

Video Broadcasting über die Kupfer-Doppelader am Beispiel von HDBaseT

Die stetig steigende Datenrate der zu übertragenen Anwendungen im professionellen Audio- und Videoumfeld zählt zu den größten Herausforderungen für die etablierten Übertragungsstandards HDMI (High Definition Multimedia Interface) und SDI (Serial Digital Interface).

Die aktuelle HDBaseT-Spezifikation will diesen Anforderungen mit einem neuen Ansatz gerecht werden – das verwendete Übertragungsmedium ist eine herkömmliche Twisted-Pair-Verkabelung. Untersuchungen zeigen, dass die bekannten Störeinflüsse der Twisted-Pair-Übertragung die Leistungsfähigkeit von HDBaseT einschränken. Erst eine einwandfreie und moderne Infrastruktur ermöglicht es HDBaseT vollumfänglich einzusetzen.

Herausforderungen im Audio- und Video-Produktionsumfeld

Die Datenübertragung der verschiedenen Signale im professionellen Audio- und Video-Produktionsumfeld erfolgt über unterschiedliche Übertragungssysteme und Übertragungsmedien. Zu den etablierten Übertragungsstandards in der professionellen Audio- und Videotechnik zählen SDI (Serial Digital Interface) und HDMI (High Definition Multimedia Interface).

Die Herausforderung an die Schnittstellen der professionellen Audio- und Videoübertragung ist insbesondere die stetig steigende Datenrate der zu übertragenden Anwendungen. Durch die Einführung der ultra-hochauflösenden Videoinhalte kann sich die zu übertragende Datenrate im Vergleich zu herkömmlichen HD-Übertragungen vervierfachen. Für die Gegenüberstellung unterschiedlicher Videoformate ist jedoch zu beachten, dass die Datenrate von den pro Sekunde übertragenen Bildern und der übertragenen Farbinformation abhängt.

Tabelle 1 zeigt beispielhaft die Datenraten für unterschiedliche HD- und UHD-Übertragungen.

Die Spezifikationen der etablierten Schnittstellen werden stetig an diese neuen Anforderungen angepasst.

Die HDBaseT-Spezifikation versucht dieser Herausforderung mit einem neuen Ansatz gerecht zu werden.

Tabelle 1. Gegenüberstellung der Datenraten von unkomprimierten HD- und UHD-Videoinhalten [2]

Auflösung	Bilder pro Sekunde	Farbinformation/Farbinformation	Datenrate [Gbit/s]
HD	60	4:4:4	ca. 4,46
UHD	30	4:4:4	ca. 8,92
UHD	60	4:4:4	ca. 17,94

HDBaseT

Die grundsätzliche Idee der HDBaseT-Spezifikation ist es, Audio- und Videodaten ohne Datenratenreduktion (unkomprimiert) im professionellen Studioumfeld über eine herkömmliche Ethernetverkabelung der Kategorie fünf zu übertragen. Die Verwendung dieses weitverbreiteten und etablierten Verkabelungsstandards soll primär zur Kosteneffizienz von HDBaseT führen, da auf eine spezielle Verkabelung, z. B. auf der Basis von Koaxialkabeln, verzichtet werden kann.

Neben der Übertragung der unkomprimierten Audio- und Videosignale, soll der Funktionsumfang, im Vergleich zu den etablierten Übertragungsstandards HDMI und SDI, zusätzlich erweitert werden.

Die bereits im Jahr 2010 festgelegte HDBaseT-Spezifikation wurde im Jahr 2013 durch die Version 2.0 aktualisiert. Die Standardisierung, die Vermarktung und die Zertifizierung erfolgt durch die HDBaseT Alliance. Zu den Gründungsmitgliedern zählen unter anderem Samsung, Sony Pictures, LG und Valens [10].

