

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Beszédátvitel IP felett: VoIP

Németh Krisztián

BME TMIT

2017. márc. 28.

Névnapok: Gedeon, Gede, Gedő,
Gida, Glenn, Hannadóra, Hannaliza,
Hannaróza, Ixion, Janina, János,
Johanna, Kapisztrán, Katapán, Maja,
Szixtin, Szixtina, Szixtus



A tárgy felépítése



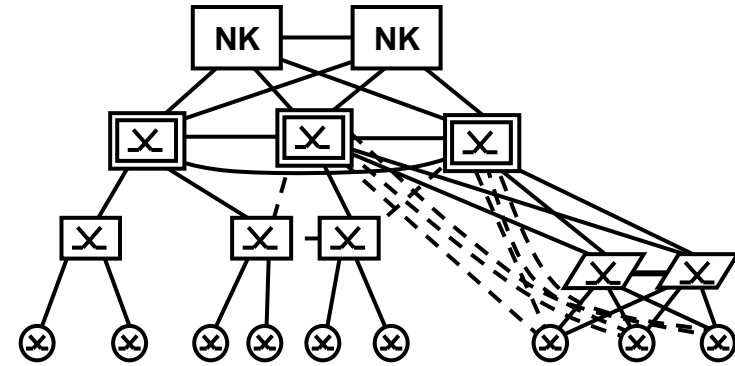
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő, kábel-TV és optikai hálózatokon
- 3. IPTV, Internet TV
- **4. VoIP, beszédkódolók** ←
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Jelzésátvitel
- 7. Gerinchálózati technikák

Beszédátviteli hálózatok

- VoIP = Voice over IP, beszédátvitel IP felett
 - („Voice” magyarul „beszédhang”, nem pusztán „hang”)
 - Egyértelmű tendencia!
- Beszédátvitel:
 - PSTN
 - ISDN
 - (ATM \Rightarrow nem jött be)
 - Mobil rendszerek
 - IP (=VoIP)

Miért jó a VoIP?

- Alapötlet: felesleges két hálózatot fenntartani
- A beszédforgalom IP szemmel nézve nagyon kis sáv szélességű
 - 6...64 kb/s egy beszédcsatorna
 - kb. 200 Mb/s gerinchálózat
- A lakásban/irodában is kevesebb lesz a vezeték
- Csökkenthetőek a költségek
- Nem csak hangátvitel, hanem integrált adat-, képátvitel is
 - pl. URL küldése beszélgetés közben,
 - annak megtekintése
 - web alapú telefonkönyv



VoIP architektúrák

- Első ránézésre IP alkalmazási rétegbeli probléma
 - Valamilyen szinten igaz. Azonban léteznek:
 - célprotokollok
 - különböző feladatokra: adatátvitel, kapcsolatfelépítés
 - célhardverek
 - végberendezések, hálózati csomópontok

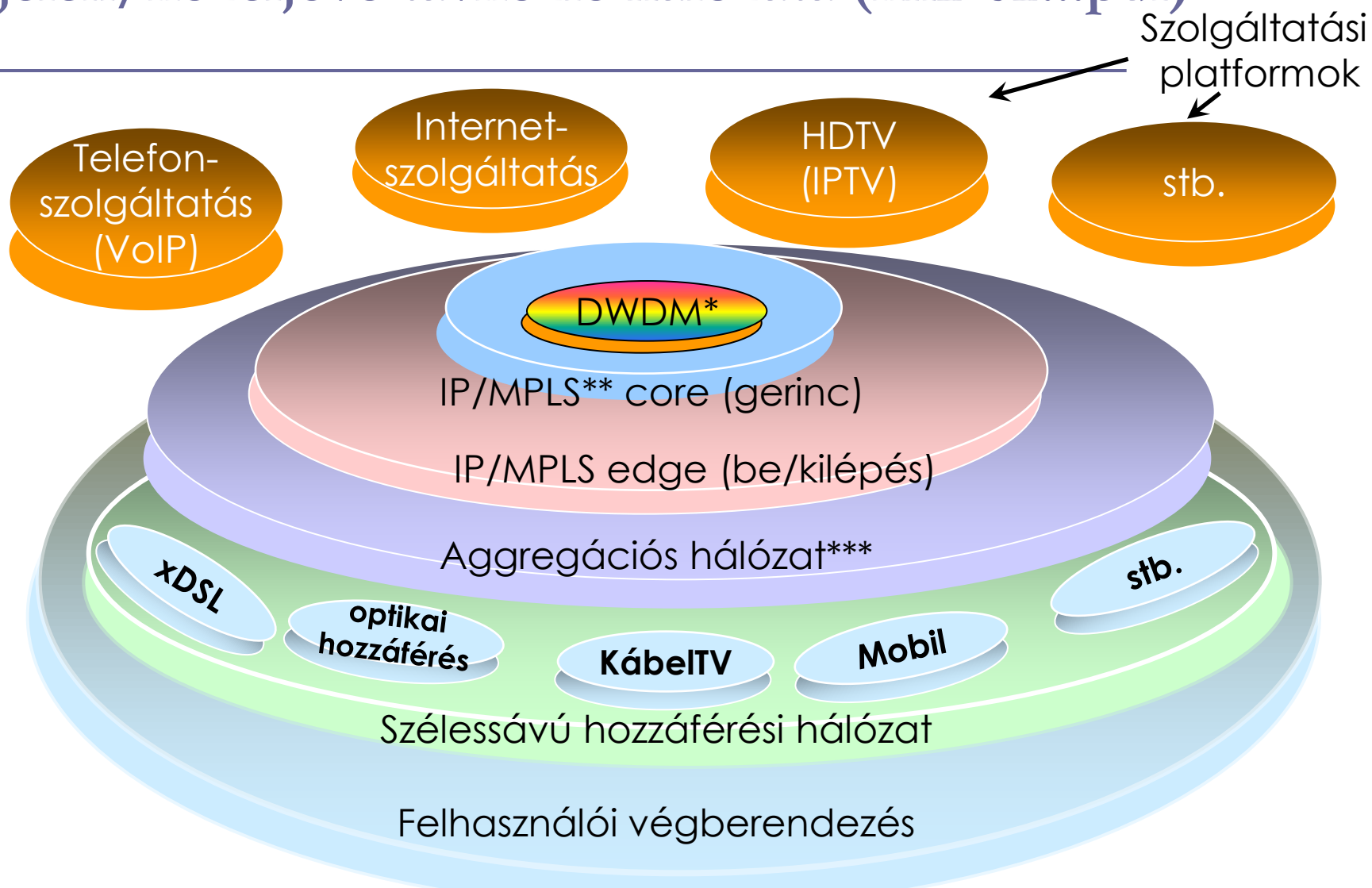
VoIP architektúrák

- VoIP általános fogalom. Kérdés: a hálózat melyik része IP?
- Gerinchálózatban
 - A trónkók IP-re cserélése, a kapcsolóközpontok megmaradnak TDM-ek (átmeneti megoldás)
 - A „kapcsolás” is IP alapú (=útválasztás), azaz a teljes gerinchálózat IP
- Hozzáférői hálózatban, PSTN végberendezések
 - IP eszközökhöz csatlakoznak
 - ma leggyakoribb: kábelmodem, ADSL Home Gateway
 - de lehet más is:
 - PC kártya
 - IP router PSTN interfésszel
 - IP alapú tel. kp.
 - ezek az eszközök végzik a PSTN/VoIP átjárást
 - pl. tárcsahang generálás, jelzés fordítás, stb.

VoIP architektúrák

- Hozzáférői hálózatban, IP alapú végberendezések
 - VoIP végberendezés
 - kinézetre hasonlít egy „hagyományos” telefonhoz (ld. VoIP mérés!)
 - IP címmel
 - Ethernet csatlakozóval
 - plusz szolgáltatásokkal (pl. webböngésző)
 - Softphone = VoIP szoftver
 - pl. Skype, Viber, Facebook Messenger, WhatsApp, Google Hangouts, Discord, TeamSpeak, Ekiga, Linphone, stb.
 - futhat PC-n, laptopon, táblagépen, mobiltelefonon is
 - Kell egy VoIP/PSTN átjáró a VoIP hálózat határán

A jelen/közeljövő távközlő hálózata (kh2-02...pdf)



*DWDM = Dense Wavelength Division Multiplexing, sűrű hullámhosszosztású nyalábolás. (Ez egyfajta nagy kapacitású optikai hálózat, ld. majd: Gerinchálzati technikák fejezet)

**MPLS = MultiProtocol Label Switching, többprotokollos címkekapcsolás, ld. szintén később, ill. mérésen

*** (OSI) Layer 2, azaz még nem IP. Újabban pl. gyakran Ethernet.

VoIP funkciók

□ Négy funkcióhalmaz

1. beszédkódolás és dekódolás
2. beszédcsomagok szállítása
3. jelzési feladatok
4. együttműködés más VoIP/PSTN hálózatokkal (gateway funkciók)

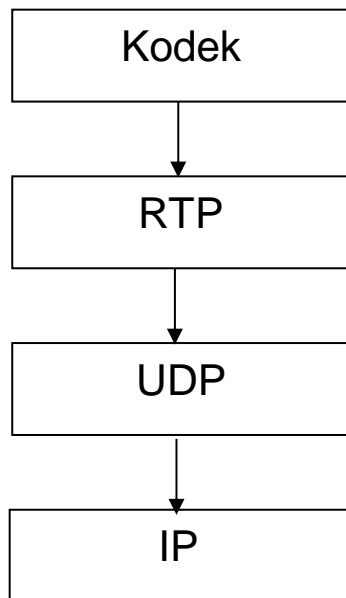
1. Beszédkódolás és dekódolás

- Azaz kodekek
- Egy ilyen már ismerünk: PCM
- Lesz még sok, ld. hamarosan
- A lényeg most: ezek kimenete egy kb. 5-64 kb/s sebességű bitfolyam

VoIP funkciók

2. Beszédcsomagok szállítása

- Tipikusan UDP csomagba ágyazott RTP csomagban (ld. KH1 tantárgy)



IP fejrész (20 byte)	UDP fejrész (8 byte)	RTP fejrész (12 byte)	Beszéd-információ (4-100 byte)
----------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

□ Nagyobb IP csomag:

- kisebb overhead
- nagyobb késleltetés
 - ajánlott a teljes egyirányú késleltetést („szájtól fülig”) 150 ms alatt tartani, de 400 ms felett semmiképp se

Késletetés és minőség

- Egyirányú, szájtól fülig késletetés
- Forrás: ITU G.114

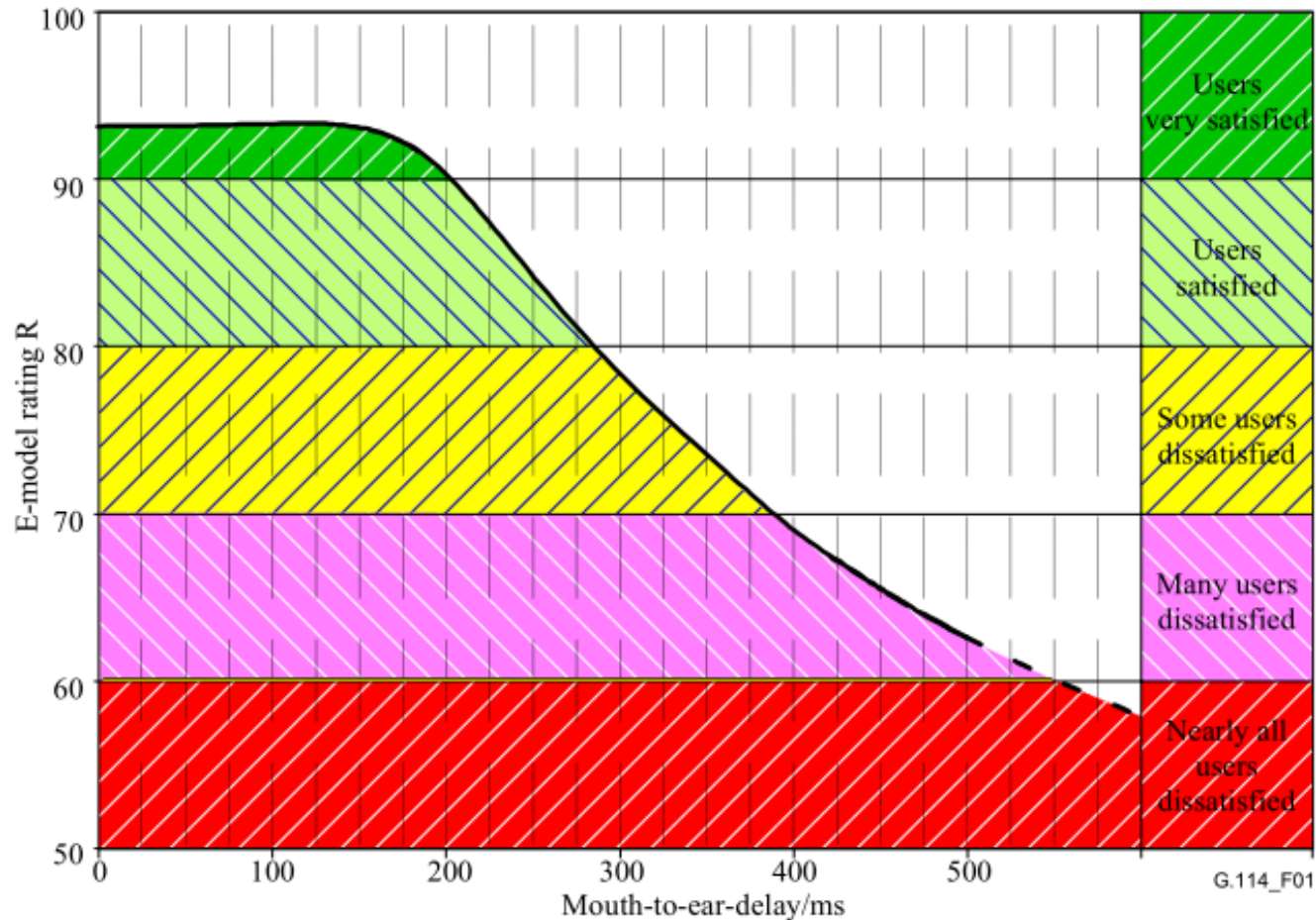


Figure 1/G.114 – Determination of the effects of absolute delay by the E-model

VoIP funkciók

3. Jelzési feladatok

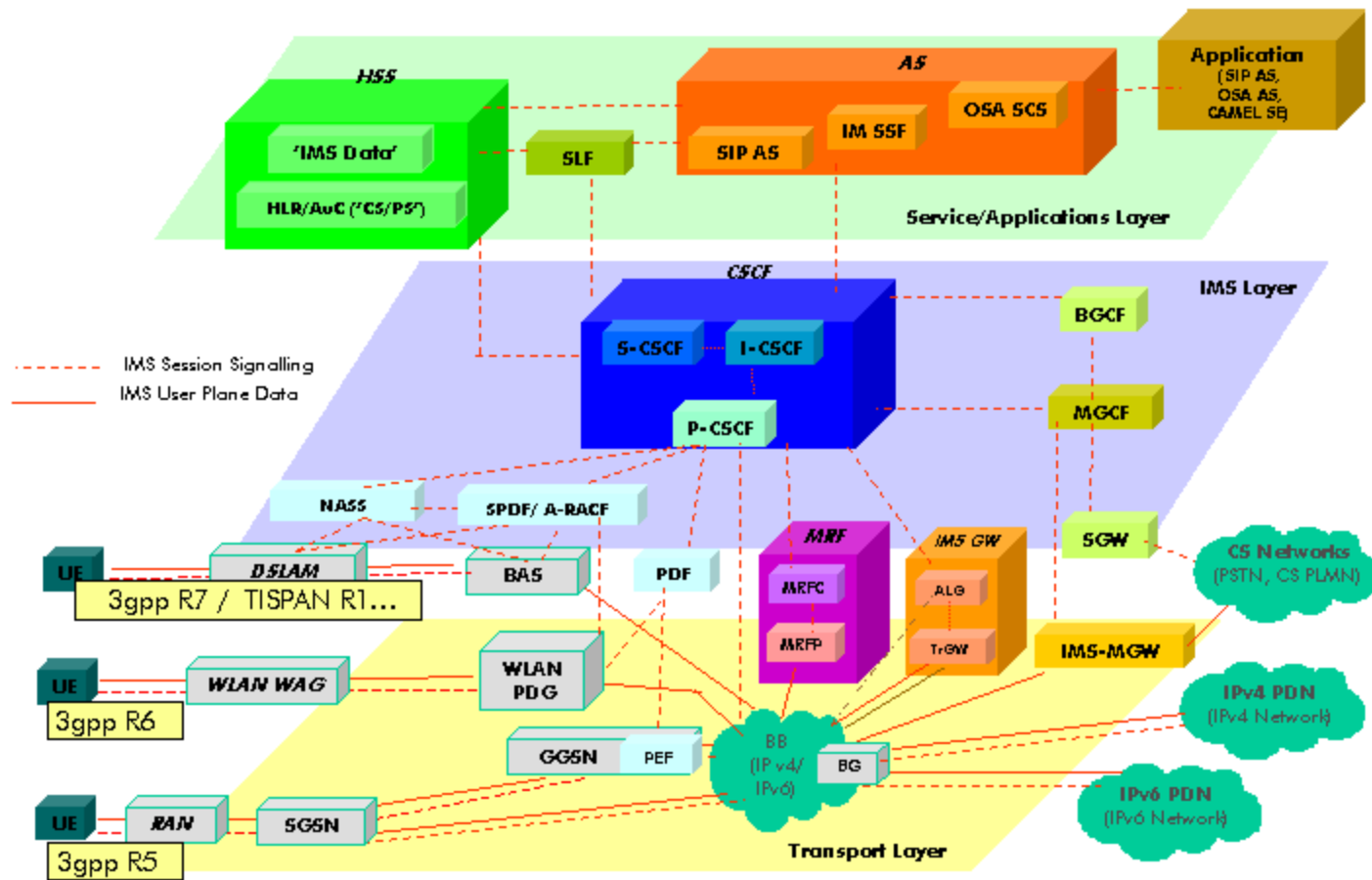
- Legfontosabb: kapcsolat felépítése, bontása
- Sok jelzésrendszer-ajánlás. A két legelterjedtebb:
 - H.323 (ITU -- International Telecommunication Union)
 - SIP (IETF -- Internet Engineering Task Force)

4. Együttműködés más VoIP/PSTN hálózatokkal (gateway funkciók)

- Kell egy átjáró, amelyik beszél a PSTN és VoIP hálózatok nyelvét is
 - mindhárom fenti szempont szerint, *például*:
 - PCM ↔ G.729 (ez egy VoIP kodek)
 - SDH (TDM átvitel rendszer) ↔ IP/UDP/RTP
 - PSTN jelzések (pl. SS7) ↔ H.323

IMS

- IMS = IP Multimedia Subsystem, IP multimédia alrendszer
- Fix (=vezetékes) és mobil hálózatok IP alapú gerinchálózatának a megvalósítására való architektúra
- Az adatok IP csomagokban, routereken át
- Más hálózatok felé konvertálni kell az adatok formátumát és a jelzéseket is
 - ezekre külön szerverek vannak
- Külön szerverek a jelzések kezelésére
- Alkalmazásszerverek, amelyek az egyes funkciókat valósítják meg
 - pl. konferenciabeszélgetés felépítése



VoIP és a QoS

- QoS = Quality of Service, szolgálatminőség
 - e nélkül: Best Effort, „legjobb szándék”, ez van most az IP-ben
- RTP nem nyújt ilyen szolgáltatást
- Ez az alacsonyabb rétegek dolga
 - hiszen egy csomag elvesztése a felsőbb rétegekben csak jelentős késleltetéssel javítható (újraküldés)
 - egy csomag késleltetése a felsőbb rétegekben már nem javítható (időgép kéne...)
- Tehát a VoIP erre támaszkodik
 - Nehogy egy nagy fájl letöltése tönkretesse egy beszélgetés minőségét
- Ilyen (=IP QoS) mégis csak korlátozottan van
 - Id. következő dia

IP QoS paraméterek:

- csomagvesztés aránya
- csomagtöbbszörözés aránya
- téves csomagkézbesítés aránya
- csomagkésleltetés
- a késleltetés ingadozása
- sávszélesség (szigorúan véve mennyiségi, nem pedig minőségi paraméter...)

VoIP és a QoS

Létező QoS megoldások:

- Integrated Services, Differentiated Services
 - IETF ajánlások, de nem terjedtek el a gyakorlatban
- Csomag prioritások, hálózat túlméretezés
 - Minőségi garancia itt sincs, csak prioritásos kezelés
 - Csak zárt, korlátozott belépéssel rendelkező hálózatokban működik
 - „Az” Interneten általában nem
- Ezért jó lehet a hangminőség a vállalati VoIP rendszerekben, a VoIP alapú szolgáltatóknál
- Ezért csak néha jó a Skype, Viber, ... hangminősége
- Van még: hívásbeengedés (Call Admission Control, CAC)
 - csak adott számú VoIP hívás léphet be a rendszerbe
 - csak akkor ér valamit, ha megoldottuk, hogy pl. egy letöltés nem szorítja ki az összeset

A VoIP kihívásai

- A PSTN/ISDN/mobil (pl. GSM/UMTS) hálózatok „bombabiztosra” voltak tervezve
 - Magas rendelkezésre állás
 - Nagy megbízhatóságú eszközök
 - Tartalékolás
 - Alaposan tesztelt protokollok
 - Zárt hálózat (betörésvédelem)
 - Sok-sok-sok év tapasztalata
- Garantált szolgáltatásminőség
 - hála az áramkörkapcsolásnak
- Többletszolgáltatások
 - Pl. a segélyhívásnak egy száma van, de mindig a helyi központba fut be a hívás
- *VoIP alapú hálózatoknál mindez természetesen szintén szükséges!*

Kitérő: Távbeszélő hálózatok megbízhatósága

Ez a rész kitérő, de vizsgaanyag!

- 0,99999 rendelkezésre állás
 - 20 évente 1 óra leállás!! (az egész központra, kisebb részegységekre nagyobb hibaarány engedélyezett)
- A megvalósítás eszközei:
 - működő hardver
 - melegtartalékolás
 - csak egy hiba kivédésére jó → részegységenkénti tartalékolás
 - szinkron üzemmódú tartalékolás, vagy
 - terhelésmegosztásos tartalékolás
 - hiba esetén kisebb teljesítménnyel, de működik
 - + logika, ami (jól) detektálja a hibát, és átkapcsol
 - hidegtartalékolás
 - kevésbé kritikus elemeknél
 - tápellátás folyamatossága
 - betáplálás több úton
 - akkumulátorok (~3-4 óra)
 - generátorok (teherautóra szerelt is) -- csak a dízelolaj mennyisége korlátozza az üzemidőt
 - végberendezés: távtáplálás (mobil nem...)

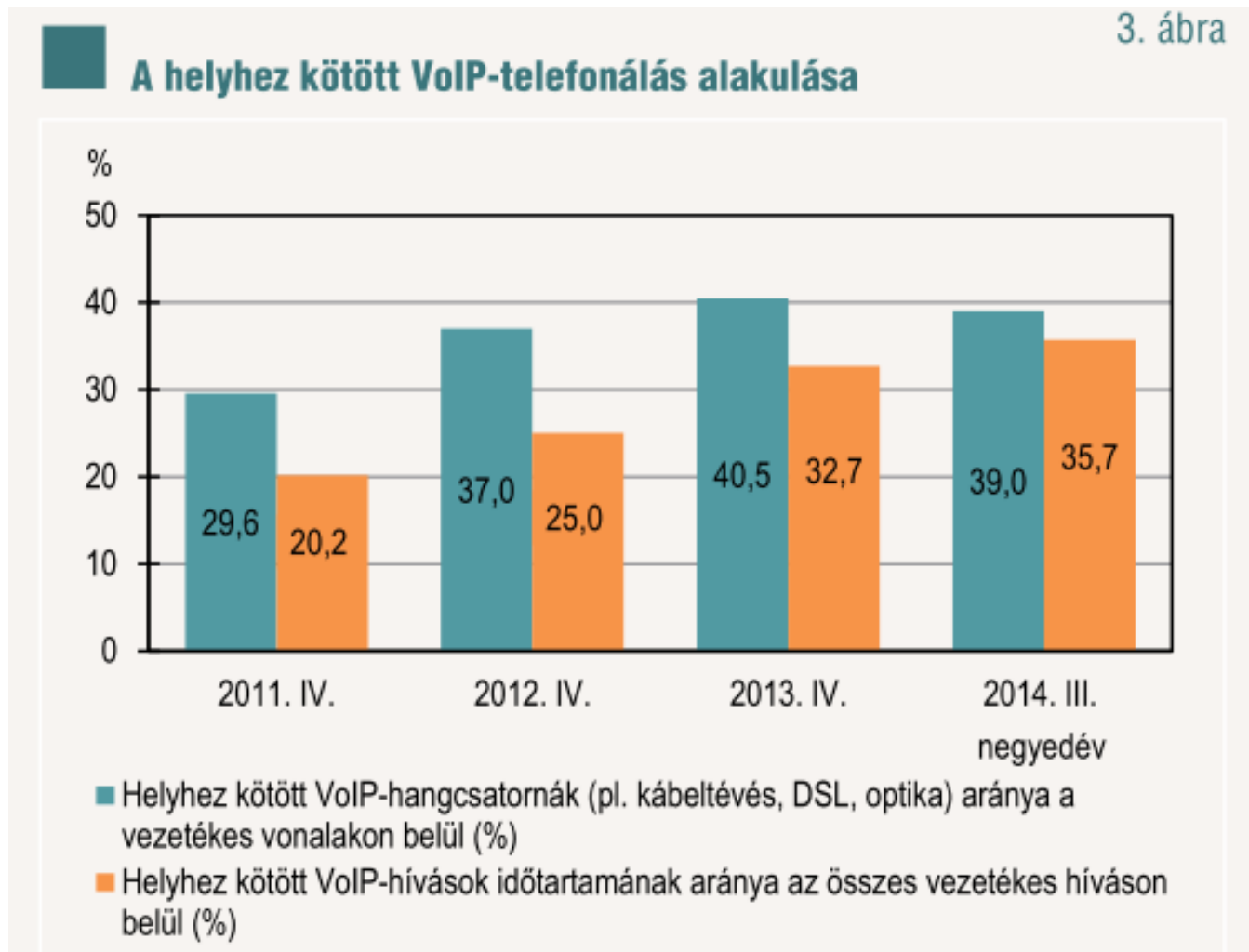
Kitérő: Távbeszélő hálózatok megbízhatósága

- 0,99999 rendelkezésre állás
- A megvalósítás eszközei:
 - működő hardver
 - tápellátás folyamatossága
 - működő szoftver
 - hibamentes
 - együttműködő különböző gyártók esetén
 - *igenis lehet komplex rendszerek esetén is (majdnem) hibamentes kódot írni!!*
 - megbízható architektúra
 - e célra tervezték
 - alaposan tesztelt, évek során finomított
 - külső támadás lehetősége minimális
- *VoIP-nál is szükséges ez!*
 - A bevezetéskor nem volt triviális, hogyan

Kitérő: Távbeszélő hálózatok megbízhatósága

Ez a dia nem
vizsgaanyag

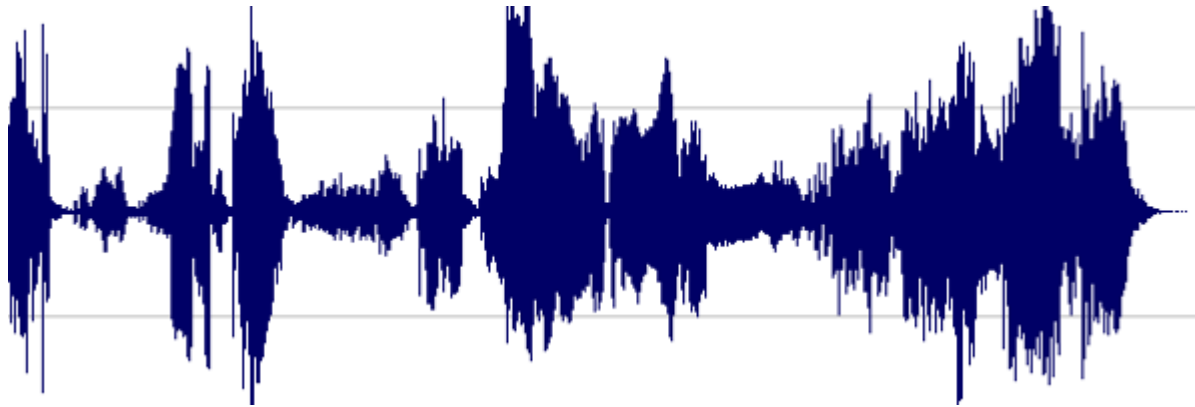
- Valóban működő rendszer!
- Ritka kivételek azért akadnak, pl:
 - Magyarország, 1998. december. „Hirtelen havazás”, GSM hálózatok rövid időre összeomlanak. (Szilveszterkor nem omlanak össze a rendszerek, csak átmenetileg túlterhelődnek)
 - AT&T 1990. jan. 15. SS7 szoftver downgrade segített -- egy fél nap után



VoIP jövő

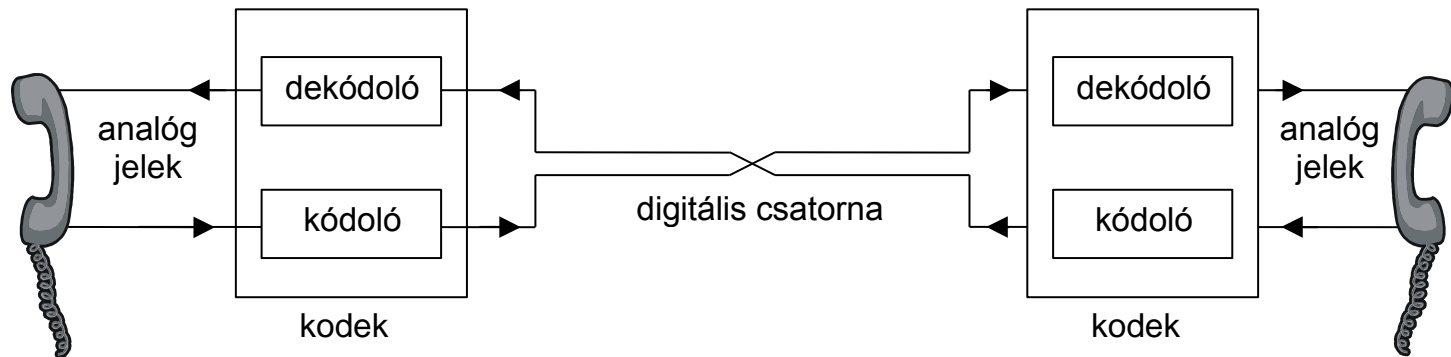
- Egyértelmű minden téren a VoIP térhódítása
 - már az új mobilhálózatok is IP alapúak
 - a PSTN/ISDN gerinchálózatok szintúgy gyakran IP alapúak
 - sőt a hozzáférést is gyorsan cserélik VoIP-re: IP alapú eszközökkel váltják ki a helyi központokat
 - sok vállalati rendszert lecseréltek teljesen VoIP-ra
- Ehhez két világot kell(ett) ötvözni:
 - Internet: olcsó (ingyenes?), sok szolgáltatás, dinamikusan változó alkalmazások
 - Telefónia: garantált minőség, nagy rendelkezésre állás

Beszédkódolók



Beszédkódolók

- Beszéd digitalizálása: kodek (KÓdoló, DEKódoló), codec (COder, DECoder)



- Megj.: általában a kodek A/D -D/A átalakító, lehet pl. filmhez is
- Mi most csak beszédkódolókkal foglalkozunk
- Ugyanaz a kódoló mindkét oldalon, vagy hálózaton belüli konverzió
- Kodek: főleg fekete doboz (black box) szemlélet most

Kodek jellemzők

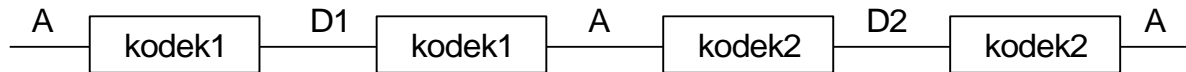
- bitsebesség
 - 2,4 -- 64 kb/s
- beszédhangminőség
 - nehéz objektíven mérni
 - MOS (Mean Opinion Score, átlagolt véleménypontok):
 - 15-40 ember pontoz több mintát, az egészet átlagolják
 - 1: elfogadhatatlan, 2: gyenge, 3: közepes, 4: jó, 5: tökéletes
 - 4 felett: nagyon jónak számít
- kódolási késleltetés
 - minél nagyobb időszületet dolgozunk fel egyszerre, annál jobban tömöríthetünk -- nagyobb késleltetés árán
 - 0,125 – 80 ms
- komplexitás
 - főleg régebbi mobil eszközök esetében volt fontos
 - mértékegység: MIPS (Million Instructions Per Second, millió utasítás másodpercenként)

Kodek jellemzők

- robosztusság
 - hiba esetén nincs idő újraadásra
 - rádiós átvitel hibaaránya kb. 10^{-3}
 - hibajavító kódolás, FEC (Forward Error Correction, előremenő hibajavítás)

- tandemizálhatóság és átkódolhatóság

- önmagával vagy más kodekekkel egymás után csatolása:



- hogyan tűri?
- átlátszóság
 - Hang (300-3400 Hz között), de nem beszédhang átvihető-e?
 - Pl. a DTMF (Dual Tone MultiFrequency, kéthangú többfrekvenciás jelzésátviteli rendszer), szinuszos jellegű jel, de kell a call centerek (pl telebank) működéséhez. Kérdés, hogy átmegy-e a kodeken kellően kis torzítással, hogy a túlóldalon dekódolható maradjon.
- adaptivitás
 - terhelés esetén kisebb jelsebesség
 - de: hálózat nehezebben tervezhető

Kódoló típusok

□ Hullámforma kódoló

- analóg jel alakjának a megőrzése
- jó minőség
- nagy bitsebesség (ez hátrány, nem előny! :))
- átlátszóság

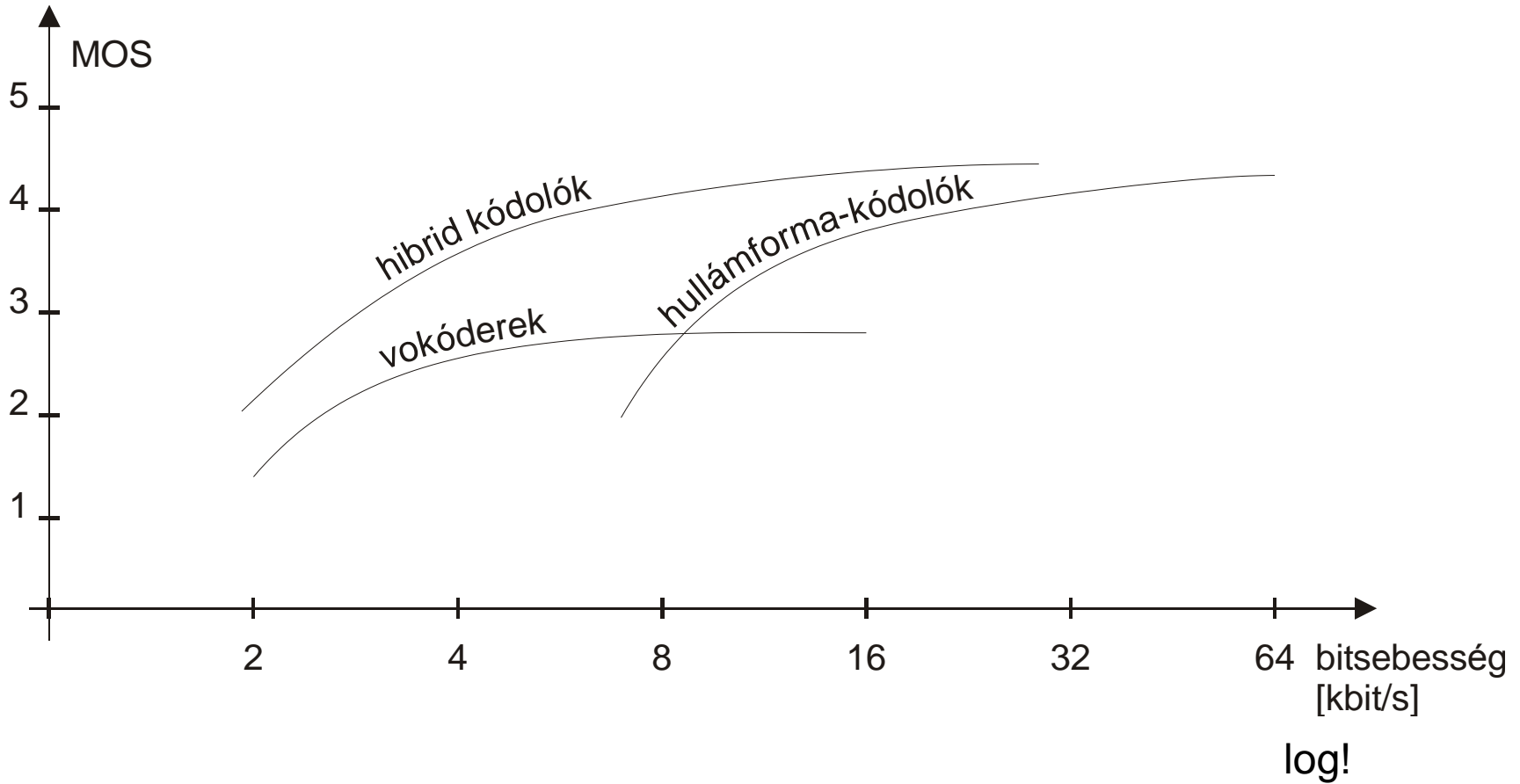
□ Vokóder

- adó oldalon: beszédből jellemző paraméterek kiszűrése
- vevő oldalon: ezek alapján beszéd szintetizálás
- kis sebesség
- eredetire nem nagyon hasonlító hang

□ Hibrid kódoló

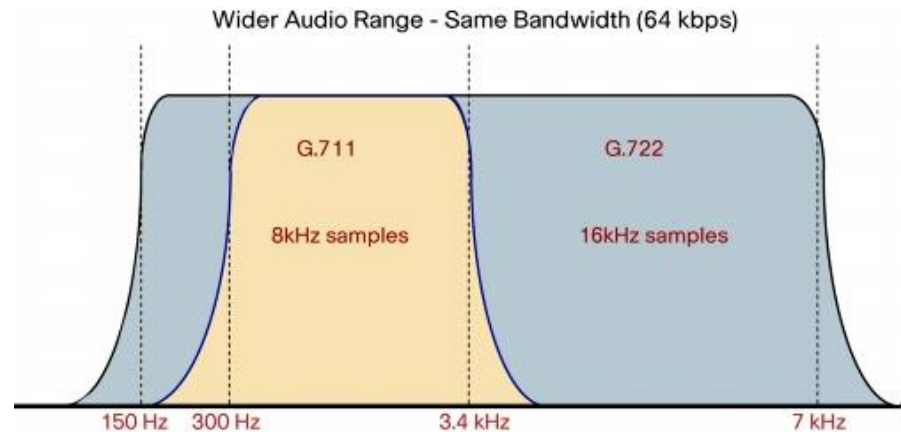
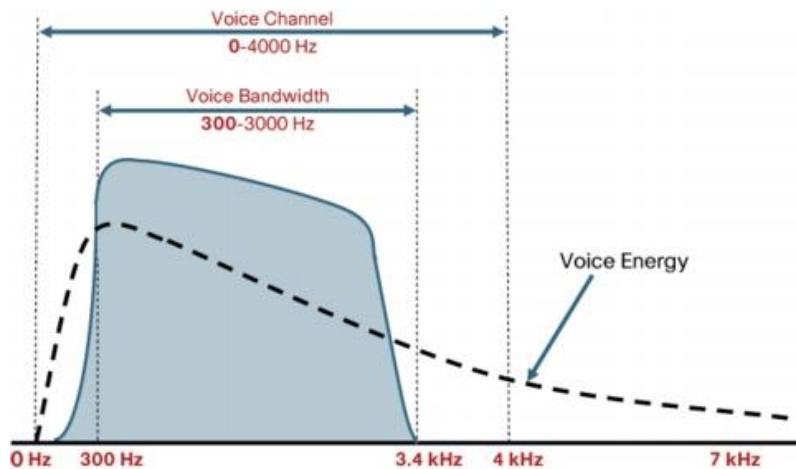
- előbbiek keveréke

Kódoló típusok



AMR-WB (G.722.2)

- Marketing név: „**HD Hang**”
- 10 éves szabvány, most kezdik bevezetni
 - mindhárom mobilszolgáltatónál
 - hálózaton belül csak
 - kizárólag 3G hálózaton
- Szélesebb spektrum, 16 kHz mintavételezés + más javítások a kódolón: nagyobb adatsebesség, jobb minőség



Kódoló típusok

Kódoló neve	Szabvány	Fő alkalmazás	Szabvány/bevezetés éve	Adatsebesség (kb/s)	Beszédhangminőség (MOS)	Kódolási késleltetés (ms)	Számítási komplexitás (MIPS)
PCM	G.711	vezetékes távb. h.	1972	64	4,5	0,125	0,52
ADPCM	G.721/ G.726	vezetékes távb. h.	1984* / 1990	16/24/32*/ 40	4,1*	0,125	7,2
(GSM) FR	GSM 06.10	GSM	1989	13	3,7	20	4,5
(GSM) HR	GSM 06.20	GSM	1994	5,6	3,5	24,4	17,5
(GSM) EFR	GSM 06.60	GSM	1995	13	4,0	20	14,4
AMR	GSM 06.90	3G mobil távb. h.	1998	4,75-12,2	3,5-4,0	20	15-25
AMR-WB**	G722.2	3G mobil t.h.	2004	6,6-23,85	3,6-4,2	25	20-30
G.723.1	G.723.1	VoIP	1996	6,3 5,3	3,9 3,6	30 30	15 20
G.729	G.729	VoIP	1996	8	4,0	15	11
LPC-10	LPC-10	katonai	1976	2,4	2,3	≥ 22,5	7

*: G.721

**Id. előző dia

FR: Full Rate, teljes sebességű

HR: Half Rate, félsebességű

EFR: Enhanced Full Rate, javított teljes sebességű

AMR(-WB): Adaptive Multirate (-Wideband), adaptív többsebességű, szélessávú