



Cabletech Fachtagung 2016, Spielberg

Strategie und Wege zum HFC / FTTx Netzausbau auf DOCSIS 3.1

Martin Beck, DCT-Delta GmbH

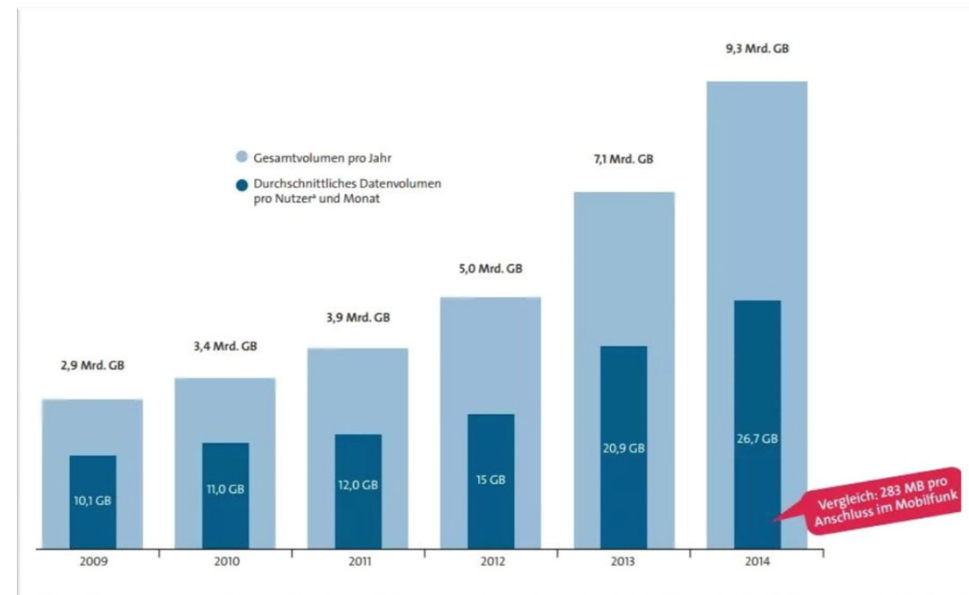
Anstieg des Datenvolumens zwischen 2009 und 2014

- Benötigtes Datenvolumen deutscher Internetkunden:

- Datenvolumen steigt auf knapp 10 Milliarden Gigabyte pro Jahr an
- Circa 25 GB pro Monat und Teilnehmer
- Mobilfunk spielt derzeit „noch“ eine untergeordnete Rolle (ca. 300 MB pro Anschluss)

- Prognose:

- Weiterer Anstieg durch Dienste wie Video on Demand (VoD), High Definition TV, Cloud Speicher und Smarthome
- Zukunftsorientierte Internetzugänge bis zu einem GB/s müssen ermöglicht werden



Statistik des Datenvolumens (Anschlussunabhängig)

Quelle: P. Linder, „mobiflip“, 29.10.2014. [Online]. Available: <http://i0.wp.com/www.mobiflip.de/wp-content/uploads/2014/10/datenverbrauch-mobil-festnetz.png>. [Zugriff am 05.08.2015].

Strategie und Wege zum HFC / FTTx Netzausbau auf Docsis 3.1...

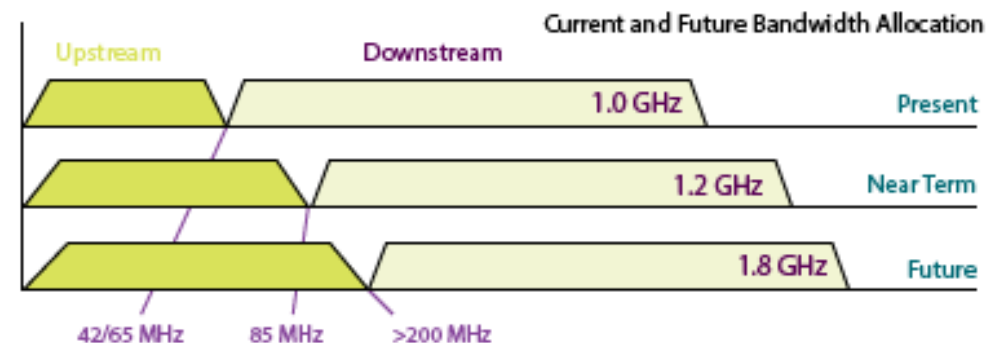
- Wie ?