5play – der HDBaseT Funktionsumfang

Der Funktionsumfang der HDBaseT-Spezifikation umfasst fünf Aspekte [3][4][6]. Diese werden unter dem Begriff 5play zusammengefasst, der von der HDBaseT Alliance markenrechtlich geschützt ist. Die fünf Hauptfunktionalitäten, die HDBaseT-Endgeräte unterstützen können, sind:

- die Übertragung von unkomprimierten Videosignalen (u. a. HD, UHD) mit einer Reichweite von bis zu 100 m, über ein herkömmliches Ethernetkabel, als Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Multipunkt-Verbindungen
- die Übertragung von Audioformaten entsprechend des HDMI-Standards
- die Unterstützung diverser Steuerungs- und Kontrollfunktionen (RS-232, IR, RS-485, USB 2.0)
- die zusätzliche Übertragung von 100BaseT Ethernet
- die Möglichkeit einer Fernspeisung entsprechend des Power over Ethernet plus Standards (PoE+) (25 W je Kupfer-Doppelader)

Grundsätzlich muss jedes Produkt, das als HDBaseT geeignetes Endgerät am freien Markt vertrieben werden soll, vom

► *The constantly increasing data rate of the transmitted applications in professional audio- and video transmission systems is one of the main challenges for the established standards HDMI (High Definition Multimedia Interface) and SDI (Serial Digital Interface).*

HDBaseT intends to fulfill these requirements with a new approach – the transmission medium used is a conventional twisted-pair cabling.

The known perturbations of the twisted-pair transmission limit the performance of HDBaseT. Only a sophisticated infrastructure allows users to utilize the full potential of HDBaseT.

jeweiligen Hersteller durch ein, von der HDBaseT Alliance autorisiertes Messlabor zertifiziert werden. Diese Zertifizierung wird durch das, auf dem Produkt dargestellte, HDBaseT-Logo kenntlich gemacht. Hierbei ist festzuhalten, dass nur die Übertragung der unkomprimierten Audio- und Videodaten Bestandteil der Zertifizierung ist [5].

Zur Festlegung des unterstützten Funktionsumfangs eines jeweiligen Endgerätes gibt es, neben den unterschiedlichen Versionen des Standards, verschiedene Endgeräteklassifikationen. Hierzu zählen HDBaseT Class A und HDBaseT Class B (auch als HDBaseT Lite bezeichnet) [10].

Anwendungspotential von HDBaseT

Aus dem dargestellten Funktionsumfang und den daraus resultierenden technischen Eigenschaften der HDBaseT-Spezifikation ergeben sich eine Vielzahl von Anwendungspotentialen, die weit über die primär angedachten Funktionalitäten der unkomprimierten Audio- und Videodatenübertragung und der Verringerung des Verkabelungsaufwands im professionellen Studioumfeld hinausgehen.

Hierzu zählen industrielle Anwendungen, Anwendungen in der Automobilbranche und die naheliegende Übertragung von unkomprimierten UHD-Inhalten im privaten Umfeld. Für die Anwendungen in der Automobilindustrie gibt es eine abgewandelte HDBaseT-Version, die es ermöglicht bis zu 6 Gbit/s über ein einfaches, ungeschirmtes Adernpaar über maximal 15 m zu übertragen [9].

Anforderungen an die HDBaseT-Übertragung

Die verschiedenen Anwendungen, die der 5play Ansatz der HDBaseT-Spezifikation unterstützt, stellen unterschiedliche Anforderungen an die Übertragung und den Übertragungskanal. Diese sollen nachfolgend anhand einer Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen einem HDBaseT-Sender und einem HDBaseT-Empfänger erläutert werden. **Bild 1** zeigt die betrachtete Verbindung als Blockdiagramm.

Das Bild verdeutlicht, dass sowohl die HDMI-Verbindung als auch die USB-Verbindung unmittelbar mit dem HDBaseT-Sender bzw. dem Empfänger erfolgen kann. Dies ist darin begründet, dass die zertifizierten HDBaseT-Chipsätze bereits einen HDMI-Chipsatz eingebettet haben [3]. Hierdurch entfällt häufig eine externe Konvertierung.

