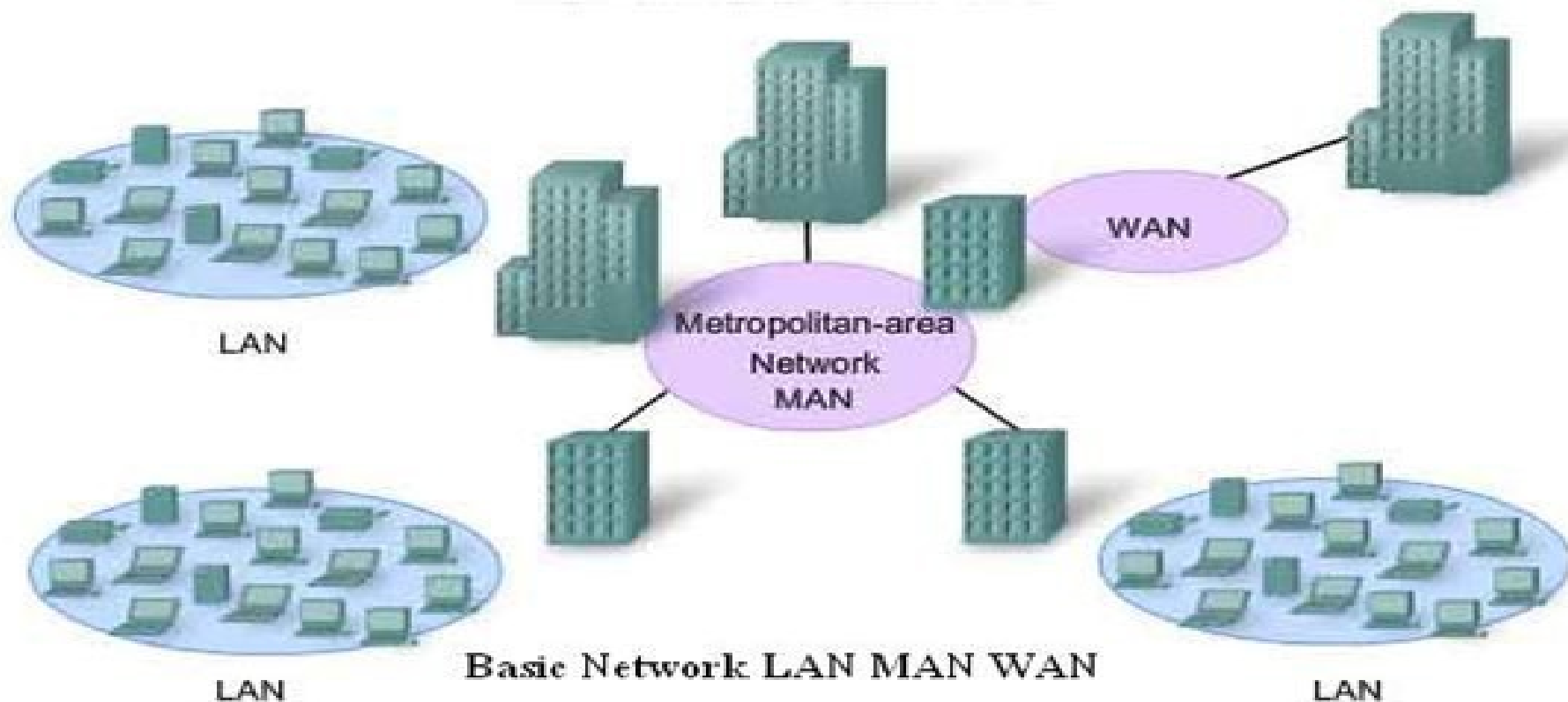


Kapcsolódás nem lokális és szolgáltatói hálózatokhoz

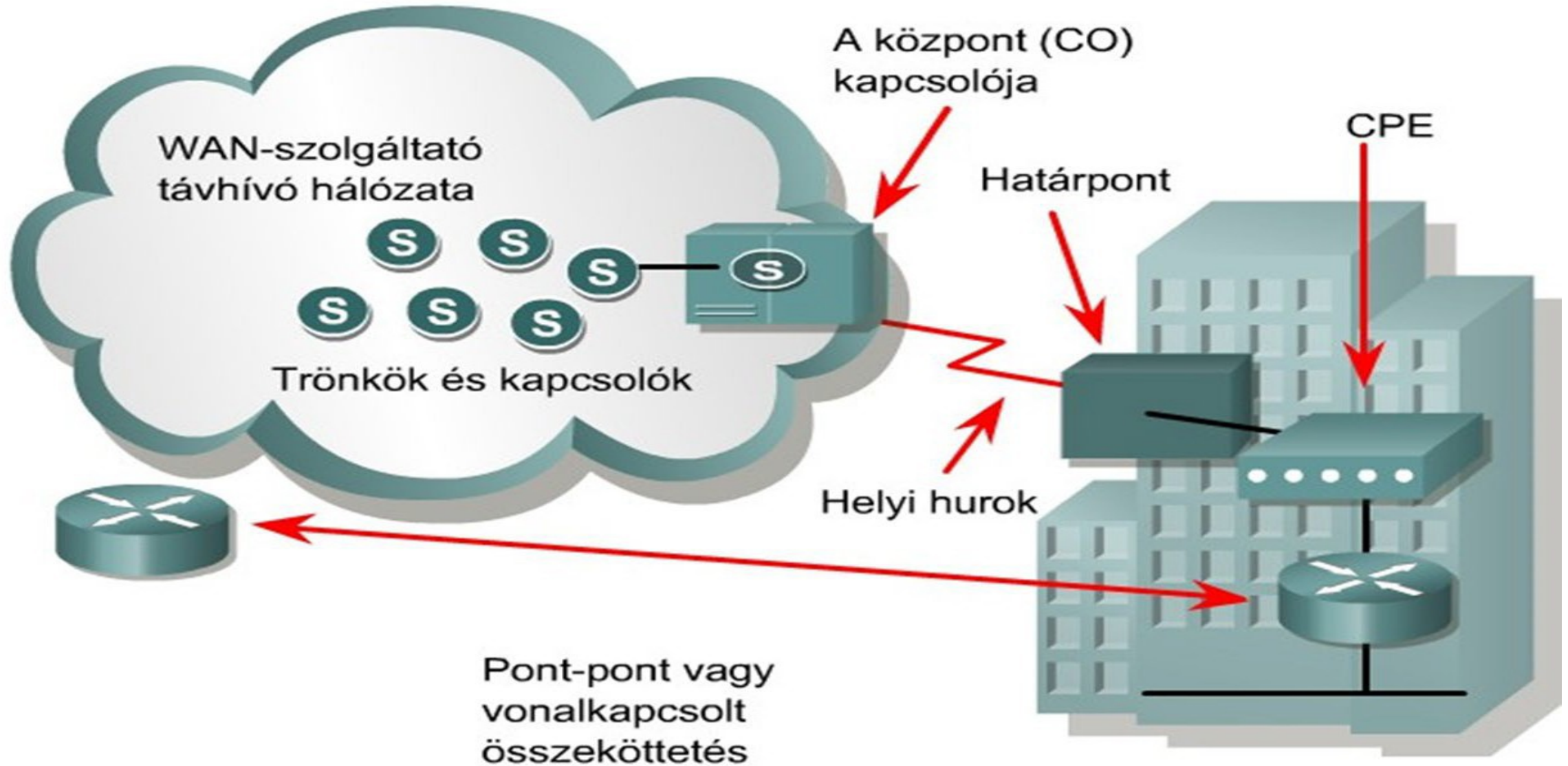
MAN (Middle Area Network)

- A WAN-nál nagyobb hálózatot jelent, de kevésbé használt kifejezés.
- Méretben valahol egy városnyi megyényi terület között van
- Gyakorlatban a föld legtöbb helyén az ISP-k saját hálózatát jelenti.



Kapcsolódás szolgáltatói hálózatokhoz

WAN szolgáltatók



Hozzáférési hálózatok

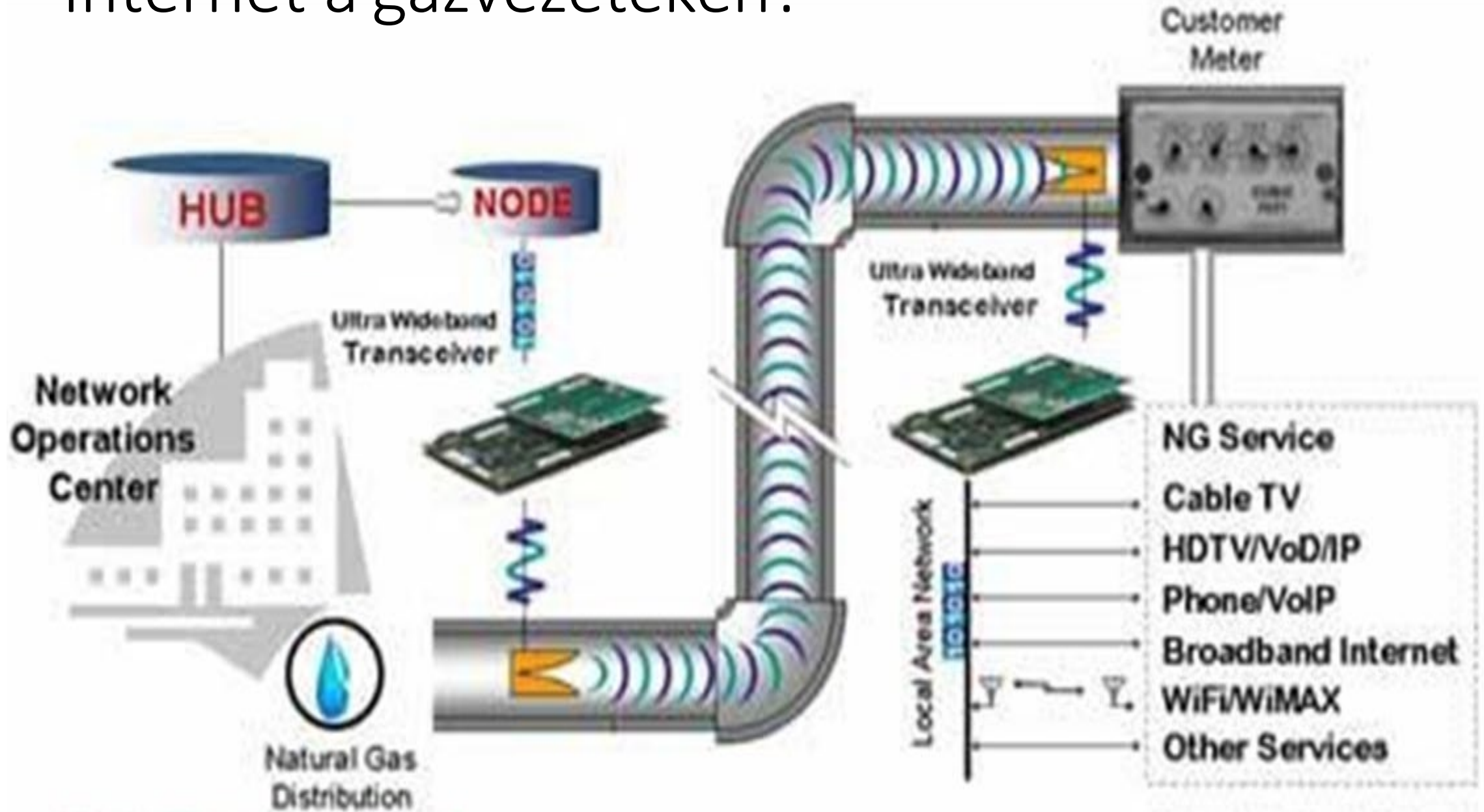
(Vezetékes) hálózatok kiépítése nagyon drága lehet:

- Nem a vezeték a drága, hanem a munkálatok
- Ásás, épületeken belüli munkák

Megoldás: igénybe kell venni a már meglévő hálózatokat

- Nyilvános kapcsolt telefonhálózat - Public Switched Telephone Network (PSTN)
- Kábel TV hálózatok (CATV)
- Elektromos hálózat
- Gázvezeték hálózat (?)
- Ultra Wideband rádiós kommunikáció
- Optikai kábelek
- De bizonyos esetekben lehet azért újat is építeni...

