

Ethernet-over-Coax-Technologie

MoCA-Netzwerke – Koax hat den Kaffee noch lange nicht alle

Mit der Home-Networking-Technologie MoCA können Inhalte zwischen MoCA-fähigen Geräten innerhalb eines Gebäudes über das bestehende koaxiale Netz ausgetauscht werden. Der Fachbeitrag beleuchtet Funktionsweise und Einsatzmöglichkeiten dieser Ethernet-over-Coax Technologie. Von Dr.-Ing. Alexander C. Adams

Die Aufgabe eines Ingenieurs liegt nicht primär in der Erweiterung des Horizonts menschlichen Verstehens naturgegebener Vorgänge, sondern vielmehr in der nutzvollen Applikation neu gewonnener Erkenntnisse. Er gießt folglich Wissen in Technologie, wendet also wissenschaftliche Erkenntnis zum Wohle der Menschheit an. Mit solchen oder ähnlichen Worten wird jeder Student der Ingenieurwissenschaften hin und wieder im Laufe seines Hochschullebens in der Wahl seines Studienfachs bestärkt. In dieser Hinsicht wird man in der Breitbandkommunikationsindustrie keineswegs enttäuscht. Die allgemeinen Bandbreitenbedarfe verdoppeln sich ungefähr alle zwei Jahre. Dieser Prozess wird Nielsens „Law“ genannt und hält seit 30 Jahren an, ein Ende ist nicht abzusehen. Damit fungiert das Gesetz des Herrn Nielsen als Taktfrequenz für Entwicklungsschritte in der Breitbandkommunikation, denn die Netzbetreiber müssen den Datendurchsatz ihrer Infrastruktur auf die gesteigerten Bedarfe anpassen, ja diesen zunächst in technischen Verfahren gar erst möglich machen. Damit ist die Breitbandkommunikation eine Industrie, die stets nahe der Grenze des momentan technisch Machbaren arbeitet.

Optimale Performance bei möglichst geringen Kosten

In der realen Arbeitswelt herrschen jedoch häufig Rahmenbedingungen, die den Spielraum der wissenschaftlichen Erkenntnisumwandlung signifikant einschränken können. Hier stellt die Breitbandkommunikationsindustrie eine gute Schule dar, denn es gilt für praktisch jede neu entwickelte Technologie die Rahmenbedingung, dass die neue Technik

optimale Performance bringen soll, bei möglichst geringen Kosten in Entwicklung, Anschaffung und Betrieb. Ferrari-Leistung zum Preis eines Opel Corsa – Welcome to Cable!

Diese optimierte Vorstellung von einem Preis-Leistungs-Verhältnis ist neben dem Nielsen-„Gesetz“ eine weitere Triebfeder der Breitbandindustrie, die diese bereits seit 25 Jahren antreibt. Grundsätzlich hat in der Vergangenheit die Entwicklung von Kommunikationstechnik für die Signalübertragung auf bereits bestehenden Netzen einen hohen Stellenwert eingenommen. Übertragungstechnische Verfahren wie kohärente Optik oder wie die Standards der DOCSIS-Familie dienen allein dem Zweck, Daten- und Signaldurchsätze durch bestehende Netze optischer sowie koaxialer Natur zu erhöhen. Hierbei ist hervorzuheben, dass diese technischen Lösungen stets als Zeitkaufprojekte gedacht waren, die es den Netzbetreibern ermöglichen sollten, die bestehenden Netze verwenden zu können, während optische Anteile über mehrere Jahre hinweg in Richtung des Kunden gebracht wurden. Bestehende Netze haben einen Vorteil, den man fast als „sexy“ bezeichnen könnte: Sie haben sich bewährt und sie sind in den meisten Fällen bereits bezahlt, was positiv zu bewerten ist in Bezug auf die genannte Rahmenbedingung, die Sparsamkeit beim Upgrade nahelegt.

Zukunftsmausik: Koaxialtechnik nur noch in NE4 und 5

Mit der Einführung von RemotePHY-Technologien und DOCSIS 3.1 in die Breitbandnetze wurde ein weiterer Schritt zur optischen Durchdringung getan. In den kommenden Jahren wird

in Deutschland eine verstärkte Aktivität zu beobachten sein, die optischen Anteile der Netze bis in die Keller der Gebäude, besonders der Mehrfamilienhäuser zu bringen. Somit wird die Netzebene 3 immer mehr zu einer optischen Infrastruktur werden und der Fokus der koaxialen Technik wird sich verstärkt auf die Inhausnetze der Netzebenen 4 und 5 verlegen.

Was das nun also mit den HFC-Netzen? Mitnichten, denn eine Faser im Keller bedeutet noch keine Faser ins Modem, und nur wenn Letzteres gegeben ist, besteht eine durchgehend digitale Ethernet-Verbindung zwischen CMTS und Modem. Der nächste Schritt der Netzumrüstung wird also verstärkt Fiber-to-the-Building-(FTTB)-Lösungen beinhalten, bei denen das Signal im Keller des Gebäudes eine optisch-elektrische Wandlung erfährt, um die koaxiale Netzinfrastruktur der Netzebenen 4 und 5 weiter nutzen zu können. Es bleibt also auch mittelfristig das uns so vertraute HFC-Spiel bestehen, nur dass die Optical Nodes nicht mehr hauptsächlich auf der Straße, sondern verstärkt auch den Gebäuden der Teilnehmer anzufinden sein werden.

