

Cable!vision

Europe

Businessmagazin für Breitband, IPTV, Kabel und Satellit

Trends und
Innovationen

Helltec Engineering AG: Ihr Partner
für Kommunikationsinfrastrukturen



DEV Systemtechnik:
Distributed CCAP

ANEDiS: DOCSIS 3.1
im Rückweg

HUBER + SUHNER Bktel:
RF Video Overlay

Signalerzeugung

Distributed CCAP basierend auf Remote-MACPHY – eine echte Alternative zu FTTH?

Dieser Artikel beleuchtet die Innovationen der jüngeren Geschichte des Breitbandkabels und die wesentlichen technischen Aspekte des Distributed-CCAP-Ansatzes im Allgemeinen und von Remote-MACPHY bzw. von Remote-CCAP im Besonderen. Von Benedikt Breuer, DEV Systemtechnik GmbH

Durch den Einsatz innovativer Lösungen für Internet, Telekommunikation und die TV-Versorgung sind regionale Netzbetreiber und Stadtwerke in der Lage, höchst wettbewerbsfähige Dienste auf ihren bestehenden Koaxial- bzw. HFC-Infrastrukturen anzubieten. Ein wesentlicher Evolutionsschritt in diesem Zusammenhang ist die Entwicklung weg von klassischen, zentralen Kopfstellen hin zu „verteilten“ (= distributed) Kopfstellen, bei denen die HF-Signalerzeugung aus dem Head-End hinaus ins Feld verlegt wird. Dieser auf den ersten Blick vielleicht widersinnige Ansatz, die Signalerzeugung auf unterschiedliche Örtlichkeiten zu verlegen, bringt massive Vorteile mit sich.

Grundlage für hochbitratige Datenübertragungen über das Koaxialkabel oder ein HFC-Netz ist seit jeher das DOCSIS-Protokoll (Data Over Cable Service Interface Specification). Der DOCSIS-Standard bediente sich im Downstream für die HF-Übertragung der IP-Daten traditionell der etablierten und erprobten Kabelfernsehstandards, also DVB-C in Europa und Asien und J.83/B in Nordamerika. Auch im Upstream kamen

QAM-Signale zum Einsatz, jedoch erweitert um Mechanismen für den Vielfachzugriff vieler Kabelmodems auf wenige Upstream-Frequenzressourcen (TDMA, A-TDMA, S-CDMA). Standen die an der Kommunikation beteiligten Geräte bei DOCSIS 1.0, 1.1 und 2.0 nur über einen Upstream und einen Downstream miteinander in Kontakt, änderte sich dies bei DOCSIS 3.0 grundlegend. Ab jetzt konnten die Kabelmodems (CM, Cable Modem) auf der Kundenseite und das CMTS (Cable Modem Termination System) in der Kopfstelle über mehrere Upstream- und Downstream-Kanäle gleichzeitig kommunizieren, was die möglichen Datenraten in neue Höhen katapultierte, wie Tabelle 1 zeigt.

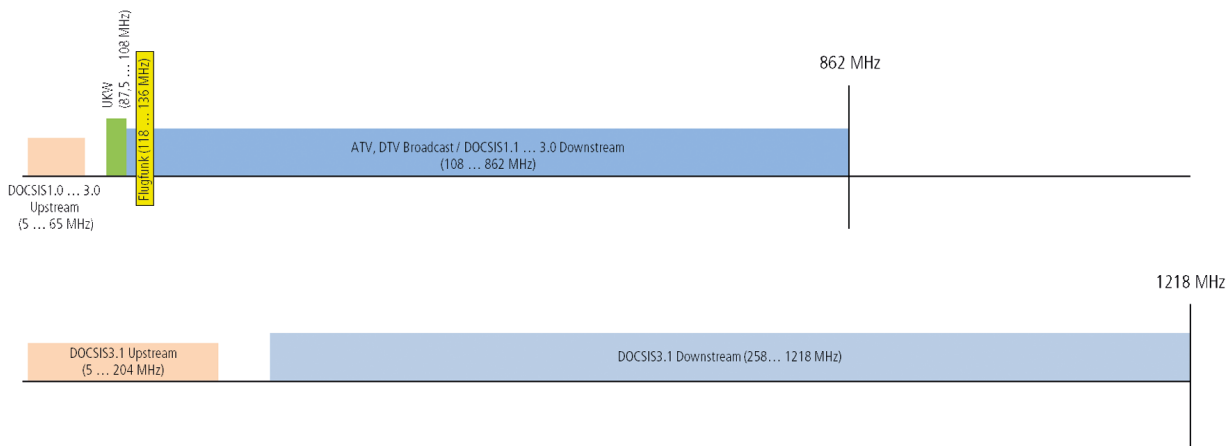
Der Hunger nach mehr Bandbreite verhalf der Technologie beim Übergang zu DOCSIS 3.1 zum bisher folgenreichsten Innovationssprung – die Einführung von OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) im Kabel. Diese Übertragungstechnologie ist im Gegensatz zur früher verwendeten QAM ein Vielträgerverfahren, bei dem die Daten auf viele zueinander orthogonale (d. h. sich gegenseitig nicht störende), nahe