- Meist genanntes Argument:
→ Einführung von DOCSIS 3.1

Is your network
ready for
DOCSIS 3.1 ?



- Kapazitätserweiterung im Frequenzbereich
für erhöhten Datendurchsatz



Die drei Stellschrauben in CATV

a.) Modulation der HF-Kanäle

Vorteile:

- Erheblicher Anstieg des Datenvolumens
- Kaum Einfluss auf bestehende Netzbeschaffenheit

Nachteile:

- Integration nur mit einer neuen Fehlerkorrektur (Low Parity Density Check) möglich, da sonst der benötigte Kanal-Rauschabstand (CNR) nicht ausreicht

Modulation	benötigtes CNR (Reed Solomon)	benötigtes CNR (LDPC)	Datenrate pro Channel
64QAM	29,0 dB	23,0 dB	42 Mbit/s
256QAM	35,0 dB	29,0 dB	56 Mbit/s
1024QAM	41,0 dB	35,5 dB	70 Mbit/s
4096QAM	-	43,0 dB	84 Mbit/s

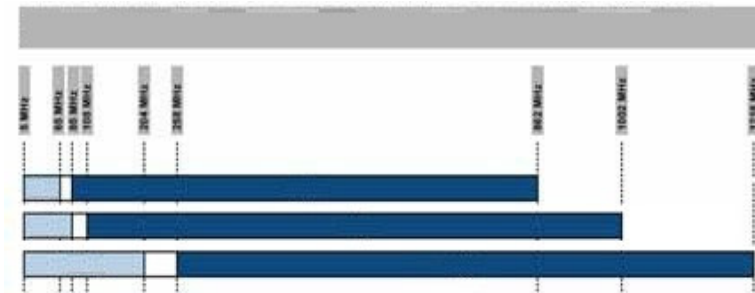
b.) Erweiterung des Frequenzbereichs

Vorteile:

- Immense Steigerung des verfügbaren Datenvolumens

Nachteile:

- Aufrüsten der Kabelnetze
- Steigende Signalleistung (Channel Load) wirkt sich auf aktive Komponenten aus (Stromaufnahme, optischer Modulationsindex)



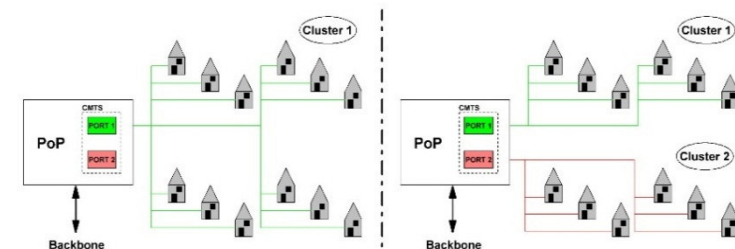
c.) Clustergröße

Vorteile:

- Einfache und effektive Möglichkeit zur Steigerung des Datenvolumens

Nachteile:

- Erfordert hohe Investitionen an Head-End Komponenten (CMTS), weshalb Netzbetreiber ein optimales Kosten/Nutzen Verhältnis anstreben