Die Anforderungen der unkomprimierten Audio- und Videodaten, die den HDBaseT-Endgeräten über die HDMI-Schnittstelle zugeführt werden, unterscheiden sich jedoch grundsätzlich von denen der Steuerungs- und Kontrolldaten.

Die unkomprimierten Audio- und Videosignale umfassen große Datenmengen, die besonders zeitkritisch sind. Bei den Steuerungs- und Kontrollfunktionen ist die Datenmenge eher gering. Allerdings steht bei diesen Signalen die korrekte Übermittlung im Vordergrund. Dies gilt auch für die Übertragung des 100BaseT Ethernets.

Nachfolgend soll nur auf die zeitsensitiven Anwendungen eingegangen werden.

Die Anforderungen der unkomprimierten Audio- und Videoübertragung in einem HDBaseT-System ähneln grundsätzlich den Anforderungen der Übertragung von Echtzeitdiensten an IP-basierte Übertragungsnetze.



Bild 1. Blockdiagramm einer HDBaseT Übertragung Quelle: die Autoren

Um den hohen Laufzeitanforderungen dieser Anwendungen gerecht zu werden, werden bei der HDBaseT-Übertragung einzelne Bitfehler toleriert. Diese Übertragung aller Pakete, unabhängig von deren Korrektheit, wird von der HDBaseT Alliance mit dem Stichwort „all delivered“ beschrieben [10]. Einzelne Bitfehler können bei Bedarf in den höheren Schichten des OSI-Schichtenmodells durch ein sogenanntes Error Concealing überdeckt werden. Dabei wird die fehlende Information eines Videobildes, zum Beispiel durch Interpolation der benachbarten Pixel, nachträglich überdeckt. Diese Methode ist aus den Anfängen der digitalen Magnetbandaufzeichnung bekannt und beruht auf den Eigenschaften der optischen Wahrnehmung des Menschen hinsichtlich der Fehlertoleranzen. Erst Blockfehler oder eine Vielzahl von Bitfehlern führen zu sichtbaren Störungen.

HDBaseT im OSI-Schichtenmodell

Die Verarbeitung der einzelnen Anwendungen bis hin zur physikalischen Übertragung wird in diesem Abschnitt in Anlehnung an das OSI-Schichtenmodell dargestellt.

Bild 2 zeigt den Ablauf der Signalverarbeitung in einem HDBaseT-Sender bzw. einem HDBaseT-Empfänger.

Die Anwendungsschicht zeigt beispielhaft die Anwendungen Ethernet, HDMI und USB.

Zunächst soll die Verarbeitung der 100BaseT Ethernet Daten betrachtet werden. Hervorzuheben ist, dass die Ethernet-Daten (Ethernet) bis zur Sicherungsschicht unabhängig von allen anderen Anwendungen bearbeitet werden.

Die Zugriffsteuerung, sowie die physikalischen Adressierung dieser Daten erfolgen separat, innerhalb der

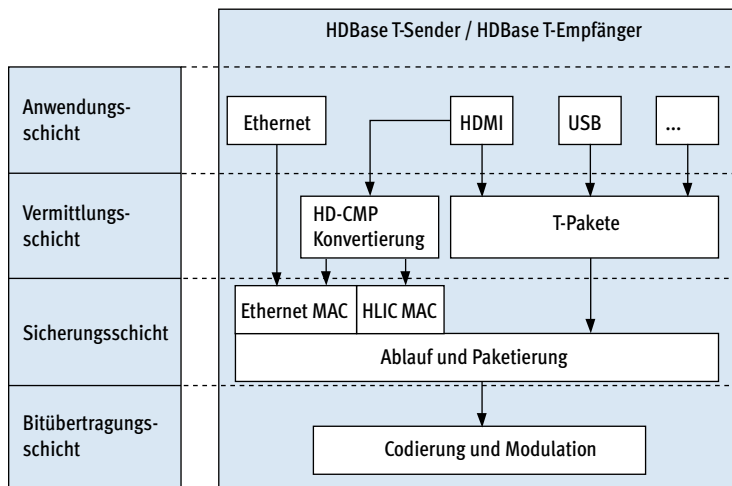


Bild 2. HDBaseT Sender- bzw. Empfängerstruktur in Anlehnung an das OSI-Schichtenmodell in Anlehnung an [10] Quelle: die Autoren

