

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Jelátviteli követelmények. Beszédkódolók

Németh Krisztián

BME TMIT

2009. nov. 11.



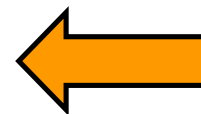
A tárgy felépítése



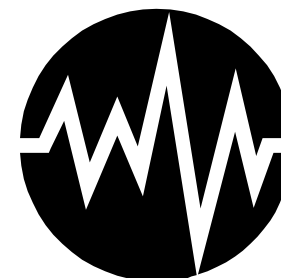
- p 1. Bevezetés
- p 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- p 3. VoIP
- p 4. Kapcsolástechnika
- p 5. Mobiltelefon-hálózatok
- p 6. Jelátviteli követelmények, kodekek ←
- p 7. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés *(helyet cserélt a 6-os fejezettel)*
- p 8. Jelzésátvitel
- p 9. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)
- p 10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
- p 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)

Jelátviteli követelmények, beszédkódolók

p Jelátviteli követelmények, beszédkódolók



- n Beszédátviteli követelmények
- n A visszhangról
- n Beszédkódolók



Jelátviteli követelmények, kodekek



- p Henk-Németh jegyzetben!
 - n Id. a weblapon:
http://w3.tmit.bme.hu/thsz/THv1_3_1.pdf (4. fejezet)
- p Átviendő jelek bemutatása, specifikálása
 - n Jel: átvitt információ reprezentálása
 - n Minőségi paraméterek megadása
- p Sok jel együtt: forgalom
 - n Forgalom: jelek összességének hálózaton való megjelenése
 - n Forgalmi követelmények megadása
- p Ezek hálózatonként mások-mások
- p Cél: tudjuk, mire kell a hálózatot tervezni/méretezni

Jelátviteli követelmények, beszédkódolók

- p Jelátviteli követelmények, beszédkódolók
 - n **Beszédátviteli követelmények** ←
 - n A visszhangról
 - n Beszédkódolók



Beszédátviteli követelmények



- p Többségében ITU szabvány
 - n De itt csak a lényeg

- p 1. Érthetőség
 - n Elsődleges követelmény: *mondatérthetőség: 95-97%*
 - n Azaz kb. 60-70% szótagérthetőség
 - n Ez nem elég könnyen mérhető: „műszakibb” követelményekre fordítjuk ezt le
 - n Megj.: „nincs magasan a lécs”

Beszédátviteli követelmények



p 2. Sávszélesség

n Emberi fül: max. 20 Hz -- 20 kHz

n *300 Hz -- 3400 Hz: 99,9% mondatérthetőség*

p ha minden más paraméter tökéletes

p 3. Csillapítás

n enélkül túl hangos lenne

n *30-40 dB*

n Szerencsére: a 2/4 huzalos átalakításnál egyébként is fellép csillapítás

Kitérő: decibel



p bemeneti teljesítmény: P_1

p kimeneti teljesítmény: P_2

p csillapítás (a): $a \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2}$

p erősítés (A): $A \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} = -10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} = -a \text{ dB}$

p megj.: elektronikában: $P=U^2/R$ (U: effektív érték)
ekkor ha $R_1=R_2$:

$$A \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} = 10 \cdot \lg \frac{\frac{U_2^2}{R_2}}{\frac{U_1^2}{R_1}} = 10 \cdot \lg \frac{U_2^2}{U_1^2} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}$$

p dB: dimenzió nélküli szám, csak jelölés (mint a rad)