Es gibt durchaus gute Gründe, die koaxiale Netzebene 4 und 5 weiter verwenden zu wollen. Koax stellt eine solide Infrastruktur dar, sie ist metallisch gegen Störeinstrahlung geschirmt – bildet also einen sogenannten Faradaykäfig – und man kann daher hohe Modulationsordnungen verwenden, was den Datendurchsatz erhöht. Zudem kann ein großer Frequenzbereich für die Übertragung von modulierten Signalen benutzt werden. Außerdem gilt auch hier der vorher bereits angeführte allergrößte Vorteil bestehender Netze: Die Infrastruktur der

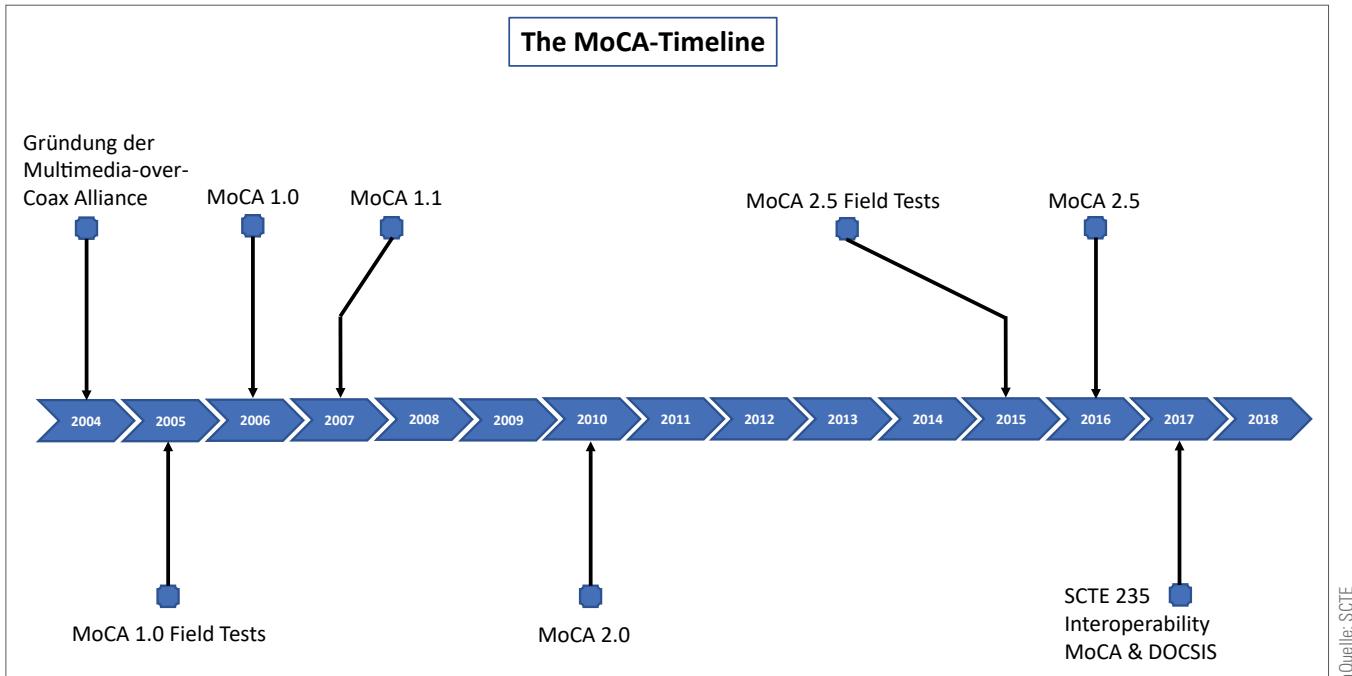


Abbildung 1: MoCA-Technologie Historie

Quelle: SCTE

Netzebene 4 ist in den meisten Fällen bereits bezahlt.

Die Änderung des Telekommunikationsgesetzes vom Dezember letzten Jahres machen eine optische Aufrüstung der Netze der Netzebenen 4 und 5 in Zukunft besonders in Mehrfamilienhäusern weniger attraktiv für die Besitzer dieser Objekte, da es für sie nunmehr schwieriger ist, die Mieter an den Kosten einer Umrüstung zu beteiligen. In der Folge sind solche mittelfristigen Lösungen für Eigentümer von Mehrfamilienhäusern oder für Wohnbaugesellschaften erwägenswert, die sich auf der bestehenden koaxialen Inhausinfrastruktur abbilden lassen, und die auf die Datenbedarfe der kommenden Jahre skalierbar sind. Insofern wirkt die Gesetzesänderung hier und da dem Projekt „Deutschland einig Faserland“ entgegen.