beieinander liegende Unterträger aufgeteilt werden. Bei DOCSIS 3.1 sind dies im Downstream bis zu 7600 Träger im Abstand von nur 25 kHz im so genannten 8k-Modus und bis zu 3800 Träger im Abstand von 50 kHz im 4k-Modus. Die Multiplikation von Subträger-Abstand und Anzahl der Träger führt zur maximalen Übertragungsbandbreite eines DOCSIS-3.1-Downstream-Kanals von 190 MHz (!) netto. Auch im Upstream kommt von nun an OFDM zum Einsatz jedoch mit Kanalbandbreiten von maximal 96 MHz. Geringere Bandbreiten sind sowohl im US als auch im DS problemlos möglich, indem nicht alle OFDM-Träger genutzt werden. Somit verringert sich die Datenrate der Übertragung zugunsten von weniger belegter Bandbreite im Spektrum. Die minimale Bandbreite eines DOCSIS-3.1-Signals im Downstream beträgt beispielsweise 24 MHz.

Die Nutzung von OFDM im Breitband-Koaxialkabel war nur logisch, konnte man doch bei nahezu allen modernen Übertragungsstandards wie WLAN, LTE und 5G, DAB/DAB+, DVB-T/-T2, um nur einige zu nennen, die Vorteile die-

	DOCSIS 1.0	DOCSIS 1.1	DOCSIS 2.0	DOCSIS 3.0	DOCSIS 3.1	DOCSIS 4.0 Full Duplex (FDX) Extended Spektrum DOCSIS (ESD)
Highlights	IP-Daten-Übertragung über koaxiale CATV-Strukturen	QoS, VoIP Funktionalitäten hinzugefügt	Höherer Upstream Speed	Upstream- und Downstream-Speed massiv erhöht, IPv6	Weitere erhebliche Kapazitätserhöhung, OFDM im US und DS	Nutzung des Spektrums bis 1,8 GHz, symmetrische US- und DS-Bandbreiten
Downstream-Kapazität	50 Mbit/s	50 Mbit/s	50 Mbit/s	1,6 Gbit/s	10 Gbit/s	15 Gbit/s
Upstream-Kapazität	10 Mbit/s	10 Mbit/s	30 Mbit/s	240 Mbit/s	1-2 Gbit/s	15 Gbit/s
Veröffentlicht	1997	1999	2001	2006	2013	2019

Tabelle 1: Innovationssprung OFDM



© DEV Systemtechnik

Abbildung 1: DOCSIS 3.1 kann auch in den klassischen Frequenzbereich eingespeist werden

ses Verfahrens erkennen, studieren und nutzen.

Die Vorteile resultieren aus der Tatsache, dass bei OFDM ein Signal hoher Datenrate nicht auf einen einzelnen Träger aufmoduliert wird, sondern auf viele parallel übertragene Einzelträger mit sehr niedriger Einzeldatenrate. Eine niedrige Datenrate auf den Subträgern wirkt sich positiv bei kurzzeitigen Störern aus, da nur wenige (evtl. sogar nur ein einziges) Datensymbole zerstört werden. Zusammen mit einem Zeit- und Frequenzbereichs-Interleaving (logisch aufeinanderfolgende Daten werden weder zeitlich direkt hintereinander noch auf benachbarten Subträgern übertragen) und modernsten Fehlerschutzmechanismen ergibt sich so eine äußerst robuste Übertragung. Ein weiterer Vorteil ergibt sich bei dauerhaften Störern im Spektrum. Hier können bei OFDM einzelne Träger von der Übertragung ausgeschlossen werden. Dies führt zwar zu einer

geringfügig geringeren Gesamtdatenrate, erlaubt jedoch einen stabilen Datentransport auf allen ungestörten Subträgern. Im Falle einer QAM (hohe Datenrate auf nur einem Träger) kann ein einzelner, schmalbandiger Störer zur Unterbrechung der Datenübertragung des gesamten Kanals führen.