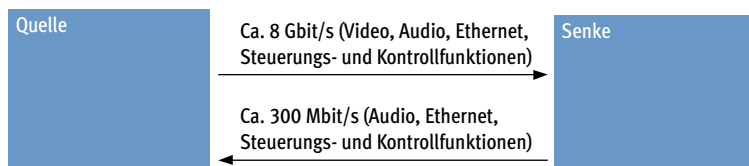


Bild 3. Schematische Darstellung des HDBaseT-Übertragungsprinzips

Quelle: die Autoren

Sicherungsschicht (Ethernet MAC). Der Grund hierfür liegt darin, dass die 100BaseT Ethernet-Übertragung standardkonform zu herkömmlichen IP-Netzen erfolgen soll.

Die unkomprimierten Audio- und Videodaten und etwaige Steuerungssignale werden dem HDBaseT-Sender über externe Schnittstellen zugeführt.

Bild 2 verdeutlicht, dass die Managementinformationen des HDMI-Signals extrahiert und an die Vermittlungsschicht übergeben werden. Zu den Managementdaten zählen unter anderem der HDMI-Zusatzdienst CEC (Consumer Electronics Control) und die Authentifizierung der geschützten Übertragung von Audio- und Videokontent (HDCP: High-bandwidth Digital Content Protection) [10].

In der Vermittlungsschicht werden diese Informationen in der HD-CMP Konvertierung (HDBaseT Central Management Protocols) verarbeitet. Die Adressierung dieser Daten innerhalb der Sicherungsschicht kann sowohl über die herkömmliche Ethernet-Übertragung (Ethernet MAC) als auch über die HDBaseT-Übertragung (HLIC MAC, HLIC: HDBaseT Link Internal Controls) erfolgen.

Die unkomprimierten Audio- und Videodaten, sowie die Daten, die über die Schnittstellen der anderen Anwendungen (USB, Infrarot, etc.) an den Sender übergeben werden, werden zunächst in der Vermittlungsschicht in HDBaseT-Datenpakete umgewandelt. Diese Pakete werden in Bild 2 entsprechend der HDBaseT-Spezifikation als T-Pakete bezeichnet. Die T-Pakete, die Ethernet-Daten und die Managementinformationen werden innerhalb der Sicherungsschicht in gemeinsame Datenpakete verpackt und mit einem Header sowie mit Fehlerschutzmechanismen versehen.

In der Bitübertragungsschicht erfolgt die Anpassung an den physikalischen Übertragungskanal, die Modulation und die tatsächliche Übertragung über die Kupfer-Doppelader.

Die Übermittlung des Signals kann sowohl an einen HDBaseT-Switch oder an einen HDBaseT-Empfänger erfolgen. Die Verarbeitung der Daten bei einem HDBaseT-Empfänger entspricht der Darstellung in Bild 2. Die Abarbeitung der einzelnen Schichten erfolgt lediglich in umgekehrter Reihenfolge.

Der Schichtenstapel eines HDBaseT-Switches unterscheidet sich jedoch von dem eines Senders bzw. Empfängers. Die Architektur des HDBaseT-Switches umfasst, analog zu herkömmlichen IP-basierten Switches, nur die unteren drei Schichten des OSI-Schichtenmodells.

Technische Realisierung der HDBaseT-Übertragung

Zur Übertragung der zeitsensitiven Informationen verwendet HDBaseT kein Ethernet-basiertes Übertragungsverfahren sondern vielmehr eine proprietäre Lösung.

Die Übertragung der Daten beruht generell, bezogen auf die zu übertragende Datenrate, auf einem asymmetrischen Übertragungsverfahren. Der Grund für die Verwendung dieses Verfahrens ist, dass die Übertragung der unkomprimierten Audio- und Videodaten, sowohl im professionellen Umfeld als auch im privaten Umfeld, hauptsächlich unidirektional, d. h. in einer Hauptrichtung, erfolgt.