Der MoCA-Standard – Kommunikation über das koaxiale Netz

Im Folgenden soll eine Form der Ethernet-over-Coax Technologie beleuchtet werden, die neben den Standards der DOCSIS-Familie für die Datenübertragung über koaxiale Kabel konzipiert ist. Ethernet-over-Coax in den Netzebenen 4 und 5 wird auch als MoCA bezeichnet, es ist für die Daten- und Signalübertragung im Gebäude und in der Wohnung

des Teilnehmers vorgesehen. MoCA steht hierbei als Abkürzung für „Multimedia over Coax Alliance“. Diese Allianz ist eine Arbeitsgruppe von Netzbetreibern, Equipment-Herstellern und Händlern sowie Herstellern von Halbleitern und Messgeräten. Die Allianz gründete sich im Jahr 2004 zur Erstellung eines Standards für Home-Entertainment-Netze. Das grundsätzliche Ziel der Multimedia over Coax Alliance ist die Entwicklung von Home-Networking-Technologien, die gleichzeitig mehrere Datenströme oder Multimedia Content mit hoher Leistungsfähigkeit auf den bestehenden koaxialen Inhausnetzen übertragen können. Dabei müssen diese Technologien mit bestehenden anderen Diensten im Netz koexistieren können.

Bei MoCA handelt es sich also um eine Home-Networking-Technologie zur Verwendung in den Netzebenen 4 (Gebäude) und 5 (Wohnung). Mit diesem Standard können Inhalte zwischen MoCA-fähigen Geräten innerhalb eines Gebäudes über das bestehende koaxiale Netz ausgetauscht werden. Hierbei werden sehr robuste Modulationsformen angewendet, die Signale sind gegen Manipulation und fremden Zugriff gesichert und erfahren auf dem Übertragungsweg eine geringe Latenz. Die jüngste Version des Standards ist die Version 2.5, die einen Datendurch-

satz von 2,5 Gbit/s im koaxialen Netz ermöglicht. MoCA wird von allen großen US-amerikanischen Netzbetreibern als Home-Networking-Standard in den Netzebenen 4 und 5 eingesetzt.

Die erste Version des MoCA-Standards – MoCA 1.0 – stammt aus dem Jahr 2006. Hiermit wurde ein Datendurchsatz von 135 Mbit/s ermöglicht. In den folgenden Jahren wurden die Versionen MoCA 1.1 (2007) und MoCA 2.0 (2010) veröffentlicht, wobei die Version 1.1 Datendurchsätze von 175 Mbit/s und die Version 2.0 von 1 Gbit/s übertragen konnte. Letztere wurde in der Weiterentwicklung mit zusätzlichen Sicherheits- und Routingfunktionen ausgestattet. Das jüngste Kind dieser Familie von Standards ist MoCA 2.5. Es erreicht unter Zuhilfenahme von Channel-Bonding-Funktionen einen Datendurchsatz von 2,5 Gbit/s. Der in der Entwicklung befindliche MoCA-3.0-Standard soll einen Datendurchsatz von 10 Gbit/s haben. Zur zeitlichen Entwicklung der MoCA-Standards siehe Abbildung 1.

Struktur von MoCA-Netzen

MoCA ist ursprünglich entwickelt worden, um Videosignale über das Internet empfangen und an Set-Top-Boxen und TV-Geräte verteilen zu können, sowie zur Nutzung von digitalen Videorekordern

in mehreren Zimmern einer Wohnung. Mittlerweile wird es vielseitiger verwendet, denn MoCA-Netze sind als IP-Netze nutzbar, die MoCA-kompatible Geräte untereinander verbinden. Ein Gerät bildet hierbei die Masterstation, bis zu weitere 15 Geräte funktionieren als „Slaves“. Hier unterscheidet MoCA sich grundsätzlich von DOCSIS und der gesamten aus der HFC-Welt bekannten Struktur. Ein DOCSIS-Netz ist wie ein Baum aufgebaut, wobei man sich die CMTS als Wurzel und die Kabelmodems als Blätter vorstellen muss. In einer solchen Netzstruktur kann ein Kabelmodem nicht direkt mit einem anderen Modem im Netz kommunizieren. Bei DOCSIS läuft jede Kommunikation über die CMTS. Ein MoCA-Netz hingegen ermöglicht es allen angeschlossenen Teilnehmern, direkt untereinander zu kommunizieren, wobei die Übertragung von Ethernet-Paketen (IP) vom Standard unterstützt wird – schließlich ist MoCA eine Version der Ethernet-over-Coax Technologie. Ein solches Full-Mesh Network ist in Abbildung 2 dargestellt. Ethernet-Übertragungen über Koax bergen einen großen Vorteil in sich, denn ein signifikanter Anteil der Wohngebäude in der westlichen Welt weist eine koaxiale Verkabelung auf. Sehr viel geringer ist der Anteil der Gebäude mit einer existierenden Ethernet-LAN-Verkabelung. MoCA kann unter Umständen als Alternative auf dem bestehenden koaxialen Netz genutzt werden, um eine kostenintensive Umrüstung auf Fixed-Wire Ethernet LAN zu umgehen. Wirtschaftlich ist dies ein sehr wichtiger Gesichtspunkt, denn hier bietet sich die Möglichkeit, Ferrari-Leistung zu generieren, ohne einen Ferrari-Preis zahlen zu müssen.