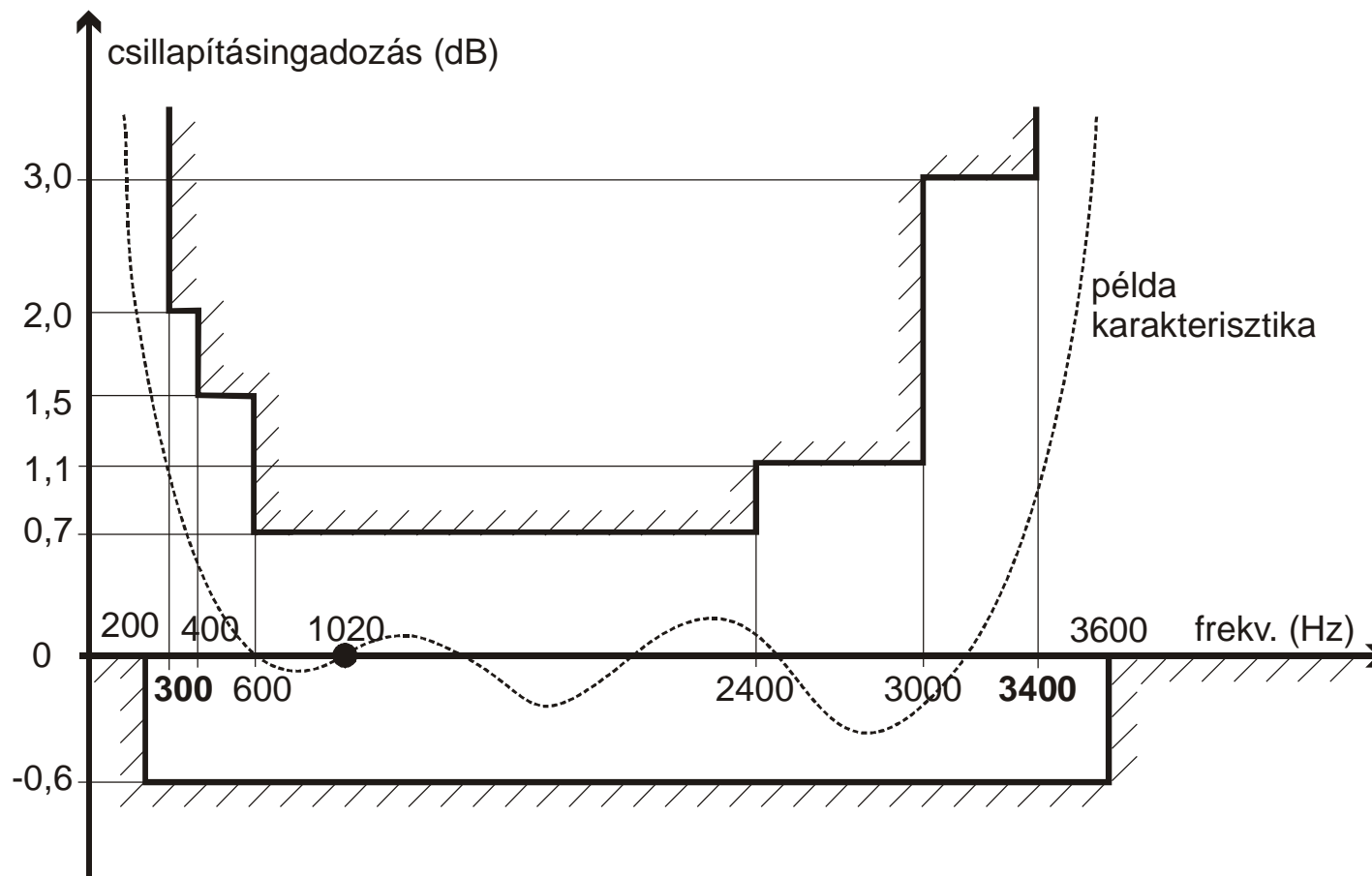
Beszédátviteli követelmények

p 4. Csillapításingadozás

n csillapítás változása a frekvencia f_v -ében

n referencia fr.: 1020 Hz

n $csill.ing.(f) = a(f) - a(ref.fr.)$



Beszédátviteli követelmények



- p 5. Jel/zaj viszony
 - n hasznos jel teljesítménye / zaj teljesítménye
 - n *nem érthető zaj: min. 10-20 dB*
 - n *érthető zaj: min 25-30 dB*
 - p áthallás
 - p visszhang

Beszédátviteli követelmények



p 6. Késleltetés

n szájtól fülig / egyirányú késleltetés

n összetevők:

p terjedési idő

p eszközök késleltetése

n *limit: 400 ms, de ajánlott 150 ms alatt maradni*

p GEO műholdaknál csak a terjedési idő 240-280 ms!

p lehet azért ilyenkor beszélni, csak lassan, megvárva a másik felet

n de: visszhang!

