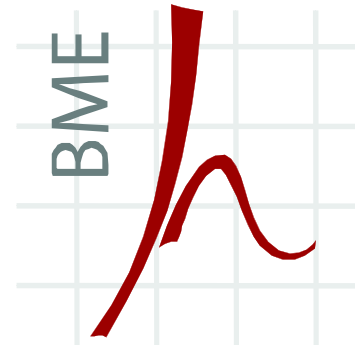


Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

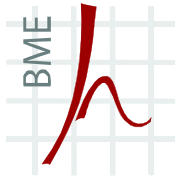
Mérnök informatikus szak, mesterképzés – Hírközlő rendszerek biztonsága szakirány
Villamosmérnöki szak, mesterképzés - Újgenerációs hálózatok szakirány



BMEVIHIM134 Hálózati architektúrák Az újgenerációs hálózati (NGN) konceptió: Követelmények – hozzáférési technológiák II. DOCSIS

Jakab Tivadar BME Híradástechnikai tanszék

2015



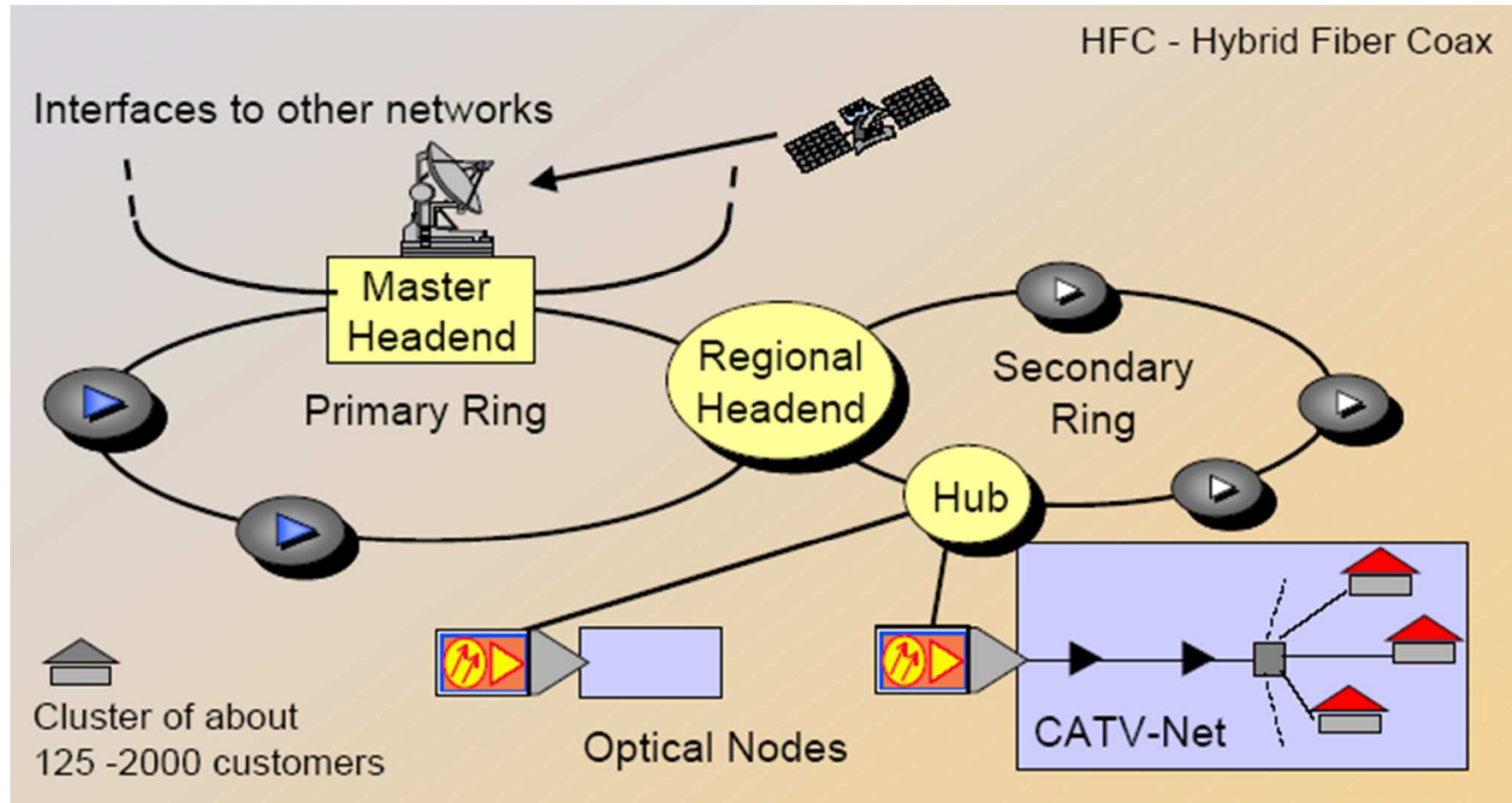
NAGYSEBESSÉGŰ ADATSZOLGÁLTATÁS KÁBELHÁLÓZATON DOCSIS



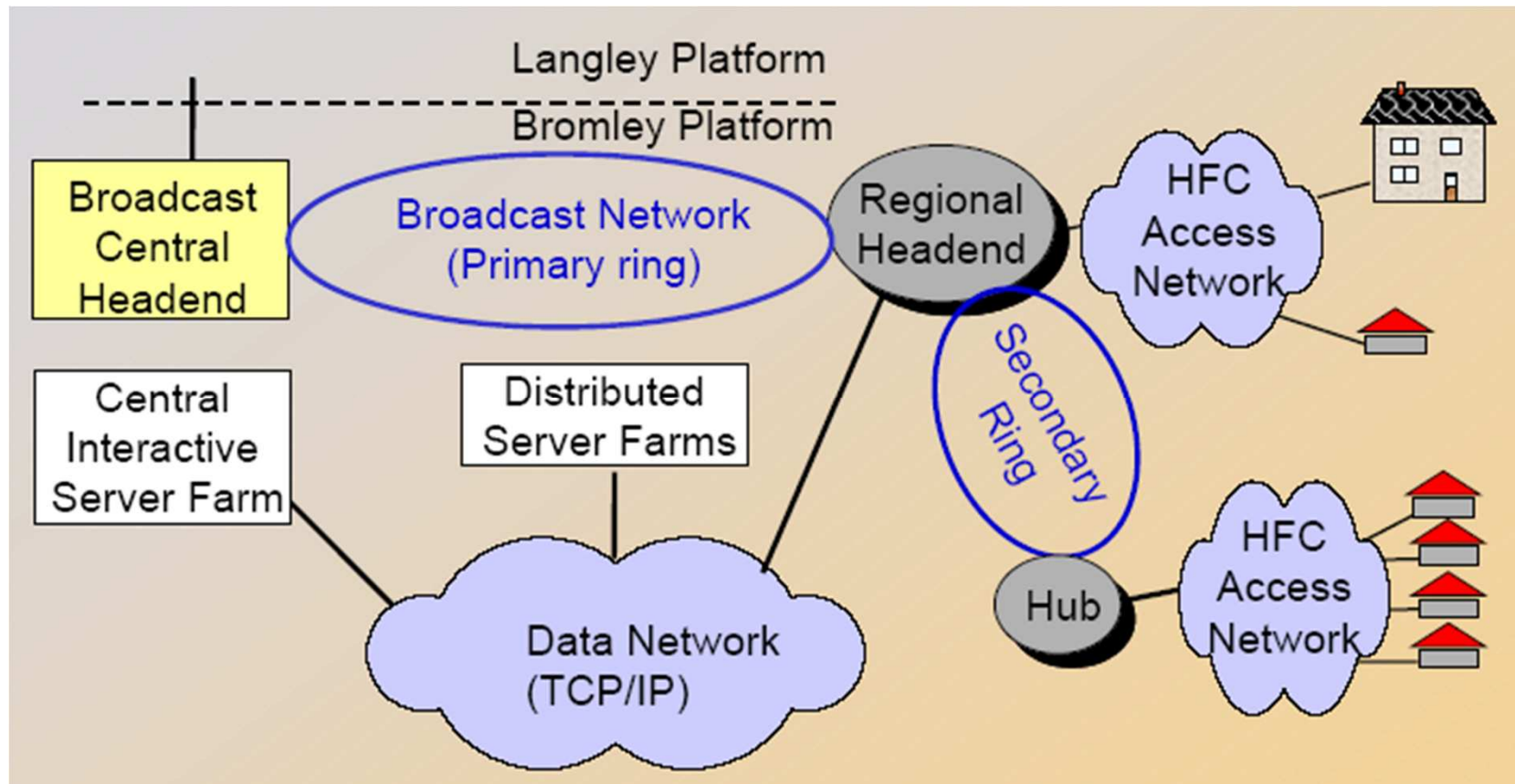
Alapok

- koax hálózat vagy hibrid koax optika (HFC)
- csillagpontos koax infrastruktúra az előfizetői szakaszon
- a kétirányú kommunikációt a koax hálózaton támogatniuk kell az erősítőknek
- felhasználói oldal: kábelmodem
- hálózati oldal: CMTS (Cable Modem Termination System)

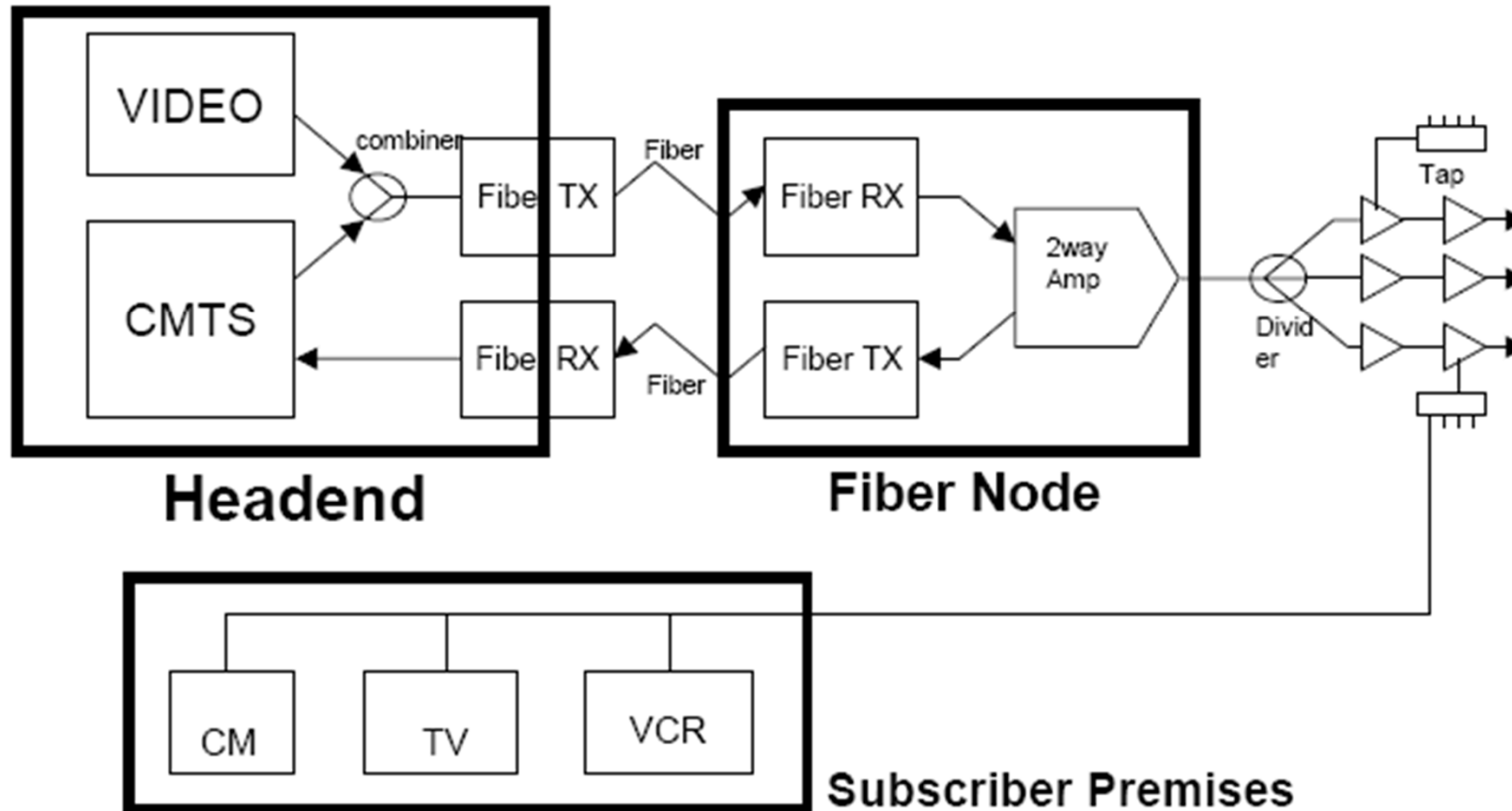
Általános HFC hálózati szerkezet



Általános HFC hálózati szerkezet

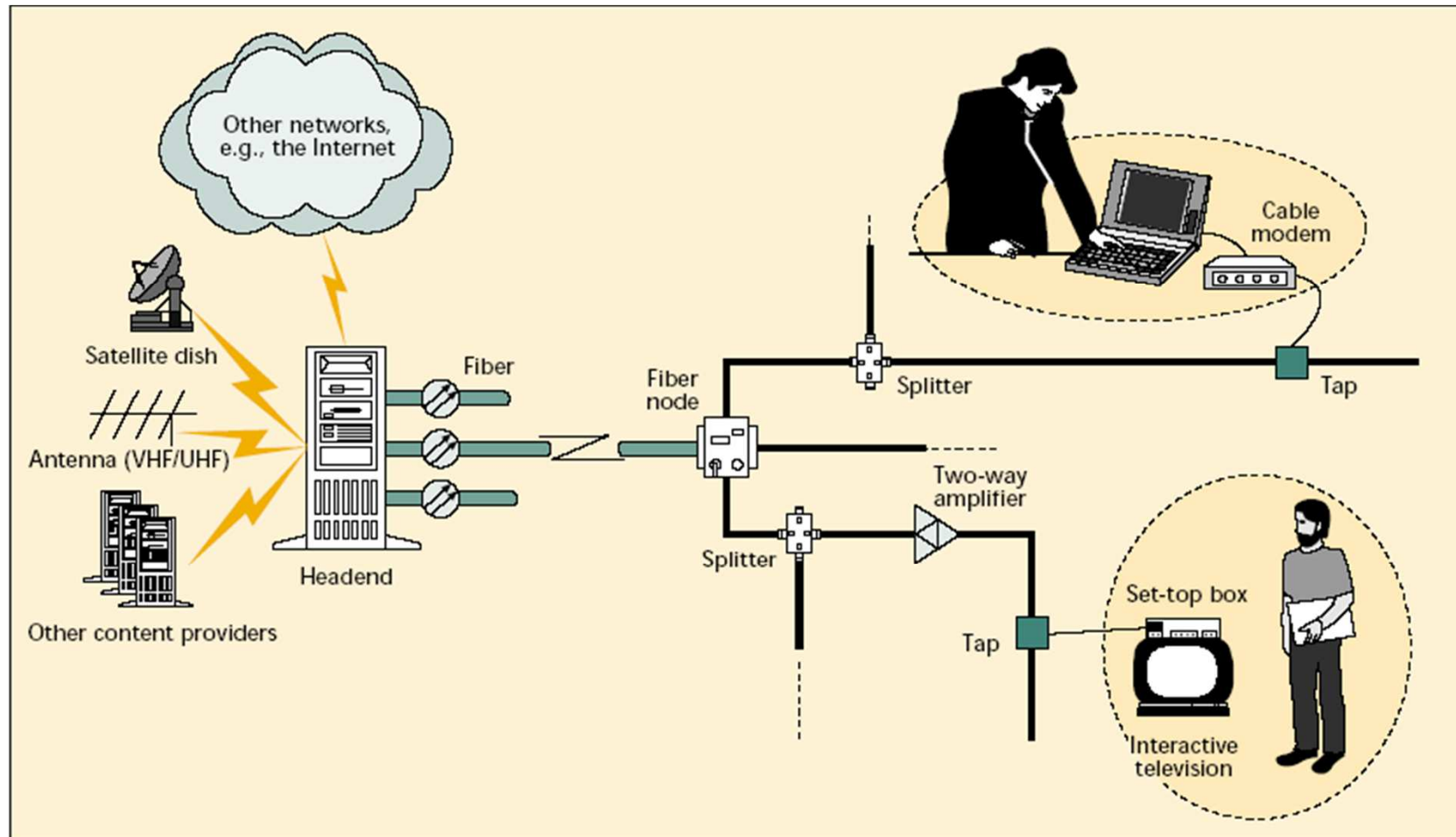


HFC hálózat

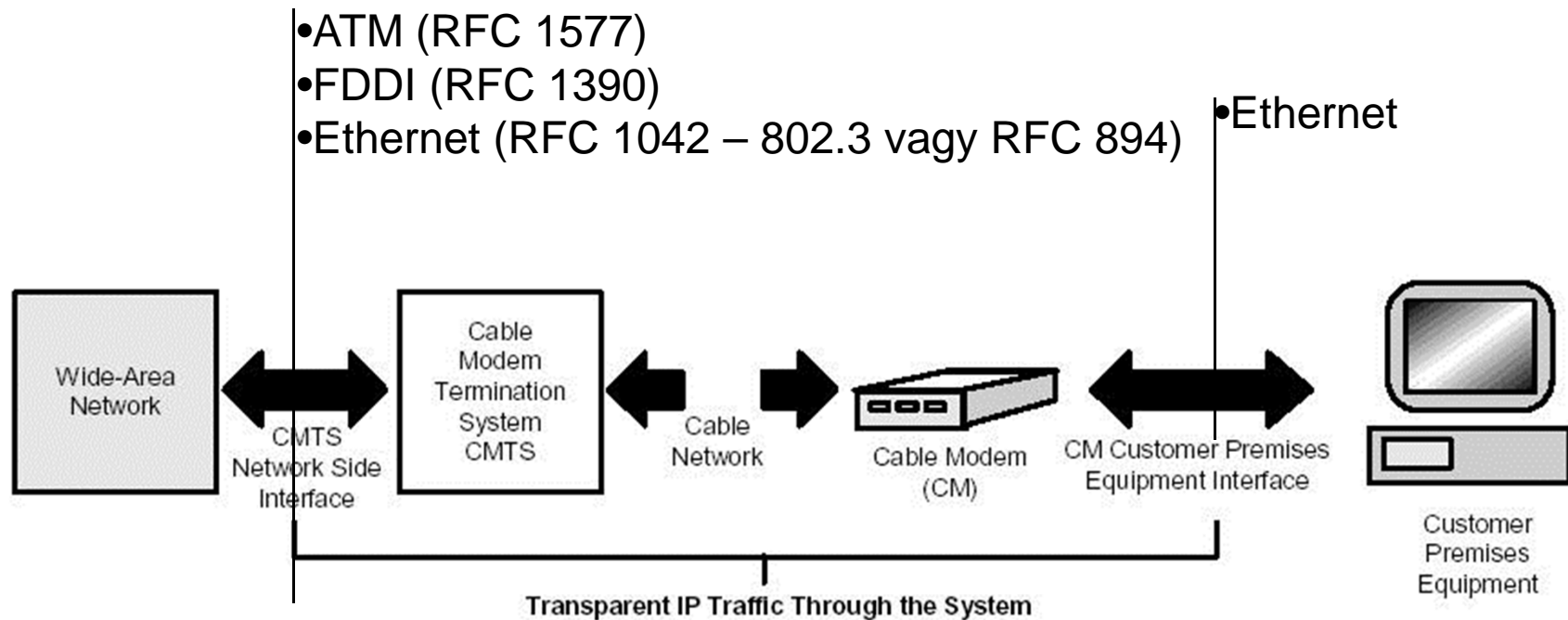


Typical fiber node supports about 2000 subscribers

HFC hálózat



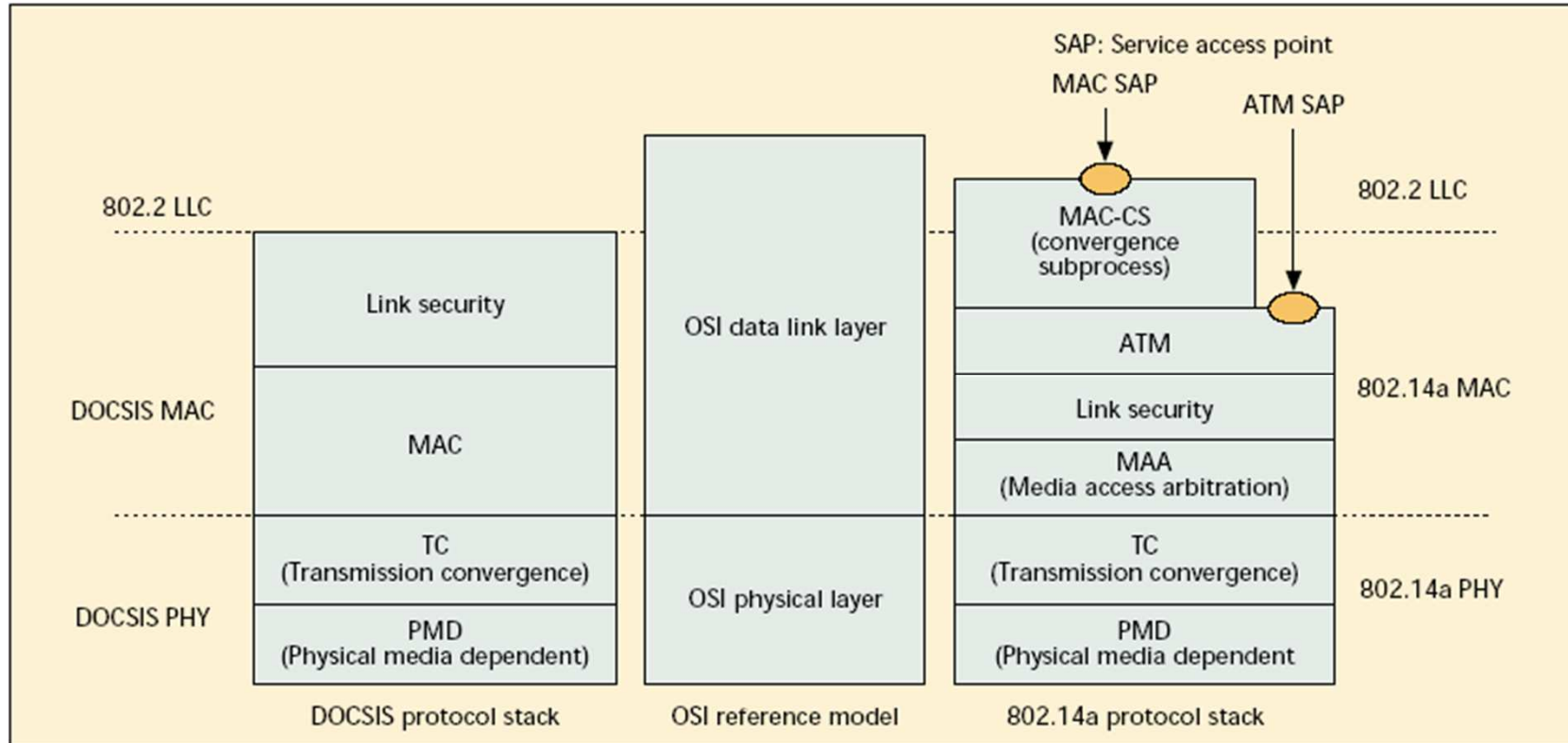
Általános felépítés



szerverháttér:

- DHCP (IP cím)
- DNS
- Time of the day (szinkron)
- TFTP (boot konfiguráció)

Protokoll-architektúra



Fizikai réteg

- Kábelhálózat downstream: 50 MHz – 864 MHz tartomány, 6 MHz analóg tv-csatornák
- Fizikai réteg (PMD)
 - előre kijelölt upstream és downstream csatorna (kiosztásuk: CMTS konfiguráció)
 - downstream: 6MHz a 91MHz – 857 MHz rádióspektrumból, 64 vagy 256 QAM moduláció, sávszélesség kb. 30Mbps
 - upstream: 5MHz – 42 MHz tartományban, QPSK vagy 16 QAM, elérhető sávszélesség 320 kbps – 10 Mbps (6.25 μ sec minislot)

- **Transmission convergence (TC)**
 - Egységes HW platform a video és adat fogadására a CM-ben
 - 188 byte-os MPEG stream
 - MPEG header (4B)
 - pointer (1B) opcionális
 - Payload (183 vagy 184 B)
 - fragmentation (egy PDU több keretben), concatenation (több PDU egy keretben)

MAC réteg I.

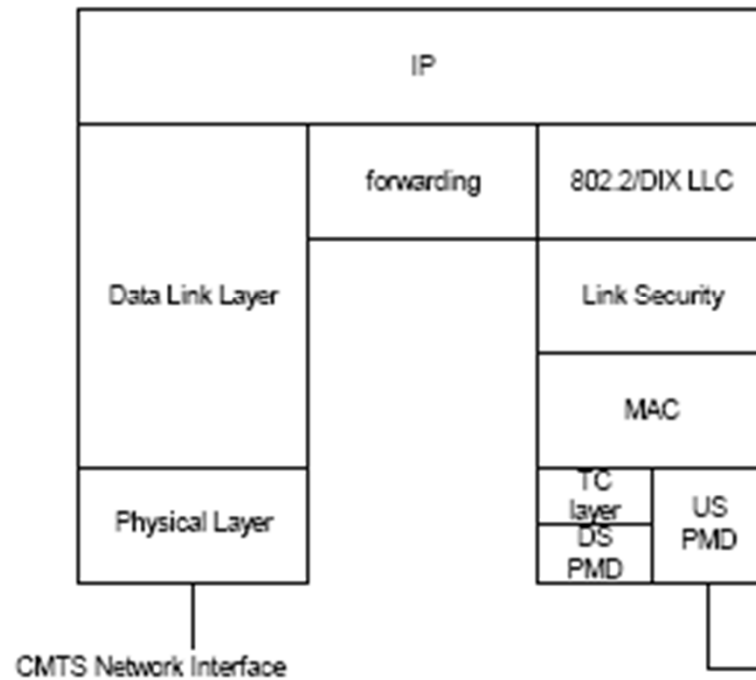
- a MAC réteg vezérli a CM-ek hozzáférését az osztott upstream csatornához
- downstream irányban egy Downstream Transmission Convergence Sublayer (MPEG)
- a MAC keretek átvitele 188 byte méretű csomagokban
- CMTS-CM között Security Association a titkosításra (minden CM veszi a downstream adást)
- az upstream irányú adást a CMTS vezérli

MAC réteg II.

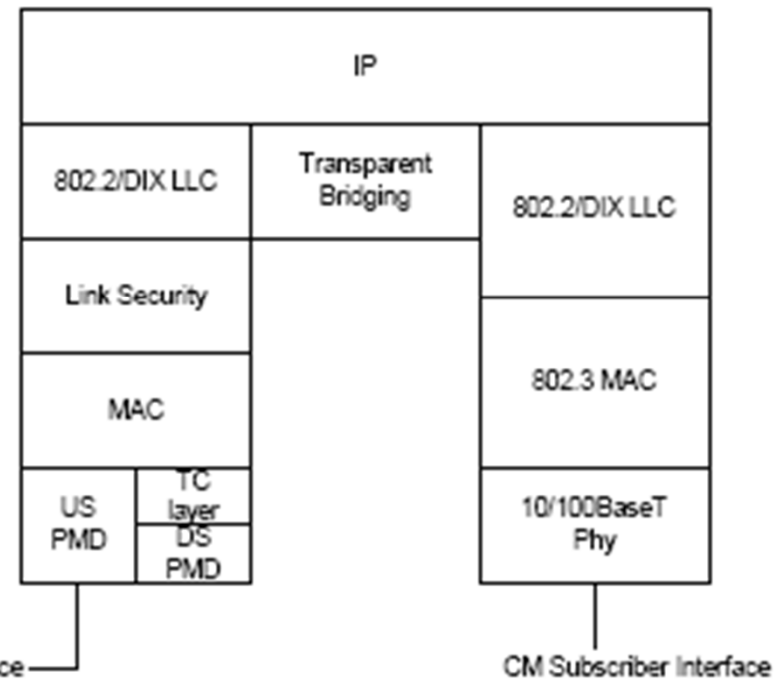
- az upstream irányú adást a CMTS vezérli
- a csatorna intervallumokra osztva felhasználási kóddal és modulációtípussal
- a CMTS periodikusan küld üzeneteket arról, hogy melyik CM melyik időrést használhatja, valamint, hogy mikor küldhetnek adási kérést (REQ region)
- CM adási jogot kér, CMTS nyugtáz (data grant) vagy elutasít (data grant pending)
- ütközés csak adáskéréskor lehet, ezt a CM abból ismeri fel, hogy nem jött rá válasz (data grant, data grant pending) – ekkor késleltetett újraküldés
- Piggybacking (normál lehetőségen kívüli adáskérés – kiterjesztett fejlécben)

Protokoll-architektúra

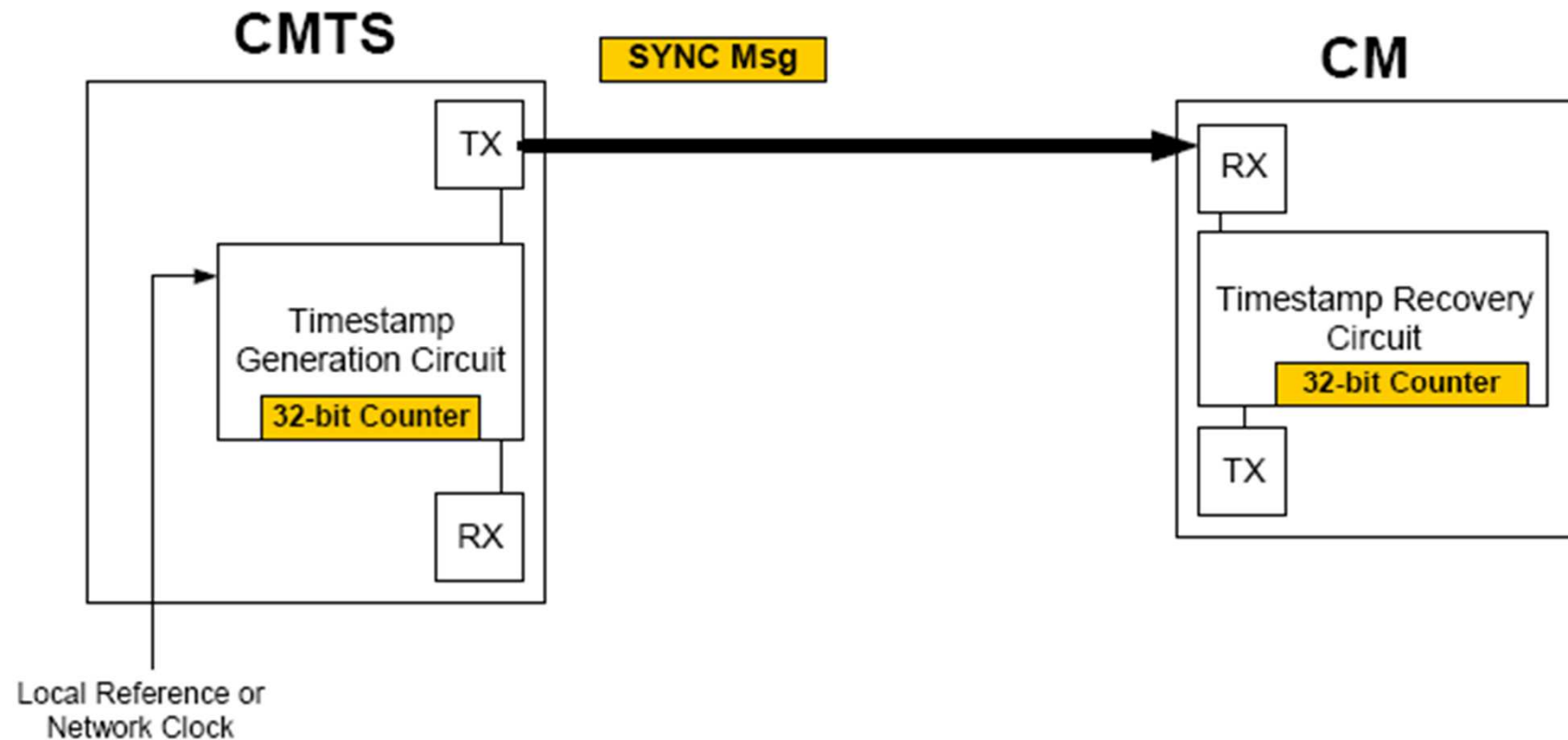
CMTS Protocol Stack



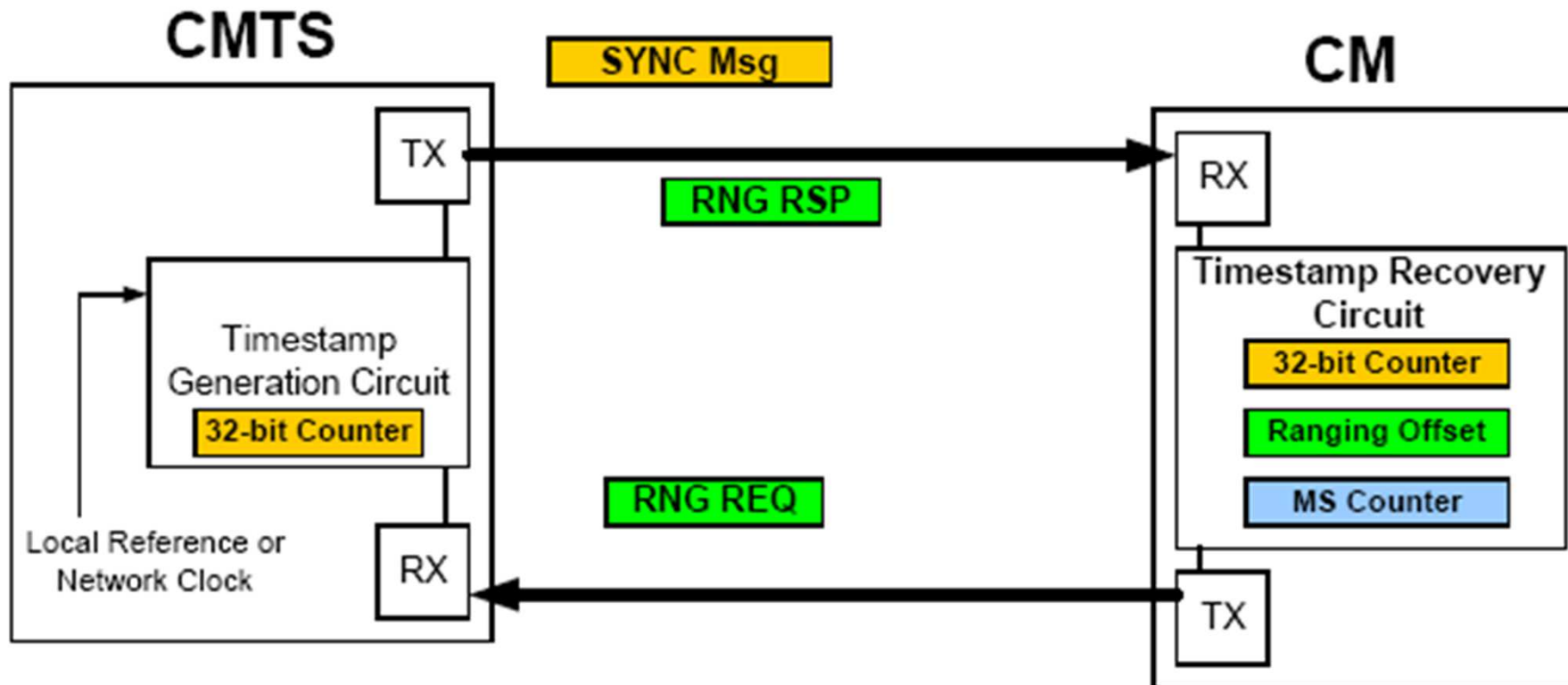
CM Protocol Stack



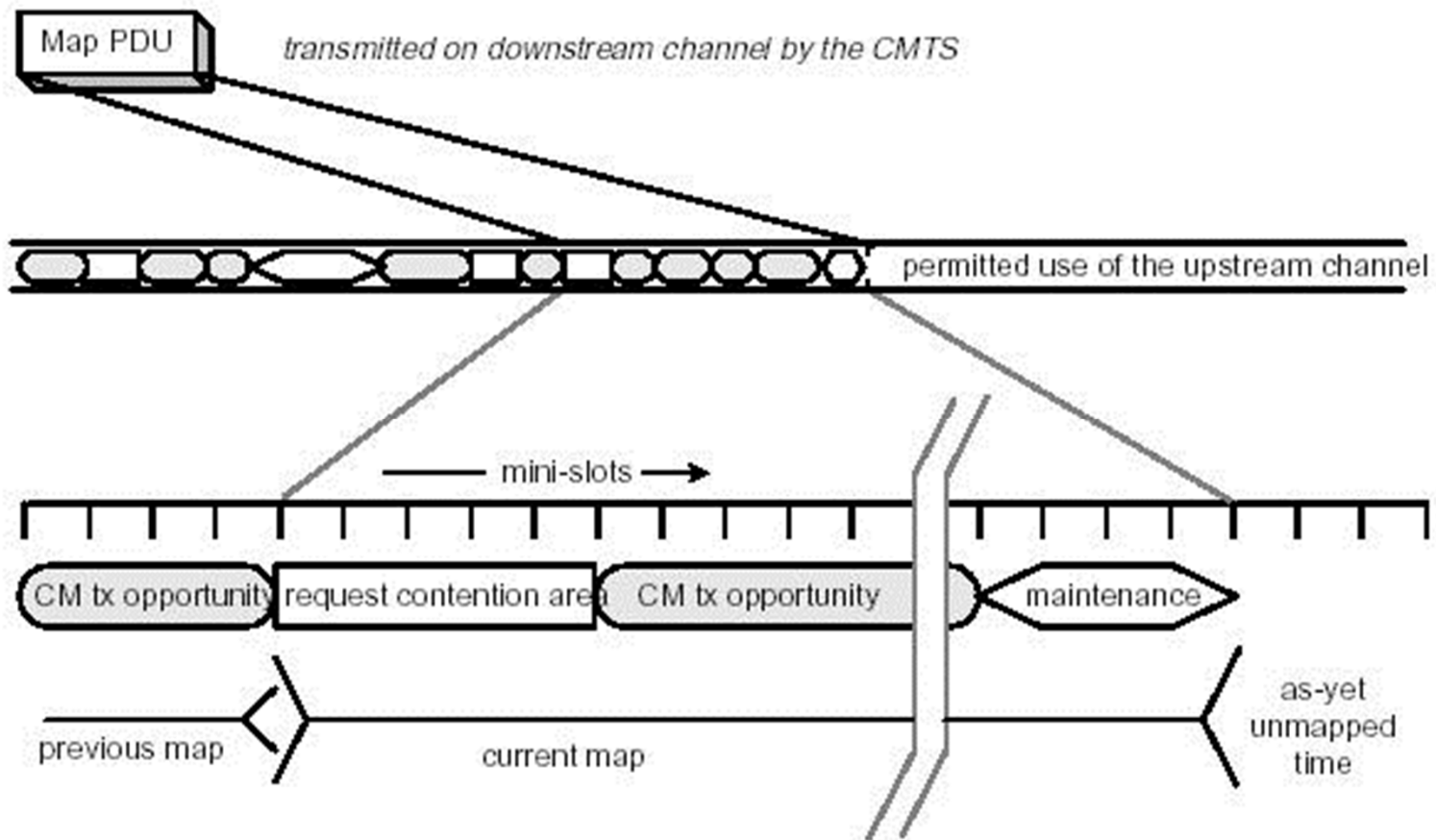
Órák szinkronizálása



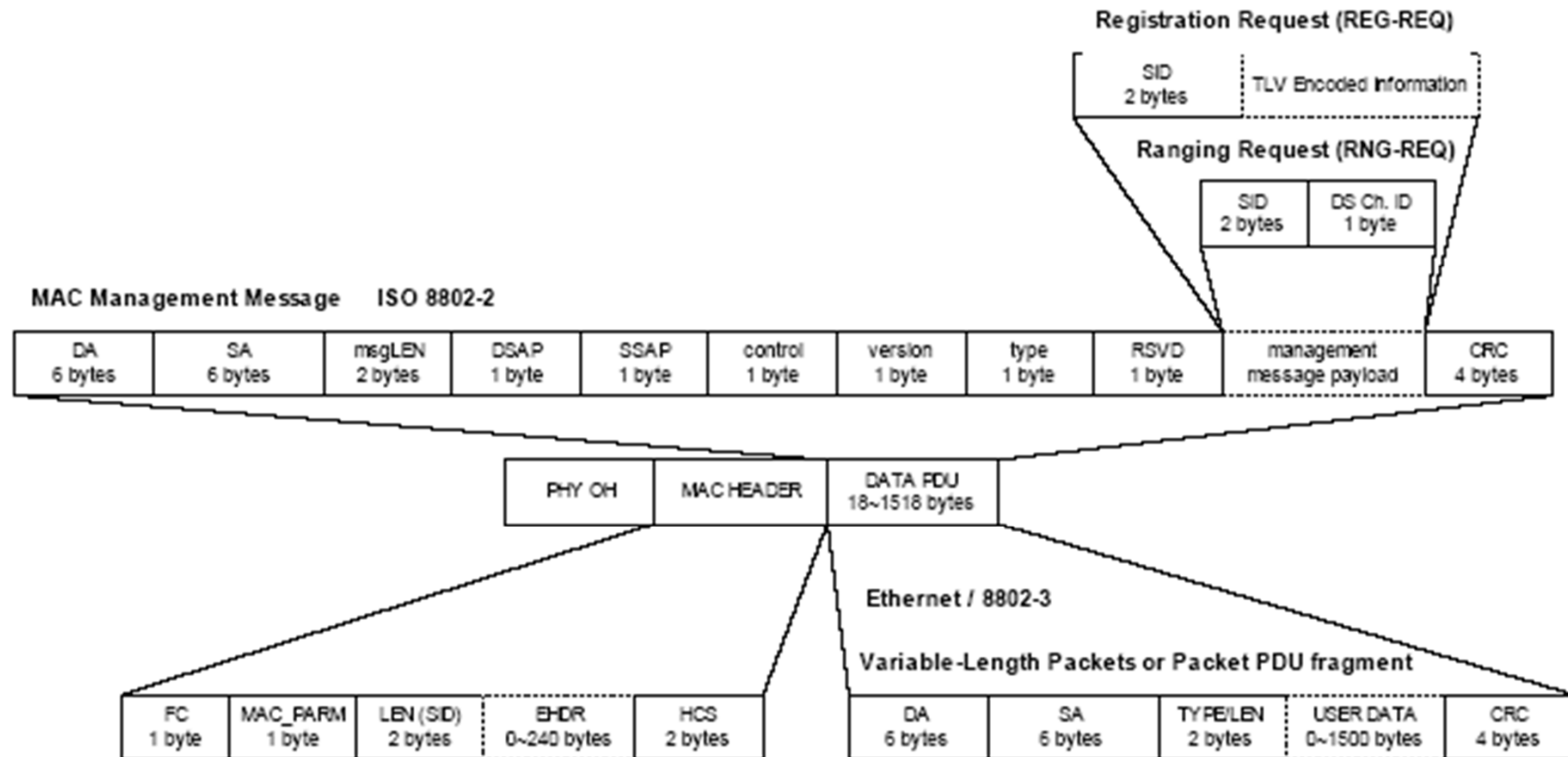
Ranging



MAC réteg



Keretformátumok



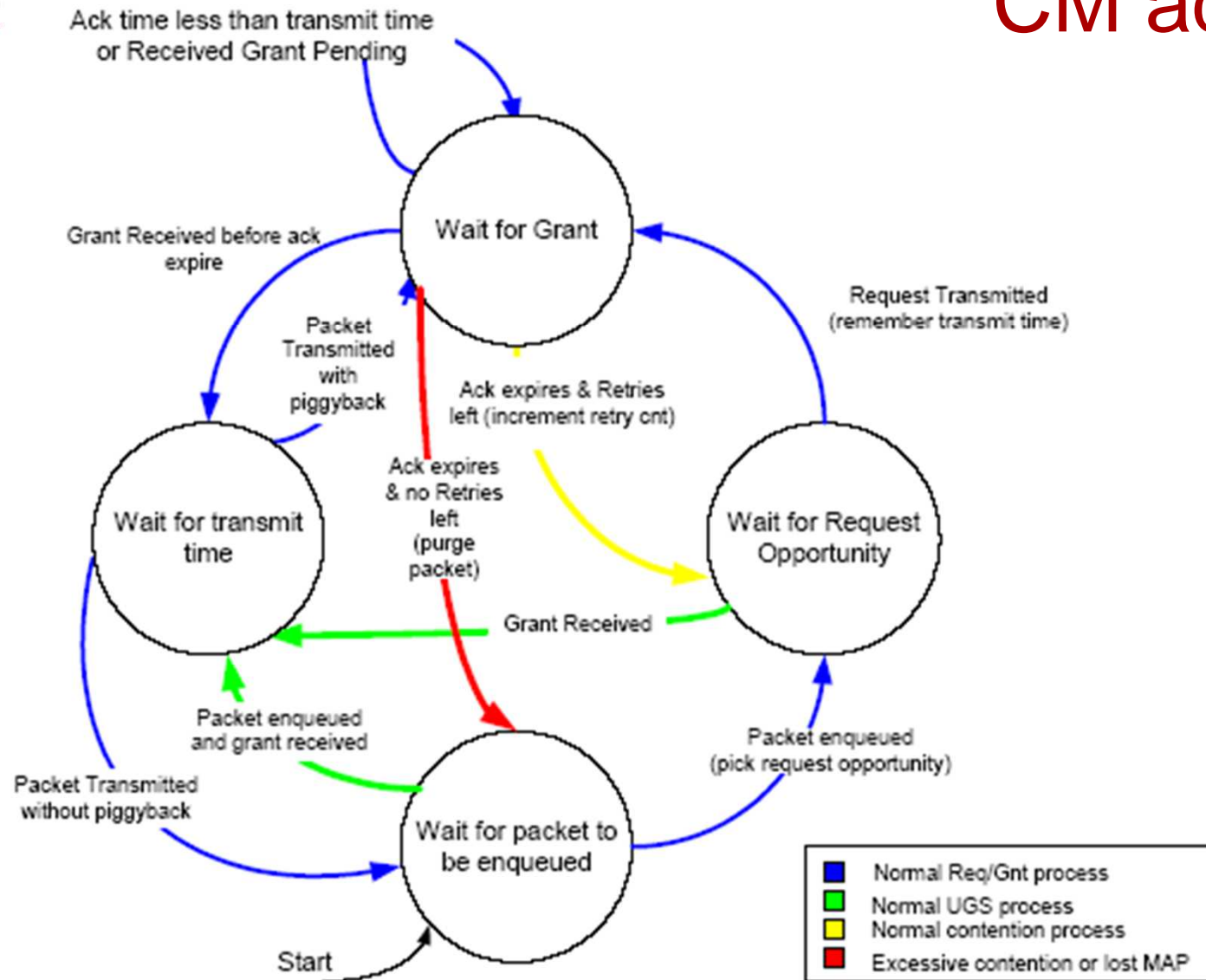
MAC menedzsment üzenet

MAC Management Message ISO 8802-2

DA 6 bytes	SA 6 bytes	msgLEN 2 bytes	DSAP 1 byte	SSAP 1 byte	control 1 byte	version 1 byte	msg type 1 byte	RSVD 1 byte	management message payload	CRC 4 bytes
---------------	---------------	-------------------	----------------	----------------	-------------------	-------------------	--------------------	----------------	-------------------------------	----------------

Type Value	Version	Message Name	Message Description
1	1	SYNC	Timing Synchronization
2	1	UCD	Upstream Channel Descriptor
3	1	MAP	Upstream Bandwidth Allocation
4	1	RNG-REQ	Ranging Request
5	1	RNG-RSP	Ranging Response
6	1	REG-REQ	Registration Request
7	1	REG-RSP	Registration Response
12	1	BPKM-REQ	Privacy Key Management Request [DOCSIS8]
13	1	BPKM-RSP	Privacy Key Management Response [DOCSIS8]
14	2	REG-ACK	Registration Acknowledge
15	2	DSA-REQ	Dynamic Service Addition Request
16	2	DSA-RSP	Dynamic Service Addition Response
17	2	DSA-ACK	Dynamic Service Addition Acknowledge
18	2	DSD-REQ	Dynamic Service Deletion Request
19	2	DSD-RSP	Dynamic Service Deletion Response
20	2	DSC-REQ	Dynamic Service Change Request
21	2	DSC-RSP	Dynamic Service Change Response
22	2	DSC-ACK	Dynamic Service Change Acknowledge
25-255			Reserved for future use

CM adáskérés



QoS támogatás

- DOCSIS 1.1 és 2.0 Service Flow: egyirányú adatfolyam késleltetés, jitter, sávszélesség, stb. paraméterekkel
- csomagok SF-hez rendelése - osztály alapú megoldás: priorítás, IP paraméterek, MAC cím, 802.1p/q paraméterek)

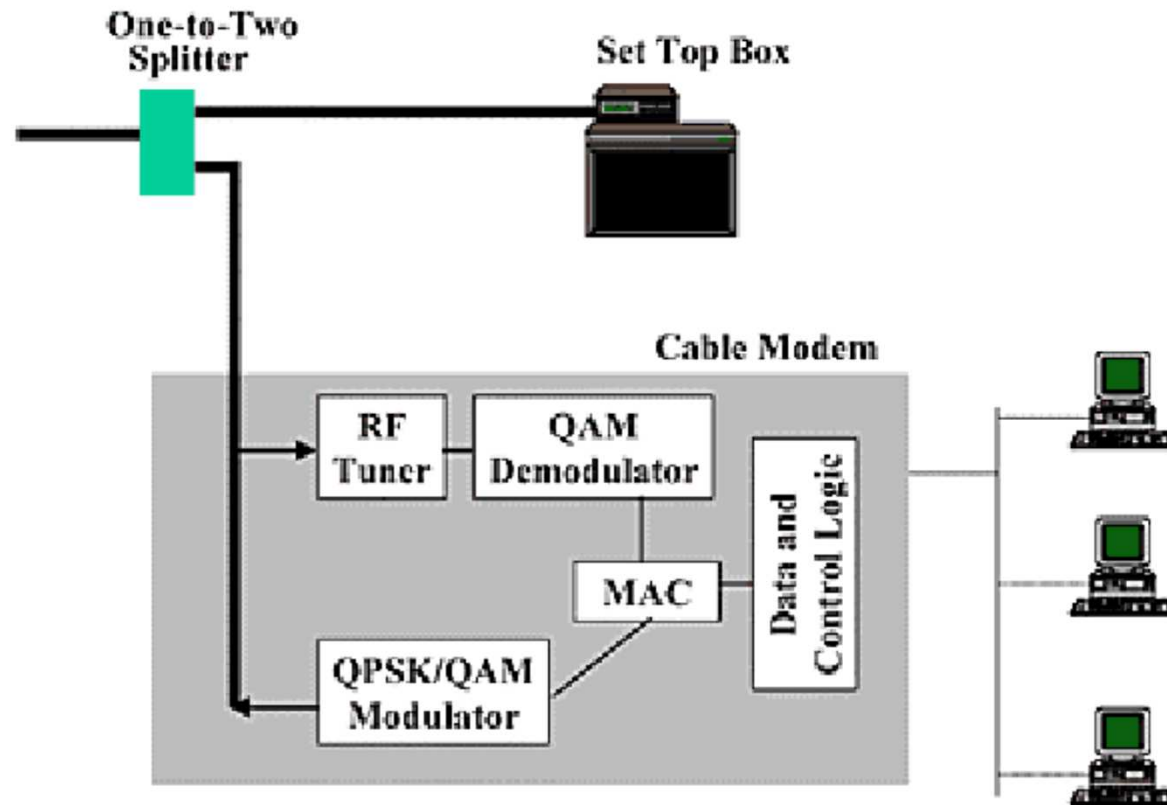
Upstream QoS szolgáltatások I.

- **Unsolicited Grant Service (UGS):** olyan real-time szolgáltatásokhoz, amelyek periodikusan fix méretű csomagokat generálnak (pl. VoIP). Ennél a szolgáltatásnál a CM nem küld adási kéréseket (REQ), a CMTS pedig kötelezően biztosít a CM számára megfelelő mennyiségű küldési intervallumot (data grant). Ennél a szolgáltatásnál a CM nem is küldhet adási kérést, így megszűnik a normál adatforgalomnál jelentkező overhead.
- **Real Time Polling Service (rtPS):** olyan real-time szolgáltatásokhoz, amelyek periodikusan változó méretű csomagokat generálnak (pl. MPEG video). Ilyenkor a CMTS periodikusan biztosít lehetőséget adási kérés küldésére. Így az overhead nagyobb, mint az UGS esetén, viszont a csomagméret változhat.
- **Unsolicited Grant with Activity Detection (UGS/AD):** olyan UGS szolgáltatásokhoz, amelyek hosszabb időre (néhányszor 10 ms vagy több) inaktívvá válhatnak (pl. VoIP, csendelnyomással). Aktív állapotú folyam esetén UGS-ként működik, azaz a CMTS periodikusan adási lehetőséget biztosít a CM számára. Inaktív folyam esetén az rtPS szerinti unicast polling eljárással adhat a CM.

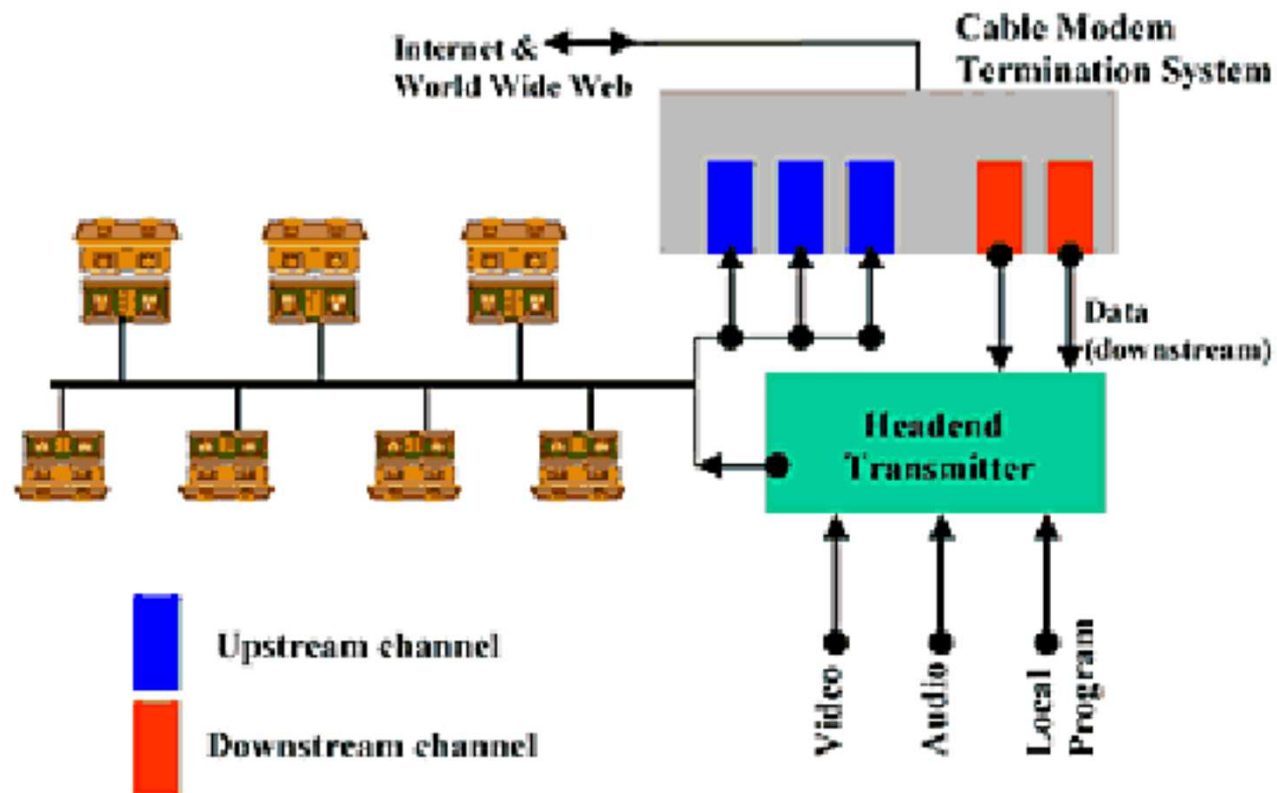
Upstream QoS szolgáltatások II.

- **Non-Real-Time Polling Service (nrtPS):** olyan szolgáltatásokat támogat, amelyek rendszeresen változó méretű csomagokat használnak (pl. FTP). A CMTS másodpercenként (igény szerint gyorsabban) lehetőséget biztosít adási kérésre, akkor is, ha egyébként a hálózat telített lenne. Az adási lehetőség biztosítása lehet periodikus vagy nem periodikus is.
- **Best Effort (BE):** Ebben az esetben a CM használhat normál adási kéréseket és felhasználhatja a kéretlen adási lehetőségeket is (unsolicited data grant). A szolgáltatás alapvető paraméterei a Minimum Reserved Traffic Rate, a Maximum Sustained Traffic Rate, és a Traffic Priority.
- A fentiekén kívül a szabvány röviden említést tesz a Committed Information Rate (CIR) szolgáltatásról. Ennek definiálására több lehetőség van, pl. vagy egy Best Effort vagy egy nrtPS adott Minimum Reserved Traffic Rate paraméterrel.

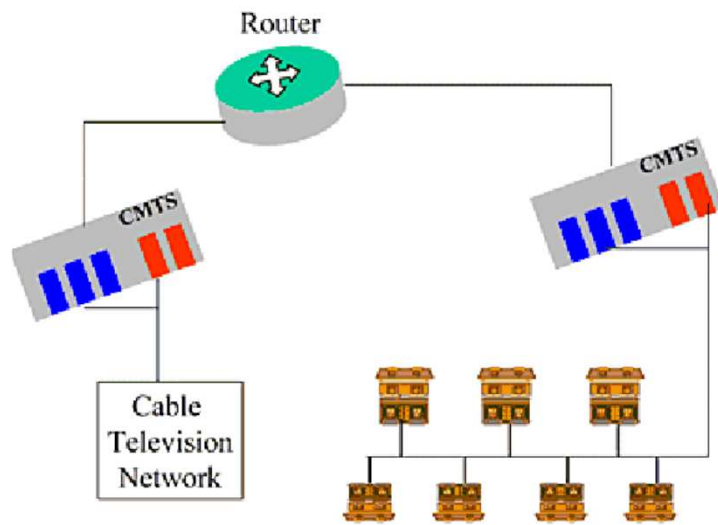
Kábelmodemes hozzáférés



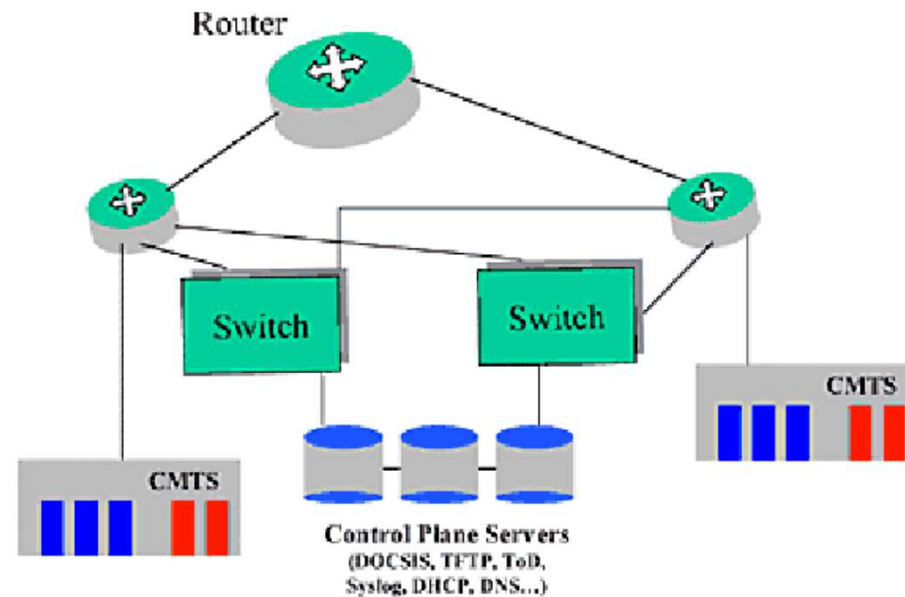
Kábelmodem rendszer végződése a headenden



Kábelmodem-rendszerre alapozott hálózat adatközpontjai

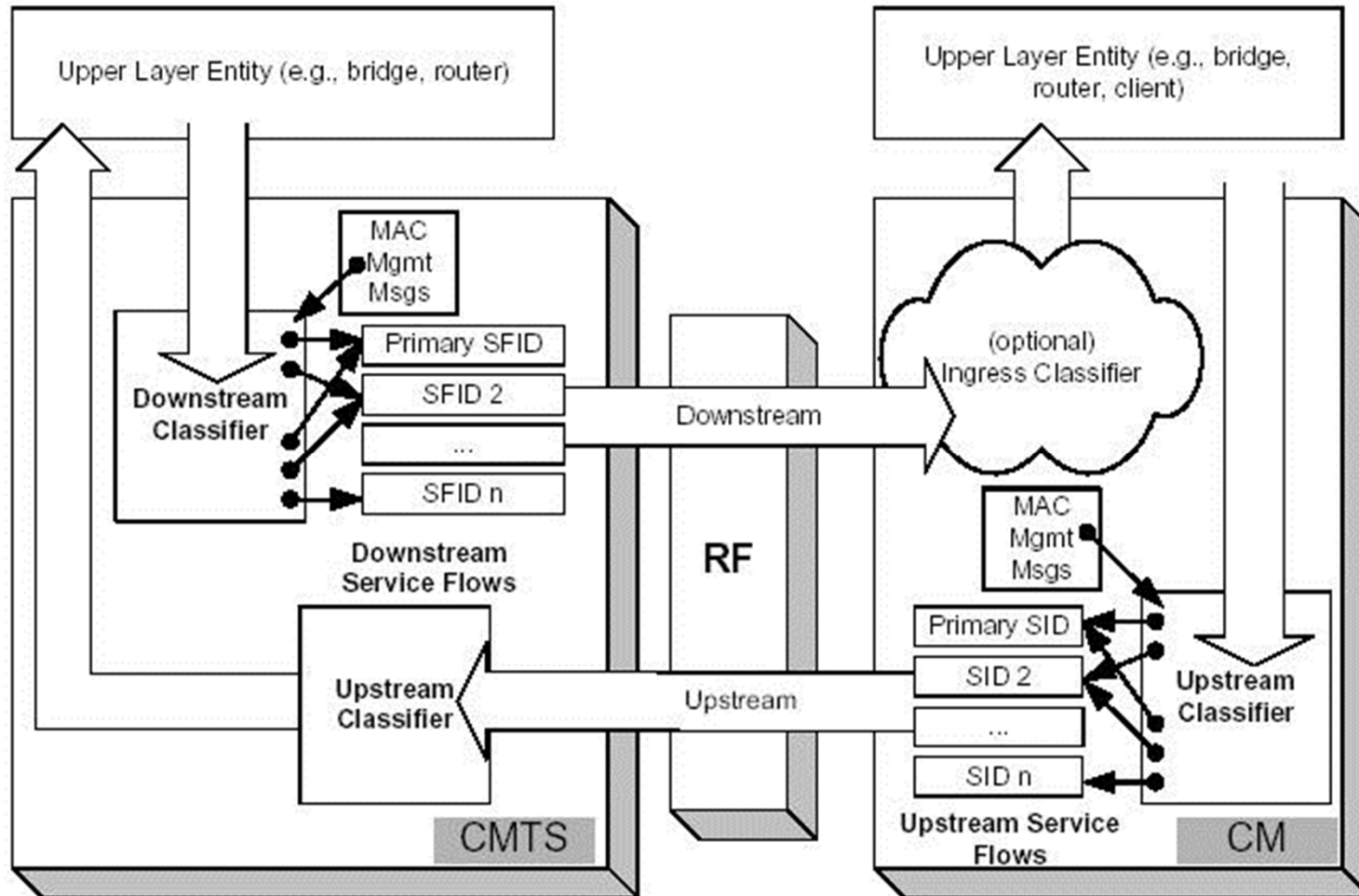


elosztó HUB

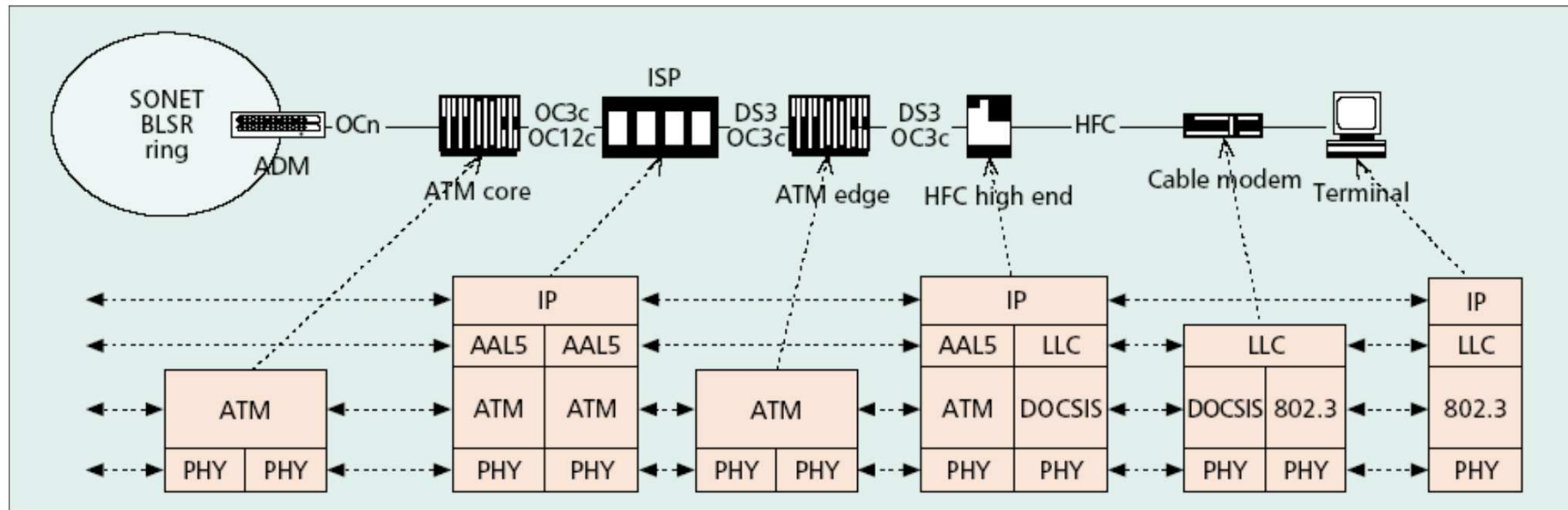


Super HUB

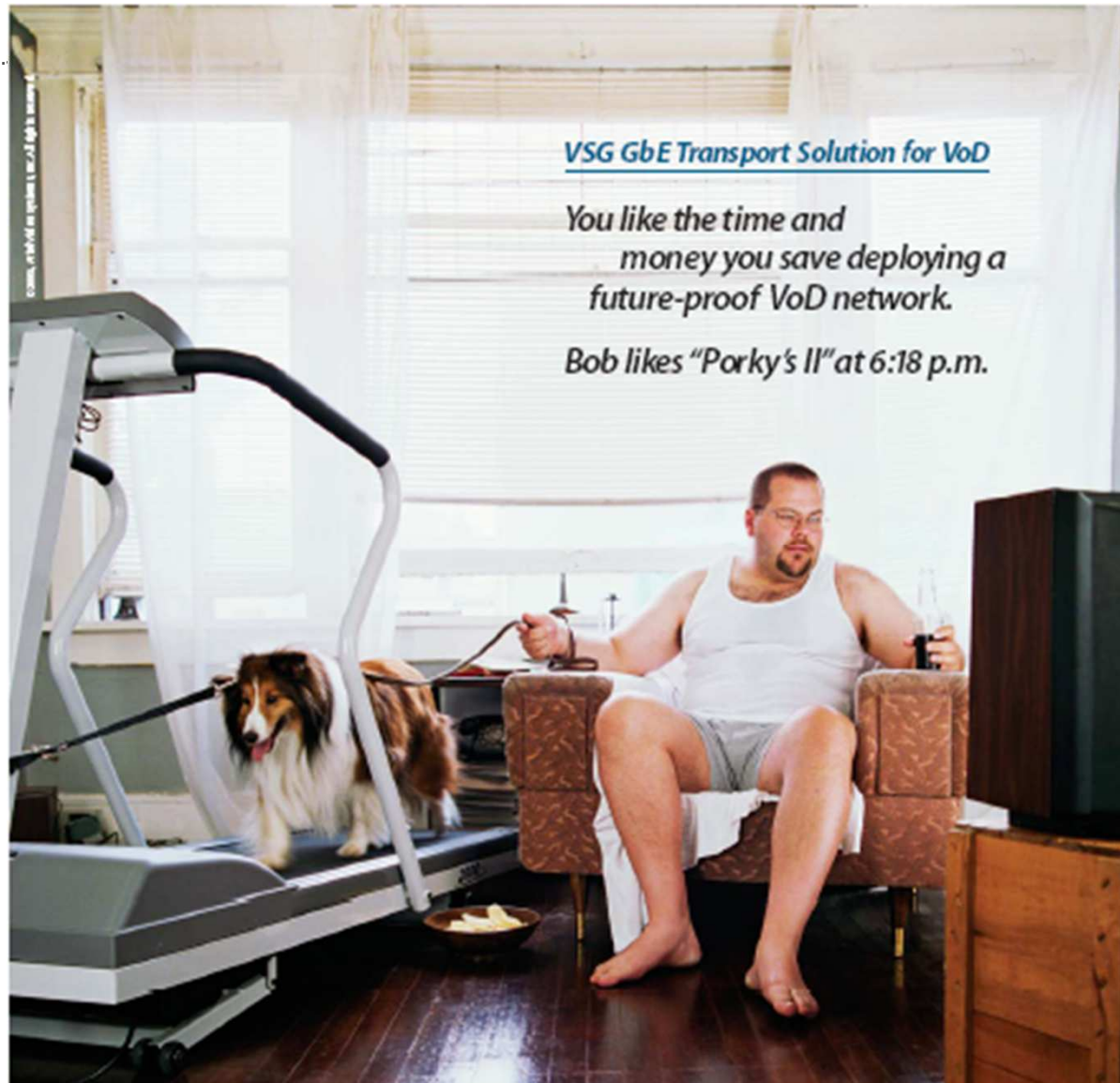
Service Flow – CMTS, CM



DOCSIS protokoll-architektúra



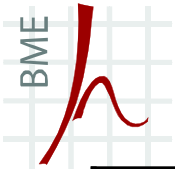
A CMTS hálózati oldalán ATM helyett jelenleg már inkább Ethernetet alkalmaznak (RFC 1042 – 802.3 vagy RFC 894)



VSG GbE Transport Solution for VoD

*You like the time and
money you save deploying a
future-proof VoD network.*

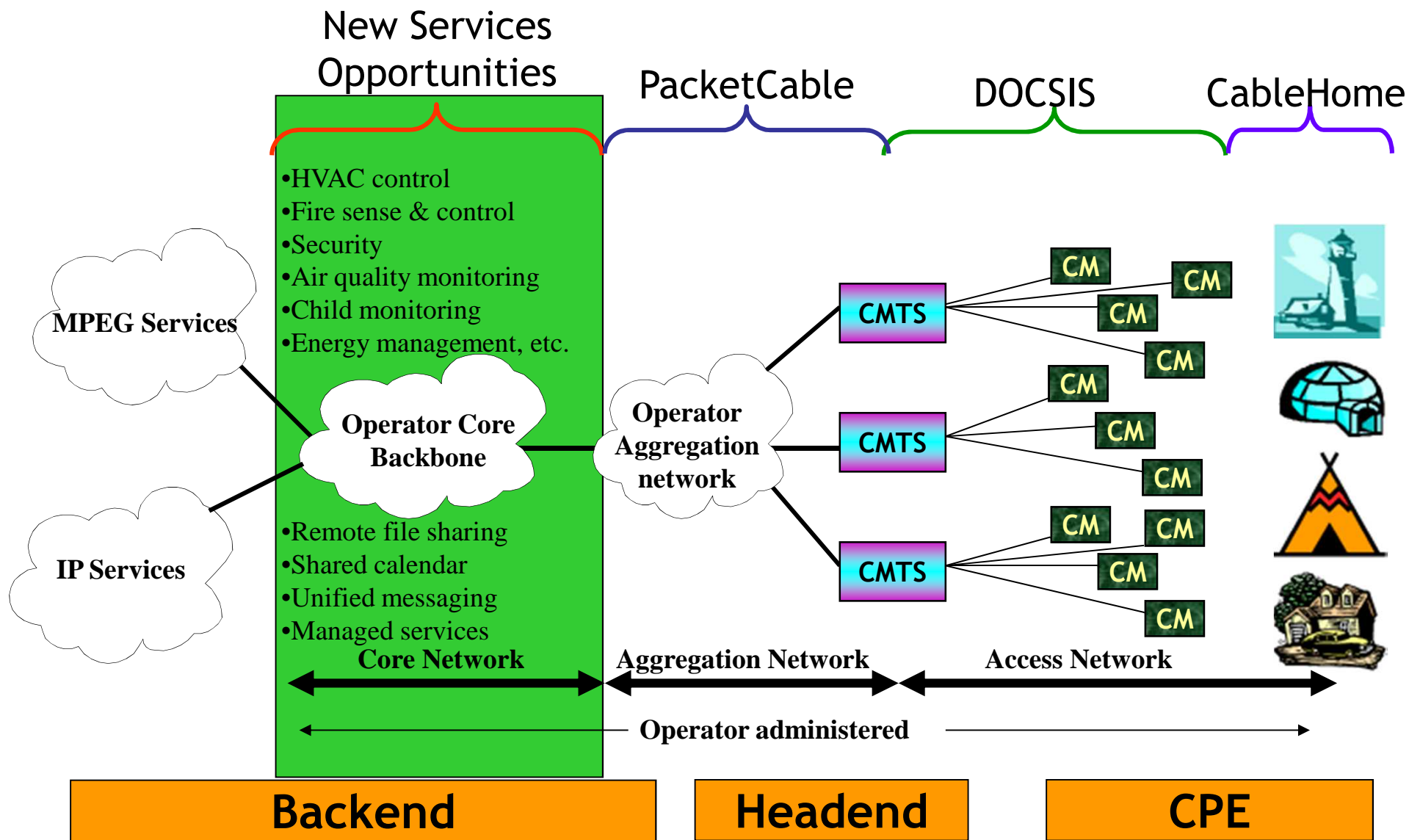
Bob likes "Porky's II" at 6:18 p.m.

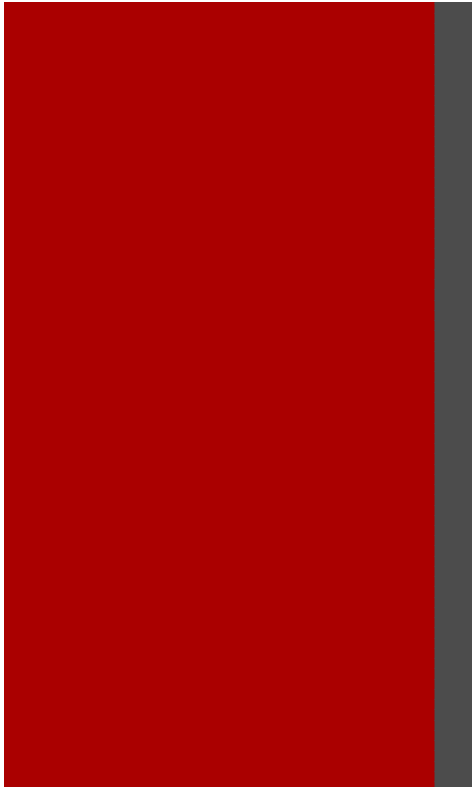
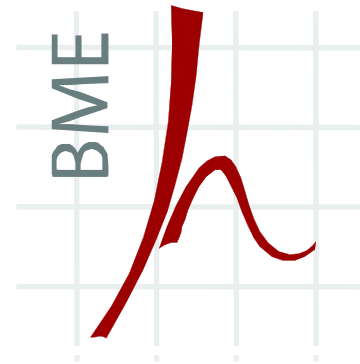


DOCSIS™ Road Map

DOCSIS	Key Features	Benefits/Services
DOCSIS 3.1 (2013) (d 400Mbps-10Gbps, u 300Mbps-1Gbps)	<ul style="list-style-type: none"> • Extended spectra (US: 200MHz, DS: 1,2 GHz) • OFDM, max. 4094 QAM 	
DOCSIS 3.0 (2006) (d 300 Mbps – 1.2 Gbps, u 100-300 Mbps)	<ul style="list-style-type: none"> • Channel aggregation (bonding) • IPv6 	<ul style="list-style-type: none"> • Multicast
DOCSIS 2.0 (2001) (30 Mbps u/s)	<ul style="list-style-type: none"> • Mandatory S-CDMA/ TDMA • Best of DOCSIS 	<ul style="list-style-type: none"> • Symmetric services • Peer-to-peer • Business-to-business (20 T1 capacity)
DOCSIS 1.1 (1999) (10 Mbps u/s)	<ul style="list-style-type: none"> • QoS • Pre-EQ • Operations • Security 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiered service • Double u/s capacity • Lower op's costs • Better than competitor
DOCSIS 1.0 (1997) (5 Mbps u/s)	<ul style="list-style-type: none"> • Spec'd for retail • Standard spec 	<ul style="list-style-type: none"> • High speed data • Internet access

Cable Architecture





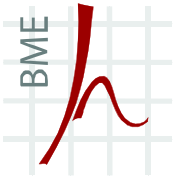
DOCSIS 3.0

DOCSIS 3.0

- **Megváltozott követelmények**
 - nagyobb sávszélesség
 - IPv6 előkészületek
 - multicast
- **Újdonságok (DOCSIS 2.0/hoz képest)**
 - csatornanyalábolás: legalább négy csatorna egyenként 10-30 Mbps
 - IPv6 támogatás
 - továbbfejlesztett multicast támogatás:
 - SSM (Source-Specific Multicast)
 - IGMPv3 (Internet Group Management Protocol - RFC3376 és RFC 5186: MLDv2)
 - downstream identifier (multicast menedzselés nyalábolt csatornák felett)

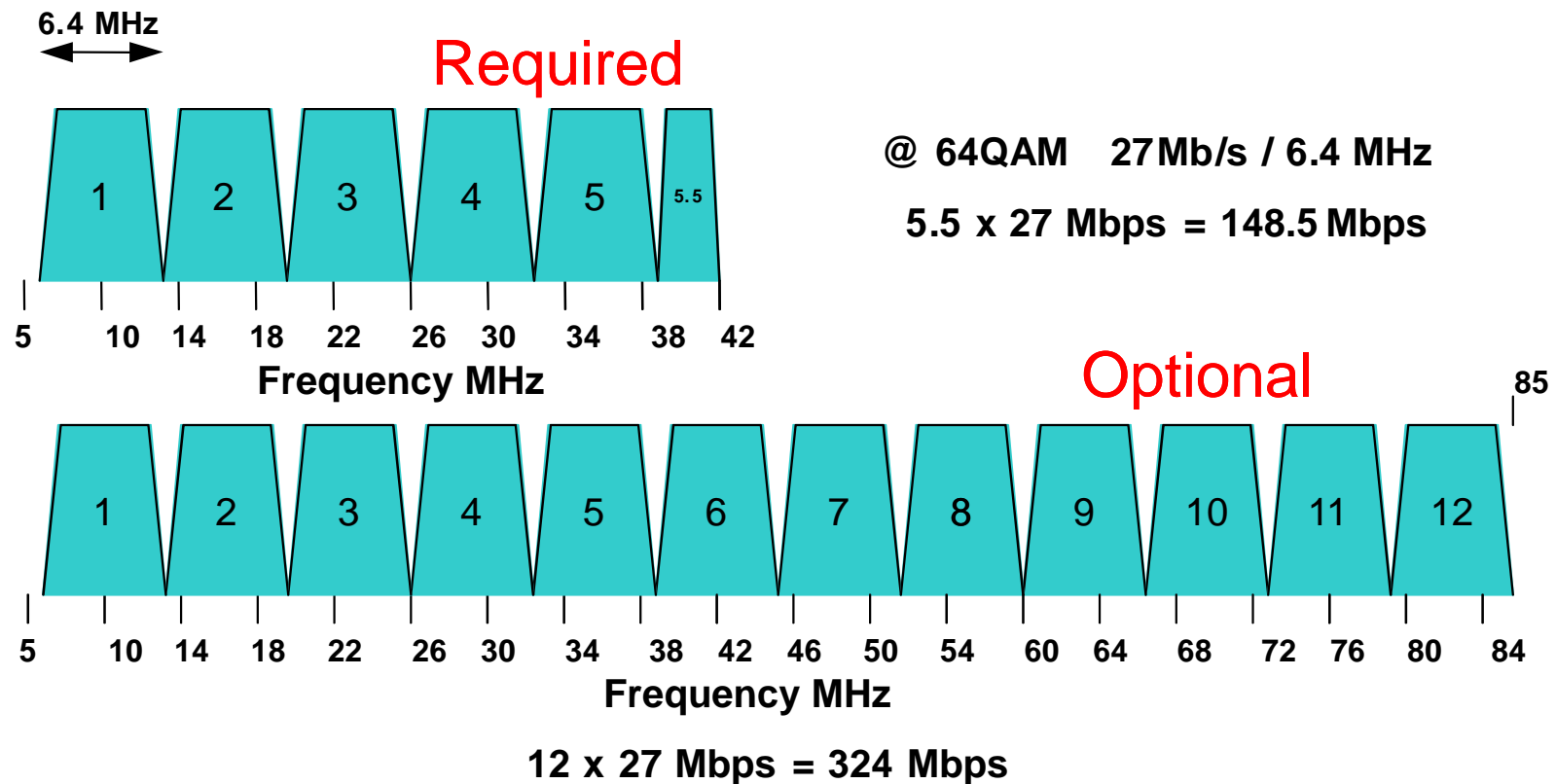
DOCSIS 3.0 jellemzők

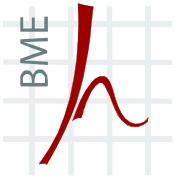
- **MAC Layer**
 - Downstream és upstream csatornák nyalábolása
 - legalább négy csatorna egyenként 10-30 Mbps
- **Network Layer**
 - IPv6 support
 - IP Multicast (IGMPv3/MLDv2, SSM, QoS)
- **Security**
 - Certificate Revocation Management
 - Runtime SW / Config validation
 - Enhanced Traffic Encryption (AES)
 - Certificate Convergence
 - Early Authentication & Encryption
 - TFTP Proxy
- **Network Management**
 - Diagnostic Log (**Flaplist**)
 - Internet Protocol Data Record (IPDR) kitejesztések alkalmazása
 - Kapacitás-menzsement
 - Továbbfejlesztett jelminőség-monitorozás
- **Physical Layer**
 - Kapcsolható 5-42 MHz, 5-65 MHz, or 5-85 MHz US sáv
 - S-CDMA aktív kódválasztás
- **Commercial Services**
 - T1/E1 Circuit Emulation támogatás



DOCSIS 3.0 Upstream Bandwidth

- Upstream operation can be extended from 5-42 MHz to 5-85 MHz to add nearly 200 Mbps of potential capacity





Use of Cable Spectrum

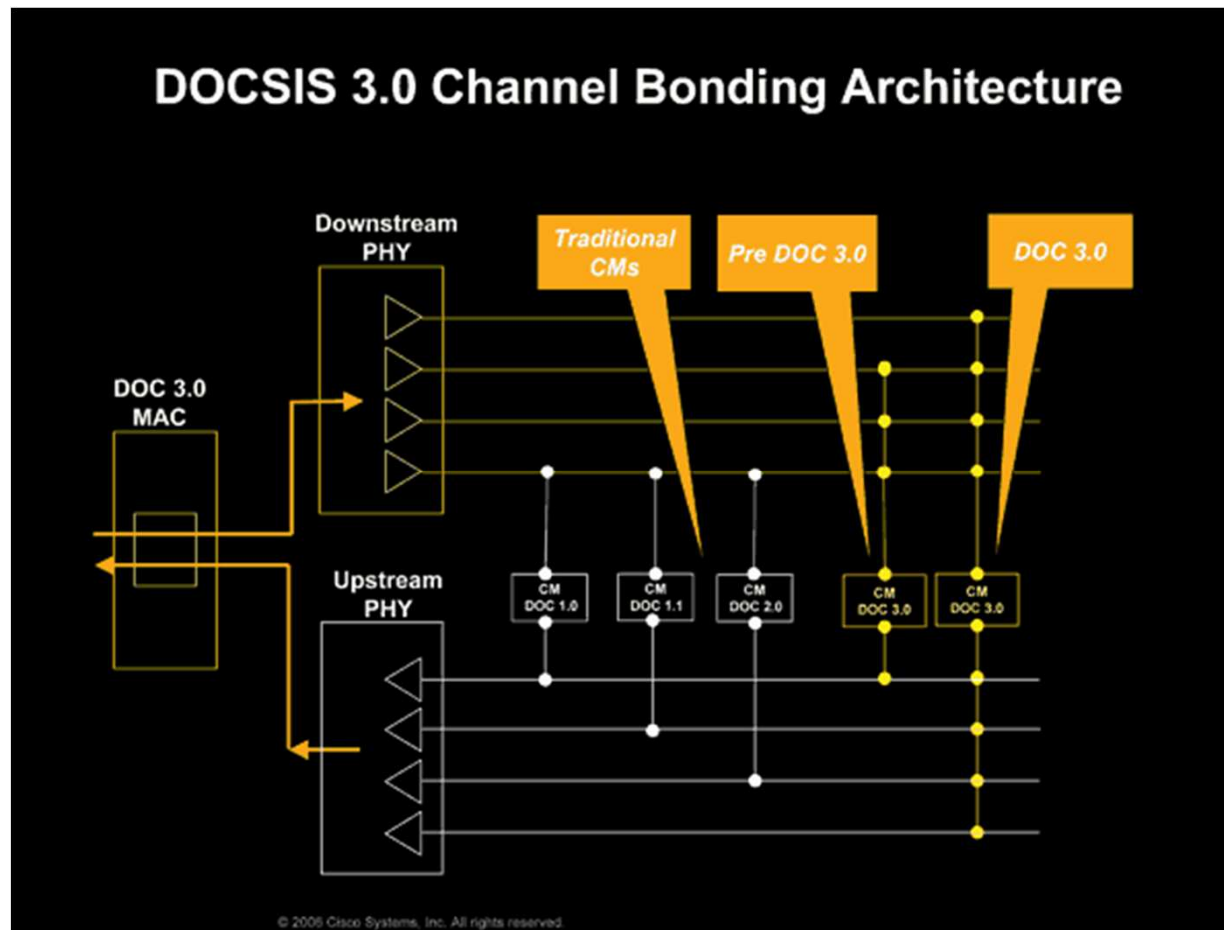
- Same amount of RF spectrum delivered to each home passed
- Spectrum may be reused for interactive services by sub-dividing into service groups

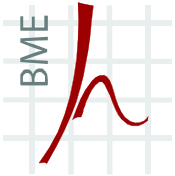
	Number of 6 MHz Channels per Household	Service Group Size**	Spectral Reuse	Total Delivered Channels per 20,000 HHP hub	Percentage of Delivered Bandwidth
Linear Content	101	20,000	1	101	17%
SDV	16	900	22	352	60%
VoD	4	1,500	13	52	9%
Broadband*	4	1,000	20	80	14%
	125			585	100%

*Includes upstream

**Representative values only, wide variation in practice due to cable system specifics

Csatornák nyalábolása



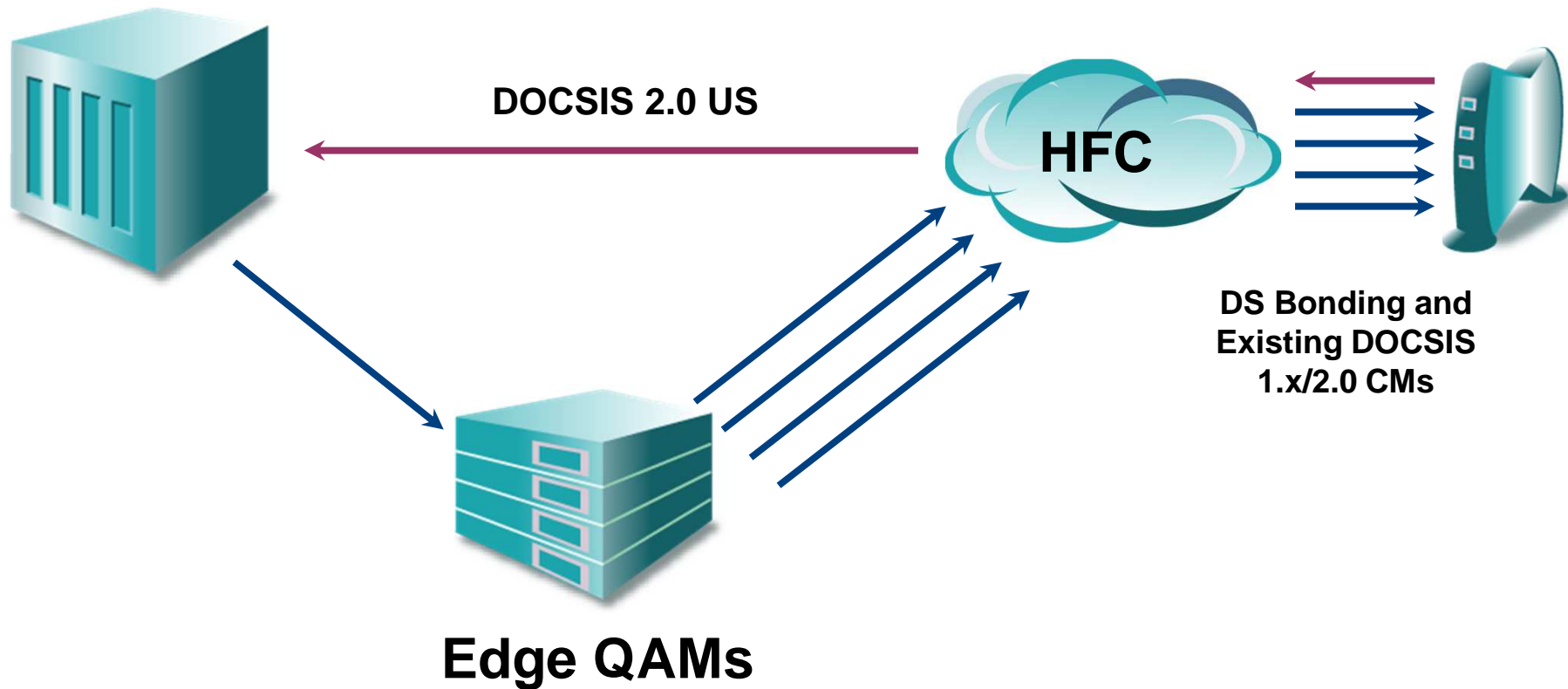


CMTS migráció

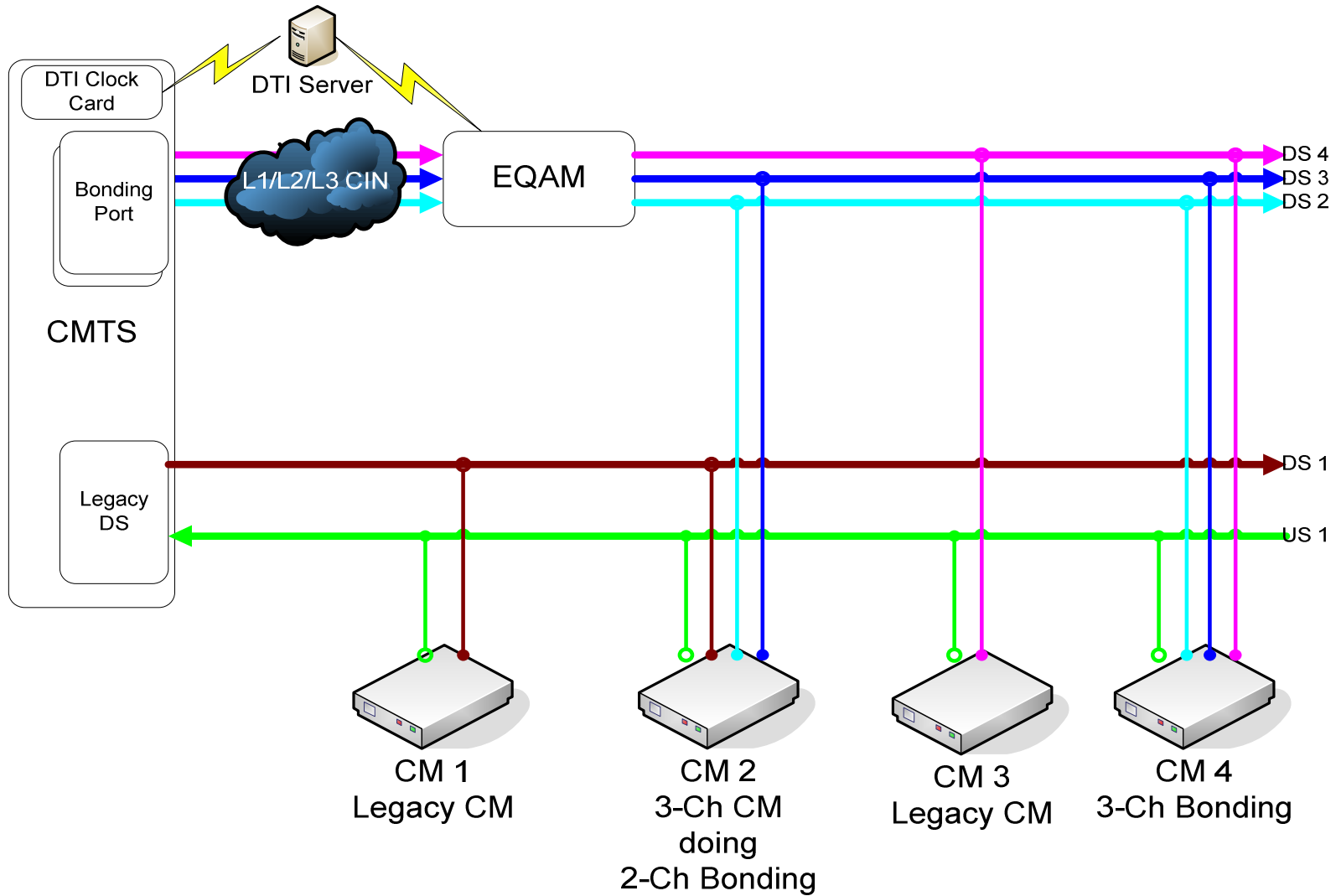
- Hagyományos CMTS
- Integrated CMTS Modules with Fixed Downstream and Upstream channels
- Ex. 2 DS and 8 US Channels
- Features High Availability “Protected” Bandwidth
- Today’s CMTS
- Integrált CMTS
- Integrated CMTS Modules with Decoupled Downstream and Upstream channels
- Ex. xx QAM DS Module
- Features High Availability “Protected” bandwidth
- 2007 Deployment
- Moduláris CMTS
- Modular CMTS Modules with Decoupled Downstream and Upstream channels
- Ex. xx QAM DS Module
- Features Superior Scalability with “Unprotected” bandwidth
- 2007 Deployment

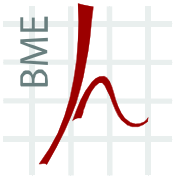
DOCSIS 3.0 migráció: M-CMTS

Current CMTS

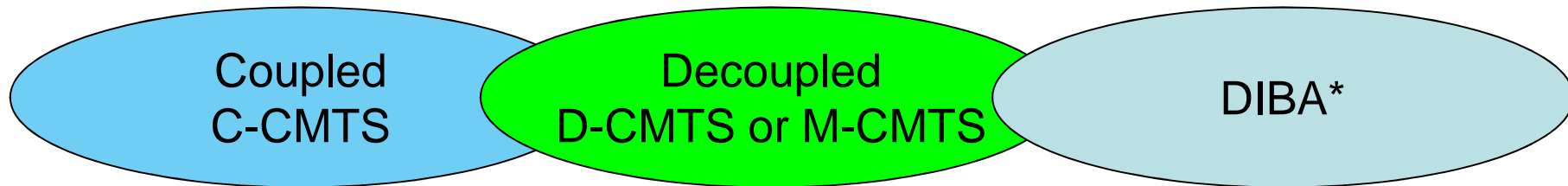


M-CMTS topológia

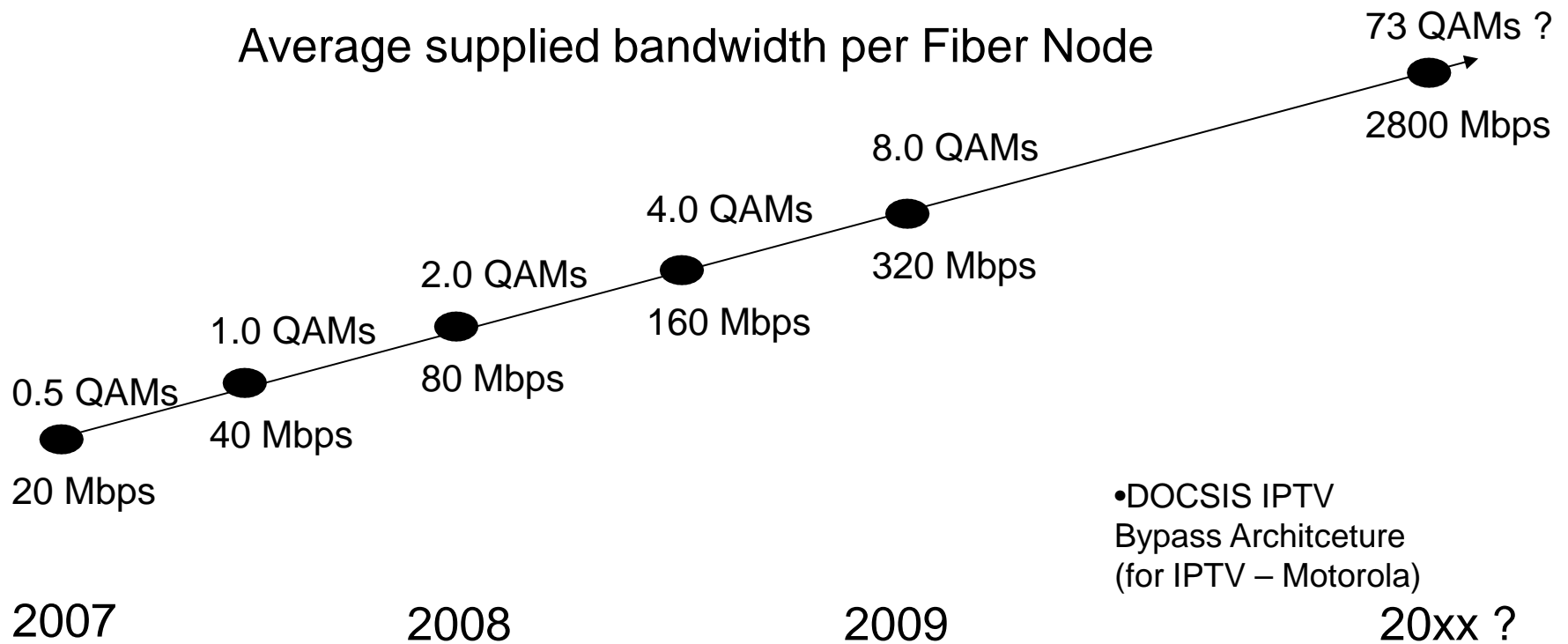




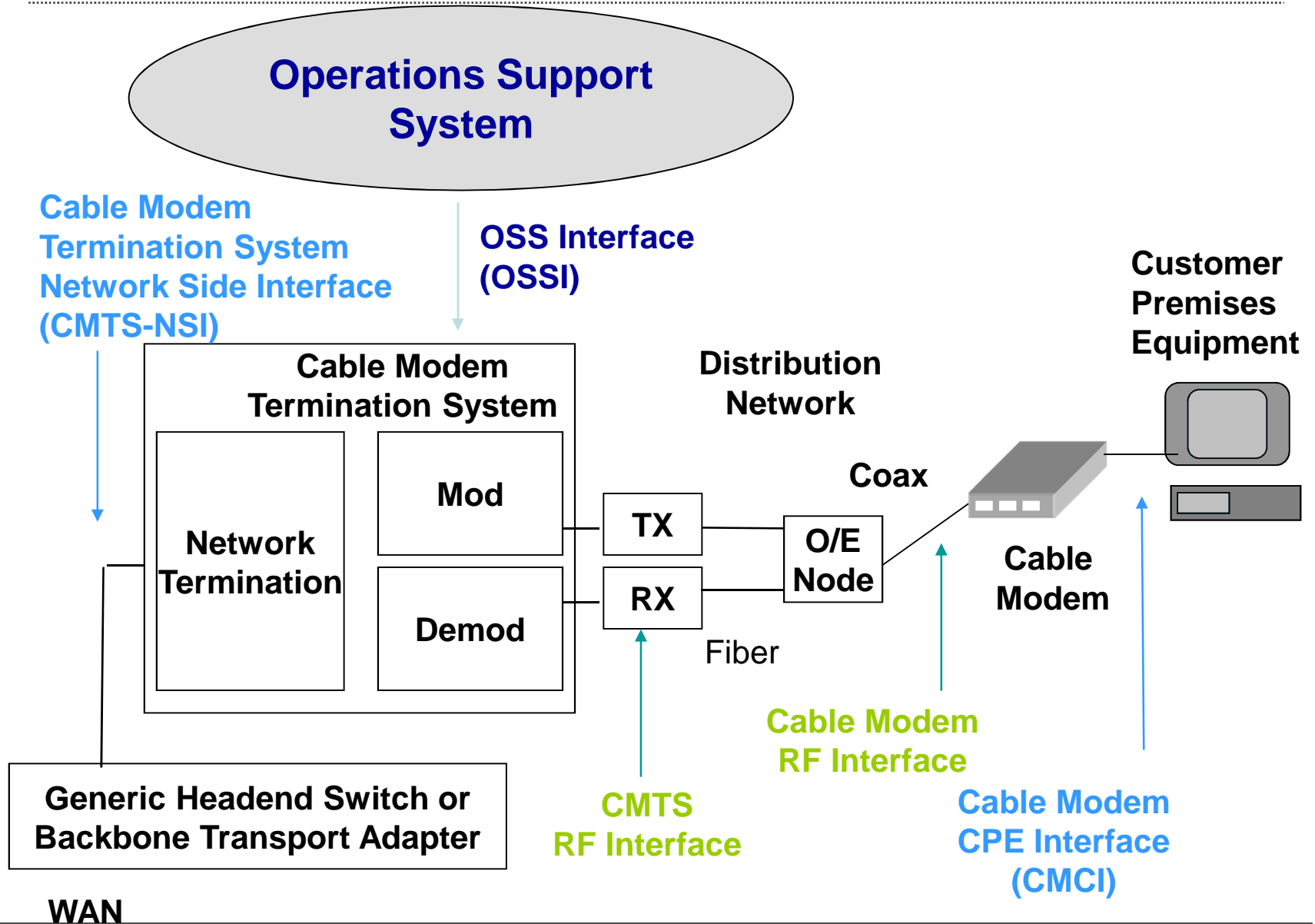
Architecture Migration



Average supplied bandwidth per Fiber Node

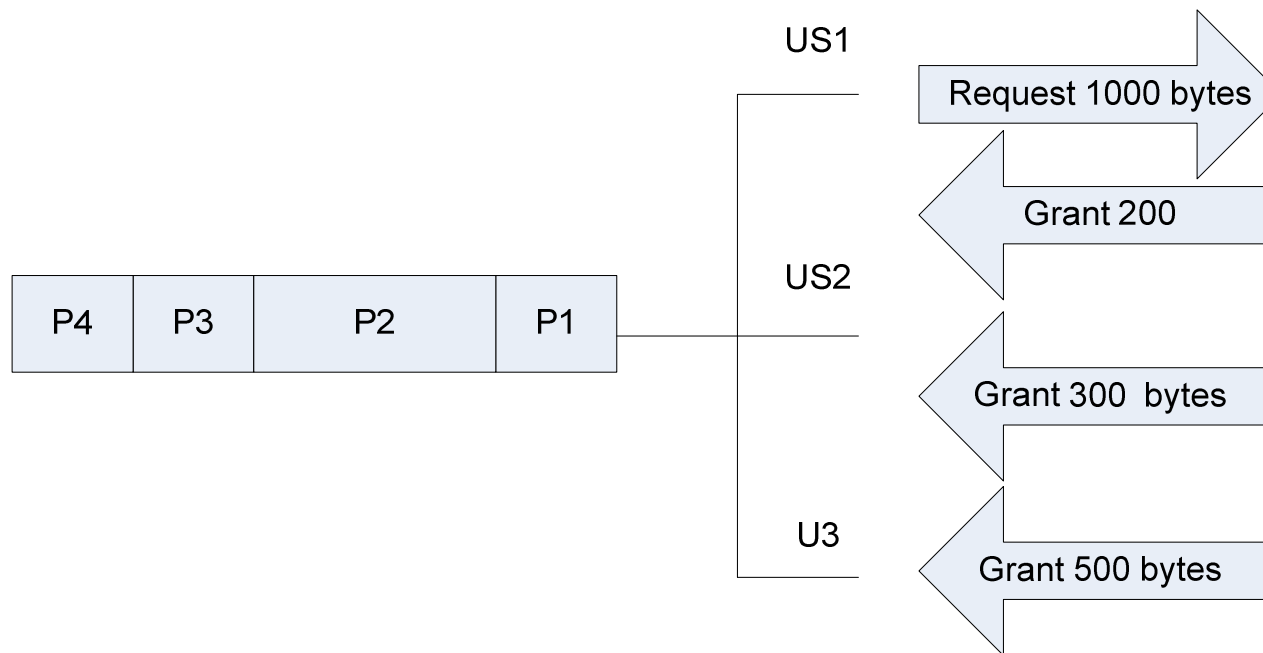


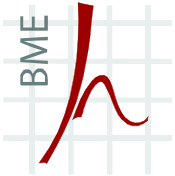
Euro-DOCSIS Reference Architecture



Upstream Channel Bonding

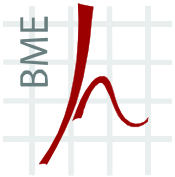
- **Upstream bonding**
 - Single flow can consume all BW on multiple USs
- **Continuous Concatenation & Fragmentation (CCF)**
 - Improved form of concatenation and fragmentation that is needed for DOCSIS 3.0 operation



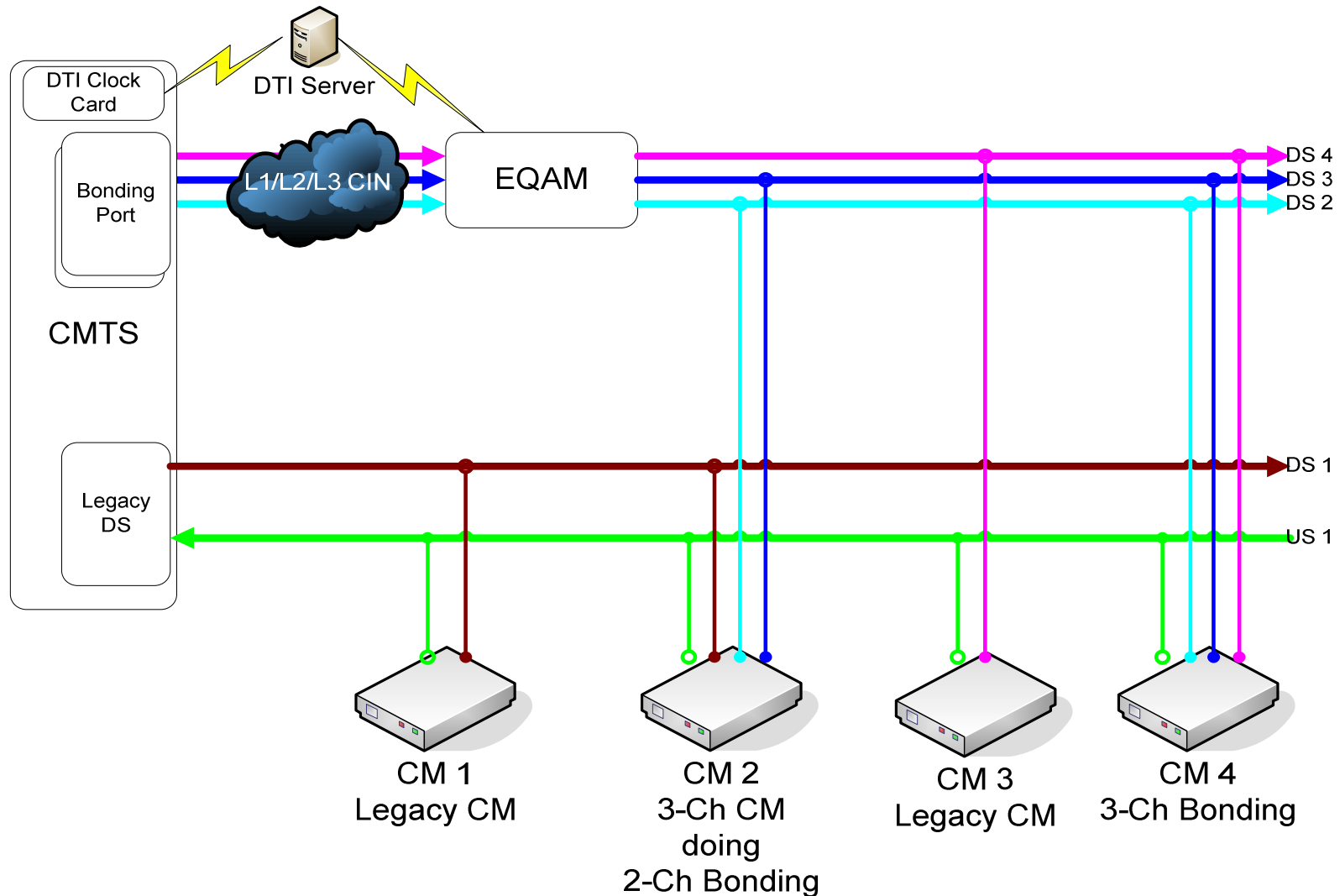


Upstream Bonding Service Drivers

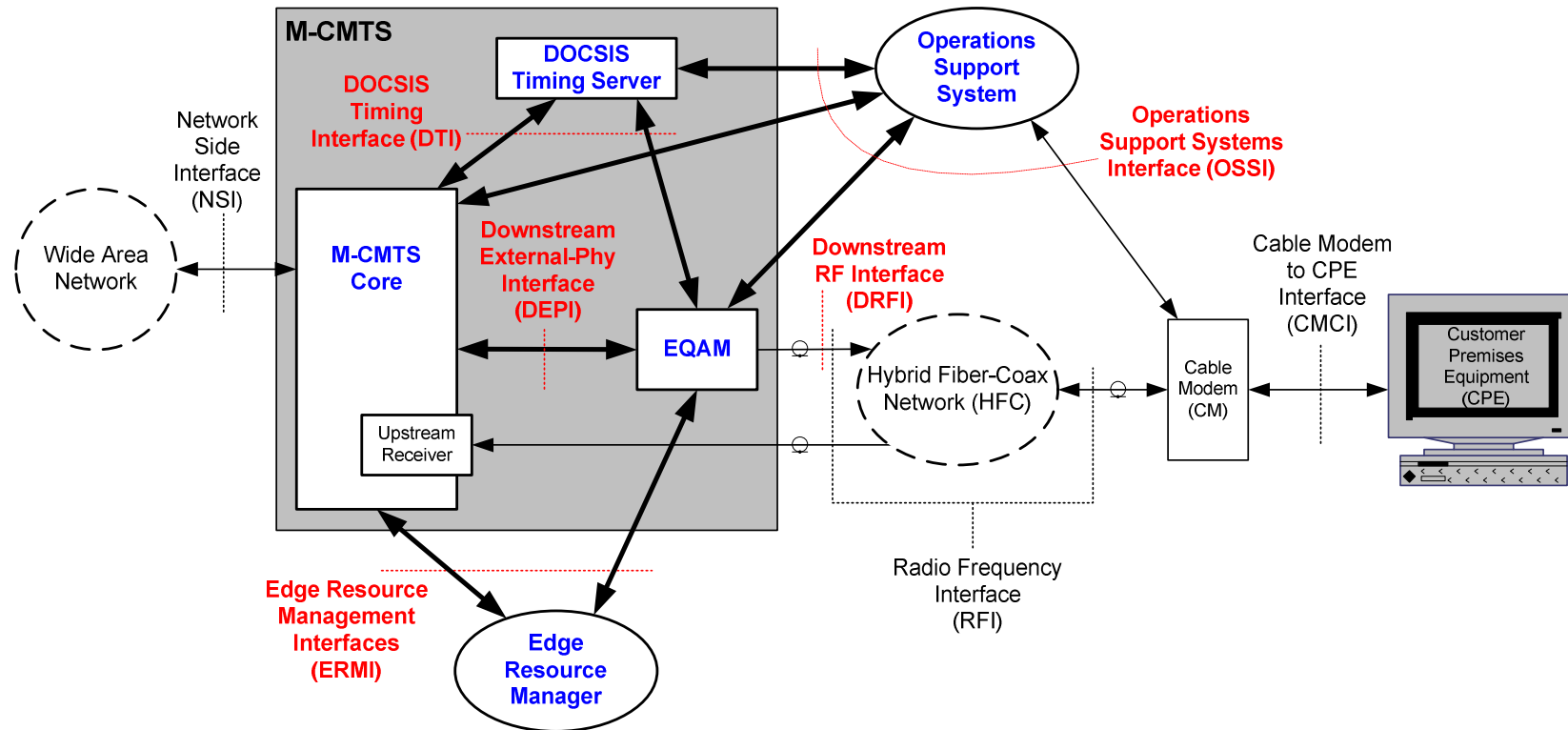
- Competition against FTTH
 - Deliver 20+ Mbps
- High BW residential data
- User generated content
 - Video and photo uploads
 - Proliferation of social sites
- Video conferencing
 - TelePresence
- Commercial service
 - High BW **symmetrical** data services
 - Bonded T1
 - High BW Ethernet/L2VPN service



M-CMTS Network Topology

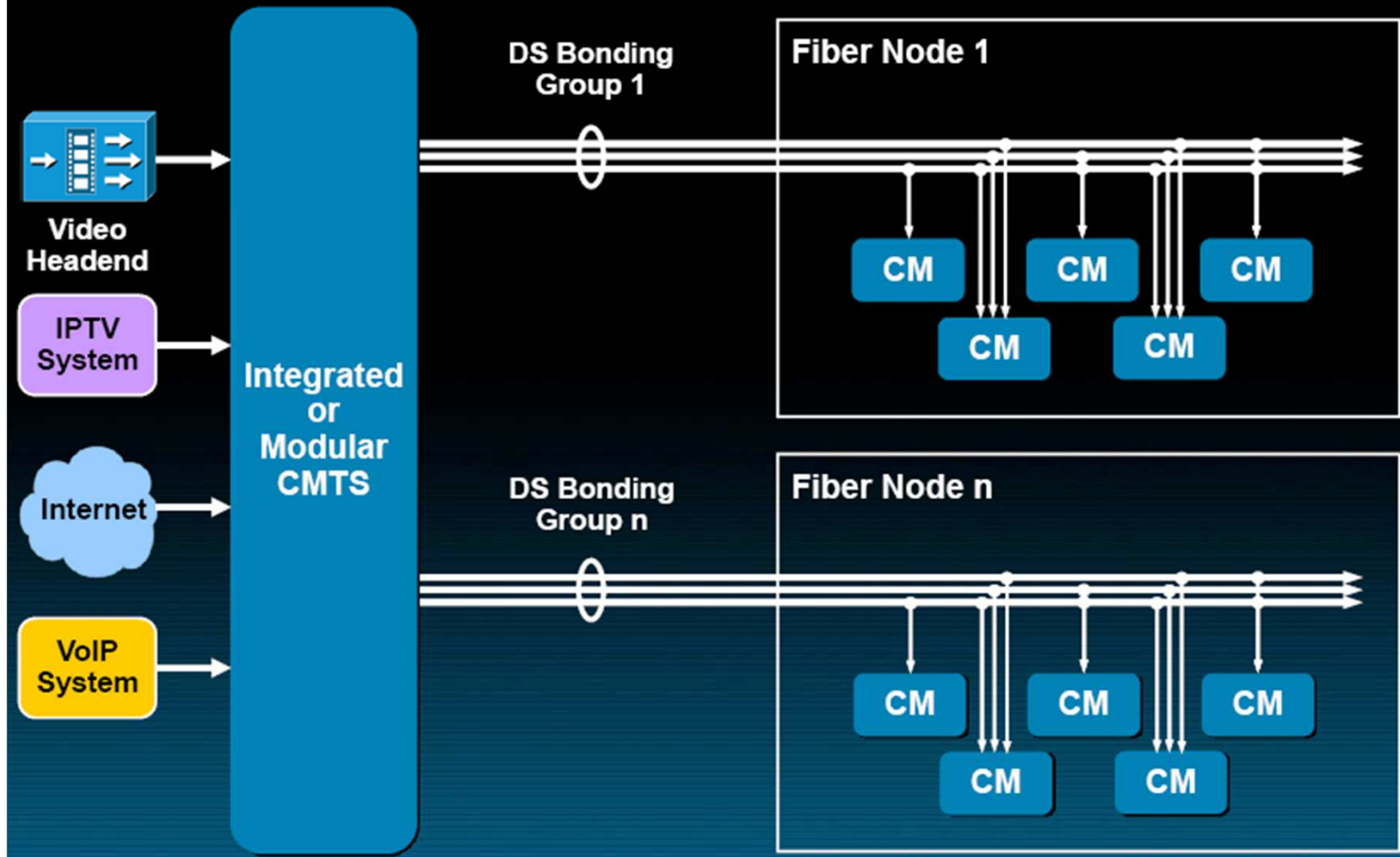


M-CMTS

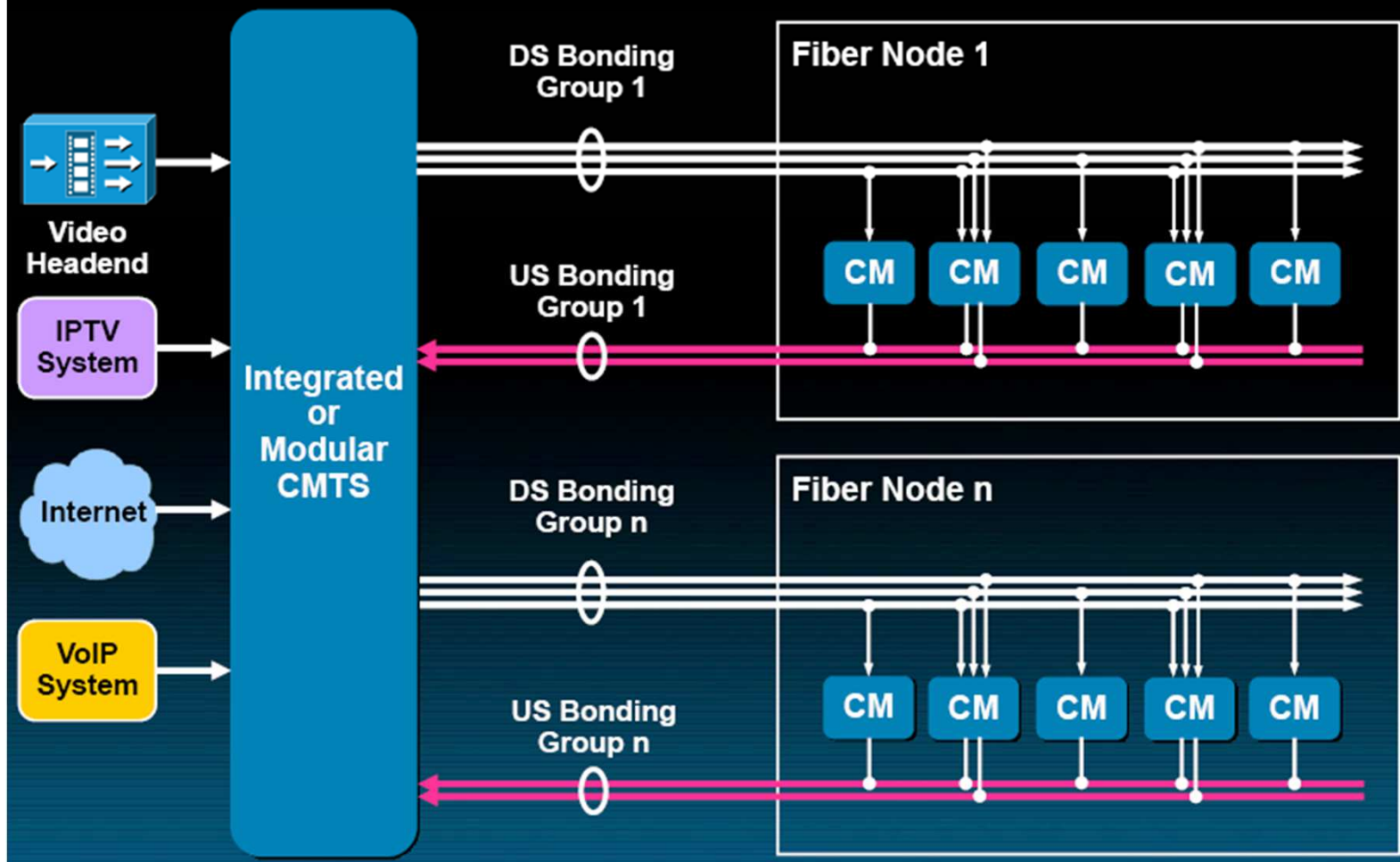


- Key DOCSIS 3.0 enabling technology
- DS scalability of DOCSIS 1.x/2.0
- Easy migration to DOCSIS 3.0 DS channel bonding
- Enables service convergence and QAM sharing (Video and Data)
 - Creates efficiency in CAPEX/service

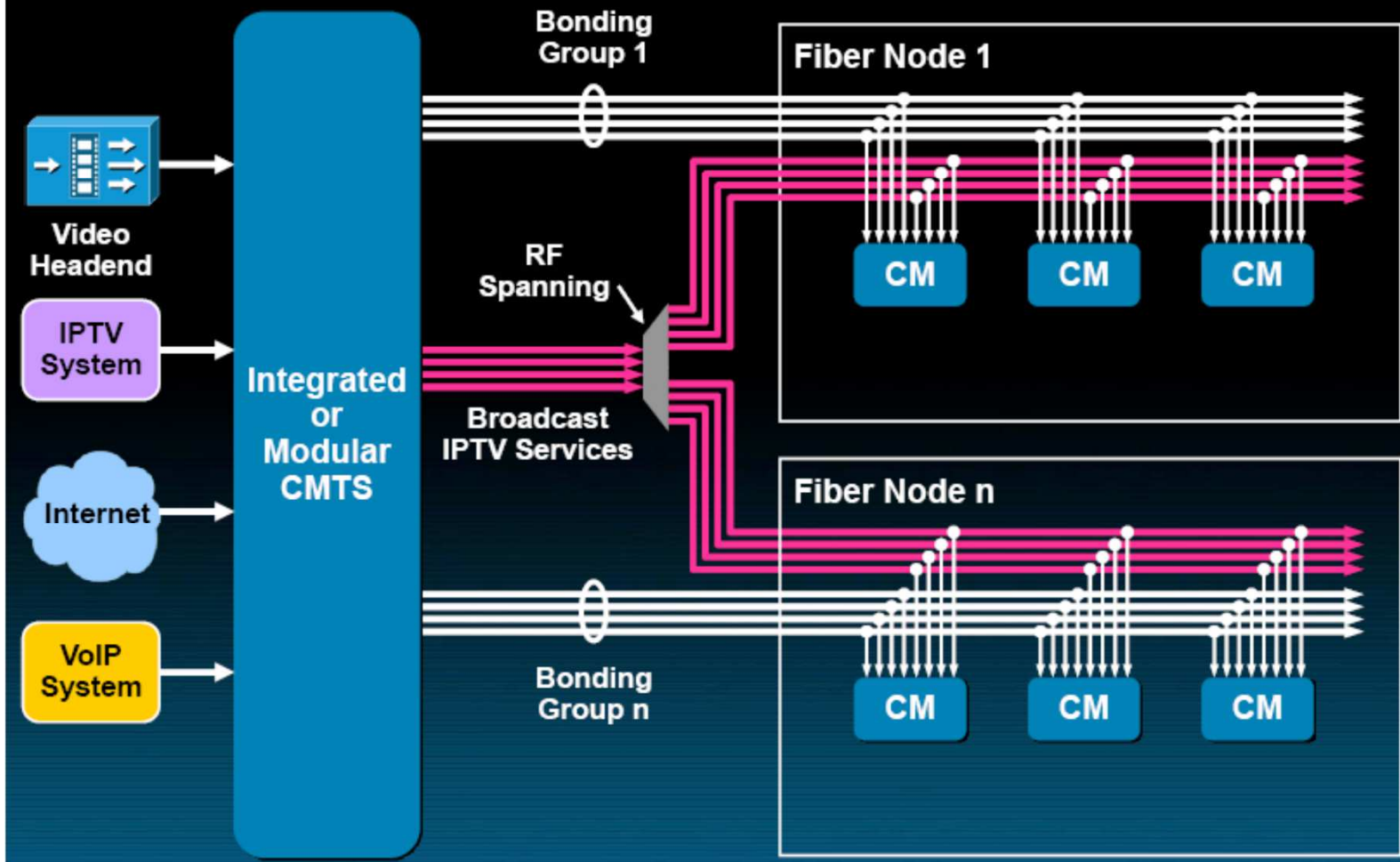
Deploying Downstream Channel Bonding



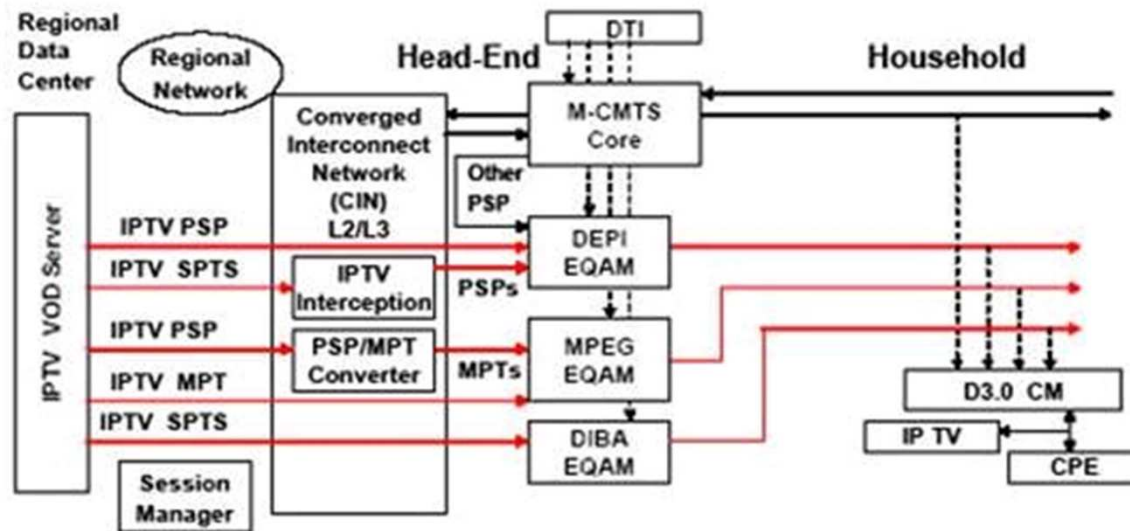
Deploying Upstream Channel Bonding



Broadcast IPTV with RF Spanning 8-ch Cable Modem



DOCSIS IPTV Bypass Architecture



DIBA tunneling options

Two Motorola engineers, Michael Patrick and Gerald Joyce, submitted a paper at the SCTE Conference on Emerging Technologies suggesting the use of the DOCSIS channel to transmit IP video. They said the framework of DOCSIS 3.0 could help address the accelerated increase of video demand. A scenario was made about peak-usage for a node of 750 homes of which $\frac{3}{4}$ are cable users, and half of those were expected to demand non-popular content, creating a demand of about 10 Mbps for two SD streams. Such node was estimated to require about 2.8 Gbps, or 73 carriers. Operators (the paper said) typically reserve 5 carriers (1 for DOCSIS, 4 for VOD), which would not be sufficient for that load. That scenario was just for SD; HD would further increase that requirement.

Typically, they said, the operator would have to increasingly install more CMTS to meet the growing demand for video. The paper suggested bypassing the M-CMTS redirecting the on-demand traffic through edge QAM as IP video within a DOCSIS IPTV Bypass Architecture (DIBA).

DOCSIS 3.0

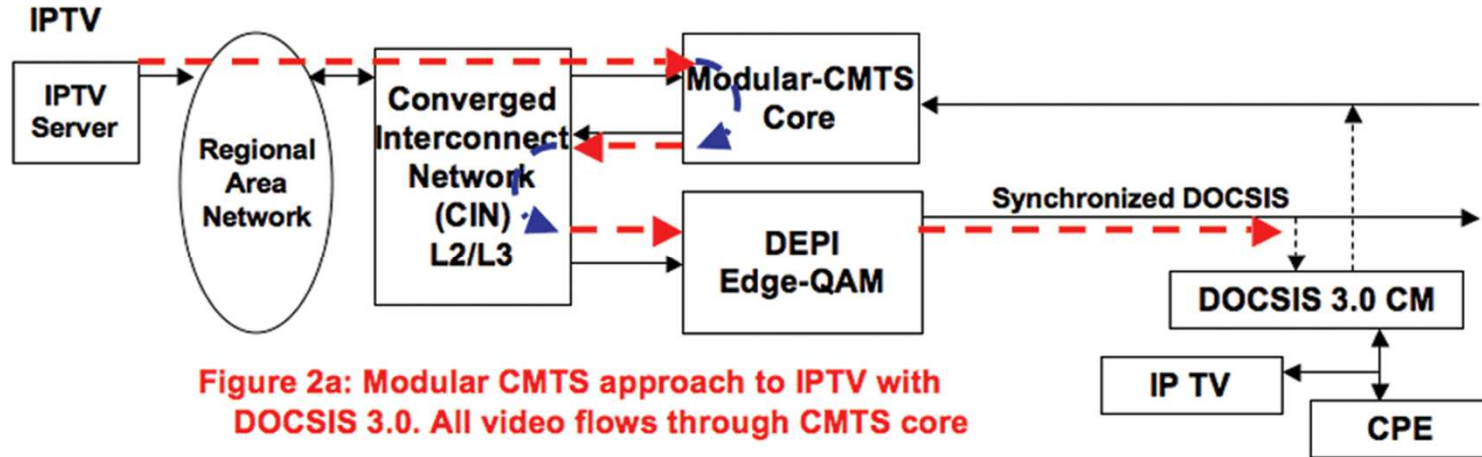


Figure 2a: Modular CMTS approach to IPTV with DOCSIS 3.0. All video flows through CMTS core

DIBA

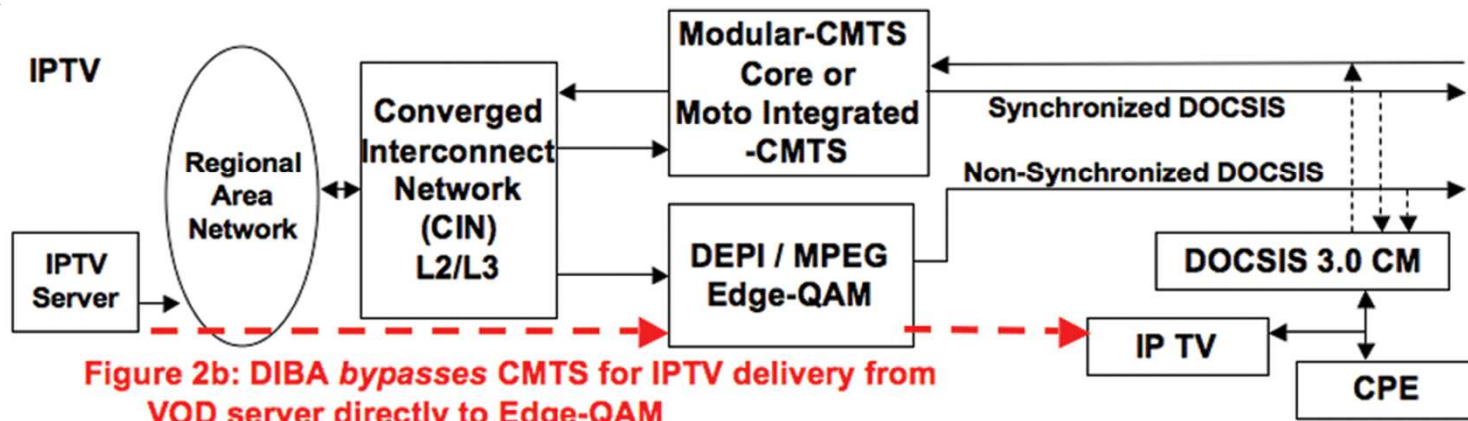


Figure 2b: DIBA bypasses CMTS for IPTV delivery from VOD server directly to Edge-QAM

DEPI : DOCSIS External Physical Interface