Spezifikationen für Übertragungsschichten

Die Standards der MoCA-Familie beinhalten Spezifikationen auf der Bitübertragungs- sowie der Sicherungsschicht des siebenschichtigen Open-Standard-Interconnect-Modells (OSI-Modell). Die Bitübertragungsschicht ist die unterste Schicht (Schicht 1) des Modells. Sie heißt im Englischen „Physical Layer“, und da der Amerikaner allgemein Abkürzungen liebt, nennt man sie dort nur kurz die „PHY“. Die zweite Schicht ist die Sicherungsschicht, sie heißt im Engli-

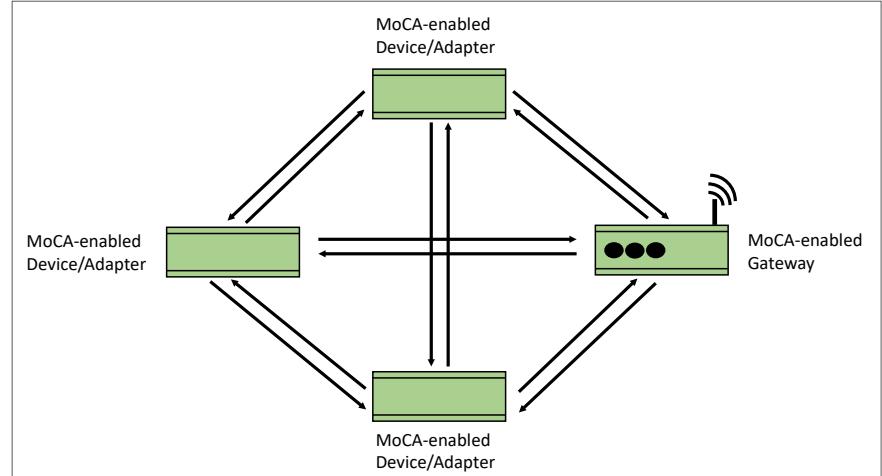


Abbildung 2: MoCA Mesh-Netzwerk

schen „Data Link Layer“. Da in dieser Sicherungsschicht die Spezifikationen zur Media Access Control (MAC) enthalten sind, wird in der Breitbandindustrie oftmals gleich die gesamte Sicherungsschicht als „MAC“ bezeichnet. Allgemein kann man sagen, dass auf der PHY die tägliche, harte Arbeit der Übertragungstechnik verrichtet wird, nämlich die reale physikalische Übertragung der Bits, während auf der MAC die Logistik und Organisation des Datentransports organisiert wird. MAC-Daten sind also keine Nutzdaten, sie haben ein geringes Datenvolumen, sind aber unentbehrlich für den reibungslosen Ablauf des Kommunikationsprozesses. Ohne MAC-Informationen keine Datenübertragung auf der PHY, oder anders gesagt: No MAC, no fun.

Problem der Dämpfung

MoCA-Systeme werden auf den traditionellen Inhausnetzen der Netzebenen 4 und 5 betrieben. Diese bringen eine sogenannte hierarchische Struktur mit sich, die im Wesentlichen durch den Aufbau dieser Netze beschrieben wird. In den Inhausnetzen laufen die Signalwege über Splitter-and-Combiner-(Verteiler- und Kombinierer-)Architekturen, wie in Abbildung 3 dargestellt. Der erste Verteiler hinter dem Hausübergabepunkt bildet hierbei die „Wurzel des Baums“ im Haus, in Referenz zu der baumähnlichen Struktur von HFC-Netzen. Tatsächlich wird dieser Verteiler im Englischen auch „Root Splitter“, also wörtlich „Wurzelverteiler“ genannt. Von diesem Root-Splitter verzweigt sich das koaxiale Netz über weitere sekundäre

