

Kommunikációs hálózatok 2

Telefonmodemes adatátvitel ADSL

Németh Krisztián

BME TMIT

2017. febr. 28.

Antónia, Elemér névnap

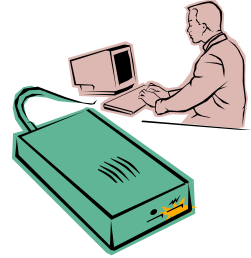
A tél utolsó napja :)

Finnország: a Kalevala napja



A tárgy felépítése

- 1. Bevezetés
- **2. IP hálózatok elérése távközlő, kábel-TV és optikai hálózatokon**
- 3. IPTV, Internet TV
- 4. VoIP, beszédkódolók
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6 Jelzésátvitel
- 7. Gerinchálózati technikák



Áttekintés

- 2.1 A fizikai rétegről
- **2.2 Telefonvonalai internet elérés** ←
- 2.3 ADSL, xDSL
- 2.4 Kábeltévés Internet-elérés
- 2.5 Optikai hozzáférési hálózatok



Akusztikus modemek :)

Ez a dia nem
vizsgaanyag



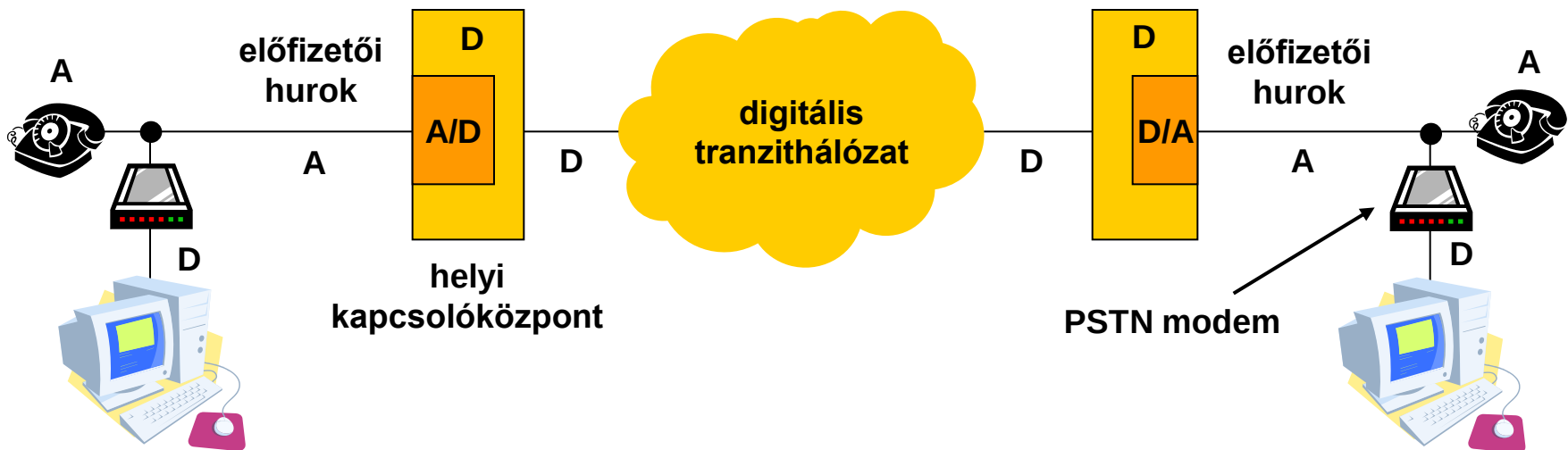


- ❑ A kapcsolat felépítése, bontása kézzel történik (tárcsázás, kézibeszélő letevése)
- ❑ 300 vagy 1200 b/s (ITU-T V.21, V.22)
 - Érdekes: a későbbi telefonmodemek egy részével együtt tudnak működni
- ❑ 1970-es évek, '80-as évek eleje
- ❑ Fő ok, amiért nincs direkt (galvanikus) csatlakozás a hálózathoz:
 - tilos volt, csak a Posta készülékeit volt szabad csatlakoztatni
 - nem csak nálunk: sok helyen Nyugat-Európában, USA-ban is így volt akkoriban
- ❑ Ma már csak kuriózum, elfeledett történelem

□ V.21

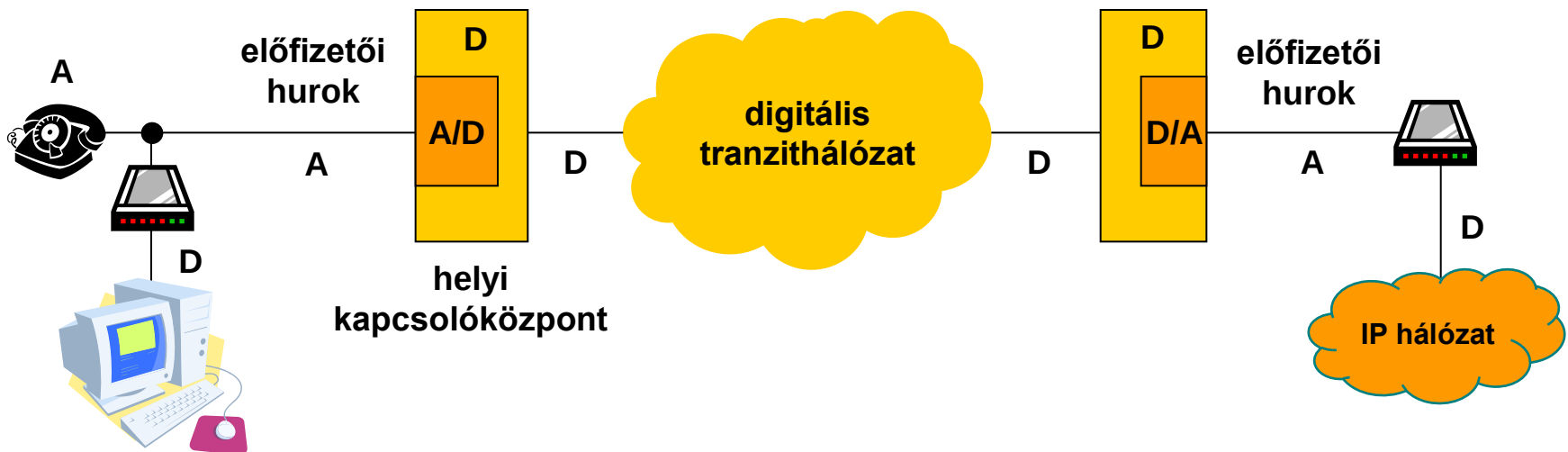
- 1960-as évek
- 300 bit/s
- FSK (Freq. Shift Keying, frekvenciabillentyűzés)
 - channel No. 1: FA („1”) = 1180 Hz, Fz („0”) = 980 Hz
 - channel No. 2: FA („1”) = 1850 Hz, Fz („0”) = 1650 Hz

Telefonvonalai modemek



- ❑ modem: *modulator-demodulator*
- ❑ A 300-3400 Hz beszédsávban vittek át egyidejűleg kétirányú adatforgalmat (közben persze nincs beszédátvitel)
- ❑ kezdetben nagyjából az egyetlen adatátviteli lehetőség
 - nagy távolságra fel sem merült más...
- ❑ először két számítógép közötti átvitel

Telefonvonalai modemek



- ❑ később: Internet-szolgáltatás telefonvonalon (Magyaró.: kb. 1995-től)
- ❑ ún. „dial up” avagy „betárcsázós” Internet
 - minden Internet-szolgáltató nyújtott ilyen szolgáltatást
 - még a BME is!
- ❑ az előfizetők közötti direkt modem-es kapcsolat továbbra is lehetséges volt, de már nem nagyon használták

Telefonvonalai modemek

□ Problémák a modem-es adatátvitellel:

- a 3100 Hz-es sáv nagyon szűk, behatárolja az adatátviteli sebességet (az adott jel-zaj viszony mellett)
- D/A/D/A/D átalakítás nem hatékony
- a telefonhálózatot nem adatátvitelre tervezték
 - adatátvitel közben nem lehet telefonálni és viszont
 - áramkörkapcsolt hálózaton csomagkapcsolt adatok: szuboptimális
 - lefoglalva tartjuk a csatornát akkor is, ha nincs adatforgalom
 - fizetni kell akkor is, ha nincs adatforgalom (telefon: percdíj)

PC-s modemek

Ez a dia nem
vizsgaanyag

- Belső (ISA, PCI busz)



- Külső soros csatlakozással (RS232)



- Külső USB csatlakozással



- Compact Flash csatlakozással



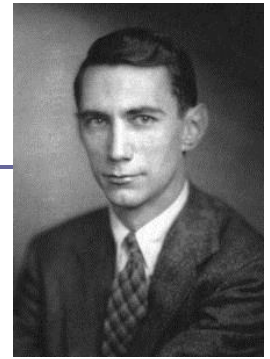
- Külső PCMCIA csatlakozással

- laptopok csatlakoztatására



- Az első modem az 50-es években
 - Az Amerikai Légvédelem használta katonai adatok küldésére a telefonhálózaton keresztül
 - Az első kereskedelmi forgalomban kapható modem – Bell 103 (1962)
 - 300 bps full duplex átvitel
 - ITU-T V.21 (FSK)
- További szabványok ajánlások:
 - ITU-T V.22 – 600 v. 1200 bps (PSK, QPSK) (1980)
 - ITU-T V.22bis – 1200 v. 2400 bps (QPSK, QAM-16) (1984)
 - ITU-T V.32 – 9600 bps (QAM) (1984)
 - ITU-T V.32bis – 14.4 Kbps (1991)
 - ITU-T V.34 – 33.6 Kbps (1998)
 - ITU-T V.90 – 56.6 Kbps lefele, 33.6 Kbps felfele (1998)
 - ITU-T V.92 – 56.6 Kbps lefele, 48 Kbps felfele (2000)
- Az ajánlások ingyen letölthetőek:
 - <http://www.itu.int/pub/T-REC>

Meddig fejlődhetett?



