

Auf dem Weg zu Docsis 3.0 – Messungen von linearen und nichtlinearen Verzerrungen im Rückkanal

Mit der Modernisierung der TV-Verteilnetze zu interaktiven Triple-Play-Netzen ist die Netzaufrüstung der Kabelnetzbetreiber nicht abgeschlossen. Kabel-TV-Unternehmen werden künftig in der Lage sein, auch Geschwindigkeiten von mehreren 100 Mbit/s umzusetzen. Doch bei zunehmender Nutzung von Sprachtelefonie, Video on Demand und Notrufdiensten muss sich auch die Netzüberwachung künftig härteren Qualitätsmaßstäben stellen. Der Fortschritt in der Messtechnik liefert hier wichtige Impulse.

Kabelnetzbetreiber bieten heute Kabelfernsehen, Internet und Telefonie aus einer Hand an. Voraussetzung hierfür ist ein sogenanntes HFC-Netz (Hybrid-Fiber-Coax), also ein Netz, das im Regionalbereich Glasfaserstrecken verwendet, die bis in die Nähe der Haushalte führen (FTTC, Fibre to the Curb). An den Endpunkten der Glasfasern werden die optischen Signale in elektrische gewandelt, die dann über Koaxialkabel in die einzelnen Haushalte geführt sind. HFC-Netze sind zudem in der Regel mit einem digitalen Rückkanal ausgestattet, über den der Benutzer die Fernsehübertragung individuell steuern kann (z. B. für Video on Demand), im Web surfen oder mit Voice over IP (VoIP) telefonieren kann.

Mit der jüngsten Version Docsis 3.0 (Data over cable service interface specification) können durch Bündelung von vier Kanälen Geschwindigkeiten von bis zu 160 Mbit/s in Empfangs- und bis zu 108 Mbit/s in Senderichtung erzielt werden. Eine Bündelung von acht Kanälen ist gleichfalls möglich bei entsprechend verdoppelten maximalen Datenraten.

Härteprobe für das Troubleshooting

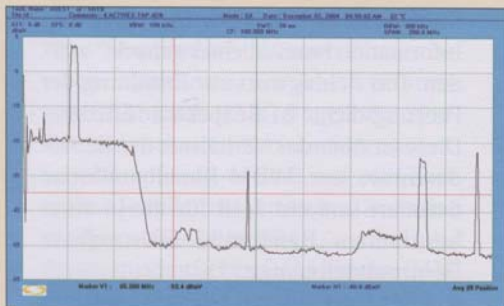
Die rasante Verbreitung von bandbreitenintensiven Diensten über das Kabelnetz erfordert eine intensive Wartung und Netzüberwachung. Besonders der Rückkanal benötigt ein wirksames Monitoring und „Troubleshooting“. Denn die aus den Wohnungen und der Hausinstallation stammende Einstreuung von Störsignalen (Ingress) im Upstreambereich ist für den größten Teil der Übertragungsfehler verantwortlich.

Die meisten Kabelnetzbetreiber konzentrieren sich bei der Fehlersuche im Rückkanal auf den Frequenzbereich von 5 MHz bis 65 MHz. Dabei werden heute weltweit vorwiegend FP-Laser (Fabry-Perot) benutzt, die in einem Frequenzband von 5 MHz bis 200 MHz die Rückkanalenergie transportieren.

Um Docsis-Kanäle zu überprüfen, ist ein guter Spektrumanalysator notwendig. Mit zunehmender Installation und Nutzung sicherheitskritischer Dienste wie Notruf, Voice over IP oder Bezahldiensten wie Video on Demand müssen Kabelbetreiber in Zukunft auch verstärkt Phänomene der linearen oder nichtlinearen Verzerrungen Beachtung schenken.

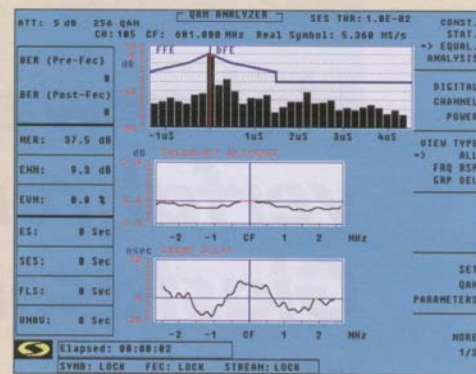
Lineare Verzerrung

Die in modernen Docsis-Systemen benutzten QAM-Demodulatoren (Quadraturamplitudenmodulation) mit ihren Equalizern – eine Art digitale Filter – haben die Aufgabe, lineare Verzerrungen auszugleichen und die auf diese Weise entstandene Modulationsfehlerrate (MER, Modulation Error Ratio) zu optimieren. Derartige lineare Verzerrungen treten regelmäßig als Störfaktoren



bei Frequenzgang (Frequency Response), Gruppenlaufzeitverzögerung (Group Delay) als kumulativer Effekt mehrerer Filter oder durch Mikroreflexionen im Übertragungskanal auf und pflanzen sich anschließend linear über das gesamte Netz bis zum Endanwender fort.

Mit digitalen adaptiven Equalizern lassen sich lineare Signalverzerrungen weitgehend kompensieren. So ergibt die nichtlineare Verzerrung (Modulationsfehlerrate nach Durchlaufen des Equalizers) zusammen mit der linearen Verzerrung (ermittelt aus den Equalizer-Koeffizienten) den gesamten Verzerrungswert. So kann beispielsweise die Modulationsfehlerrate ohne Equalizer 33 dB betragen – und bei Nutzung eines Equalizers eine Verbesserung auf 40 dB und mehr erfahren.



Verzerrungsmessung in Docsis-Kanälen

Nichtlineare Verzerrung

Bei der Angabe der Bitfehlerrate (BER, Bit Error Ratio) spielt eine wichtige Rolle, ob die Bitfehler vor oder nach der Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC, Forward Error Correction) gemessen werden. Entsprechend wird zwischen dem sogenannten Pre-FEC-BER-Wert und dem Post-FEC-BER-Wert unterschieden.

Zur Ermittlung des Pre-FEC-BER-Werts wird die Bitfehlerrate berechnet, indem die Anzahl der fehlerhaften Datenpakete durch die Gesamtanzahl der übertragenen Datenpakete geteilt wird – und zwar vor der Bearbeitung der Datenpakete durch die Fehlerkorrektur.

Bei der Ermittlung des Post-FEC-BER-Wertes dagegen wird die Bitfehlerrate berechnet, indem die Gesamtanzahl der fehlerhaften und nicht korrigierten Datenpakete durch die Gesamtanzahl der übertragenen Datenpakete geteilt wird – nach der Bearbeitung der Datenpakete durch die Fehlerkorrektur. Treten hier Fehler auf, beeinflussen nichtlineare Verzerrungen die QAM-Übertragung.

Troubleshooting im Docsis-3.0-Zeitalter

Die Betrachtung sowohl der linearen wie auch der nichtlinearen Verzerrungen – auch über längere Zeitspannen – ist eine entscheidende Voraussetzung, um sämtliche Formen von Signalbeeinträchtigungen im Kabelnetz zu erfassen. Eine gute Möglichkeit, dies zu tun, ist die Messung von Modulationsfehlerrate und Bitfehlerrate, die unter Berücksichtigung von Störeinflüssen beim Frequenzgang und der Gruppenlaufzeitverzögerung sichtbar werden.

Aber die Modulationsfehlerrate hat ihre Grenzen. Zwar lassen sich mit MER-Messungen lineare Beeinträchtigungen zwischen einem Sender und einem Empfänger in dB exakt quantifizieren. Allerdings ist MER „blind“ für sogenannte intermittierende Fehler („intermittent errors“): So kann ein Signal zwar einen guten MER-Wert haben, gleichzeitig aber eine sehr schlechte Bitfehlerrate aufweisen. Die Gründe für derartige Fehler sind vielfältig – mögliche Ursachen sind beispielsweise das Übersteuern des Lasers (sogenanntes „Laser Clipping“), ein falsch aufgesetztes Sweep-System oder andere Störeinflüsse.

Mit leistungsfähiger und gut kalibrierter Messtechnik sind Störungen eines digitalen Signals im Frequenzgang und damit auch Signaturen von Mikroreflexionen leicht zu identifizieren. Auch Fehlverhalten bei der Gruppenlaufzeitverzögerung lassen sich mit entsprechender Messtechnik leicht erkennen und eingrenzen. Die erforderlichen Investitionsentscheidungen müssen allerdings nicht erst morgen getroffen werden, sondern jetzt – um den Kunden eine gute Leistung bieten zu können.

Christian Kraemer, Sunrise Telecom