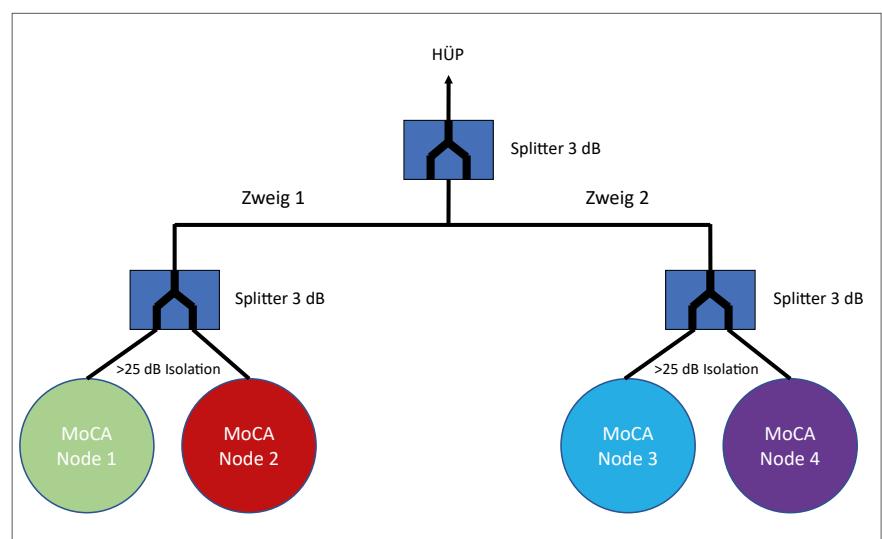


Abbildung 3: MoCA Physische Topologie

Quelle: SCTE Professional Development

Quelle: Amphenol Broadband Solutions

Verteiler bis an die Anschlussdosen. Dabei liegt die maximale Distanz zwischen einem Root-Splitter und der entferntesten Anschlussdose bei ca. 100 Metern. Auf diesem Übertragungsweg darf das Signal eine Dämpfung von maximal 25 dB erfahren. Abbildung 3 stellt diese typische physikalische Topologie grafisch dar. Das ist nicht immer unproblematisch, da die Signale in einem MoCA-Netz potenziell in andere Richtungen laufen, als für die CATV-Verteilung ursprünglich vorgesehen. Abbildung 3 erläutert diesen Gedanken. Ein Signal zwischen Node 1 und Node 2 muss die Entkopplung zwischen den beiden Ausgängen des sekundären Verteilers im Zweig 1 der Abbildung 3 überwinden. Ein Signal zwischen Node 1 und Node 4 hingegen wird zusätzlich zu den Kabelstrecken durch die Durchgangsdämpfung durch den Sekundärverteilerverstärker in Zweig 1, die Entkopplung im Root-Splitter und die Durchgangsdämpfung im Sekundärverteilerverstärker des Zweigs 2 bedämpft. Da die Entkopplung zwischen Ausgängen hoch sein kann (>25 dB), können MoCA-Signale innerhalb der Netzebene 4 eine hohe Dämpfung erfahren.

Bidirektionale Verbindungen

An verschiedenen Punkten eines physikalischen Inhausnetzes werden MoCA-Nodes an die Anschlussdosen angeschlos-

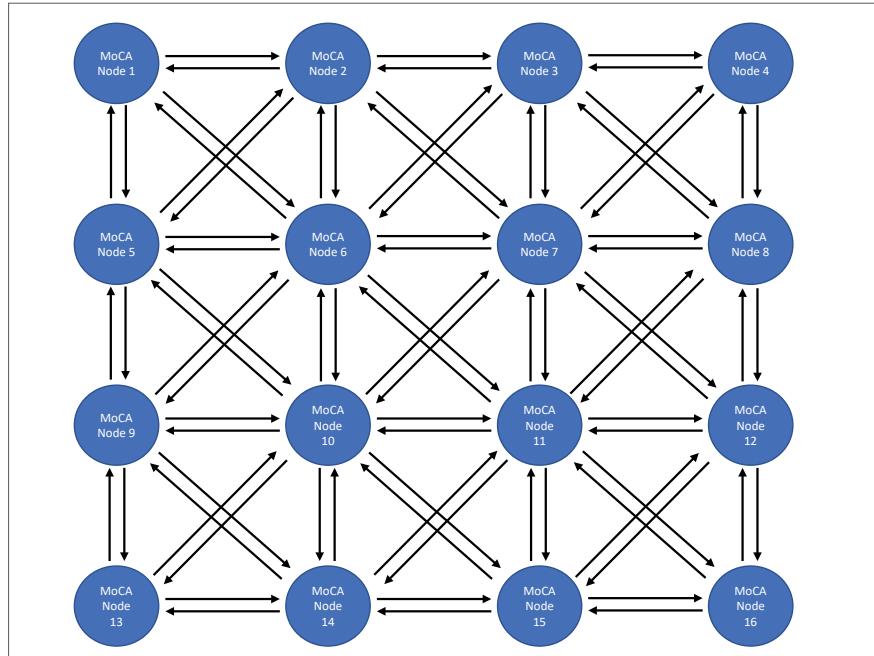


Abbildung 4: MoCA Logische Topologie

sen. Der MoCA-Standard spezifiziert nunmehr auf dem koaxialen Inhausnetz ein sogenanntes „Fully-Meshed Point-to-Point Network“. Das bedeutet, dass jeder Node eine bidirektionale Verbindung mit allen anderen Nodes etabliert, wie in Abbildung 4 verdeutlicht. Jeder der maximal 16 MoCA-Nodes im Netz besitzt neben einem HF-Ein- und Ausgang auch einen Ethernet-Port, über den

man mithilfe eines Routers zum Beispiel die Signale von Überwachungskameras über das MoCA-Netz laufen lassen kann.

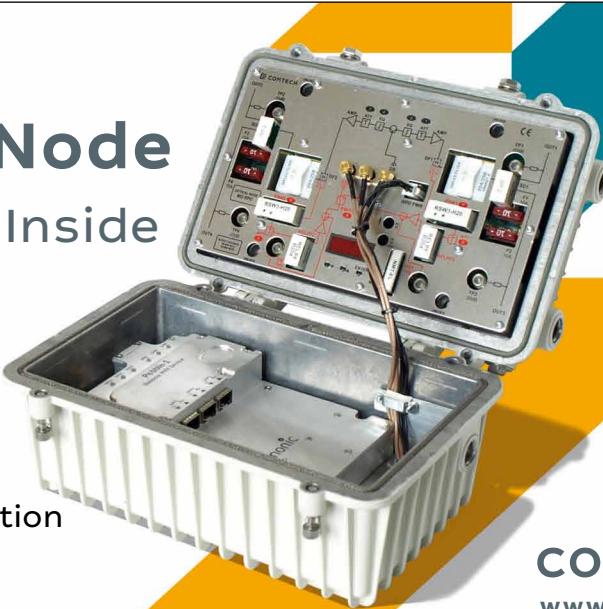
Frequenzbereiche und Übertragungsbänder

Auf der MoCA-Übertragungsschicht, der PHY, werden 50 MHz breite Kanäle verwendet, die im Frequenzspektrum

Comtech RemotePHY Node

Harmonic Pebble Inside

- ▶ Compact size – one of the smallest in the industry
- ▶ Lowest power with full DOCSIS 3.1 functionality
- ▶ 1x1 or 1x2 configuration option
- ▶ Delivery even this year



COMTECH
www.comtech.hu

Quelle: Amphenol Broadband Solutions

zwischen 850 MHz und 1675 MHz liegen. Der MoCA-Standard unterteilt dieses Spektrum in verschiedene Übertragungsbänder, wie in Abbildung 5 allgemein dargestellt. Hierbei werden die Bänder A und B für digitale Rundfunkdienste und das Band C (900 MHz bis 1025 MHz) für MoCA-Telefonsignale verwendet. Das sogenannte „Extended D-Band“ zwischen 1125 MHz und 1675 MHz wird für die Übertragung von CATV und Daten verwendet. Das Band wird als „extended“, also „ausgedehnt“ bezeichnet, da in den Versionen 1.0 und 1.1 des Standards der Frequenzbereich des D-Bandes ursprünglich nur bis 1525 MHz spezifiziert war und dieser in den Versionen 2.0 und 2.5 unter Hinzunahme dreier weiterer Kanäle auf 1675 MHz ausgedehnt wurde.

Abbildung 5 zeigt, dass sich der von MoCA-Signalen genutzte Frequenzbereich durchaus mit dem oberen Frequenzbereich des Downstreams von DOCSIS-3.1-Systemen überschneidet. Der DOCSIS-3.1-Standard lässt Downstream-Erweiterungen bis 1,218 GHz oder aber bis 1,794 GHz zu. Um Störungen zwischen den Systemen zu vermeiden, wurden in Zusammenarbeit der US-amerikanischen Society of Cable Telecommunications Engineers (SCTE) und der Multimedia over Coax Alliance unter der Bezeichnung „SCTE 235 Operational

Practices for the Coexistence of DOCSIS 3.1 and MoCA Signals in the Home Environment“ neue Standards definiert, die die Interoperabilität von MoCA- und DOCSIS-Spezifikationen gewährleisten sollen. Diese SCTE 235 Standards of Operational Practice definieren die Frequenznutzung, um MoCA- und DOCSIS-Signale auf demselben koaxialen Netz betreiben zu können. Außerdem beschreibt SCTE 235 die notwendigen Isolationen sowie die richtige Positionierung von Filtern und deren Performance-Anforderungen, um Störungen zwischen Teilnehmern zu vermeiden.

Modulationsverfahren OFDM

Das für MoCA-Systeme verwendete Modulationsverfahren auf der Übertragungsschicht ist das aus den Mobilfunk- sowie HFC-Bereichen bekannte orthogonale Frequenzmultiplexverfahren (OFDM). In einem OFDM-Kanal wird eine digitale Nachricht in viele parallele umgewandelt und über eben so viele Frequenzen (Subcarrier) zeitgleich parallel übertragen. Die einzelnen Subcarrier-Schwingungen werden „orthogonal“ zueinander gewählt. Wenn zwei von ihnen mit gleicher Amplitude und unterschiedlicher Frequenz einen Multiplizierer durchlaufen und anschließend über ein (gemeinsames) Mehrfaches ihrer Periodendauern

integriert werden, ergeben sie Null. Waren Ihre Frequenzen aber gleich, dann zeigt sich ein Wert ungleich Null. Ein MoCA-Kanal von 50 MHz Bandbreite enthält 224 unabhängige OFDM-Subcarrier, die dann 225 kHz breit sind. Sie werden über eine Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) mit Symbolen zwischen einem und acht Bits Länge moduliert. Alle Subcarrier werden zur Übertragung überlagert. Eine einzelne aus dem Gemisch wird ausgewertet, indem eine Schwingung ihrer Amplitude mit der Überlagerung multipliziert wird und über eine geeignete Zeit anschließend integriert wird. Ein MoCA-Subcarrier von 225 kHz Bandbreite sendet ca. 4,5 Mikrosekunden, was eine vergleichsweise lange Zeit für die Übertragung eines Symbols von maximal 8 Bits Länge darstellt. Diese lange Symbolzeit ist ein wesentlicher Vorteil des OFDM-Verfahrens, da sie sich positiv auf die Robustheit des Symbols gegenüber Störungen auswirkt.

Für jede Subcarrier-Frequenz wird die Modulationsordnung bzw. das Bit-Loading der Qualität des zu durchschreitenden Übertragungswegs zwischen zwei MoCA-Nodes optimal angepasst. In einem MoCA-Netz mit 16 angeschlossenen Nodes bestehen ca. 120 verschiedene Verbindungen zwischen zwei individuellen Nodes, die jeweils ihre individuellen und auch gemeinsamen Störungen

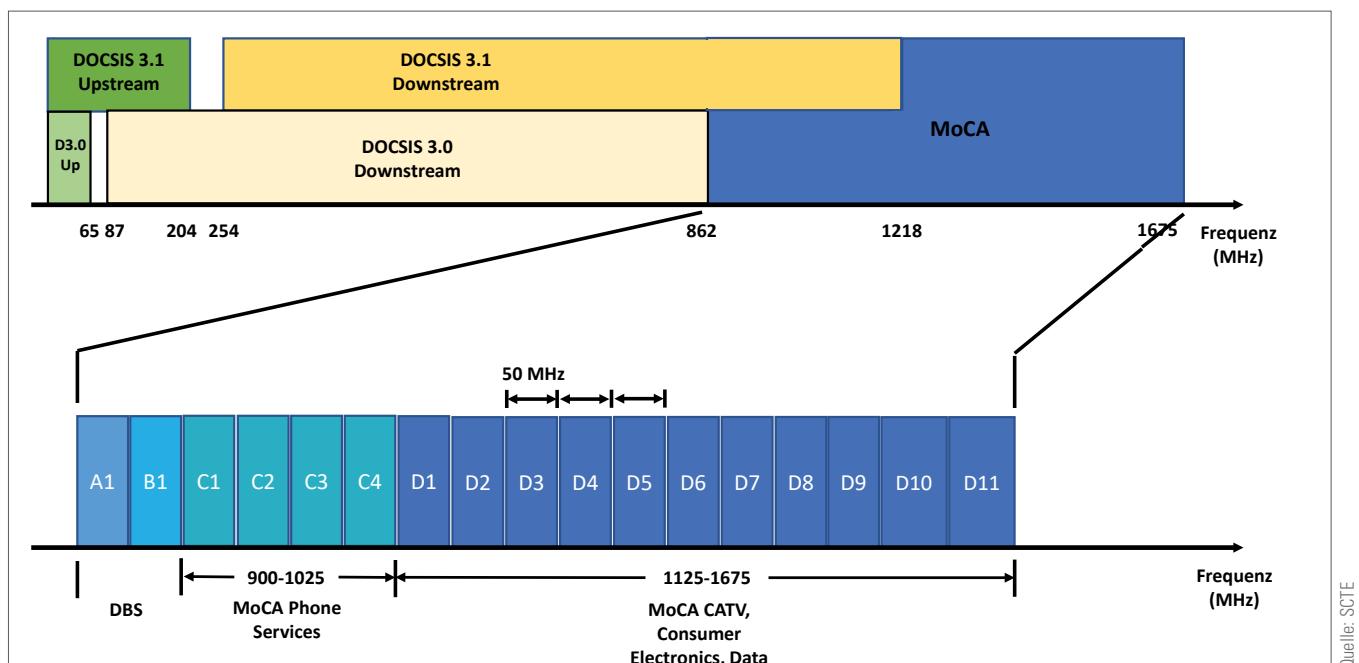


Abbildung 5: MoCA Physikalische Topologie

aufweisen, denn oft verläuft ein Übertragungsweg über mehrere Nodes, wie Abbildung 4 verdeutlicht. Um Kenntnis der physikalischen Charakteristika der einzelnen Verbindungen zu erlangen, tauschen die Nodes regelmäßig untereinander sogenannte „Probe Messages“ auf den einzelnen Subcarrier-Frequenzen aus. Mit deren Hilfe werden die Störungsszenarien in den OFDM-Kanälen zwischen zwei Nodes bestimmt. Anhand dieser Szenarien werden an jedem Node sogenannte Bit-Loading-Informationen bzw. Modulationsprofile erstellt. Wird ein Subcarrier von einem zum nächsten Node übertragen, wird ihm dann die höchste mögliche Modulationsordnung zugeordnet, die den Übertragungsweg auf dieser Frequenz verlässlich durchlaufen kann. Dieses Verfahren wird seit einigen Jahren auch in DOCSIS-3.1-Netzen angewandt und optimiert den Datendurchsatz, während gleichzeitig eine geringe Bitfehlerrate erreicht wird. Zudem werden MoCA-Signale durch eine Reed-Solomon Forward Error Correction geschützt, die zufällig auf dem Übertragungsweg aufgenommenen Störungen des Signals am Empfänger korrigieren kann.

Kanalbündelungsverfahren

Ein weiterer nachrichtentechnischer Ansatz, der aus der Mobilfunk- und HFC-Welt bekannt ist und in den MoCA-Spezifikationen Anwendung findet, ist das Kanalbündelungsverfahren, in der Breitbandindustrie allgemein als „Channel Bonding“ bekannt. Dieses hat dazu beigetragen, den Datendurchsatz von MoCA-Systemen in den letzten beiden Versionen zu erhöhen. Während bei MoCA 1.0 sowie 1.1 zu jedem Zeitpunkt nur jeweils ein OFDM-Kanal innerhalb eines Bandes (C und D) für eine Übertragung zwischen zwei Nodes verwendet wurde, wurde bei MoCA 2.0

die Möglichkeit zur Bündelung zweier, und bei MoCA 2.5 von bis zu fünf OFDM-Kanälen gegeben. Hinter dem Prinzip der Kanalbündelung steckt der Gedanke, mehrere physikalische Übertragungskanäle logisch zu einem großen Kanal zusammen zu schalten, was sich wiederum positiv auf den kombinierten Datendurchsatz dieser „Bonding-Group“ auswirkt.