□ Shannon törvénye:

- $C = B * \log_2 (1 + S/N)$

- C – bitsebesség (bps)

- B – csatorna sávszélesség (Hz)

- S/N – jel/zaj viszony (signal to noise)

- Elvben ebből is kiszámítható a maximális bitsebesség. Azonban:

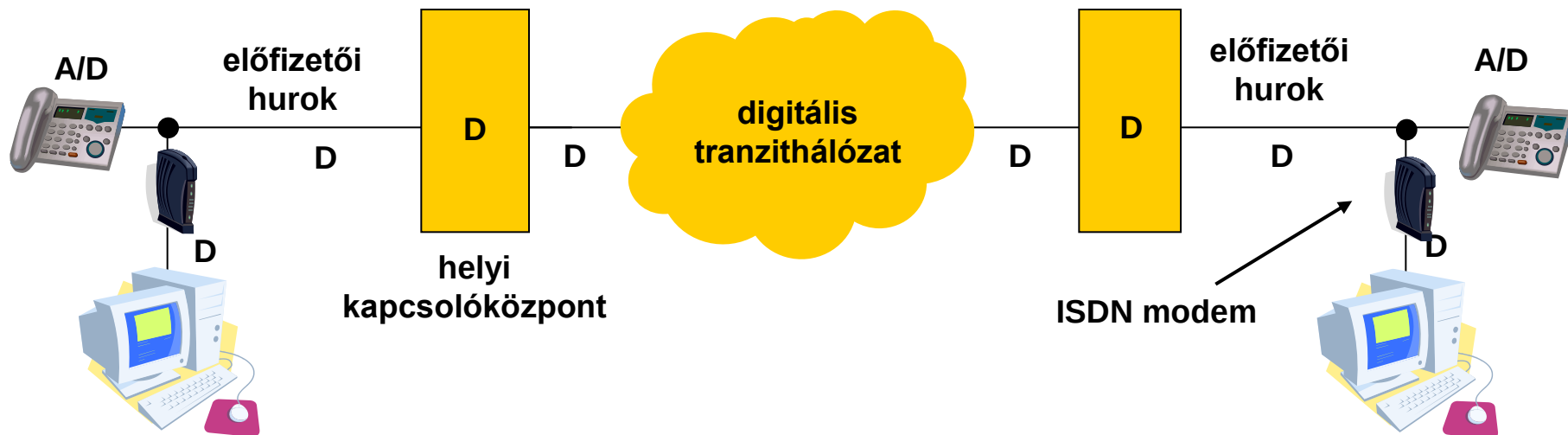
□ A törzshálózat már digitális

- A PCM kódolás után egy 64 kbps csatornán megy a jel, *ez a felső határ*

- Az A/D és D/A átalakítások okozta pontatlanság (kvantálási torzítás) miatt gyakorlatilag kb. 33 kbps a határ

- Az 56 kbps-os csatlakozásnál (V.90) csak a letöltési sebesség ekkora (a szolgáltató digitálisan csatlakozott a központhoz)

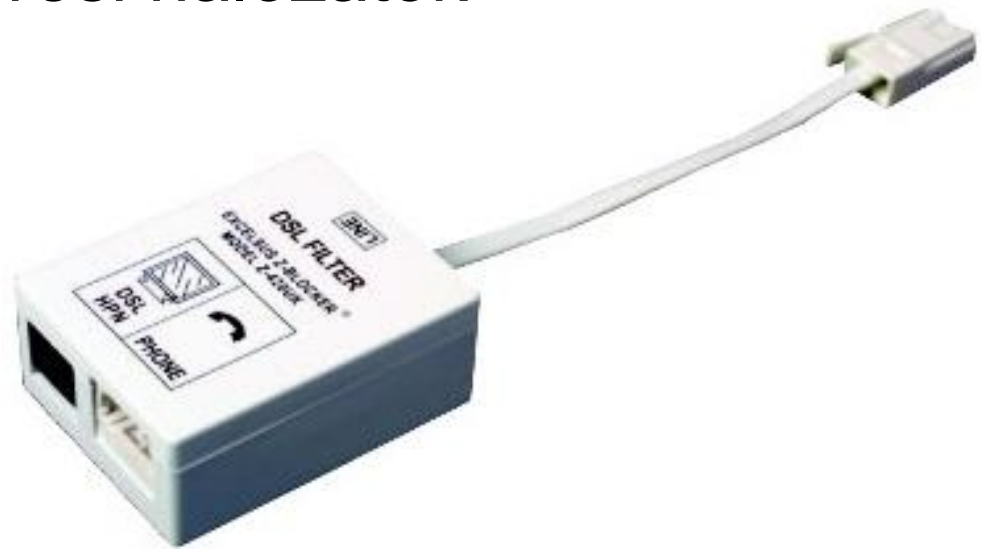
ISDN Internet elérés



- ❑ A D/A/D/A/D problémát megoldja. Sőt:
- ❑ 2 elérhető „telefonvonal” egy érpáron: 128 kbps max.
- ❑ 2000. körül roppant népszerű volt
- ❑ ADSL megjelenése után gyorsan elavult
 - Lassú, drága (hiszen percdíjas)
 - Egyidejű beszédátvitel mellett csak 64 kbps elérhető

Áttekintés

- 2.1 A fizikai rétegről
- 2.2 Telefonvonalali internet elérés
- **2.3 ADSL, xDSL** ←
- 2.4 Kábeltévés Internet-elérés
- 2.5 Optikai hozzáférési hálózatok



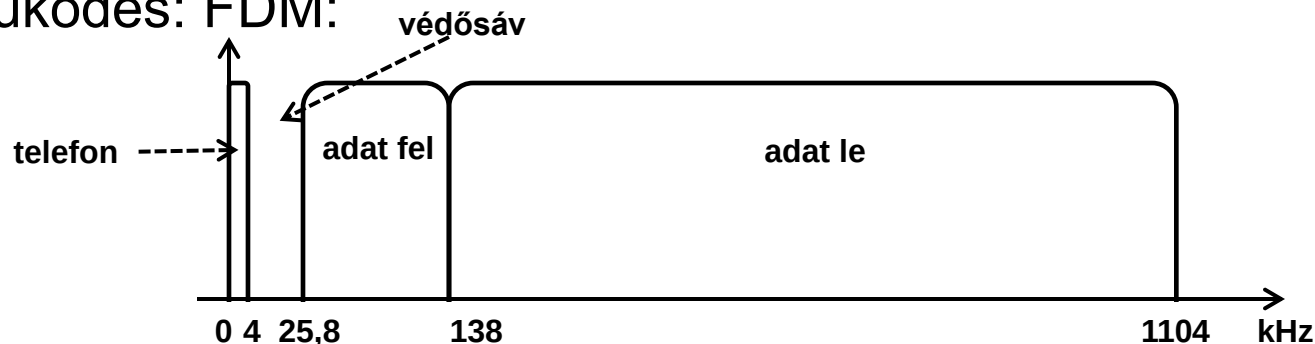
ADSL

- ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line, aszimmetrikus digitális előfizetői vonal
- Cél: az előfizetői hurok kihasználtságának maximalizálása
 - azaz a cél természetesen: \$\$\$\$:)
 - a legnagyobb érték egy távbeszélő-hálózatban!!
 - lecserélni nagyon sokba kerül
 - „last critical mile”
 - magát a telefonközpontok közötti tranzithálózatot viszont kihagyjuk az adatátviteli útból
 - ezáltal megoldva a telefonmodemes átvitel problémáinak többségét
- Telefonbeszélgetés (analóg vagy ISDN) és adatátvitel egyidejűleg lehetséges

ADSL működése

Kell tudni a számokat is, de csak kb. (Mondjuk így: kb. 140 kHz)

□ Működés: FDM:



□ Azaz:

