UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

4. Adatkapcsolati réteg példák

Dr. Bilicki Vilmos
Szoftverfejlesztés Tanszék

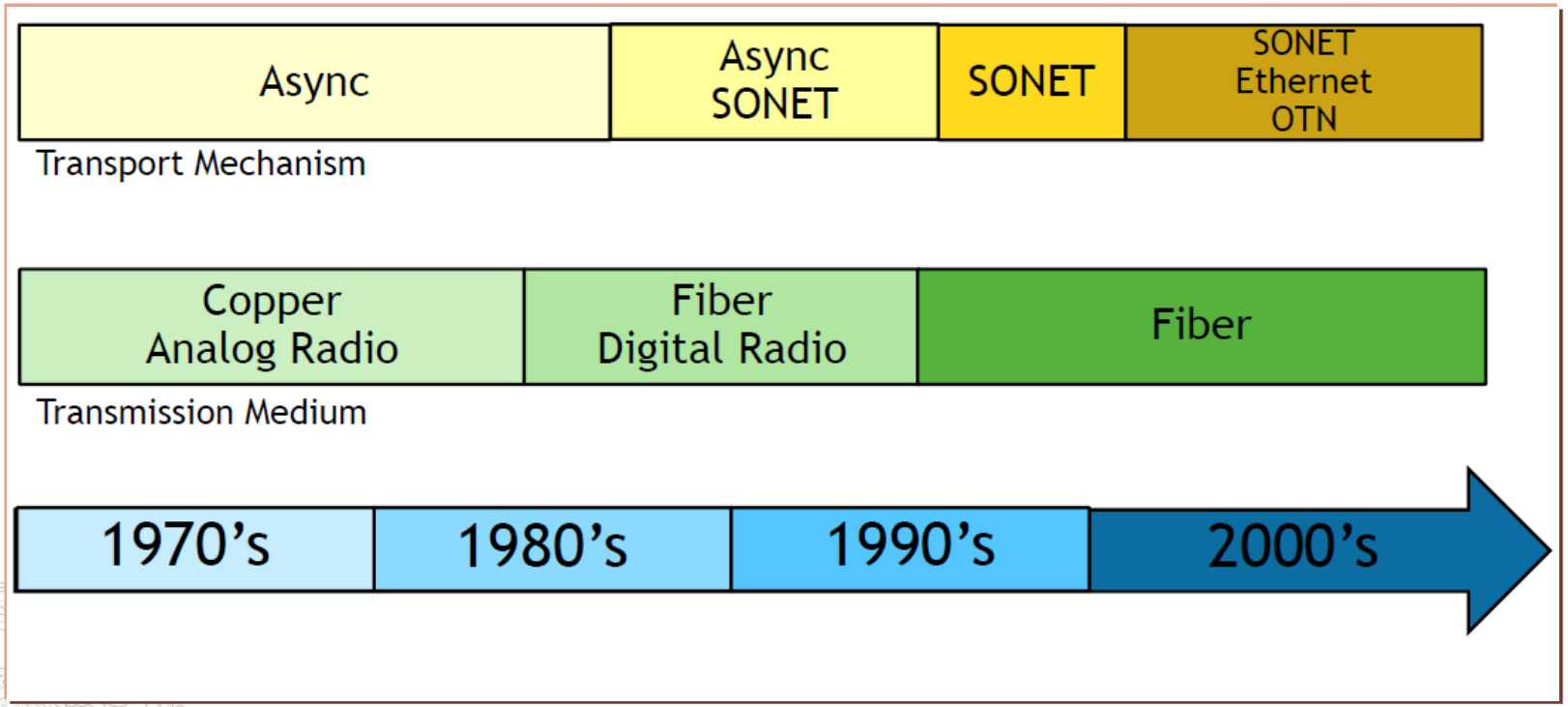
Tartalom

- Vonali Kódolások
- PDH
- PPP
- SDH
- OTN
- GSM/3G/4G

Közeghozzáférési alréteg-MAC

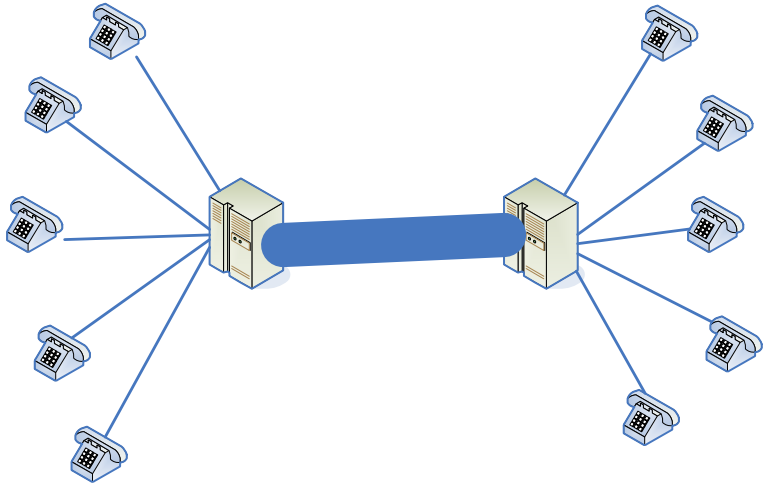
- Kommunikációs Hálózatok
  - Kapcsolt kommunikációs hálózatok
    - Áramkörkapcsolt kommunikációs hálózatok
      - Telefon hálózat
      - Hullámhossz irányított hálózat
    - Csomag kapcsolt kommunikációs hálózatok
      - Kapcsolat orientált kommunikációs hálózatok
        - X.25
        - ATM
        - Frame Relay
        - MPLS
      - Kapcsolat mentes kommunikációs hálózatok
        - IP, IPX
  - Üzenetszórásos kommunikációs hálózatok
    - Ethernet
    - Csomag kapcsolt rádió hálózat
    - Műholdas hálózat

Telekommunikációs Gerinc

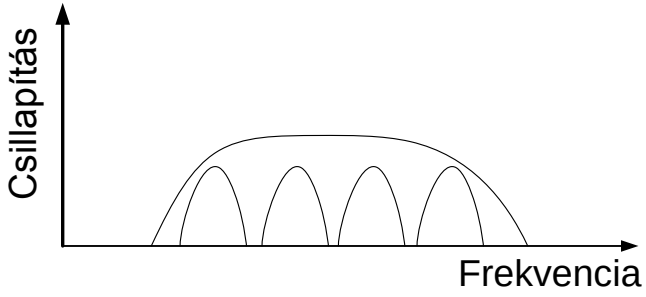


A távközlő hálózatok története I.

Telefon beszélgetés átvitele

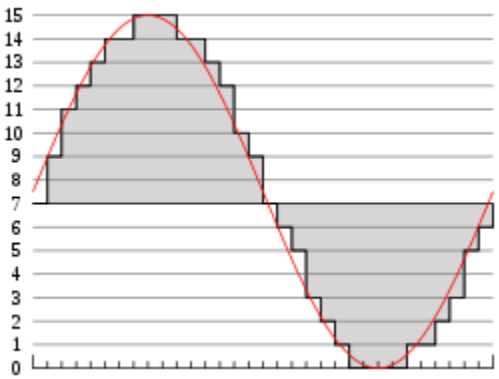


- Analóg rendszer (FDM)
  - A fül hallás görbéje és a beszéd érthetősége alapján 300-3400 Hz-es tartományt kellett átvinni
  - A telefonközpontba minden előfizetőnek egy dedikált érpár.
  - Telefonközpontok között ez nem megoldható (x 100 érpár)
    - » Megosztott közeg
    - » Frekvenciaosztás minden beszélgetés egy-egy külön frekvenciasávot kapott ezt szűrökkel és modulálással érték el.
    - » Rossz hangminőség, nehézkes karbantarthatóság, nehezen vagy nem skálázható



A távközlő hálózatok története II.

- Időosztásos közegosztás (TDM)
- Digitális rendszer (1962 Bell Labor)
  - Nyquist – egy periodikus analóg jel a frekvenciájának kétszeresével mintavételezve veszteség nélkül visszaállítható a mintákból
  - Pulzus Kód Moduláció (PCM Pulse code modulation) (PAM, PPM,..)
    - ITU-T G.711 (CCITT)
    - Mintavételezés – 8000 Hz
    - Kvantálás - a 8 bites lineáris hozzárendelésnek nincs elég dinamikája (fül 0-120dB) ezért 12-14 bites mintavételezés van és ezeket az értéket logaritmikusan 8 bithez rendelik (több lépés az alsó szinten, kevesebb a felsőn)
      - » A szabály - Európában
      - » μ szabály – USA
    - Kódolás – A jelet a csatorna feltételeihez illesztik. Pl.: órajel kinyerés



$$y = \begin{cases} \dfrac{A}{1+\ln A}\dfrac{m}{m_p}, & \dfrac{m}{m_p} < \dfrac{1}{A} \\ \dfrac{\operatorname{sgn}(m)}{1+\ln A}\left(1+\ln\left(a\dfrac{m}{m_p}\right)\right), & \dfrac{1}{A} <= \dfrac{m}{m_p} =< 1 \end{cases}$$

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

Kódolás vs. Modulálás

- Vonali kódolás – A vonali kódolás az alapsávi (modulációt nem használó) digitális jelátvitelben az a művelet, mely során a továbbítandó információhoz - a forrás szimbólumsorozathoz - olyan jelsorozatot - vonali szimbólumsorozat - rendelünk, mely az átviteli úton a legkisebb torzítással halad át.
- Moduláció – A moduláció különféle eljárások csoportja, melyek biztosítják, hogy egy tipikusan szinuszos jel - a vivő - képes legyen információ hordozására.

Vonali kódolás

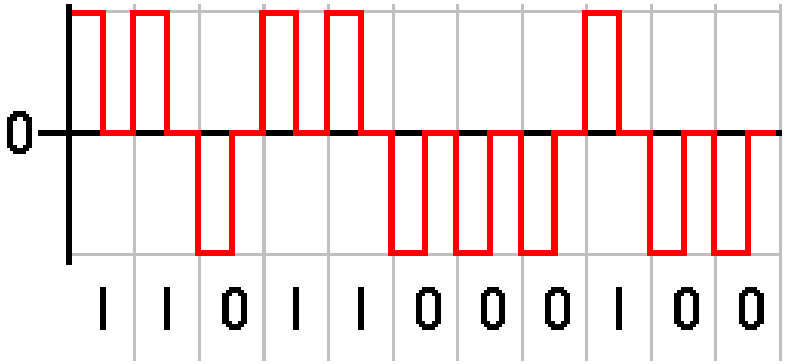
- A vonali szimbólumsorozat (jel) egyértelműen dekódolható legyen
- A vonali szimbólumsorozatból az időzítő információ kinyerhető legyen
- A vonali szimbólumsorozatnak ne legyen egyenáramú komponense.
- A vonali átvitel forrás szimbólumsorozat (bitsorozat) független (transzparens) legyen.
- A vonali jel spektrumában a kisfrekvenciás összetevők kis amplitúdójúak legyenek.
- A vonali jel rendelkezzen elegendő redundanciával az átvitel során fellépő hibák felderítéséhez.

Vonali kódolás osztályok

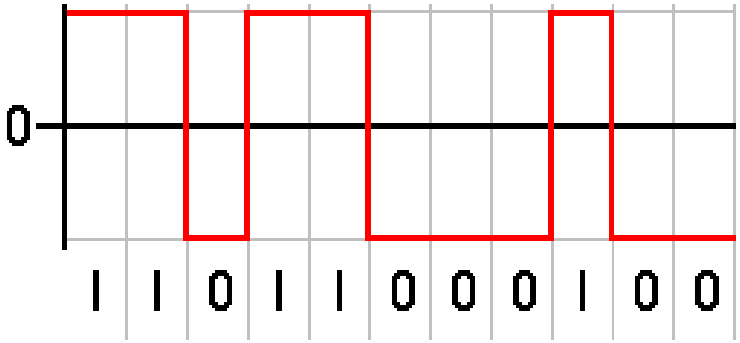
- Bináris kódok
  - Szint kódok (NRZ)
  - Átmenet kódok (RZ)
- Pszeudoternáris kódok
  - A bináris jelből származtatott háromszintű jelsorozat (AMI)
- Nullsorozat helyettesítéses kódok (HDB3)
  - A kódolás során minden előre meghatározott hosszúságú nulla sorozatot egy azonos hosszúságú kódszóval helyettesítünk, amelyben zérustól eltérő elem is van.
- Blokk kódok (4B3T)
  - A kódolás során az átvinni kívánt forrás bináris impulzussorozatot N elemből álló blokkokra bontjuk, és minden blokknak egy n elemből álló bináris vagy többszintű vonali jel blokkot feleltetünk meg.

NRZ, RZ

- Return-to-Zero
  - Ön szinkronizáló



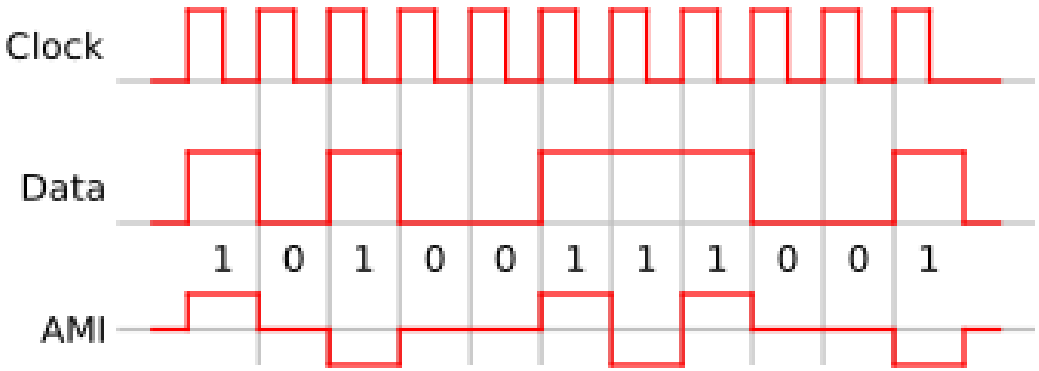
- Non-return-to-zero
  - Nincs nyugalmi állapota



UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

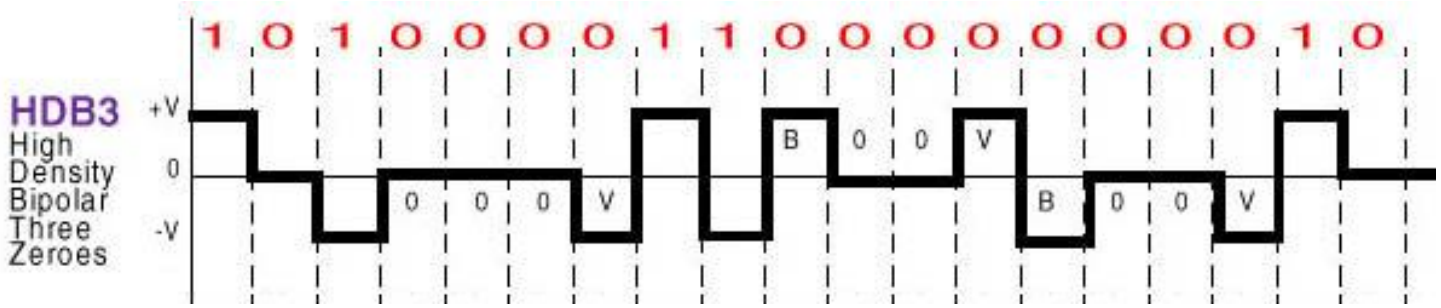
AMI

- Alternate mark inversion
- Háromszintű



HDB3

- High-Density Bipolar Order 3
- Időzítés+Adat
- Az AMI 3 változásmentes bitjénél egy speciális bit beszúrásával oldja meg a szinkronizálást



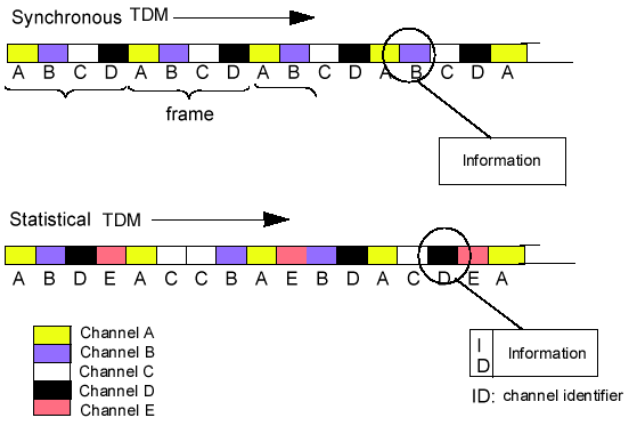
4B3T

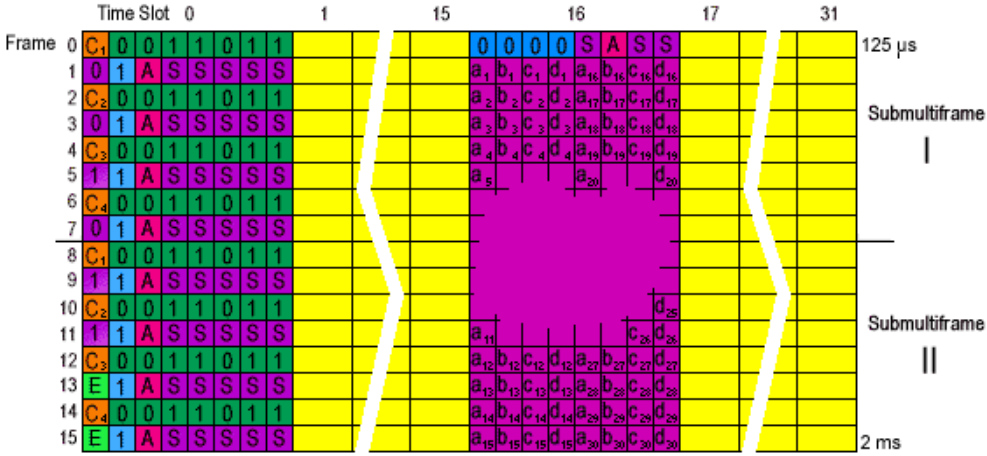
- 4 (four) Binary 3 (three) Ternary

BINARY	TERNARY (a)	TERNARY (b)
0000	---	+ + +
0001	--0	+ + 0
0010	0 -+	-0 +
0011	0 --	0 + +
0100	--+	+ + -
0101	-+ -	+ -+
0110	+ --	-+ +
0111	-0 0	+ 0 0
1000	0 -0	0 + 0
1001	0 0 -	0 0 +
1010	0 + -	
1011	0 -+	
1100	+ 0 -	
1101	-0 +	
1110	+ -0	
1111	-+ 0	

A távközlő hálózatok története III.

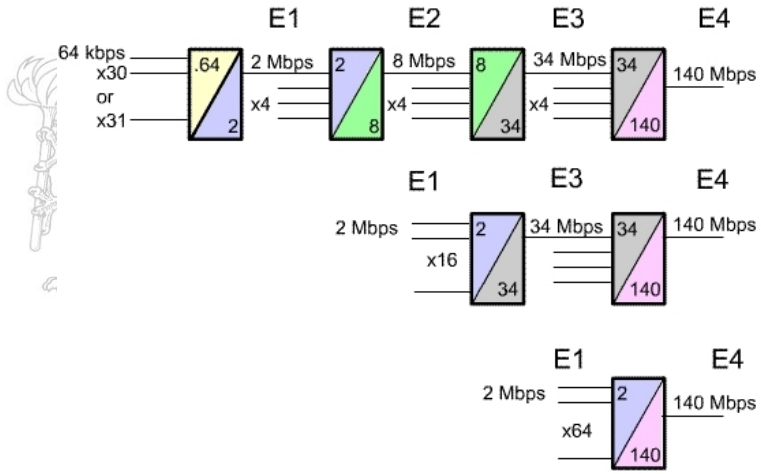
- Időosztásos közegosztás (TDMA)
  - Multiplexelés – egy csatornán több csatorna továbbítása (4 kHz – 8 kHz * 8 bit-> 64 kbit/s)
  - 125 mikrosec a keret hossza
  - E1 – Európa - 30 csatorna 2048 Mbit/s
  - T1 – USA – 24 csatorna 1,544 Mbits/s





Plesiochronous digital hierarchy

- Max.: 140Mbit/s
- Bit multiplexelés
- A T1-re vagy az E1-re épül
- Minden következő szint négy alsóbbszintű csatornát tartalmazhat



Szinkronizáció

- Független oszcillátorok, szabványba foglalt pontosság
- A pont-pont kapcsolatoknál nincs probléma mert a jelből ki lehet venni az órajelet
- A multiplexereknél probléma
  - Üres bitek beiktatásával (Justification) szabályozzák a kimenő jel sebességét
  - Ezek végül összeadódnak és egy keret kihagyást, vagy ismétlést eredményeznek

PDH hátrányok

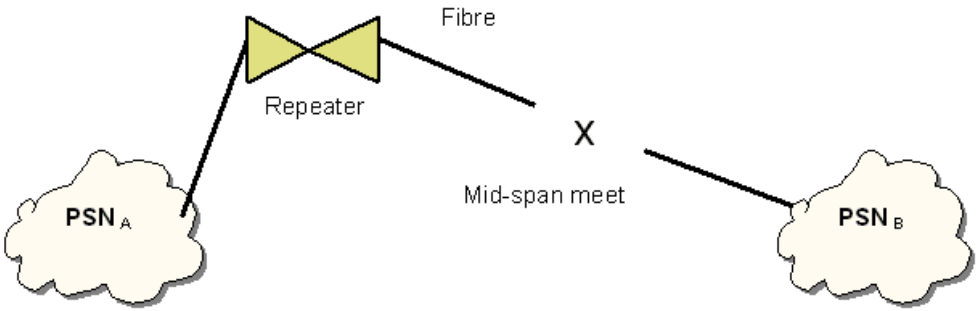
- Különböző szabványok, csak átalakítóval lehetett őket összekötni
- Adat átvitelnél zavaró lehet a fázisugrás
- Rézvezetékre tervezték
- Nem tartalmaz hálózatfenntartáshoz szükséges információkat (backup vonal, …)
- Az egyes adatfolyamokhoz csak a teljes demultiplexálás után lehet hozzáférni
- Pont-pont topológiára lett tervezve
- Nehéz konfigurálni

Digitális jelek szinkronizálás

- Szinkron
  - PRC – elsődleges referencia óra alkalmazása
  - Minden belső óra egy PRC-vel szinkronizálódik
  - Master/Slave elven
- Kvázi Szinkron
  - Különböző PRC-k használata, az órák között különbség van
- Aszinkron
  - A jelátmenetek nem egy időben történnek, sokkal nagyobb a különbség mint az előzőben pl.: DS3 esetén a 44.736 Mbps +20 ppm esetén 1789 bps eltérés
  - Bit kiegészítés
  - Nem lehet a jelhez hozzáférni teljes demultiplexálás nélkül

SONET/SDH

- Egyedi
  - Vonali kódolás
  - Multiplexálási megoldások
  - Menedzselési megoldások



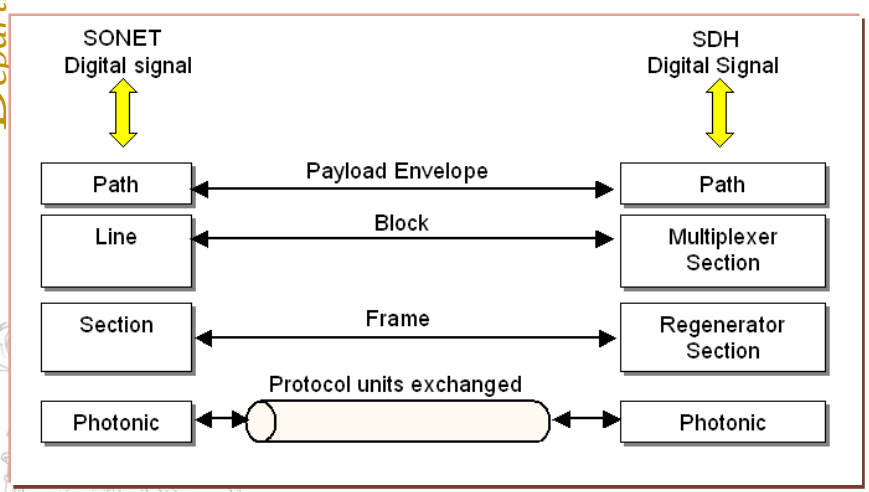
PDH	Line Capacity Mbit/second		
Level	North America	Europe	Japan
1	1.544	2.048	1.544
2	6.312	8.448	6.312
3	44.376	34.368	32.064
4	-	139.264	97.728

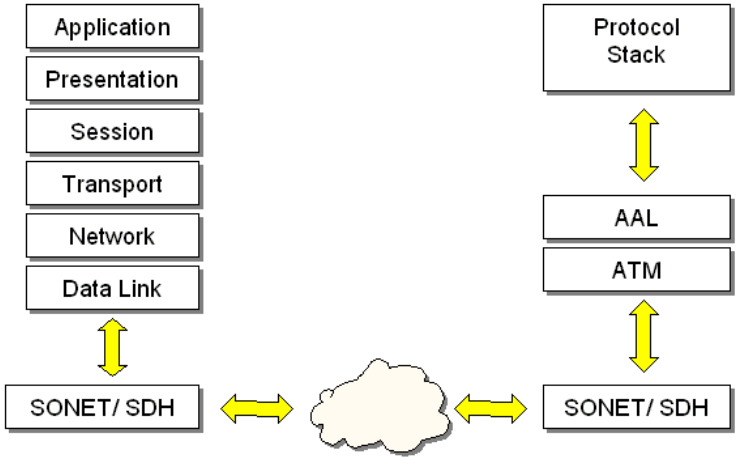
SONET/SDH

- Skálázható megoldás a hierarchia segítségével
- OAM – Operations, Administration and Management támogatás
- Bármilyen digitális folyam átvihető
- Az egyes jel folyamok kivehetőek és behelyezhetőek bármely ponton (Add/Drop Multiplexer - ADM)

Architektúra

- Alapvetően fizikai réteg és egy kicsit adatkapcsolati



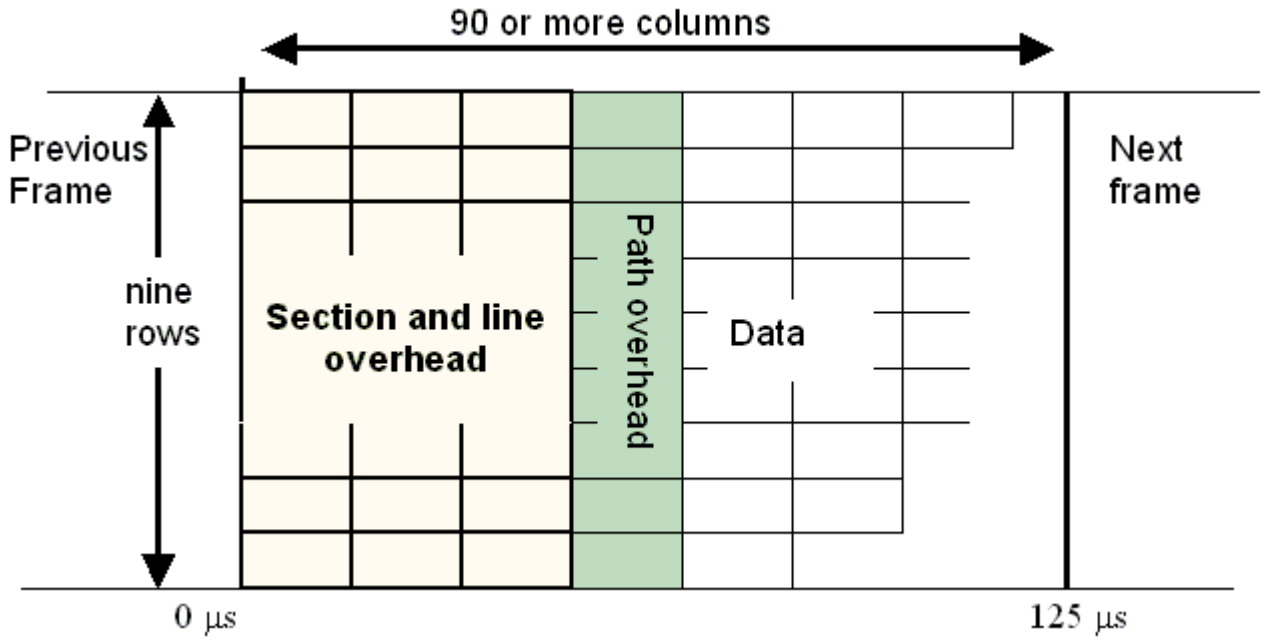


Keretek

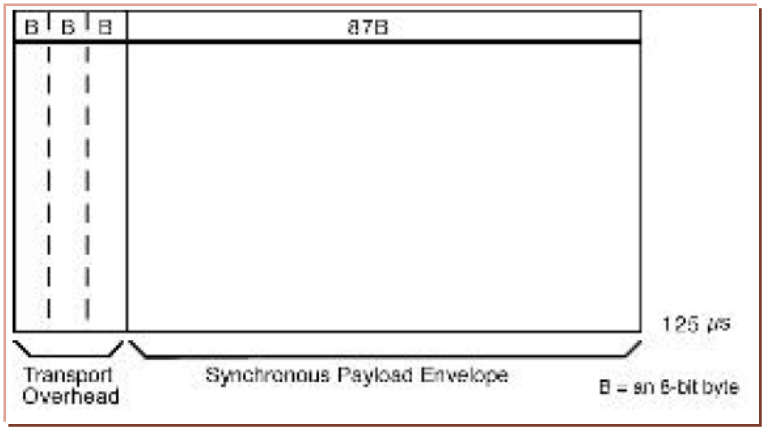
- Bájt alapú
- 2 dimmenziós struktúrák
- Minden cella egy bájt
- 125 mircro s hosszú

Signal	Bit Rate	Capacity
STS-1, OC-1	51.840 Mb/s	28 DS1s or 1 DS3
STS-3, OC-3	155.520 Mb/s	84 DS1s or 3 DS3s
STS-12, OC-12	622.080 Mb/s	336 DS1s or 12 DS3s
STS-48, OC-48	2488.320 Mb/s	1344 DS1s or 48 DS3s
STS-192, OC-192	9953.280 Mb/s	5376 DS1s or 192 DS3s

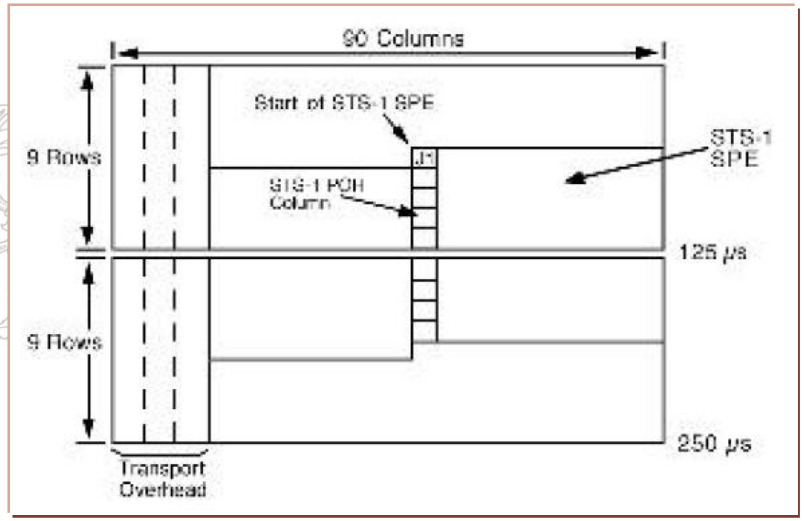
STS = Synchronous Transport Signal
OC = Optical Carrier

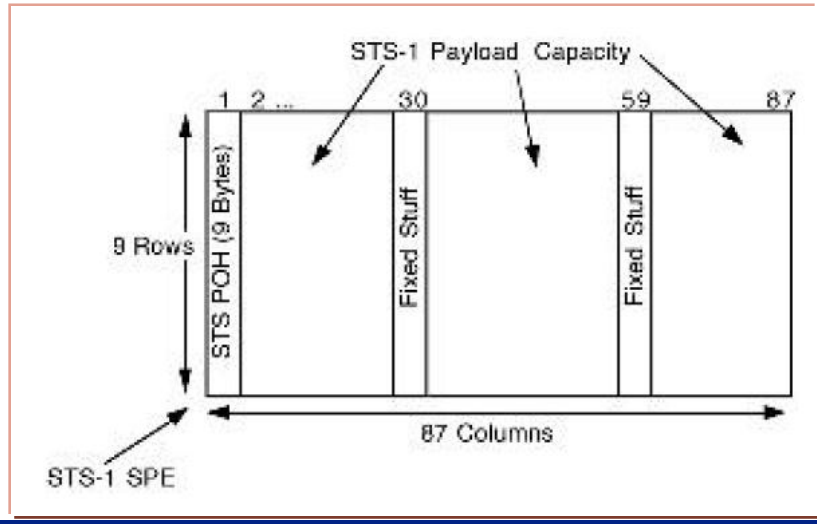


STS-1



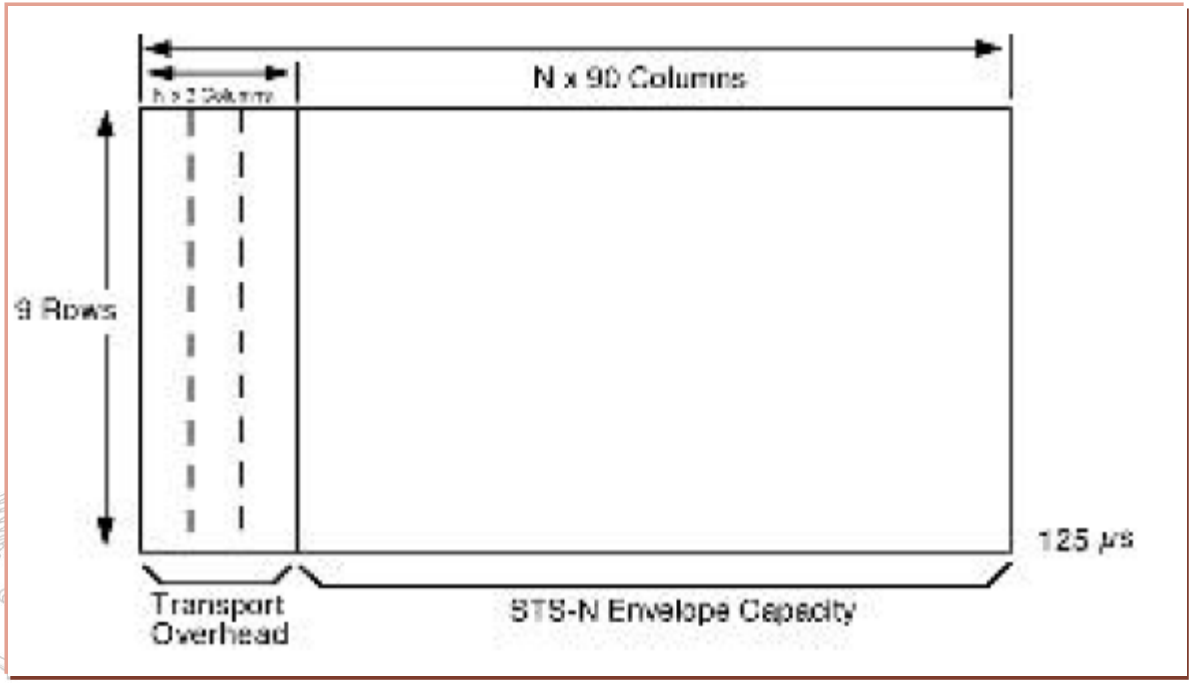
- A hierarchia alap építőköve
- Sychronous Transport Signal Level 1
- 51.84 Mbit/s
- Felépítése
  - Átviteli addicinális adatok
  - Szinkron tartalom boríték (STS PE – pointer mutat rá)
    - STS út addicinális adatok
    - Tartalom





STS-N

- Nx810 bájt



Addicionális adatok (Overhead)

- Elsősorban OAM célokra
- Út (Path)
  - Pl.: virtuális mellékfolyó (Virtual Tributary)
- Vonal (Line/Multiplex Section)
  - Multiplexerek kommunikációjára
- Szakasz (Section)
  - Szomszédos elemek kommunikációjára (pl.: regenerátor)

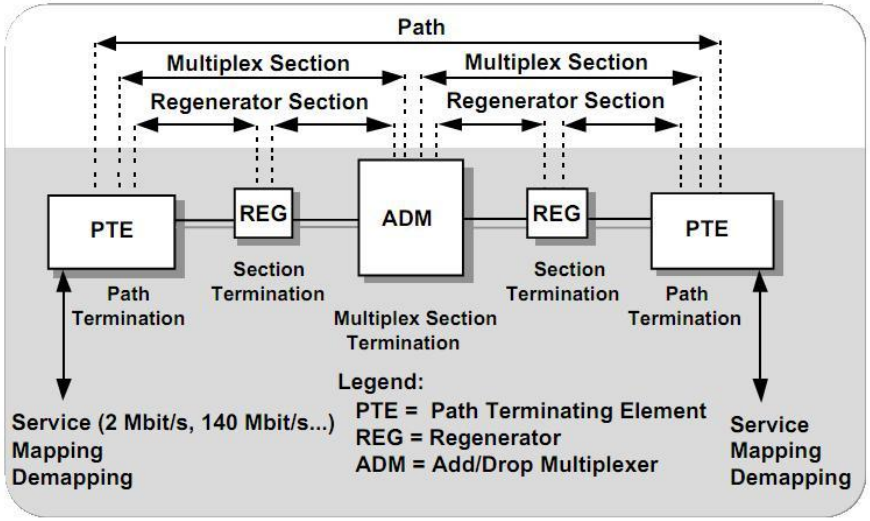


Figure SDH network layers.

Szekció Addicinális adatok

- Section Overhead – 9 bájt az Átviteli Addicinális adatok között
- Szekció végberendezések használják
  - Teljesítmény monitorozásra
  - OAM funkciókat ellátó adatcsatornára
  - Keretezésre

Byte	Description
A1 and A2	**Framing bytes** - These two bytes indicate the beginning of an STS-1 frame.
J0	**Section Trace (J0)/Section Growth (Z0)** -The byte in each of the N STS-1s in an STS-N that was formally defined as the STS-1 ID (C1) byte has been refined either as the Section Trace byte (in the first STS-1 of the STS-N), or as a Section Growth byte (in the second through Nth STS-1s).
B1	**Section bit interleaved parity code (BIP-8) byte** - This is a parity code (even parity), used to check for transmission errors over a regenerator section. Its value is calculated over all bits of the previous STS-N frame after scrambling, then placed in the B1 byte of STS-1 before scrambling. Therefore, this byte is defined only for STS-1 number 1 of an STS-N signal.
E-1	**Section orderwire byte** - This byte is allocated to be used as a local orderwire channel for voice communication between regenerators, hubs, and remote terminal locations.
F1	**Section user channel byte** - This byte is set aside for the users' purposes. It terminates at all section terminating equipment within a line; that is. It can be read and/or written to at each section terminating equipment in that line.
D1, D2, D3	**Section data communications channel (DCC) bytes** - Together, these three bytes form a 192 kbps message channel providing a message-based channel for Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P) between pieces of section-terminating equipment. The channel is used from a central location for alarms, control, monitoring, administration and other communication needs. It is available for internally generated, externally generated, or manufacturer-specific messages.

Vonal addicionális adatok

- SPE pointer
- Jelek multiplexelése
- Teljesítmény monitorozás
- Automatikus javítás
- Vonal karbantartás

Út addicionális adatok

- Teljesítmény monitorozás
- Jel címke
- Út státusz
- Út hibakeresés

J1	**STS path trace byte -** This user-programmable byte repetitively transmits a 64-byte, or 16-byte E.164 format string. This allows the receiving terminal in a path to verify its continued connection to the intended transmitting terminal.
B3	**STS Path Bit Interleaved Parity code (Path BIP-8) byte -** This is a parity code (even), used to determine if a transmission error has occurred over a path. Its value is calculated over all the bits of the previous synchronous payload envelope (SPE) before scrambling.
C2	**STS Path signal label byte -** This byte is used to indicate the content of the STS SPE, including the status of the mapped payloads.
G1	**Path status byte -** This byte is used to convey the path terminating status and performance back to the originating path terminating equipment. Therefore, the duplex path in its entirety can be monitored from either end, or from any point along the path. Bits 1 through 4 are allocated for an STS Path REI function (REI-P, formerly referred to as STS Path FEBE). Bits 5, 6, and 7 of the G1 byte are allocated for an STS Path RDI (RDI-P) signal. Bit 8 of the G1 byte is currently undefined.
F2	**Path user channel byte -** This byte is used for user communication between path elements.
H4	**Virtual Tributary (VT) multiframe indicator byte -** This byte provides a generalized multiframe indicator for payload containers. At present, it is used only for tributary unit structured payloads.

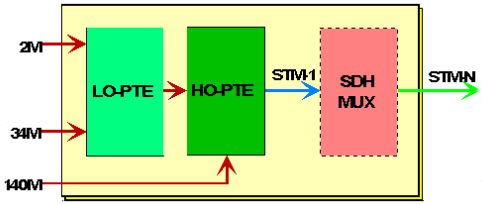
Virtuális Mellékfolyó

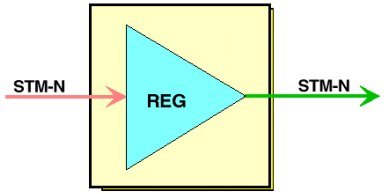
- Virtual Tributary
- Az STS-1 lebontása ksiebb szinkron csatornákra

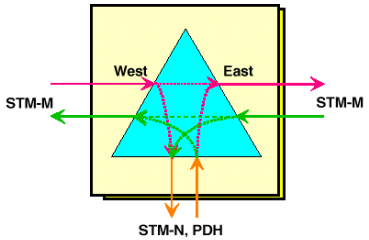
VT Type	Bit Rate	Size of VT
VT 1.5	1.728 Mbps	9 rows, 3 columns
VT 2	2.304 Mbps	9 rows, 4 columns
VT 3	3.456 Mbps	9 rows, 6 columns
VT 6	6.912 Mbps	9 rows, 12 columns

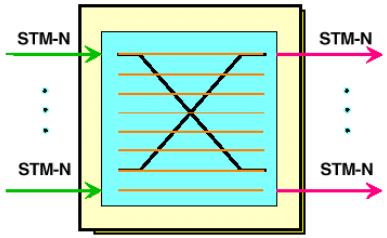
SDH/SONET elemek

- Terminal Multiplexer
  - PTE – Path Terminating Element
  - DS1 vagy más mellékfolyó jelek koncentrátora
- Regenerátor
  - Jelszint növelés
  - A szakasz addicionlális (overhead) biteket lecseréli
- Add/Drop Multiplexer (ADM)
  - Különböző OC-n jelek manipulálása
- Digitális kapcsoló
  - A különböző STS-1 es csatornákat köti össze

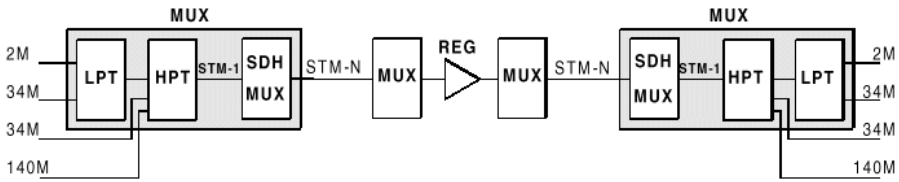




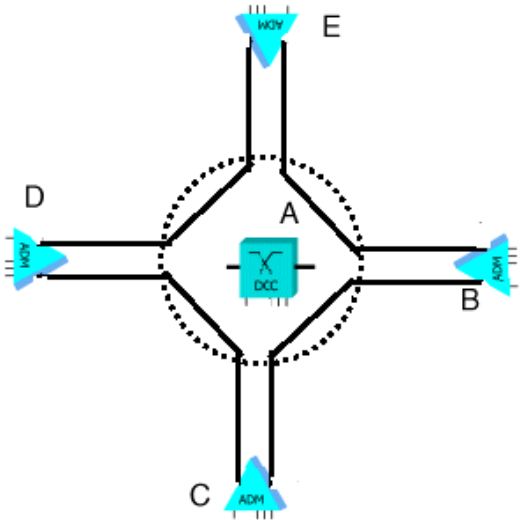


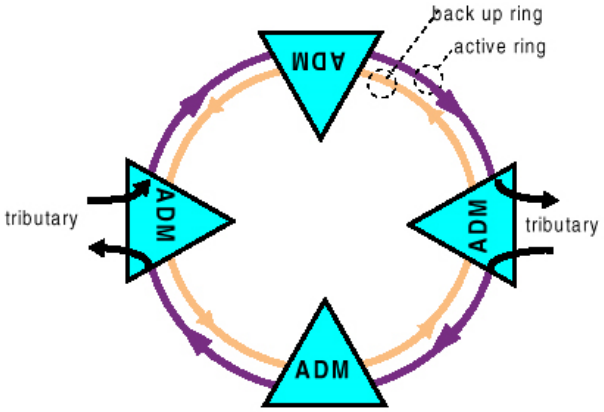


SDH topológiák



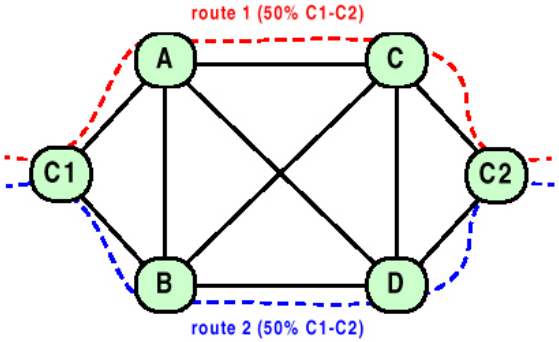
- Pont-pont
- Több pont (ADM)
- Gyűrű (legnépszerűbb)
- Csillag

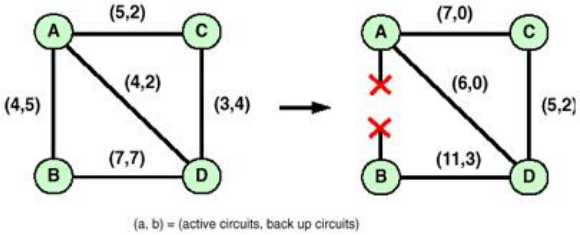


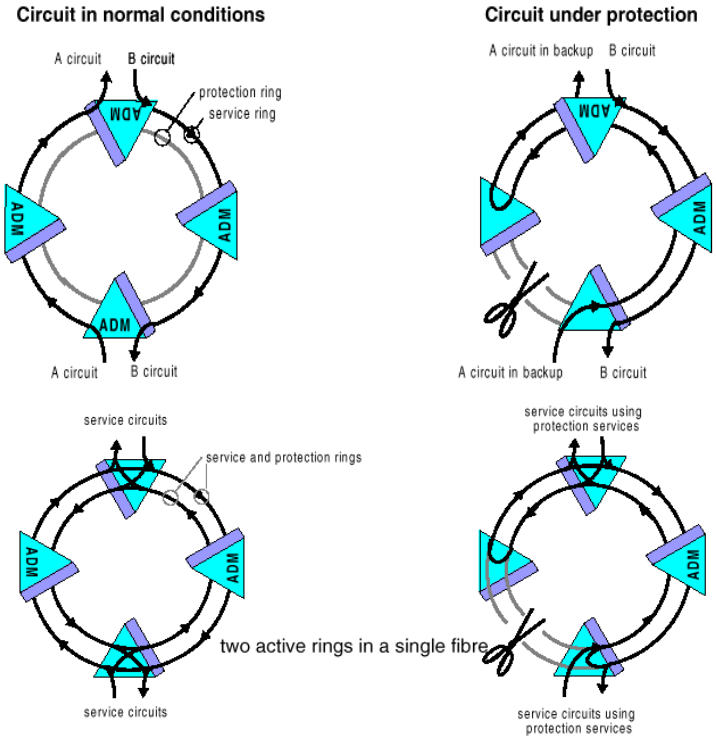


SDH hibatűrés

- Hibatűrési megoldások
  - Tagolás
  - Visszaalítás
    - Speciális DXC
    - Dinamikus, kevesebb backup vonal van mint amennyi aktív
  - Út védelem
    - Multiplex section protection (Vonal)
      ITU-T G.783 (1:1, 1:N)
    - Multiplex section protection (Gyűrű)
      ITU-T G.841
      - » Dedikált
      - » Megosztott (2,4 optikai kábellel)





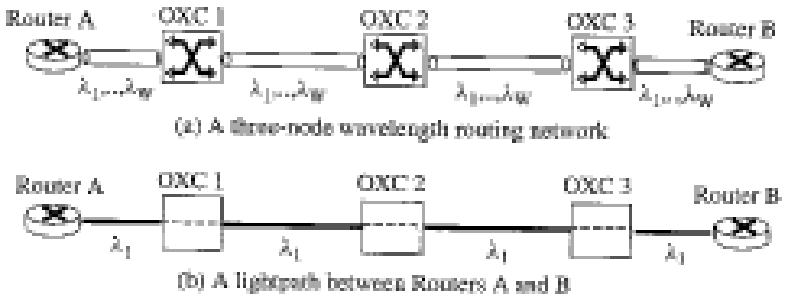


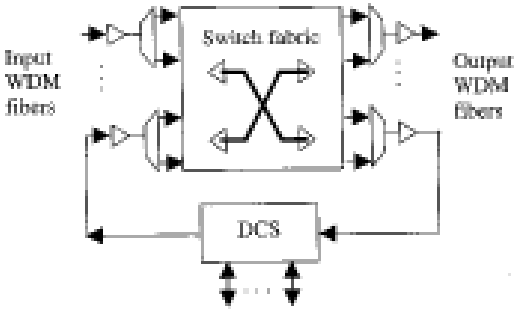
Problémák az SDH-val

- Komplex
- Nem WDM-re optilmalizált
- Kicsi a granluritása (ki akar ma 54 MBbs jelekkel foglalkozni?)
- Nincs hibajavítás
- Új OAM igények (csőben, csőben, csőben, cső)

Hullámhossz Forgalomirányítás

- IETF, ITU-T szabványok
- A kapcsolás a különböző WDM linkek között optikai úton történik
  - Gyors
  - Nagy megbízhatóság (évente 6 perc kiesés)
- Optikai útvonalakat alakítanak ki (Light path)
  - OXC
    - Nincs konverzió
    - Részleges konverzió
    - Teljes konverzió
  - Statikus
  - Dinamikus
- Topológia:
  - Gyűrű
  - …
- ITU.T G.709 Digitális Csomagoló





OTN háttér

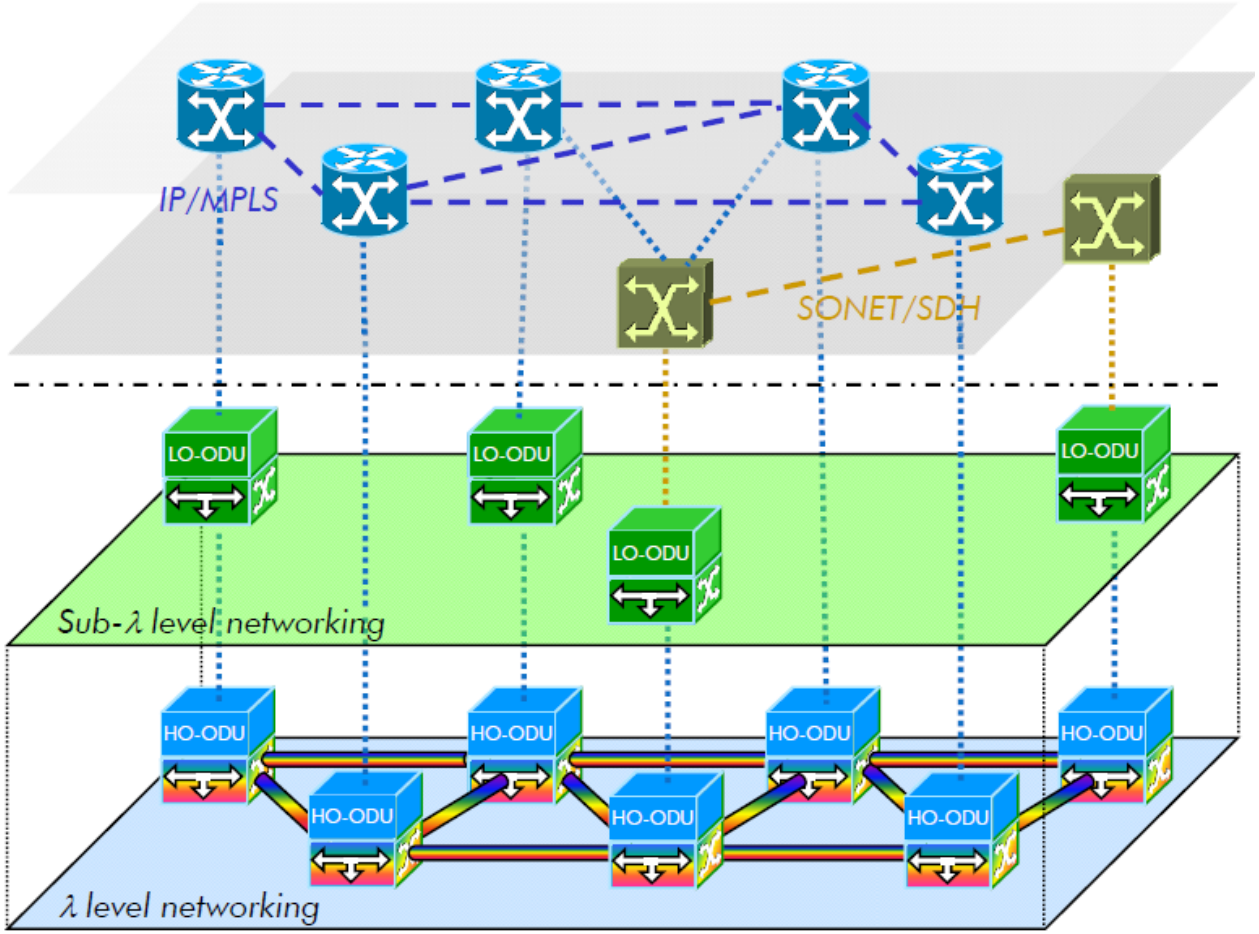
- WDM igény:
  - Bármilyen kliens lambda átvitelel megfelelő OAMP támogatással
- Négy megoldás
  - Független OAMP csatorna
    - Hogyan vigyük át? Független lambda?
    - Más viszonyokat tapasztalhat
    - Lehet hogy egyikre van kapacitás, de a másikra nincs
  - Kliens csatorna alacsony sávszélességű modulálása (alien wavelength)
    - Komplex
    - Jitter
  - Digitális csomagoló (Digital Wrapper)
    - Hasonló az SDH-hoz
  - Hibrid megoldás
    - Alap beágyazás digitális (a csatornához köthető OAMP)
    - További lambdák a különböző funkciókra

OTN vízió

- **HO-ODU** networking is used when the client throughput does not need further aggregation within a lambda
- **LO-ODU** networking is used when sub-λ multiplexing is needed (no stranded sub-λ)

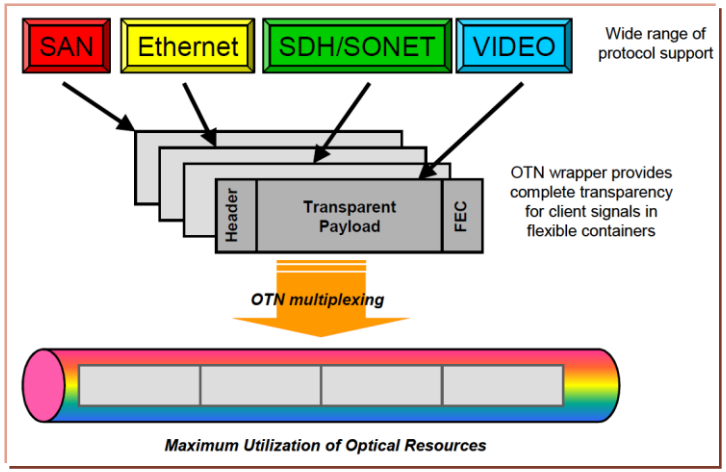
- **ODU Termination** (G.709 OAM) guarantees a clear boundary between client and server organizations
- **Intermediate Monitoring** can be either optical (proprietary WaveTracker) or electronic (standard G709 TC)

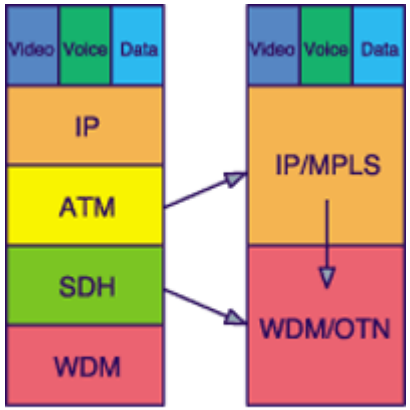
- **Switching** can be accomplished by means of fast electronic technology and/or slower photonic technology



OTN –Optical Transport Network

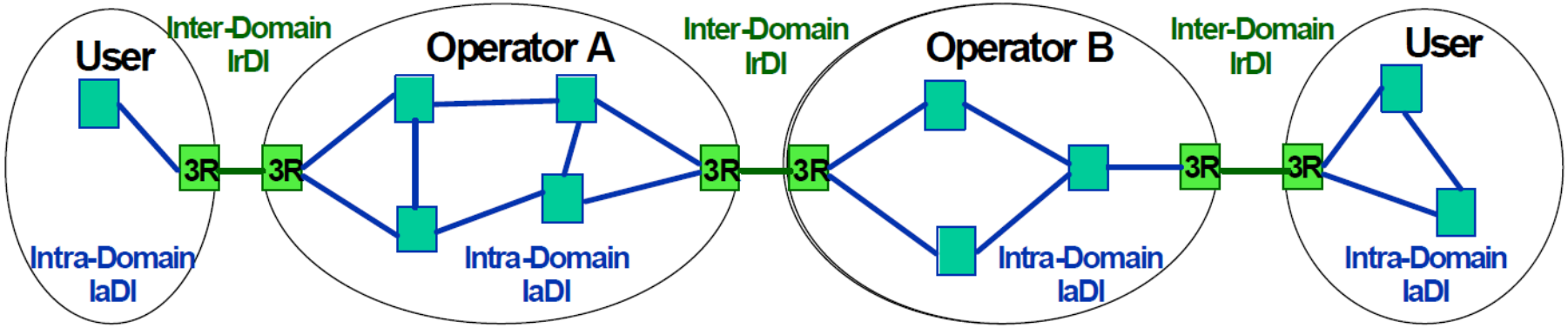
- A jeleket inkább az optikai tartományban multiplexelik (16 OC-48-at küldenek a saját lambdákon egy OC-768 helyett)
- Új OAM&P funkciók kellenek
- Rétegeket kellene kihagyni (30-40% költség a működtetés)
- Erős hibajavító kapacitás szükséges
  - Nagyobb távolság
  - Nagyobb sávszélesség
- Kisebb granularitás
- ITU-T G.709
  - DWDM hálózatok menedzselése
  - SLA biztosítása
- G709 keretek
  - OAM rész
  - Tartalom
  - Hibajavító kód





Delayering Trends

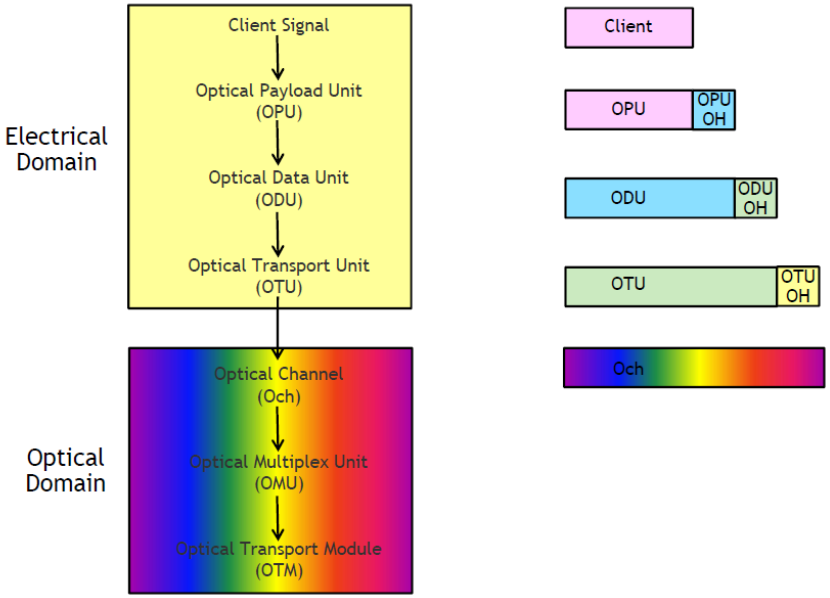
OTN szkóp



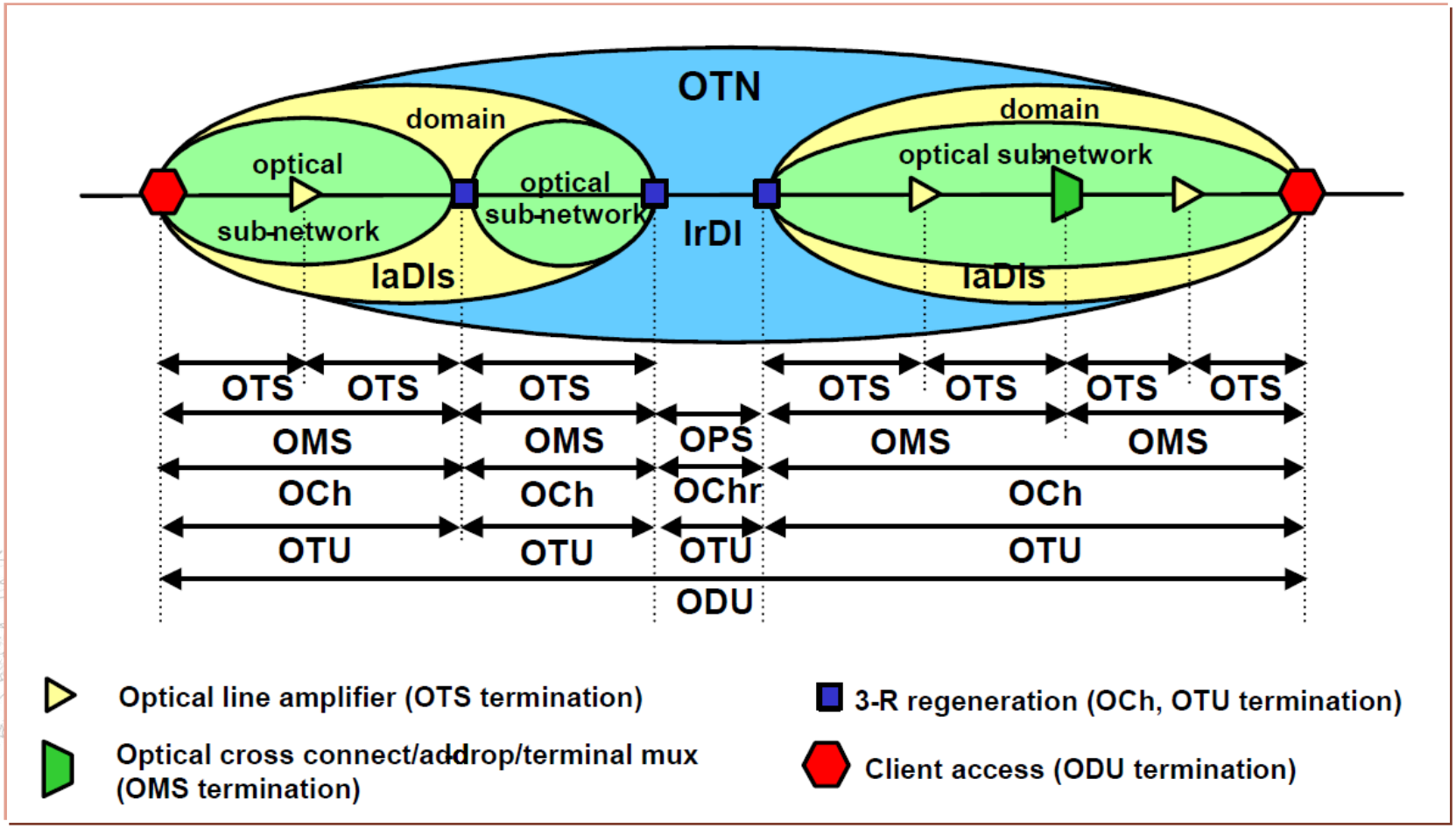
UNIVERSITY OF SZEGED
of Software Engineering
UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS

OTN felépítés

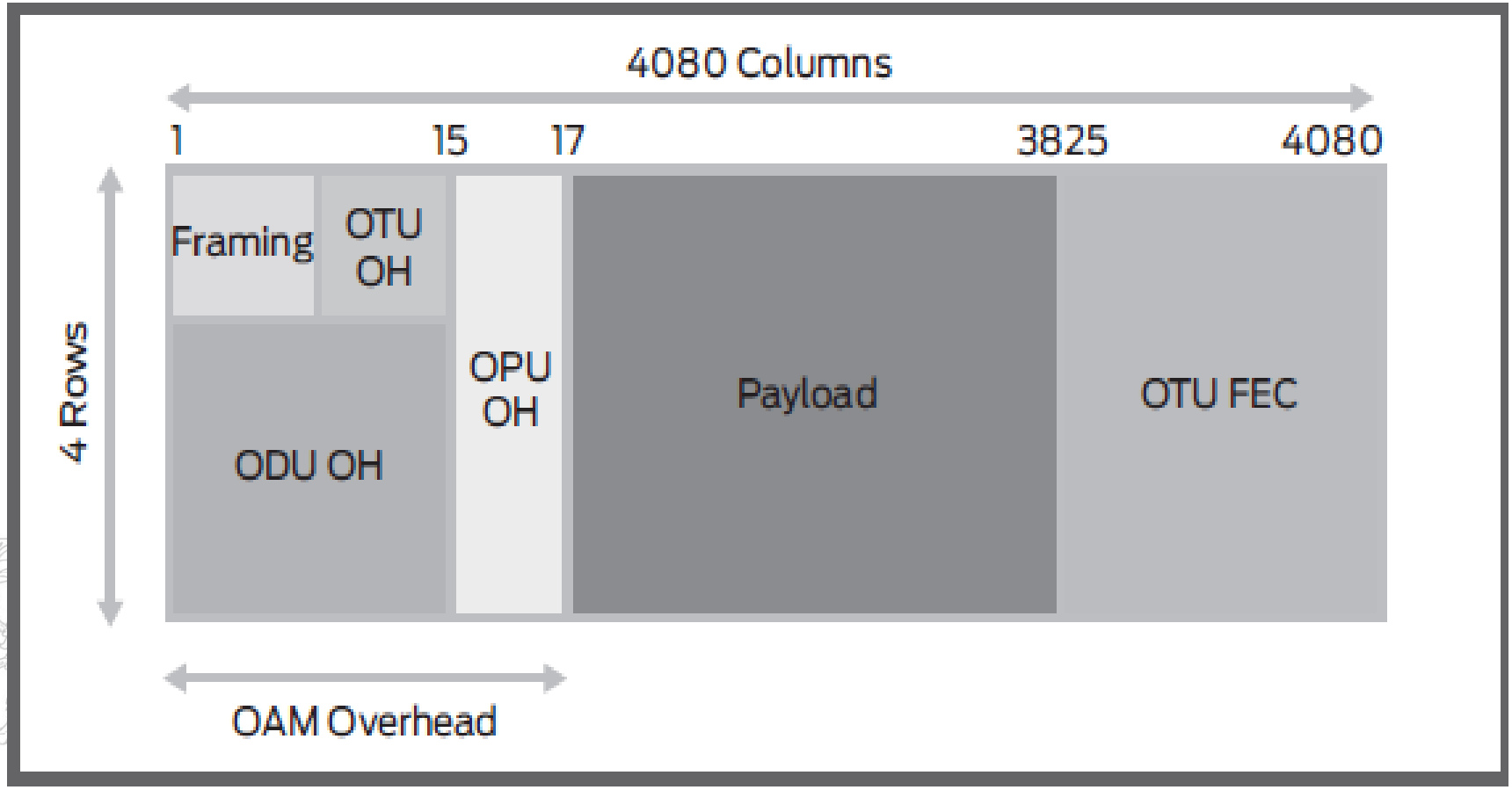
- OPU- hasonló az SDH útvonalához
- OPU + OAMP = ODU
- ODU + Átviteli Addicionális bitek = OTU (regenerátor szekció – SDH)
- OTU -> adott lambdán adva = OCh
- OMU = OCh csoport + OSC (Optical Supervsion Channel)
- OTM (n) = OMU (n) + Addicinális csatorna



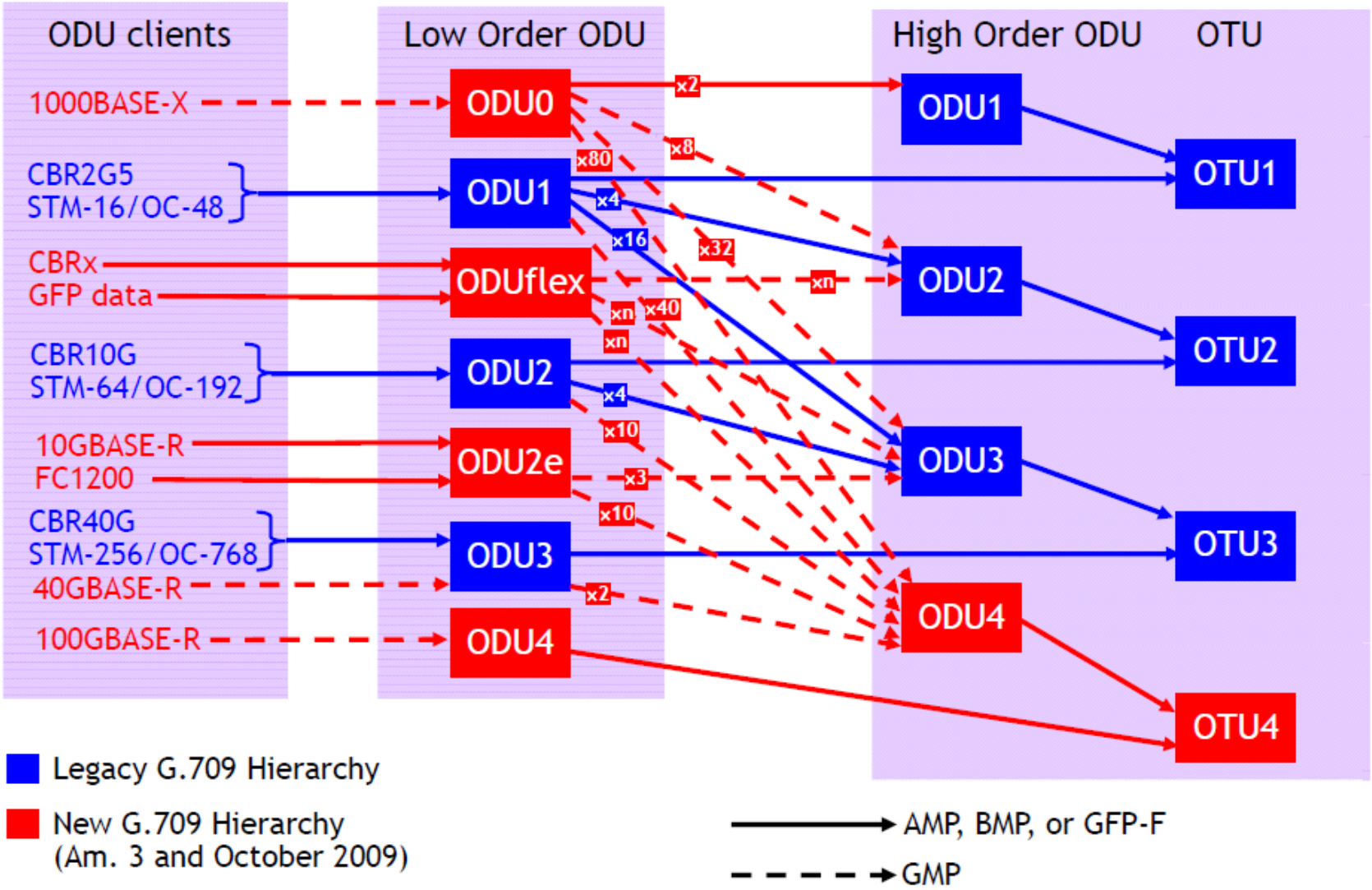
OTN architektúra



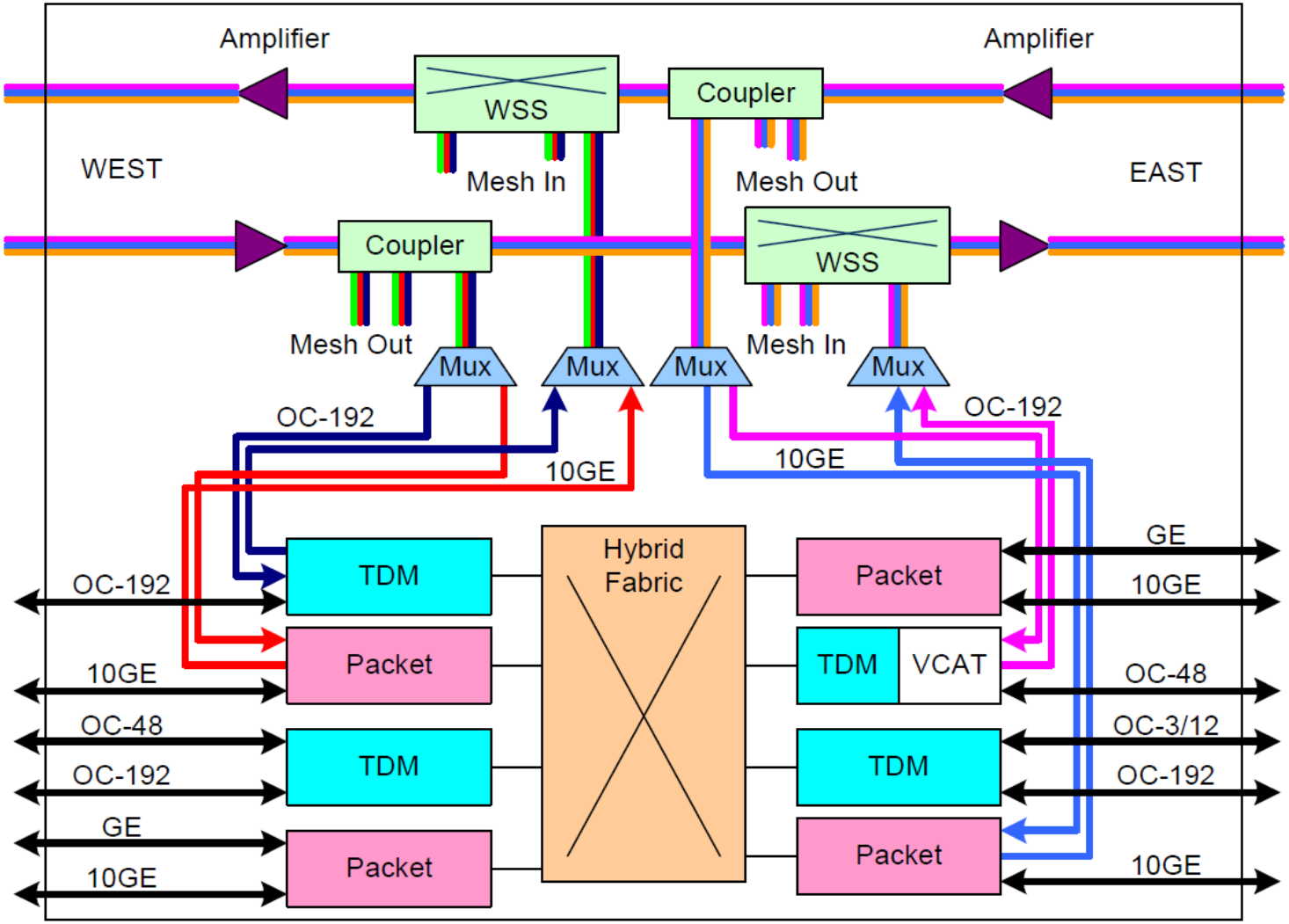
OTN Keret


4080 Columns
1
15
17
3825
4080
Framing
OTU OH
ODU OH
OPU OH
Payload
OTU FEC
4 Rows
OAM Overhead

OTN hierarchia

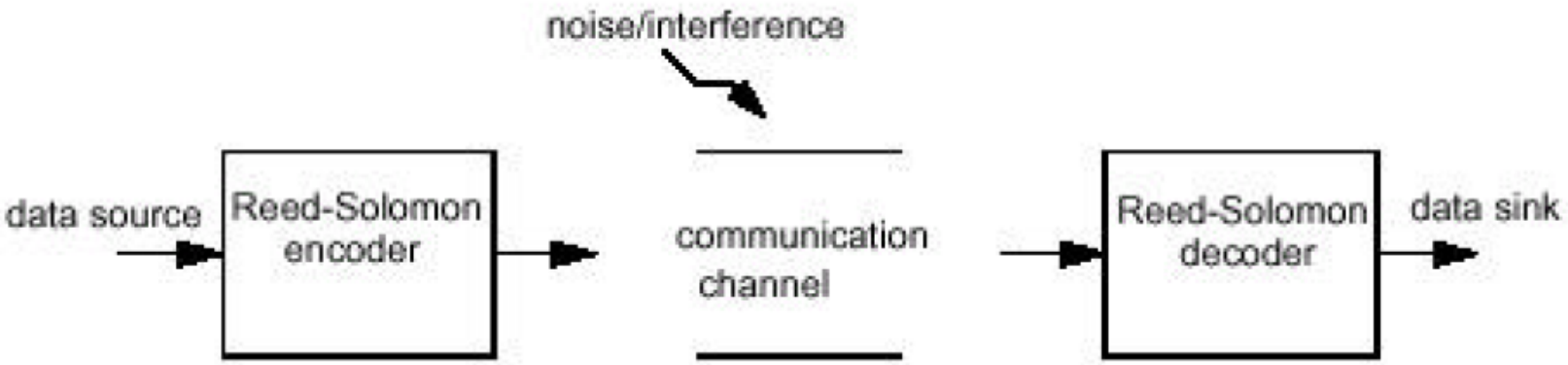


OTN elemek - ROADM



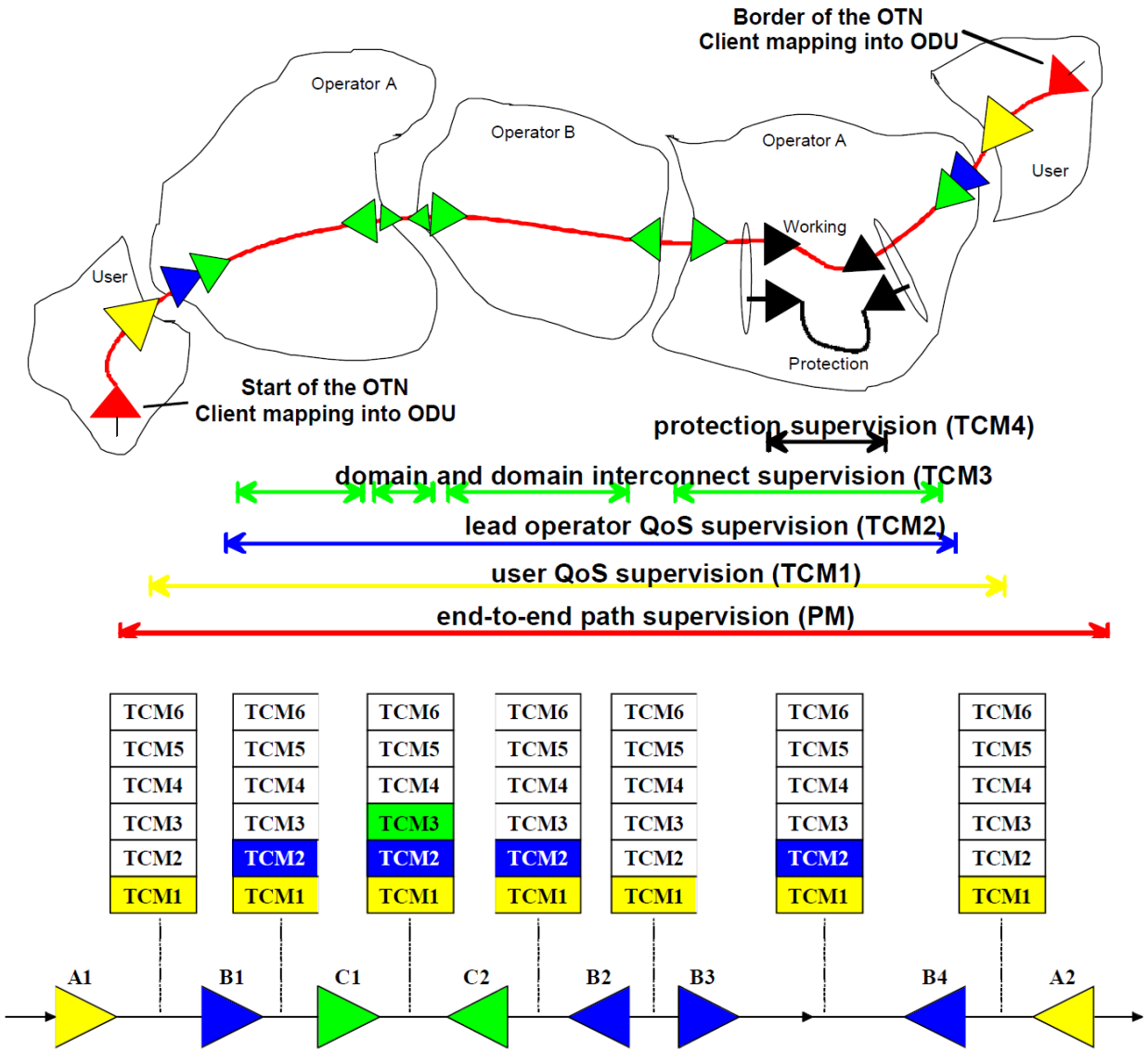
FEC – Forward Error Correction

- Reed Solomon hibajavító kódolás
  - 6.2 dB nyereség
- Nagyobb távolság
- Több csatorna
- Lehetővé teszi a transzparens optikai eszközök használatát

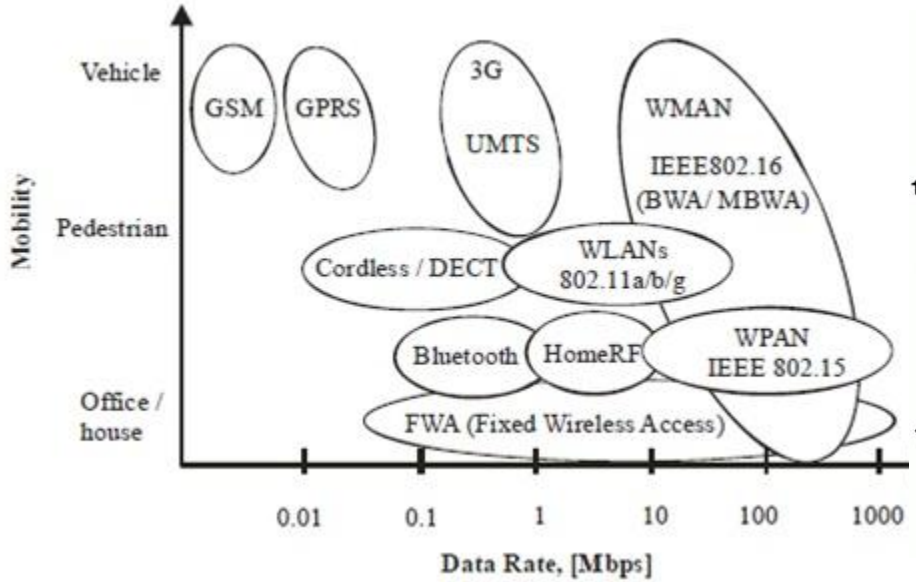


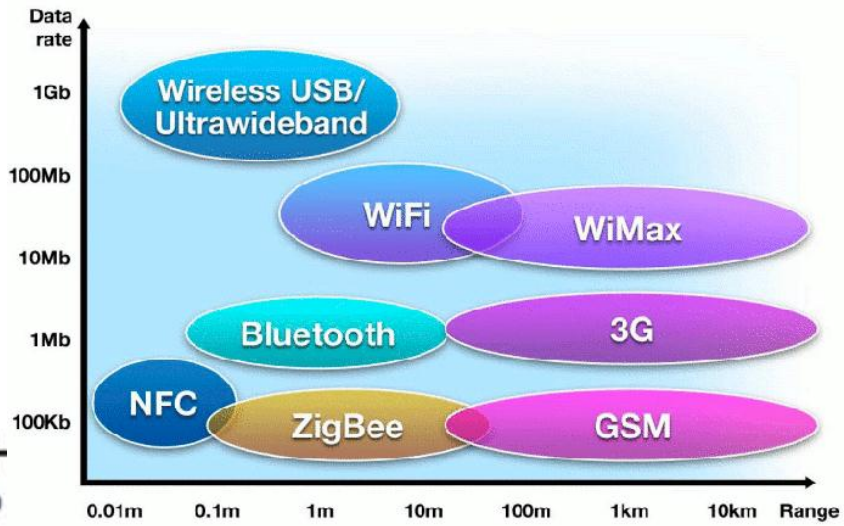
Tandem kapcsolat monitorozás

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering



Vezetékmentes kommunikáció





Vezetékmentes Telekommunikáció

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

Első G

- Analóg
- Vonalkapcsolt
- Hangra koncentrál
- Alacsony kapacitás
- Korlátos lefedettség

Második G

- Digitális
- Vonalkapcsolt
- Hang plusz alap adat alkal,azások
- Alacsony adatsebesség
- Továbblépések
  - csomagkapcsolt
  - Magasabb sávszélesség
- Globális vándorlás

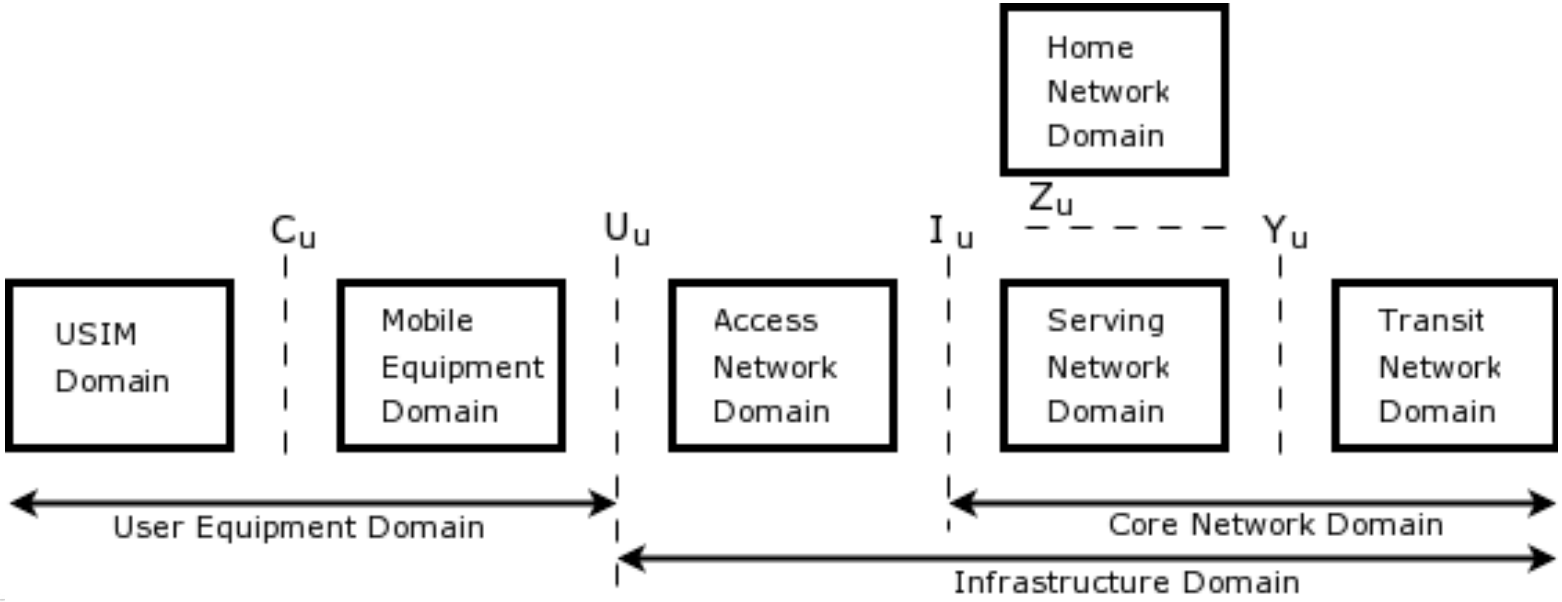
Harmadik G

- Digitális
- Csomag és vonalkapcsolt
- Fejlett adat(multimédia) alkalmazások
- Gyors adathozáférés
- Globális lefedettség
- Globális vándorlás

Negyedik G

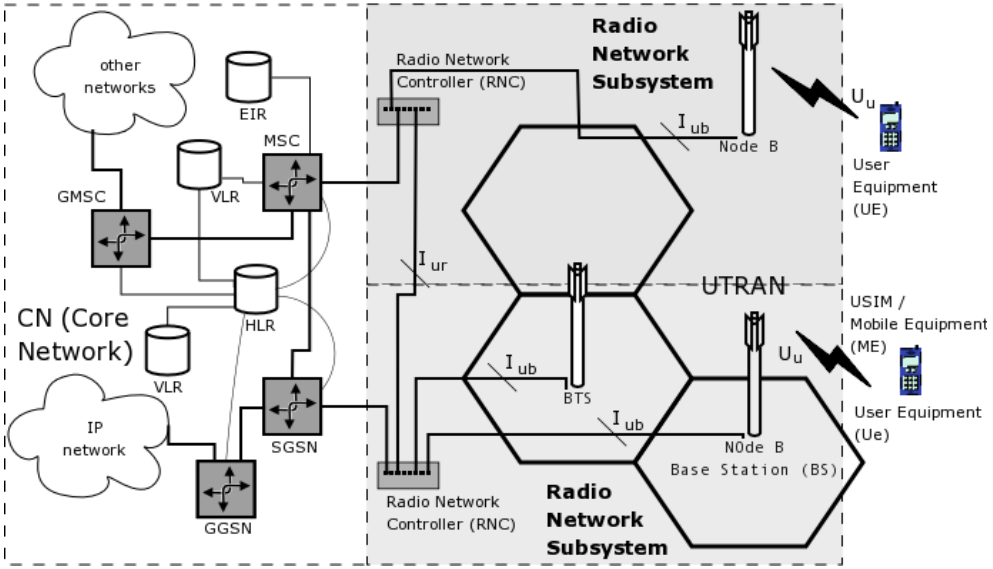
- Digitális
- Csomagkapcsolt
- Teljesen IP alapú (IPv6)
- Fejletebb multimédia alkalmazások
- Felhasználó vezérelt
- Felxibilis platform más hozzáférési hálózatok beilleszthetőek
- Nagy adatsebesség
- Fejlett QoS
- Globális fedettség
- Globálsi vándorlás

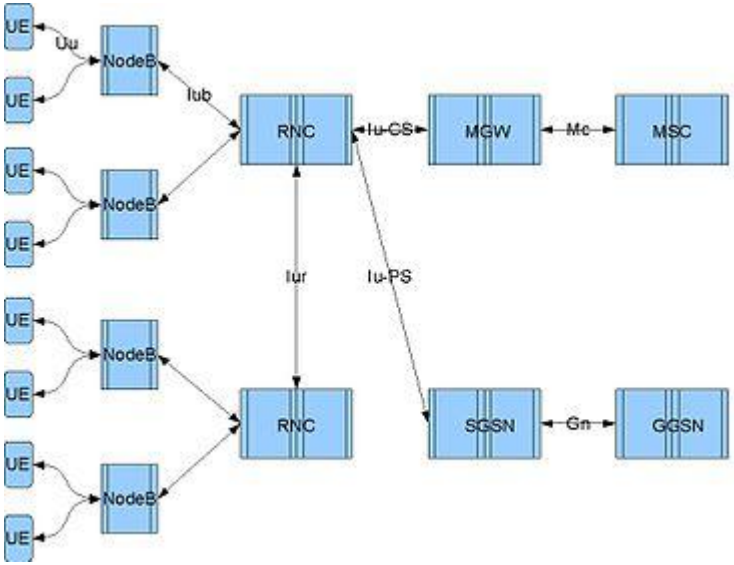
UMTS architektúra



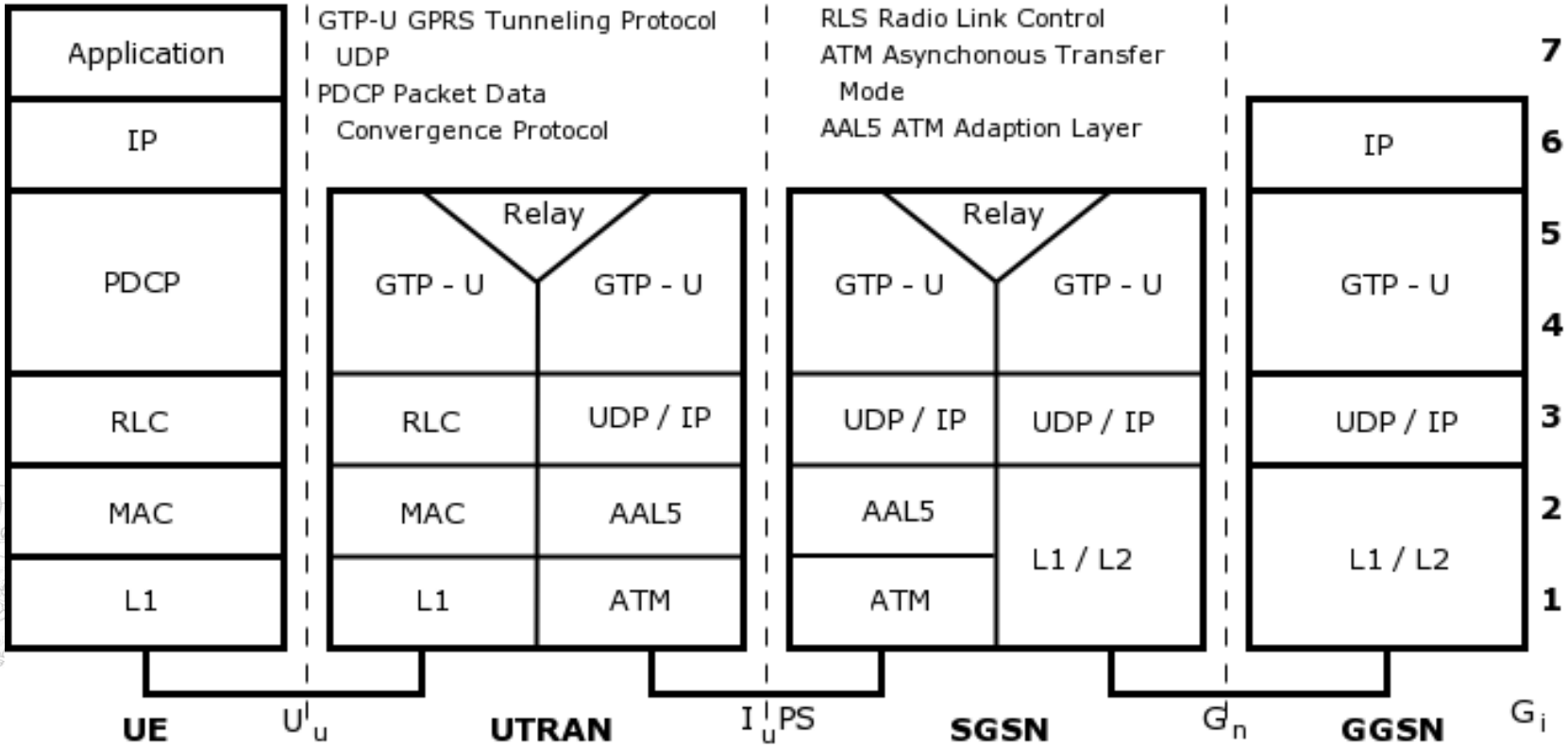
UMTS architektúra

- GMSC - Gateway MSC
- EIR - Equipment Identity Register
- MSC - Mobile Switching Centres
- VLR – Visitor Locator Register
- HLR – Home Locator Register
- SGSN - Serving GPRS Support Node
- GGSN - Gateway GPRS Support Node
- RNC - Radio Network Controller
- BTS - Node B



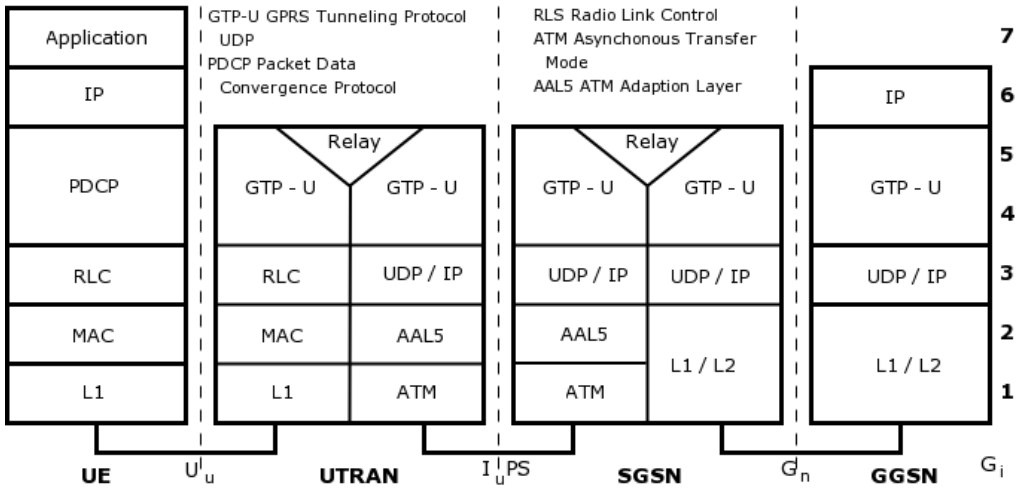


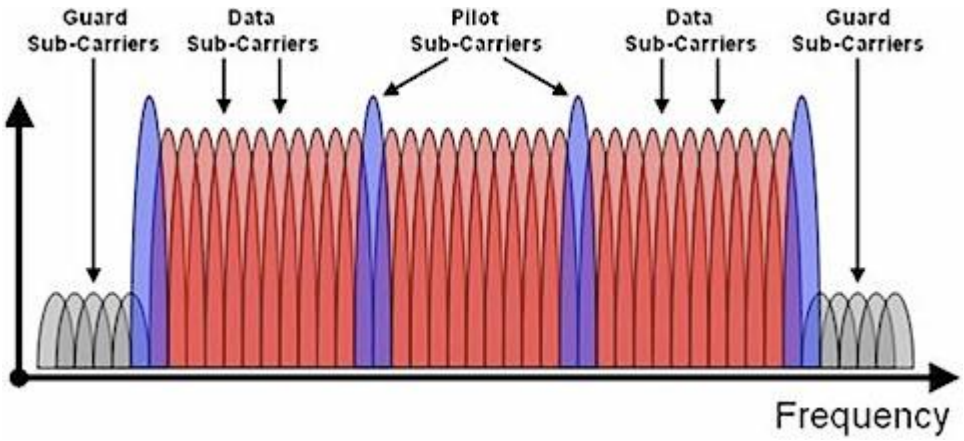
UMTS csomagkapcsolt protokollok



Fizikai réteg

- Felderítés/Szinkronizálás
- Csatorna multiplexelés
- Sebesség egyeztetés
- Kódolás/Átlapolás/Moduláció/Szétkenés
- Mérés/Jelentés
- Teljesítmény szabályozás

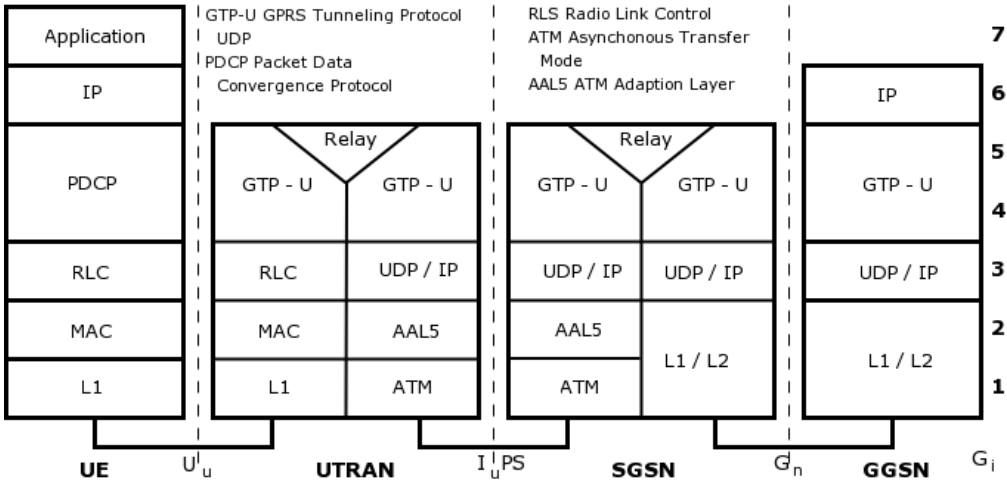


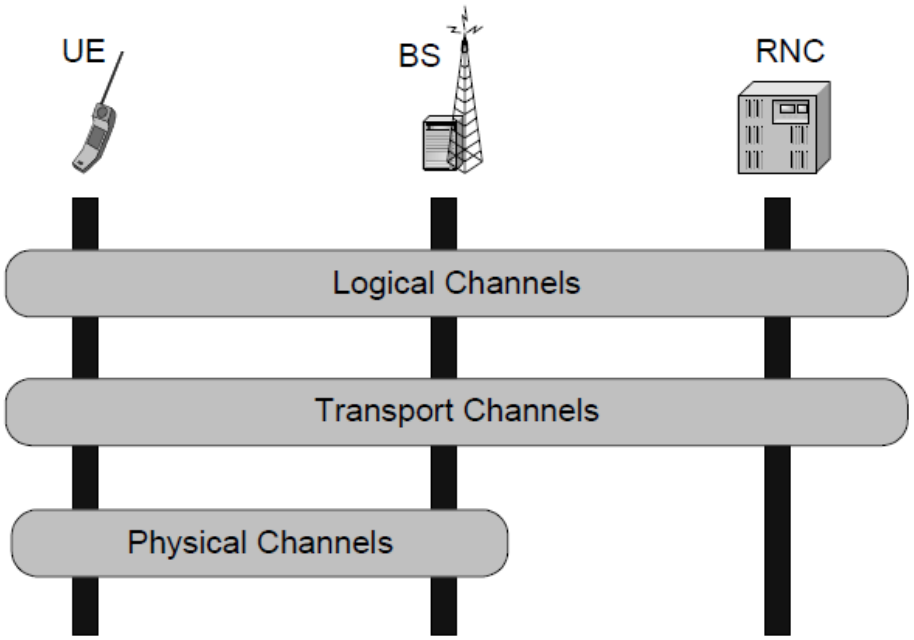


UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

MAC réteg

- Logikai csatornák
- Magas szintű PDU-k csatolása átviteli blokkokhoz
- Azonosítás
- Titkosítás

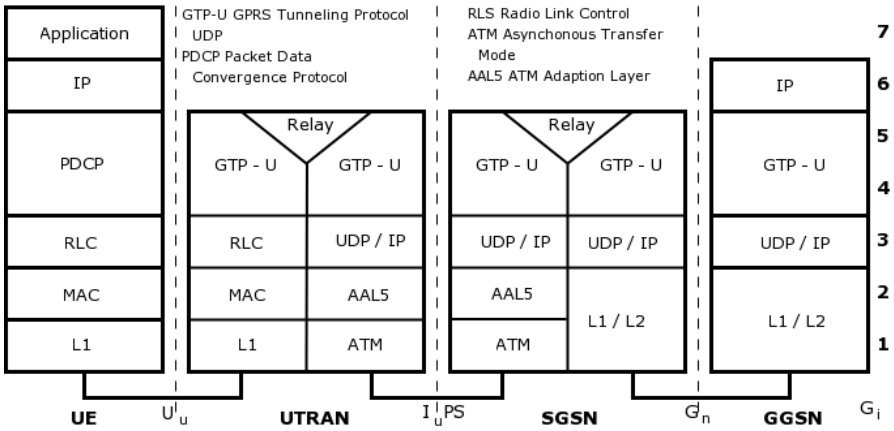




UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

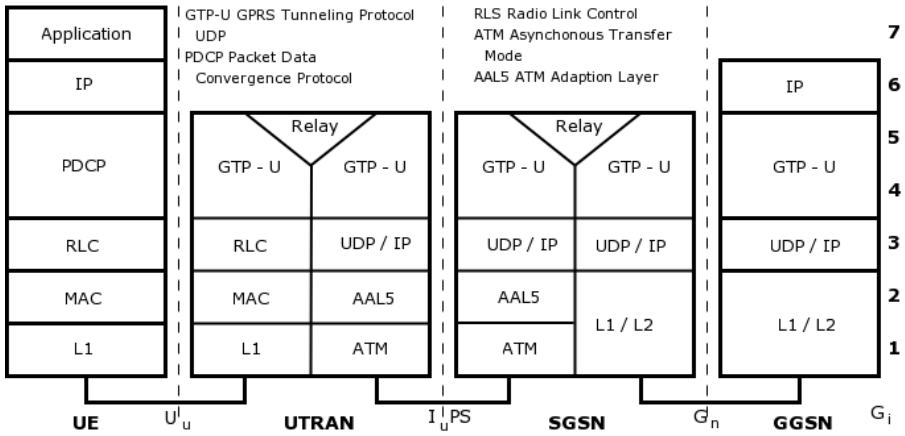
RLC – Radio Link Control

- Módozatok:
  - Transzparens mód (TM)
  - Nyugtázatlan mód (AM)
  - Nyugtázott mód (UM)
- PDU darabolás
- Titkosítás
- Folyam vezérlés
- Hibajavítás



RRC-Radio Resource Control

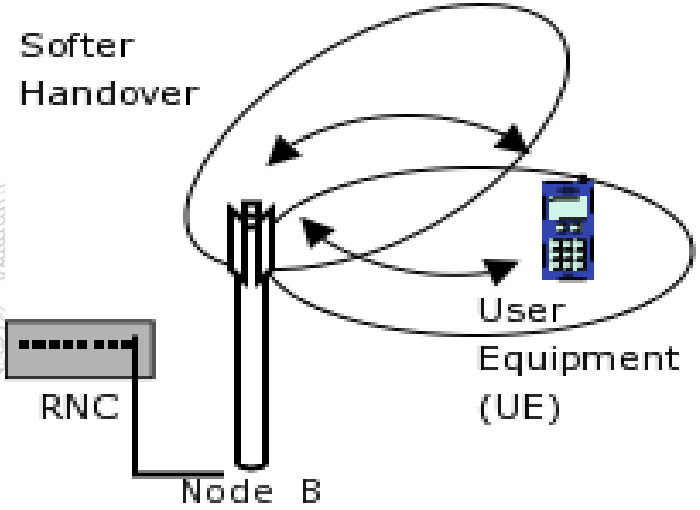
- Kapcsolat kezelés
- Mobilitás kezelés
- Cella választás/Cella váltás
- Üzenetszórás kezelés
- Rádió vivők kezelése
- Mérés és jelentés
- Teljesítmény vezérlés
- Konfiguráció

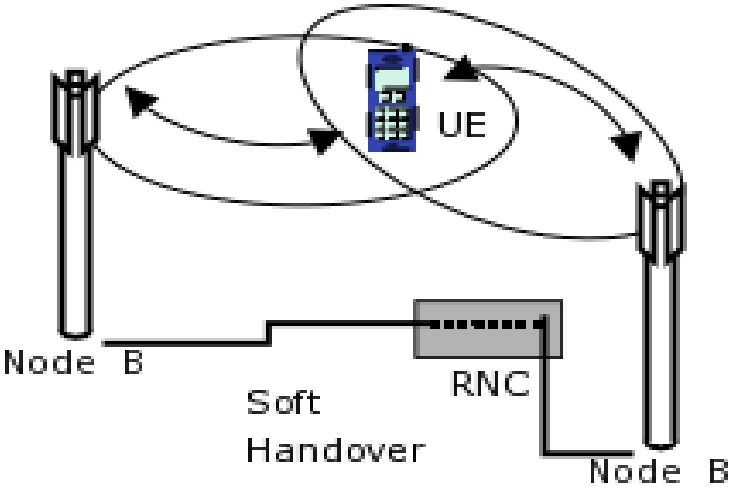


Communication Systems

UTRAN - connection based functions

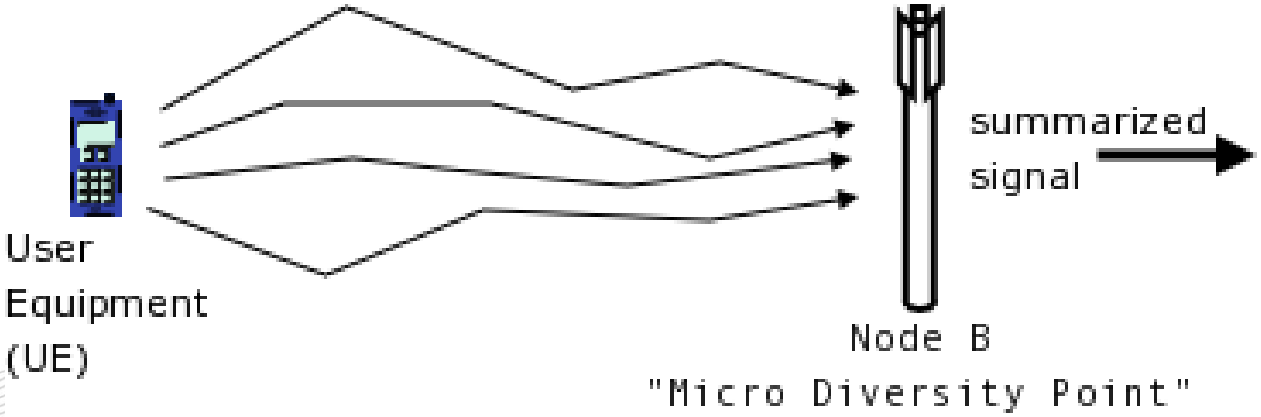
- Soft Handover
  - Két bázisálomással is párhuzamosan kapcsolatban van





Communication Systems

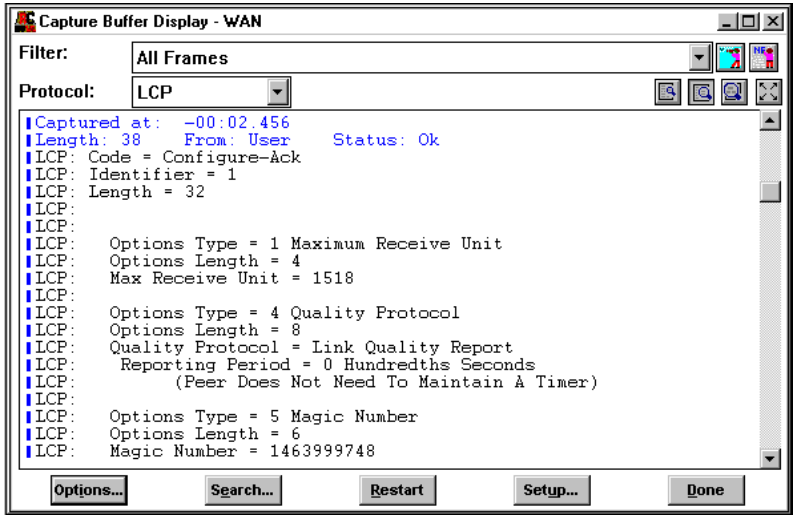
UMTS – Többutas vevő (gereblye)

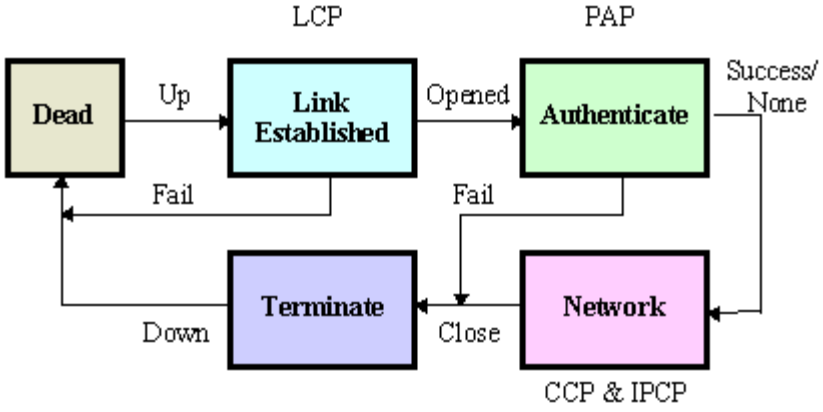


Point-to-Point Protocol 1.

- Telefonos, pont-pont adatátvitelre tervezték
- A PPP keret IP, IPX, NetBEUI csomagokat fogadhat be
- Egy kapcsolat az alábbi fázisokból áll:

1. PPP vonal felépítés (Link Control Protocol – paraméter csere)
2. Felhasználó azonosítás
   - Password Authentication Protocol (PAP)
     - » Titkosítatlan jelszó átvitel (a NAS kéri a kliens küldi)
   - Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)
     - » Titkosított (NAS véletlen szám -> Kliens MD5 passwd+véletlen szám)
     - » A szerver tudja a felhasználó jelszavát





UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

Point-to-Point Protocol 2.

- A kapcsolat fázisai:

2. Felhasználó azonosítás folyt.
   - Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol (MS-CHAP)
     - » Ugyanaz mint a CHAP csak a szerver a jelszó MD4-es kivonatát tárolja és használja
   - Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol v2 (MS-CHAP v2)
     - » Ugyanaz mint a MS-CHAP csak a szerver is azonosítva lesz , kölcsönös azonosítás
   - Extensible Authentication Protocol (EAP)
     - » Az előző protokollok rögzítettek
     - » Itt lehetőség van új modulok használatára, kiválasztására
     - » SmartCard, One Time Password, TLS, ...
     - » PPP + csak EAP = 802.1X

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

Point-to-Point Protocol 3.

- A kapcsolat fázisai:
  3. PPP visszahívás vezérlés
  4. Hálózati réteg protokollok meghívása
     - Network Control Protocol (NCP)
       - IPCP – IP címet ad a felhasználónak
  4. Adat átviteli fázis

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
UNIVERSITY OF SZEGED
Department of Software Engineering

Összefoglaló

- Közeghozzáférési alréteg
- Csatorna allokálás
- Többszörös hozzáférési protokollok
- SDH
- OTN
- GSM/3G/4G

A következő előadás tartalma

- Ethernet
  - 802.x család
  - Kapcsoló
  - Feszítőfa
  - VLAN
  - MetroEthernet