Voll belegt: Simulation von Breitbandkabelnetzen mit TV und DOCSIS 3.1

Der Kabelanschluss liefert schon längst nicht mehr nur Fernsehprogramme. Auch Telefon und Internet kommen auf diesem Weg ins Haus. Gerade Letzteres verlangt immer mehr Bandbreite. Da der Frequenzbereich nicht beliebig erweitert werden kann, sind effizientere Übertragungsverfahren gefordert. Der neue Standard DOCSIS 3.1 ermöglicht bisher unerreichte Datenraten im Downstream und Upstream – und stellt ganz neue Anforderungen an die Messtechnik.

Die "letzte Meile", also der Abschnitt, der bis zum Anschluss des Teilnehmers führt, ist der komplexeste Teil jeder Netzinfrastruktur. Änderungen daran sind aufwendig und teuer, weshalb Netzbetreiber versuchen, sie so lange wie möglich zu vermeiden. Beim Kabelfernsehen besteht die letzte Meile aus Glasfaser- und Koaxialleitungen, Verstärkern und elektrisch / optischen Wandlern und gilt als der Flaschenhals im Hinblick auf höhere Datenraten.

Maximierter Datendurchsatz über vorhandene HFC-Netzinfrastruktur

Hier setzt der neue Standard DOCSIS 3.1 an: Er wurde verabschiedet, um den Datendurchsatz im Downstream und im Upstream zu maximieren, ohne dass Änderungen an der vorhandenen HFC-Netzinfrastruktur (Hybrid Fiber Coax) notwendig werden. Um das zu erreichen, führt DOCSIS 3.1 einige wesentliche Neuerungen ein. Der größte Fortschritt ist

sicherlich die Anwendung des in den TV-Standards der zweiten Generation bewährten LDPC-Fehlerschutzes (Low Density Parity Check), in Kombination mit der robusten OFDM-Modulation. Der Fehlerschutz LDPC ist so leistungsfähig, dass mit DOCSIS 3.1 Konstellationen wie 4096QAM eingesetzt werden können, was bisher kaum vorstellbar war. DOCSIS 3.1 arbeitet mit Kanalbandbreiten von 192 MHz im Downstream und von 96 MHz im Upstream, die aber bei Bedarf skaliert werden können. Das ist die Stärke der OFDM-Modulation: Sie bietet die Flexibilität, um die Signalbandbreite an die spezifischen Eigenschaften eines Netzes anzupassen. Da OFDM und LDPC zusammen noch nicht die angestrebte Erhöhung des Datendurchsatzes erreichen, sind in DOCSIS 3.1 auch die Frequenzbereiche neu festgelegt (BILD 1). Die Obergrenze wird in zwei Stufen zunächst auf 1218 MHz, dann auf 1794 MHz angehoben. Auch hier wird erwartet, dass der Fehlerschutz die schlechteren Übertragungseigenschaften des Kabels bei höheren Frequenzen wettmacht. Der Upstream

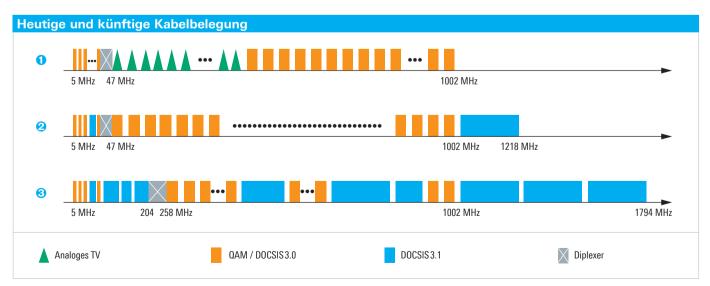


BILD 1: • Heute typische Kabelbelegung mit analogen und digitalen Kanälen bis 1002 MHz. • Erweiterung bis 1218 MHz mit DOCSIS3.1. • Endausbau mit Upstream bis 204 MHz und Downstream bis 1794 MHz.



wird auf 5 MHz bis 204 MHz erweitert. Durch diese Maßnah- und D

men soll DOCSIS 3.1 Datenraten von mehr als 10 Gbit/s im Downstream und mehr als 1 Gbit/s im Upstream ermöglichen. Erste Feldversuche werden 2014 anlaufen. Mit dem kommerziellen Einsatz von DOCSIS 3.1 wird ab 2016 gerechnet.

Neue Tests für Kabeltuner, Modulatoren und Verstärker

Nachdem der Standard definiert ist, ist nun die Industrie gefordert. Eine neue Generation breitbandiger Modulatoren und Tuner für Kabelmodems und CMTS (Cable Modem Termination System) wird gebraucht. Und auch wenn die Netzinfrastruktur unverändert bleibt, so müssen die Verstärker und Wandler doch mit den neuen Signalen getestet werden (BILD 3). Besonders kritisch ist dabei die große Anzahl der im Breitbandkabel vorhandenen Signale, die leicht Verzerrungen durch Intermodulation zur Folge haben. Es kann auch zu Signalspitzen kommen, die den Laser in einem elektrisch / optischen Wandler übersteuern (laser clipping), was zu Störungen



und Datenverlust führt. Außerdem wird DOCSIS 3.1 für eine Übergangszeit im Kabel mit dem bisherigen digitalen Fernsehen und teilweise sogar mit analogem Fernsehen und UKW-Hörfunk koexistieren. In dieser Übergangszeit werden im Upstream DOCSIS 3.1 und DOCSIS 3.0 parallel betrieben. Dabei stellt sich die Frage, ob und wie stark sich die verschiedenen Systeme gegenseitig stören.

Simulation voll belegter Kabelfernsehnetze

Für das Untersuchen solcher Last- und Koexistenzszenarien bringt Rohde & Schwarz einen neuen Signalgenerator auf den Markt: den DOCSIS Cable Load Generator R&S®CLGD (BILD 2), eine Weiterentwicklung des R&S®CLG. Er erzeugt sowohl DOCSIS 3.1-Signale als auch digitale und analoge Fernsehsignale im Downstream sowie DOCSIS 3.1- und DOCSIS 3.0-Signale im Upstream. Somit kann der Generator beliebige Kabelbelegungen nachbilden. Für realistische Testbedingungen simuliert der R&S®CLGD zudem Störeinflüsse durch weißes Rauschen, Impulsrauschen, Mikroreflexionen, schmalbandige Einstreuungen und nicht zuletzt das 50-Hz/ 60-Hz-Netzbrummen. Der neue Generator ist das ideale Werkzeug für die Entwicklung von breitbandigen Tunern für die neue Generation von Kabelmodems und CMTS. Auch zum Qualifizieren von Verstärkern und elektrisch / optischen Wandlern mit DOCSIS3.1-Signalen ist er bestens geeignet.

Peter Lampel

BILD 3: Testsignal für einen Kabelfernsehverstärker mit Analog-TV, QAM und einem 192 MHz breiten DOCSIS 3.1-Signal mit insgesamt 15 dB Aufwärtsschräglage. Das DOCSIS 3.1-Signal enthält den größten Teil der Leistung.