Erste Bestrebungen, OFDM im Breitbandkabel zu etablieren, gab es bereits früher in Form von DVB-C2 – hier allerdings mit einer Kanalbandbreite von 8 MHz wie von DVB-C gewohnt. Da sich DVB-C2 jedoch nie durchgesetzt hat, ist DOCSIS 3.1 der erste Standard, der OFDM im BK-Netz nutzt.

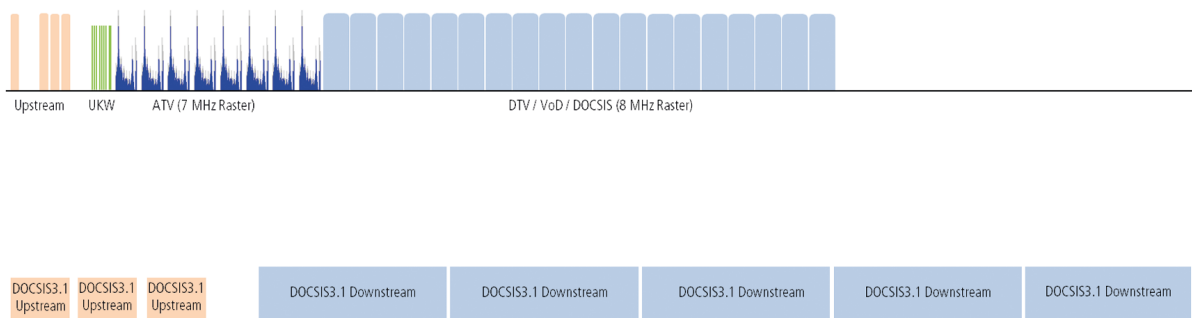
Verbesserter Fehlerschutz

Neben der Verwendung von OFDM und den neuen Bandbreiten von bis zu 190 MHz ist der verbesserte Fehlerschutz ein weiteres Charakteristikum von DOCSIS 3.1. Es kommt nun LDPC (Low

Density Parity Check) zum Einsatz, was im Downstream noch mit einer BCH-Codierung (Bose, Chaudhuri, Hocquenghem) kombiniert wird.

Bis zu 10 Gbit/s Downstream und 2 Gbit/s Upstream

Die darüber hinaus bahnbrechendste Neuerung sind Modulationsordnungen auf den Einzelträgern von bis zu 4096 QAM (DVB-C und DOCSIS 3.0: max. 256 QAM). Diese führen zusammen mit der großen Gesamtkanalbandbreite dazu, dass ein einziger DOCSIS-3.1-Downstream bis zu 2 Gbit/s transportieren kann. Wie auch bei DOCSIS 3.0 können nun darüber hinaus auch noch Kanäle gebündelt werden. Mit aktuellen CMTS-Generationen ist es somit möglich, auf fünf Downstream-Kanälen im erweiterten DOCSIS-3.1-Frequenzbereich von 258 MHz bis 1218 MHz, 10 Gbit/s ins Netz einzu-



© DEV Systemtechnik

Abbildung 2: DOCSIS 3.1 bricht mit dem klassischen 8-MHz-Kanalraster

speisen! Im Upstream von 5 MHz bis 204 MHz sind maximal 2 Gbit/s möglich. Im Spektrum ergeben sich nun neue Bandgrenzen. Es ist jedoch nicht zwingend erforderlich, sein Netz umzurüsten, auch in den klassischen Frequenzbereichen kann DOCSIS 3.1 eingespeist werden (Abbildung 1).

Weitreichende Folgen haben die jüngsten Entwicklungen im Breitband-Kabel auf die Kanalbelegung. Die Abschaltung von FM und analogem Fernsehen lässt die UKW-Träger und die 7-MHz-Kanäle verschwinden. DOCSIS 3.1 bricht mit dem klassischen 8-MHz-Kanalraster. In letzter Konsequenz ergibt sich ein BK-Spektrum mit nur noch wenigen OFDM-Kanälen (Abbildung 2).