In der Haupt- bzw. Vorwärtsrichtung wird der komplette HDBaseT-Funktionsumfang übertragen. Die Rückwegübertragung umfasst, im Gegensatz zur Vorwärtsübertragung, ausschließlich Audiosignale, die Ethernet-Kommunikation und die Steuerungs- und Kontrollfunktionalitäten (vgl. **Bild 3**).

Die maximale Datenrate, die von der Quelle zur Senke übertragen werden kann, beträgt ca. 8 Gbit/s. Auf dem Rückweg wird lediglich eine Datenrate von 300 Mbit/s übertragen [7].

Die HDBaseT-Übertragung in Vorwärtsrichtung kann mit einer Symbolrate von 250 MSym/s oder 500 MSym/s erfolgen [15]. Zur Übertragung der geringeren Rückwegdatenrate genügt eine deutlich kleinere Symbolrate. Diese beträgt 25 MSym/s [15].

Für die Übertragung der Informationen, sowohl über herkömmliche Ethernetkabel als auch über Glasfasersysteme, wird bei HDBaseT eine Puls-Amplituden-Modulation mit bis zu 16 Stufen – auch als PAM-16 bezeichnet – verwendet [3][8].

Zu beachten ist, dass bei einer PAM, ähnlich wie bei einer reinen Amplitudenmodulation, die Information des Nutzsymbols ausschließlich in der Amplitude enthalten ist. Somit ist diese Modulationsart anfällig für die Beeinflussung durch Fremdsignale, die zum Beispiel durch Übersprechen oder Reflektionen, in den Übertragungskanal eingekoppelt werden können.

Die maximale Symbolrate von 500 MSym/s, multipliziert mit den vier Bits pro Symbol, die bei einer PAM-16 übertragen werden sowie die gleichzeitige Verwendung aller vier Adernpaare ergeben die maximale Vorwärtswegdatenrate von 8 Gbit/s.

Eigenschaften des Übertragungskanals

Die Übertragung hoher Datenraten über die Kupfer-Doppelader ist grundsätzlich durch die zugrunde liegenden physikalischen Eigenschaften, des Übertragungsmediums, begrenzt. Bei der Verwendung älterer, nicht geschirmter Komponenten oder bei Missachtung der Installationsvorschriften kann es zu Übersprechen, erhöhter Einfügedämpfung oder Einstrahlung von Störsignalen kommen. Hierdurch kann die Übertragungsqualität und damit die Reichweite erheblich eingeschränkt werden. Zu den direkten Störeinflüssen, die auf einem Ethernetkabel entstehen, zählen, neben der Einfügedämpfung des Kabels, Beeinträchtigungen durch eine schlechte Rückflussdämpfung oder durch Übersprechen der jeweiligen Adernpaare (NEXT: Near End Crosstalk, FEXT: Far End Crosstalk).

Bild 4 zeigt vereinfacht die Beeinflussung der Amplitude durch die Einfügedämpfung und die Rückflussdämpfung eines Übertragungssystems. Die Höhe der Beeinflussungen hängt maßgeblich von der Qualität der verwendeten Infrastruktur und derer Installation ab. Bereits eine Beeinflussung der Geometrie der Verkabelung kann zu Impedanzsprüngen führen. Diese können die Rückfluss-

dämpfung verringern, wodurch der reflektierte Signalanteil steigt.

Neben den direkten Beeinflussungen bei der Übertragung auf einer Kupfer-Doppelader können auch externe Störeinflüsse die Datenübertragung beeinträchtigen. Dies kann zum Beispiel durch die Einkopplung von Fremdsignalen, durch parallel zum Ethernetkabel verlegte Leitungen oder durch Sendeeinrichtungen wie Mobilfunkantennen, erfolgen.