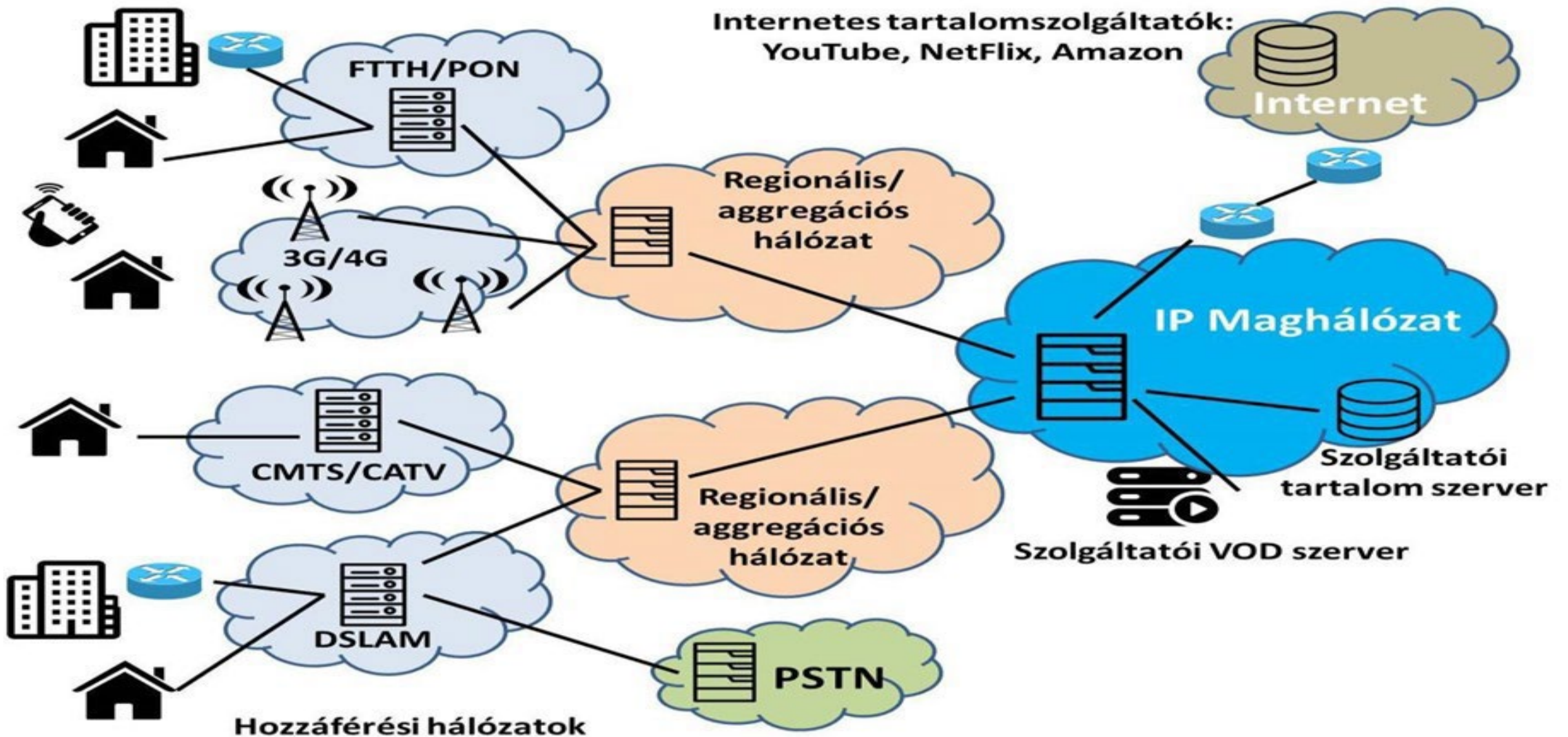
Internet a gázvezetéken?



Internet a gázvezetéken?

- NetherComm ötlete 2005-ben
- Ultra Wideband
 - Nagy frekvenciasáv (>500 Mhz), nagy átviteli sebességek (100 Mbps)
 - Nagy teljesítményű adók esetén túl nagy interferencia más vezeték nélküli technológiákkal, ezért csak kis hatótávolságra engedélyezve
 - A föld alatti gázvezetékekben ez nem gond, lehet nagyobb teljesítménnyel adni
- Az UWB technológia ígéretesnek tűnt, de ...
 - Szigorú szabályozás, lassú szabványosítás, az ígértnél lassabb sebességek
 - 2008-2009-ben az ipar nagy része kihátrált mellőle, és a NetherComm is eltűnt

Szolgáltatói hálózat

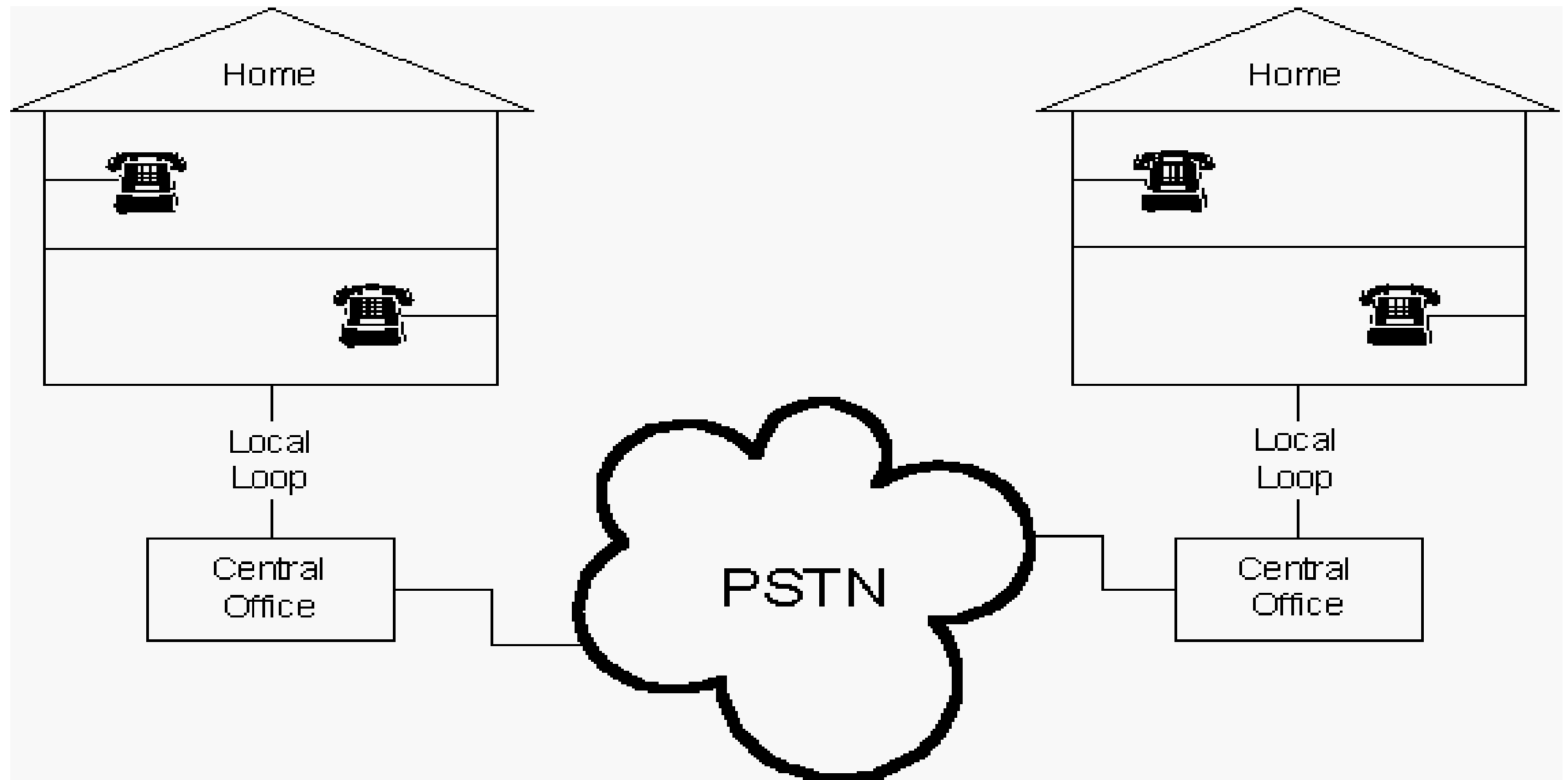


PSTN - Public switched telephone network

Nyilvános kapcsolt telefonhálózat

- **Előfizetői hurok**
 - Csavart réz érpár
 - A háztól vagy az irodától a helyi kapcsolóközpontig („local exchange”)
 - „Local loop”, „last mile”
- **Kapcsolóközpontok – central office**
- **Trönkök**
 - a kapcsolóközpontokat összekötő szálak
 - gerinchálózat (törzshálózat)
- **A kezdeti hálózat teljesen analóg**
 - Fokozatos áttérés a digitális átvitelre, főleg a kapcsolóközpontok között (gerinchálózat)