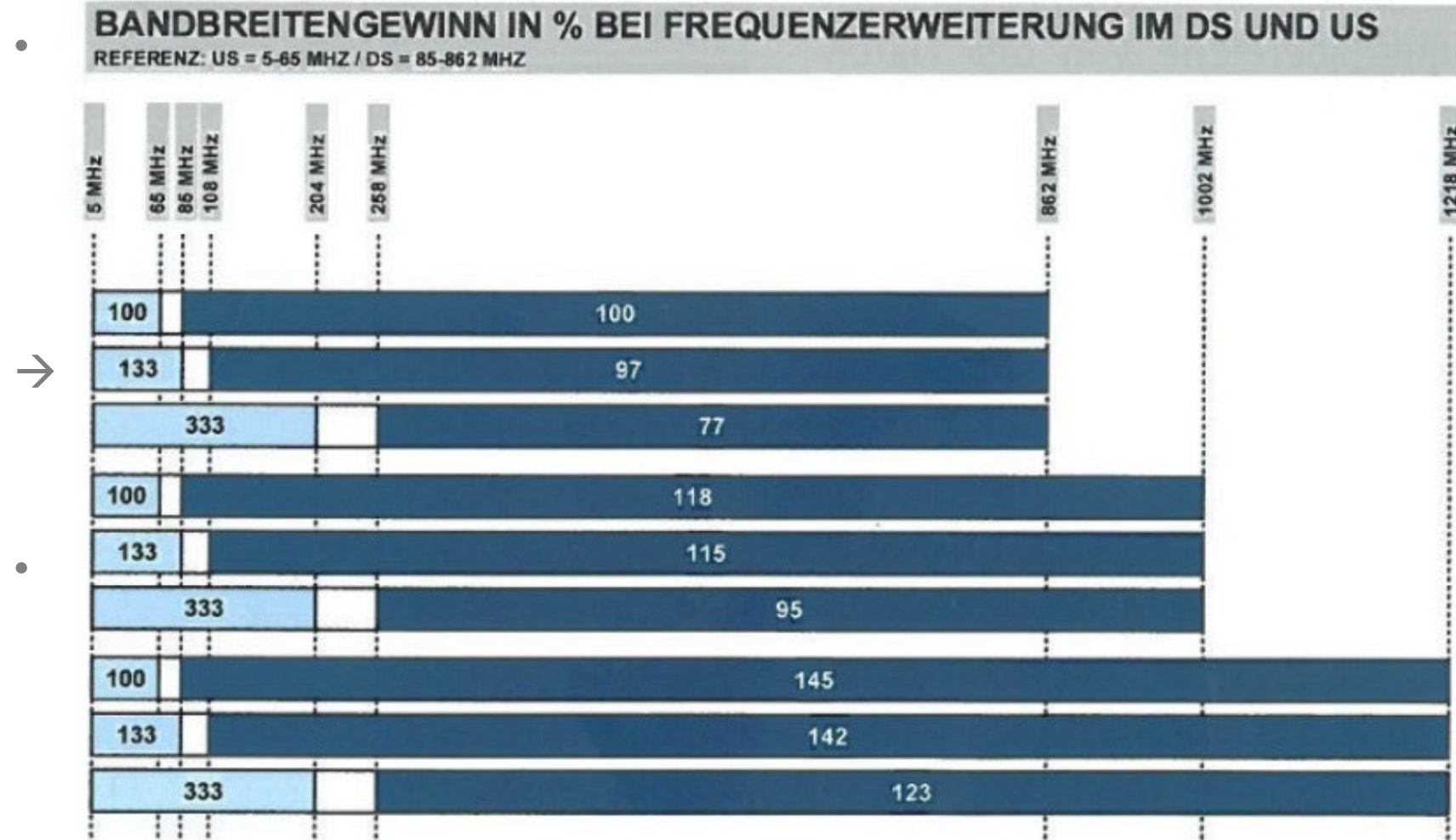


- Bandbreiteneffizienz/Modulation:
 - Nun LDPC Verfahren für Fehlerkorrektur (wie bei DVB-S2) (durchschnittlich $\Delta 6\text{dB}$ Verbesserung)
 - OFDM DS und US Kanäle (Ausgleich von Störungseinflüssen, d.h. bessere Kanal- bzw. Frequenzgranularität) Multicarrier-System
 - Damit höhere Modulationsverfahren möglich (DS 4k-QAM, US 1k-Q)
 - Multiple-Modulation Profiles (MMP)
→ bessere Zusammenfassung von CM mit gleichen CINR-Bedingung
 - Modulationskonstellationen sind nicht mehr an einen physikalischen Port der CMTS gebunden
- Vorteil:
 - Direkte Erhöhung der Bandbreite
 - Abwärtskompatibilität zu DOCSIS 3.0 bzw. möglicher Mischbetrieb