Herausforderungen für die HDBaseT-Übertragung

Um dennoch eine einwandfreie HDBaseT-Übertragung über den Übertragungskanal zu gewährleisten, müssen bestimmte Systemeigenschaften beachtet werden. Hierzu zählen zum einen das verwendete Modulationsverfahren und zum anderen die hohe Symbolrate und somit der hohe Systemtakt.

Um Schwankungen der Signalamplitude, die unmittelbar die Nutzsignalinformation verfälschen können, zu verhindern, müssen Übersprecheffekte und etwaige externe Einkoppelungen so gut wie möglich unterdrückt werden. Die Unterdrückung dieser Störeinflüsse wird maßgeblich durch die Schirmung der verwendeten Komponenten erreicht.

Aufgrund der hohen Symbolrate muss zusätzlich beachtet werden, dass die Verseilung der einzelnen Adernpaare kontinuierlich beibehalten wird. Zudem muss bereits beim Herstellungsprozess sichergestellt sein, dass alle Adernpaare bis auf geringe Abweichungen die gleiche Länge haben. Ist dies nicht der Fall kann es durch den hohen Systemtakt zu Selbstüberholungen der Nutzsignalinformation kommen.

Auswahl einer geeigneten Verkabelungsinfrastruktur

Zusammengefasst wird das Ausmaß der aufgeführten Störeinflüsse maßgeblich durch die zugrunde liegende Infrastruktur beeinflusst. Die physikalische Spezifizierung der Ethernetkabel und Anschlusskomponenten erfolgt in verschiedenen Kategorien, welche in der ISO/IEC Norm 11801 hinterlegt sind.

Grundlegend sind derzeit am Markt Komponenten der Kategorien 5e, 6, 6A und 7 erhältlich. Mit jeder Weiterentwicklung der ISO/IEC 11801 Spezifikation werden unter anderem, höhere Grenzwerte für das Schirmungsmaß und die Robustheit gegen Übersprechen festgelegt [12]. Dementsprechend ermöglichen die neueren Spezifikationen eine Übertragung deutlich größerer Datenmengen bei erheblich höheren physikalischen Übertragungsbandbreiten.

Verschiedene Untersuchungen [11] belegen zusätzlich, dass die Schirmung der zugrunde liegenden Ethernetverkabelung als maßgeblicher Parameter für die Reichweite einer unkomprimierten UHD-Übertragung herangezogen werden kann. Die angegebene, maximale Reichweite eines HDBaseT-Systems von 100 m wird über ein herkömmliches Ethernetkabel der Kategorie fünf nur unter idealen Bedingungen erreicht. Bei diesem Kabeltyp kann die Übertragung relativ stark durch Übersprechen und externe Störquellen beeinflusst werden.

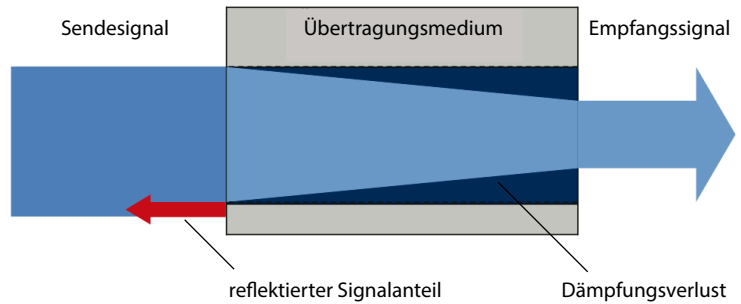


Bild 4. Schematische Darstellung der Auswirkungen der Einfügedämpfung und der Rückflussdämpfung auf eine Signalübertragung

Quelle: die Autoren

Der Einfluss der verschiedenen Verkabelungsstandards auf die Reichweite einer HDBaseT-Übertragung ist in **Tabelle 2** dargestellt.

Die dargestellte Tabelle zeigt Messergebnisse der Übertragungsreichweite unterschiedlicher HDBaseT-Systeme. Die verwendete Verkabelung ist hierbei aufgeteilt in verschiedene Kombinationen aus Steckern und Kabeln unterschiedlicher Kategorien. Zudem ist die Schirmung der verwendeten Kabel aufgeführt. Die angegebenen Abkürzungen bezeichnen folgende Schirmkonzepte [14]:

- U/UTP – unscreened/unshielded twisted pair
- S/UTP – screened/unshielded twisted pair
- S/FTP – screened folied twisted pair

Bei einem U/UTP-Kabel sind weder das Leitungsbündel, noch die einzelnen Adernpaare geschirmt. S/UTP-Kabel haben ein geschirmtes Leitungsbündel, jedoch keine Schirmung der einzelnen Adernpaare. Bei S/FTP-Kabeln sind sowohl das Leitungsbündel als auch die Adernpaare geschirmt.

Die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen, dass eine HD-Übertragung, unabhängig von der verwendeten Schirmung der Leitung, über die volle Reichweite von 100 m funktioniert. Bei UHD-Übertragungen ist eine hinreichende Schirmung jedoch zwingend erforderlich um die maximale Übertragungsreichweite zu erreichen. Die Beeinflussungen durch Übersprechen und Einkoppelungen von Fremdsignalen sind bei ungeschirmten Komponenten so ausschlaggebend, dass sich die Übertragungsreichweite einer UHD-Übertragung auf nur 50 m halbiert.

Aufgrund dieser Ergebnisse empfehlen Systemintegratoren und Hersteller von HDBaseT-Equipment im Zweifel auf eine Ethernetverkabelung der Kategorie 6A oder höher zurückzugreifen [1, 11, 13]. Zudem können spezielle, geschirmte Steckkontakte und Verbindungselemente ein-

Tabelle 2. HDBaseT-Übertragungsreichweiten in Abhängigkeit der verwendeten Kategorie des Installationsmaterials [11]

Kategorie Steckverbinder	Kategorie Kabel	Schirmung	Übertragungsstrecke für eine HD-Übertragung	Übertragungsstrecke für eine UHD-Übertragung
Cat. 5e	Cat. 5e	U/UTP	100 m	50 m
Cat. 5e	Cat. 5e	S/UTP	100 m	70 m
Cat. 6A	Cat. 7	S/FTP	100 m	85 m
Cat. 6A	Cat. 7A	S/FTP	100 m	100 m

gesetzt werden, wodurch das Übersprechen an den besonders empfindlichen Verbindungsstellen minimiert werden kann.

Zusammenfassung

HDBaseT ist ein durchaus geeignetes Übertragungsverfahren für unkomprimierte ultra-hochauflösende Videoinhalte. Mittels der HDBaseT-Technologie können Multimediainhalte, über Reichweiten von bis zu 100 m, über herkömmliche Ethernetkabel übertragen werden. Die etablierte und häufig schon vorhandene Verkabelung sorgt für einen kosteneffektiven Einsatz der Technologie. Durch den vollen Funktionsumfang der 5play Technologie ergeben sich für HDBaseT eine Vielzahl von Anwendungsszenarien – auch außerhalb des primär gedachten Anwendungsbereichs der professionellen Audio- und Videoübertragungstechnik. Die zusätzliche Übertragung von Steuerungs- und Kontrollfunktionalitäten, parallel zur Nutzsignalübertragung durch ein Übertragungsmedium, ermöglicht es den Verkabelungsaufwand und die Komplexität der Verkabelung deutlich zu verringern.

Auf der Kupfer-Doppelader vorherrschende physikalische Beeinflussungen, wie Übersprechen oder Einkopplung von Fremdsignalen durch unzureichende Schirmung, sorgen für eine Verzerrung der Signalamplitude und somit zu einer Störung der Signalübertragung.

Dies bedeutet, dass insbesondere bei der Verwendung bestehender, älterer Verkabelungsstrukturen Einbußen im Hinblick auf die Übertragungsreichweite zu erwarten sind. Nur eine Verkabelung mit Komponenten der neuesten Spezifikationen garantiert die maximale Übertragungsreichweite für eine Übertragung von AV-Daten im UHD-Format, bei einer ordnungsgemäßen Installation der Komponenten.

Eine störungsfreie und zukunftsichere Übertragung, der geforderten Übertragungsraten über Reichweiten von mehr als 100 m, kann nur durch ein Glasfaserübertragungssystem zuverlässig realisiert werden. Hierfür bietet der HDBaseT-Standard entsprechende Adaptionen, so dass eine Kombination aus bestehender Ethernetverkabelung und Glasfasertechnologie, ohne Veränderung des Übertragungsprotokolls, realisiert werden kann. Damit steht ein Gesamtsystem zur Verfügung, das eine deutlich höhere Flexibilität aufweist, als die bestehenden SDI-Systeme und deshalb insbesondere für die hochqualitative

Verteilung von AV-Inhalten und Steuerungsinformationen im Inhouse-Bereich geeignet ist.

Die Grundlage des vorliegenden Beitrags entstand im Rahmen eines Seminars für Audiovisuelle Kommunikation an der FH-Südwestfalen, Meschede, im Labor für Kommunikationsnetze (Prof. Dr. Ing. S. Breide). ◀

Literaturverzeichnis

- [1] Commscope, White Paper, „Implementation Considerations for HDBaseT Networks“, 2015
- [2] T. Edwards, R. Silfvast, „Packetized Professional Video“, 2013
- [3] D. R. Flickinger, CEPro Magazin, „Clearing up the HDBaseT Technical Fud“, Juli 2010
- [4] HDBaseT Alliance, White Paper, „Broadcasting at a whole new level“, August 2014
- [5] HDBaseT Alliance, White Paper, „Dissecting Interoperability for HDBaseT Projects“, Januar 2015
- [6] HDBaseT Alliance, White Paper, „Simplifying Connectivity in the Plant Floor“, 2014
- [7] HDBaseT Alliance, White Paper, „Accelerating the Adoption on 4k in the Consumer and Professional Markets“, 2014
- [8] HDBaseT Alliance, White Paper, „HDBaseT enables the use of twisted pair wires to a greater extent than all previously used methods“, Juni 2014
- [9] HDBaseT Alliance, Homepage, „HDBaseT solution for Automotive“, <http://hdbaset.org/what-is-hdbaset/hdbaset-solution-for-automotive/>, aufgerufen am 23.08.2016
- [10] HDBaseT Alliance, Online Tutorial, „HDBaseT: High throughput, Time Sensitive, Packet-Switched, Converged Network“, aufgerufen am 20.08.2016
- [11] P. Hirt, metz-connect, White Paper, „Verkabelungssystem für HDBaseT“, Januar 2015
- [12] ISO/IEC, internationaler Standard, „ISO/IEC 11801 – Information Technology – Generic cabling for customer premises“, September 2002
- [13] M. Kopsho, HDBaseT Alliance, White Paper, „HDBaseT – Do's and Don'ts and Best Practices“, 2014
- [14] D. Schmid, et. al., „Informations- und Kommunikationstechnik“, Europa Verlage, 3. Auflage, 2011
- [15] Valens Semiconductor Ltd., US Patentschrift US2009/0147864 A1, „HDMI Communication over twisted pairs“, Juni 2009



Lars Werle (B. Eng.)

ist Entwicklungsingenieur im Bereich der Hochfrequenztechnik und der optischen Übertragungstechnik, berufsbegleitend Studierender im Masterstudium der Elektrotechnik an der FH-Südwestfalen in Meschede.



Prof. Dr.-Ing. **Stephan Breide** (FKTG),

ist Professor an der FH Südwestfalen in Meschede für Kommunikationsnetze und multimediale Anwendungen

FKT



NEWSLETTER

wöchentlich & kostenlos

die neuesten Infos über

- › Personalentwicklungen
- › Unternehmen
- › Produkte und Lösungen
- › Standards und Dienste
- › Termine

www.fkt.schiele-schoen.de/newsletter