PSTN



Beszédcsatorna

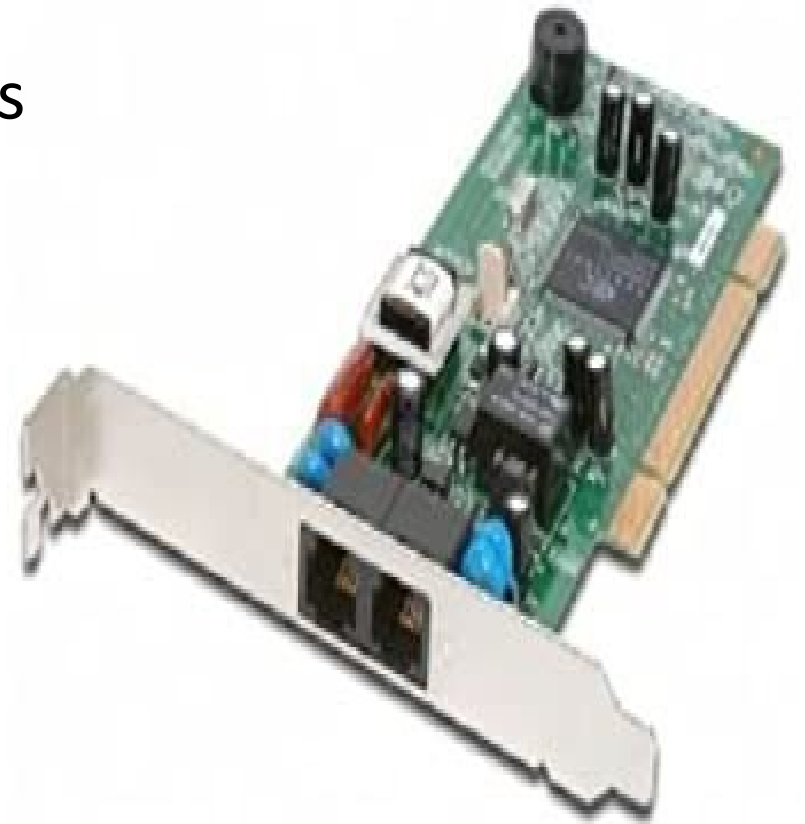
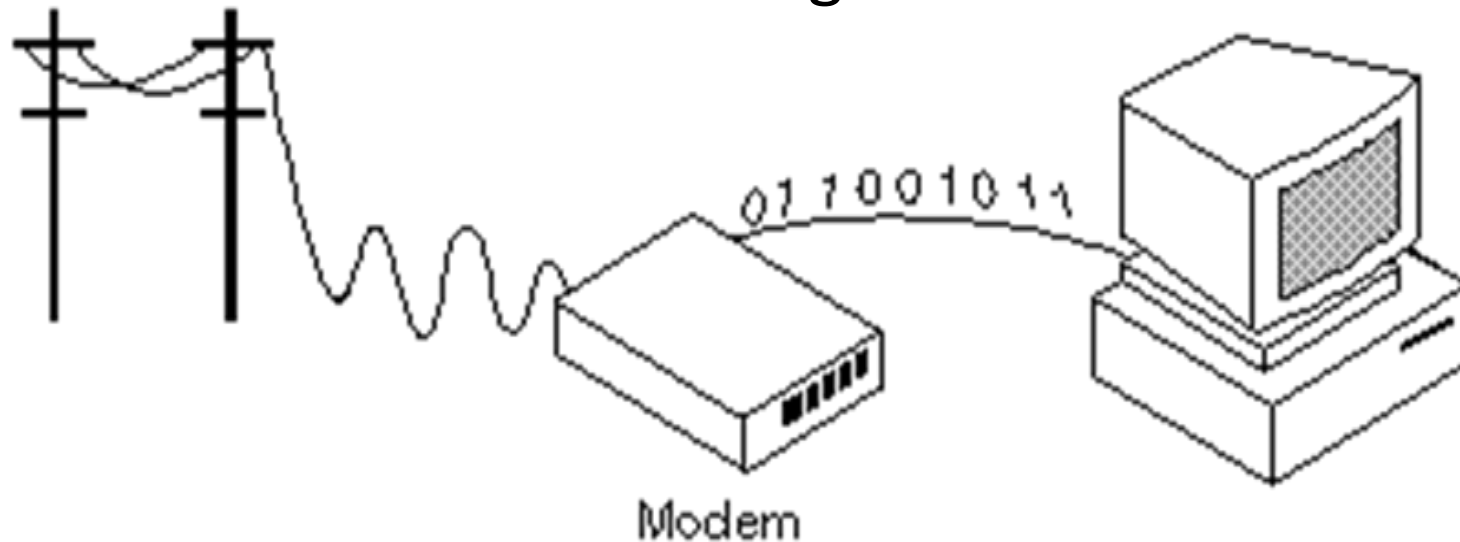
- 4kHz sávszélességű beszédcsatorna
 - A beszédjel átviteli tartománya 0.3 – 3.4 kHz között
 - Védősávokkal kiegészítve
- Az emberi fül által érzékelhető frekvenciatartomány: 20Hz – 15-20 kHz
 - A beszédhangok átvitele volt a cél, de nem kell minden hallható hangot átvinni
 - Analóg jelek használat

Adat átvitel

- Hang átvitelre tervezett közeg alkalmassá tétele adatok átvitelére
- A központok átalakítása és csatlakoztatása a hálózathoz
- Analóg digitális átalakítás szükséges

Dial-up Access

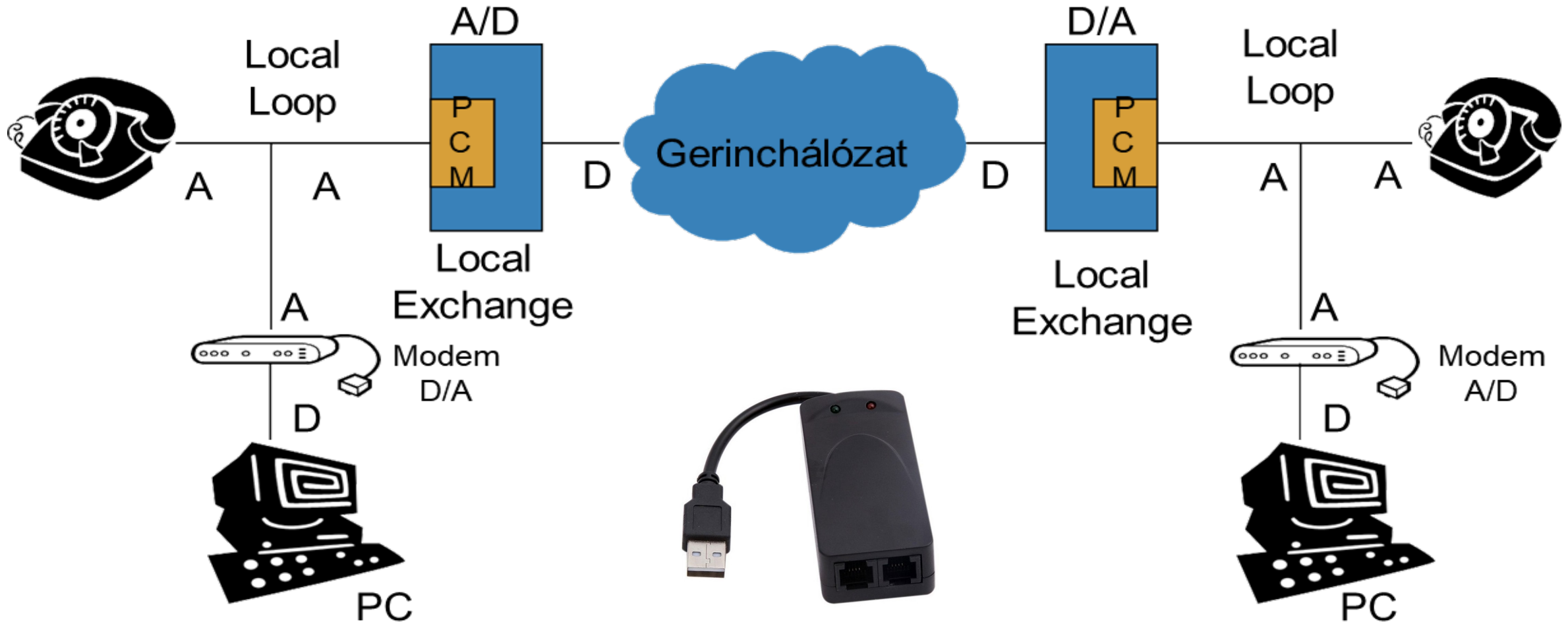
- „Betárcsázós internet” - perc alapú szolgáltatás
- A computerek digitális információi analóg jellé alakíthatóak, és átvihetők a hagyományos telefonhálózaton
- „Modem” – modulator-demodulator szükséges
- Átviteli sebesség max 54kb/s
- Adatátvitelkor nincs hang átvitel



Dial-up modem

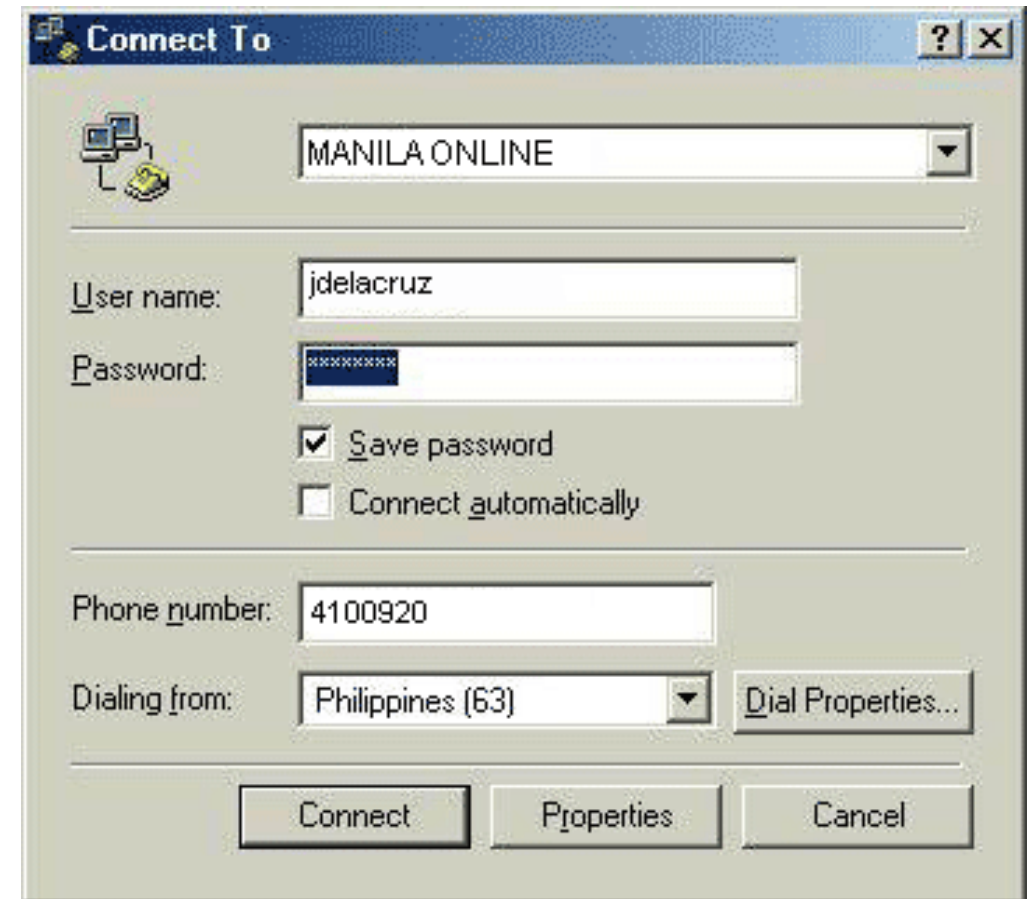
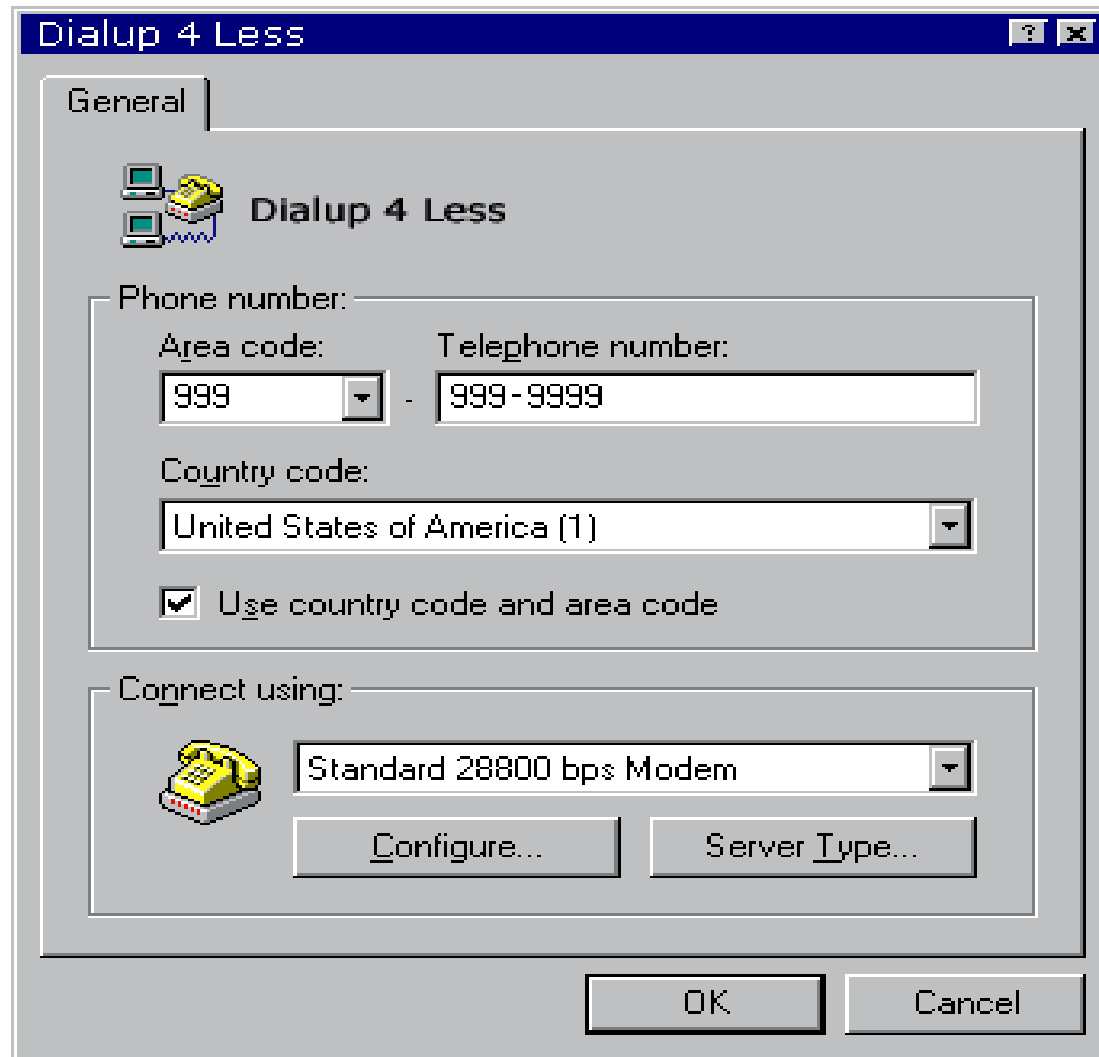
Dial-up hálózat

