Gigared

JORNADAS INTERNACIONALES 2014
17, 18 y 19 de Septiembre
Hilton Buenos Aires
Argentina

Evolución a Docsis 3.1

Nuevos requerimientos para nuestras redes

Ing. Juan Ramon García Bish
jrgbish@gigared.com.ar

Objetivo de Docsis 3.0
➔ Igualar Capacidad de GEPon

- Bonding de 32 CH en Downstream.
  Ancho de bada ocupado ➔ 192 Mhz
- Capacidad de Downstream
  Modulación 256QAM ➔ 32 x 42 Mbps =1344 Mbps
- Bonding de 4 CH en Upstream (Split Americano)
  Ancho de banda ocupado ➔ 24 Mhz (18-42 MHz)
- Bonding de 8 CH en Upstream (Split Europeo)
  Ancho de banda ocupado ➔ 48 MHz (17-65 Mhz)
- Capacidad de Upstream
  Modulación 64 QAM ➔ 4 x 30 Mbps = 120 Mbps
  8 x 30 Mbps = 240 Mbps
- Conclusiones:
  ➔ Si bien alcanza la capacidad de downstream de GEPon normalmente se comparte entre mas de 32 usuarios
  ➔ La capacidad de upstream queda limitada por el Split
  El Split europeo duplica la capacidad disponible
  Relación de asimetría 5:1

ATVC
Asociación Argentina de Televisión por Cable

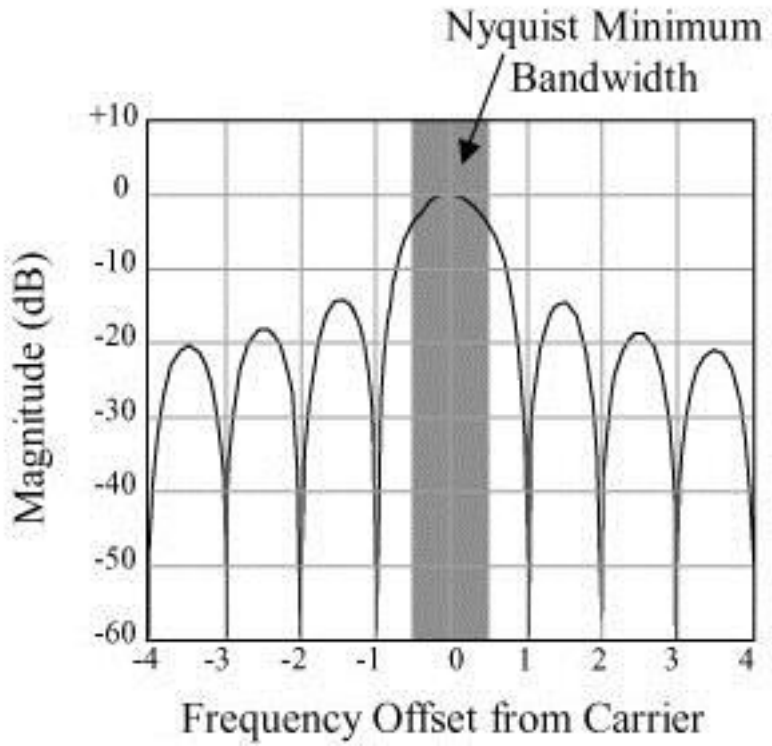
Objetivo de Docsis 3.1
Igualar capacidad de 10 GEPon

- Para igualar la capacidad de 10 GEPon se requiere:
  - ➔ Incrementar el Downstream hasta 10 Gbps
  - ➔ Incrementar el Upstream hasta 1 Gbps
- Para esto hace falta:
  - ➔ Aumentar el ancho de banda de Downstream hasta 1 GHz
  - ➔ Aumentar el ancho de banda de Upstream hasta 200 MHz
  - ➔ Cambiar el Split del sistema de Subsplit a High Split
  - ➔ Aumentar el BW total del sistema hasta 1,2GHz o 1,5GHz
  - ➔ Usar esquemas de modulación mas eficientes
    Mayor cantidad de bits/seg por Hz: 4096 QAM (4K)
  - ➔ Utilizar esquemas de transmisión mas robustos : OFDM
  - ➔ Aplicar mejores técnicas de corrección de errores

Gigared

Teorema de Nyquist

- Nyquist determinó la capacidad de un canal de transmisión para el caso ideal de un “canal sin ruido”.
- Esto fija un requisito de “Ancho de Banda Mínimo”



$B = 2 \cdot BW \log_2 M$

BW = Ancho de banda en MHz

B = Velocidad en Mbps

M = Cantidad de niveles

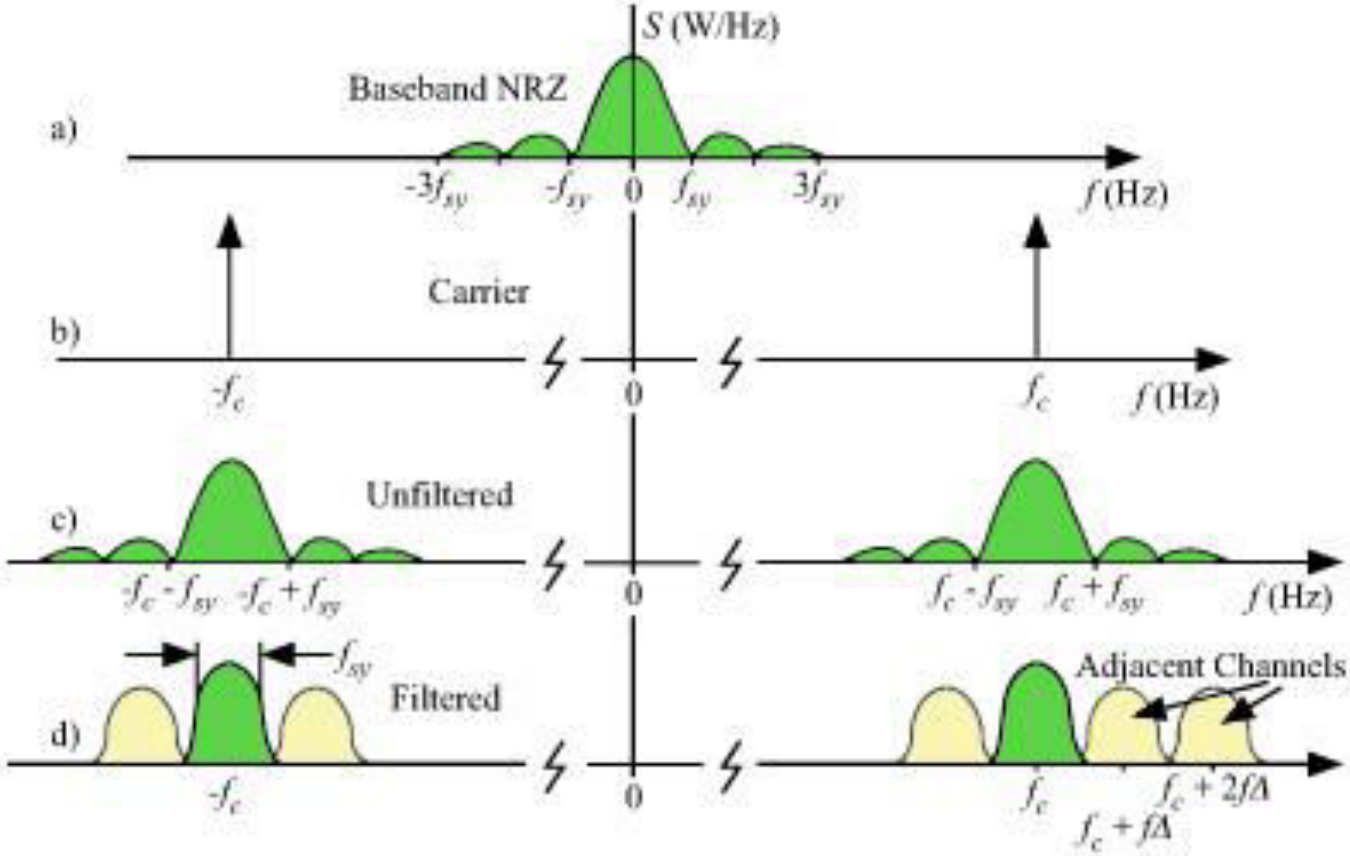
Si M=2 ➔ B= 2 . BW

En RF ➔ B = BW

Gigared

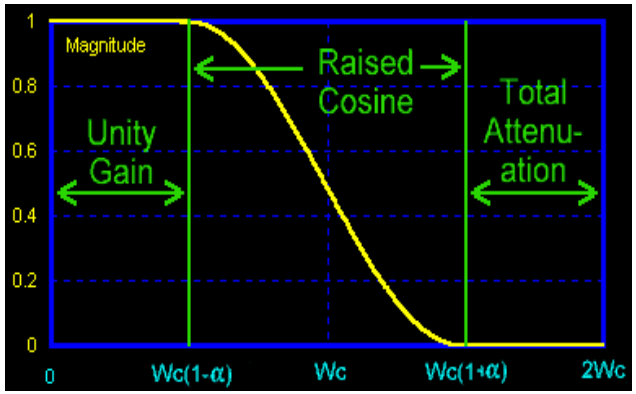
Teorema de Nyquist

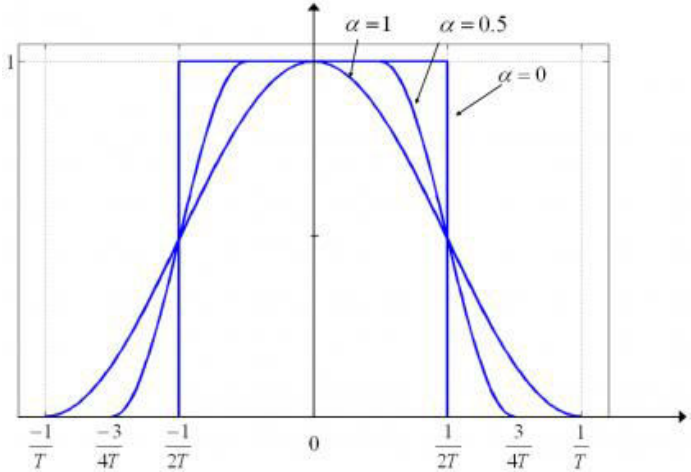
Filtrado



Factor de Corte = Roll Off Factor

- Un filtro con flancos abruptos que responda al teorema de Nyquist es imposible de implementar.
- El filtro muestra tres regiones:
  - Zona de ganancia unitaria
  - Zona de atenuación total
  - Zona de transición ➔ Coseno elevado (raised cosine)
- En el mundo real existe un exceso de ancho de banda requerido por encima del criterio de Nyquist que se especifica mediante el factor de caida o de corte (roll off)





Gigared

Anexo A versus Anexo B

	ANEXO A					ANEXO B	
Transmission specification	ITU-T J.83/A, ETS 300 429					ITU-T J.83/B, ANSI/SCTE 07	
Receiver specification	ETS 300 429					ANSI/SCTE 07	
Access specification	ETR 289					ANSI/SCTE 52	
Service information specification	ETS 300 468					ANSI/SCTE 57	
Channel spacing	8 MHz					**6 MHz**	
Modulation	16 QAM	32 QAM	64 QAM	128 QAM	256 QAM	**64 QAM**	**256 QAM**
Symbol density (bits per symbol)	4	5	6	7	8	**6**	**8**
Roll-off factor ($\alpha = x$)	0.15					**0.18**	**0.12**
Symbol rate (Msymbols/sec)	variable, ≤6.957					**5.057**	**5.361**
MPEG TS bitrate (Mbit/sec)	~25.64	~32.05	~38.47	~44.88	~51.29	**26.97**	**38.81**
Frame structure (bytes)	1 SYNC, 187 DATA, 16 RS					(122 DATA, 6 RS) × 60 + 42 bit SYNC	(122 DATA, 6 RS) × 88 + 40 bit SYNC
Outer Frame Interleaving ($I = x$)	12					128, 64, 32, 16 or 8	
Outer Forward Error Correction	Reed-Solomon (204, 188)					Reed-Solomon (128, 122)	

Teorema de Shanon

- Shanon establece un límite teórico para la capacidad de un canal basado en la relacion S/N.
- $I = B \cdot \log_2 (1 + S/N)$

  o bien

  $I = 3{,}32 \cdot B \cdot \log_{10} (1 + S/N)$

  Siendo

  I = capacidad del canal en bps

  B = ancho de banda del canal en Hz

  S/N = relación señal a ruido, adimensional
- Aproximación

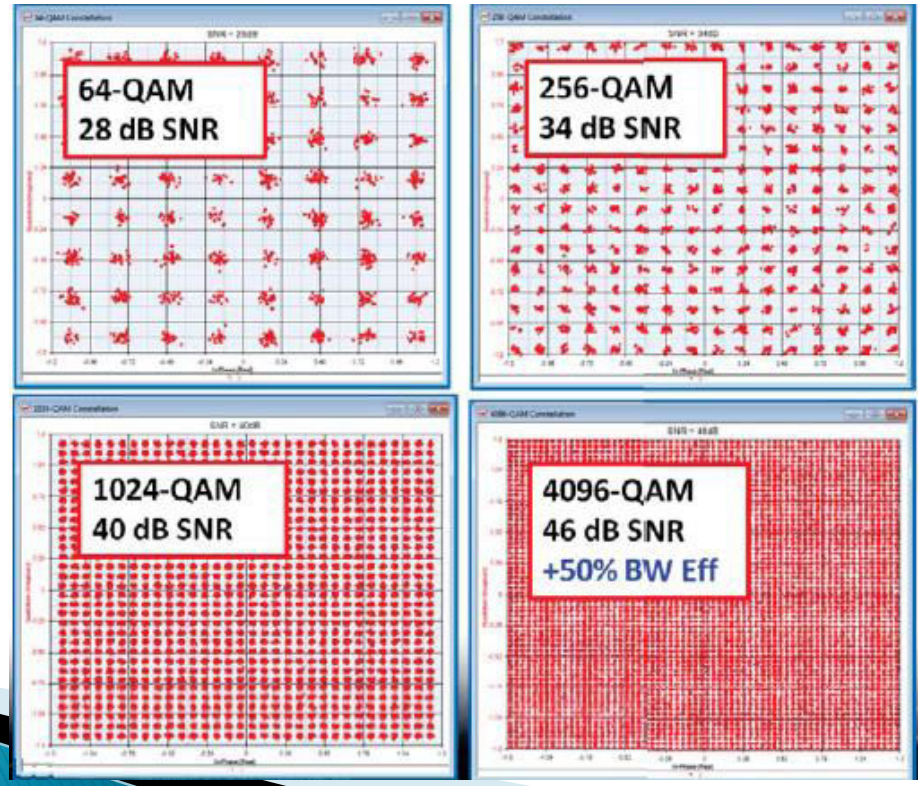
  ➔ $I = 1/3 \cdot B \cdot (S/N)_{dB}$
- Ejemplo : B=6 MHz S/N=30 dB => I=60 Mbps

  Docsis 3.0 recomienda S/N de 30dB para 256QAM

Gigared

Modulación mas Eficiente

- Para obtener mayor eficiencia espectral Docsis 3.1 trabaja con modulaciones de mayor orden.
- Las modulaciones de mayor orden son mas eficientes pero a la vez mas vulnerables al ruido e interferencia.
- Para mejorar la robustez se trabaja con OFDM y además se implementa corrección de errores LDPC



SCQAM vs OFDM

- SCQAM = Single Carrier QAM
- OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- Docsis 3.1 abandona la canalización de 6MHz y 8 MHz para trabajar con técnicas OFDM en canales mas anchos
- OFDM se basa en múltiples subportadoras ortogonales

SCQAM

OFDM

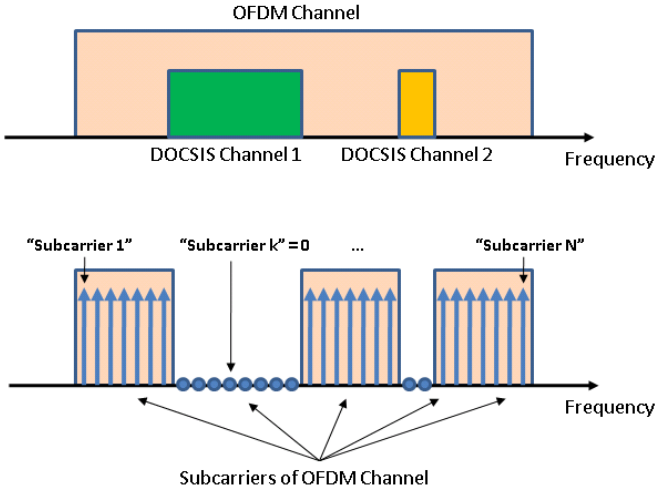
Gigared

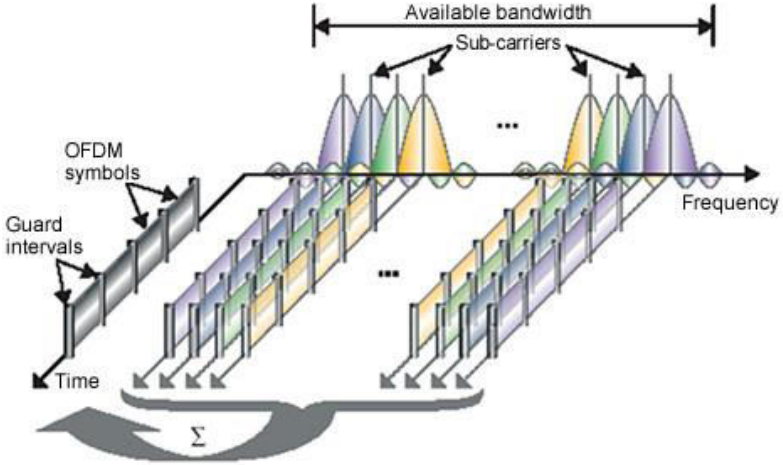
Ventajas de usar OFDM

- Múltiples sub-portadoras espaciadas 20KHz a 50KHz
- Cada sub-portadora se controla en forma independiente pudiendo encenderse o apagarse, controlar su nivel y cambiar el orden de modulación.
- Mayor eficiencia espectral que channel bonding
- Permite romper con el ancho de canal de 6 MHz heredado de la TV analógica y operar con canales de 192 MHz.
- Asociada con técnicas mas eficientes para la corrección de errores (LDPC = Low Density Parity Code) permite operar en situaciones con peor relación señal a ruido
- Fácil de implementar utilizando técnicas de transformada rápida de Fourier: FFT.

Múltiples Portadoras

- Cada portadora se controla independientemente
- Se enciendo o se apaga :
  ➔Evitamos operar en frecuencias altamente interferidas.
- Se ajusta independientemente el nivel:
  ➔Permite operar al borde de la banda sobre el roll off
- Se ajusta el orden de modulación:
  ➔ Se adecua la modulación según la relacion S/N

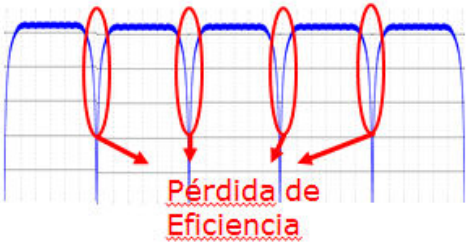




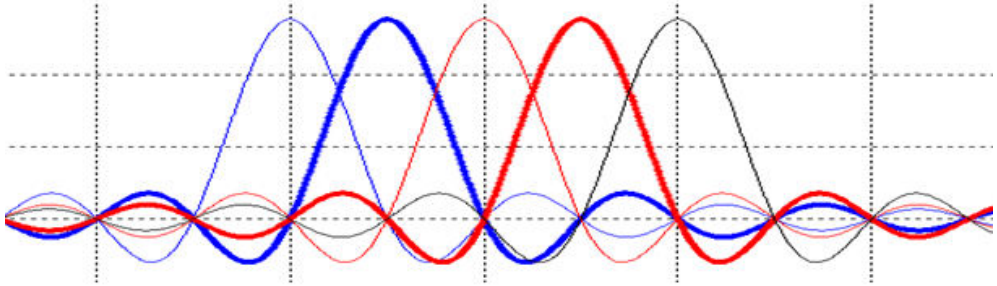
Gigared

Mayor eficiencia Espectral

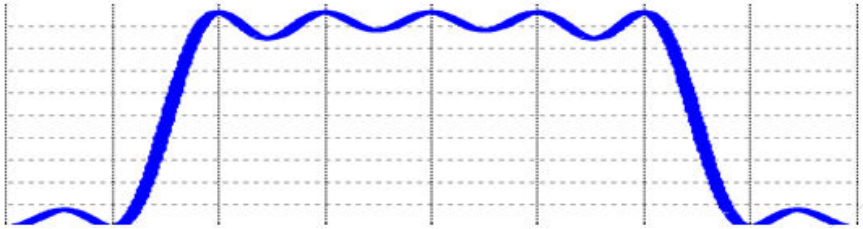
- Las subportadoras de OFDM se solapan entre si mejorando la eficiencia espectral comparada con el caso del channel bonding de varias SCQAM



SCQAM

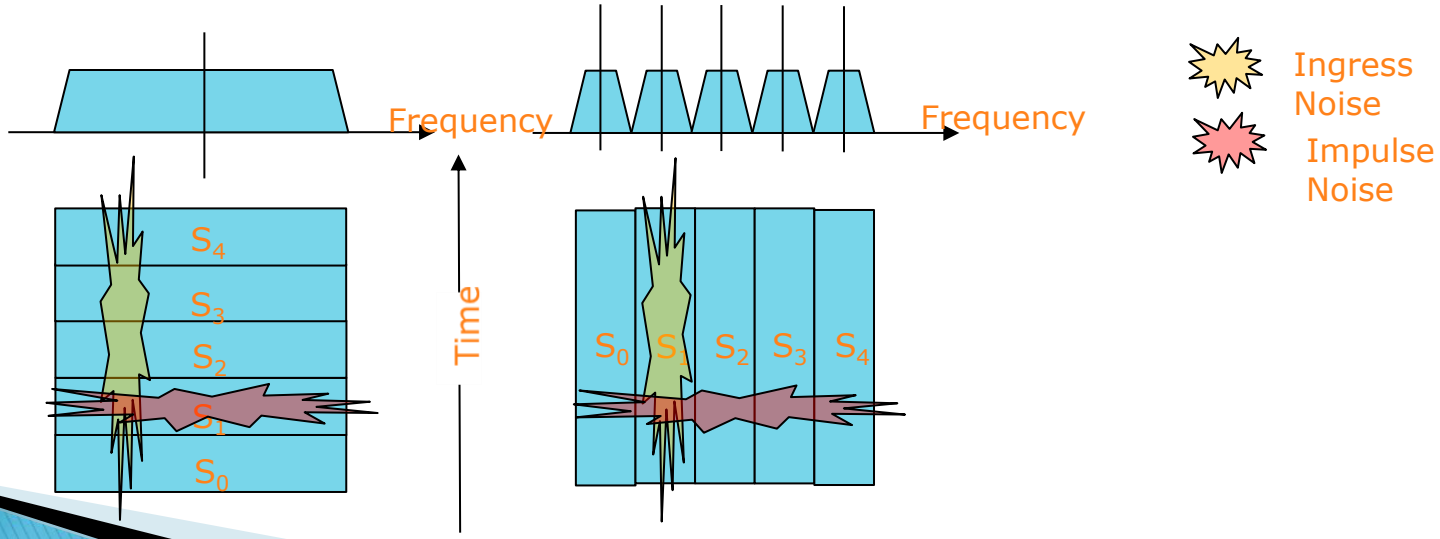


OFDM



Mayor Robustez

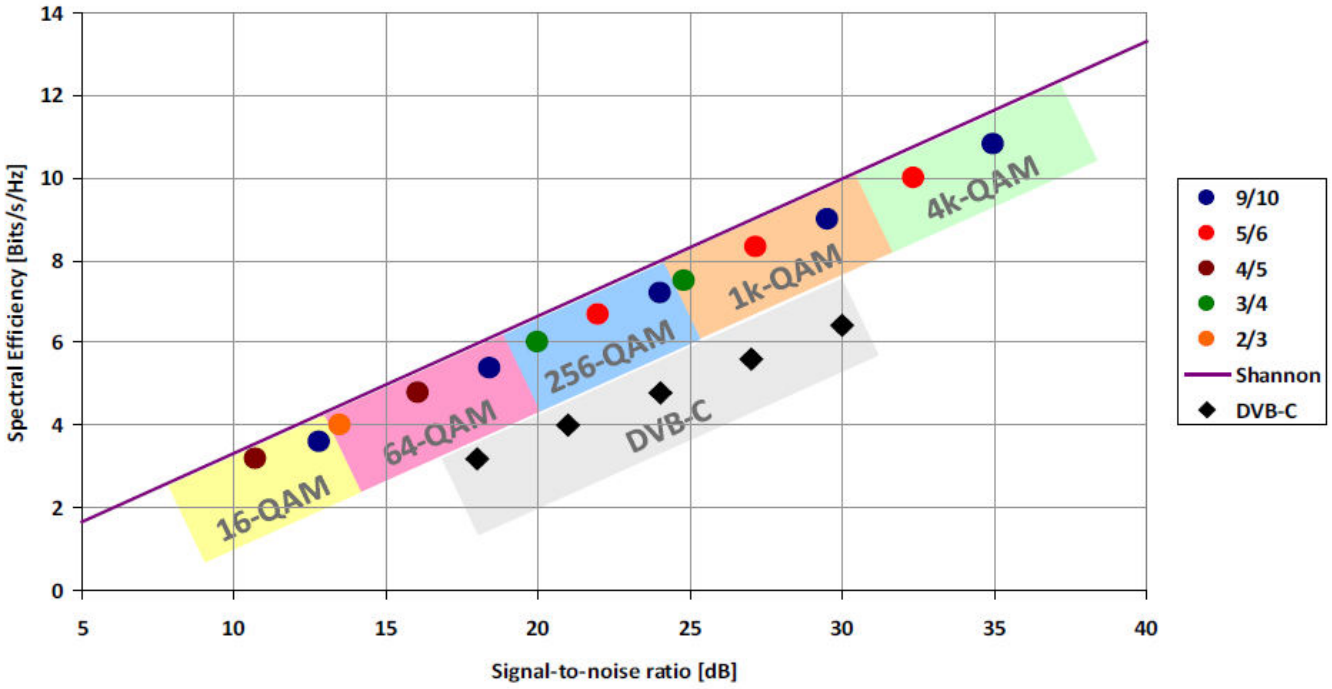
- En SCQAM los símbolos se envian secuencialmente con una tasa de bit elevada.
  - Cada símbolo modula todo el canal = Suceptible ingress
  - Periodo corto = Vulnerable frente al ruido impulsivo
- En OFDM los simbolos se envian “en paralelo” trabajando sobre subportadoras individuales que operan a una menor tasa de bit.
  - Subportadoras angostas = Robusto frente al “ingress”
  - Período largo = Robusto frente al “ruido impulsivo”



Gigared

Low Density Parity Code

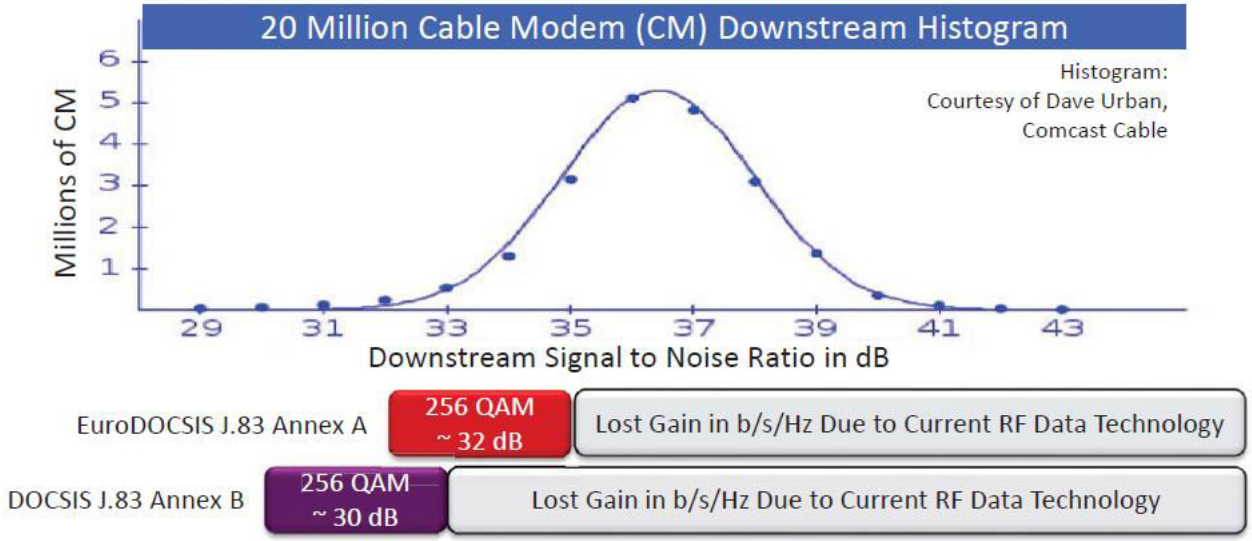
- LDPC ofrece una ganancia de aproximadamente 5 dB al operar con 256QAM.
- Permite acercarnos al máximo teórico impuesto por el Teorema de Shanon.



Eficiencia espectral de DVB-C2 versus DVB-C

Histograma Relación S/N

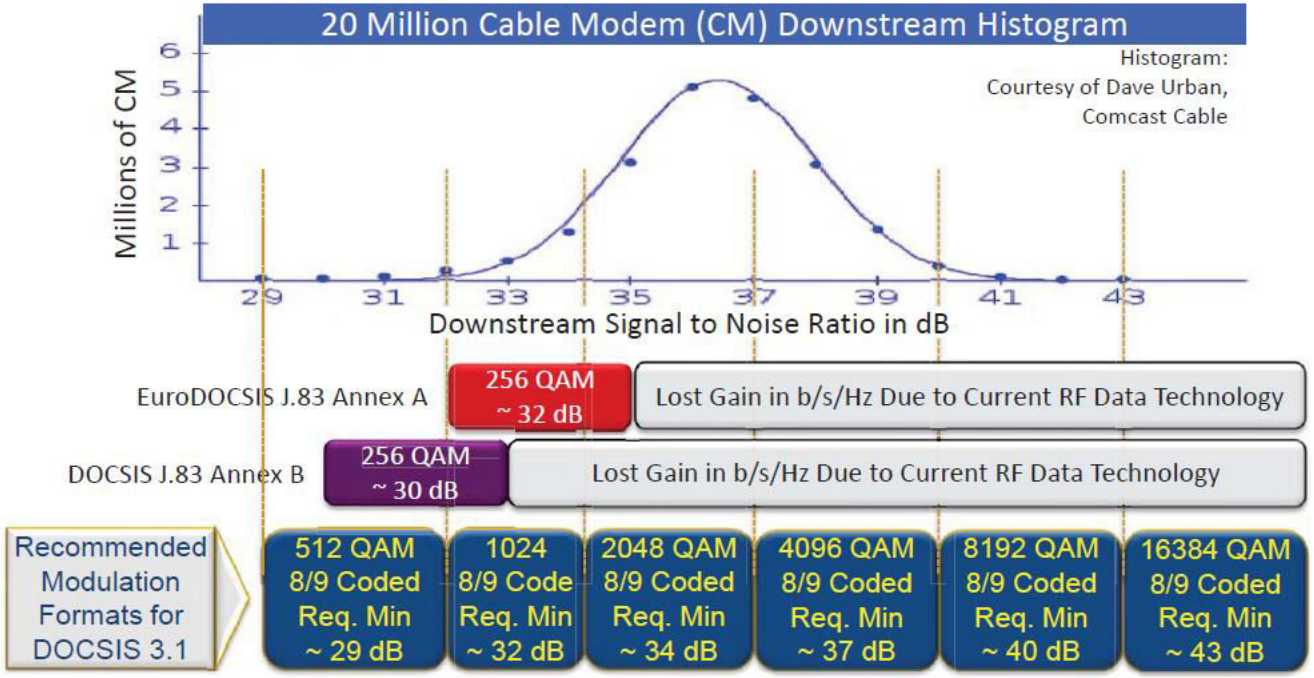
- Comcast realizo estudios estadísticos de la relación S/N de downstream sobre mas de 20 millones de CM.
- La relación S/N promedio resulto ser de 36 dB
- Docsis J.83 Annex B requiere 30dB para operar con modulación 256 QAM (normalmente exigimos 33 dB)
- Esto responde a un esquema típico americano Nodo+5
- Con arquitecturas Nodo+0 se puede llegar a S/N de 40dB



Gigared

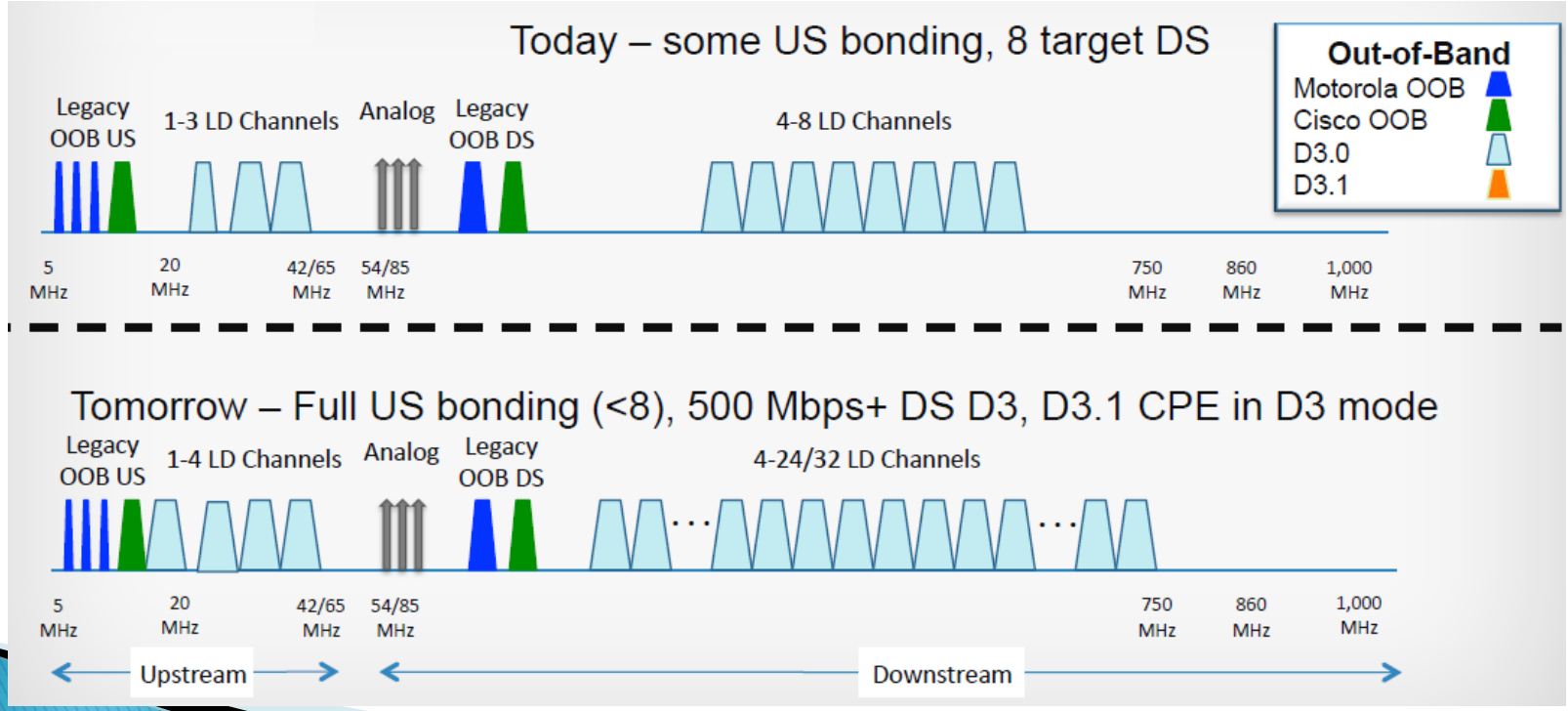
Mejoras con Docsis 3.1

- La modulación utilizada por Docsis 3.0 no permite aprovechar al máximo la capacidad disponible.
- Docsis 3.1 implementa :
  - ➔ Esquemas de modulación de mayor orden
  - ➔ Técnicas de corrección de error mas eficientes
  - ➔ Múltiples perfiles de modulación
  - ➔ Retrocompatibilidad con versiones anteriores



Situación actual de la Red

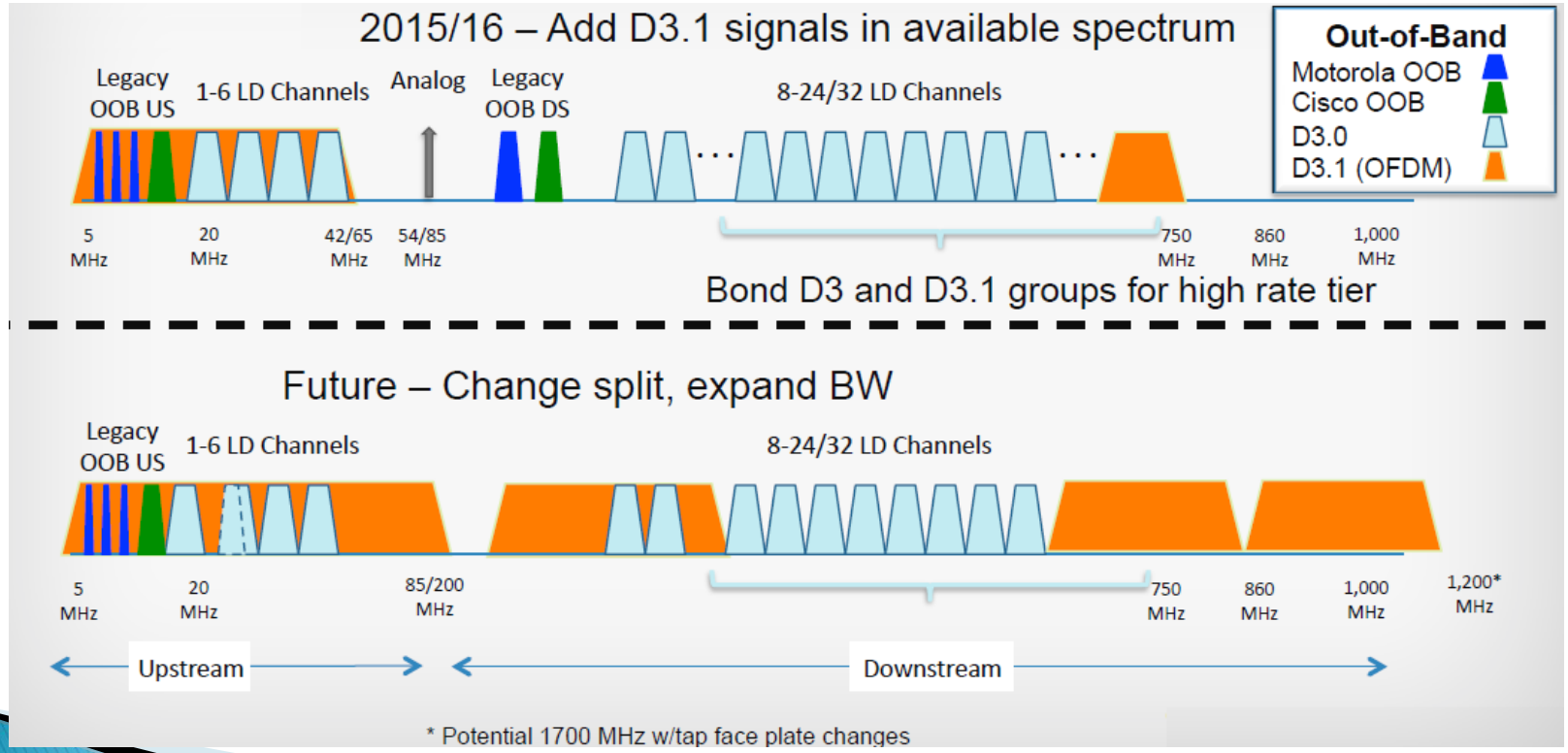
- Situación actual con Docsis 3.0:
  - ➔ Downstream = Bonding 4 a 8 CH
  - ➔ Upstream = Bonding 2 a 4 CH
- Futuro cercano con Docsis 3.0:
  - ➔ Downstream = Bonding 4 a 24 CH (máximo 32 CH)
  - ➔ Upstream = Bonding 4 a 8 CH (8 CH con split 65MHz)



Gigared

Evolución de la Red

- La incorporación de portadoras OFDM Docsis 3.1 requiere disponer de una porción mayor del espectro tanto para Downstream como para Upstream.
  ➔ Cambio del Split
  ➔ Mayor ancho de banda llegando a 1200MHz / 1700 MHz



Migración a CCAP

- Antes de CCAP = Plataformas Independientes

CMTS Docsis

Edge QAM

OLT - EPON

- Después de CCAP = Plataformas Convergentes

Chasis CCAP

Placas CAM

Edge QAM

EPON / 10 GEPon

Gigared

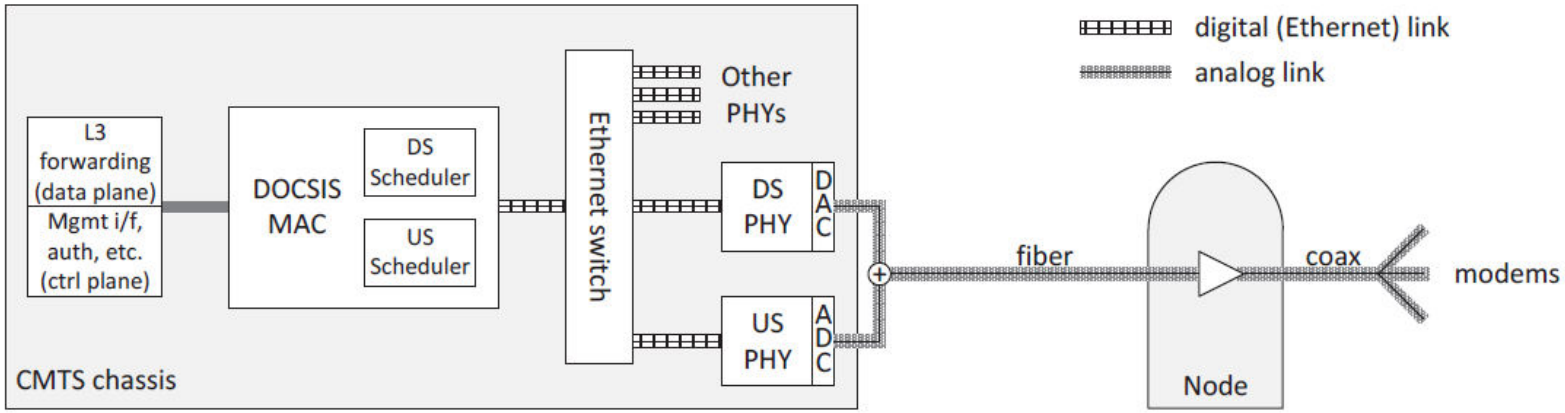
Remote CCAP

- Porqué llevar una parte del CMTS al nodo??
  - El reemplazo de los laseres analógicos por digitales puede ayudar a mejorar la relación S/N y además conseguir una redución de los costos.
  - Algunos operadores están buscando disminuir los requerimientos de espacio y de energía dentro del headend / hub.
  - La evolución tecnológica ya esta haciendo posible la implementación de un canal de comunicaciones digital a partir del nodo
- Tres niveles de remotización :
  - Remote DAC/ADC : Solo lleva al nodo la conversión analógica/digital y digital/analógica
  - Remote PHY : Lleva al nodo toda la capa física de Docsis
  - Remote MAC : Además de la capa física lleva al nodo el control de acceso al medio

ATVC
Asociación Argentina de Televisión por Cable

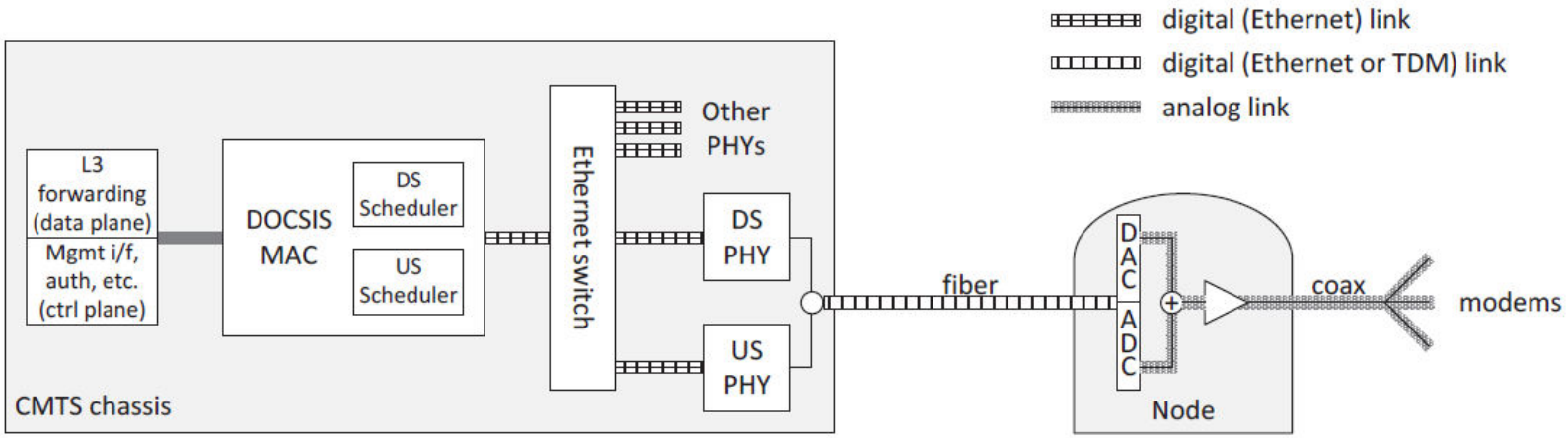
CMTS Integrado

- Es la arquitectura existente en una amplia mayoria de los CMTSs instalados



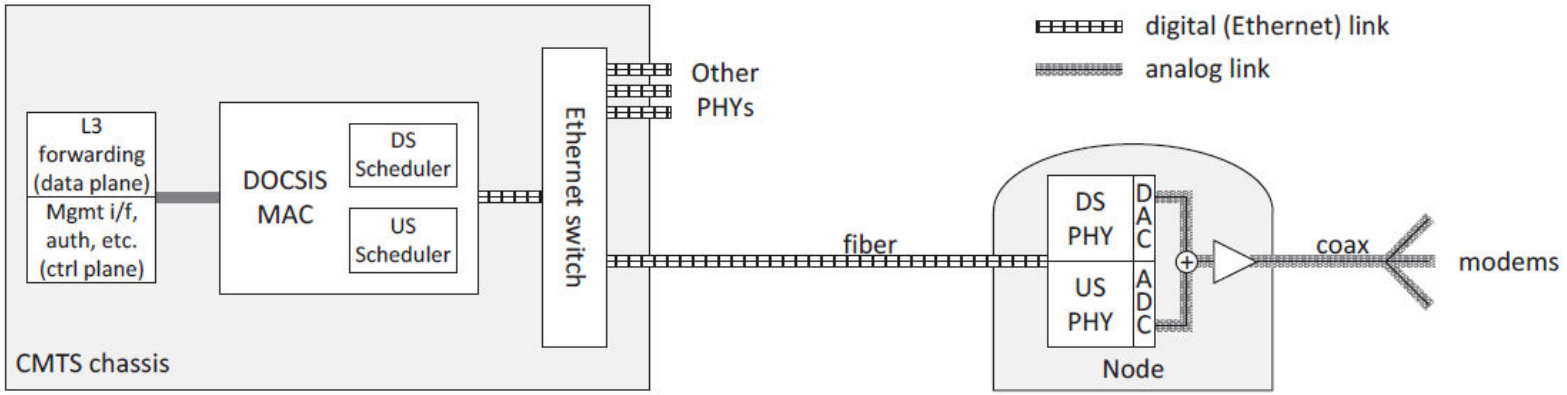
Remote DAC/ADC

- Las señales analógicas se encuentran únicamente en el segmento coaxil.
- Al digitalizar el vinculo headend-nodo mejora el MER y se dispone de mayor margen para incrementar el orden de modulación.



Remote PHY

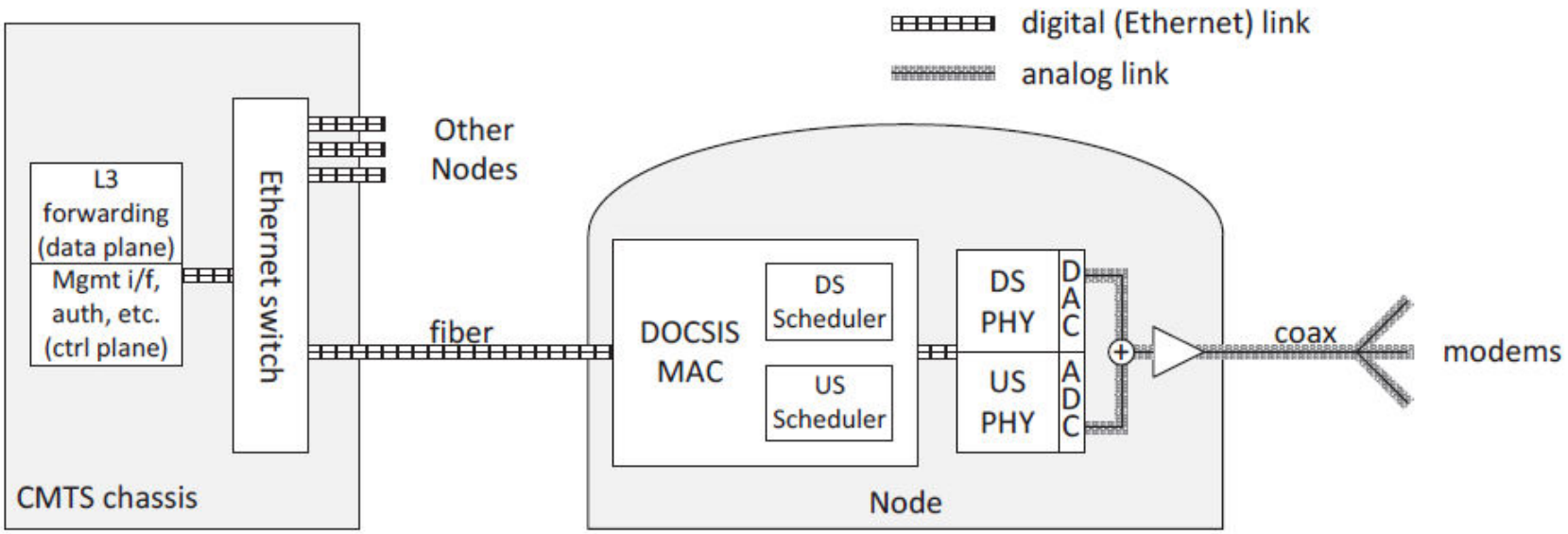
- Se mueven al nodo tanto los conversores DAC & DAC como las capas físicas de downstream & upstream.
- Caso practico de aplicación
  ➔ CMTS modular = M-CMTS
- Igual que en el caso anterior amplia el margen de MER para operar con modulación de mayor orden.



Gigared

Remote MAC

- El nodo también contiene la MAC de Docsis incluyendo los schedulers de DS & US.
- Según la version se ubica el upper layer MAC, la gestion (management) y operaciones de nivel 3 en distintos lugares.
- Al llevar el MAC al nodo se simplifica y reduce el equipamiento en el headend.



El Futuro es “Fiber Deep”

Estrategía de Construcción	Tecnología Aplicada	Velocidad de Acceso
Fiber Deep Coaxial Última milla	Docsis 3.1	5 Gbps / 1 Gbps por area de servicio
Fiber Deep Coaxial Última milla	EPoC + DPoE EPon over Coax	5 Gbps / 1 Gbps por area de servicio
Fiber Deep Fibra Óptica Última milla	Epon + DPoE	10 Gbps / 10 Gbps por area de servicio

Gigared

Velocidades Aproximadas

Ancho del canal = 6 MHz
Ancho efectivo = aproximadamente 5 MHz
Capacidad = aproximadamente 5 Msimbolos/seg

Modulacion	Bits x Simbolo	Velocidad
QPSK	2	10 Mbps
16QAM	4	20 Mbps
64QAM	6	30 Mbps
256QAM	8	40 Mbps
1024QAM	10	50 Mbps
4096QAM	12	60 Mbps

ATVC
Asociación Argentina de Televisión por Cable

Evolución de Docsis

	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Version Docsis	2.0 3.0	2.0 3.0	3,0	3,0	3.0	3,1
Rango Downstream	54 – 860	54 – 860	54 – 860	80 – 860	80 – 860	220 – 1200
Modulacion Downstream	256	256	256	256	256	4096
Downstream area servicio	2	4	8	16	32	32
Capacidad Downstream	80M	160M	320 M	640 M	1280 M	2500M
Rango Upstream	5 – 42	5 – 42	5 – 42	5 – 65	5 – 65	5 – 200
Modulacion Upstream	QPSK	16	16	16	64	≥ 256
Upstream por nodo	2	2	4	8	8	“32”
Capacidad Upstream	20M	40M	80 M	160 M	240 M	1280 M

Gigared

Evolución de Docsis

	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Version Docsis	2.0 3.0	2.0 3.0	3,0	3,0	3.0	3,1
Rango Downstream	54 – 860	54 – 860	54 – 860	80 – 860	80 – 860	220 – 1200
Modulacion Downstream	256	256	256	256	256	4096
Bonding Downstream	2	4	8	16	32	32
Capacidad Downstream	80M	160M	320 M	640 M	1280 M	2500M
Area Servicio (Nodos/Hogares)	2 Nodos 1200 hp	2 Nodos 1200 hp	2 Nodos 1200 hp	2 Nodos 1200 hp	2 Nodos 1200 hp	1 Nodos 600 hp
Penetracion % Cantidad Clientes	60% 720	63% 760	66% 800	70% 840	75% 900	90% 540
Sobreventa	30	30	30	25	25	20
Velocidad Promedio Velocidad Máxima	Prom 3 M Max 10M	Prom 6M Max 18M	Prom 12M Max 36M	Prom20M Max 50M	Prom 35M Max 100M	Prom 95M Max 300M

Gigared

Conclusiones

- Llevados al extremo los requerimientos de Docsis 3.1 obligaran a reconstruir nuestra red por el cambio del split y el mayor ancho de banda exigidos.
- La principal limitación actual esta en la escasa capacidad de upstream que ofrece el split americano o subsplit.
  Aquellos que están operando con split europeo disponen de reserva adicional para poder operar hasta 8 Ch de upstream
- Aquellos que tienen una arquitectura nodo+0 podrán cambiar fácilmente el split y proteger su inversión:
  - Solo deberán cambiar los diplexores en el nodo
  - Los TX & RX de retorno normalmente operan hasta 200MHz
  - Los TX de retorno de tipo FP deberán cambiarse por DFB ya que los FP son muy alineales y no soportan la carga de señales.
- Cuando la arquitectura de red tenga nodos muy grandes resultará necesario segmentar el nodo y quizá también cambiar los activos. Se puede cambiar el split y llevar el ancho de banda a 1 o 1,2 GHz.
- En casos de un requerir upgrade importante o tener que reconstruir también debería evaluarse la alternativa de EPoC
  EPoC = EPON over coax (tecnología que todavía esta en estudio)

ATVC
Asociación Argentina de Televisión por Cable

Referencias

- Distributed Network Architectures for Next Generation Cable Access
  Niki Pantelias – Broadcom – SCTE 2013
- La Evolucion de Docsis
  Patricio Latini – Arris – ATVC 2013
- Network Preparation : Maximizing Capacity ROI
  Robert Howald, Jack Moran, Robert Thompson, Ken Couch, Daniel Howard
- Docsis 3.1 overview
  John T Chapman – Cisco
- Docsis 3.1 – High Level Overview
  Cablelabs
- Planning an efective Migration to Docsis 3.0
  Motorola
- Data Over Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0
  Cablelabs

Gigared