**Grundsätzlich unabhängig von der
Frequenzerweiterung**

DOCSIS 3.1



Auswirkungen (Downstream)

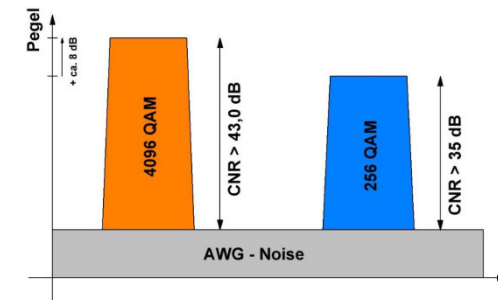
a.) Höhere Modulationsart (bis 4096 QAM)

Vorteile:

- Steigerung des Kanaldurchsatzes um circa 50 %

Auswirkungen:

- Größerer Kanal-Rauschabstand (CNR)
- Neue Fehlerkorrektur wirkt dem entgegen
- **Steigerung des Ausgangspegel laut Netzbetreiber um ca. 5 dB (machbar?)**



b.) Frequenzausbau (Channel Load und Kabeldämpfung)

Vorteile:

- Zusätzlich zehn Kanäle für die Datenübertragung
- Zusätzliche Steigerung der Übertragungskapazität von circa 500 Mbit/s

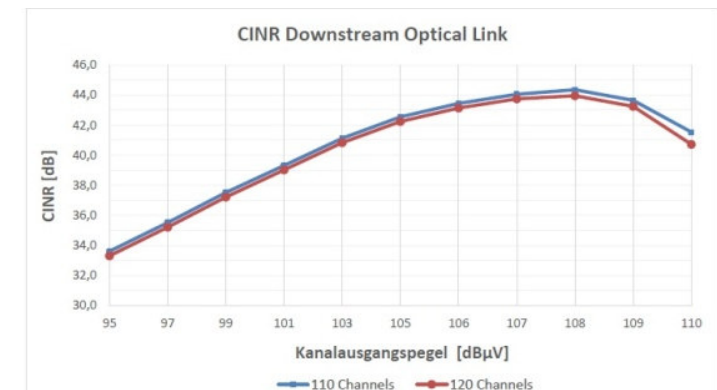
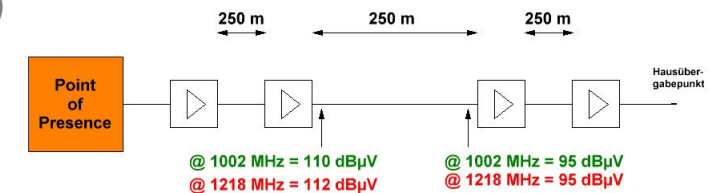
Auswirkungen (Kabeldämpfung):

- Kabeldämpfung für 250 m Kabel steigt zwischen 1 GHz und 1.2 GHz um 2 dB an

- **Deshalb werden 2 dB mehr Ausgangspegel am Verstärkerausgang benötigt**

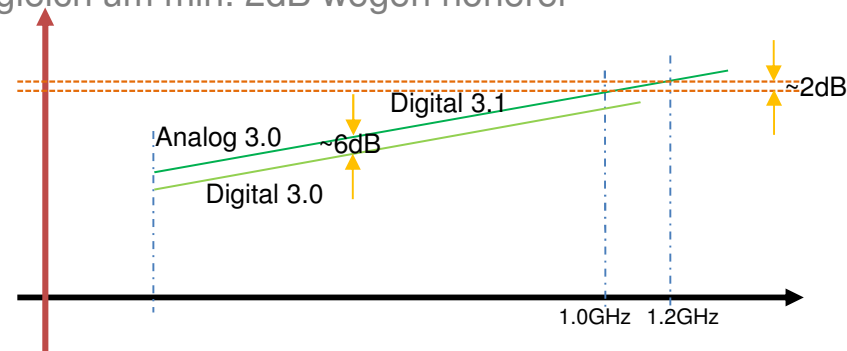
Auswirkungen (Channel Load):