- Maximális adatátviteli sebesség: = 54 kbit/s



A dial-up kihalófélben van

Betárcsázó program és a betárcsázás menete



ISDN – Integrated Services Digital Network

- Az ISDN - Integrated Services Digital Network, (**Integrált szolgáltatású digitális hálózat**) a helyi hurkot TDM digitális kapcsolattá alakítja.
- A kapcsolat 64 kbit/s sebességű hordozó (B) csatornákat használ a hang és az adatok továbbítására, a jelzéskezelő delta (D) csatorna pedig többek közt a hívások felépítésekor jut szerephez.



Az ISDN használhatósága

Kisméretű WAN-oknál több hang hívás és kevés adat forgalom esetén az ISDN tökéletes megoldás az összeköttetés biztosítására.

- A hívások felépítése egy másodpercnél is rövidebb ideig tart,
- 64 kbit/s sebességű B csatornájának kapacitása pedig nagyobb, mint a modemek kapcsolatoké. Maximum sebesség 128 kbit/s két csatorna párhuzamos használatakor.
- Videoküldésre még ez sem megfelelő, az adatforgalom mellett több egyidejű beszélgetés továbbítására is alkalmas lehet.



xDSL Digitális előfizetői vonal

- Telefon szolgáltatók elavult (dial up) – 56 Kbps forgalmi díjak drágák
- Más technológiák (CATV), más szolgáltatók – jóval nagyobb sebességeket tudtak biztosítani
- A telefon szolgáltatóknak a fejlesztésben lépni kellett az internetezők megtartása érdekében
- Megjelenik a „szélessávú” (broadband) hozzáférés csatorna particionálás
 - Inkább reklám mint technológiai tartalom
- Nem egyértelmű mit értünk szélessávon
- **Megoldás: xDSL – különféle DSL változatok - Digital Subscriber Line**

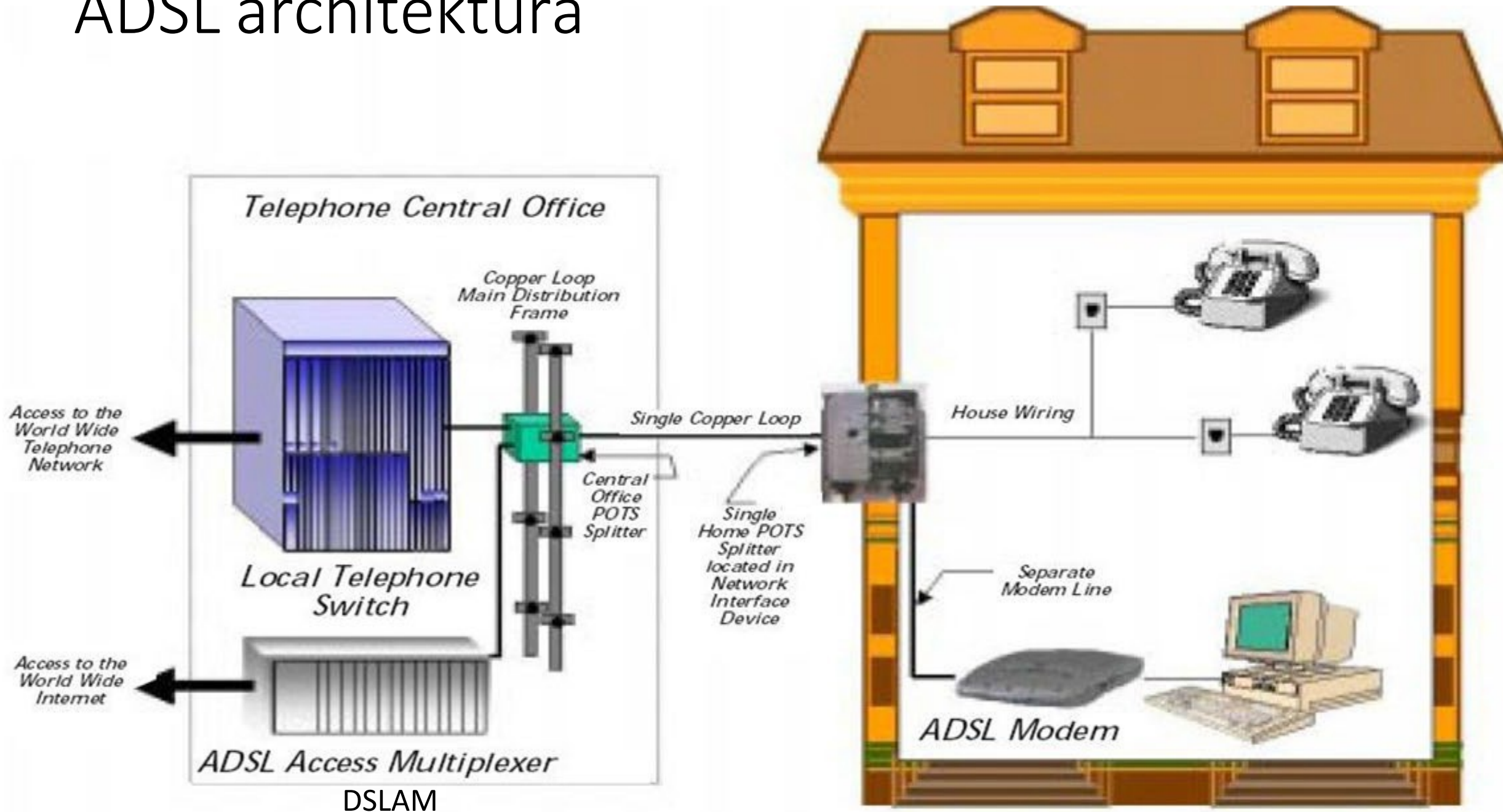
xDSL technológia

- Az xDSL előfizető vonalát egy olyan kapcsolóra kötik át, amelyen nincs szűrő
- Kihasználhatóvá válik az előfizetői hurok teljes kapacitása
 - Függ a hurok hosszától, a kábelköteg vastagságától, és a minőségétől
 - Optimális viszonyok: új vezetékek, vékony kötegek, rövid hurok
- Ha nagy sebességet akarunk, sok helyi központot kell telepíteni
- **Ha valaki túl messze lakik, költözzön közelebb?**
 - Minél alacsonyabb a sebesség, annál nagyobb a hatótávolság – több lehetséges előfizető
 - Minél alacsonyabb a sebesség, annál kevesebb érdeklődő, olcsón tudom csak eladni

ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line – „aszimmetrikus digitális előfizetői vonal”

- Az ADSL jellemzője a DSL megoldásokon belül, hogy a letöltési és a feltöltési sávszélesség aránya nem egyenlő (vagyis a vonal aszimmetrikus), amely az otthoni felhasználóknak kedvezve a letöltés sebességét helyezi előnybe a feltöltéssel szemben, általában 8:1 arányban.
- 1.1 MHz-es frekvenciatartomány
- 256 csatorna, egyenként 4.3125kHz
- 0 csatorna – POTS (hang)
- 1-5 csatorna – biztonsági sáv (üres)
- A hang és adatátvitel közötti interferenciák elkerülésére
- a maradék 250 csatornából 1 az upstream, 1 a downstream jelzése, a többi a felhasználói forgalomé

ADSL architektúra



ADSL architektúra

A szolgáltatónál

POTS Splitter

- Frekvenciaosztó a beszédjel és az adatok szétválasztására
- A beszéd a hagyományos POTS switch-hez irányítva
- A 25 KHz feletti rész a DSLAM-hoz

DSLAM – DSL Access Multiplexer

- AD / DA átalakító
- Több előfizető adatforgalmát multiplexeli egy közös nagysebességű digitális kommunikációs csatornára

BRAS – Broadband Remote Access Server

- Csatlakoztatja a DSLAM-okat egy internetszolgáltató hálózatához

Az előfizetőnél

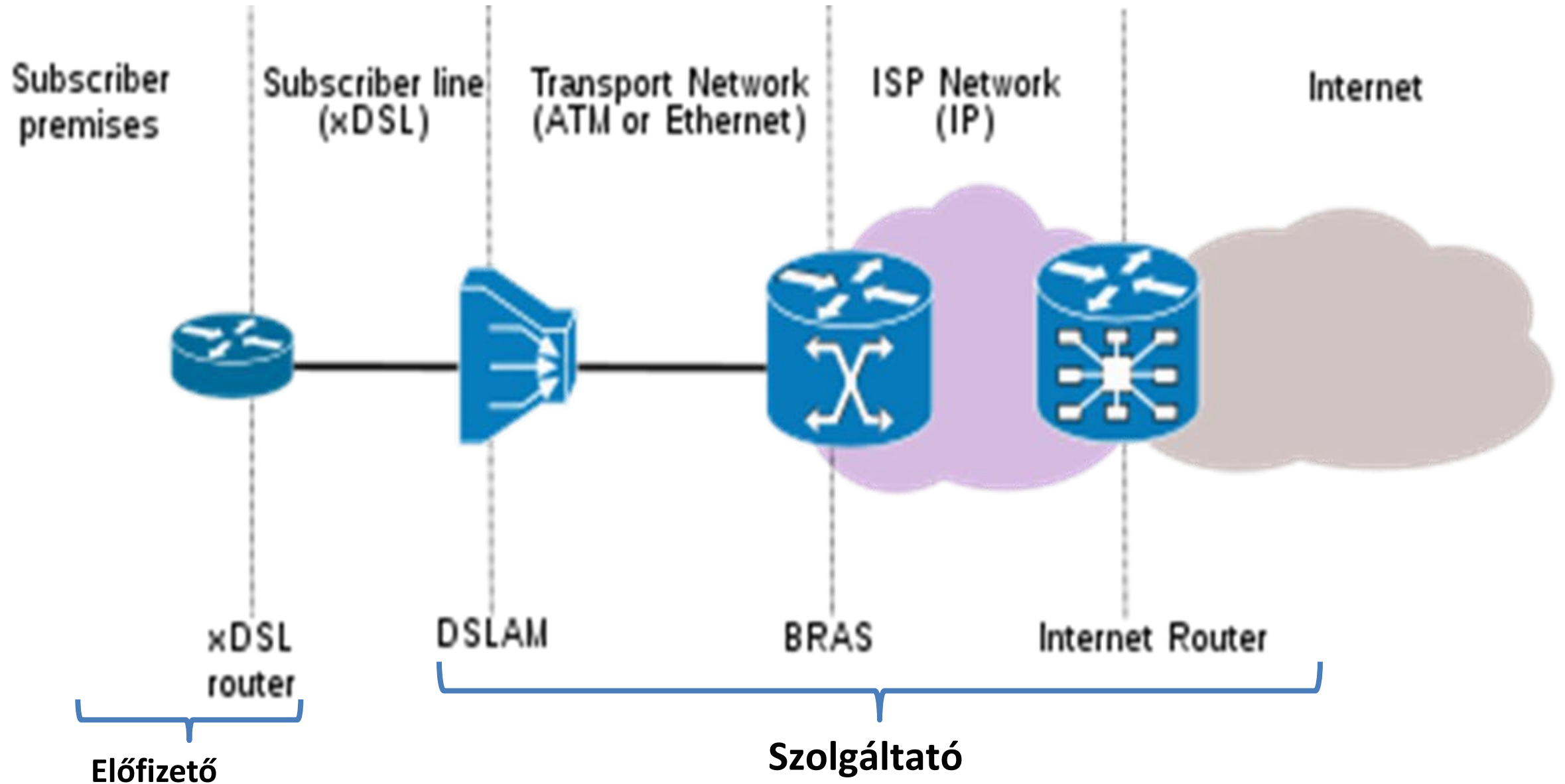
- POTS Splitter

- ADSL modem

- Digitális jelfeldolgozó (DSP)

- Nagysebességű (Ethernet) összeköttetés a PC-vel

ADSL architektúra



xDSL - fejlett DSL technológiák

- **ADSL2+**

Az ADSL2+ átmenetileg átválthat „teljes digitális” módba - átadja a hangátvitelre elkülönített csatornákat is az adatátvitel számára

- **SDSL - Symmetric High-speed DSL**

maximális átviteli sebesség mindkét irányban egy második sodrott érpár hozzáadásával a kétirányú sebesség 4.6 Mbit/s. A sebesség 3 km-es körzetben biztosítható. Speciális esetben javasolt mikor azonos le-fel töltés szükséges

- **HDSL (High bit-rate DSL)**

- **VDSL (Very-high-data-rate DSL) -**

Lényegesen nagyobb sebességű adatátvitel kis távolságokon Leginkább optikai hálózatok épületeken belüli kiterjesztésére javasolják, mintsem vidéki szétszórt felhasználócsoporthoz szélessávú bekötésére

- **VDSL2**

100 Mbit/s downstream és upstream, 30 MHz-es frekvenciatartomány, 3 km-es hatótávolság

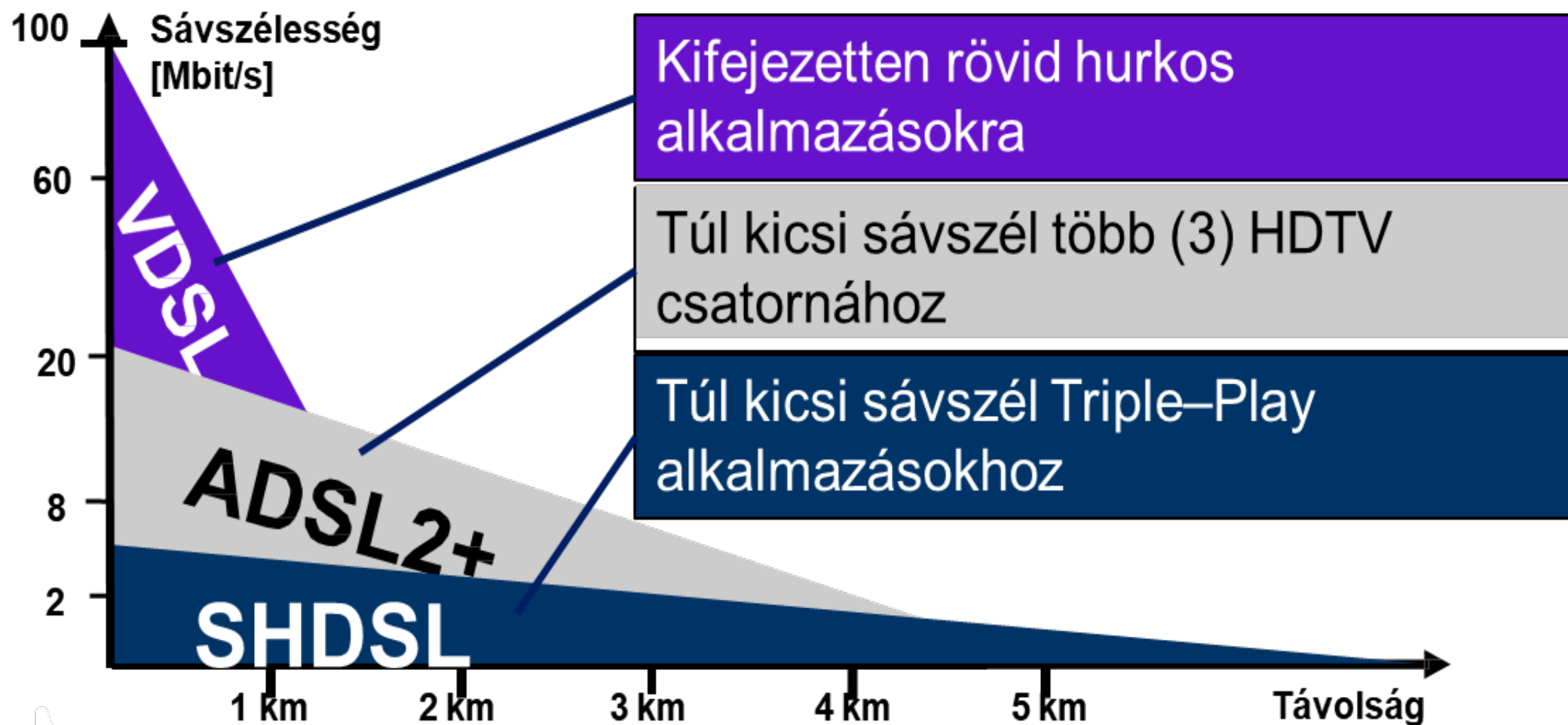
Triple Play szolgáltatás

Marketing kifejezés 3 párhuzamos IP alapú szolgáltatásra

- Internet
- TV - Video on Demand (VoD) vagy Live Streaming
- Telefon - Voice over IP (VoIP)

Inkább egy mai üzleti modell, mint egy technológiai szabvány

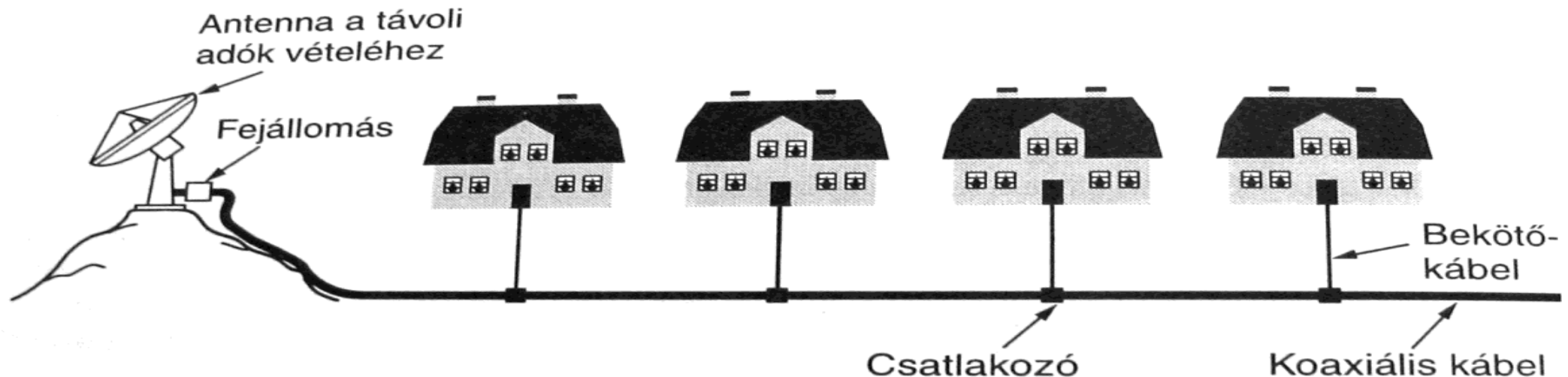
xDSL technológiák sávszélessége



VDSL2 = VDSL sebesség ADSL/2+ hatótávolsággal

Korai kábeltelevíziós rendszerek

- Ötlet az 1940-es évek végén (USA)
 - Jobb vétel a külvárosokban és a hegyek között élőknek
- Közösségi antennás televízió
 - Community Antenna Television – CATV
 - Egy dombtetőn elhelyezett nagy antenna és egy erősítő: fejállomás (head end) , Koaxiális kábel
- Családias üzletág, bárki telepíthetett ilyen szolgáltatást
 - Ha több előfizető csatlakozik: újabb kábelek és erősítők
- Egyirányú átvitel, a fejállomástól a felhasználók felé



A kábeltévé fejlődése

- 1970-re több ezer független rendszer (USA)
- 1974-ben elindul az HBO, kizárólag kábelén (első kábeles tartalom szolgáltatás)
 - Több új kábeles csatorna – hírek, sport, főzés, stb.
- Nagyvállalatok elkezdik felvásárolni a létező kábelhálózatokat, új kábeleket fektetnek le
 - Kábelek a városok között a hálózatok egyesítésére
 - Hasonló ahhoz, ahogy a távközlő iparban a század elején összekötötték a helyi központokat a távolsági hívások végett
- Később a városok közötti kábeleket nagy sáv szélességű fényvezető szálakra cserélik

Internet a kábeltévén

- A kábelhálózat üzemeltetők elkezdtek bővíteni a szolgáltatásaikat
- A TV műsorszórás mellett
 - Adatátvitel (Internet)
 - Telefon szolgáltatás (VoIP)
- Át kell alakítani a hálózatot
 - Az egyirányú erősítőket kétirányú erősítőre kell cserélni mindenhol
 - Végberendezések beépítése: kábel modem az előfizetőnél és digitalizáló multiplexerek a fejállomásokon
 - A fejállomást fel kell fejleszteni
- Egy buta erősítőből egy intelligens digitális számítógéprendszer

Internet a kábeltévéen

- A koax kábel osztott közeg, több előfizető egyszerre használja
- A telefonhálózatban mindenki rendelkezik saját érpárral (előfizetői hurok)
- A TV műsorok elosztásánál ez nem fontos
 - üzenetszórás van (broadcast)
 - Probléma: az osztott hálózat terhelődik, több felhasználó esetén a sávszélesség csökken ezért Internetezésnél a felhasználók osztoznak a közegen
 - Verseny a felhasználók között
 - Ha nincs túl sok felhasználó egy szakaszon, a forgalom kezelhető marad
 - Másfelől a koax kábel sokkal nagyobb sávszélességet biztosít, mint a csavart érpár
- Megoldás: több darabra osztunk egy hosszú kábelt és több fejállomás létesítünk



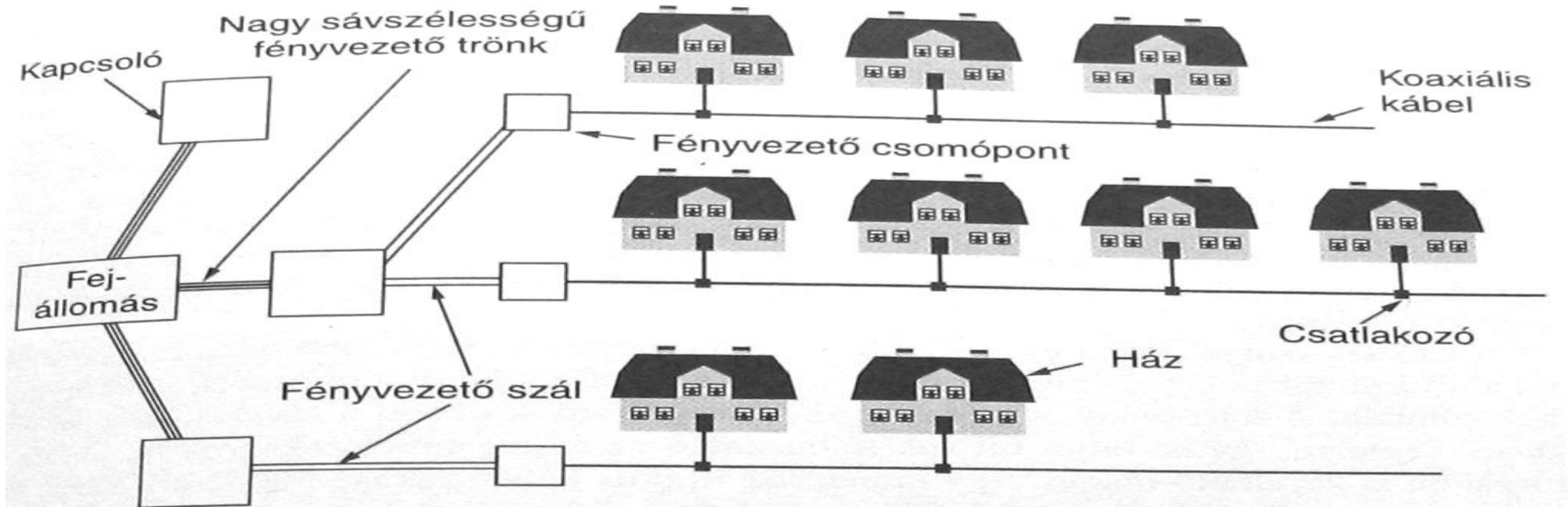
HFC rendszer

- Megoldás :
- HFC - Hybrid Fiber Coax (fényvezető-koax hibrid)
 - Minden szakaszt közvetlenül egy fényvezető csomópontához kötünk
 - A fejállomás és a fényvezető csomópontok között a sáv szélesség nagyon nagy
 - Tipikusan párszáz előfizető egy szakaszon



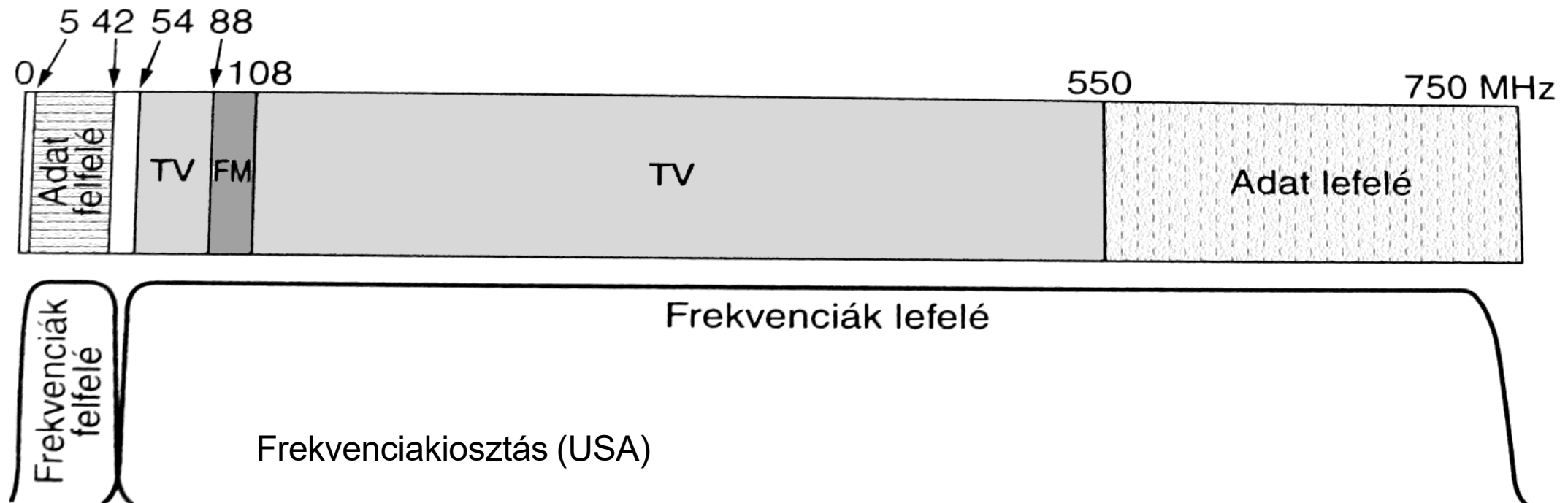
HFC rendszer

- HFC - Hybrid Fiber Coax (fényvezető-koax hibrid)
 - Fényvezető szálak a nagy távolságok áthidalására
 - Koaxiális kábel az előfizetőkhez
- Fényvezető csomópont (Fiber Node: FN)
 - Elektro-optikai átalakító a fényvezető és villamos rész között



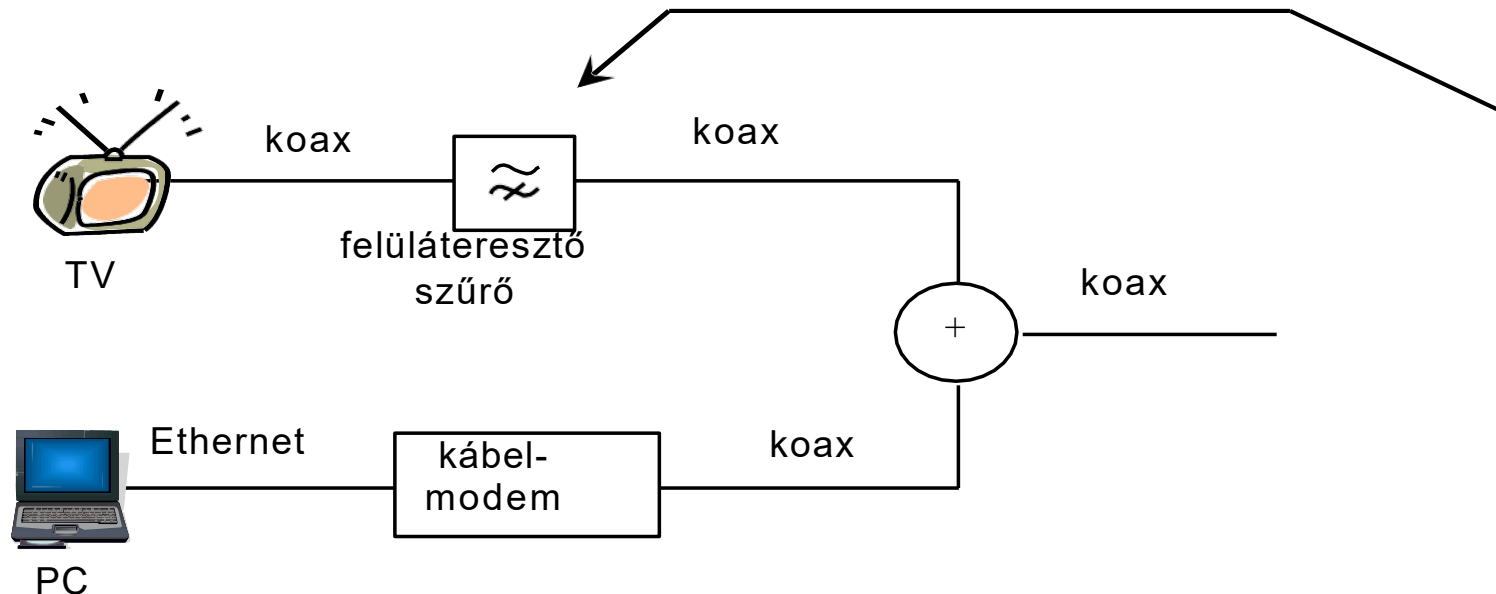
Spektrumkiosztás

- Frekvencia osztással megvalósított átvitel
- Modern kábelek 550 MHz felett is működnek, gyakran 750 Mhz felett is
 - Megoldás: feltöltés 5 - 65 MHz (ez Európában, USA: 5 – 42 MHz között)
 - A magasabb frekvenciák a letöltéshez

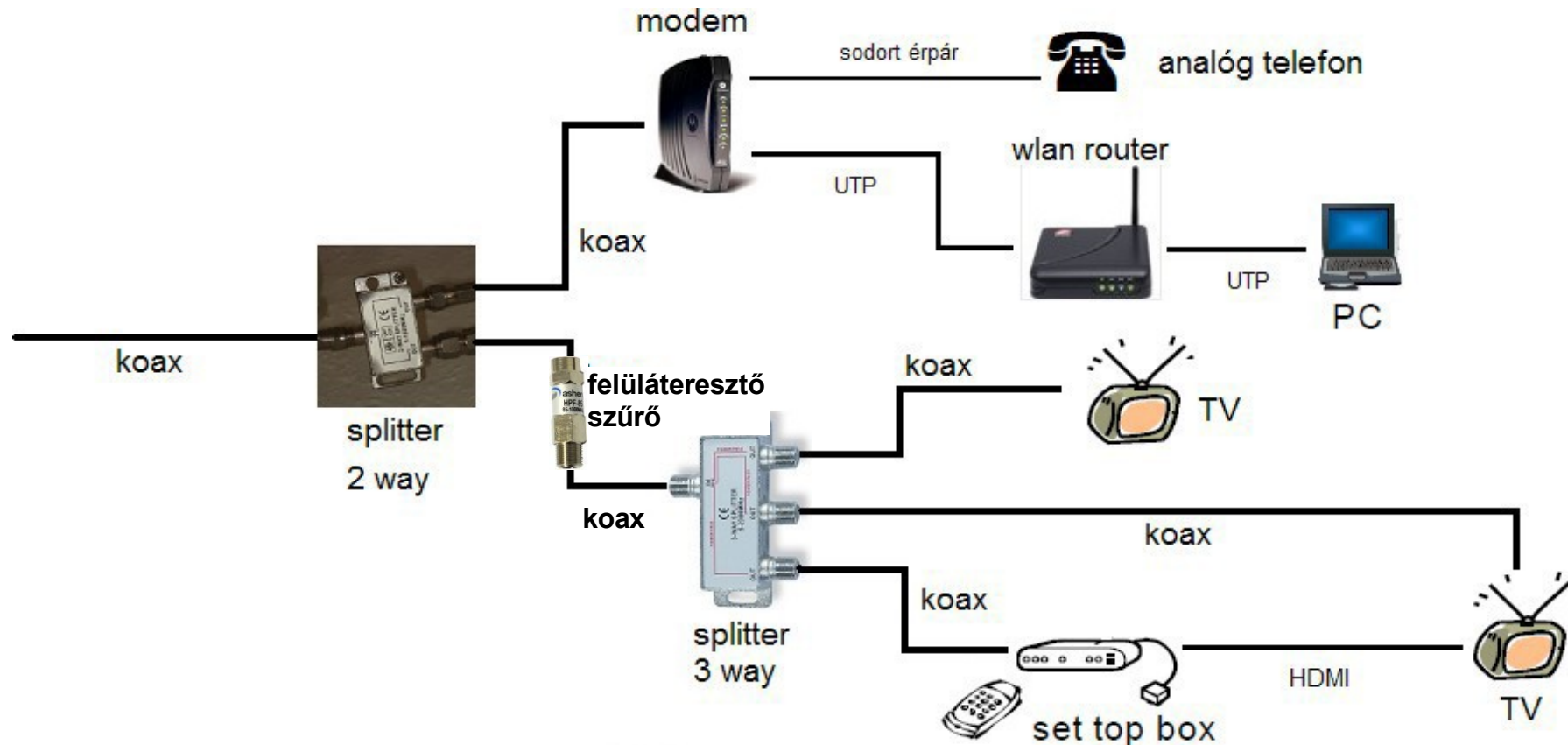


Aszimmetrikus átvitel, házon belüli topológia

- A TV és rádió mind lefele halad
 - A fejállomástól a felhasználó felé
 - Felfele olyan erősítők melyek az 5-42 MHz-es tartományban működnek
 - Lefele az 54 MHz feletti tartományban működő erősítők
 - Aszimmetrikus rendszer, nagyobb letöltés sebessége mint a feltöltésé
 - Ezt itt műszaki okok befolyásolják, nem úgy mint azADSL-nél!
- Topológia lakáson belül:
 - a régi TV-készülékek zavaró alacsonyfrekvenciás jeleket bocsátanak ki



