

# Hálózati Technológiák és Alkalmazások

Vida Rolland  
BME TMIT

2016. március 3.

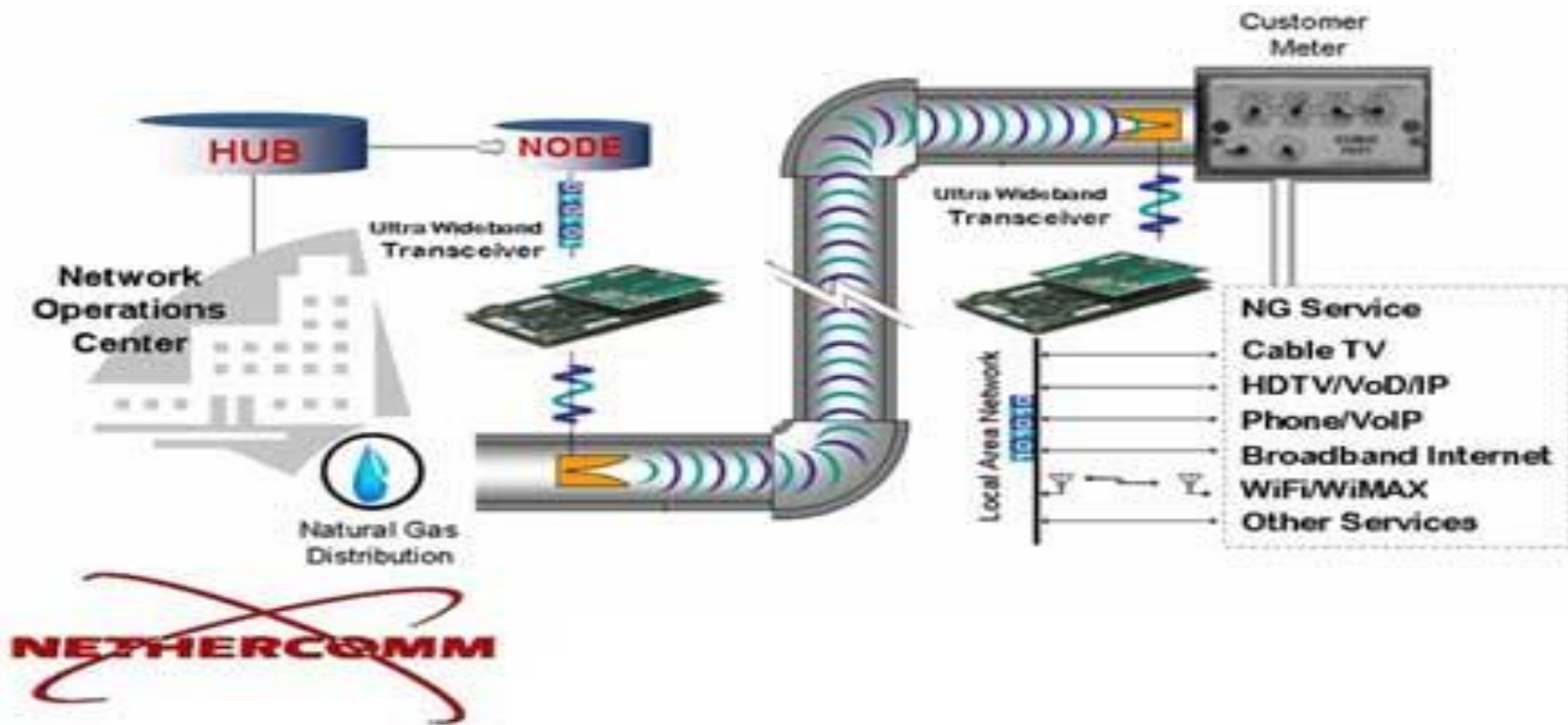


# Bevezető

---

- (Vezetékes) hálózatok zöldmezős 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
  - Elektromos hálózat
  - Gázvezeték hálózat (?)
    - Ultra Wideband rádiós kommunikáció
  - Szennyvízcsatorna hálózat (?)
    - 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 gázvezetékben 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
  - A NetherComm is eltűnt...

# PSTN

---

- A telefonhálózat elemei:
  - Előfizetői hurok
    - Csavart réz érpár
    - A háztól vagy az irodától a helyi kapcsolóközpontig („local exchange”)
      - „Local loop”, „last mile”
      - Optical local loop, wireless local loop
  - Kapcsolóközpontok
  - Tronkok
    - a kapcsolóközpontokat összekötő szálak
    - gerinchálózat (törzshálózat)
- A kezdeti hálózat teljesen analóg
  - Fokozatos áttérés a digitális átvitelre, főleg a kapcsolóközpontok között (gerinchálózat)

# PSTN

---



# Beszédcsatorna

---

- 4kHz sávzélességű 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
  - Nem kell minden hallható hangot átvinni
    - Gazdasági megfontolások

# PCM

- Pulse Code Modulation
  - Az analóg jelek digitalizálására
- Nyquist tétel alapján 4kHz-es jelhez 8kHz-es mintavételezés
  - 256 jelszintre kvantálva
    - 8 biten kódolva
  - Átviteli sebesség:  $8\text{bit} \times 8\text{kHz} = 64\text{ kbit/s}$