p visszhang keletkezik a vevőnél

p ez adott késleltetés felett zavaró

p *a határ: 12,5 ms*

p felette: visszhangelnyomás

p visszhangos kapcsolaton nagyon kellemetlen beszélni

Beszédátviteli követelmények



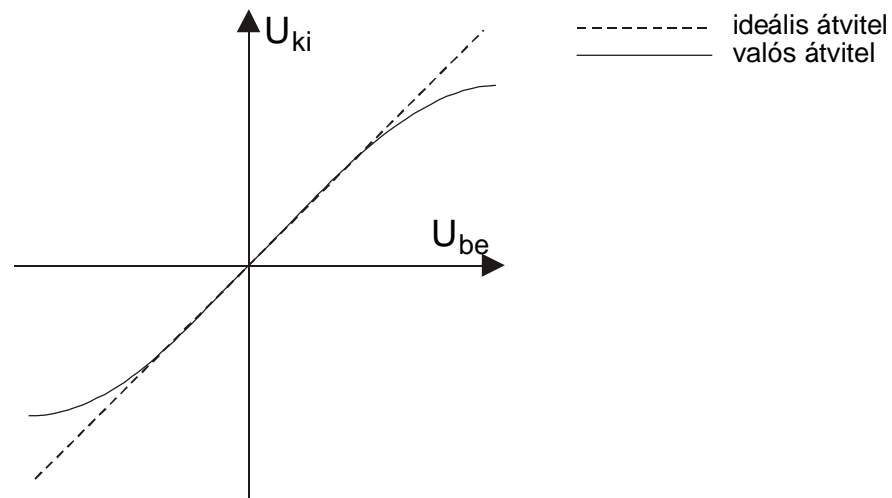
- p 7. Késleltetés ingadozása
 - n (jitter, delay variation)
 - n frekvencia szerint:
 - p magasabb hangok késleltetése kisebb
 - p régen volt tipikus
 - p sáv közepén ± 30 ms, sáv szélén ± 60 ms
 - n idő szerint (egy adott frekvencián):
 - p ± 30 ms

Beszédátviteli követelmények



p 8. Nemlineáris torzítás

- n kimeneti és bemeneti jel erőssége nem konstansszoros (nem alakhű átvitel)
- n tipikusan:



- n Mérőszáma: teljes harmonikus torzítás (THD, Total Harmonic Distortion)

Beszédátviteli követelmények



p 8. Nemlineáris torzítás

teljes harmonikus torzítás def:

n bemenetre: max. amplitúdójú szinuszos jel

n kimenet torzított, összetevőire bontjuk (Fourier sor)

p Alapharmonikus: A_0

p Felharmonikusok: A_1, A_2, \dots

n Ekkor:
$$THD\% = \frac{\sqrt{\sum_{f=1}^{\infty} A_f^2}}{A_0} \cdot 100$$

n Távbeszélő hálózatokban: THD max. 10% (régen: 30%)

p Megj: Hi-Fi: ugyanez, ott 0,5-1%, a jó (sőt, akár 0,0x%!)

p függ az erősítéstől is: pl. 100 W-os erősítő 10W-on kevésbé torzít, mint egy 10-15 W-os

Jelátviteli követelmények, beszédkódolók

- p Jelátviteli követelmények, beszédkódolók
 - n Beszédátviteli követelmények
 - n **A visszhangról** ←
 - n Beszédkódolók

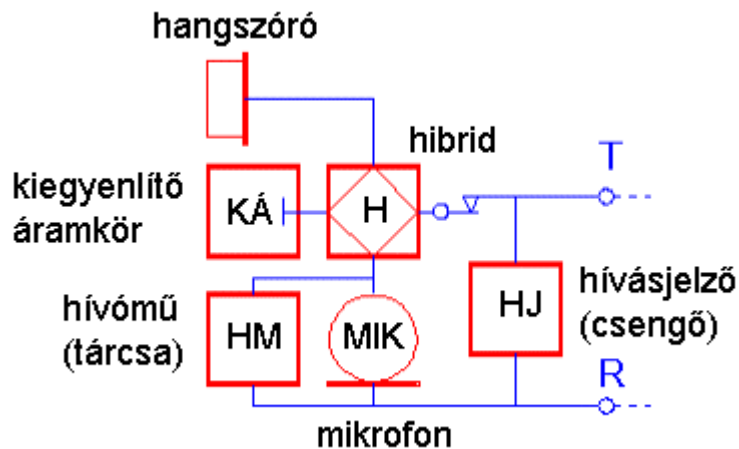


A visszhang

A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása (ism.: thsz10/10. dia)

- ▶ a két különböző irányú jel szuperponálása, majd szétválasztása
 - n avagy villaáramkör, alias hibrid
 - n analóg előfizetői hurokban használatos
 - n egyszerű
 - n többféleképpen megvalósítható, alább egy transzformátoros megvalósítás látható
 - ▶ a mikrofon árama nem jut be a hangszóróba
 - ▶ a mikrofon áramának fele jut csak az előfiz. hurokra
 - ▶ ha a vonalutánszat nem pontos: visszhang keletkezik

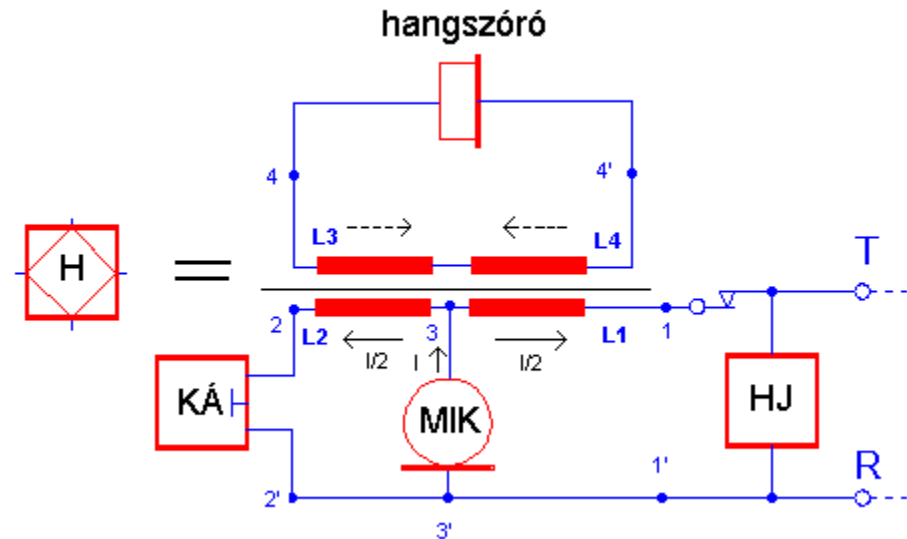
analóg távbeszélő készülék:



n kiegészítő magyarázat:

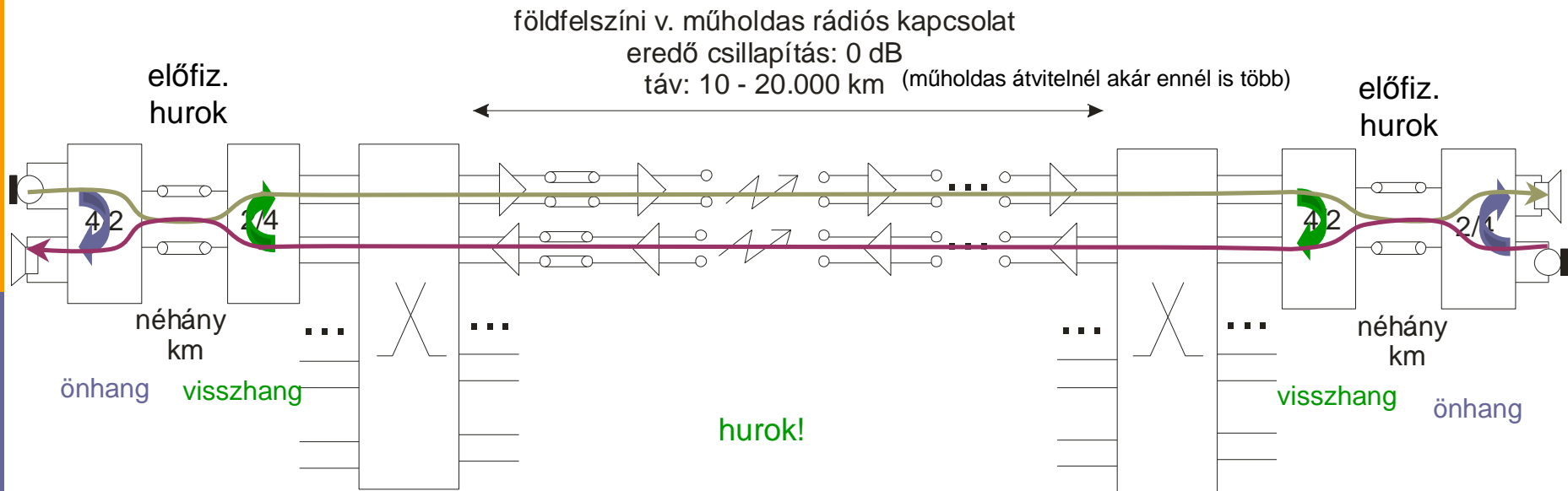
- ▶ <http://tel.tmit.bme.hu/meresek/3-6.htm>
- ▶ <http://tel.tmit.bme.hu/meresek/hibrid.htm>

hibrid:



Visszhang

- Több helyen keletkezhet, de a 2/4 huzalos átalakításnál jellemző
- Példa átviteli út: (egy vonal egy vezeték)



Visszhang

p Önhang:

- n hasznos!
- n kb. 25 dB csillapítás

p A hurkot ki kell küszöbölni, hogy:

- n ne gerjedjen
- n ne torzítsa az átvitelt
- n ne legyen többszörös visszhang

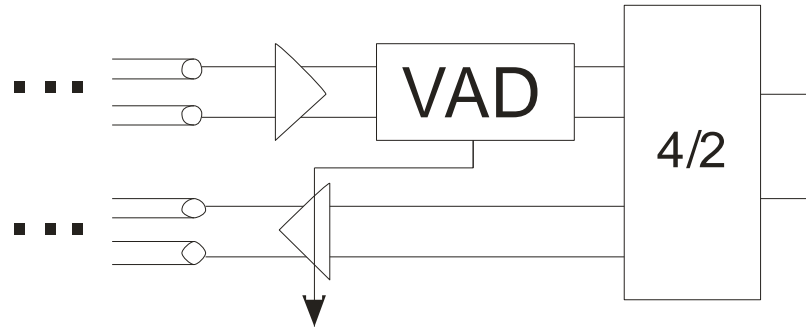
p Visszhang:

- n 12,5 ms alatt nem különböztethető meg az önhangtól (nincs vele gond)
- n kritikus táv, ha csak a terjedési késleltetést nézzük:
 $0,0125 \text{ s} * 250\,000 \text{ km/s} = 3125 \text{ km} \approx 3000 \text{ km}$
(közegbeli fénysebesség alacsonyabb c -nél)
de ez oda-vissza értendő, tehát kb. 1500 km földrajzi táv a kritikus
- n felette valamit kezdeni kell vele
- n 31 dB, vagy nagyobb csillapítás már jó

Visszhang kezelése

p Visszhangzár:

- n** ugyanez a túloldalon is

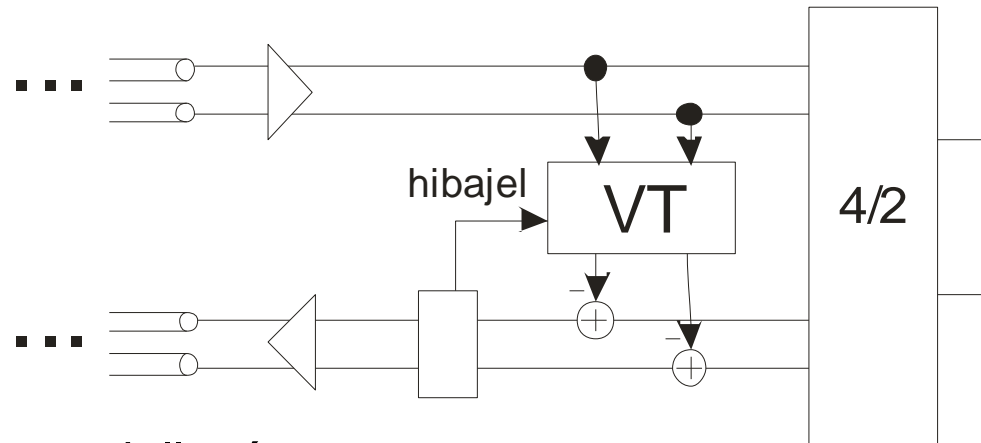


- n** VAD: Voice Activity Detector, beszéd-detektor:
 - p** észleli, hogy éppen beszél-e a távoli fél
- n** beszéd esetén e kapcsolás lezárja a visszamenő erősítőt
- n** emiatt félduplex
- n** elavult

Visszhang kezelése

p Visszhangtörlő (VT, echo canceller)

n ugyanez a túloldalon is



n feladata a visszhang modellezése

- p** megfelelő késleltetés
- p** megfelelő csillapítás
- p** megfelelő torzítás

n ezek időben változhatnak, mert:

- p** környezeti hatások (pl. hő) változnak
- p** kihangosítást bekapcsolhatják menet közben

n ezért adaptív eszköz a hibajel mérésével:

- p** visszhang felismerése és törlése

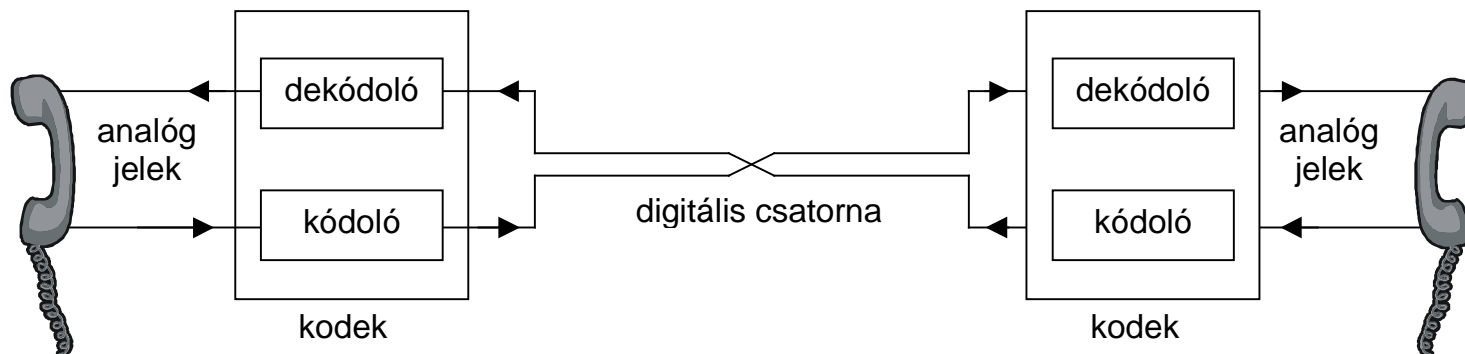
Jelátviteli követelmények, beszédkódolók

- p Jelátviteli követelmények, beszédkódolók
 - n Beszédátviteli követelmények
 - n A visszhangról
 - n **Beszédkódolók** ←



Beszédkódolók

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



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

2/4 huzalos rendszerek (ismétlés)

p Négyhuzalos rendszer:

- n** két érpár
- n** egy érpáron egyirányú jeláramlás

p Kéthuzalos rendszer

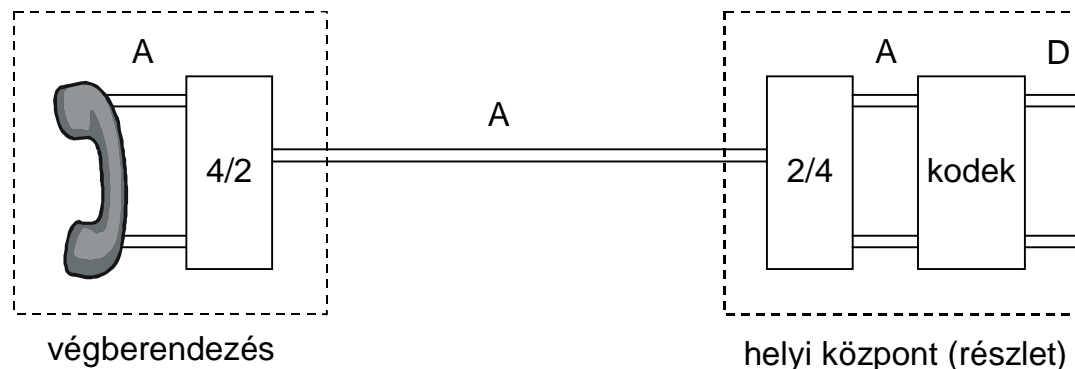
- n** ugyanazon az érpáron kétirányú jeláramlás

p Kodek mindig négyhuzalos (felépítése miatt)

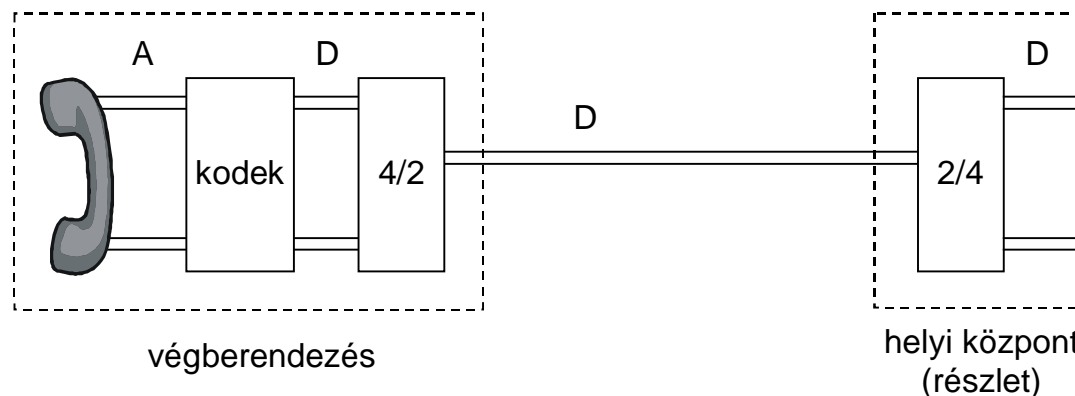
p Kézibeszélő négyhuzalos (értelemszerű)

p Előfizetői hurok kéthuzalos (így olcsóbb)

p Központon belüli feldolgozás manapság négyhuzalos (így egyszerűbb)



(a) analóg végberendezés



(b) digitális végberendezés

Kodek jellemzők

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

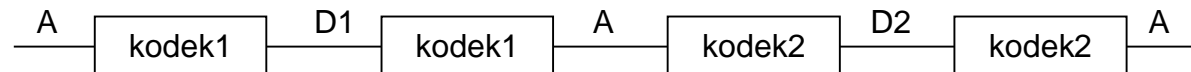
Kodek jellemzők

p robosztusság

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

p tandemezhetőség és átkódolhatóság

- n önmagával vagy más kodekkel egymás után csatolása:



- n hogyan tűri?

p átlátszóság

- n DTMF (Dual Tone MultiFrequency, kéthangú többfrekvenciás jelzésátviteli rendszer), adatátvitel lehetséges?

p adaptivitás

- n terhelés esetén kisebb jelsebesség
- n de: hálózat nehezebben tervezhető

Kódoló típusok

p Hullámforma kódoló

- n analóg jel alakjának a megőrzése
- n jó minőség
- n nagy sebesség
- n átlátszóság

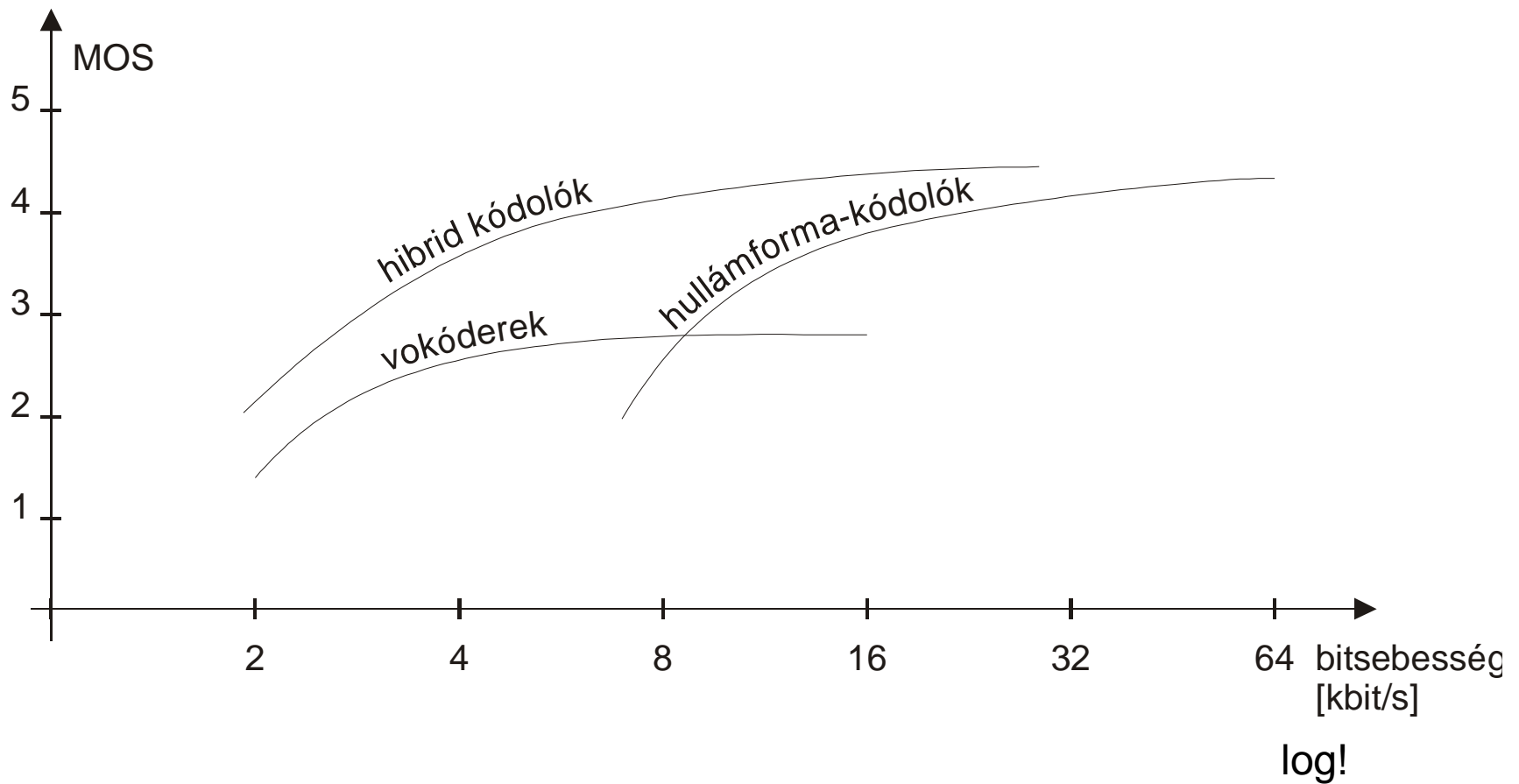
p Vokóder

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

p Hibrid kódoló

- n előbbiek keveréke

Kódoló típusok



ADPCM

- p ADPCM: adaptív differenciális PCM (Adaptive Differential PCM)
 - n egymás utáni minták különbségének a kódolása
- p 8 bites mintákból 2, 3, 4 vagy 5 biten
 - n 2: 16 kbps
 - n 3: 24 kbps
 - n 4: 32 kbps
 - n 5: 40 kbps
- p Leggyakoribb a 32 kbps-os

Kódoló típusok

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

*: G.721

FR: Full Rate, teljes sebességű

HR: Half Rate, félsebességű

EFR: Enhanced Full Rate, javított teljes sebességű

AMR: Adaptive Multirate, adaptív többsebességű

Beszéd-detektor

- p (angolul: Voice Activity Detector, VAD)
- p Ha az adott fél épp nem beszél, akkor nem küldünk jelet
 - n csökkenthető a kodek teljesítményfelvétele (mozgó készüléknél jó)
 - n sávszélesség spórolható
 - p ha van statisztikus nyalábolás, VoIP pl. ilyen
- p Vevő oldalon komfortzaj, hogy ne legyen zavaró a csend
- p Alkalmazás, pl.:
 - n mozgó távbeszélő rendszerek
 - n műholdas rendszerek
 - n VoIP rendszerek
 - n telefon kihangosítók