Man wird natürlich in aller Regel trotz DOCSIS 3.1 noch lange einen Parallelbetrieb mit klassischem DVB-C für die TV-Versorgung (lineares Fernsehen) und auch mit DOCSIS 3.0 im 8-MHz-Raster vorfinden, da man die vielen im Feld befindlichen Endgeräte (Fernseher, Settop-Boxen, Kabelmodems) nicht alle auf einmal austauschen kann oder möchte und weil für viele Dienste (Fernsehen und „normale“ Datentarife) die konventionelle Technik auch ausreicht. Jedoch ist für hohe Datentarife jenseits z. B. 400 Mbit/s DOCSIS 3.1 bereits bei vielen Netzbetreibern schon jetzt Teil der Zukunftsstrategie. Einige wenige

Betreiber setzen allerdings auch auf eine so genannte „All-IP-Übertragung“. Das bedeutet, dass das gesamte Spektrum, wie im letzten Bild dargestellt, mit OFDM-Trägern belegt ist und sowohl Internet als auch Fernsehen in Form von IPTV über diese reine Datenverbindung den Kunden zur Verfügung gestellt wird!

Der Distributed-CCAP-Ansatz

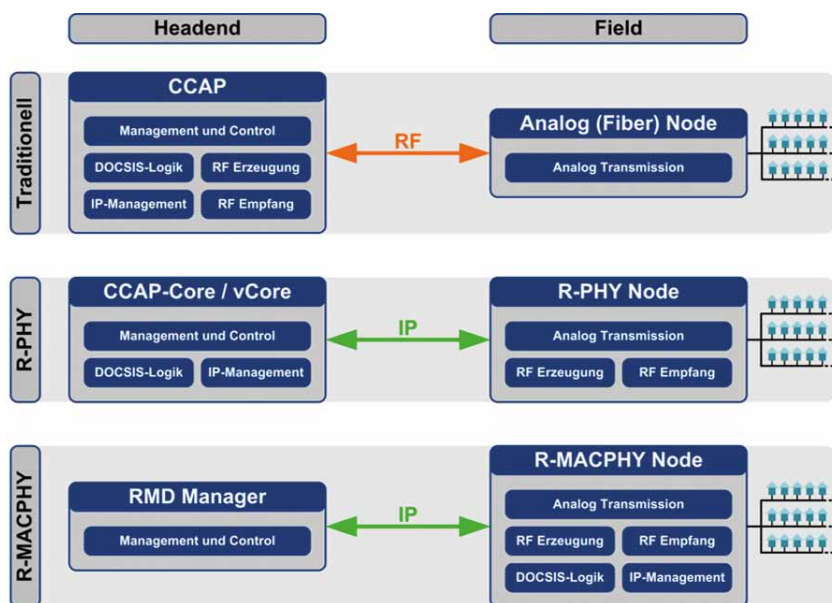
Entscheidend für den Erfolg des neuen DOCSIS-Standards ist es nun, die versprochenen Datenraten auch bis zum Kunden hin zu bekommen. Wenn es so einfach wäre, 4096 QAM zu übertragen, warum wird das nicht schon lange gemacht? Genau darauf ist der Distributed-CCAP-Ansatz eine Antwort!

Unabhängig von DCA (Distributed CCAP Architecture) liefert der DOCSIS-3.1-Standard selbst bereits ein Feature, das bei ansonsten unveränderter Netzstruktur bereits Modulationen bis 1024 QAM zulässt, und zwar der modernere Fehlerschutz. Wenn bei DVB-C oder DOCSIS 3.0 aktuell eine 256-QAM-Übertragung stabil funktioniert, was in nahezu allen Netzen der Fall ist, wird DOCSIS 3.1 mit 1024 QAM sicher funktionieren. Diese Aussage ist wegen des Systemgewinns durch den LDPC/BCH-Fehlerschutz zulässig. Wenn man jedoch vollumfänglich von DOCSIS 3.1

profitieren möchte und in der Zukunft auch 2048 oder 4096 QAM übertragen möchte, reichen die 36 bis 39 dB MER (Modulation Error Ratio), die man üblicherweise an der Teilnehmeranschlussdose (TAD) misst, nicht aus!

Dabei ist DCA nicht nur für eine bessere HF-Performance auf der Kundenseite der richtige Ansatz, sondern auch für eine Verkleinerung der Servicegruppen. DOCSIS ist ein so genanntes Shared Medium. Nur wenn sich die Bandbreite in einem Netzsegment nicht unter zu vielen Haushalten aufteilt, sind höchstbitratige Verträge mit dem Endkunden realisierbar.

Die für die hohen Modulationsarten nicht ausreichende MER-Performance des Netzes an der TAD kommt dadurch zu Stande, dass die HF bei klassischer Verteilstruktur in der Kopfstelle erzeugt wird. Im Falle eines HFC-Netzes wird die HF nun über einen analog-optischen Link ins Feld gesendet. Diese analoge Optik wird gewählt, um größere Strecken möglichst verlustfrei überbrücken zu können. Natürlich ist solch ein Glasfaserlink um Größenordnungen verlustärmer als die Übertragung über Koaxialkabel, bei der bedingt durch die hohe Dämpfung der Kabel alle 200 bis max. 400 Meter ein Verstärker gesetzt werden muss. Aber auch ein analog-optischer Link führt zu einer Verschlechterung der Signalqualität! Nach der optisch-elektrisch Wandlung des BK-Signals folgt nun üblicherweise eine Kaskade von mehr oder weniger vielen HF-Verstärkern bevor das Signal über einen TAP und den HÜP (Hausübergabepunkt) in die Hausverteilung eingespeist wird. Im Falle eines reinen Koaxialkabelnetzes, kann der analog-optische Link auch entfallen. Egal wie das Netz jedoch genau aufgebaut ist, die aus der Kopfstelle gesendete HF erfährt während der Übertragung bis zu TAD eine ständige Qualitätsverschlechterung. Im Falle von DCA wird nun die HF erst weit draußen im Feld im digitalen Access-Node erzeugt. Das bedeutet, dass von der Kopfstelle bis zum DCA-Node ein digitaler Link die Inhalte verlustfrei in Form von Ethernet-Signalen transportiert. Die im Feld erzeugte HF muss nun nur noch eine Kaskade von wenigen Verstärkern überbrücken. Man spricht von der so genannten „letzten Meile“. Dies führt zu einer signifikanten Verbesserung der



© DEV Systemtechnik

Abbildung 3: Zentralisierte, Remote-PHY- und Remote-MACPHY-Architektur im Überblick