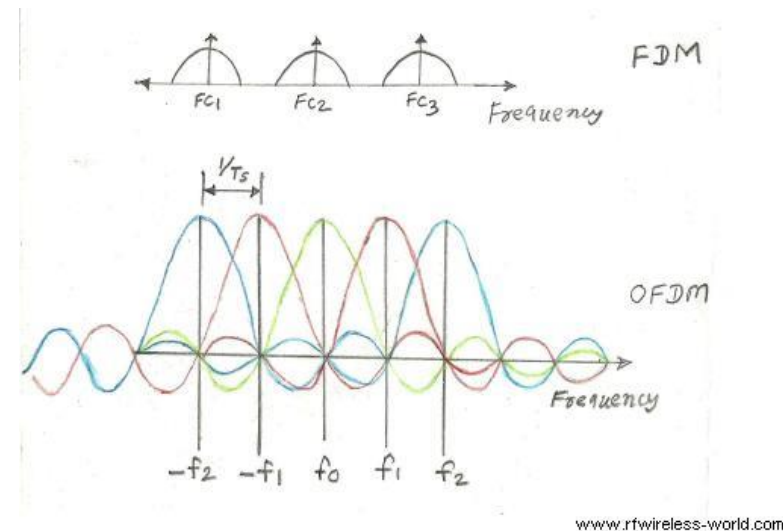
- 0 - 4 kHz – beszéd
- 4 - 25,8 kHz – védősáv
- 25,8 - 138 kHz – feltöltési sáv
- 138 kHz - 1104 kHz – letöltési sáv

□ Ez változhat:

- Analóg/ISDN tel. előfizetés esetén más (a fenti analóg tel.-ra van)
 - *de mindkettő lehetséges!* Ld. Annex A/B a következő diáorban
- bizonyos megvalósításoknál az adat fel/le átlapolódik

DMT – Discrete Multitone Modulation (ITU-T: G.992.1)

- 1,1 MHz-es frekvenciatartomány
- Ortogonális FDM (OFDM):
 - FDM ortogonális vivőkkel: nem kell védősáv
 - Gyakorlati megvalósítás: Inverz FFT (adó), FFT (vevő)
- 256 csatorna, egyenként 4,3125 kHz
 - 1. csatorna: beszéd
 - 2-6. csatorna: védősáv (üres)
 - A beszéd és adatátvitel közötti interferenciák elkerülésére
 - 7-31. csatorna: feltöltés
 - 32-256. csatorna: letöltés
- OFDM előnyei:
 - ha rossz az átvitel egy adott csatornán, akkor azt nem használják
 - nagyobb távolságra nagyobb frekvencián nagyobb a csillapítás: ilyenkor ott kisebb adatsebesség érhető el, de az valóban elérhető



www.rfwireless-world.com

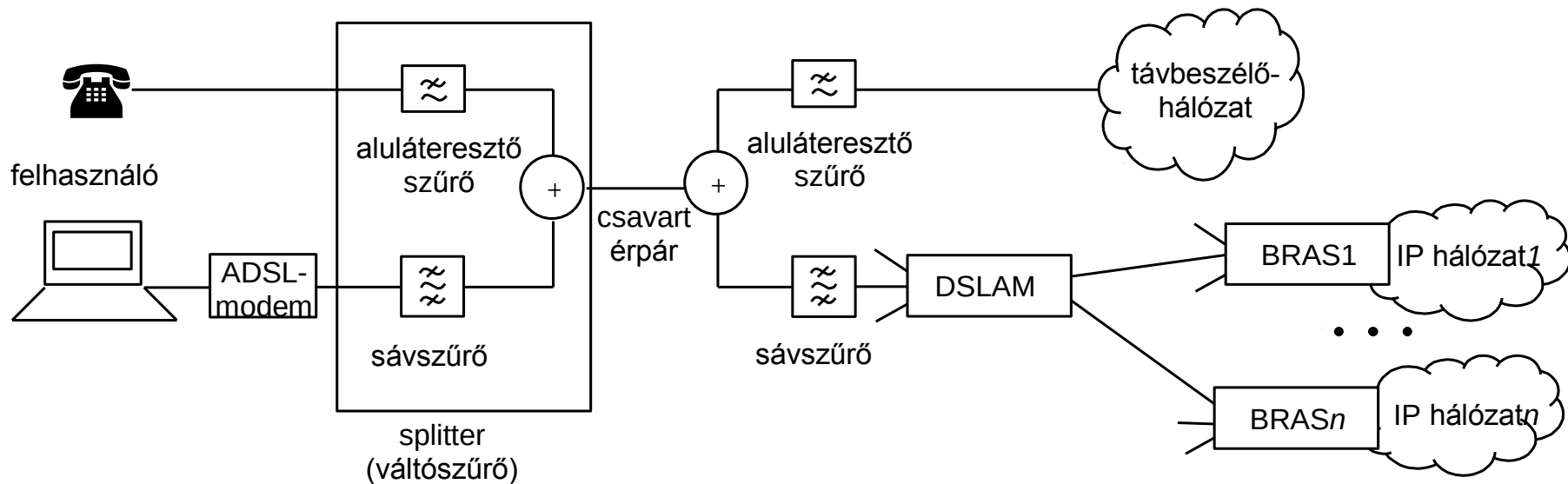
ADSL sebesség



- Aszimmetrikus:
 - szándékosan, többet töltünk le, mint fel
 - de nem mindig (pl. peer-to-peer, videotelefon)
- fel: 16 kbps -- 1 Mb/s
- le: 0,1 -- 8 Mb/s
 - távolságtól függ (legjobb: 2,5 km alatt, legrosszabb: 5 km felett)
 - szolgáltató tovább korlátozhatja

- ITU G.992.1 az ADSL szabvány ajánlás. Ennek mellékletei (Annex) részletezik a verziókat
- „Annex A – Specific requirements for an ADSL system operating in the frequency band above POTS”
 - POTS = Plain Old Telephone Service, klasszikus analóg telefon
 - Ezt néztük eddig. 0-4 kHz tel, 25,8-138 kHz fel, 138-1104 kHz le
- Annex B – Ugyanez ISDN felett
 - 0 – ~100 kHz ISDN (ISDN verziótól függ)
 - ~100 – 276 kHz feltöltés
 - 276 – 1104 kHz letöltés
- Más splitter kell a két verzióhoz, és persze más Modem/DSLAM kártya is

ADSL topológia



- DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, digitális előfizetői vonal hozzáférési nyáláboló):
 - modem ellenpárja (moduláció a DMT szerint)
 - nyálábol is: sok modemmel tart egyszerre kapcsolatot, de csak egy (néhány) kimenete van (ez utóbbi ATM (ld. SzgH) vagy Ethernet)
- BRAS (B-RAS, Broadband Remote Access Server, szélessávú távoli hozzáférési kiszolgáló): bejelentkezések kezelése, IP címkiosztás. Ez az Internet szolgáltatónak egy speciális routere: az első router az úton
- Adatátviteli útból a beszédkodek kihagyva (analóg: tel. központ; ISDN: végberendezés)