Zeitmultiplexverfahren

Der MoCA-Standard sieht die Zugangskontrolle zu den MoCA-Kanälen durch ein Zeitmultiplexverfahren vor (Time Division Multiple Access, TDMA). Im Allgemeinen wird die Verantwortung für die Kontrolle über die Übertragungen auf dem MoCA-System dynamisch einem Node zugewiesen, dem Network Controller (NC). Jeder Node ist grundsätzlich in der Lage, die Funktionen eines Network Controllers zu übernehmen. Oftmals ist einfach der erste Node am Netz automatisch der NC. Die Rolle des Network Controllers ist zentral für einige Operationen auf der Sicherungsschicht, der MAC. Da alle Signalübertragungen in einem MoCA-System auf einem TDMA-System beruhen, ist es essenziell, dass alle Nodes über dasselbe Zeitreferenzsignal verfügen. Der NC liefert hierbei die Referenzzeit für das gesamte System und sendet diese periodisch an die anderen Nodes im Netzwerk. Wenn ein MoCA-Node an ein koaxiales Inhausnetzwerk angeschlossen wird, scannt er die MoCA-Frequenzen, um ein vorhandenes MoCA-Netz zu finden. Zu diesem Zweck sendet der Network Controller in regelmäßigen Abständen ein sogenanntes „Beacon-Signal“ als Broadcast ins Netz, wobei man „Beacon“ sehr treffend mit „Leuchtfeuer“ übersetzen kann. Wenn ein neuer Node ein solches Beacon-Signal empfängt, sen-

det er ein „Admission Request“-Signal an den NC, woraufhin der Network Controller das Verfahren zur Registrierung des neuen Nodes initialisiert. Dieses Verfahren beinhaltet relativ viele Schritte, wofür jeweils wiederum „Admission Request/Response“-Nachrichten zwischen dem NC und dem neuen Node ausgetauscht werden. Dieses Verfahren ist der Registrierung eines Kabelmodems nicht unähnlich, und nach seinem Abschluss ist der neue Node in das Netz integriert und kann die auf der Sicherungsschicht üblichen Frames senden und empfangen. Weiterhin koordiniert der Network Controller die Signalübertragung durch die einzelnen Nodes anhand von Kontrollnachrichten. Der NC sendet regelmäßig Broadcast-Nachrichten ins MoCA-Netz, die den Zeitpunkt festlegen, an dem die einzelnen Nodes Übertragungsfenster beantragen können. Hierauf antworten die Nodes mit „Bandwidth Reservation Requests“, also Bandbreitenreservierungsanfragen. Der Network Controller aggregiert diese Anfragen und sendet eine Broadcast-Nachricht an die Nodes, die einen „Media Access Plan“ enthält, dem jeder Node die Frequenzen und den genauen Zeitpunkt seiner nächsten Übertragungsfenster entnehmen kann. Ein Node kann Frames nur in den zugewiesenen Zeitfenstern übertragen. Somit wird das von allen Nodes geteilte koaxiale Medium optimal genutzt.

Fazit

Die Breitbandkommunikationsindustrie ist seit 30 Jahren bestrebt, die optische Infrastruktur näher an den Kunden zu bringen und dabei einen Teil des koaxialen Netzes weiter zu verwenden. Dieser Trend wird in den kommenden Jahren anhalten. Deutschland ist jedoch erst dann ein „einig Faserland“, wenn alle Festnetz-Verbindungen aus optischen Systemen und digitalen Ethernet-Signalen bestehen. Es ist also noch etwas Zeit. Bis dahin stehen den Netzbetreibern mit MoCA und DOCSIS zwei Familien von Kommunikationsstandards zur Verfügung, die den Datenbedarfen der kommenden Jahre vor allem in den koaxialen Netzebenen 4 und 5 unter wirtschaftlich attraktiven Rahmenbedingungen gerecht werden können. Wir leben zwar zunehmend in der Zeit der FTTB/H-Netze, aber Koax hat den Kaffee noch lange nicht alle. ■



© Adams Network Engineering

Dr.-Ing. Alexander C. Adams

ist Geschäftsführer der Firma Adams Network Engineering, einem Unternehmen der Adams Group. Alex verfügt über 20 Jahre Erfahrung in der deutschen und internationalen Breitbandkommunikationsindustrie. Er ist europäischer Repräsentant der SCTE – Society of Cable Telecommunications Engineers (US), arbeitet in der Proactive Network Maintenance Research Gruppe der CableLabs und ist Dozent an der Jade Hochschule in Wilhelmshaven sowie Auditor der dibkom. Alex hält einen Bachelor- sowie Master-Abschluss in Elektrotechnik von der University of Hawai'i und hat an der TU Darmstadt promoviert.