3 play kábeltévén (példa)



- Afenti elrendezés csak egy példa, nyilván nem muszáj pont 3 részes osztó az analóg TV ágba
- A fenti megoldásban a digitális TV jeleit egyes analóg csatornák helyén szállítják (digitális, de nem IP protokollon van az átvitel)
- Apéldában az alsó TV készüléken analóg és digitális TV csatornákat is lehet nézni
- Más megoldások is léteznek, pl. digitális TV jel átvitele IP protokolon IPTV

Kábelmodem, DOCSIS

- Koax kábel, szükség van modulációra
- Két interfész – egy a PC és egy a kábelhálózat felé
 - A modem és a PC között Ethernet kábel, néha USB
- A kezdetekben minden hálózatüzemeltetőnek saját modemje, melyet egy technikus telepített
 - Nyílt szabvány Data Over CaDOCSIS szabvány
 - EuroDOCSIS – európai változat



Kábelmodem



Biztonságos kommunikáció

- A kábel egy osztott közeg
 - Bárki megnézheti a mellette elhaladó forgalmat
- Hogy a szomszédod ne hallgatasson le, a forgalom kódolva mindkét irányban
 - Meg kell egyezni a modem és a fejállomás között egy közös titkosítási kulcsban
 - Két „idegen” között, egy osztott, lehallgatható közegen

Kábel vs. xDSL

	ADSL(2+)	kábel-TVs Internet
közeg	sodrott érpár	koax
elérés (csak az első routerig...)	dedikált sáv szélesség	osztott közeg
tipikus sáv szélesség	~ 100 Mb/s	1600 Mb/s
sáv szélesség növelése	fizikai akadályok	Fizikai akadályok
lefedettség	telefonközpont közelében	kábel-TV területen bárhol
biztonság	fizikai elválasztás	Titkosítás kódolás

Az optikai szolgáltatói hálózatok

- Miért kell optikai hálózat?
- Ma már nem a webezés, hanem a multimédia a fontos
 - MPEG-1 – ISO/IEC szabvány
 - Moving Pictures Experts Group
 - 50:1 – 100:1 video tömörítés
 - 1.5 Mbps, VHS minőségű kép
 - MPEG-2
 - DVD minőségű kép
 - Nagy felbontás, nagy színmélység, sok mozgás (pl. sportközvetítés) – 4-8 Mbps
 - HDTV – 14 Mbps, **8K UHD TV – 50 Mbps** (7680 x 4320, 60 fps)
- Az xDSL sávszélessége csak nagyon rövid helyi hurkok esetén elegendő ehhez

Miért kellene optikai hálózatok?

- A már megismert HFC (Hybrid Fiber Coax)
 - A TV csatornák felett kb. 3-400 MHz sávszél downlink csatornáknak
 - 50-60 db csatorna
 - Max 2 Gbps sávzélesség
 - 100-200 ház egy kábelben → mindenkinek jut 10-20 Mbps downstream
 - Szépen hangzik, de...
 - Minden kábelt le kell cserélni 850 MHz-es koaxra
 - Új fejállomások, új fényvezető csomópontok (fiber node), kétirányú erősítők
 - Szinte a teljes kábelhálózati rendszert le kell cserélni
- **Akkor miért ne legyen minél több fényvezető szál benne?**

Jelenlegi trendek

Az optikai szálak mind nagyobb térhódítása, pl:

FTTC/FTTCab

- Fiber to the Curb/Cabinet: optikai szál az aknáig, elosztódobozig, azaz max. 100 m-re a végberendezéstől
- Több helyi rézhurok, coax, Ethernet kábel csatlakozhat hozzá



FTTH

- Fiber to the Home (optikai szál a háztartásig), pl. GPON: Gigabit Passive Optical Network (gigabites passzív optikai hálózat)
- Optikai szál végig a végberendezési

Adatátvitel fényvezető szálon

- Három fő komponens:
 - **Fényforrás**
 - LED (light emitting diode), félvezető lézer
 - **Átviteli közeg**
 - Rendkívül vékony üvegszál
 - **Fényérzékelő (detektor)**
 - fény hatására elektromos impulzusokat állít elő
- Az adatátviteli sebességet az átalakítás sebessége határozza meg
 - A gyakorlati sebesség egy szálon ma 10-50 Gbps

Fényvezető szálak

- Többszmódusú szál



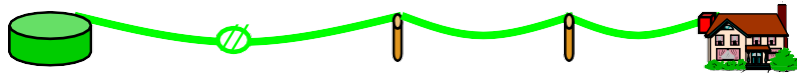
- A fényimpulzusok hosszanti irányban szétszóródnak a szálban
- Egyszerre több, különböző szögben visszaverődő fénysugár halad
- Olcsó megoldás, de csak kis távolságokra hatékony (500 m)

- Egyszámú szál



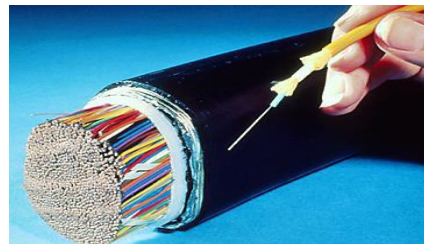
- Ha az üvegszál átmérője nagyon kicsi, a fény visszaverődés nélkül, egyenesen terjed
- Jóval drágább a szál, és nagyobb kapacitású, jobb lézereket igényel
- Nagyobb távolságok áthidalására sokkal jobb
 - 50 Gbps 100 km távolságba erősítés nélkül
 - A transzatlanti optikai kábeleknél nagyon fontos, hogy kevés erősítő legyen
- A gerinchálózatban csak egyszámú szálakat használnak

Fiber vs. Réz érpár



- Optikai kábel

- Fényjelekkel működik
- Nem érzékeny az elektromágneses interferenciákra
- Ismétlők kb. 30 km után
- Kismértékű hőágulás
- Törékeny, viszonylag merev anyag
- Kémiaailag stabil

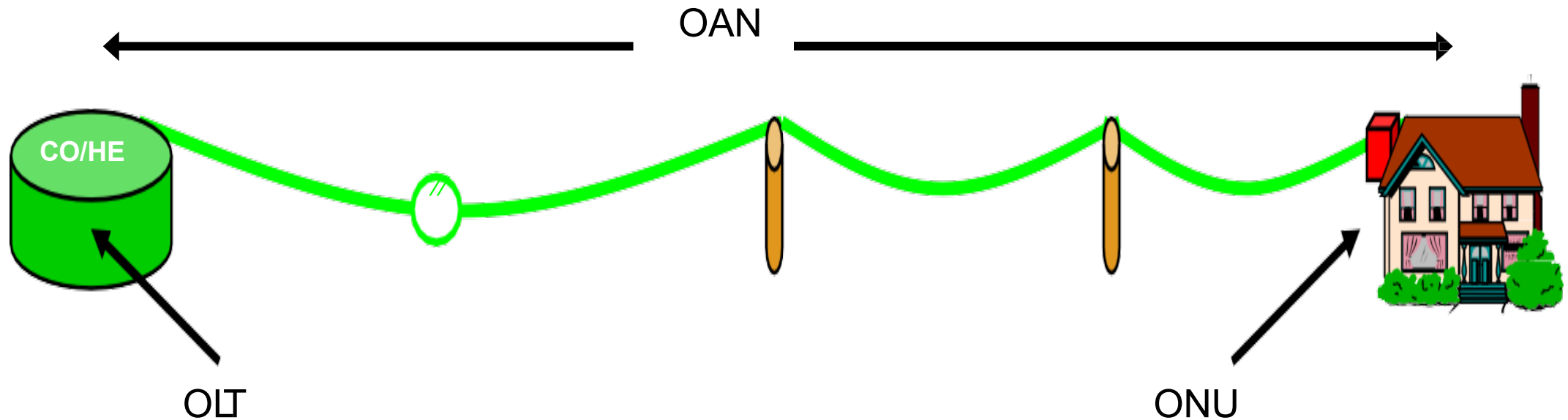


- Réz érpár

- Elektromos hullámok
- Érzékeny az elektromágneses interferenciákra
- Ismétlők 500m után
- Nagymértékű hőágulás
- Hajlítható anyag
- Érzékeny a korrózióra
- Újrahasznosítható

FTTH – Fiber To The Home

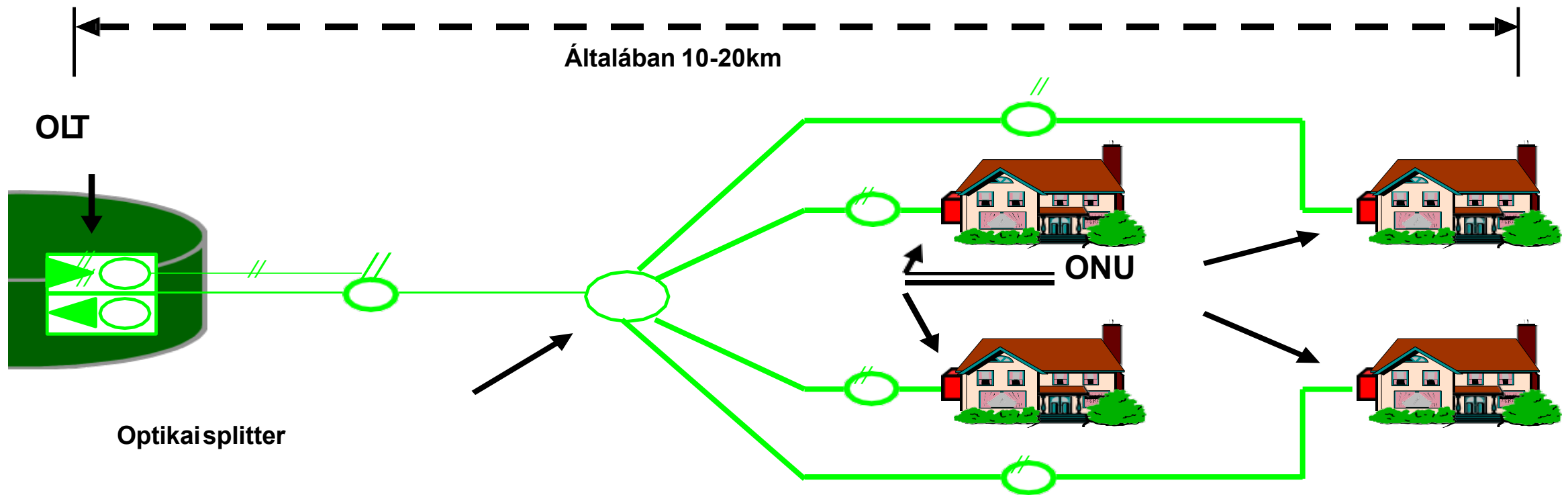
- Rendszerelemek
 - **OAN**: Optical Access Network : Optikai hozzáférési hálózat
 - **ONU/ONT**: Optical Network Unit/Terminalí: Az előfizető otthonában
 - **OLT**: Optical Line Termination: végződtetés a szolgáltató hálózatában



FTTH architektúrák

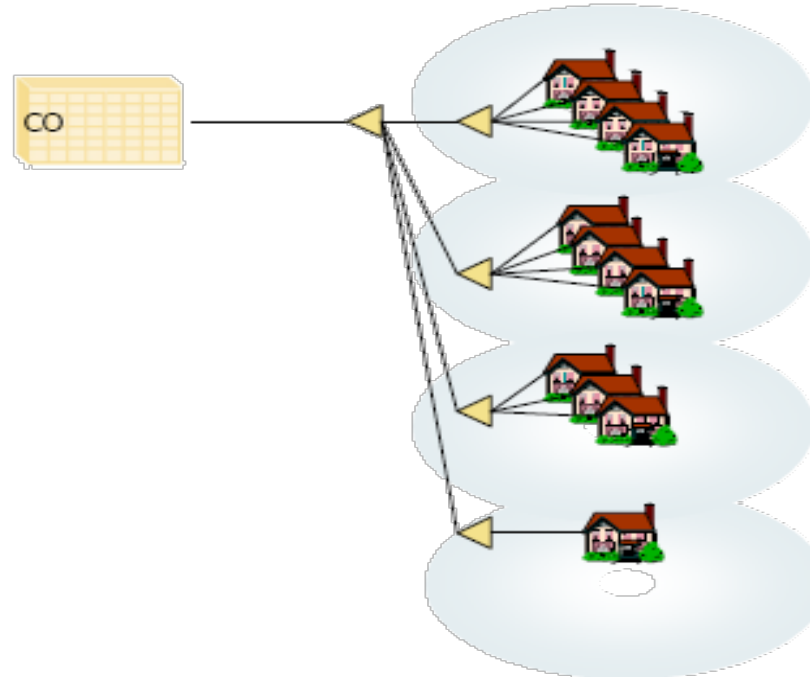
- **PON – Passive Optical Networks**

- Több felhasználó megoszt egy fényvezető szálát
- Optikai splitter-ek a jel szétválasztására és aggregálására
- Áramellátás csak a végeknél szükséges
- Osztott hálózat – Point to Multipoint (P2MP)



Hagyományos PON

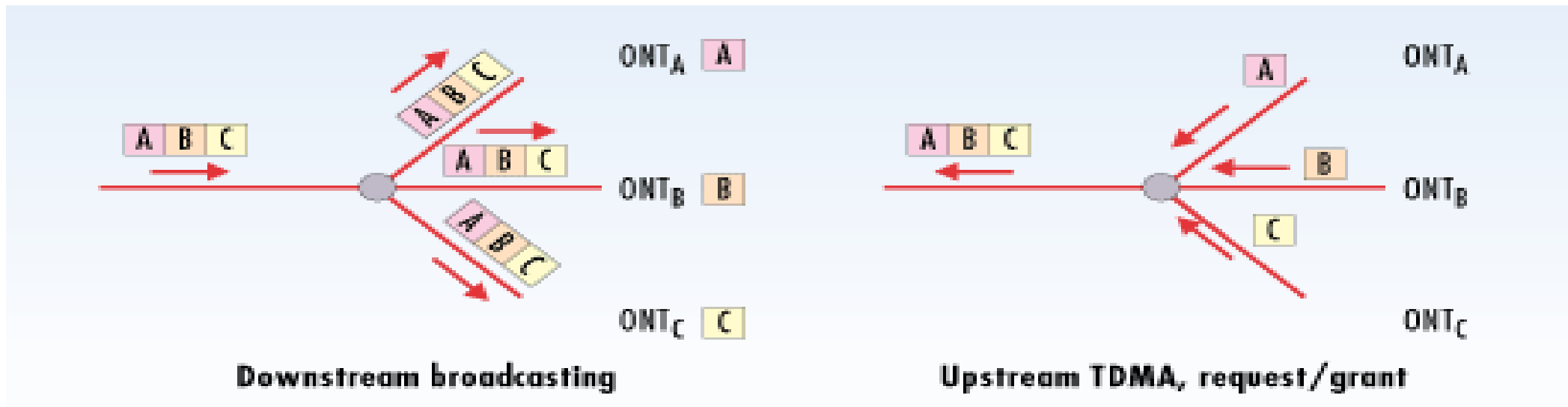
- Az alapötlet:
 - Mindenkinek nem éri meg külön szálát kihúzni az OLT-től
 - Elég egy szálát közel vinni a felhasználókhoz, majd passzív eszközökkel elosztani
- Hátrányok
 - A splitter-ekben nincs intelligencia, nem tudod őket távolról vezérelni
 - Ha valami hiba van, nem könnyű egyenként megnézni minden splitter-t



PON le- és feltöltés

A le- és feltöltés nem egyformán működik

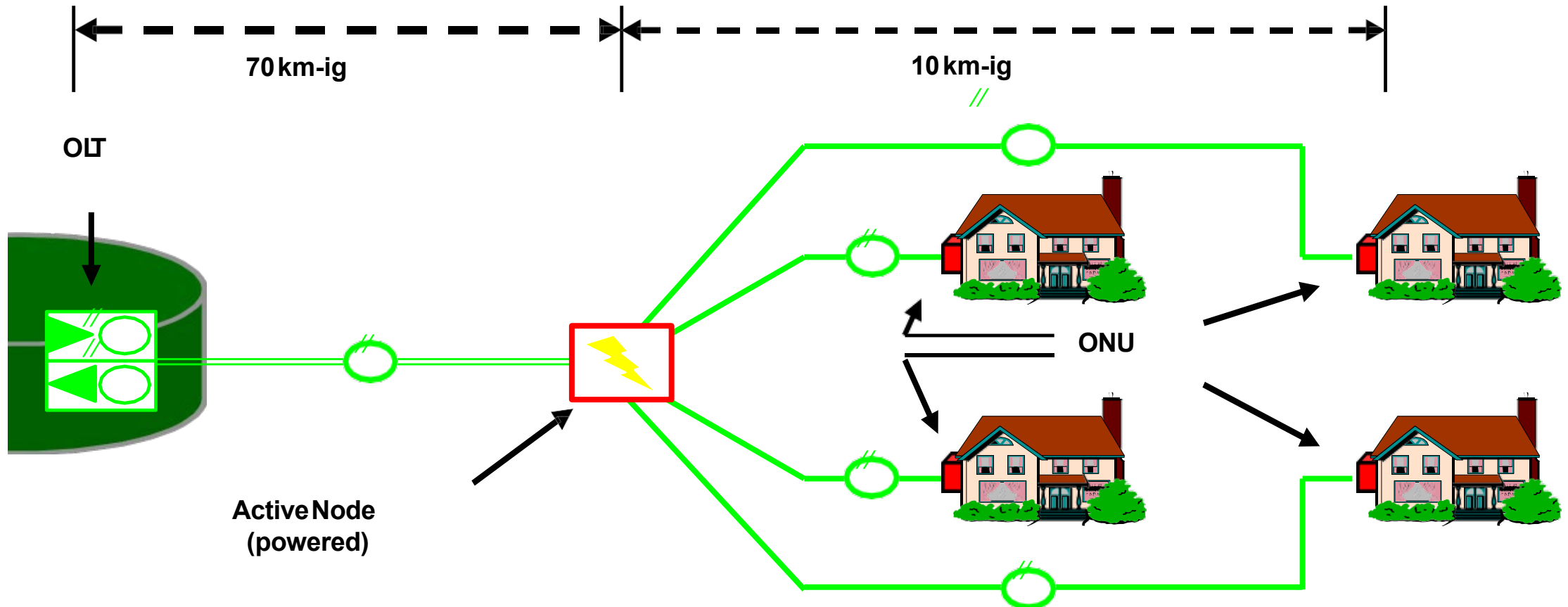
- A letöltés broadcast
 - A splitter minden szálra kitesz minden csomagot
 - Az ONU csak azt a csomagot kezeli melyet neki címeztek (fejléc alapján)
- A feltöltés TDMA-t használva történik
 - Az OLT időszeleteket oszt ki az ONU-knak
 - Szinkronizált csomagküldés
 - Időszeletek kiosztása igénylések függvényében



FTTH architektúrák

- **Active Node (AON)**

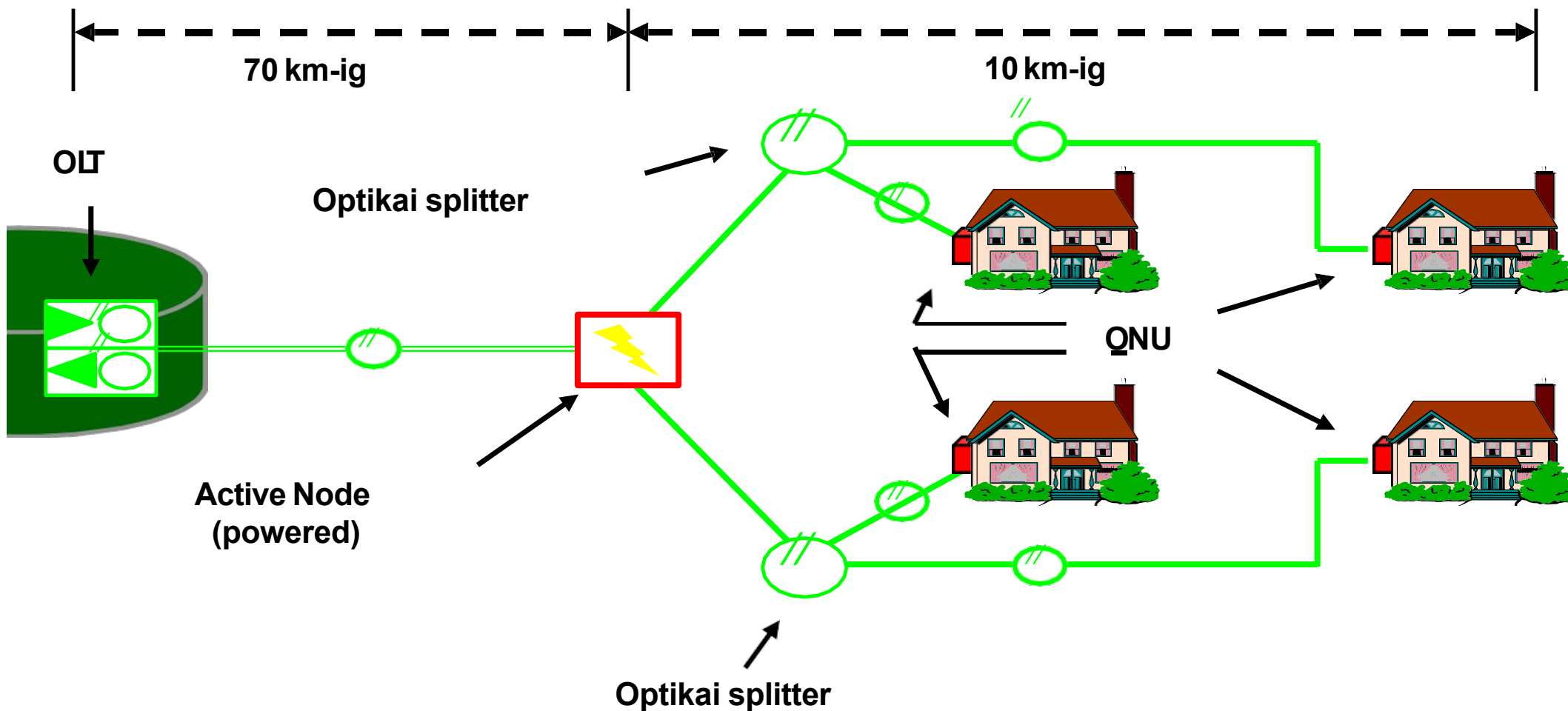
- Az előfizetőknek saját fényvezető száluk - Point to Point (P2P)
- Aktív, árammal táplált csomópontok a forgalom elosztására - Ethernet switch



FTTH architektúrák

- **Hybrid PON**

- Az előbbi két architektúra kombinált változata



FTTx szolgáltatás

Két szolgáltatási modell

– Saját hálózat

- Az FTTx szolgáltatások nagy része
- A hálózat tulajdonosa egyenesen a felhasználóknak adja el a szolgáltatást
- Hagyományos telefon és kábeltévé szolgáltatási modell

– Nyílt hozzáférés

- Több országban törvényi szabályozás miatt
- A hálózat tulajdonosa átadja az infrastruktúrát több viszonteladó szolgáltatónak, ők szerződnek a felhasználókkal

FTTH verseny Tokió belvárosában