- Channel Load steigt um circa 9 %
- Vielkanalmessungen (CINR) zeigen kaum Einfluss auf aktive Komponenten (geringer Einfluss auf Aussteuerfähigkeit)
- Nachweis mit optischer Übertragungsstrecke



Diskussionen beim Downstream und hohen Modulationsarten

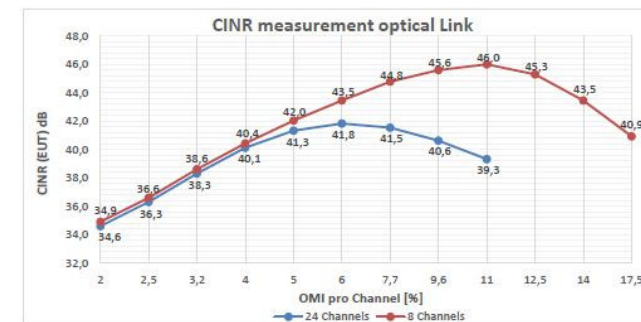
- Umstieg auf DOCSIS 3.1 und 1.2 GHz im Downstream macht mittel- und langfristig nur Sinn – auch aus Bandbreitensteigerungsgründen und der Kostenstruktur-, wenn analoge *PAL Carrier abgeschaltet* werden und *nur digitale Träger* verwendet werden.
- Pegelbetrachtung:
 - PAL Carrier sind bisher ~6dB über den 256QAM Trägern
 - Neue OFDM Träger werden vom notwendigen Pegel wie bisherige digitale Kanäle gesehen (anfangs Annahme mit 6dB mehr, aber inzwischen vermehrter Feedback, dass dies nicht notwendig wäre/ist)
 - Daher ist bzgl. höheren Modulationsverfahren aber verbesserter CNR durch LDPC und Abschaltung von analogen Kanälen keine grundlegende höhere Ausgangsleistung vom Verstärker notwendig.
 - Verstärkerausgangsleistung muss aber im Vergleich um min. 2dB wegen höherer Kabeldämpfung ansteigen.



Auswirkungen (Upstream)

- Steigender Channel Load (+ 250% da Upstream von 65 (85) MHz auf 204 MHz steigen kann/wird) wirkt sich sehr stark auf aktive Komponenten aus (Verstärker, Laserdiode)
- Besonders starker Einfluss auf die Leistungsaufnahme von Verstärker-IC's
- Außerdem starker Einfluss auf die elektrisch/optische Wandlung der Laserdiode (OMI)
- Mögliche Ansätze zur Reduzierung der Leistung:
 - Channel Load Adaption mit Regelschaltung (Regelung der Leistungsaufnahme)
 - Umsetzung von verschiedenen OMI-Konzepten für die Zukunft
 - Power Factor Correction (PVC) im Power Supply zur Vermeidung von hohen Strömen und Blindleistungen

Channels	Ausgangsspannung/Strom	Leistungsaufnahme
1 & 2	-	-
4	165 mA @ 4,7 V	0,78 W
8	172 mA @ 5 V	0,86 W
16	248 mA @ 7,1 V	1,76 W
24	263 mA @ 8 V	2,10 W

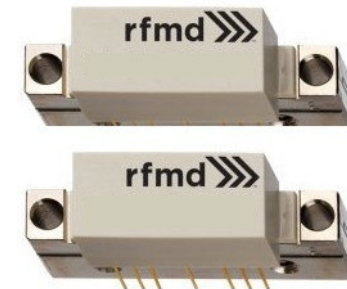


Herausforderung bei 1.2GHz

- Steigerung der Summenleistung (Channel Load)
- Größerer Rauschabstand wegen höherer Modulationsgrade
- Erhöhte Kabeldämpfung im oberen Frequenzbereich