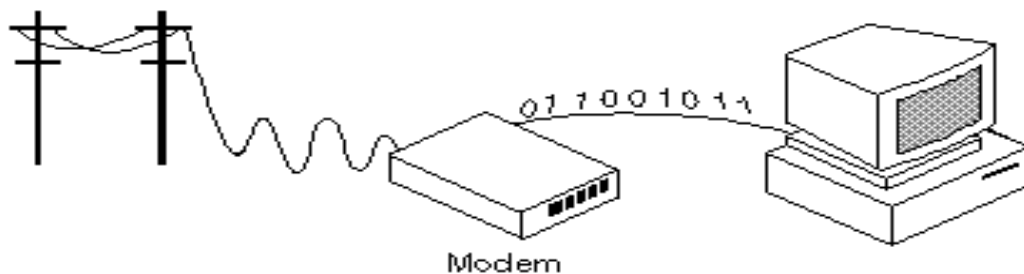


# Digitális hangátvitel

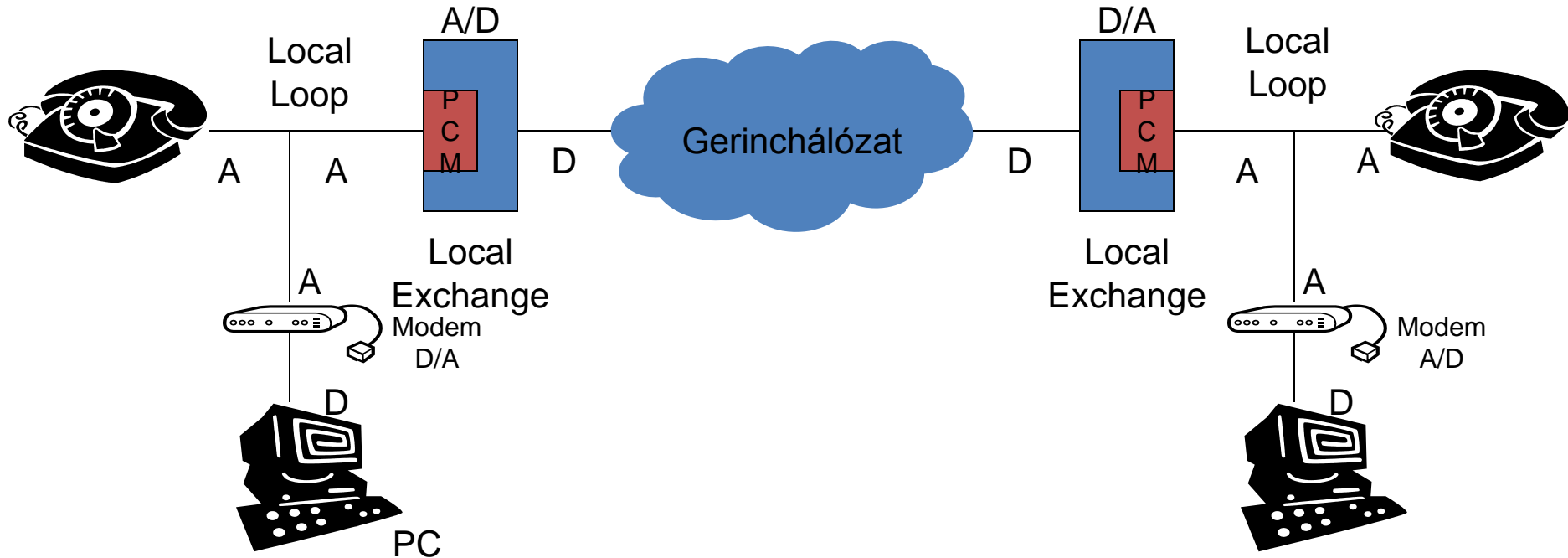


# Dial-up Access

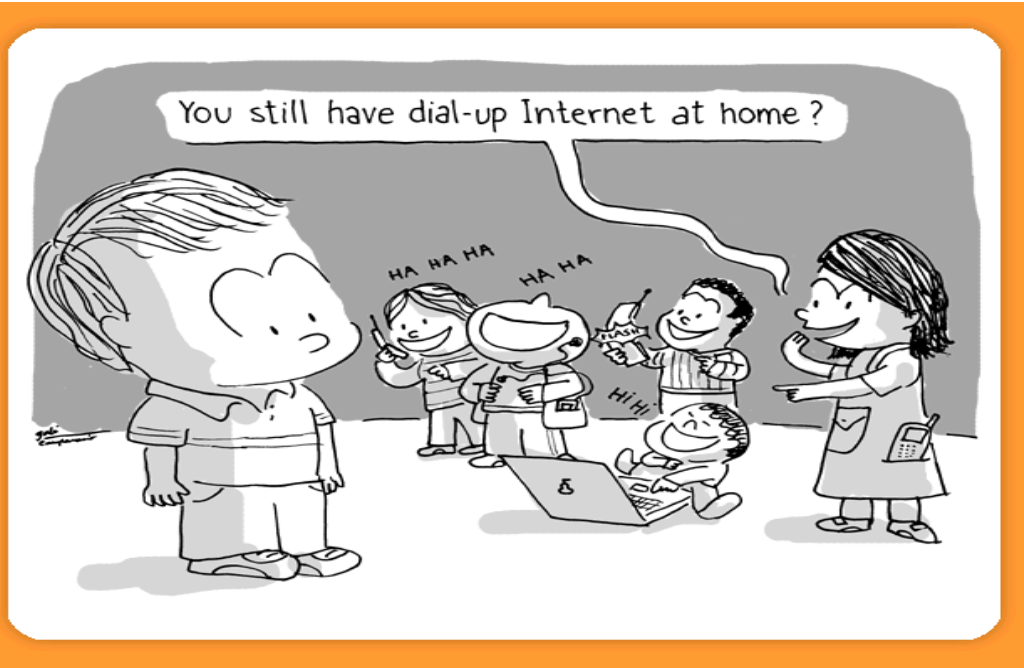
- „Betárcsázós internet”
- A számítérek digitális információi analóg jellé alakíthatóak, és átvihetők a hagyományos telefonhálózaton
  - „Modem” – **m**odulator-**d**emodulator



# Dial-up modem



# Kihalófélben a dial-up



# Miért DSL?

---

- Telefon ipar (dial up) – 56 Kbps
  - Kábeltévé ipar – 10Mbps osztott kábeleken
  - Műholdas cégek – 50 Mbps ajánlatok
  - Lépni kellett az internetezők megtartása érdekében
- Megjelenik a „szélessávú” (broadband) hozzáférés
  - Inkább reklám mint valóság
  - Nem egyértelmű mit értünk szélessávon
- xDSL – különféle DSL változatok
  - Digital Subscriber Line

# Mitől gyors a DSL?

---

- **Miért lassú a dial-up?**
  - A telefonhálózatot beszédátvitelre optimalizálták
    - A helyi központban egy sávszűrő
    - Csak a 4 KHz-es beszédsáv marad
  - Az adatok is ezt a sávot használhatják csak
- Az **xDSL** előfizető vonalát egy olyan kapcsolóra kötik át, amelyen **nincs szűrő**
  - Kihasználhatóvá válik az előfizetői hurok teljes kapacitása
    - Függs 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
- **Megoldás?**
  - Mini központok a házakhoz közel (elég drága, de nincs jobb)

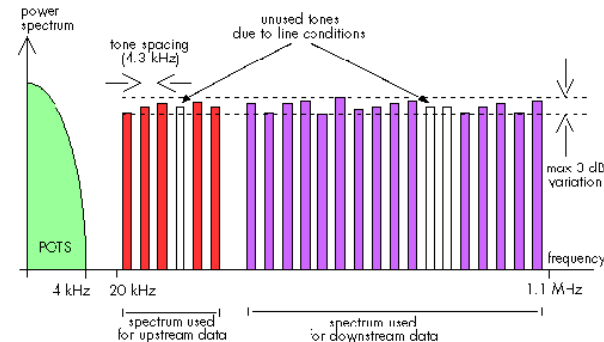
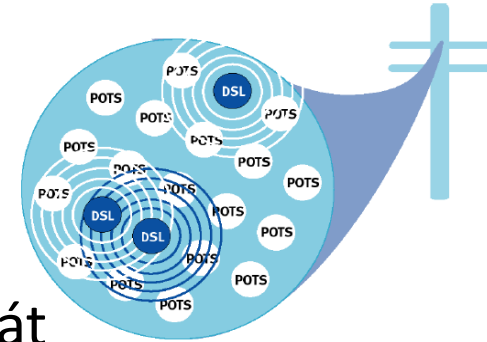
# ADSL

---

- **DMT - Discrete Multitone Modulation**
  - 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
- Frekvenciák felosztása ADSL-nél
  - 0-4 kHz – hang
  - 4-25 kHz – biztonsági sáv
  - 25-160 kHz – upstream sáv
  - 200 kHz - 1.1 MHz – downstream sáv

# ADSL DMT

- Átvitel minden csatornán, párhuzamosan, az átviteli paraméterek függvényében
  - Csillapítás a magasabb frekvenciákon
  - Interferenciák
  - Áthallás (crosstalk) a kábelkötegben
- A kapcsolat felépítésénél tesztel minden csatornát
  - A jel/zaj viszony alapján több/kevesebb bit/csatorna
  - Esetleg más moduláció (x-QAM)
  - Ha túl zajos a csatorna, nem küldünk rajta





# ADSL architektúra

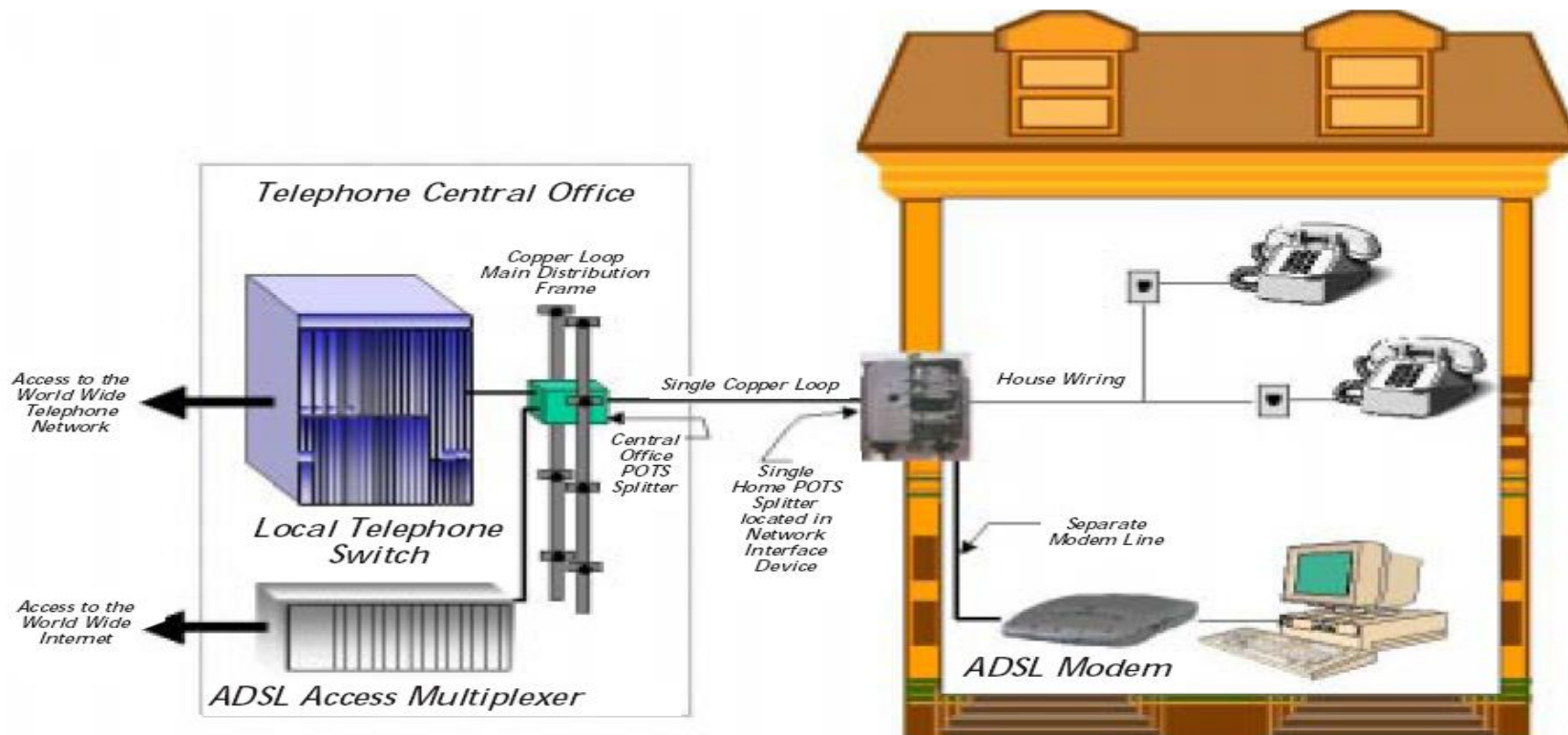
## A szolgáltatónál

- **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 (ATM vagy Ethernet)
- **BRAS – Broadband Remote Access Server**
  - Csatlakoztatja a DSLAM-okat egy internetszolgáltató hálózatához

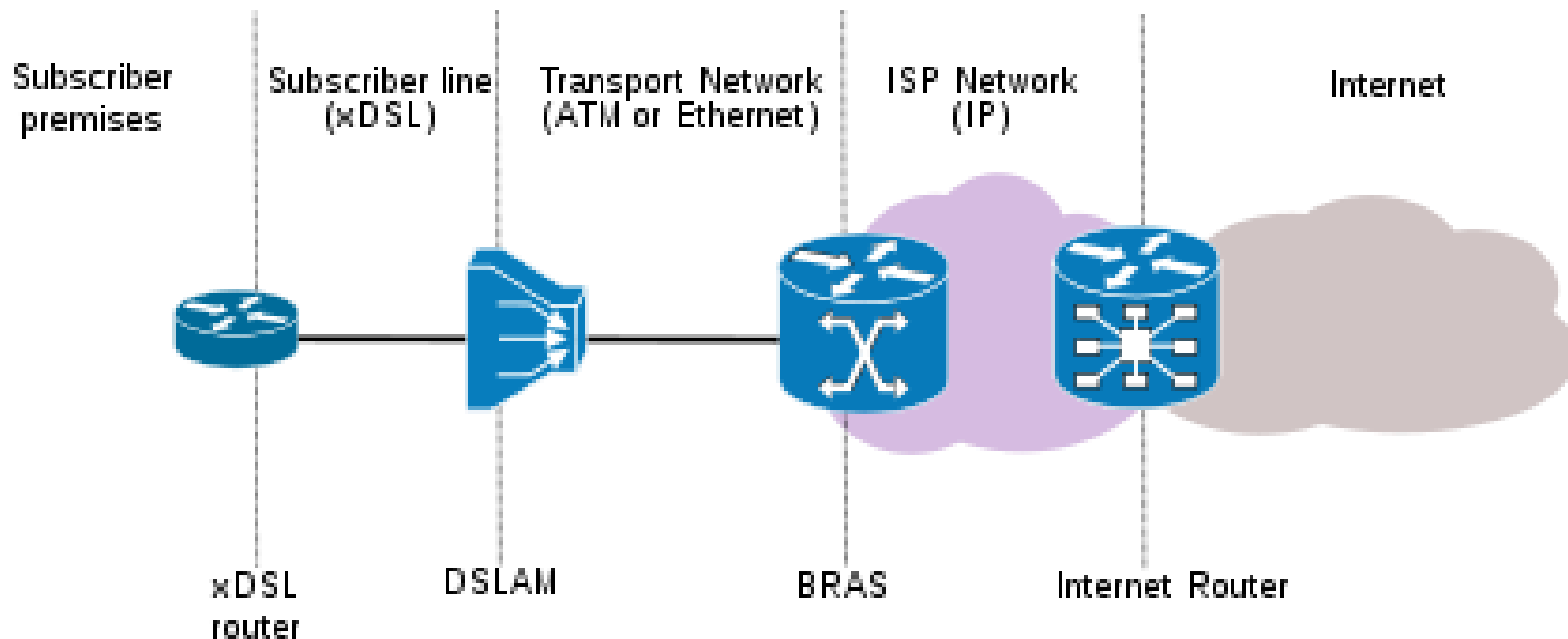
## Az előfizetőnél

- POTS Splitter
- **ADSL modem**
  - Digitális jelfeldolgozó (DSP)
- Nagysebességű (Ethernet) összeköttetés a PC-vel

# ADSL architektúra



# ADSL architektúra



# ADSL G.dmt

---

- ITU-T G.992.1 szabvány (1999)
- Lényegesen nagyobb a letöltésre elkülönített sáv szélesség
  - a webes böngészés igényeire szabott technológia
  - maximális letöltési sebesség 8 Mbit/s
    - általában 512 Kbit/s – 1 Mbit/s
  - maximális feltöltési sebesség 1 Mbit/s
    - általában 64 Kbit/s – 256 Kbit/s
- A helyi központtól max. 3 km-es távolságig
- Ideális technológia lakossági felhasználásra
  - a hagyományos hangátvitellel közösen osztozik a már meglévő csavart érpáras vezetéken
  - a felhasználók egy időben telefonálhatnak és internetezhetnek ugyanazon a vezetéken keresztül

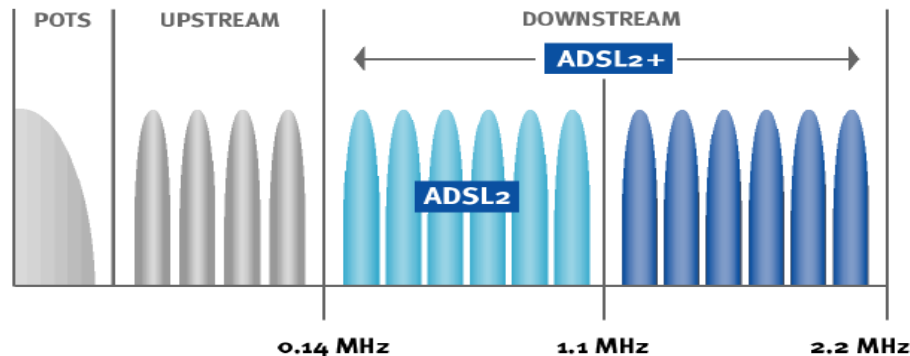
# ADSL2

---

- ITU-T G.992.3 szabvány (2002)
- A hagyományos ADSL technológiát bővíti ki
  - A maximális adatátviteli sebesség 12 Mbit/s-ra nő
  - Az elérhetőségi távolság kb. 500 méterrel bővül
    - A javulás leginkább a hosszú vezetéseken tapasztalható interferenciák kiszűrésének tudható be
- Az ADSL2 átmenetileg átválthat „teljes digitális” módba
  - átadja a hangátvitelre elkülönített csatornákat is az adatátvitel számára
- Automatikus átviteli sebesség adaptáció
  - **Seamless Rate Adaptation (SRA)**
  - Menet közben tud változtatni a csatornákon, kiiktatja a zajosakat
    - Az ADSL-nél ez csak a kapcsolat megszakításával működött

# ADSL 2+

- ITU-T G.992.5 szabvány (2003)
- Növeli a sáv szélességet a használható frekvenciatartomány bővítése által
  - a hangátvitelre, illetve az adatfeltöltésre használt frekvenciák nem változnak
  - a letöltési csatorna maximális frekvenciája 1.1 MHz-ről 2.2 MHz-re bővül.
    - A maximális letöltési sáv szélesség 8 Mbit/s-ról 16 Mbit/s-ra nő
      - 1.5 km-es távolságon belül.



# G.SHDSL

---

- Symmetric High-speed DSL
  - ITU-T G.991.2 (2001)
- 2.3 Mbit/s maximális átviteli sebesség mindkét irányban
  - egy második sodrott érpár hozzáadásával a kétirányú sebesség 4.6 Mbit/s-ra növelhető
  - A sebesség 3 km-es körzetben biztosítható
    - e távolságon felül az átviteli paraméterek fokozatosan gyengülnek
- Az alacsonyabb frekvenciák használata kizárja a hagyományos hangátvitelt
  - Jelentősen növeli a telepítési költségeket
  - Inkább üzleti, mintsem lakossági felhasználók

# Üzleti SHDSL alkalmazások

---

- **Web hosting**
  - Olyan alkalmazások ahol a felhasználó egy web szerver-t üzemeltet egy DSL kapcsolaton keresztül
  - Nagy upstream sávszélességet igényel
- **Videokonferencia**
  - Egy videokonferencia szolgáltatás adat, text, hang és videó csomagok átvitelére épül
  - Mivel egy kétirányú szolgáltatás, egy szimmetrikus DSL kapcsolat (SHDSL) jobban megfelel
- **VPN (Virtual Private Network) szolgáltatások**
  - Magánhálózat a publikus telekommunikációs infrastruktúra felett
  - Az adatforgalom biztonsága (privacy) alagutazással és kódolással garantálva
  - VPN kapcsolatok SHDSL felett egy cégcsoport irodáinak összekötésére, ott ahol egy optikai kábeles megoldás nem elérhető, vagy túl drága
- **Remote LAN Access**
  - Távmunka (teleworking) vagy SOHO (Small Office Home Office) esetén a vállalati hálózat elérésére



# Otthoni SHDSL alkalmazások

---

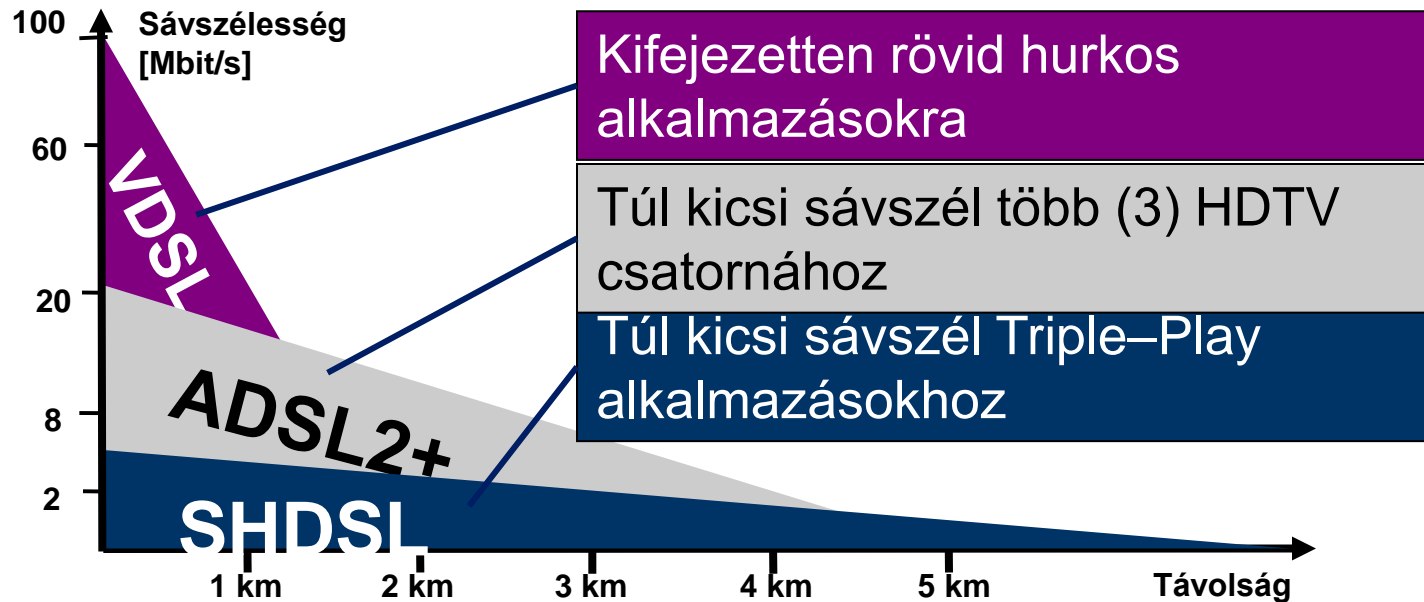
- **Internet Gaming**
  - Egy otthoni felhasználó egy game szerver vagy más otthoni felhasználók ellen játszik
  - Nagyon fontos a jó minőségű (upstream) kapcsolat
- **Residential Gateway Access**
  - Egy olyan CPE (Customer Premises Equipment) melyen keresztül több otthoni szolgáltatás is elérhető (Internet hozzáférés, otthoni videofelügyelet, intelligens otthon)
- **Peer-to-peer alkalmazások**
  - Fájlcseré, alkalmazás rétegbeli multicast
  - Szimmetrikus kapcsolat előnyt jelent a letöltési sebességnél
    - Ha te is tudsz feltölteni másoknak, hasznos peer leszel, jobb lesz a letöltésed

# VDSL

---

- **HDSL (*High bit-rate DSL*)** – ITU-T G.991.1 (1998)
- **VDSL (*Very-high-data-rate DSL*)** - ITU-T G.993.1 (2004)
  
- Lényegesen nagyobb sebességű adatátvitel kis távolságokon
  - 52 Mbit/s downstream, 16 Mbit/s upstream
    - Lehet szimmetrikus is (26-26 Mbit/s)
  - 12 MHz sávszélesség
  - Max. 1 km hatótávolság
    - Inkább 300 méter
  
- Leginkább optikai hálózatok épületeken belüli kiterjesztésére javasolják, mintsem vidéki szétszórt felhasználó csoportok szélessávú bekötésére
  - Az optikai kábelek épületeken belüli telepítése a számos hajlítás szükségessége miatt nem ajánlott
  - A sodrott érpárt használó VDSL vonalak jó kiegészítést jelentenek

# VDSL2



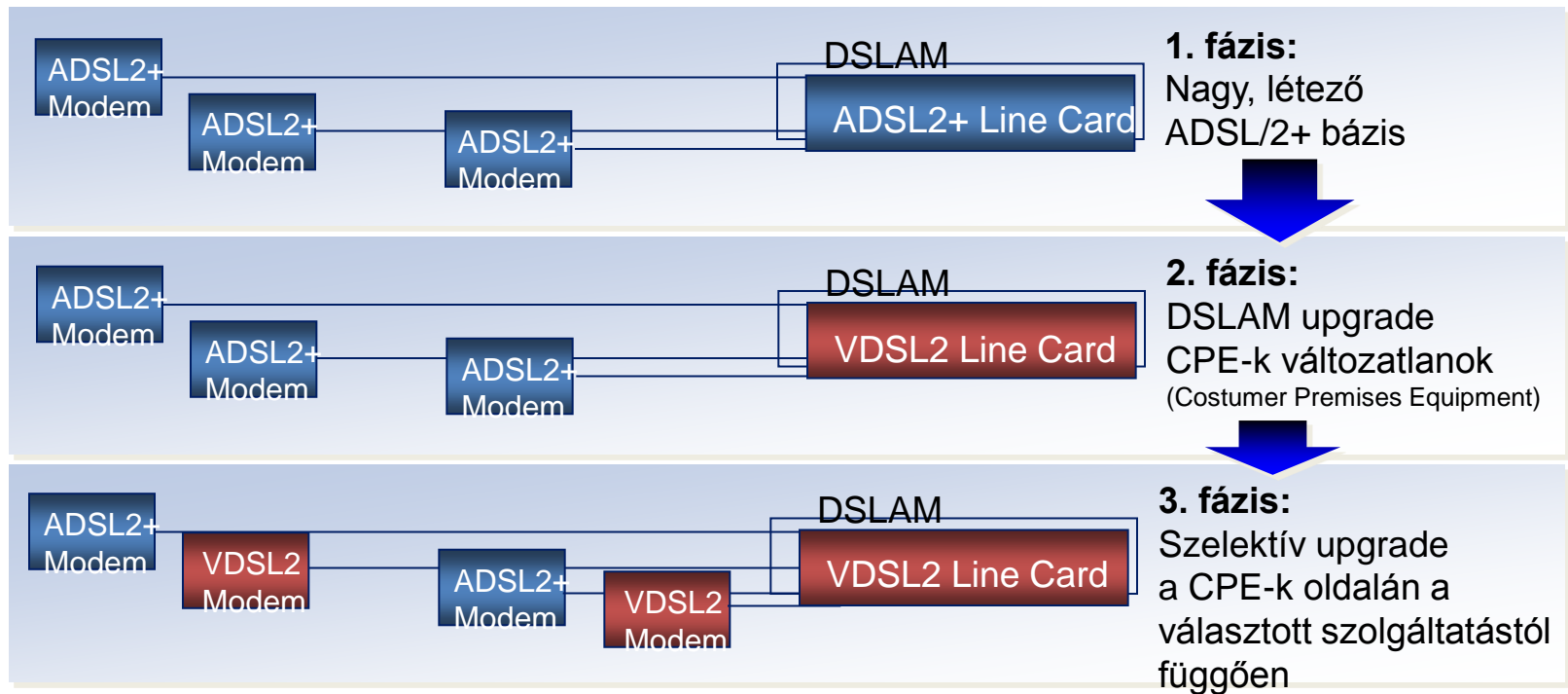
VDSL2 = VDSL sebesség ADSL/2+ hatótávolsággal

# VDSL2

---

- ITU-T G.993.2 (2006)
  - 100 Mbit/s downstream és upstream
  - 30 MHz-es frekvenciatartomány
  - 3 km-es hatótávolság
    - A nagy sebesség és a nagy hatótávolság egyszerre nem teljesíthető
- 8 meghatározott profil, különböző szolgáltatási szinteknek
  - Más és más sáv szélesség igény régióként
- ADSL kompatibilis (a VDSL nem az)
  - Könnyen telepíthető, vonzó technológia a szolgáltatók részére

# ADSL kompatibilitás



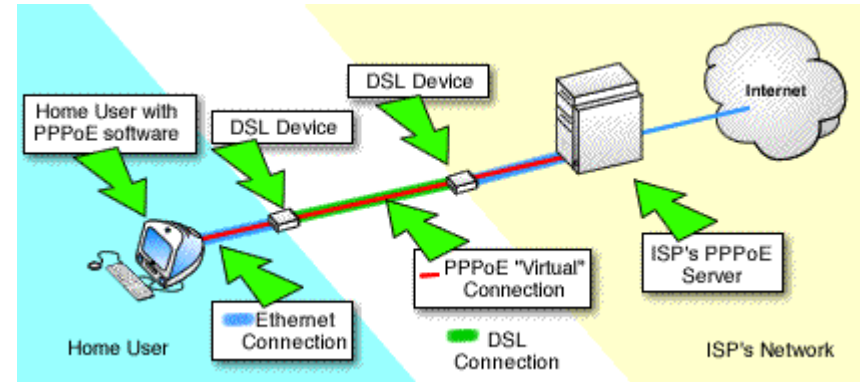
# G.fast

---

- A legújabb DSL szabvány (2014)
  - 106 MHz-es frekvenciatartomány (később 212 MHz)
  - 150 Mbit/s-től 1 Gbit/s-ig
  - Néhány száz méter, FTTB kiegészítésre
- A korábbi xDSL szabványoktól eltérően nem FDD-t hanem **TDD**-t használ az upstream és downstream szétválasztásra
  - 90/10 és 50/50-es profilok kötelezőek
  - Mivel a TDD nem egy folyamatos üzemmód, akár hosszabb időre is kikapcsolhatunk egy adót és egy vevőt
    - Ha nincs küldendő adat, lehet energiát spórolni

# PPP – Point-to-Point Protocol

- Adatkapcsolati rétegbeli protokoll, két csomópont közvetlen összekötésére
  - xDSL-ben a felhasználó és a BRAS között
- Autentikáció, titkosítás, tömörítés
- PPPoE – PPP over Ethernet
- PPPoA – PPP over ATM



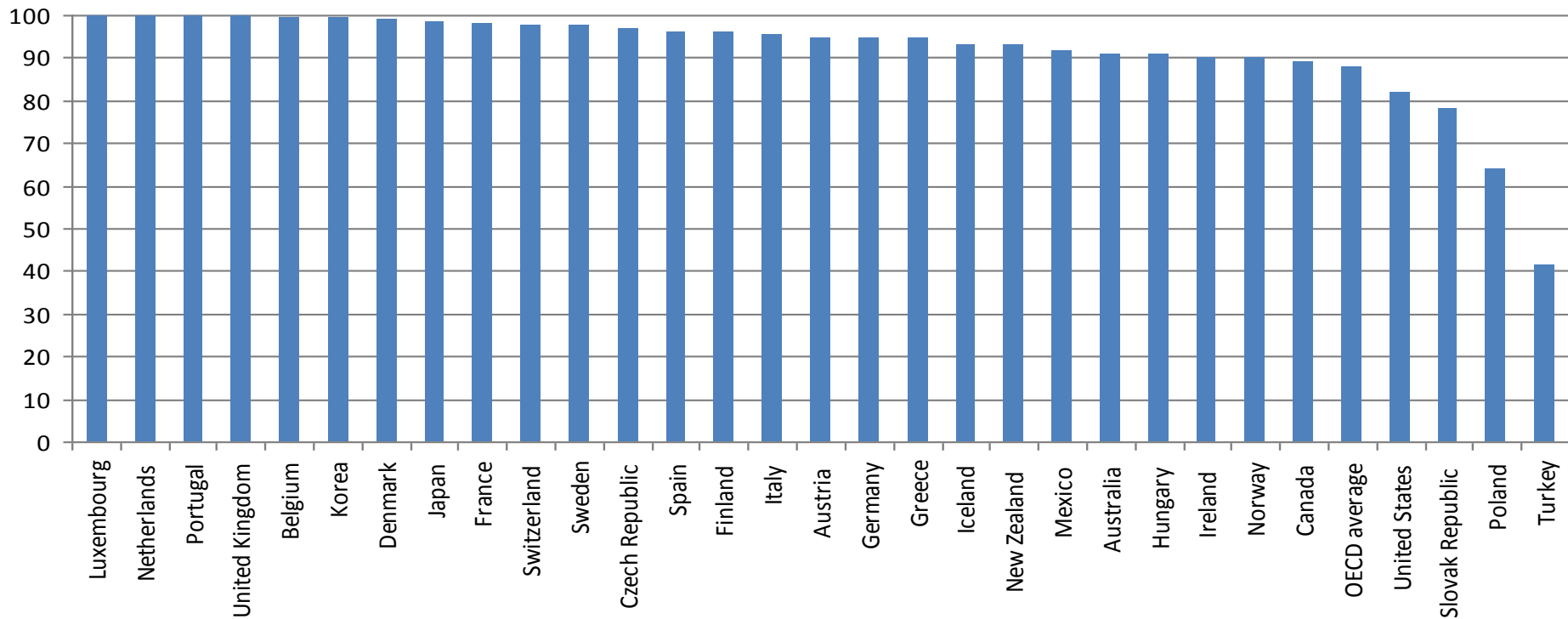
# DSL lefedettség

---

- Egy adott ország területének hány százalékán érhető el DSL szolgáltatás, vagy a lakosság hány százaléka férhet hozzá?
  - A vezetékes telefonvonalak hány százaléka képes DSL szolgáltatásra
    - Ha túl messze a központ, a telefon OK de a DSL nem
  - Világviszonylatban elég nagy lefedettség, de (sok helyen) messze még a 100%
- Két fontos korlátozó tényező
  - Távolság
    - Nagyon gyéren lakott területeken, elszigetelt helyeken vagy nem gazdaságos, vagy nem megoldható technikailag
  - Nagy sáv szélességet igénylő alkalmazások
    - A hagyományos internetezés (web, e-mail) továbbra is fontos
    - Egyre jobban elterjednek a nagy sebességet igénylő alkalmazások (video, triple play)
    - Ezeknek a támogatása nagysebességű DSL technológiákkal fontosabb lehet mint a hagyományos „lassú” DSL megoldások terjesztése



# DSL lefedettség (OECD, 2009)



# Nemzetközi szabályozás

---

- A világ számos országában a kormány beavatkozott a piaci viszonyokba, az elérhető árú szélessáv elterjesztése érdekében
  - Közvetlen részvétel a hálózatok kiépítésében és üzemeltetésében
  - Szabályozások egy egészséges konkurenciára épülő szélessávú szolgáltatás piac megteremtésére
    - Megszüntetni a **monopolhelyzetben levő („incumbent”) szolgáltatók** privilégiumait (pl. Matáv)
- Egy új szolgáltató betörése egy tradicionálisan monopol-helyzetben lévő szolgáltató által dominált piacra nehéz
  - Korlátozott méretű piac
  - Viszonylag lassan megtérülő, nagyméretű befektetések

# Nemzetközi szabályozás

---

- A versenyhelyzet kialakításához meg kell könnyíteni egy új szolgáltató betörését
  - A hosszú engedélyezési procedúrák egyszerűsítése
  - A külföldi befektetőkkel szembeni korlátozások feloldása
  - Adózási kedvezmények
  - Az új infrastruktúra kiépítését vállaló szolgáltatók támogatása
    - kedvező megoldás a hosszú távú piaci versenyhelyzet kialakulására
  - **Szabad hozzáférés biztosítása a hálózathoz**

# Local Loop Unbundling - LLU

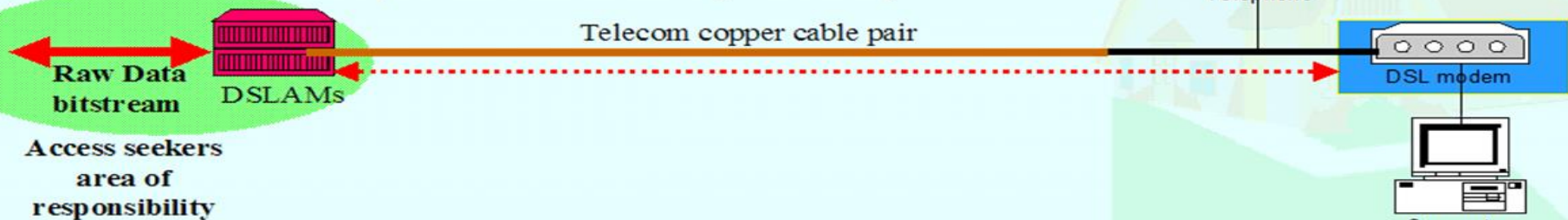
---

- Az infrastruktúrával rendelkező szolgáltatókat kényszerítik, hogy biztosítsák más potenciális szolgáltatók részére a szabad hozzáférést a saját hálózatukhoz
  - legfőképpen a helyi előfizetői hurokhoz való hozzáférés
  - korrekt, non-diszkriminatív alapon és elérhető áron
- Többféle megoldás
  - *a helyi hurok teljes átengedése*
    - a konkurens szolgáltató teljes mértékben rendelkezik a vezetékkel, úgy a hangátvitelt mint az adatátvitelt tekintve
  - *a helyi hurok megosztása*
    - a konkurens szolgáltató vagy a helyi hurok hangátvitelt biztosító részével, vagy az adatátvitelt biztosító résszel rendelkezik
  - *bitfolyam alapú hozzáférés*
    - az incumbent szolgáltató kiépít egy nagysebességű átvitelt biztosító vonalat a felhasználóhoz, és biztosítja a konkurens szolgáltatók hozzáférését ehhez a vonalhoz
    - A vonal technikai karbantartása és a szolgáltatás üzemeltetése továbbra is az „*incumbent*” szolgáltató hatáskörébe tartozik

# LLU megvalósítások

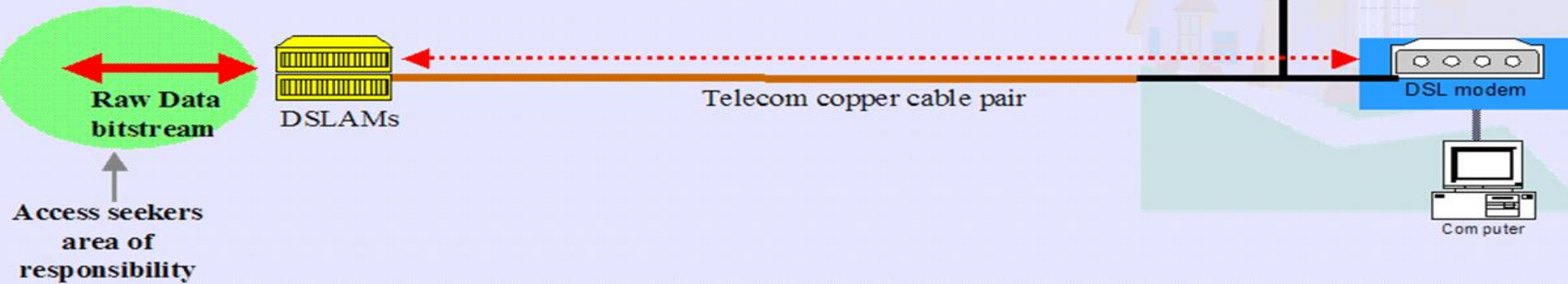
## Option 1: Local loop unbundling

- Access seeker provides electronics (DSLAMs)



## Option 2: Bitstream unbundling

- Telecom provides electronics (DSLAMs)
- Access seeker connects to the data stream



# Local Loop Unbundling - LLU

---

- A világ számos országában alkalmazták, változó sikerrel
  - Japánban NTT West és NTT East az incumbent operátor
    - 97-ben bevezették az LLU-t, kevés sikerrel
      - Eredmény: 2000 végén még csak 70.000 ADSL vonal
    - 2000-ben megszigorították a szabályokat
      - Csökkentek az LLU-ra kiszabható árak
      - Csökkent az időrés melyen belül az „incumbent” szolgáltató köteles volt a hozzáférést lehetővé tenni
      - Eredmény: 2003 elején 6.5 millió ADSL vonal
        - » Az ADSL piac 70%-a a konkurens cégeknél
  - Az EU-ban nem volt ilyen sikeres