ADSL modem, splitter, microfilter



ADSL modem

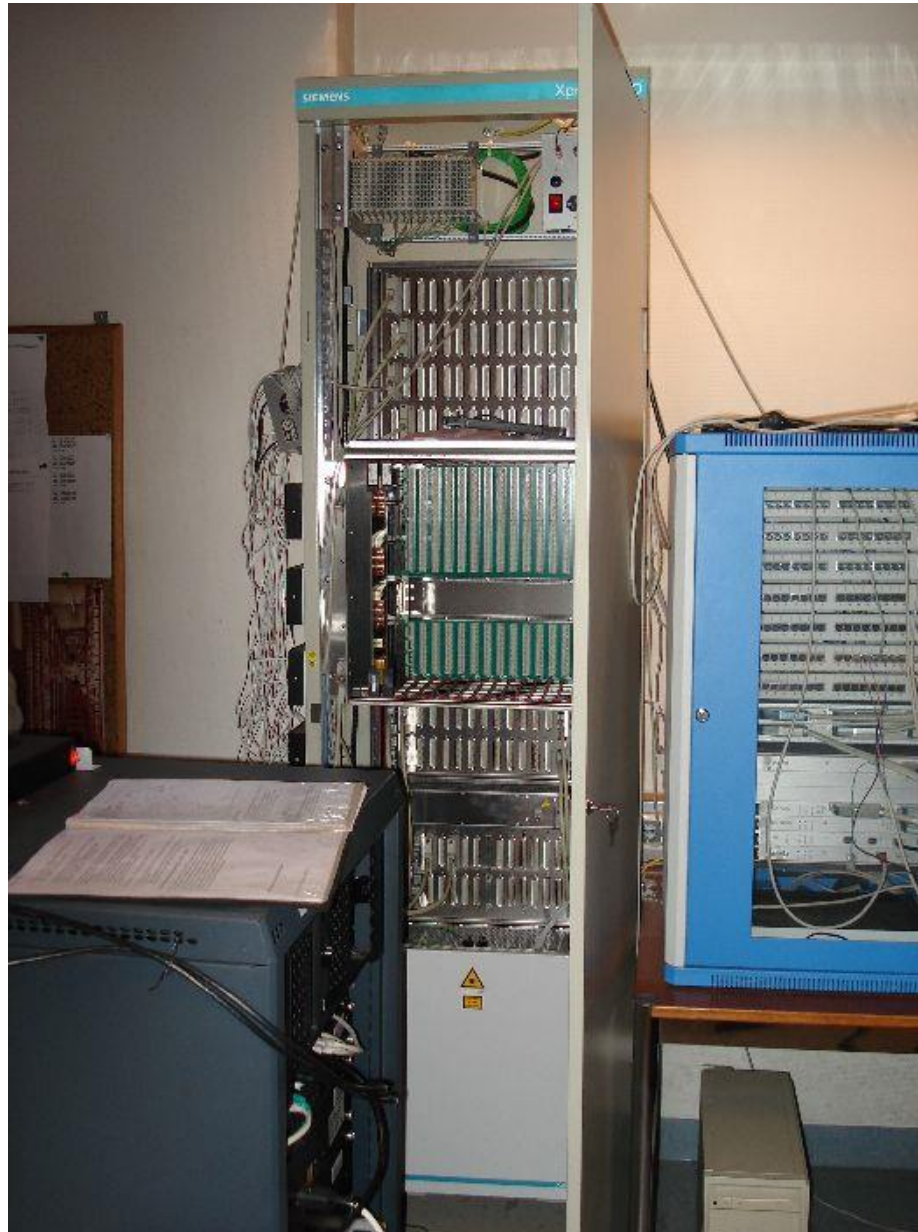


ADSL splitter
(váltószűrő)

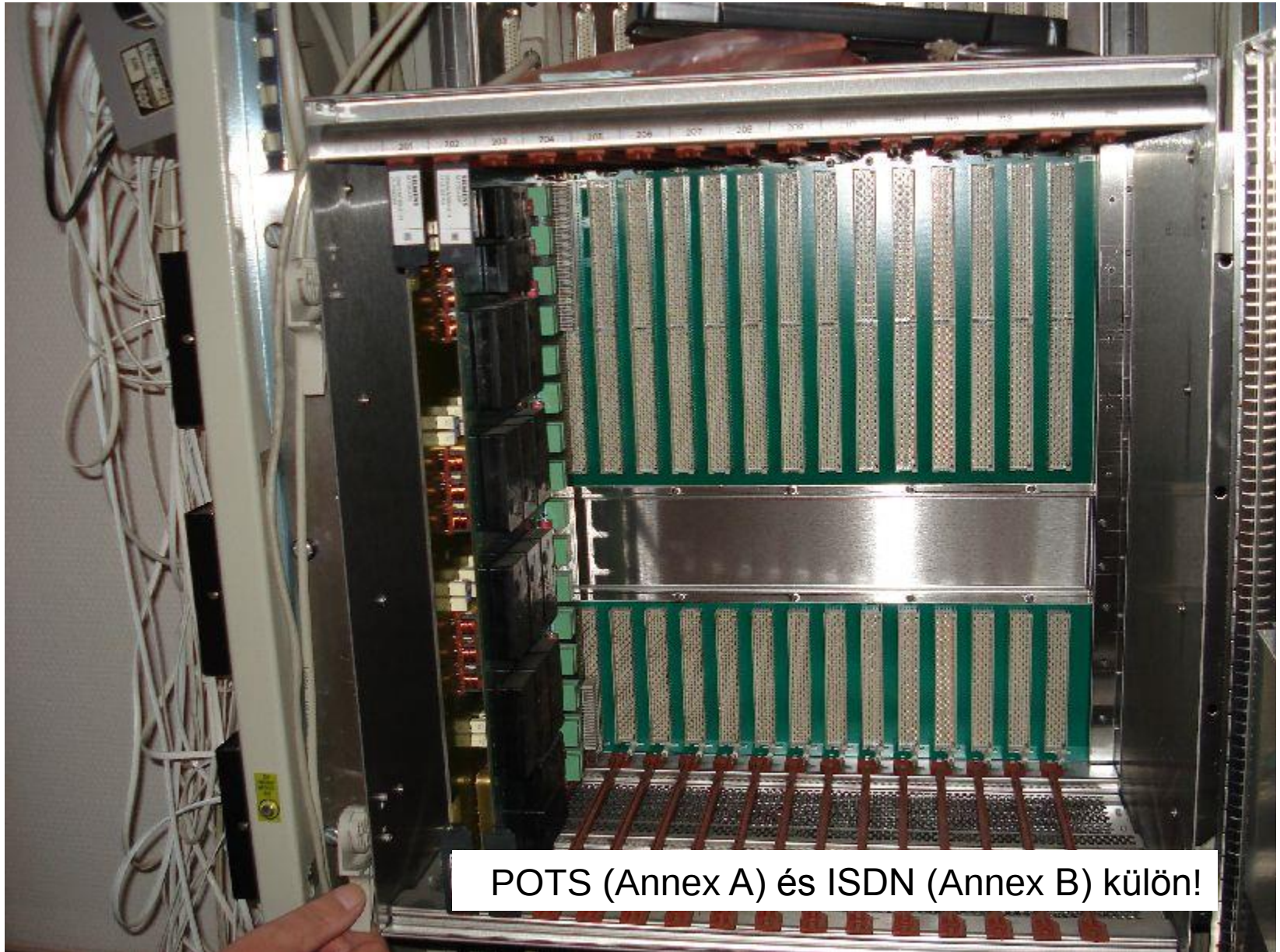


ADSL microfilter
(szűrő: csak telefonvonal
kimenete van, nincs modem
csatlakozója)

DSLAM



Splitterrek



POTS (Annex A) és ISDN (Annex B) külön!

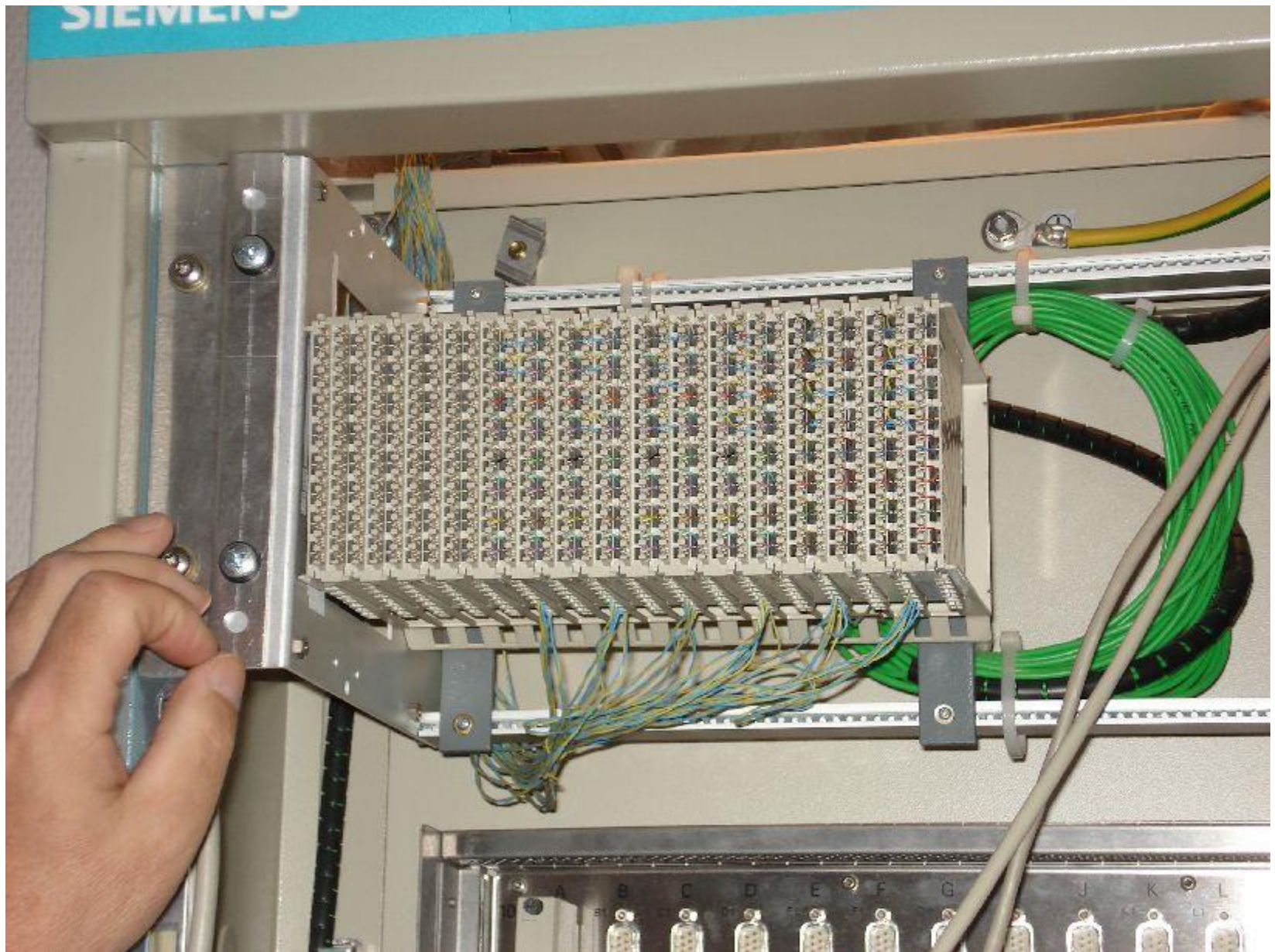
Modemkártyák

Nyilván nem kell tudni vizsgára, hogy ebben a konkrét eszközben milyen kártyák vannak milyen sorrendben. Az ábra illusztráció, a téma megértésének elősegítésére.