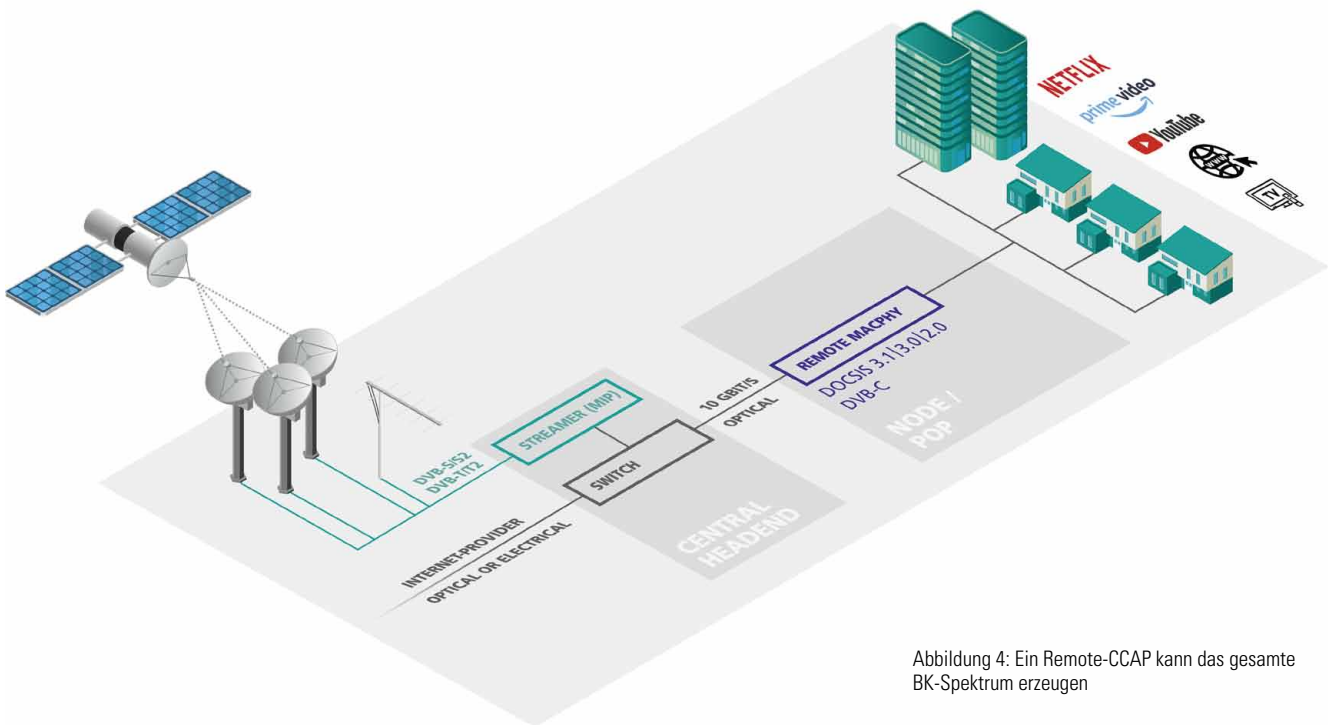


Abbildung 4: Ein Remote-CCAP kann das gesamte BK-Spektrum erzeugen

© DEV Systemtechnik

Signalqualität an der TAD. Zudem ist es mit DCA, wie bereits erwähnt, leichter, die Servicegruppen zu verkleinern. Kleiner Servicegruppen in Verbindung mit einer höheren Signalqualität und damit verbunden mit höheren Modulationen führen zu einer deutlich erhöhten Bandbreite pro Nutzer! Weitere Vorteile von DCA sind eine geringere Komplexität

und günstigeres Equipment in der Kopfstelle, geringerer Platzbedarf, ein geringerer Energieverbrauch und geringere Anforderungen an Kühlung und Klimatisierung des Head-Ends. Ein hohes Maß an Skalierbarkeit macht den Ansatz zukunftssicher und wettbewerbsfähig.

Remote-PHY und Remote-MACPHY

Nun gibt es bei DCA im Wesentlichen zwei unterschiedliche Ansätze. Remote-PHY (RPD = Remote-PHY-Device) und Remote-MACPHY (RMD = Remote-MACPHY-Device). Beim RPD ist ausschließlich die HF-Signalerzeugung in den Access-Node ausgelagert. Alle anderen CMTS-Funktionalitäten bleiben in der Kopfstelle. Dies spiegelt sich in der Namensgebung wider: Remote steht für „entlegen“ oder „draußen“ und PHY steht für „Physical Layer“, was der Bit-übertragungsschicht des OSI-Referenzmodells entspricht, also in unserem Fall der Erzeugung der QAM- oder OFDM-Signale. Beim Remote-MACPHY wandert nun zusätzlich noch das MAC-Layer in den Remote-Node, was wieder zur entsprechenden Namensgebung führt. Die Unterschiede werden in Abbildung 3 noch einmal verdeutlicht. Hauptproblem beim Einsatz von Remote-PHY ist, dass immer noch CMTS-Kern-

Funktionalität im Head-End nötig ist. Die Kommunikation zwischen Kopfstelle und RPD ist zwar standardisiert (DEPI, UEPI, GCP), die Kommunikation zwischen Systemen unterschiedlicher Hersteller ist trotzdem wegen vieler optionaler und proprietärer Auslegungen der Standards kompliziert, der Aufwand ein RPD online zu bringen und zu managen ist hoch.

Beim RMD-Ansatz sind sämtliche CMTS-, und DOCSIS-Funktionalitäten im Node, wodurch sich die Kopfstelle auf günstige Routing- und Switching-Hardware- und -Software reduziert. Die Flexibilität erhöht sich ebenfalls noch einmal, weil ein RMD wahlweise mit einem einfachen Switch oder einem OLT (Optical Line Terminal; falls beispielsweise durch GPON-Aktivitäten des Betreibers sowieso vorhanden) in der Kopfstelle kommunizieren kann und weil jegliche Herstellerbindung entfällt!

Wenn der Node nicht nur CMTS sondern auch noch Edge-QAM-Funktionalität beinhaltet, also eine DVB-C-Signalaufbereitung für TV-Signale, spricht man von einem Remote-CCAP. Wenn über den digitalen Link von der Kopfstelle der Fernseh-Content in Form von SPTS- oder MPTS-Datenströmen mit an den Node versendet wird, ist ein Remote-CCAP in der Lage, das gesamte BK-Spektrum zu erzeugen (Abbildung 4).



DEV Systemtechnik GmbH

Das Unternehmen gehört zur AXING Gruppe, entwickelt und produziert das komplette Gerätespektrum für die optische und elektrische Signalübertragung für Satelliten-, HFC- und Kabelnetze. Alle Systeme und Produkte sind für die Übertragung von Hochfrequenzsignalen über Koaxial- oder Glasfaserkabel geeignet.

Grüner Weg 4A
61169 Friedberg
+49 (0)6031 6975 100
info@dev-systemtechnik.com
www.dev-systemtechnik.de

Mit Remote-MACPHY/CCAP sind alle Schlüsselfunktionen nicht mehr in der Kopfstelle, sondern direkt im Access Node, also in einer hochintegrierten Plattform angeordnet. Die äußerst kosteneffizienten Lösungen sind punktgenau auf die Kundenanforderungen anpassbar, und auch auf zukünftige Anwendungen skalierbar. Die hohe Flexibilität der Systeme, viele mögliche Migrationsszenarien von klassischer Kopfstellenarchitektur hin zu Distributed CCAP und die Weiterverwendbarkeit bestehender Koaxial- oder HFC-Strukturen minimiert die zu tätigen Investitionen, um Multi-Gigabit-Services anbieten zu können.

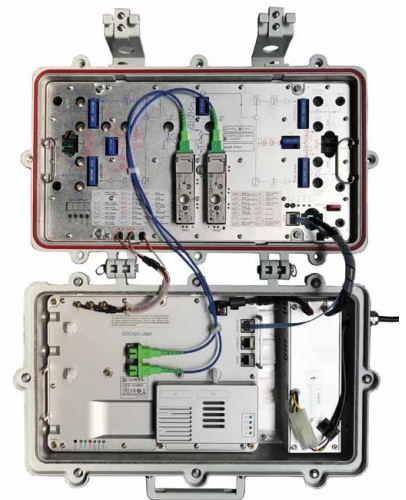


Abbildung 5: Remote-MACPHY/CCAP-Technologie von DEV Systemtechnik (CC8800-F-U)

Remote-CCAP: Alternative zu PON und FTTH

Dass sich die Glasfaser langfristig durchsetzen wird, und dass neu zu errichtende Infrastrukturen in aller Regel glasfaserbasiert sind, steht außer Frage. Jedoch stehen viele Netzbetreiber, Antennengemeinschaften, City-Carrier oder auch die Wohnungswirtschaft vor der Aufgabe, immer höhere Bandbreiten auch bei Bestandskunden und auf bereits existierenden Netzen anbieten zu müssen. Die Gründe hierfür sind vielfältig – Druck von der Kundenseite, Wettbewerb durch andere Breitbandanbieter, Bandbreite als Standortfaktor für die Wirtschaft und europäische oder nationale Breitbandziele sind nur einige Motivationen. Die Entscheidung, eine

bestehende und im Prinzip gut funktionierende Koaxialkabelinfrastruktur vollständig mit Glas zu überbauen und echtes, digitales FTTH anzubieten, stellt die Betreiber vor immense Herausforderungen. Mit Remote-CCAP steht jedoch eine voll ausgereifte, lieferbare und weltweit bereits tausendfach eingesetzte Technologie zur Verfügung, um die Bandbreitenanforderungen auch mittel- und langfristig in bestehenden Netzen zu sichern. Mit überschaubaren Kosten und kurzen Umstellungszeiten kann das Gigabit-Zeitalter eingeläutet werden. Remote-CCAP ist somit die Alternative zu PON und FTTH. ■



© DEV Systemtechnik

Benedikt Breuer

ist International Key Account Manager
HFC Networks für die AXING AG und
DEV Systemtechnik GmbH
+49 6031 6975100
bbreuer@dev-systemtechnik.com