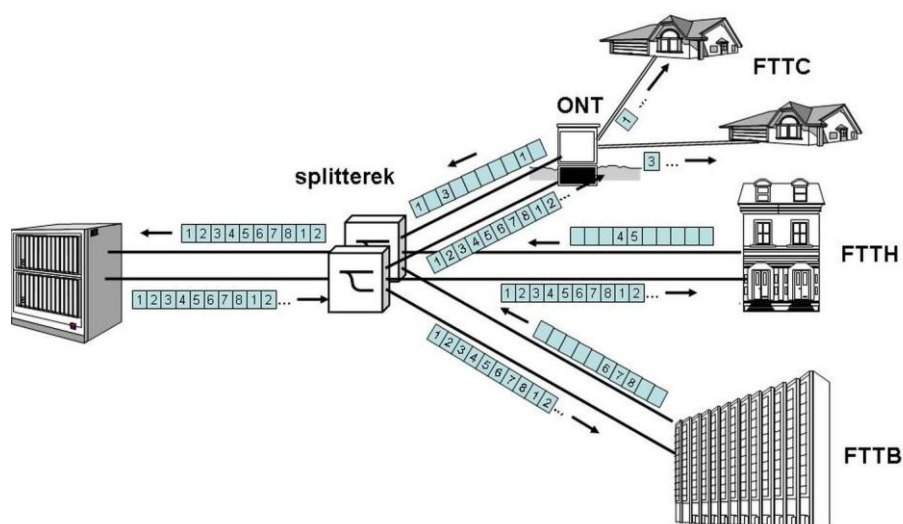
- | | |
|-----------|---|
| - TDM PON | Időosztásos átvitel passzív optikai hálózaton |
| - APON | Aszinkron átvitel passzív optikai hálózaton |
| - BPON | Szélessávú átvitel passzív optikai hálózaton |
| - EPON | Ethernet átvitel passzív optikai hálózaton |
| - GPON | Gigabit-es átvitel passzív optikai hálózaton |

Természetesen a fentiekén kívül is elképzelhető még másfajta átvitel is, mely megvalósítható optikán, de ez az anyag csak a legfontosabbakra tér ki.

A TDM (időosztásos multiplex) átvitel az egyik leggyakrabban használt jeltovábbítási mód, ezért elsősorban ennek adaptációját kellett megoldani a passzív optikai hálózaton. A splitterek tulajdonsága, hogy minden leosztott jel tartalmazza az összes bemenő jelet, így a vételi oldalon az előfizetőhöz ki kell választani és hozzárendelni a neki szóló üzenetet. A kábeltévé átvitelénél ezt a szerepet maga a készülék végezte el.

A nagyobb gond azonban a visszirány kérdése. Ehhez egy másik optikai szálát alkalmaznak, mely párhuzamosan fut az első szállal. Splitter (optocsatoló) itt is alkalmazható, mely összegzi a különböző irányokból érkező jeleket. Vigyázni kell azonban a késleltetési időkre, hiszen minden csatornát az összegzett keretbe adott időrésben kell elhelyezni.

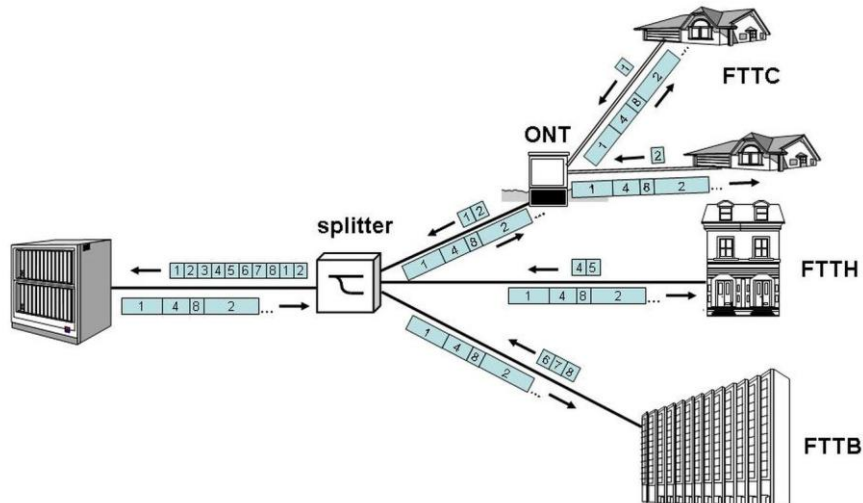
Ez a hálózati megoldás nem igazán terjedt el, mivel a hálózatbővítés csak nagy nehézségek árán oldható meg. A változó igényekhez sem alkalmazkodik, sávzélesség növelés csak a teljes rendszer átkonfigurálásával valósítható meg.



11. ábra. A TDM PON megvalósítása

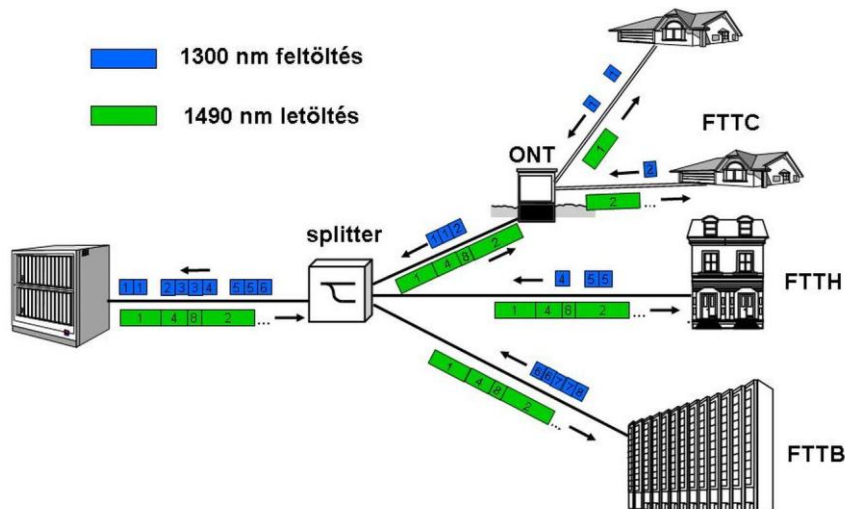
Aszinkron jeleknél, melynél az egy előfizetőhöz tartozó csatorna mérete különböző és időben változó, az ONT (Optical Network Terminal = optikai hálózati végpont) választja ki a neki szóló üzenetet és már csak ezt továbbítja az előfizető felé. Visszirányban még megtartható a TDM-nél alkalmazott módszer, a mindenki számára adott sáv kiosztása.

A jeltovábbítás történhet két szálon, mint a TDM PON esetében, de történhet egy szálon is kétirányú vonalat alkalmazva. Ez két módon is lehetséges. Időosztással, azaz a vonalon hol az egyik irányt, hol pedig a másik irányú jelet továbbítják. A másik mód a hullámhossz osztásos technológián alapul, a két irány hullámhossza különböző.



12. ábra. Az APON megvalósítása

Ilyen hálózaton továbbíthatók az Ethernet összeköttetések, valamint a szélessávú alkalmazások is. Természetesen a vissziránynál is lehet aszinkron átviteli módot megvalósítani.



13. ábra. A GPON hálózat felépítése

Egyre jobban elterjed a hullámhossz osztással megvalósuló technika, a GPON (Gigabites passzív optikai hálózat). A jelek továbbításánál egy saját keretelési rendszer segít a jelek szétválasztásában, összeállításában és jó minőségben való továbbításában. Nem csak Ethernet alapú szolgáltatásokat nyújt, hanem ATM alapúakat is. Az átviteli sebesség lehet szimmetrikus, vagy aszimmetrikus. Ez azért jó, mert különböző szolgáltatások átvitelét biztosíthatja, mint például kábeltévé, internet, vagy telefon.

A letöltés (downstream) 1550 (1480) nm-en történik akár 2,5 Gbit/s-os sebességgel. A feltöltés (upstream) hullámhossza 1300 nm, és sebessége bár kisebb általában, de a technológia itt is lehetővé tenné a 2,5 Gbit/s-ot is.

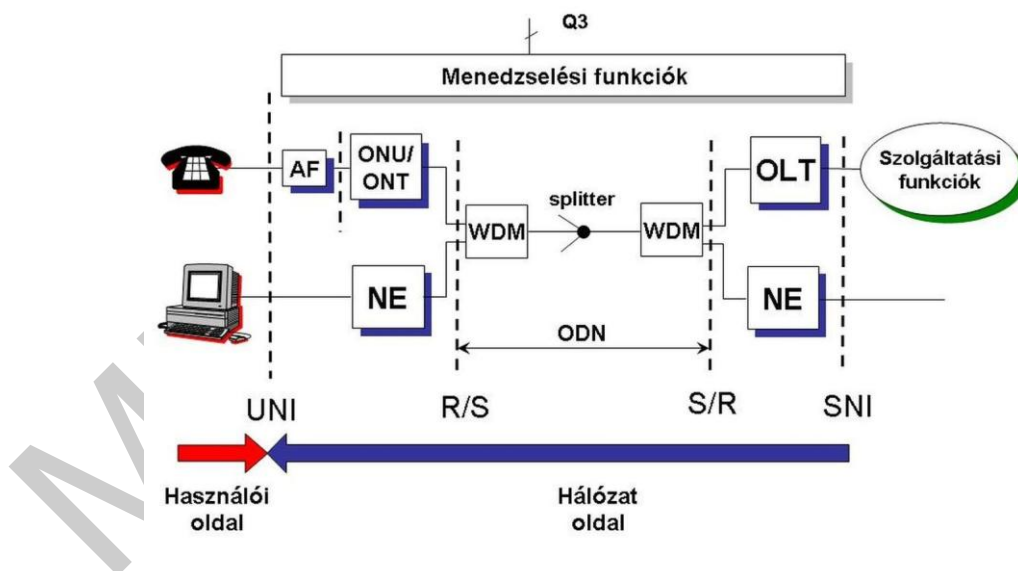
Jelenleg a legnagyobb osztásarány 1:64, mely azt jelenti, hogy a jelet splitterek segítségével 64 irányba lehet egy hálózati szakaszon szétosztani.

2. GPON hálózat struktúrája

A GPON hálózat felépítése illeszkedik a már kiépített előfizetői optikai hálózatokéhoz. Nem követeli meg új rendszer kiépítését. Ez azt jelenti, hogy a kábeltéves hálózatoknál alkalmazott egyszálas kivitel ebben a rendszerben is használható.

Még egy fontos szempont, hogy az eddigi (1550 nm-en működő) kábeltéves szolgáltatást nem érintheti. Ezt úgy oldották meg, hogy az adatforgalom le- és feltöltéséhez más hullámhosszakat alkalmaznak.

Az ODN szétosztó hálózatba ezért WDM multiplexert és demultiplexer helyeznek, melyek biztosítják a különböző hullámhosszak egyidejű átvitelét. A szétosztást passzív splitterek segítségével oldják meg. Ez felvet egy újabb problémát, a visszirány TDM-es időzítését. Ennek kezelését szolgálja a keretezési eljárás, melynek segítségével ez a probléma, valamint további menedzselési funkciók elláthatók.



14. ábra. A GPON elemei

A központ oldalon egy OLT (Optical Line Terminal = optikai vonali végpont) található, mely a központból, a központi router-ből vagy más átviteltechnikai hálózaton keresztül kapja a jelet, melyet optikáivá alakítva továbbít az előfizető felé. Amennyiben ez nem az előfizetői access hálózat részét képezi, akkor tetszőleges hálózatelemmel (NE) is csatlakozhatunk a hálózathoz. Az előfizetői oldalon az ONT/ONU feladata a szolgáltatások visszafejtése és nyújtása az előfizetői interfész felületen (UNI).

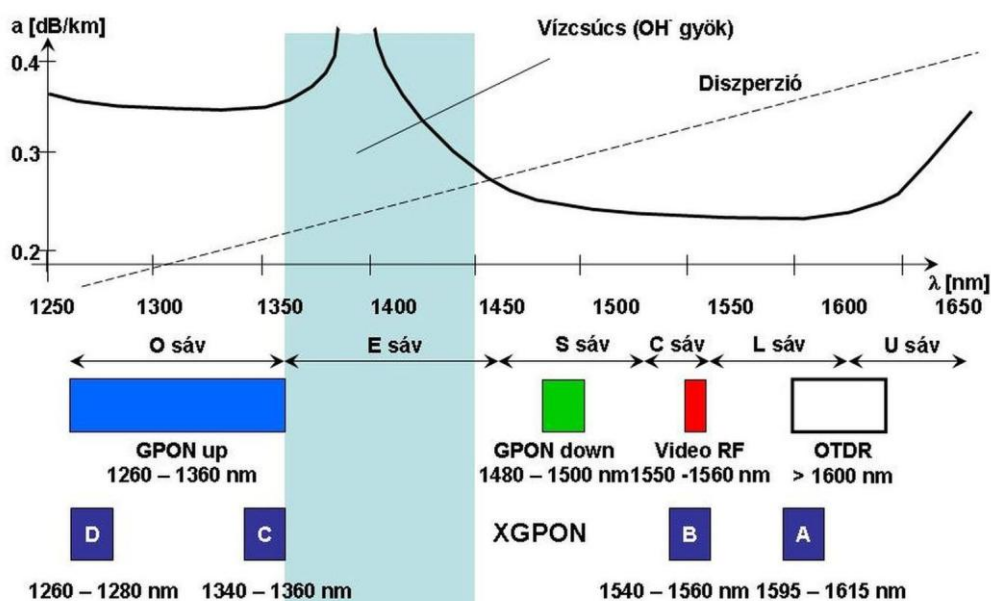
Az előfizetői oldalon egy ONU vagy egy ONT található attól függően, hogy az aktív végpont ebben a berendezésben található-e vagy egy további rezes hálózat végén.

A hálózat maximális hossza 20 km lehet, mely jóval több, mint a hagyományos réz hálózat maximális hossza. Ez azt is jelenti, hogy nagyobb területet kell ellátni egy rendszerrel. Az elosztás maximum 64 felé történhet, ennél nagyobb osztásaránynál újabb szálon kell indítani, megvalósítani a rendszert.

3. GPON átviteli tulajdonságai

A GPON rendszer még szabványosítás alatt van, várható a 10GPON illetve a 40GPON rendszer bevezetése is. Összefoglaló nevén ezeket a rendszereket XGPON-nak nevezik.

GPON esetén a letöltési irányban alkalmazott hullámhossz 1490 nm. Ez érdekesnek tűnhet, de ez tulajdonképpen az 1550-es átviteli ablak eddig ki nem használt része. Itt a szál csillapítása 0,23 dB/km. Erre a választásra azért volt szükség, hogy a rendszer alkalmazható legyen a KTV mellett is működni, vagy az RF jelet a hagyományos „csatornán” (1550 nm) továbbítani.



15. ábra. A GPON hullámhossz kiosztása

A feltöltés 1310 nm-en történik, mely egy másik átviteli ablak. A csillapítás 0,39 dB/km szintnél alacsonyabb. Ezekkel a hullámhosszakkal már könnyen továbbíthatóvá válik a jel egyetlen egy szálon is akár, hiszen a különböző hullámhosszak nem zavarják egymást.

A csillapítás értékekből kiszámítható, hogy a rendszer kb. 20 km távolságra is továbbítani képes a jelet egy 32-es osztásarányánál is. Ehhez speciális osztókat alkalmaznak, melyeknek a csillapítása:

-	1x16	13,8 dB
-	1x32	17,4 dB
-	1x64	20,1 dB

A kommunikációhoz egy adott, fix hosszúságú (125 μ s) keretet alkalmaznak a lefelé irányban, mely tartalmazza az ONU-k címét is. Felfelé irányban TDMA (időosztásos) hozzáférést biztosítanak, hogy a különböző ONU-któl érkező üzeneteket egymástól elkülönítsék. Még így is előfordulhat ütközés, ezért nagyon fontos az ONT-k és az ONU-k időzítése, valamint az OLT-k jelkezelése.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Az optikai hálózatok anyag három jól elhatárolható részből áll:

- az optikai hálózatok felosztása és jellemzői,
- jelátviteli formák az optikai hálózaton,
- az aktív optikai hálózatok (gerinchálózati megoldások),
- passzív optikai hálózatok.

Mindegyik téma feldolgozását egy feladattal lehet indítani:

1. Közösén gyűjtsük össze az optikai hálózatok előnyeit és hátrányait

Előnyök:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Hátrányok:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Ezt követően megbeszélendő, melyik, miért előnyös, vagy éppen hátrányos.

2. A következő témakör az optikai hálózaton működő szolgáltatások jelátvitelének fajtái. Ehhez érdemes számba venni az ismert szolgáltatásokat és jeltovábbítási formákat. Meg kell vizsgálni, az optikai kábelben milyen formában, hogyan lehet jelet továbbítani. Az alábbi kérdésekre keressük a választ:

- Milyen szolgáltatásoknál alkalmaznak duplex illetve szimplex összeköttetést?
- Hogyan valósítható meg egy szálon duplex átvitel?
- Hogyan lehet egy szálon párhuzamosan több jelet továbbítani?
- Mit nevezünk aszinkron átvitelnek?

3. A gerinchálózat tárgyalásánál az eddig tanultakat figyelembe véve próbáljuk meg összegyűjteni, milyen jellemzőit használják ki az optikai átvitelnek. Házi feladatként adjuk ki (írásban) a következő feladatot:

Adjuk meg a lehetséges hálózati struktúrákat, és vizsgáljuk meg, melyiket hol érdemes alkalmazni! Írjuk le milyen hálózatelemeket lehet a hálózatban üzemeltetni, melyiknek mi a feladata?

Hálózati struktúrák:

Hálózatelemek feladatai:

4. A WDM rendszer megértéséhez ismertetni kell a sáv kiosztást. Az egyes hullámhosszak távolságai azonban frekvenciában vannak megadva. Számoltassuk ki, hogy az egyes sávokban hány különböző hullámhossz vihető át, ha 100 GHz-es távolságra vannak a jelek egymástól! Az egyes sávok határai:

- C sáv = 1530 – 1565 nm
- L sáv = 1565 – 1610 nm

Számítás:

5. Közösén gyűjtsük össze a passzív optikai hálózatok tulajdonságait!

PON tulajdonságai

Az anyagban található legfontosabb fogalmak és kifejezések:

Aktív optikai hálózatban a két végpont között további aktív eszközök találhatók

APON (Asynchronous Passive Optical Network) aszinkron passzív optikai hálózat, melyen a jelek továbbítása aszinkron módon, csomagokba ágyazva történik.

Aszimmetrikus átvitelben a le- és feltöltés sebessége nem egyforma

Átviteli ablak az a hullámhossz tartomány, melyben a fényt kis csillapítással továbbítani lehet az üvegszálon

BPON (Broadband Passive Optical Network) szélessávú passzív optikai hálózat, melyen adatátviteli jeleket továbbítanak az elosztó hálózaton

Cross-connect a kimenetei közötti tetszőleges kapcsolatot megvalósító berendezés

Csatornatávolság a WDM technikában két hullámhossz egymástól való frekvenciaeltérése

Csillapítás az eszközön áthaladó jel kimeneti és bemeneti szintjének különbsége

Diszperzió a jel komponenseinek futásidő különbsége

Duplex átvitel, kétirányú kommunikáció

Előfizetői hálózat az elérési pont és az előfizetőt összekötő hálózat

EPON (Ethernet Passive Optical Network) Ethernetes passzív optikai hálózat az ethernet csomagok átvitelére speciálisan kidolgozott jelátvitel az elosztó hálózaton

Erősítő a jel szintjének emelését végző eszköz

FDM (Frequency Division Multiplexing) frekvenciaosztásos multiplexálás, melyben a jeleket más-más frekvenciatartományba konvertálva továbbítják

FITL (Fiber In The Loop) optikai szál az előfizetői berendezésig

FTTB (Fiber To The Building) optikai szál az épületig

FTTC (Fiber To The Curb/Cabinet) optikai szál a járdaszegélynél elhelyezett szekrényig

FTTH (Fiber To The Home) optikai szál a lakásig

Gerinchálózat az ország legfontosabb csomópontjait (szekunder és primer központjait) összekötő hálózat

GPON (Gigabit Passive Optical Network) Gigabites passzív optikai hálózat, mely Gbit-es jelek továbbítására fejlesztettek ki az elosztó hálózaton

Gyűrűs hálózat, melyben a csomópontok egy gyűrűre vannak láncszerűen felfűzve

Helyközi hálózatok a városokat, településeket összekötő hálózat

HFC (Hibrid Fiber and Copper) hibrid optikai és rézhálózat, mely azt jelenti, hogy egy ideig optikán, majd a legutolsó szakaszon rézhálózaton továbbítják a jelet

Hierarchikus (csillag) hálózat, melyben egy pontból sugárirányban érhetők el az alatta lévő hálózatelemek

Jelátviteli sebesség a jel továbbításához szükséges sebesség

OADM (Optical Add–dropp Multiplexer) optikai leágazó multiplexer

ODN (Optical Distribution Network) optikai elosztó hálózat

OLT (Optical Line Terminal) optikai vonalvégződés a központoldali optikai adó–vevő egység

ONT (Optical Network Terminal) optikai előfizetői végpont, ahonnan a végberendezéshez még egy rövid rezes hálózat is csatlakozik

ONU (Optical Network Unit) optikai előfizetői berendezés

PON (Passive Optical Network) passzív optikai hálózat, melyben a két végpont között csak passzív optikai eszközök találhatók

Primer központ a szekunder központok alatti hierarchiaszint központja, mely egy-egy primer területet ellátó főközpont

Regenerátor a jel frissítését, újra formázását és szintjének emelését végző eszköz

Sávszélesség a legnagyobb és a legkisebb frekvencia különbsége

Splitter, jelhasító, mely teljesítményosztással választja szét a jeleket

Szekunder központ a legforgalmasabb csomópontokban elhelyezett főközpontok, melyből 9 db van az országban

Szimmetrikus átvitelben a le- és feltöltés azonos sebességű

Szimplex átvitel, egyirányú kommunikáció

Szövevényes hálózat, melyben minden csomópont fizikailag a többivel össze van kötve

TDM (Time Division Multiplexing) időosztásos multiplexálás, melyben az átviteli csatornákat időben eltolva, periodikusan továbbítják a vonalon

TDM PON (Time Division Multiplexing Passive Optical Network) időosztással működő passzív optikai hálózat

Transzponder, hullámhossz konvertálást végző eszköz

UNI (User Network Interface) a felhasználói oldal interfésze

Visszirány a kábeltévés technikában a műsorszórás irányával ellentétes irányban biztosított jelátvitel

WDM (Wavelength Division Multiplexing) hullámhossz multiplexálás, melyben a jelek továbbítása különböző hullámhosszakon történik

WDM demultiplexer a több hullámhosszt tartalmazó jeleket szétválasztja hullámhosszak szerint

WDM multiplexer a különböző hullámhosszak egy szálba történő becsatolását megvalósító eszköz

XGPON (X Gigabit Passive Optical Network) nagyobb Gigabites passzív optikai hálózatok neve (10GPON, 40GPON)

MEGOLDÁSOK:

1. feladat

Előnyök:

- Áthidalható nagyobb távolság a kisebb csillapítás miatt
- Nagy átviteli jelsebesség, mert ezen a frekvencián (hullámhosszon) az optika még nem korlátoz
- Nagy sávszélesség, széles spektrum
- Kisebb helyigény a kisebb méretek miatt
- Relatív olcsó technológia

Hátrányok:

- Pontos illesztés megvalósítása, a csillapítás nagymértékben függ ettől
- Finomabb, törékenyebb technológia, mert a szálak könnyen törnek, a hajlítási sugarakra vigyázni kell
- Drágább kötésteknológia
- Bonyolultabb mérésteknológia
- Kezelése szakértelmet kíván

2. feladat

a./ Duplex összeköttetés mind telefon mind pedig adatátvitel esetén alkalmaznak, míg a műsorszórásban van jelen a szimplex összeköttetés

b./ Duplex összeköttetést egy szálon lehet időosztással megvalósítani, más frekvencián (hullámhosszon) és más polarizáltsággal.

c./ Párhuzamosan jeleket egy szálon ugyanúgy mint duplex összeköttetésnél, csak egy irányban terjed a jel.

d./ Aszinkron átvitel esetén a két irány sávszélessége nem azonos.

3. feladat

Hálózati struktúrák:

- | | |
|------------------|--|
| - Szövevényes | nagy forgalmú csomópontok között |
| - Gyűrűs | nagytávolságú, de nem túl nagy forgalmú csomópontok között |
| - Hierarchikus | elosztó hálózatban |
| - Pont–multipont | műsorszóró hálózatban |
| - Buszos | adatátviteli hálózatokban |

Hálózatelemek:

- | | |
|-----------------------|---|
| - Multiplexerek | jelek multiplexálása és demultiplexálása |
| - Cross connect | jelek szétoztása, leágasztása |
| - Leágazó multiplexer | jelek végződtetése, leágasztása, szétoztása |
| - Regenerátor | jelek regenerálása, erősítése, újravidőzítése |
| - Erősítők | jelek szintemelése |

4. feladat

Számítás: a $c = \lambda \times f$ képlet alkalmazásával a hullámhossz távolságára kb. 0,8 nm jön ki.

Ez annyit jelent, hogy a

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| - C sáv = 1530 – 1565 nm | 43 jel |
| - L sáv = 1565 – 1610 nm | 58 jel vihető át párhuzamosan. |

A feladatok segítenek az egyes témakörök feldolgozásában. Itt csak elméleti anyagról van szó, cél az ismeretek átadása, mely történhet frontális módon, de kisebb csoportos felbontásban, párbeszéd formájában is.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. feladat Teszt**

Válassza ki a helyes megoldást az alábbi kérdésekre! Minden kérdésre egyetlen helyes válasz létezik. A kérdések után található táblázatba dolgozzon!

1. Hány kilométer hidalható át optikai hálózaton aktív elem alkalmazása nélkül?

- A 5–10 km
- B 10–60 km
- C 60–100 km
- D 100–300 km

2. Melyik az optikai hálózat hátránya az alábbi kifejezések közül?

- A Nagy az áthidalható távolság aktív elem alkalmazása nélkül
- B Nagy pontosságú műszerek alkalmazása szükséges
- C Nagy a jelek átviteli sebessége
- D Nagy sávszélesség továbbítható rajta

3. Mitől nem függ az optikai hálózaton az áthidalható távolság?

- A csillapítás
- B diszperzió
- C makrohajlat
- D numerikus apertúra

4. Mekkora az üvegszál fajlagos csillapítása az 1300 nm-es ablakban?

- A 2,5 dB
- B 0,36 dB
- C 0,24 dB
- D 0,15 dB

5. Jelenleg mekkora a maximális átviteli sebesség az optikai hálózatokon?

- A 40 Gbit/s
- B 2,5 Gbit/s
- C 622 Mbit/s
- D 155 Mbit/s

6. Maximálisan hány előfizetőt lehetne egyetlen optikai szálon telefonvonallal ellátni?

- A max. 50 ezer

- B max. 500 ezer
- C max. 5 millió
- D több mint 5 millió

7. Melyik állítás igaz?

- A Az optikai hálózatokon csak digitális jelátvitel képzelhető el
- B Az optikai hálózatokon csak két szálon lehet jelet továbbítani duplex esetben
- C Az optikai előfizetői hálózat többnyire egyszálas kivételű
- D Az optikai előfizetői hálózatban csak aszimmetrikus átvitel létezik

8. Mit nevezünk duplex összeköttetésnek?

- A Amikor két szálon megy a kommunikáció
- B Amikor két irányban történik kommunikáció
- C Amikor két szolgáltatást nyújtanak egy szálon
- D Amikor a műsorszórásban visszirányt is alkalmaznak

9. Mit nevezünk aktív optikai hálózatnak

- A Amikor a két végpont között aktív elemet is alkalmaznak
- B Amikor a két végpont között csak aktív elemet alkalmaznak
- C Amikor a két végponton aktív elemet alkalmaznak
- D Amikor a két végpont kivételével csak passzív elemet alkalmaznak

10. Lehet-e passzív optikai hálózatban optikai erősítő?

- A Nem, sohasem
- B Csak az egyik irányban
- C Csak az OLT-nél
- D Lehet bármennyi

11. Melyik állítás hamis?

- A Magyarország gerinchálózata réteges felépítésű
- B A szekunder sík szövevényes hálózatot alkot
- C A primer központokat összekötő hálózat gyűrűs struktúrájú
- D A gerinchálózat legnagyobb átviteli sebessége 1 Gbit/s

12. Mi a hátránya a szövevényes hálózatnak?

- A Nagy benne a redundancia
- B Stabil hálózati megoldást kínál
- C Sok szál tartalmaz
- D Sok tartalékolási megoldást kínál

13. Hol alkalmaznak gyűrűs hálózatot?

- A Előfizetői hálózatban
- B Primer hálózatban
- C A szekunder síkon
- D A nemzetközi hálózatban

14. Milyen hálózati struktúrát alkalmaznak az access hálózatokban?

- A Csillagpontos
- B Szövevényes
- C Gyűrűs
- D Buszos

15. Hány szekunder központ van a magyar távközlési gerinchálózatban

- A 1
- B 9
- C 22
- D 45

16. Mit jelent a WDM mozaikszó?

- A Világméretű elosztó hálózat
- B Szélessávú elosztó hálózat
- C Hullámhossz osztásos multiplexálás
- D Vezetéknélküli digitális jelátvitel

17. Mekkora a látható fény tartománya?

- A 400–760 nm
- B 500–860 nm
- C 800–1280 nm
- D 1300–1550 nm

18. Mi a WDM elve?

- A Több hullámhosszt időosztással továbbítanak egy optikai szálon
- B Minden szálon más hullámhosszt továbbítanak
- C A duplex összeköttetés két irányát más hullámhosszon valósítom meg a két szálon
- D Egy optikai szálon több hullámhosszon továbbítok jeleket

19. Mi a különbség a CWDM és a DWDM között?

- A Az egyik nagytávolságú, míg a másik helyi hálózatokon alkalmazható
- B Más hullámhossz tartományra találták ki
- C A CWDM-ben csak két hullámhossz vihető át
- D A DWDM-ben a csatornatávolság kicsi

20. Maximálisan hány hullámhossz vihető át szabvány szerint az 1550 nm-es ablakban?

- A 256
- B 128
- C 64
- D 32

21. Mekkora a csatornatávolság a legsűrűbb átvitel esetén a DWDM rendszerben?

- A 50 GHz
- B 100 GHz
- C 200 GHz
- D 400 GHz

22. Mi az ODN feladata?

- A Hogy a jeleket optikaivá alakítsa át
- B Hogy fogadja az optikán érkező digitális jeleket
- C Hogy a jeleket szétossza és eljuttassa minden előfizető felé
- D A jeleket multiplexálja a vonalra

23. Mekkora az 1:2 splitter csillapítása?

- A Nincs csillapítása, erősíti a jelet
- B max. 3 dB
- C 0,5 dB körüli
- D több mint 3 dB

24. A FITL hálózatban meddig vezetik az optikát?

- A A járdaszegélyig
- B Az épületig
- C A lakásig
- D A készülékig

25. Melyik állítás igaz?

- A A TDM a leggyakrabban használt átviteli mód, a PON hálózatokban is ezt alkalmazzák
- B A jel feltöltésénél vigyázni kell az időzítésre, nehogy ütközés lépjen fel
- C A WDM technikát nem alkalmazzák a PON hálózatokban, mert túl költséges
- D A GPON hálózatok két optikai szálon megvalósított előfizetői megoldások

26. Mekkora a jelenleg alkalmazható osztásarány a PON hálózatokban?

- A 1:64
- B 1:32
- C 1:8
- D 1:2

27. Mekkora a GPON hálózat maximális hossza?

- A 10 km
- B 20 km
- C 40 km
- D 80 km

28. Milyen hullámhosszon történik a GPON hálózatban a letöltési irány továbbítása?

- A 1610 nm
- B 1550 nm
- C 1490 nm
- D 1310 nm

29. Mekkora az 1:64-es osztó csillapítása?

- A 1610 nm
- B 1550 nm
- C 1490 nm
- D 1310 nm

29. Mekkora az 1:64-es osztó csillapítása?

- A 20 dB
- B 15 dB
- C 10 dB
- D 5 dB

30. Hol történik a kábeltvé jelének továbbítása a GPON hálózatban?

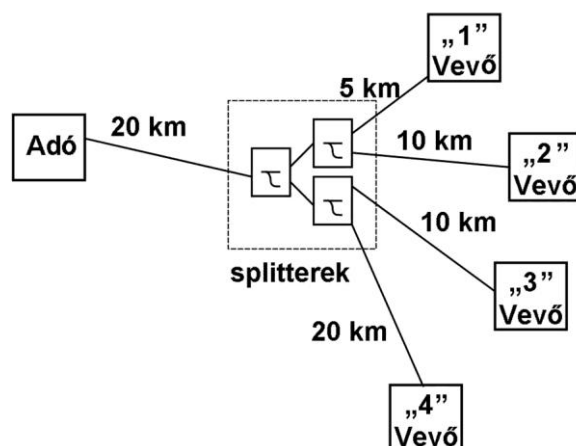
- A Beépítve a letöltési irányban digitálisan
- B 1310 nm-en analóg
- C 1550 nm-en digitálisan
- D 1550 nm-en analóg

	A	B	C	D		A	B	C	D
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				

11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

2. feladat Számítási feladat

Egy optikai KTV hálózaton a splitter(ek)hez érkező jelet 4 irányba kell továbbítani. A különböző irányokban a hálózat hossza más és más. A hálózat szakaszainak hossza az ábrán megtalálható. A hegesztett kötések csillapítása $a_{\text{heg}} = 0,05 \text{ dB}$, a csatlakozók csillapítása $a_{\text{cs}} = 0,5 \text{ dB}$ és a szál fajlagos csillapítása $a_{1300} = 0,36 \text{ dB/km}$.



16. ábra.

Mekkora a csillapítása az 1:2-es (50–50%-os) splitternek az egyes irányokban, ha a sajátcsillapítása $a_{\text{sajátcs}} = 1 \text{ dB}$?

Mekkora az egyes szakaszok csillapítása, ha 2 km–enként hegesztett kötések találhatók a szakaszban, a szakaszok mindegyikének végeire pigtail–eket hegesztettek és a hálózat $\lambda = 1300 \text{ nm}$ –es hullámhosszon üzemel.

Milyen minimális optikai teljesítményű optikai adót kell a hálózathoz csatlakoztatni, hogy a $P_{\text{vevő}} = -30 \text{ dBm}$ –es vevőérzékenységű vevőkkel detektálni lehessen a jelet? A 3 db 1:2-es splittert egymáshoz és a hálózathoz csatlakozós kötésekkel lehet illeszteni

Megoldás (számítások):



3. feladat Hálózatok összehasonlítása

Hasonlítsa össze az aktív és passzív optikai hálózatokat! Töltse ki az alábbi táblázatot!

		Aktív hálózat (gerinchálózat)	Kábeltévé hálózat	GPON
Szálszám				
Áthidalható távolság				
Jelátvitel formája	Analóg/ digitális			
	Szimplex/ duplex			
	Szimmetrikus/ aszimmetrikus			
Alkalmazott hullámhossz				

4. feladat Rövid tanulmány készítése

Készítsen tanulmányt az alábbi témában! A GPON hálózat előnyei és alkalmazása az eddig kiépített optikai hálózatokon. A tanulmány hossza ne haladja meg az 2000 karaktert (fél oldalt)!

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat megoldás Teszt

	A	B	C	D		A	B	C	D
1			X		16			X	
2		X			17	X			
3				X	18				X
4		X			19				X
5	X				20		X		
6				X	21	X			
7			X		22			X	
8		X			23				X
9	X				24				X
10			X		25		X		
11				X	26	X			
12			X		27		X		
13		X			28			X	
14	X				29	X			
15		X			30				X

2. feladat megoldás Számítási feladat

Mivel a jel kettéosztásából egy-egy irányban csak a teljesítmény fele továbbítódik, ez 3 dB csillapítást okoz. Ehhez adódik hozzá irányonként a sajátcsillapítás, így a csillapítás:

$$- a = 4 \text{ dB}$$

$$\Sigma a = N a_{cs} + (L/2 + 1) a_{heg} + L a_{1300} \quad \text{ahol}$$

- N a csatlakozók száma
- L a szakasz hossza

	Csatlakozók csillapítása	Hegesztés száma $(L/2 + 1)$	Hegesztések csillapítása	Szál csillapítása	Össz- csillapítás
A-B szakasz	1 dB	11	0,55 dB	7,2 dB	8,75 dB
B-C szakasz	1 dB	4	0,2 dB	1,8 dB	3 dB
B-D szakasz	1 dB	6	0,3 dB	3,6 dB	4,9 dB

B-E szakasz	1 dB	6	0,3 dB	3,6 dB	4,9 dB
B-F szakasz	1 dB	11	0,55 dB	7,2 dB	8,75 dB

A leghosszabb szakaszt kiválasztva (adó és 4 állomás között) a csillapítás:

$\Sigma a = A-B \text{ szakasz csillapítása} + B-F \text{ szakasz csillapítása} + 2 \text{ db splitter csillapítása} + \text{a két splitter közötti csatlakozó csillapítása} = 8,75 + 8,75 + 2 \cdot 4 + 0,5 = 26 \text{ dB}$

$A_{\text{adó}} - A_{\text{vevő}} = \Sigma a \Rightarrow A_{\text{adó}} = \Sigma a + A_{\text{vevő}} = 26 - 30 = -4 \text{ dBm}$

3. feladat megoldás Hálózatok összehasonlítása

Hasonlítsa össze az aktív és passzív optikai hálózatokat! Töltse ki az alábbi táblázatot!

		Aktív hálózat (gerinchálózat)	Kábeltévé hálózat	GPON
Szálszám		2	1	1
Áthidalható távolság		60–100 km	20 km	20 km
Jelátvitel formája	Analóg/ digitális	digitális	analóg	analóg/digitális
	Szimplex/ duplex	duplex	szimplex (duplex)	duplex
	Szimmetrikus/ aszimmetrikus	szimmetrikus	aszimmetrikus	aszimmetrikus
Alkalmazott hullámhossz		1310 v. 1550 nm	1550 nm	1310/1490/1550 nm

4. feladat megoldás Rövid tanulmány készítése

A feladat megoldásában szerepelnie kell az alábbi témaköröknek:

- GPON hálózatok rövid felépítése, struktúrája
- Működése, jelek átvitelének módja
- Sáv kiosztás, az egyes hullámhosszak alkalmazása
- GPON alkalmazása kábeltévé hálózaton, kiépítési lehetőségek
- A műsorszórás jelének átvitele
- A GPON-nál alkalmazott eszközök

IRODALOMJEGYZÉK**FELHASZNÁLT IRODALOM**

Kovács Zoltán: GPON Optikai elérési hálózati fejlesztések a Magyar Telekom hálózatában
Előadás: PKI-FI 2009.

Paul E. Green,Jr. Fiber to the home the new empowerment John Wiley and Sons Inc. 2006.

Vigh Sándor: Optikai hálózatok Puskás Tivadar Távközlési Technikum 2000.

MUNKANYAG

A(z) 0909–06 modul 017–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
33 523 03 1000 00 00	Távközlési műszerész
33 523 03 0100 31 01	Antenna szerelő
54 523 03 0010 54 01	Beszédátviteli rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 02	Elektronikus hozzáférési és magánhálózati rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 03	Elektronikus műsorközlő és tartalomátviteli rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 04	Gerinchálózati rendszertechnikus
54 523 03 0100 31 01	Távközlési üzemeltető

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

14 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató