

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

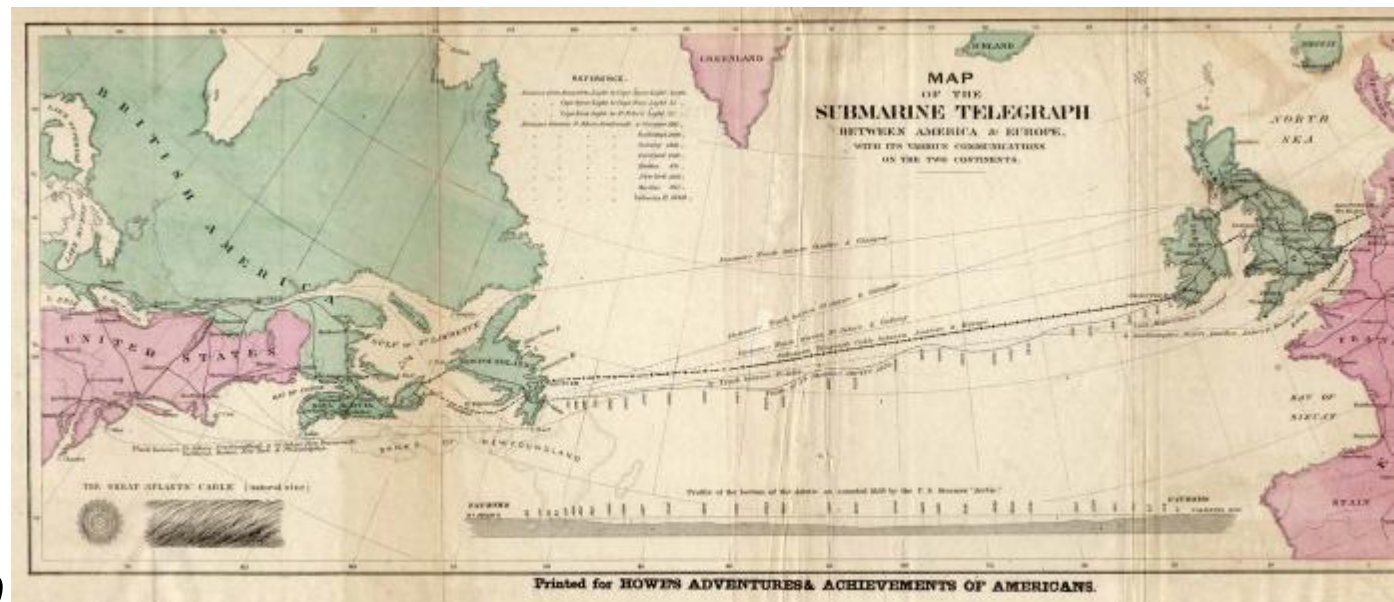
Gerinchálózati (transzport) technikák

Cinkler Tibor
BME TMIT

2009. november 25.

Szerda 10:15-12:00

IB.028



SS Great Eastern, 1866

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
- p 8. Jelzésátvitel
- p **9. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)** ←
- n **9.1 PDH** (Pleziokron Digitális Hierarchia)
- n **9.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia) } *Ma!*
- p 10. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)
- p 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



Gerinchálózati technikák: Bevezető

p Hálózatok felépítése

- n hozzáférés (access)

- n „metro” (metro)

- n gerinc / transzport / szállító (backbone / transport / core)

p Nyalábolási technikák (tér, frekvenia, idő) (2. előadás)

p Adat- és beszéd-forgalom szállítása

Egy kis történelem

p Az átviteltechnika fejlődése

- n 1865 első sikeres Trans-Atlanti távíró kábel
 - p 5 próbálkozás: 1857, 2x1858, 1856, 1866
- n 1915 New York - San Francisco távbeszélő ökö réz/analóg
- n 1936 koaxiális kábel PSTN NY - Philadelphia
- n 1947 mikrohullámú szakaszok
- n 1962 távközlő műholdak
- n 1980 üvegszál
- n 1988 SONET (ANSI) és SDH (CCITT ma ITU) szabvány



Analóg -> Digitális áttérés

PDH -> SDH

p Ma

- n PCM / PDH, ISDN
- n SDH / ngSDH
- n ATM / MPLS
- n IP / Ethernet
- n OTN / DWDM / CWDM
- n ASON / ASTN, GMPLS



Ajánlott olvasmány: Dr. Bartolits István: **A HTE 60 éve**, 2009, 1949-2009

1949 december 31: „A budapesti hálózat állomáskapacitása 93470 automata és 1200 manuális állomás volt.

Ebből 56930 fővonal, míg 36540 ikervonal. A bekapcsolt állomások száma 55854 automata és 478 manuális előfizető”.

9.1.: PCM/PDH

- p http://www.hte.hu/online_konyv : 2.1.1.1, 2.1.1.2
- p PCM: Pulse Coded Modulation
 - n Impulzus-kódolt moduláció
- p PDH: Plesyochronous Digital Hierarchy
 - n Pleziokron digitális hierarchia
 - n Görög: *plesio* - közel, *chronos* - idő
- p Analóg beszédjel digitális átvitele
- p Időosztás
- p Több különböző rendszer
 - n Észak-Amerika
 - n Európa
 - n Japán

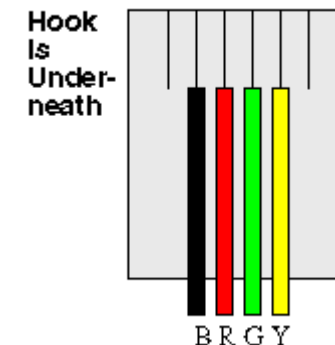
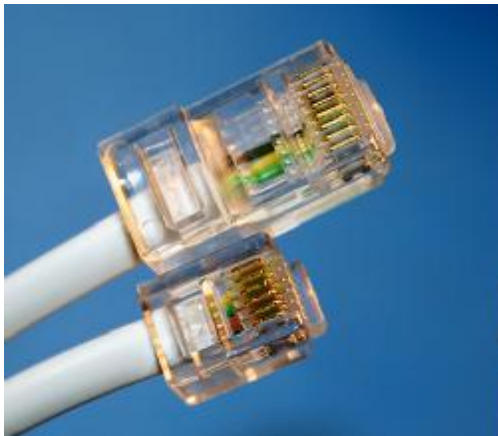


IP phone

PCM: beszéd $\text{\textcircled{R}}$ 8000 minta/s



- p Ez csak ismétlés, 2. előadáson volt!
- p 300–3400 Hz analóg beszédjel lényege
- p Nyquist-Shannon tétel: 8 kHz mintavétel
- p kompanderes kvantálás (nem lineáris!)
 - n Európában az *A-törvényt* (*A-law*) használják
 - n 8 bit mintánként
 - n 64 kbit/s beszédcsatornánként

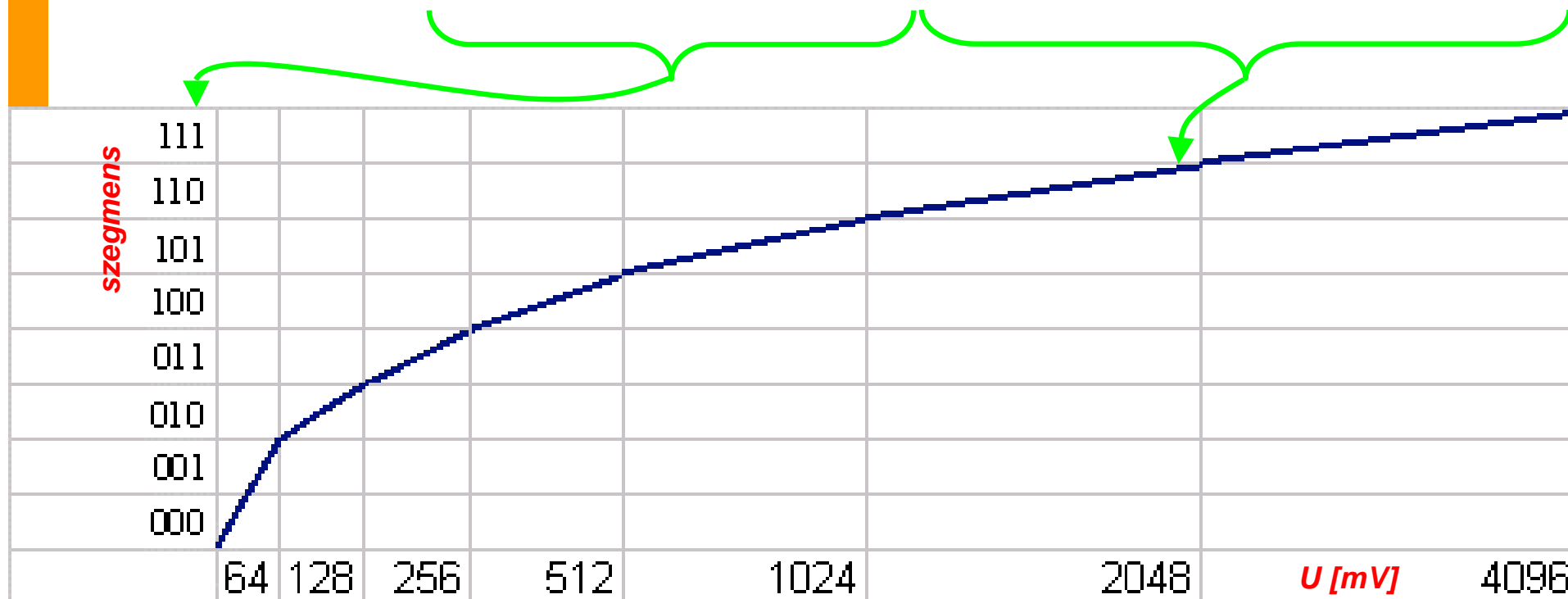


A-karakterisztika szakaszos közelítése [®] 8 bit/minta

(CCITT/ITU-T G.711)

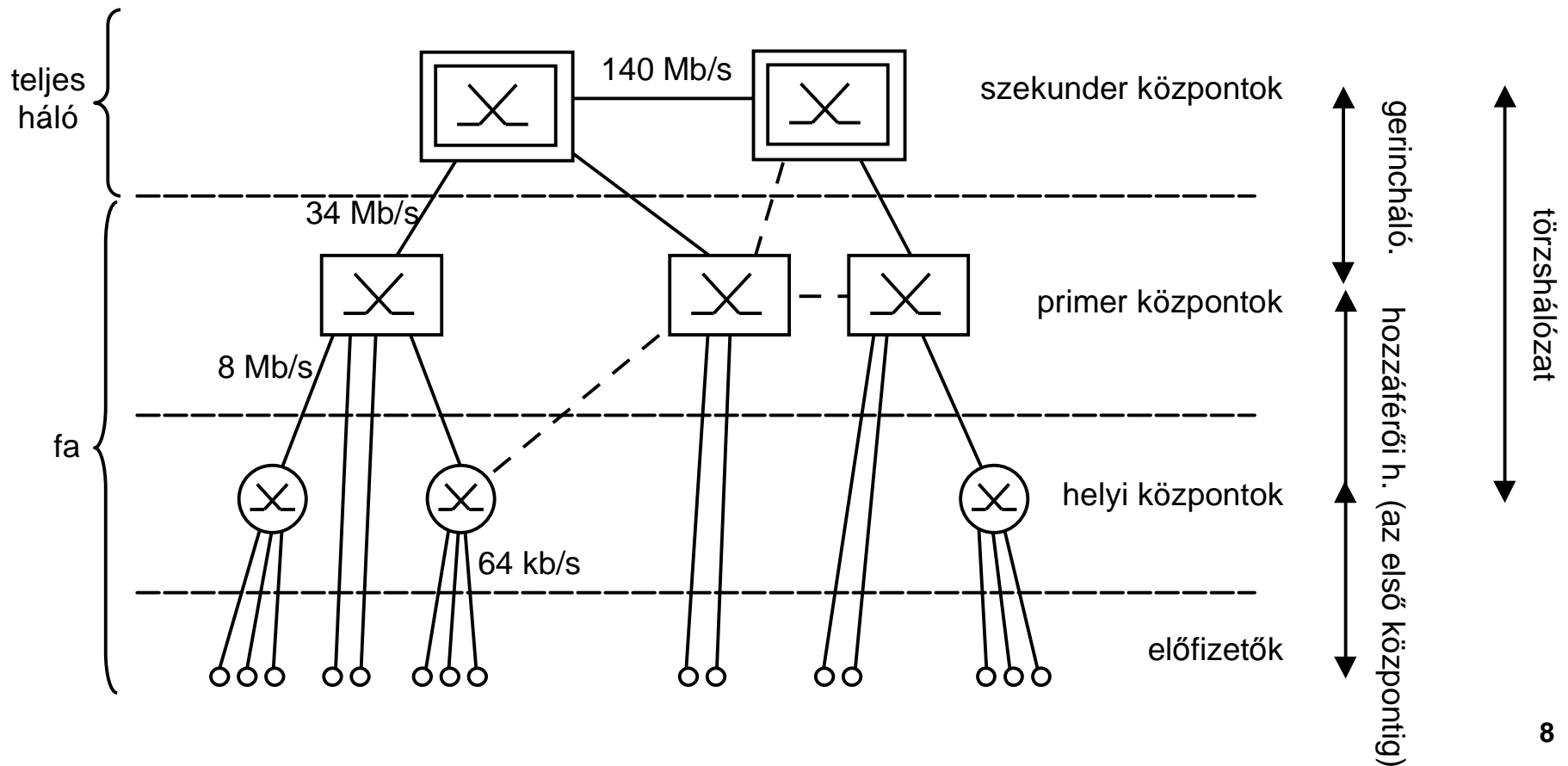
Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies - 1988 november)

	Polaritás	Szegmens			Lineáris kódolás a szegmensen belül			
1970 mV	+:1 / -:0	1	1	0	1	1	1	0

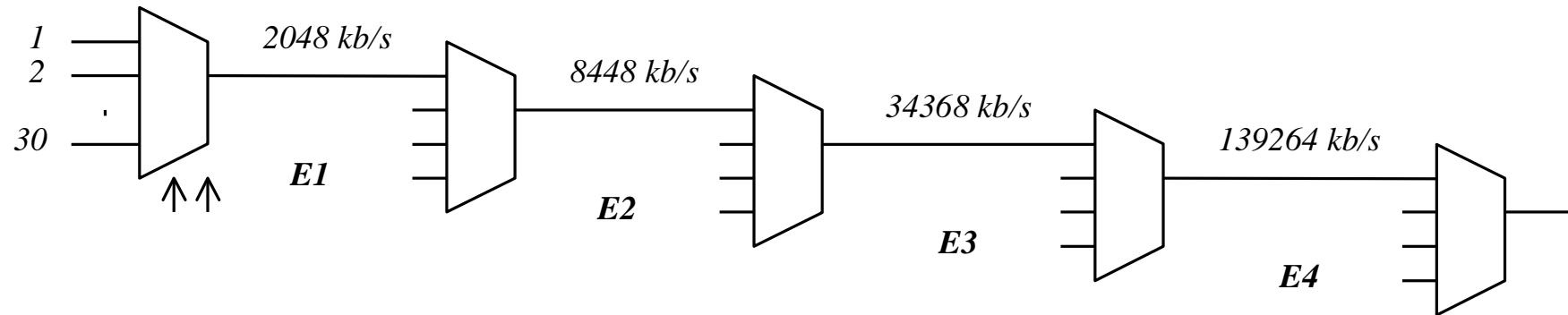


A PDH Hierarchia

- ⌘ Ez csak ismétlés: 2. előadás, 17. oldal
- ⌘ Nyilvános kapcsolt távbeszélő hálózat topológiája
- ⌘ PSTN (Public Switched Telephone Network)



PDH: A hierarchia



	Névleges bitsebesség [kb/s]	Turés [ppm ^[1]]	Vonali kódolás	félcsúcs feszültség (V)	a (dB/km)	keretméret [bit]	be bit / kimeno keret / csatorna
E1	2 048	± 50	HDB3 ^[2]	2,37 vagy ^[3] 3	6	32×8=256	8
E2	8 448	± 30	HDB3	2,37	6	848	205(+1)
E3	34 368	± 20	HDB3	1	12	1536	377(+1)
E4	139 264	± 15	CMI ^[4]	1	12	2928	722(+1)

[1] ppm: parts per million. 1 ppm az alap egy milliomod részét jelenti (ahogyan 1% egy század részét)

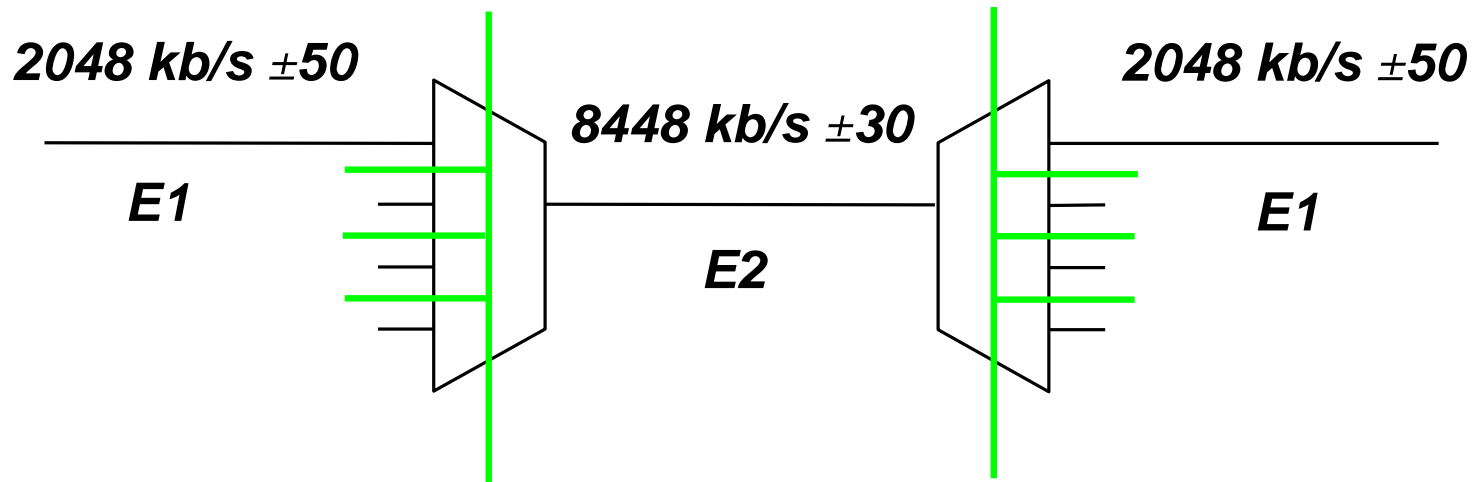
[2] HDB3: High Density Bipolar Coding, 3 nullára korlátozva

[3] 2,37 V asszimmetrikus (pl. koaxiális kábel), és 3 V szimmetrikus (pl. érpár) vezetéken

[4] CMI: Coded Mark Inversion. Kódolt előjelváltás

A táblázat középső 4 oszlopa vizsgán nem kell!!!

Sok különböző órajel egy rendszerben



p Sebességkiegyenlítés

n Bemenet

n Kimenet

p Rugalmas tár

p Itt 5 sebesség

n 4 E1

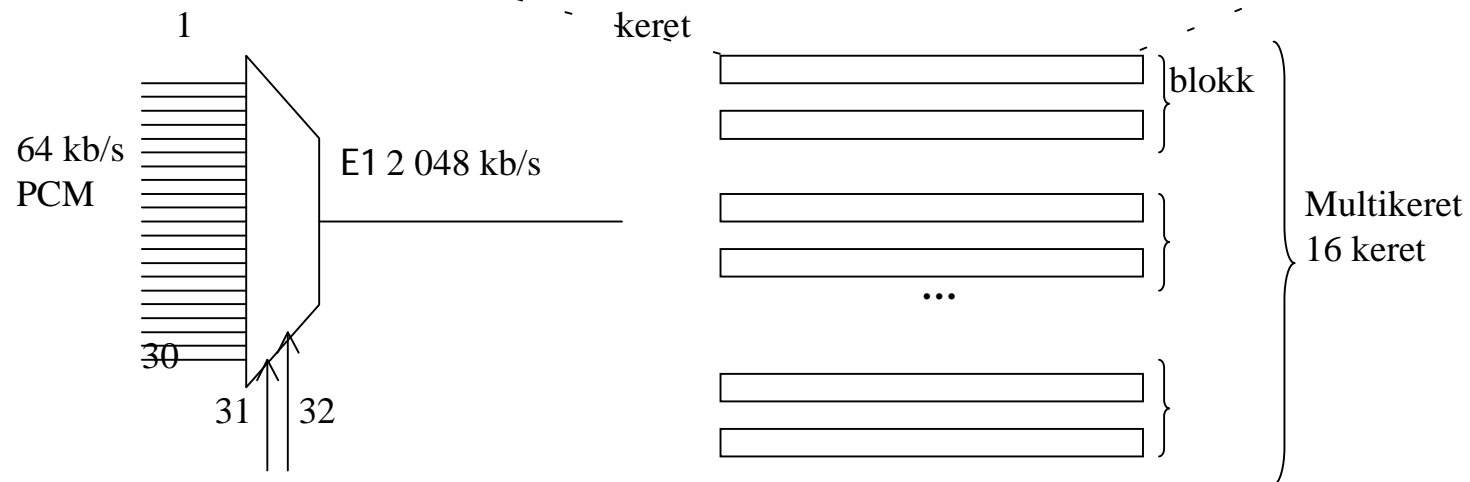
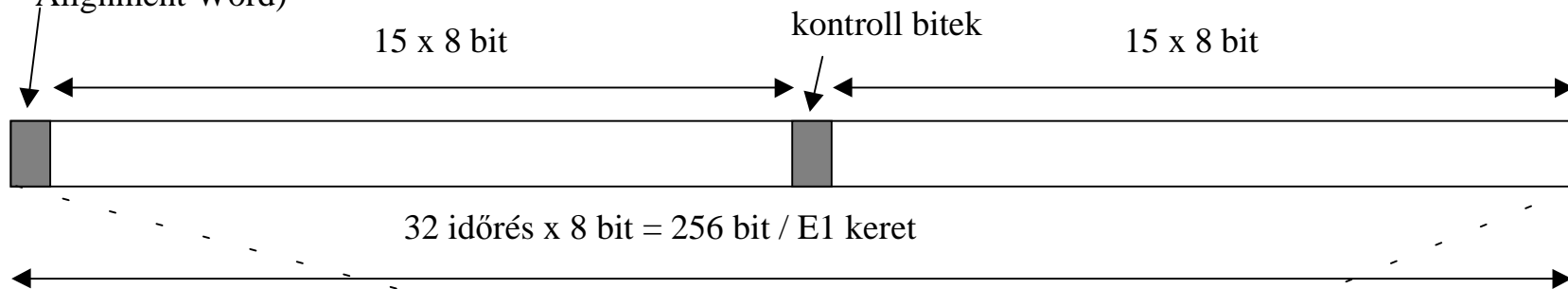
p Kimenet = Bemenet

n 1 E2

E1: $(30 + 2) * 64 \text{ kbit/s} = 2048 \text{ kbit/s}$

0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
x	0	0	1	1	0	1	1

keretszinkronszó
(FAW: Frame Alignment Word)



Vezérlés

- p A keretek 16. időrései
 - n „sávon kívül”
 - n Üzemeltetés és fenntartás

- p „Tone” üzemmód
 - n (ld. thsz18.pdf, 6. dia)
 - n „sávon belül”
 - n DTMF: dual-tone multi-frequency
 - n Pl. 5 számjegy 770+1336 Hz
 - n 100 ms ideig 100 ms szünet

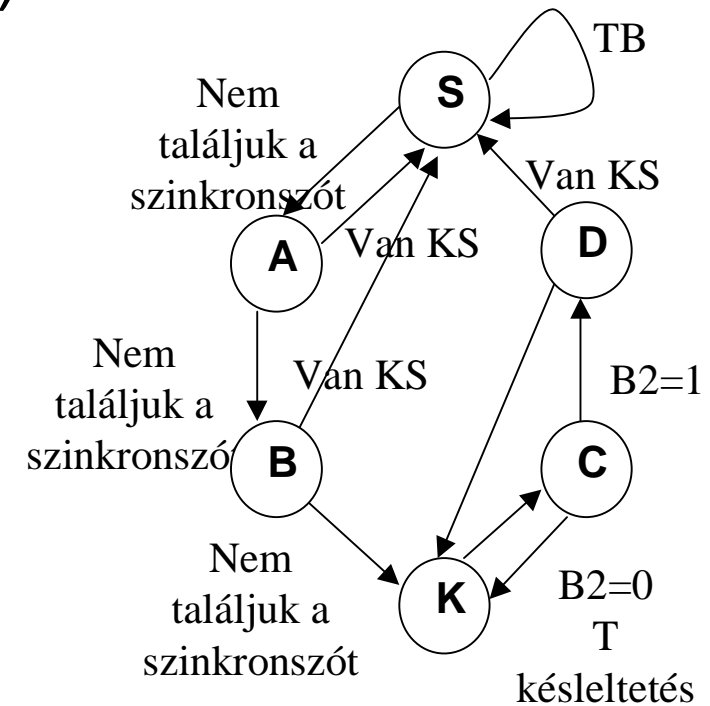
f[Hz]	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Keretszinkron



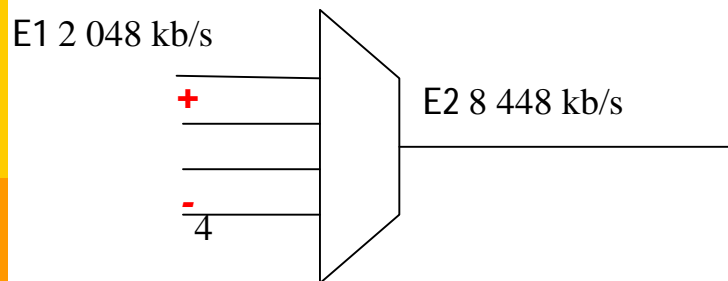
- ⌘ Keretszinkronszó alapján
- ⌘ Utánzás elleni védelem ($\delta=2$).
- ⌘ Kiesés elleni védelem ($\alpha=3$).

Keret-szinkron állapot



Keresés állapota

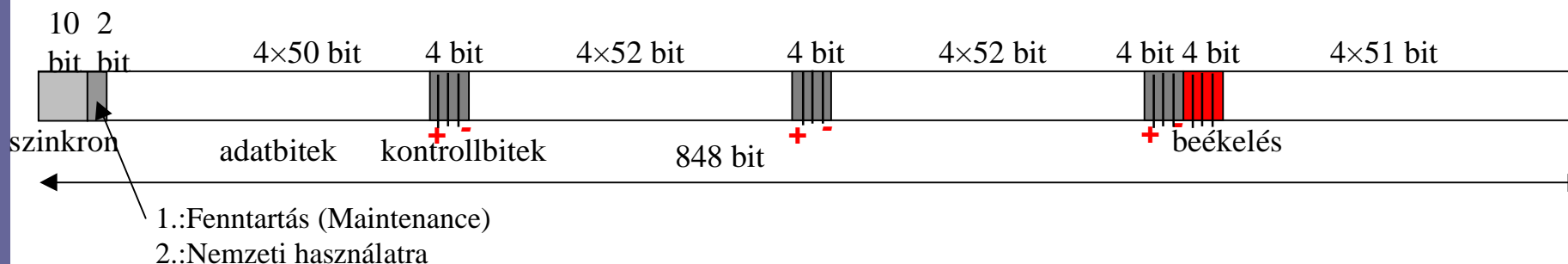
E2



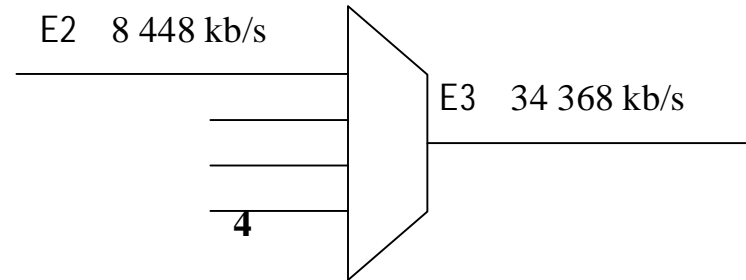
- p beékelési tényező $\eta=0,58$
- p névleges E1 és E2 mellett
- p átlag 205,5762 bit/keret

$$f_{\min}^{E1} = 205 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 205 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2042,26 \text{ kb/s}$$

$$f_{\max}^{E1} = 206 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 206 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2052,22 \text{ kb/s}$$

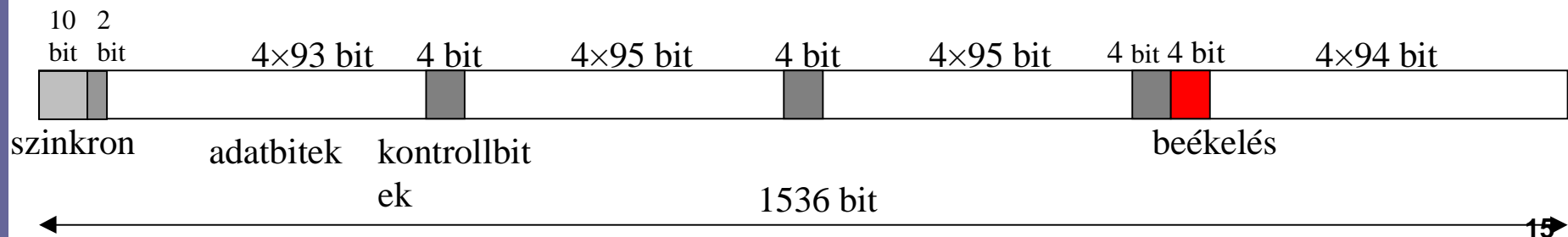


E3



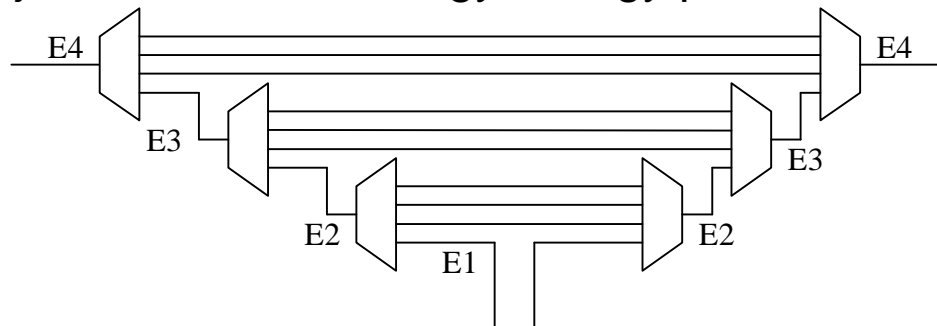
$$f_{\min}^{E2} = 377 \text{ bit} \cdot f_k^{E3} = 377 \text{ bit} \cdot \frac{34378 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{1536 \text{ bit}} = 8435,375 \text{ kb/s}$$

$$f_{\max}^{E2} = 378 \text{ bit} \cdot f_k^{E3} = 378 \text{ bit} \cdot \frac{34378 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{1536 \text{ bit}} = 8457,75 \text{ kb/s}$$



PDH előnyei, hátrányai

- A nyálábolás bitenként történik.
- Különböznek az európai a japán és az amerikai változat.
- + Az egyes eszközök bitsebességei eltérhetnek a névlegestől a rendszer mégis zavartalanul működik.
- + Nem kell terjeszteni a szinkronjelet a hálózatban (erre nem is volt lehetőség az eljárás megalkotásakor).
- Szintenként újra kell keretezni. Vegyünk egy példát:



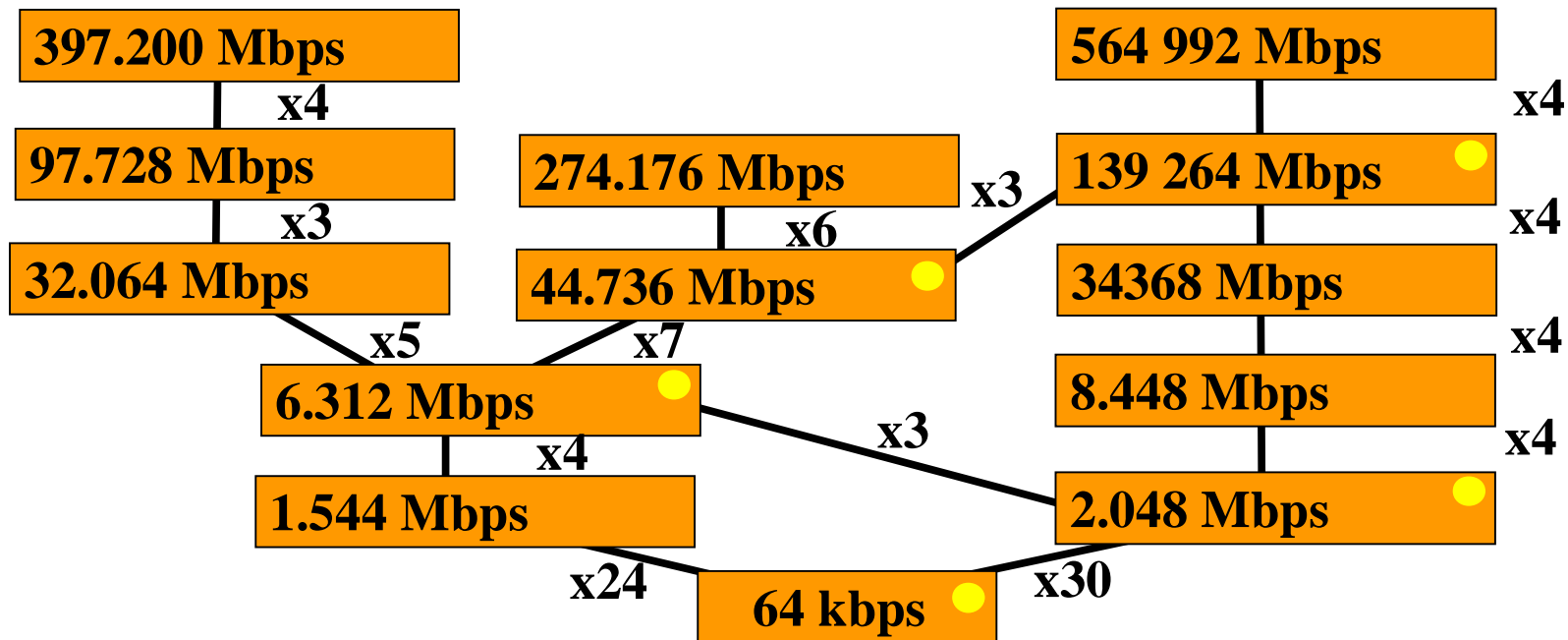
- Nincs elég hely az üzemeltetési/fenntartási és esetleg egyéb információk átvitelére.
- A védelem nehézkesen oldható meg.
- Beszédsávi modemes átvittel a 64 kbit/s nem érhető el (max 56 kbit/s)

EÁ, Európa, Japán

Japán

Egyesült Államok

Európa



● Trans-Atlantic

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
- p 8. Jelzésátvitel
- p **9. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)**
 - n **9.1 PDH** (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - n **9.2 SDH** (Szinkron Digitális Hierarchia)
- p 10. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás) *(helyet cserélt a 9-essel)*
- p 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)

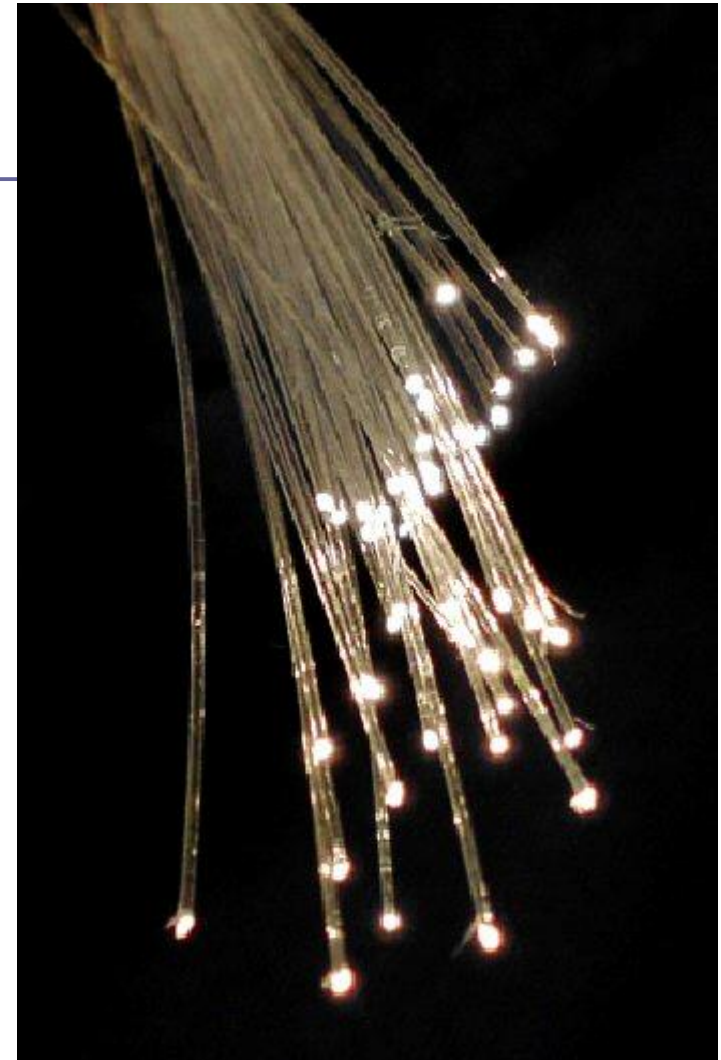


} **Ma!** ←

9.2. SDH/SONET

- p (http://www.hte.hu/online_konyv : 2.1.1.3)
- p Hozzáférő - gerinc hálózat
- p Magán - nyilvános hálózat
- p szabványok
 - n SONET (ANSI) 1988-ban
 - n SDH (ETSI)
 - n SDH (CCITT ma ITU-T)

SONET: Synchronous Optical NETwork
SDH: Synchronous Digital Hierarchy



Mire jó az SDH?

- ρ Beszéd- és adatátvitelre
- ρ Kis késleltetés - nagy sáv szélesség

- ρ PDH
- ρ ISDN
- ρ ATM
- ρ FR
- ρ IP
- ρ Ethernet
- ρ bérelt vonal
- ρ Stb.

Mitől szinkron az SDH?

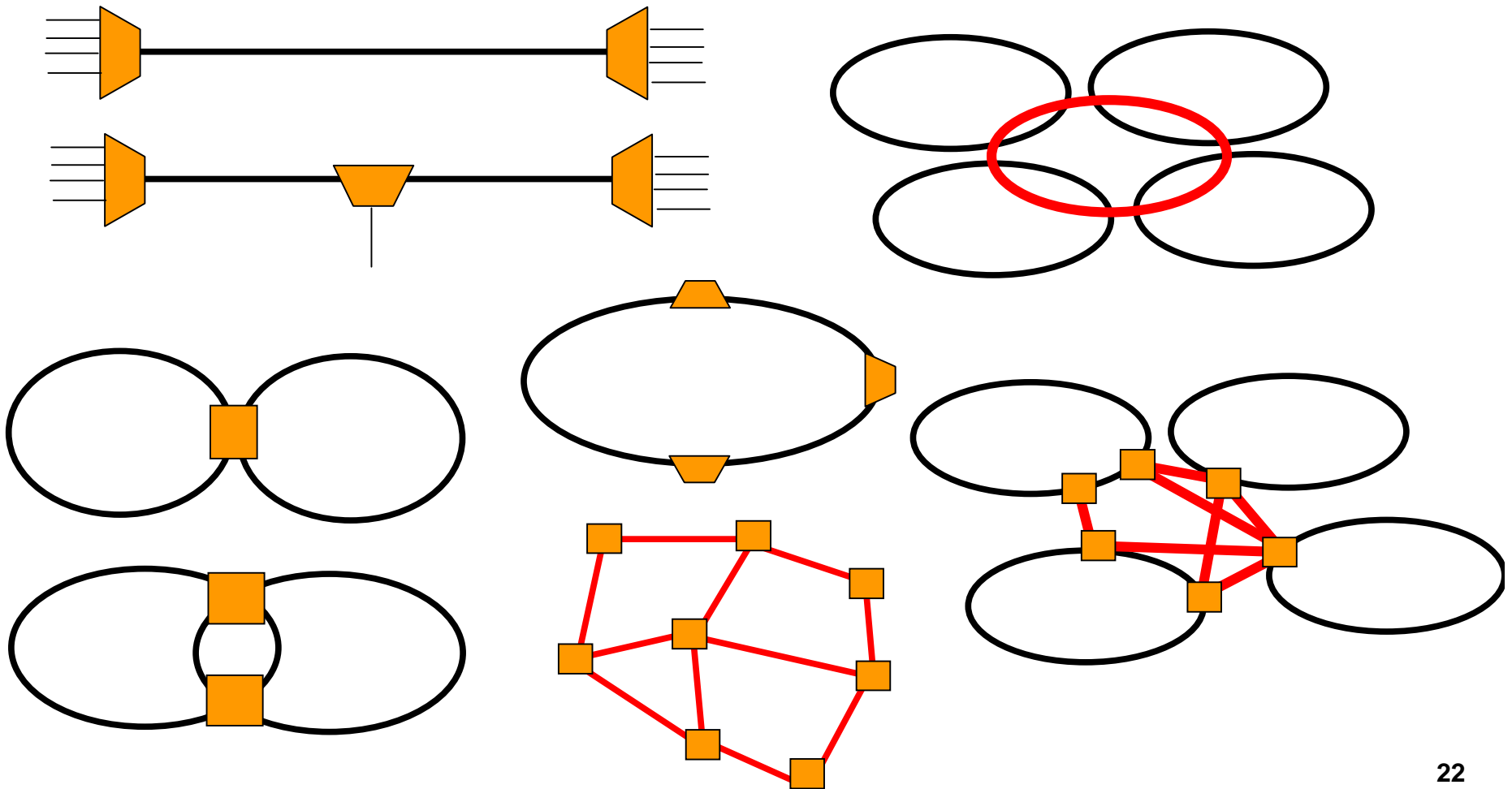
p Szinkron - Pleziokron - Aszinkron

p SDH szinkron mert:

- n berendezések órajele összehangolva
- n a hierarchia rétegei egymással szinkronban vannak
- n Szinkron átviteli mód, mert az adott keretszervezéshez képest az egységek helye egyértelműen adott.

- n A „leg-szinkronabb” hálózat!

Hálózati topológiák

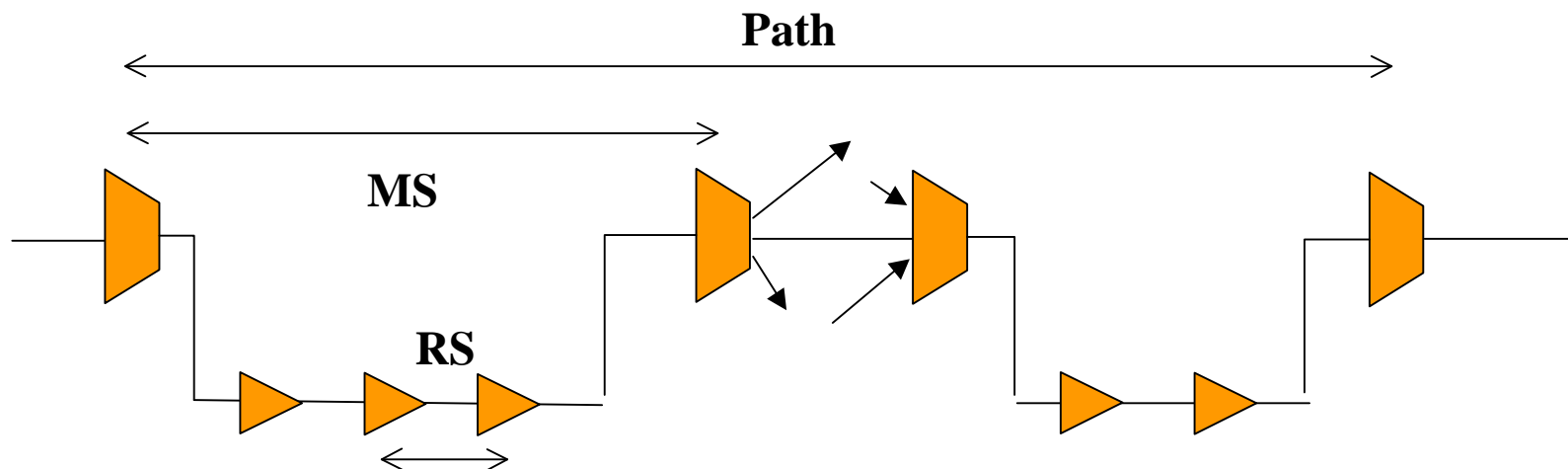


SDH hálózatok alapelemei

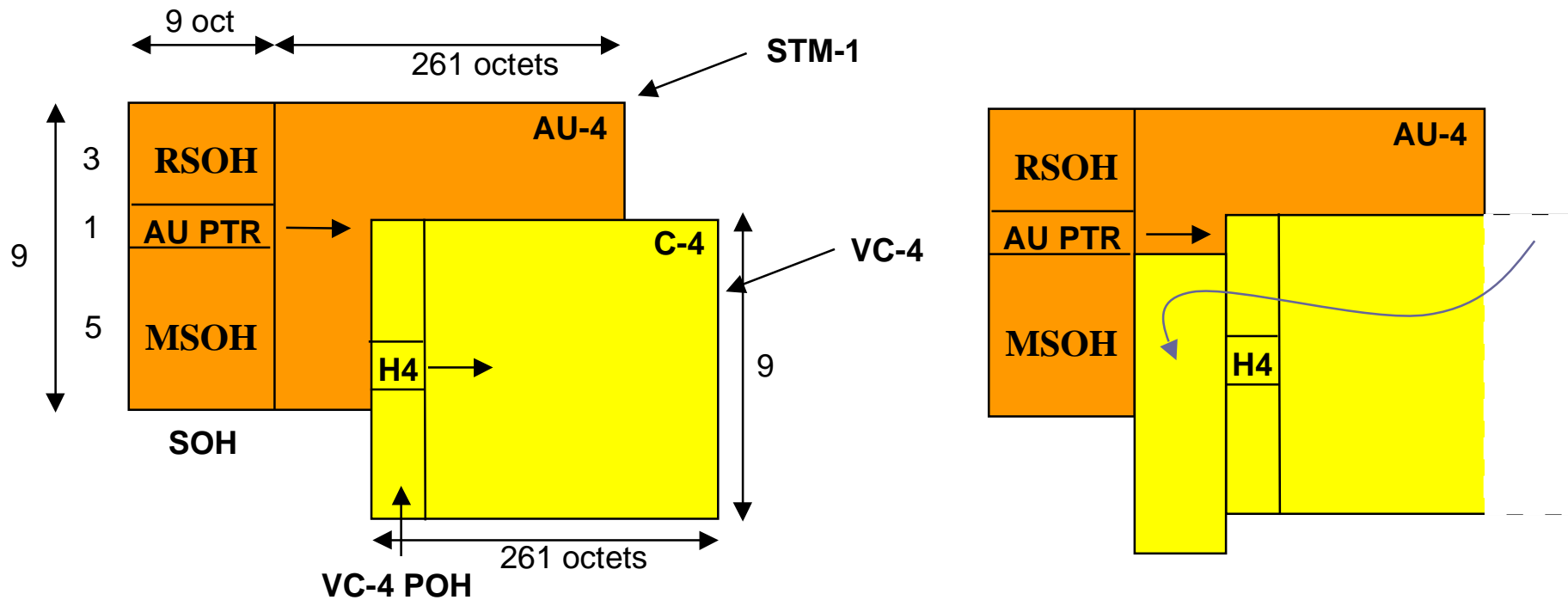
- p Átviteli szakaszok
(koaxiális kábel, üvegszál, μ hullámú szakasz, ...)
- p Jelfrissítők (regenerátorok) (O/E/O)
- p Nyaláboló (Multiplexer)
 - n leágaztató (ADM: Add/Drop Multiplexer)
 - n vonali végeztető
- p rendező (DXC vagy DCC: Digital Cross-Connect)

Rétegek

- ρ RS: jelfrissítő (regenerátor) szakasz (section)
- ρ MS: nyaláboló szakasz (line)
- ρ Path: átviteli út (path)



SDH keretszervezés (G.707)

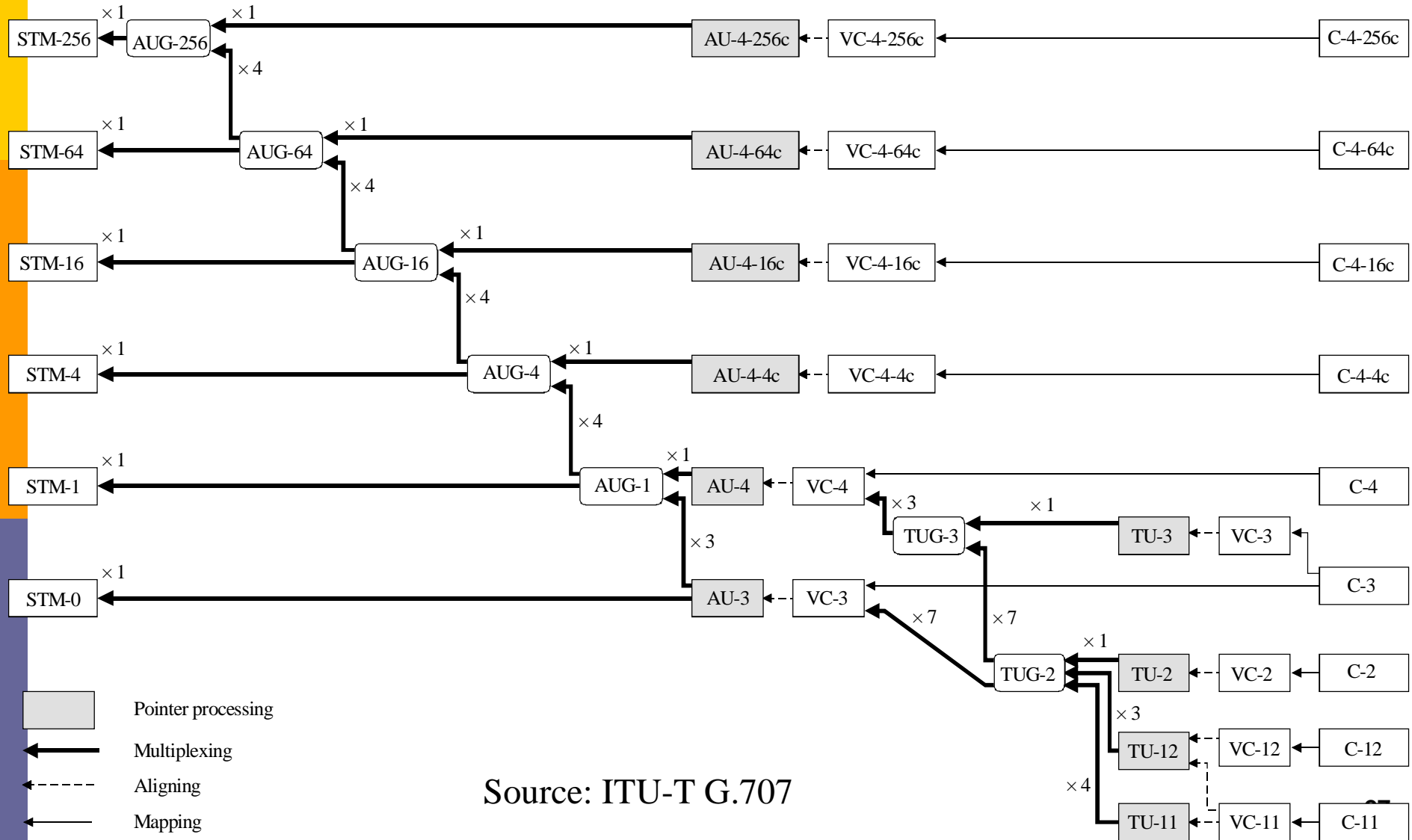


C-4-et töltjük felhasználói információval, vagy kisebb C-vel

$C-4 + POH = VC-4$

$AU-4 + SOH \rightarrow STM$

ITU-T G.707 – Multiplexing structure



ITU-T SDH Hierarchy

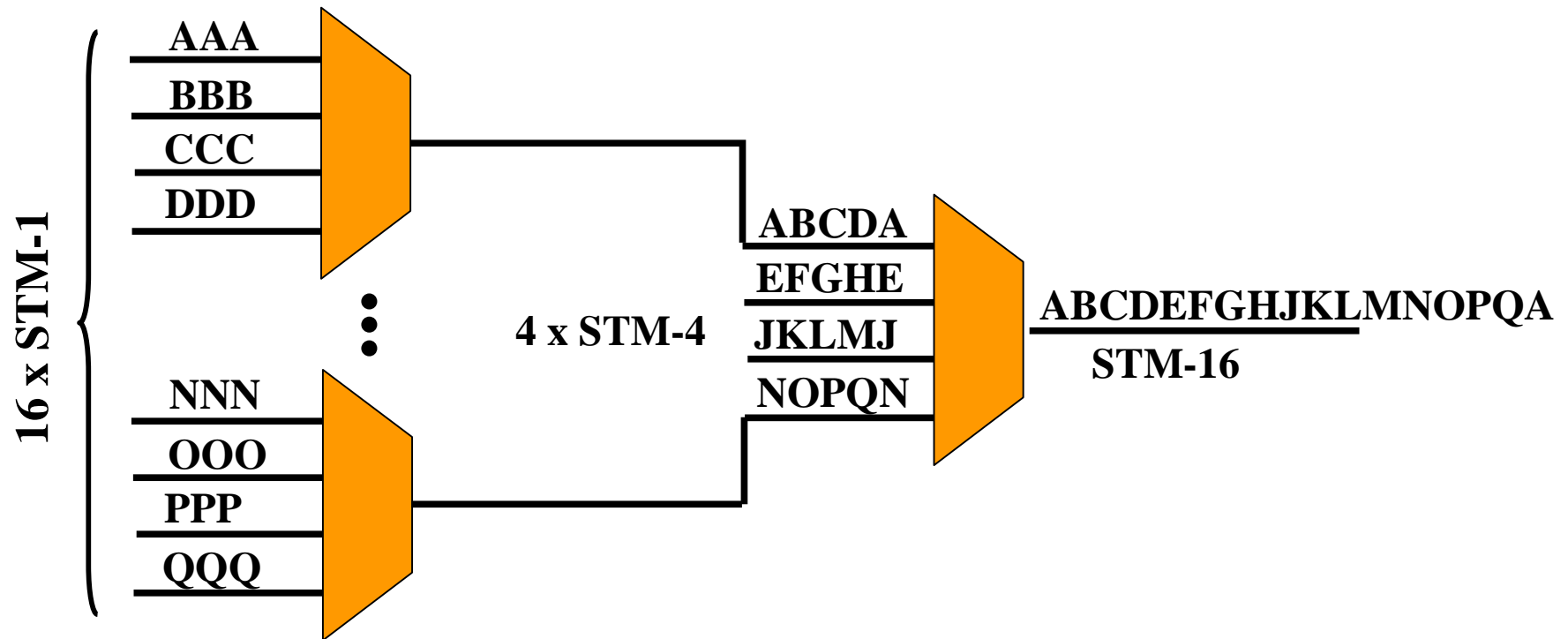
Pontos négyszereződés!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

STM-256	39 813,12 Mbps			OC-768	STS-768	
STM-64	9 953.28 Mbps			OC-192	STS-192	
STM-16	2 488.32 Mbps			OC-48	STS-48	
STM-4	622.08 Mbps			OC-12	STS-12	
STM ^[1] -1	155.52 Mbps			OC-3	STS-3	
	E4	139.264 Mbps	44.736 Mbps	T3	OC ^[2] -1	STS ^[3] -1
	E3	34.368 Mbps	6.312 Mbps	T2		
	E1	2.048 Mbps	1.544 Mbps	T1		
	64 kbps			DS ^[4] 0		

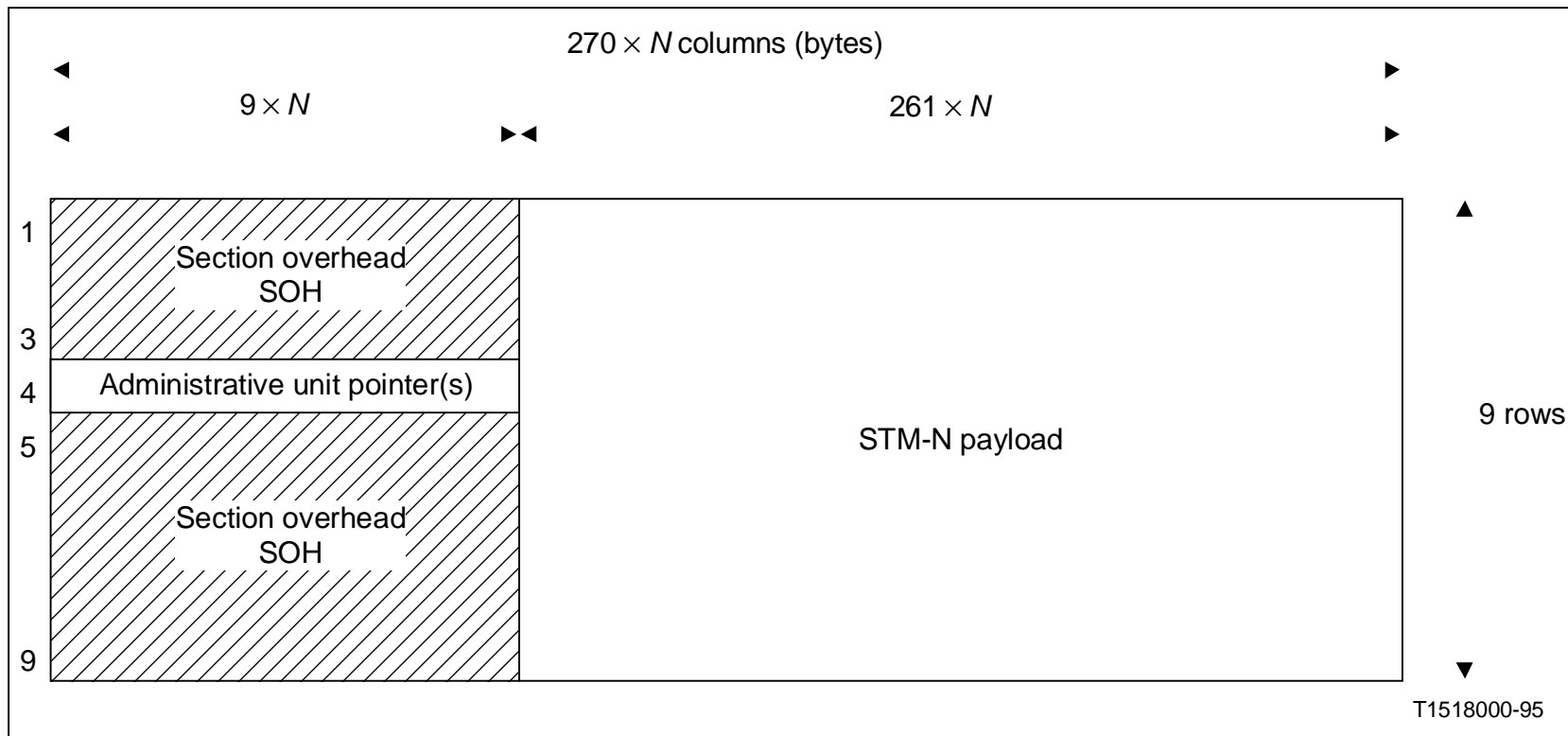
- [1] STM: Synchronous Transport Module
- [2] OC: Optical Carrier
- [3] STS: Synchronous Transport Signal
- [4] DS: Digital Signal

STM-N

- Minden keret 125 μ s ideig tart!!! (Minden hierarchiaszinten!!!)



STM-N

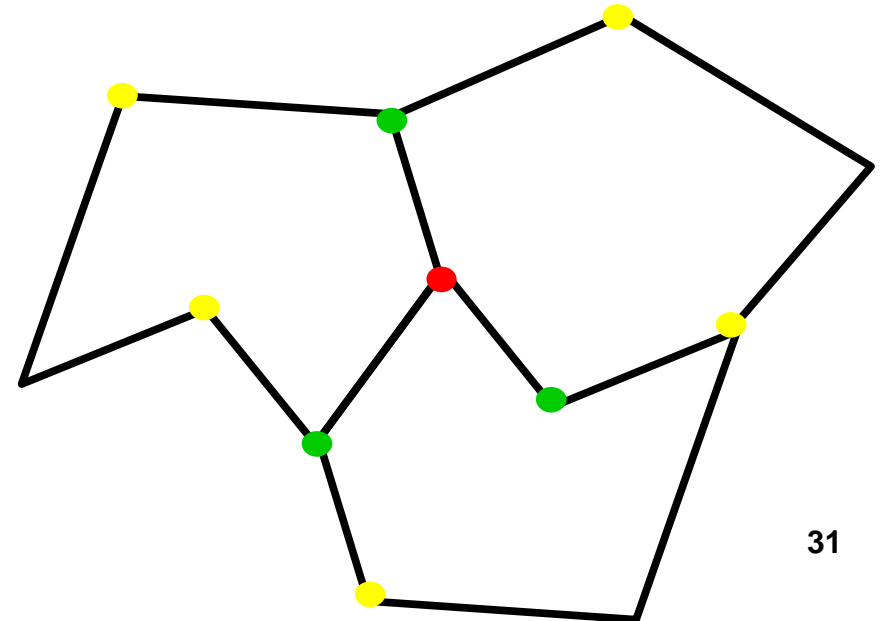


Forrás: ITU-T G.707

Minden keret $125 \mu\text{s}$
 $N=1, 4, 16, 64$

Berendezések szinkronizálása

- Egy vagy több nagyon pontos (atom, pl. cézium) óra alapján
- Vagy GPS (Global Positioning System)
- Bitek alapján
- Szélességi bejárás alapján
- Primary Reference Clock (Mesteróra)
- PLL: Phase Locked Loop-al (fáziszárt hurokkal) követi a többi óra (slave)

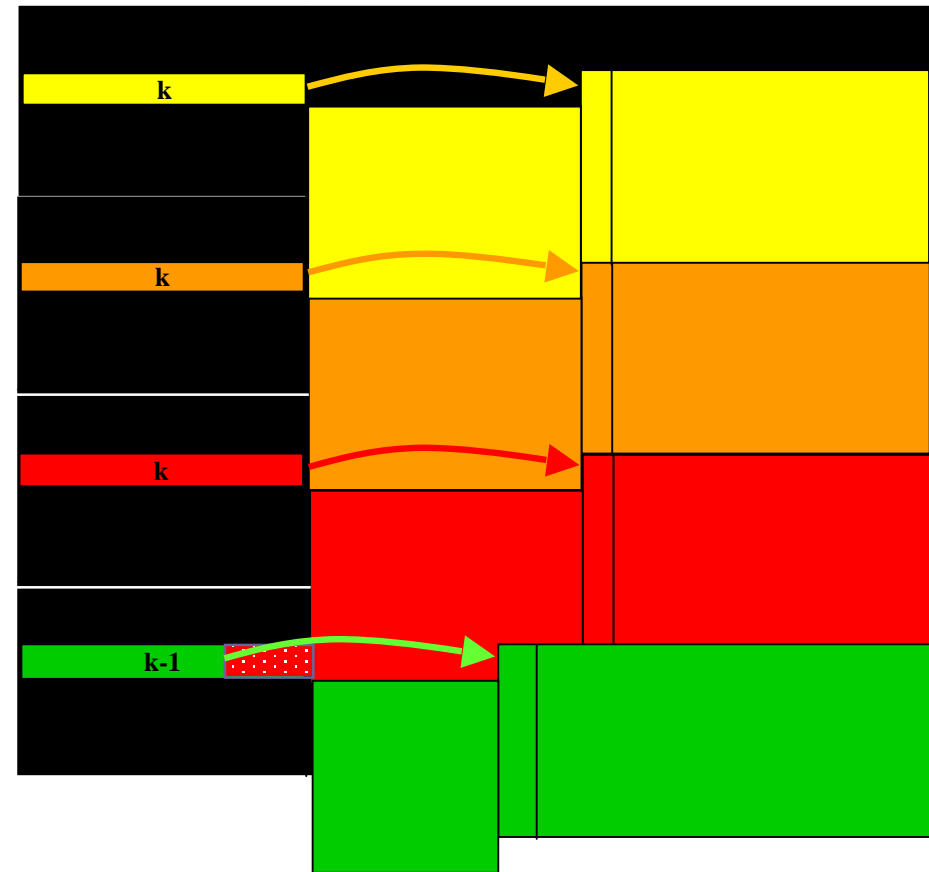


SDH hálózatok csatlakoztatása

(gyors $\text{\textcircled{R}}$ lassú)

p Más hálózat - Különböző referenciaóra

- n sebességkiegyenlítés
 - n max 4 keretenként
 - n pont 3 oktett
 - n 1. Pointer
 - n 2. Pointer
 - n 3. Invertál
 - n 4. Új pointer
 - n Ha gyorsabb órájú rendszerből lassúba megyünk
 - p Időben rövidül a C-4
 - p Belenyúl a fejrészbe
 - p „D” bitek invertálva
 - p Ptr érték 1-el csökken
- ($k \rightarrow k-1$)

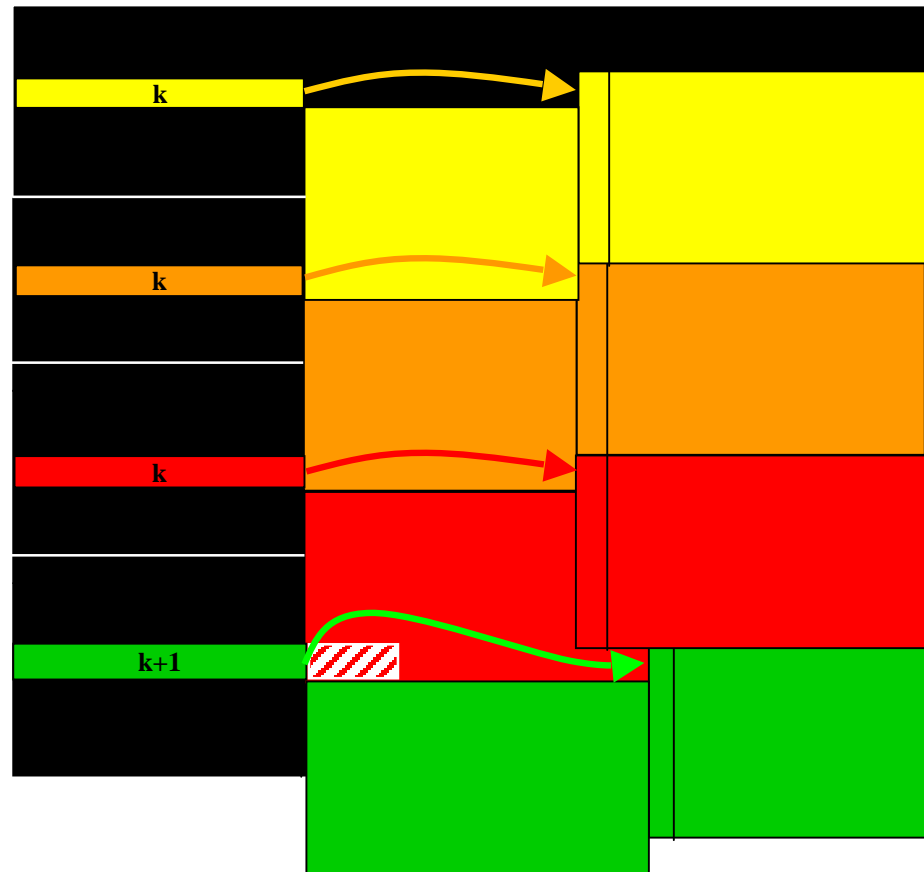


SDH hálózatok csatlakoztatása

(lassú ® gyors)

- n Ha lassúbb órájú rendszerből gyorsabba megyünk:
 - p Időben hosszabb lesz a C-4
 - p H3 után 3 oktett üres marad
 - p „I” bitek invertálva
 - p Ptr értéke 1-el nő ($k \rightarrow k+1$)

- n Ptr értékállítás ritkán
 - p Mert nem is kell, mert pontosak az órák
 - p Hogy redundáns legyen, nehogy bithiba miatt tévedjünk



Hogyan jelezzük a sebességkiigazítást?

- o Fejrész 4. sorának byte-jai: **H1** o o **H2** o o H3 H3 H3
 - o **H1+H2** bits: **NDF NDF NDF NDF S S | D | D | D | D | D**
 - n NDF: (New Data Flag)
 - p 1001 esetén aktív a pointer kiigazítás
 - p 0110 esetén inaktív - tiltott
 - n **S** - mit hordoz a keret?
 - n **I** – increment (ptr-érték növelését jelzi)
 - n **D** – decrement (ptr-érték csökkentés)
- e 10 bit maga a pointer értéke!

Összefoglalás

p SDH/SONET előnyei:

- n kis késleltetés
- n nagy sáv szélesség (WDM-mel tovább bővíthető)
- n egyszerű
- n szinkron
- n adategységek könnyű elérése
- n rögzített keretméret
- n szabványos (világszerte)
- n zavarérzékeny, kis hibaaarányú optikai átvitel
- n elegendő OAM&P hely a fejrészben
- n nagyon megbízható pont-pont bps „csövek”
 - p 50 ms védelmi kapcsolás v. „öngyógyulás”
- n elterjedt (gerinchálózatok zöme – kb. 75% 2007 végén)
- n általános gerinchálózati megoldás

Összefoglalás

p SDH/SONET hátrányai:

- n nincs dinamikus útvonalválasztás
- n nincs kapcsolás (nincs vezérlősík)
- n sáv szélesség-választása merev az időosztásos nyálábolás elektronikus korlátai ≤ 40 Gbps (3R)





Rövidítésjegyzék

- p PCM: Pulse Coded Modulation
- p PDH: Plesyochronous Digital Hierarchy
- p ISDN: Integrated Services Digital Network
- p SDH: Synchronous Digital Hierarchy
- p SONET: Synchronous Optical NETwork (északamerikai terminológia)
- p ANSI: American National Standards Institute www.ansi.org
- p CCITT: Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony (Franciaul: Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique)
- p ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunication Standardization Sector www.itu.int)
- p PSTN: public switched telephone network
- p ETSI: European Telecommunications Standards Institute www.etsi.org
- p ATM: Asynchronous Transfer Mode
- p IP: Internet Protocoll
- p DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing
- p FR: Frame Relay
- p O&M: Operation and Maintenance
- p OAM: Operation, Administration and Maintenance
- p OAMP: Operation, Administration, Maintenance and Provisioning
- p 3R: Regenration: Re-Amplification, Re-Shaping, Re-Timing
- p APS: Automatic Protection Switching
- p STM: Synchronous Trasport Module
- p C, VC: Container, Virtual Container
- p RSOH, MSOH, POH: Regenerator Section, Multiplex Section, Path OverHead
- p O/E/O: Optical/Electronic/Optical
- p ADM: Add and Drop Multiplexer
- p DXC, DCC: Digital Cross-Connect
- p DS: Digital Signal (északamerikai terminológia)
- p OC: Optical Carrier (északamerikai terminológia)
- p STS: Synchronous Transport Signal (északamerikai terminológia)
- p GPS: Global Positioning System
- p NDF: New Data Flag
- p I: Increment
- p D: Decrement
- p PPP: Point-to-Point Protocol, RFC
- p PoS, MAPOS: Packet over SDH/SONET , Multiple Access Protocol over SDH/SONET, www.mapos.org
- p HDLC: High-level data link control, ISO 3309
- p RFC: Request for Comments, www.ietf.org
- p QoS: Quality of Service
- p kbps, Mbps, Gbps, Tbps: kilo, Mega, Giga, Tera bit per secundum (10^3 , 10^6 , 10^9 , 10^{12})
- p ppm: parts per million, (parts per billion (ppb), and parts per trillion (ppt))
- p PRC: Primary Reference Clock
- p PLL: Phase Locked Loop