→ komplette Überarbeitung der Verstärkerprodukte

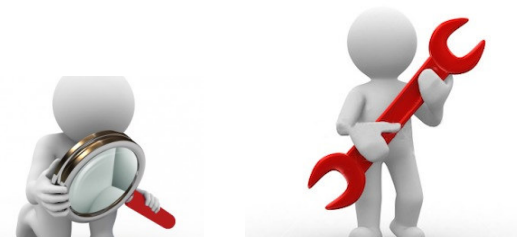
- Eignung von Bauteilen und Eigenschaften (z.B. bei der Optik für Laser- und Photodioden)
- Neue aktive Komponenten (Verstärker ICs) wegen höherer Grenzfrequenz und Channel Load
- Verfügbarkeit der neueren Bauteilen in Volumen und preislicher Attraktivität



Lösungen für höhere Verstärkung

- Erhöhung der Verstärkung und Ausgangsleistung im Downstream durch „neuen“ Halbleiter-Verstärker
- → GaN statt GaAs für High-Electron-Mobility-Transistoren (HEMT)
 - Wideband Halbleiter für hohe Effizienz und Hochvolt-Anwendungen. Zweite Generation mit kürzerer Gate-Länge adressiert Hochfrequenzanwendungen in der Telekommunikationsinfrastruktur

- Beispiel und Limits



Beispiel Line-Amp	1GHz – GaAs	1.2GHz – GaAs	1.2GHz - GaN
Verstärkung (DS)	40,5dB	42,5dB	44dB
Ausgangspegel (DS) (110Ch, CW, flat)	111dBμV	114dBμV	116dBμV
Verstärkung (US)	26dB	28dB	28dB
Leistungsaufnahme	~16W	~17W	~24W

Optmierung mit GaAs

- Höhere Verstärkung der Vor- und Endstufe durch Optimierungen
 - Graduell höhere Spannungen, Pushpull Design etc.
- Leistungsanstieg ist zu minimieren und Abwärme zu regeln
 - Optimierungen im PS
 - Nicht benötigte Komponenten weg lassen (z.B. optionale DOCSIS Modem, etc.)
 - ...
- Gesamt ~ 1W mehr pro Line-Amplifier
- Vergleichbare Preise für 1,2GHz GaAs Verstärker verglichen zu 1GHz Versionen

→ Einsatz von GaAs für 1.2GHz sinnvoll ?

Einfluss von GaN

- Höhere Verstärkung der Endstufe durch mehr Leistungsaufnahme
 - ~11,3W bei GaN im Vergleich zu 7,8W GaAs → delta ca. 3,5W
- Höhere Verstärkungen nur durch höhere Spannung möglich
 - GaN benötigt 24V im Vergleich zu 12V bei GaAs
 - $P=U^2/R \rightarrow$ ca. 4-fache höhere Verlustleistung, auch für Vorstufen
- Gesamt ~ 6,5-7W mehr pro Line-Amplifier
 - ~25 Cent pro Kilowattstunde, 6,5W mehr Leistungsaufnahme ~ 14,20€ p.a.,
 - bei ca. 2000 Nodes/Amplifiers bereits ~28k€ p.a.
 - bei ca. 5000 Nodes/Amplifiers bereits ~71k€ p.a.
 - Und was ist mit der Fernspeiseleistung im System?
 - Abwärmethematik ?
- Höhere Preise für GaN Verstärker verglichen zu GaAs Bausteinen

→ Ist immer ein GaN Verstärker notwendig ?