2. ISDN-es modemkártya (Annex B), 32 db modemmel
3. POTS-os modemkártya (Annex A), 16 db modemmel
4. SDSL-es modemkártya
6. SHDSL-es modemkártya
9. Szélessávú illesztőkártya -- az IP hálózat felé. Ez itt ATM.

Rendező



DSLAM-ek együtt



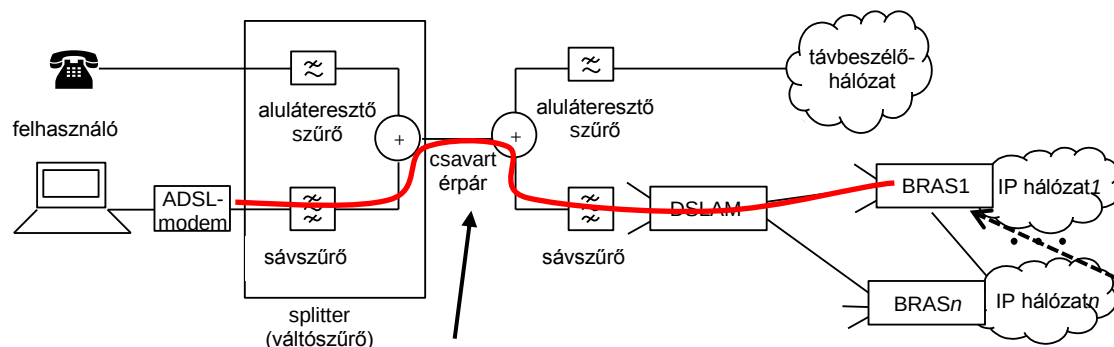
ADSL2 DSLAM



ATM helyett már Ethernet interfésszel

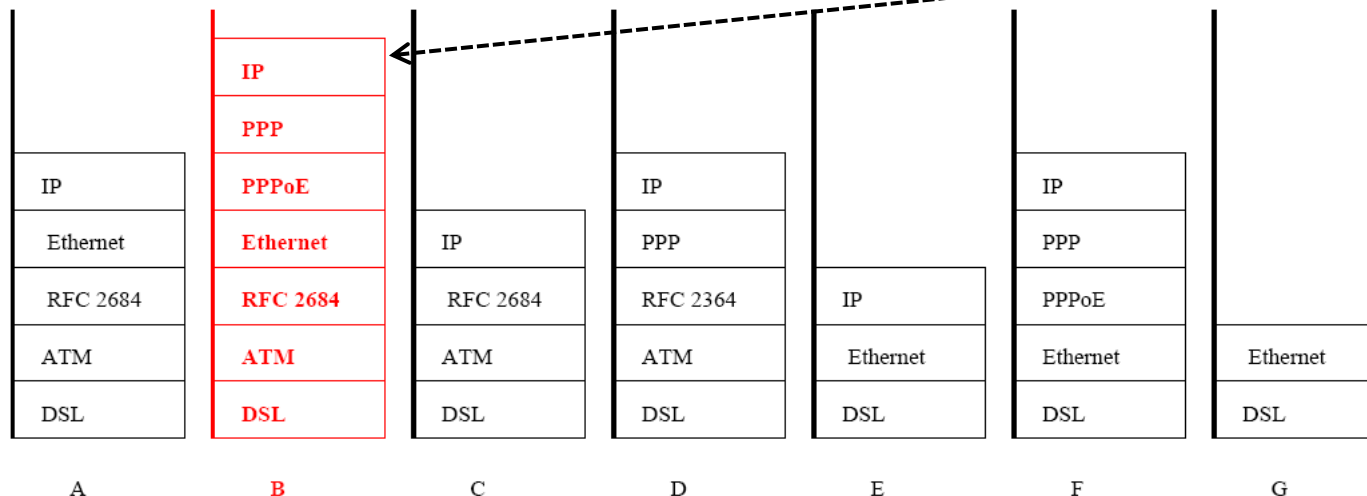
ADSL protokollépítmény

Ez a dia nem
vizsgaanyag



Különböző lehetőségek a protokollépítményre (protokol stack):

IP szintű feldolgozás
először a BRAS-ban



- Magyarországon a B verzió az elterjedt
- RFC2684: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2684.txt>
- PPP = Point-to-Point Protocol, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1661.txt>
- PPPoE = PPP over Ethernet, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2516.txt>

ADSL átviteli példák

- ❑ Egy régebbi (sima) ADSL DSLAM menedzsment szoftveréből lesznek képek
- ❑ Különböző sebességértéket állítunk be, mint maximum a felhasználónak
- ❑ Különböző hosszúságú előfizetői hurkot szimulálunk
- ❑ Megnézzük, hogyan használja ki az egyes csatornákat a DSL rendszer
 - a modem és a DSLAM ezeket automatikusan határozzák meg a csatorna paramétereit megmérve
- ❑ A fő tanulság: *nagyobb frekvencián, nagyobb távolságra nő a csillapítás*

Hibátlan estét (20 m „előfizetői hurok”)

Element Manager hiX 5300 V1.2 - Client connected to POWER

File View Configuration Fault Measurement Security Utilities Options Window Help

Zoomed 100%

max megengedett sebességnek a felhasználónak (mi állítjuk be)

az aktuális érték, ezek minimuma

a vonal paraméterei ennyit engednek meg max.

nem tegnap volt :)

Modules

STM1

ADSL

SDSL

SHDSL

Status ADSL Local ADSL Remote NT ATM25 Ethernet Line Supervision

States

Operational state: enabled

Alarms: none

Admin state: unlocked Lock

Line Lock Unlock

Service type: Multimode

AIS on LOS: ☐

AIS on ACT: ☐

Bandwidth usage (%): 0

Link state: active

Init state: no init error

Trellis coding:

Overbooking (%):

Number of UNI video channels:

Alarm severity profile: 2

Get Modem Data...

Save as Profile...

ADSL line

Downstream Upstream

Max rate (kbps): 2 048 64

Min rate (kbps): 2 048 64

Fixed rate: ☐

Desired margin (dB): 6 6

Retrain margin (dB): auto auto

Expert mode: ☐

Latency: interleaved high interleaved high

Current values

Rate (kbps): 2 048 64

Margin (dB): 31 31

Attenuation (dB): 1.8 1.0

Transceiver output power (dBm): 8

Service type: ITU G.952.1A (full)

Trellis coding:

Max attain rate (kbps): 8 096 768

Loopback

Location ID ASCII:

Location ID HEX: FF

Mode: forward

Loopback test

DSL line loop state:

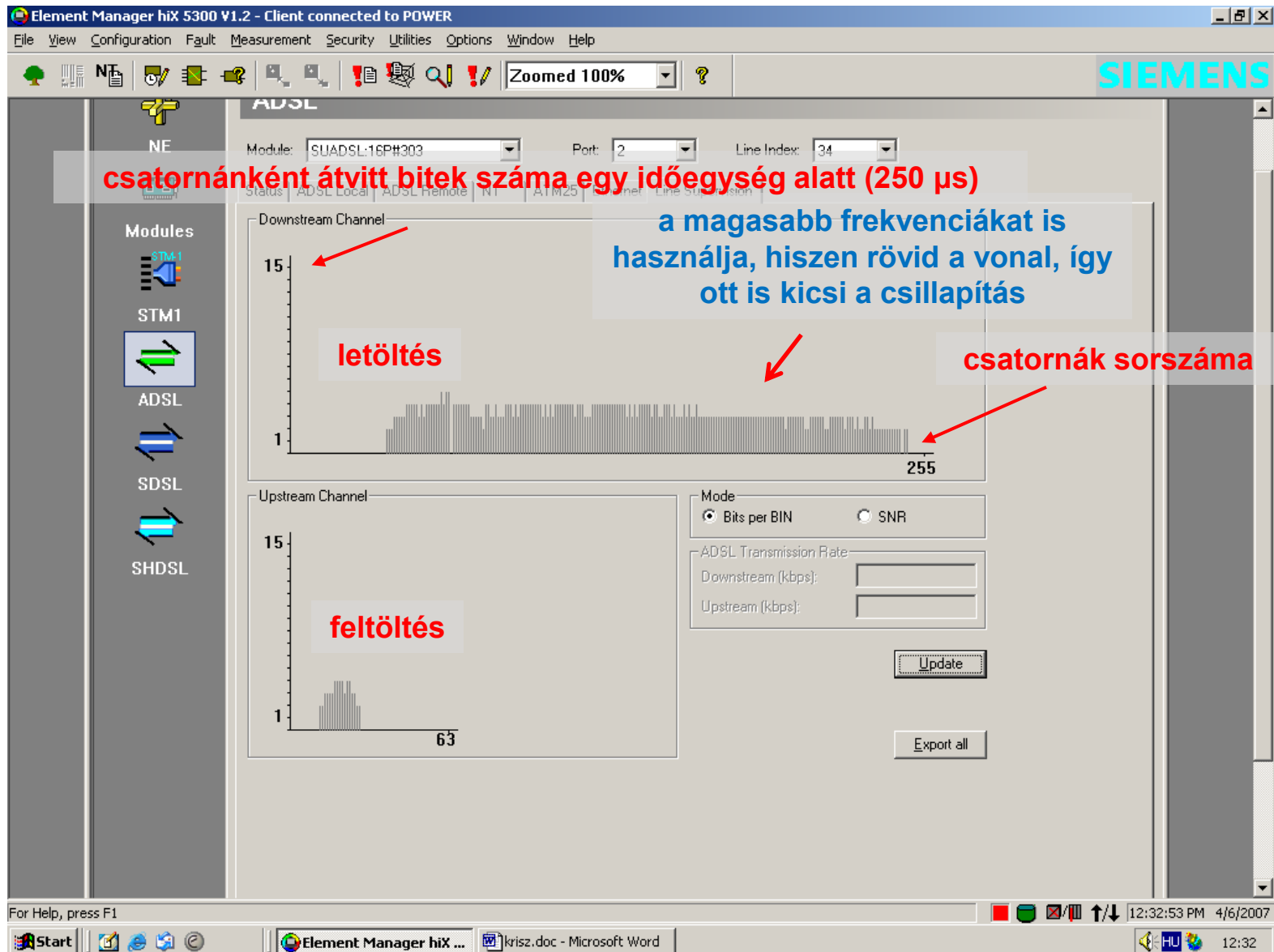
Insert Release

For Help, press F1

Start Element Manager hiX ... krisz.doc - Microsoft Word

12:28:00 PM 4/6/2007

2 Mb/s



8 Mb/s, 20 m-es hurok

Ezeket a diákat érteni kell, ha velük kapcsolatos kérdést teszek fel, meg kell tudni válaszolni.

Element Manager hiX 5300 V1.2 - Client connected to POWER

File View Configuration Fault Measurement Security Utilities Options Window Help

Zoomed 100%

SIEMENS

Modules

- STM1
- ADSL
- SDSL
- SHDSL

Status: ADSL Local | ADSL Remote | NT | ATM25 | Ethernet | Line Supervision

States

- Operational state: enabled
- Alarms: none
- Admin state: unlocked
- Line: Lock, Unlock

Service type: Multimode

AIS on LOS: ☐

AIS on ACT: ☐

Bandwidth usage (%): 0

Link state: active

Init state: no init error

Trellis coding:

Overbooking (%):

Number of UNI video channels:

Alarm severity profile: 2

Get Modem Data...

Save as Profile...

ADSL line

	Downstream	Upstream
Max rate (kbps):	8 000	512
Min rate (kbps):	7 008	320
Fixed rate:	☐	☐
Desired margin (dB):	0	0
Retrain margin (dB):	auto	auto
Expert mode:	☐	☐
Latency:	interleaved high	interleaved high

Current values

Rate (kbps):	8 000	512
Margin (dB):	21	19
Attenuation (dB):	3,5	1,5
Transceiver output power (dBm):	8	
Service type:	ITU G.992.1A (full)	
Trellis coding:		

Max attain rate (kbps): 8 096

768

Loopback

Location ID ASCII:

Location ID HEX: FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF

Mode: forward

Loopback test

DSL line loop state:

Insert Release

8 Mb/s a sima ADSL maximuma

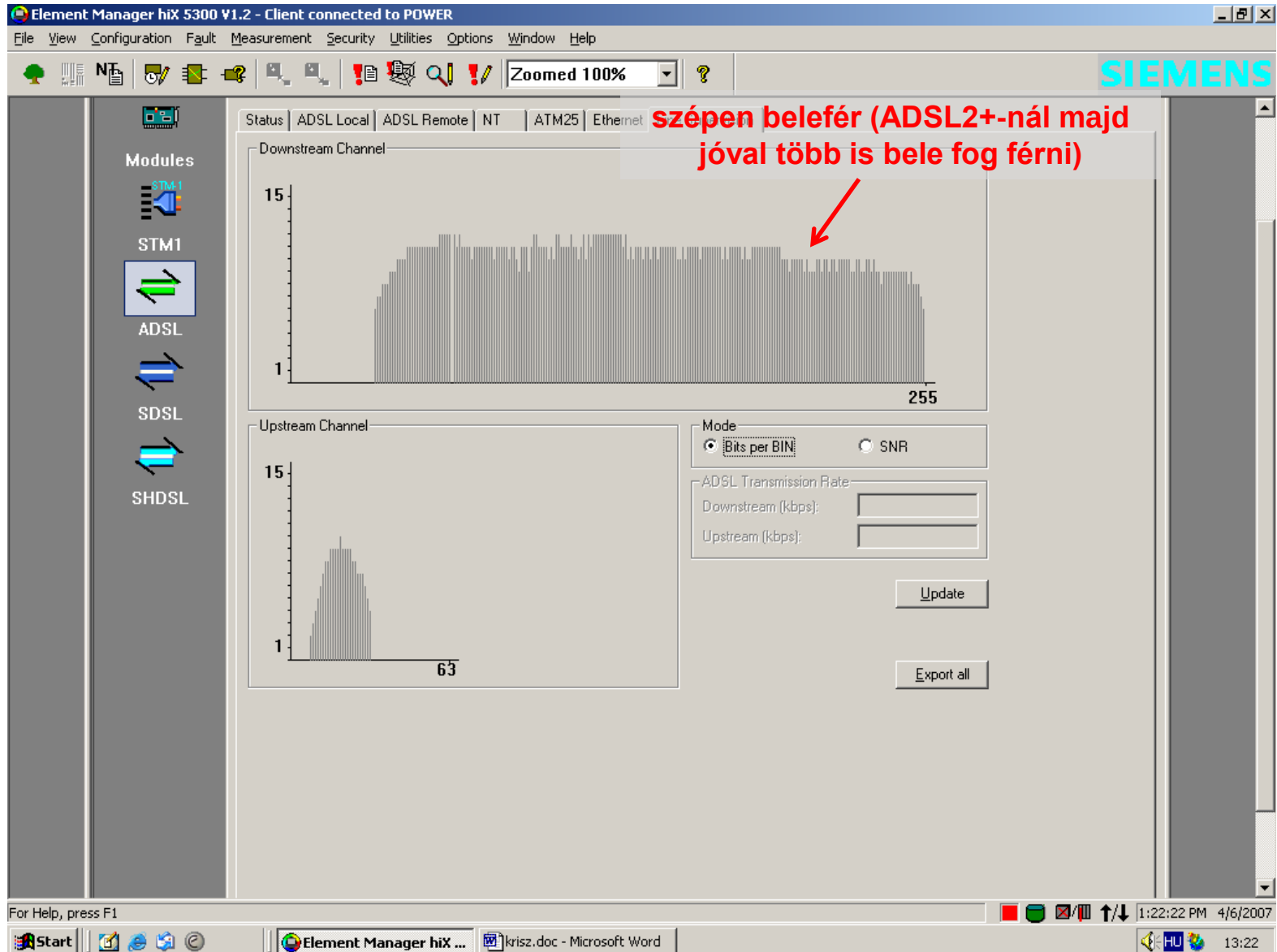
For Help, press F1

Start | Element Manager hiX ... | krisz.doc - Microsoft Word

1:22:07 PM 4/6/2007

13:22

8 Mb/s, 20 m-es hurok



2 Mb/s, 4 km hosszú előfizetői hurok

Element Manager hiX 5300 V1.2 - Client connected to POWER

File View Configuration Fault Measurement Security Utilities Options Window Help

Zoomed 100%

SIEMENS

Modules

- STM1
- ADSL
- SDSL
- SHDSL

Status ADSL Local ADSL Remote NT ATM25 Ethernet Line Supervision

States

Operational state: enabled

Alarms: none

Admin state: unlocked Lock

Line Lock Unlock

Service type: Multimode

AIS on LOS: ☐

AIS on ACT: ☐

Bandwidth usage (%): 0

Link state: active

Init state: no init error

Trellis coding:

Overbooking (%):

Number of UNI video channels:

Alarm severity profile: 2

Get Modem Data...

Save as Profile...

ADSL line

	Downstream	Upstream
Max rate (kbps):	2 048	64
Min rate (kbps):	2 048	64
Fixed rate:	☐	
Desired margin (dB):	6	6
Retrain margin (dB):	auto	auto
Expert mode:	☐	
Latency:	interleaved high	interleaved high
Current values		
Rate (kbps):	2 048	64
Margin (dB):	7	19
Attenuation (dB):	54,5	43,0
Transceiver output power (dBm):	17	
Service type:	ITU G.992.1A (full)	
Trellis coding:		
Max attain rate (kbps):	2 624	544

Loopback

Location ID ASCII: y y y y y y y y y y

Location ID HEX: ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff

Mode: forward

Loopback test

DSL line loop state:

Insert Release

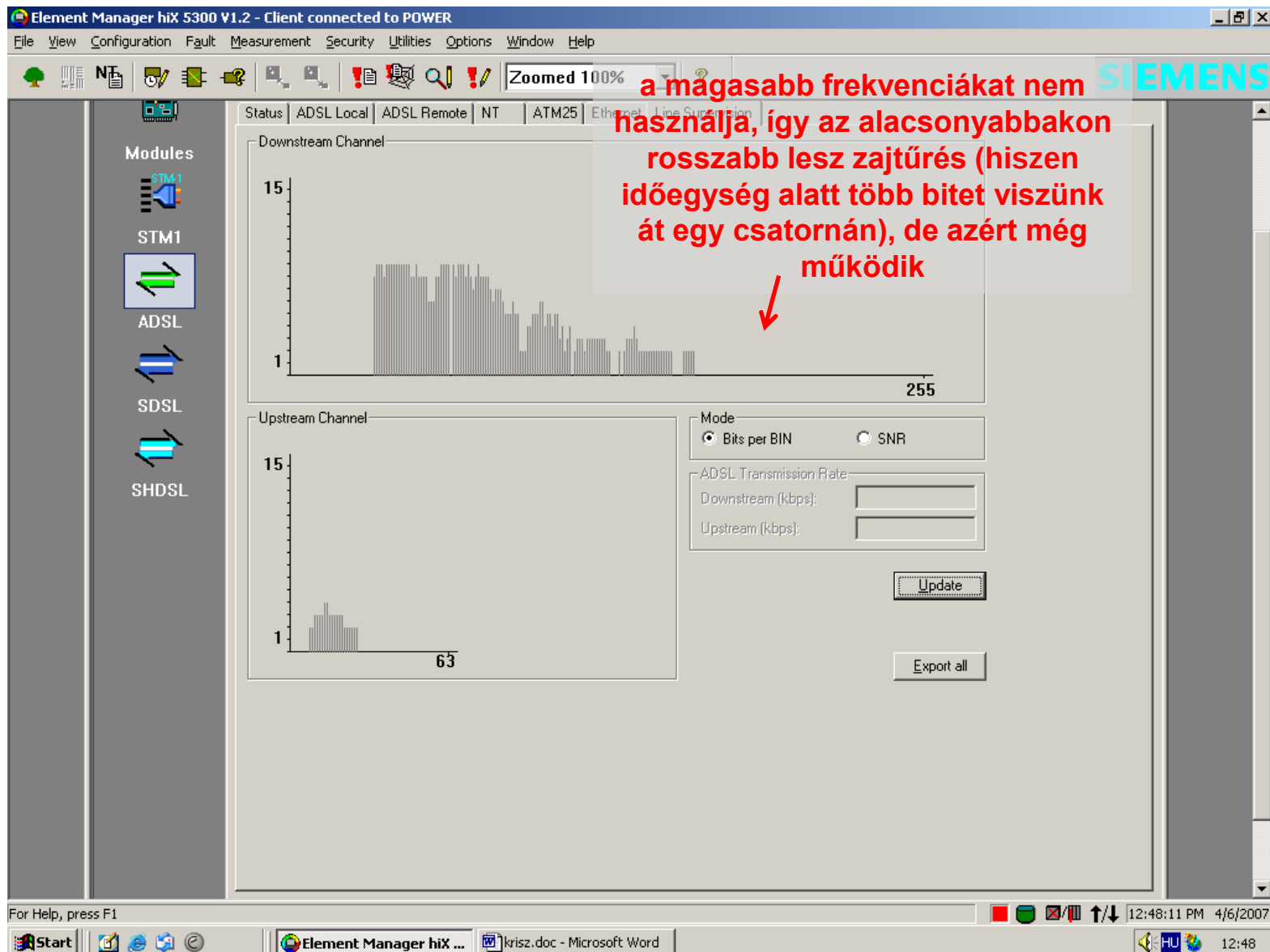
4 km-es vonalnál alig fér bele több, mint 2 Mb/s

For Help, press F1

12:47:00 PM 4/6/2007

Element Manager hiX ... krisz.doc - Microsoft Word

Nagy frekvencián nagyobb a csillapítás



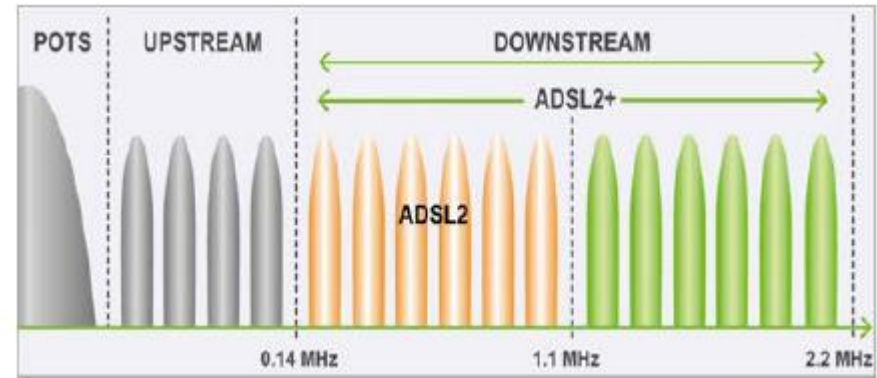
ADSL2/2+

□ ADSL2 (G.992.3)

- jobb modulációs hatékonyság
 - letöltés max. 12 Mb/s
 - feltöltés max. 1,3 Mb/s (egyes változatokban magasabb)
- kb. 200 m-rel nagyobb hatótáv
- átmenetileg a beszédcsatornát is használhatja
- energiatakarékos üzem: figyelni, hogy van-e forgalom

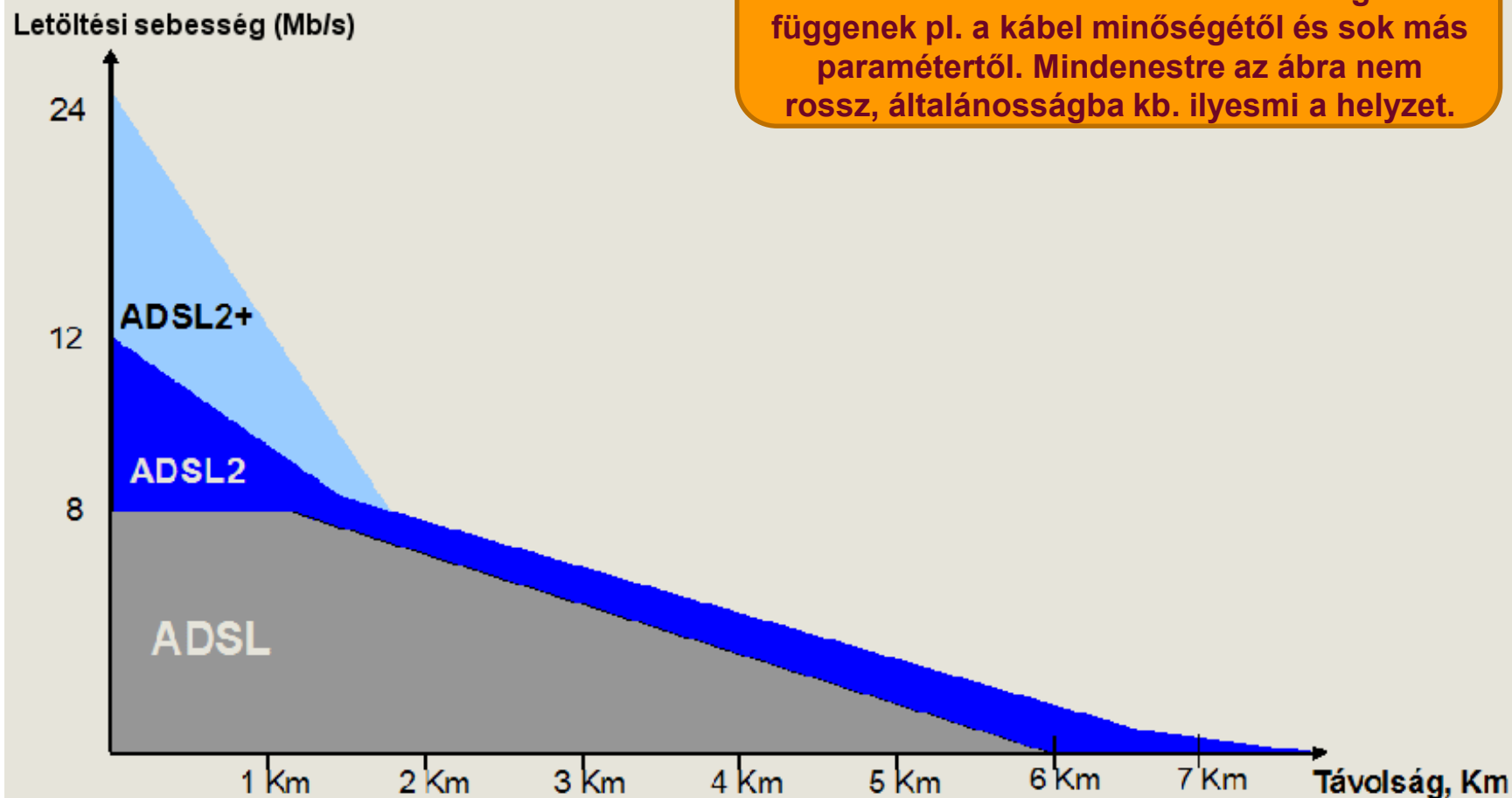
□ ADSL2+ (G.992.5)

- a max. frekvencia 2,2 MHz-re bővül
- a hangátvitelre, illetve az adatfeltöltésre használt frekvenciák nem változnak
- a maximális letöltési sávszélesség 24 Mb/s-ra nő
- feltöltés 1,4 Mb/s max. Kiv.: Annex M: 3,3 Mb/s (276 kHz-ig feltöltés)
- 1,5 km-es távolságon belül



ADSL technológiák összehasonlítása

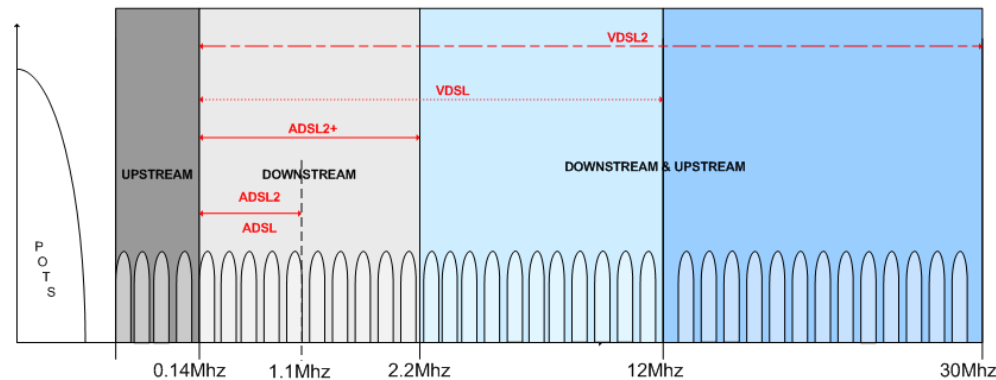
Ez az ábra inkább illusztráció, mint mérési eredmény, nem szabad túl „szó szerint venni”. A konkrét átviteli sebességek függenek pl. a kábel minőségétől és sok más paramétertől. Mindenesre az ábra nem rossz, általánosságba kb. ilyesmi a helyzet.



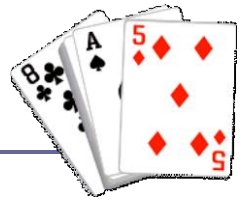
- Ötlet ugyanaz: előfizetői hurok jobb kihasználása
- pld.: SHDSL: Symmetric High-speed DSL (G.991.2):
 - 2,3 Mbit/s max. mindkét irányban
 - max 3 km-ig
 - beszédátvitel nincs
 - 2001-es szabvány
 - elavult

Az SHDSL nem vizsgálanyag, de a VDSL, VDSL2 igen. Az ajánlás nevét (G.993.x) nem kell tudni. A számadatokat azonban hozzávetőlegesen igen.

- VDSL - Very high rate Digital Subscriber Line (G.993.1)
 - 13 Mbps - 55 Mbps (le), 1-3 Mbps (fel)
 - vagy 26-26 Mbps szimmetrikusan
 - 300 - 1500 méter sodort rézpár, onnan optikai átvitel
- VDSL2 (G.993.2)
 - 100 Mbps mindkét irányba
 - 30 MHz-es frekvenciatartomány
 - DSLAM kompatibilis az ADSL modemekkel
- xDSL: ezek együtt



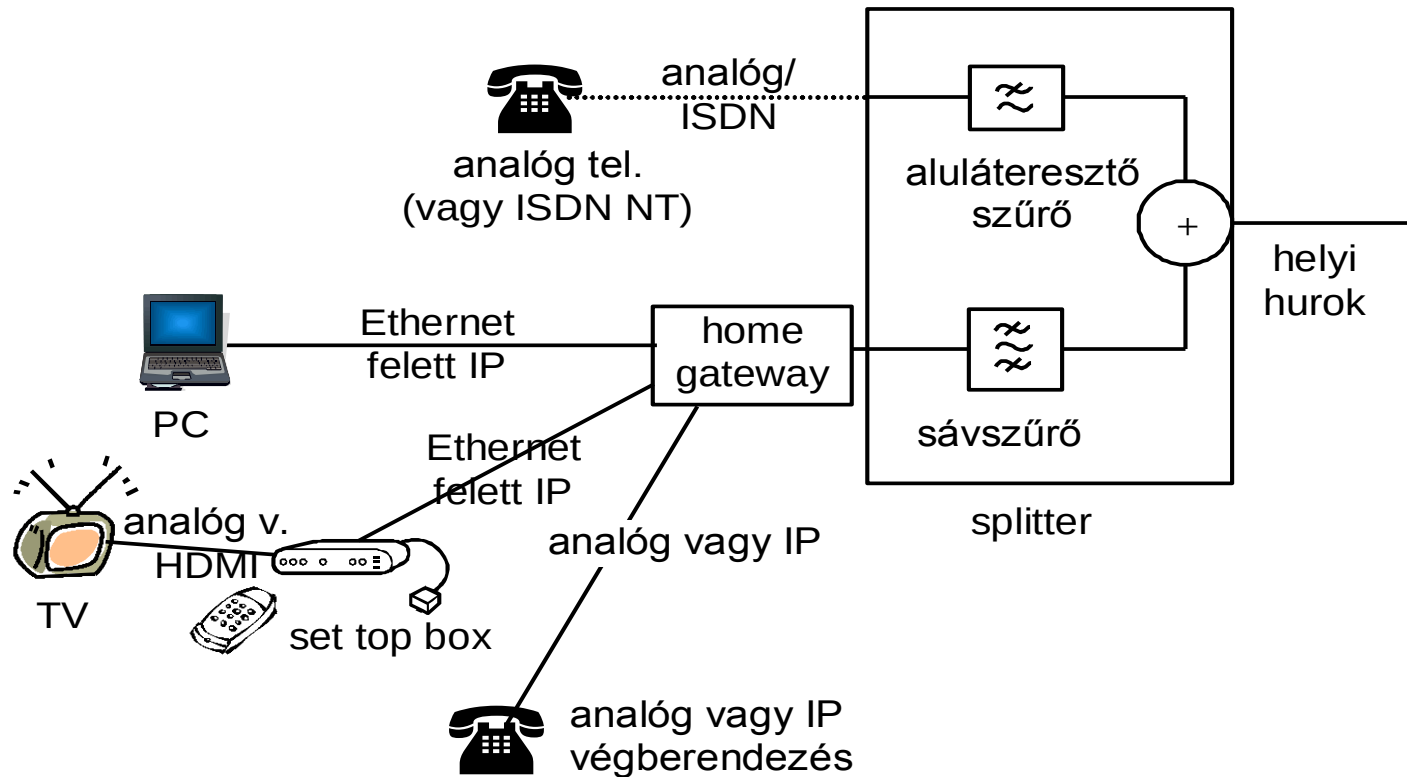
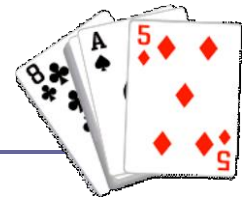
Triple play



□ Triple play

- marketing elnevezés egy IP szolgáltatásra mely magába foglalja a következő három szolgáltatást:
 - Internet
 - 5 Mb/s a cél legalább
 - Televízió
 - jellemzően legalább 3 TV csatorna egyidejű vétele háztartásonként
 - Telefónia
 - Voice over IP (VoIP, IP feletti beszédátvitel)
- Inkább egy üzleti modell, mintsem egy technológiai szabvány
- A hordozó közeg lehet pl.
 - sodrott érpár/ADSL (telefontársaságok)
 - coax kábel (kábel-TV társoságok)
 - UTP/Ethernet (Internetszolgáltatók)
 - üvegszál (a fentiek mind...)
 - jövőben: vezeték nélküli hozzáféréssel át is

Triple play ADSL-en



- A két telefonból csak egy van egyszerre, jellemzően a home gatewayen átmenő
- A beszéd, videó prioritást élvez az adatforgalom felett
 - pl. külön-külön ATM Virtual Circuit / Ethernet VLAN mindhárom
- home gateway: IP/PSTN átjáró is (ld. majd a VoIP-nál is)