Ausgehend von derzeitigen Annahmen und Rückmeldungen:

- Für 70% aller Amplifier/Nodes werden GaAs Geräte ausreichen

70 %

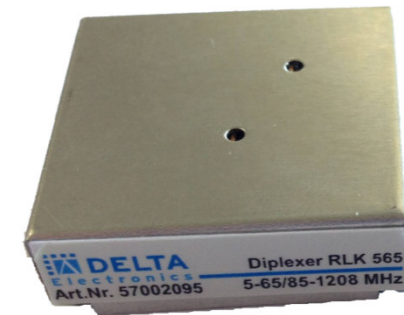
- Für 30% der neuen 1.2GHz Geräte werden GaN notwendig sein

30 %

Sonstige Punkte für 1.2GHz

- Wechselbare Diplexer für Flexibilität und Investitionsschutz

- | | |
|---------------|-------------------|
| – 65/85 MHz | → jetzt |
| – 85/105 MHz | → jetzt oder bald |
| – 204/254 MHz | → zukünftig |



- Einstellbare Pivot- bzw. Kipp-Punkte für 1GHz und 1.2GHz

- um 1,2GHz Geräte auch bei 1GHz Netzen mit maximalen Pegel in der Übergangszeit benutzen zu können

DOCSIS 3.1 sicher - Optical repeater

Upstream:

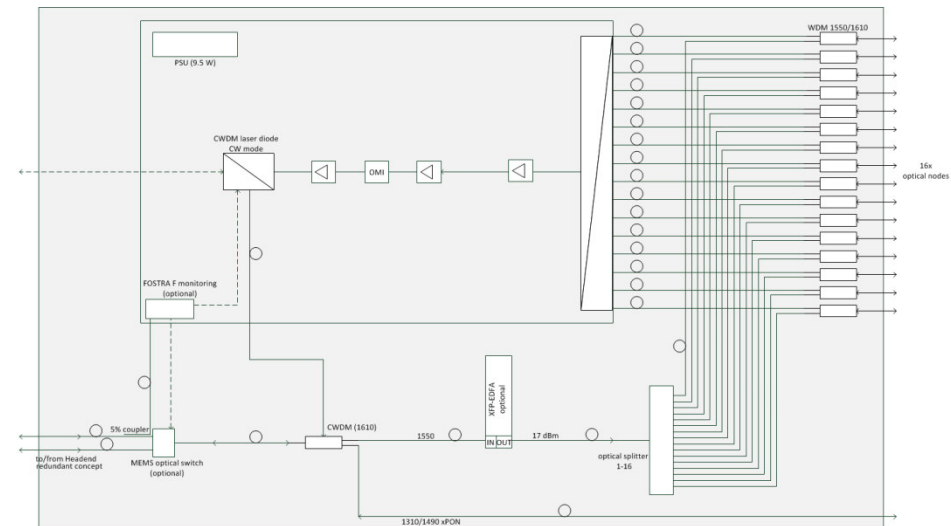
- no optical combining, totally avoiding of OBI
- simple optical node with one wavelength
- CW operating mode (no OBI)
- OMI transparent, 18 CWDM available
- compensation of optical loss caused by splitter
- save fibers: several RFoG clusters on one fiber
- Standard RFoG return path receiver



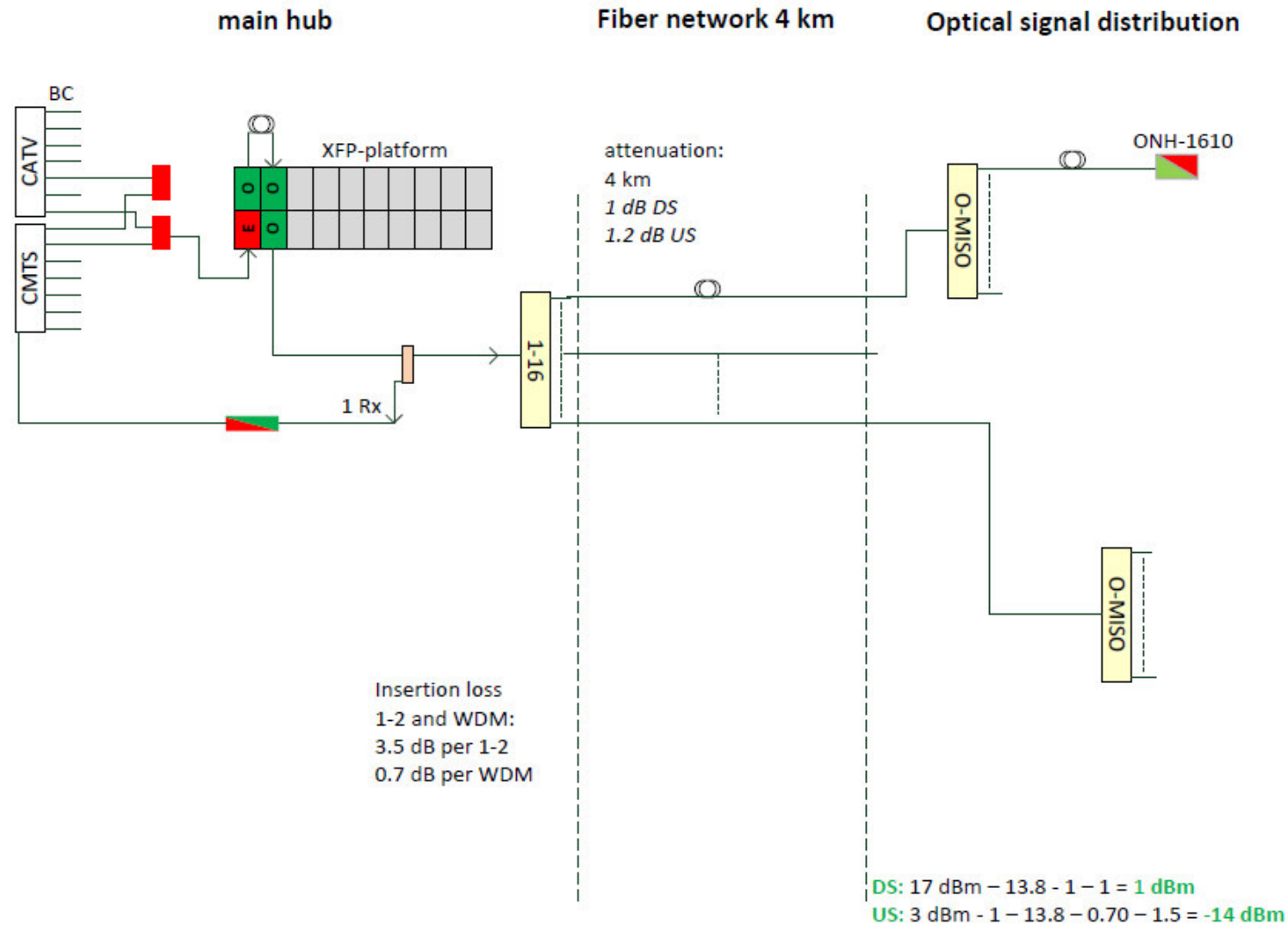
O-MISO-16-1

Downstream:

- transparent for all DS signals
- fiber redundancy concept
- Fostra F monitoring
- GPON/RFoG separation possible
- integrated WDM filters and splitter
- pluggable XFP-EDFA, 17 dBm



Ausbaustrategie HFC zu FTTx



- Voraussichtlich wird es in Zukunft weiterhin 1GHz Netze und gemischte DOCSIS 3.0/3.1 Implementierungen geben, wenn die Voraussetzungen und Anforderungen ausreichen (Vermeidung von Vielfachinvestitionen ... Budgetoptimierungen)
- Der Einsatz von GaN Verstärkern bei 1.2GHz für mehr Gain & Output-Level wird in bestimmten Konstellationen (Hochpegelnetze) absolut notwendig sein, verlangt aber mehr Versorgungsleistung und resultiert auch zu höheren Kosten (CAPEX & OPEX) verglichen zu GaAs basierende Verstärker.
- Durch höhere Verlustleistung auch höhere Abwärme und damit oftmals anderer Formfaktor des Verstärkergehäuses notwendig um gleiche MTBF wie bei GaAs Technik zu behalten. Ebenfalls weitere Limitierung beim Fernspeisedesign.
- Oftmals wird der Einsatz von GaAs basierenden Verstärkern auch für 1.2GHz Netze sinnvoll und ausreichend sein (besonders für nicht High Output Level Netze)

Fragen & Antworten





Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit