

White Paper



Klasse E_A und Klasse F_A Verkabelungen für 10GBase-T und 40GBase-T



Convincing cabling solutions

Klasse E_A und Klasse F_A Verkabelungen für 10GBase-T und 40GBase-T

Inhalt

1. Ausgangslage	3
2. Signal- und Rauschspektrum von 10GBase-T.....	4
3. Übertragungskapazität der unterschiedlichen Verkabelungsklassen	5
4. Aussicht auf ein mögliches 40GBase-T über 100 Meter	7
5. Alternative Ansätze für 40GBase-T	8
6. Zusammenfassung.....	10

© 2011 Reichle & De-Massari AG (R&M). Alle Rechte vorbehalten.

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch Reichle & De-Massari AG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Die Erstellung dieses Dokuments erfolgte mit grösstmöglicher Sorgfalt; es enthält den zum Zeitpunkt der Erstellung aktuellen technischen Stand.

Kupferverkabelungen für die nächste Generation der Datenübertragungstechnik

Das Bedürfnis nach noch schnelleren Datenübertragungstechniken für den Server-Anschluss in Rechenzentren nimmt auch nach Einführung des 10-Gigabit-Ethernets 10GBase-T weiter zu. Dieses White Paper untersucht die Fähigkeiten von Klasse E_A und F_A Verkabelungen beziehungsweise von Cat. 6_A und Cat. 7_A Komponenten, diese nächste Generation von Datenübertragungsprotokollen zu unterstützen. Dazu werden die möglichen Übertragungskapazitäten der unterschiedlichen Klassen verglichen. Im Weiteren wird aufgezeigt, welches die kritischen Verkabelungsparameter sind, welche die Fähigkeit zur schnellen Datenübertragung begrenzen. Ein möglicher Ansatz für ein zukünftiges 40GBase-T wird hier entworfen und mögliche Auswirkungen auf die Verkabelungen abgeleitet.

Schlussendlich wird im White Paper eine Empfehlung abgegeben, wie eine Verkabelung spezifiziert sein könnte, um sie möglichst zukunftssicher zu gestalten.

Anwendung:	Rechenzentrums-Netzwerke, 10- und 40-Gigabit-Ethernet
Technologie:	Cat. 6 _A / Cat. 7 _A Anschlussmodule, RJ45-Steckverbindungen, Twisted-Pair-Kupferverkabelung
Format:	White Paper
Themen:	Übertragungskapazität von Klasse E _A und F _A Verkabelungen, Eigennutzung für 40G- und 100GBase-T
Ziel:	Grundlagen für die Planung einer zukunftsgerechten Verkabelung zu vermitteln
Zielgruppe:	Rechenzentrums-Planer, Netzwerkverantwortliche, Entscheidungsträger
Autor:	Matthias Gerber
Erschienen:	Juni 2011

1. Ausgangslage

Eine Verkabelung hat keinen Selbstzweck, sie existiert, um Daten zu übertragen. Darum sollte für eine neue Verkabelungsklasse auch immer eine Anwendung existieren oder zumindest absehbar sein, die diese Klasse benötigt. Man spricht in diesem Zusammenhang häufig auch von einer „Killerapplikation“.

Im Falle von Klasse F_A bzw. Cat. 7_A Komponenten wird dafür von Anbieterseite vermehrt 40GBase-T ins Gespräch gebracht. Andere Anwendungen zur Legitimation der Klasse F_A sind zurzeit nicht in Sicht. Die früher verschiedentlich diskutierte Anwendung zur Verteilung von Kabelfernsehen über die Gebäudeverkabelung (CATV over TP) oder die Mehrfachnutzung eines Kabels für mehrere Applikationen können nachgewiesenermassen auch über tiefere Klassen und RJ45-Stecksysteme erfolgen.

Da es die Normierung verpasst hat, für höhere Klassen eine schärfere Kopplungsdämpfung vorzuschreiben, ist auch bezüglich EMV-Schutz kein Argument für höhere Klassen vorhanden.

Zwar war die Situation zum Zeitpunkt, als Cat. 6 definiert wurde, auch so, dass keine Applikation dafür vorhanden war, und doch hat Cat. 6 schlussendlich die Entwicklung von 10GBase-T ermöglicht. Im Gegensatz dazu ist heute aber das Wissen bezüglich der Möglichkeiten und Grenzen der aktiven Übertragungstechnik ungemein grösser. Bereits bei 10GBase-T nähert man sich der theoretischen Übertragungskapazität der Klasse E_A viel mehr als je bei einer anderen Anwendung zuvor.

Damit 10GBase-T auf einer Klasse E_A Verkabelung lauffähig ist, muss eine aktive Rauschunterdrückung für Reflexion und Übersprechen durchgeführt werden. Beim Aufbau der Verbindung wird ein bekanntes Testsignal über die Verkabelung geschickt und die Effekte auf die anderen Paare werden abgespeichert. Im Betrieb werden dann die abgespeicherten Störsignale als Korrekturen in einer digitalen Signalverarbeitung (Digital Signal Processing [DSP]) verwendet und vom tatsächlichen Signal subtrahiert. Die Verbesserungen, die dadurch erreicht werden können, sind 55 dB für RL, 40 dB für NEXT und 25 dB für FEXT.

Da zwischen benachbarten Kanälen keine Verbindung/Synchronisation besteht, kann dort kein DSP durchgeführt werden, und eine aktive Kompensation des Übersprechens von einem Kanal zum nächsten (Fremdnebensprechen) ist somit nicht möglich.

2. Signal- und Rauschspektrum von 10GBase-T

Der Datenstrom wird bei 10GBase-T auf die vier Paare aufgeteilt und dann mit einem (Pseudo-)Zufallscode moduliert (Tomlinson-Harashima Precoding [THP]), um eine gleichmässige spektrale Verteilung der Leistung unabhängig von den Daten zu erhalten.

Aus dem PAM-16-ähnlichen Zeitbereichssignal kann mithilfe der Fourier-Transformation das Leistungsdichtespektrum (Power Spectrum Density [PSD]) der Anwendung berechnet werden. Das IEEE hat diese spektrale Leistungsverteilung über die Frequenz in der Norm vorgeschrieben. Das ist in diesem Zusammenhang darum wichtig, weil auch alle Verkabelungsparameter als Funktion von der Frequenz angegeben sind und sich so deren Einfluss auf das Spektrum berechnen lässt.

Wird beispielsweise die Dämpfung vom Sendespektrum subtrahiert, kann das Spektrum des Empfangssignals berechnet werden. Durch Subtraktion der Parameter RL, NEXT, FEXT, ANEXT, AFEXT etc. erhält man das Spektrum der unterschiedlichen Rauschanteile. Mit der zusätzlichen Berücksichtigung der aktiven Rauschunterdrückung durch die DSP können die tatsächlichen Gegebenheiten von Signal und Störsignal (Rauschen) am Empfänger berechnet werden. Bild 1 zeigt diese Zusammenhänge schematisch auf.

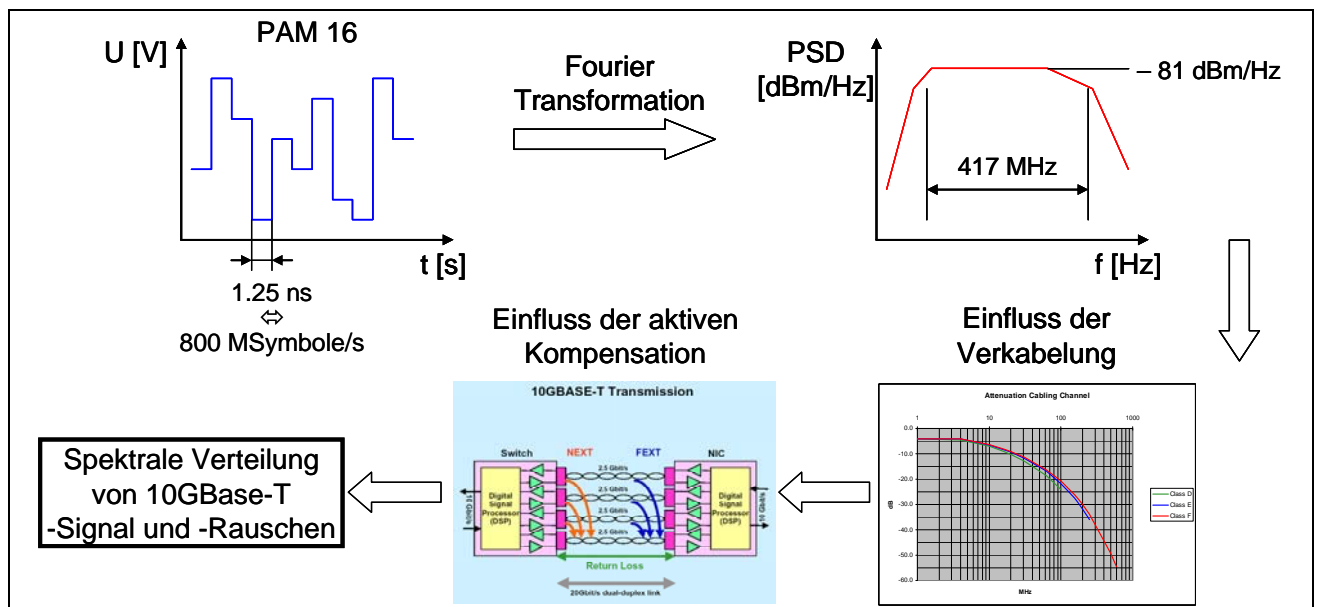


Bild 1: Theoretischer Ablauf zur Bestimmung der spektralen Verteilung von Signal und Rauschen

Speziell interessant an diesem Vorgehen ist, dass auf diese Weise die relativen Grössen von Signal und unterschiedlichen Störquellen miteinander verglichen werden können. Bild 2 zeigt das Signalspektrum, das Total des Rauschspektrums und die unterschiedlichen Anteile des Rauschens eines ungeschirmten 100-m-Klasse-E_A-Kanals. Beispielhaft wird anhand des IL und RL gezeigt, wie die Verkabelungswerte vom Sendespektrum subtrahiert werden und im Fall von RL zusätzlich noch der Einfluss der aktiven Kompensation berücksichtigt wird.

Häufig wird in der Verkabelungstechnik der Schnittpunkt zwischen der Signalfeldstärke und der Rauschfeldstärke zur Definition der Bandbreite verwendet. Wird keine aktive Kompensation betrieben, ist die Rückflusdämpfung der Parameter, welcher die Rauschleistung definiert. Es ergibt sich dann eine Bandbreite von 50 MHz . Darum ist bereits für das 1-Gigabit-Ethernet 1000Base-T eine aktive Kompensation der Rückflusdämpfung notwendig, um die dort benötigte Bandbreite von 66 MHz sicherstellen zu können.

Werden die von 10GBase-T realisierten aktiven Kompensationen zugrunde gelegt, verbessert sich die Bandbreite auf 450 MHz (siehe Bild 2).

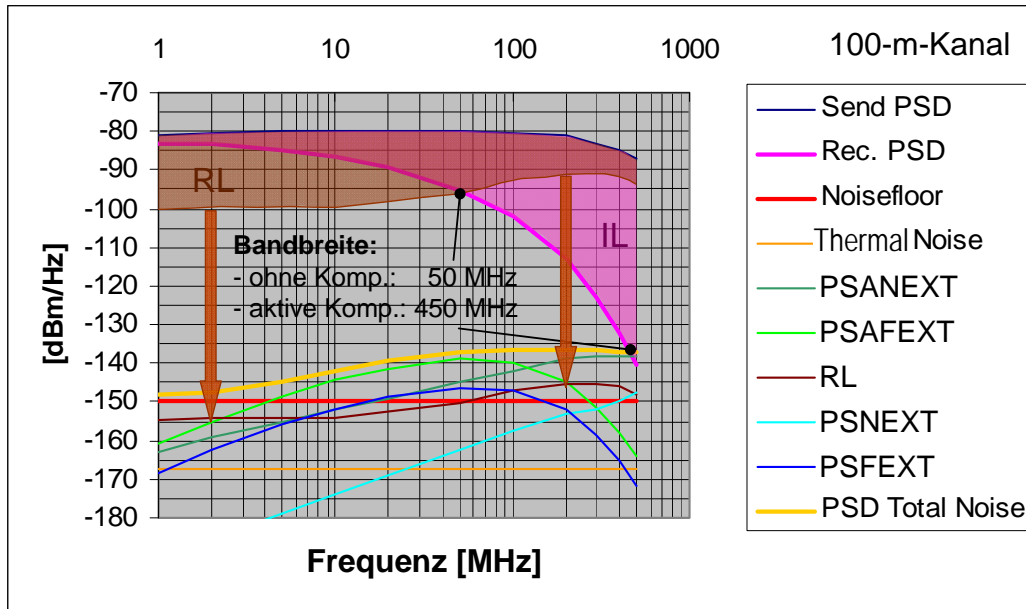


Bild 2: Vergleich der spektralen Rauschanteile

Vergleicht man die Einflussgrößen der unterschiedlichen Parameter miteinander, fällt auf, dass so, wie die Klasse E_A definiert wurde, das Fremdnebensprechen den Hauptbeitrag an das Rauschen leistet. Das heisst, bei einer modernen Datenübertragung mit aktiver Kompensation wird die erreichbare Bandbreite durch das nicht kompensierbare Fremdnebensprechen begrenzt. Eine Erhöhung ist nur durch das Verbessern des Fremdnebensprechens (ANEXT [Alien-NEXT] und AFEXT [Alien-FEXT]) möglich.

Bei einer ungeschirmten Verkabelung ist man beim Fremdnebensprechen aufgrund der notwendigen Kabelmanteldurchmesser, um diese Spezifikation zu erfüllen, bereits an eine Akzeptanzgrenze durch den Anwender gestossen. Um die Bandbreiten weiter zu erhöhen, ist darum ein Wechsel zu geschirmten Systemen unumgänglich. Bei diesen ist das Fremdnebensprechen durch die zusätzliche Schirmwirkung so klein, dass es für diese Betrachtungen vorläufig nicht mehr berücksichtigt werden muss.

Beim verkabelungsintern verursachten Rauschen erzeugt die Rückflusdämpfung (Return Loss [RL]) mit 61% den grössten Anteil, gefolgt von FEXT mit 27% und NEXT mit 12%. Unglücklicherweise ist gerade der RL ein Parameter, der bereits ausgereizt ist und bei dem Verbesserungen nicht mehr so leicht realisierbar sind. Das zeigt der Fakt, dass der RL für die Klassen E_A und F_A genau gleich definiert ist. Damit wird der grösste Rauschanteil bei einem Wechsel von Klasse E_A zu F_A nicht verbessert.

3. Übertragungskapazität der unterschiedlichen Verkabelungsklassen

C.E. Shannon war einer der Wissenschaftler, die in den 1940er-Jahren die mathematischen Grundlagen für die digitale Signalübertragung entwickelten. Die sogenannte Shannon-Kapazität ist eine fundamentale Grösse der Informationstheorie, welche auf den Gesetzmässigkeiten der Physik aufbaut (Entropie). Sie definiert die maximale Datenrate, welche über einen gegebenen Übertragungskanal gesendet werden kann. Die Shannon-Kapazität kann durch keine technischen Hilfsmittel überschritten werden.

Die maximale Kanalkapazität gemäss Shannon kann wie folgt berechnet werden:

$$K_S = X_T \cdot B \cdot \log_2(1 + S/N) \text{ [Bit/s]}$$

Abkürzungen:

K_S = Kanalkapazität gemäss Shannon

X_T = kanalabhängiger Faktor (von verwendeten Medien, Modulationsverfahren und weiteren Faktoren abhängig, bewegt sich zwischen 0 und 1)

B = Bandbreite des genutzten Signals (3 dB-Punkte)

S = Signalleistung am Empfänger in W

N = Rausch-(Stör-)Leistung am Empfänger in W

Je höher die Bandbreite des eingesetzten Signals, je grösser die Übertragungsleistung und je kleiner die Störleistung, desto höher ist die mögliche Datenübertragungsrate.

Das Signal-Rausch-Verhältnis kann dabei nicht durch eine Erhöhung der Sendeleistung verbessert werden, wenn die Störleistung, wie bei der Verkabelung üblich, nach einem fixen Verhältnis aus der Sendeleistung entsteht wie z.B. bei RL.

Die Signalleistung und die Rauschleistung können nun aus den Leistungsdichtespektren von Empfangssignal und totalem Rauschen berechnet werden. Das Integral der Fläche unter dem Signalspektrum entspricht der Signalleistung S und dasjenige unter dem Rauschspektrum der Störleistung N . S und N können nun direkt in die Formel von Shannon eingesetzt werden.

Das Interessante daran, S und N aus dem Leistungsdichtespektrum zu errechnen, ist, dass die einzelnen Verkabelungsparameter unabhängig voneinander verändert und der Einfluss auf die Kanalkapazität untersucht werden können. Dadurch lassen sich die Shannon-Kapazitäten von unterschiedlichen Verkabelungsvarianten berechnen.










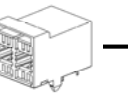

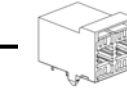
			Vergleich in %	Shannon- Kapazität
Modul	Cat. 6 _A /u			
Kabel	Cat. 6 _A /u			
			100%	21.7 Gbit/s
			(ISO/IEC Klasse E _A)	
Modul	Cat. 6 _A /s			
Kabel	Cat. 6 _A /s			
			114%	24.8 Gbit/s
Modul	Cat. 6 _A /s			
Kabel	Cat. 7 _A /s			
			119%	25.8 Gbit/s
Modul	Cat. 7 _A /s			
Kabel	Cat. 7 _A /s			
			120%	26.0 Gbit/s
			(ISO/IEC Klasse F _A)	

Bild 3: Vergleich der Shannon-Kapazitäten von unterschiedlichen Verkabelungskanälen bei 400 MHz

Der Vergleich der Shannon-Kapazitäten der unterschiedlichen Verkabelungskonfigurationen in Bild 3 zeigt auf, welche Veränderungen zu einer wesentlichen Erhöhung der Kanalkapazität führen und damit kosteneffektiv sind und einen tatsächlichen Mehrwert bringen.

Die oberste Linie entspricht einem ungeschirmten Klasse E_A Kanal gemäss Norm und dient als Referenz für den Vergleich mit den anderen Konfigurationen. Der Wechsel von einer ungeschirmten zu einer geschirmten Verkabelung verbessert das Fremdnebensprechen und erhöht dadurch die Kanalkapazität um 14%. Der Wechsel von einem Cat. 6_A Kabel zu einem Cat. 7_A Kabel reduziert hauptsächlich die Dämpfung und vergrössert somit den Signalpegel am Empfänger. Die Kanalkapazität erhöht sich dabei um weitere 5% auf total 119%. Der zusätzliche Austausch der RJ45 Cat. 6_A Buchsen durch Cat. 7_A Buchsen erhöht die Kanalkapazität hingegen um nur 1%. Diese geringe Steigerung rührt daher, dass die neue Buchse hauptsächlich NEXT und FEXT verbessert, diese Werte aber durch die aktive Kompensation bereits genügend tief sind.

4. Aussicht auf ein mögliches 40GBase-T über 100 Meter

Um das 10GBase-T realisieren zu können, benötigte IEEE nach eigenen Angaben eine Kanalkapazität von 20 Gbit/s. Das passt auch gut mit der erreichten Kapazität von 21,7 Gbit/s des Klasse E_A Kanals bei 400 MHz zusammen. Man darf daher annehmen, dass für 40GBase-T eine Kanalkapazität von 80 Gbit/s benötigt wird.

Mithilfe des Leistungsdichtespektrums lässt sich nun untersuchen, wie die Verhältnisse für das Signal und das Rauschen im idealen Fall aussehen. Das Signalspektrum mit maximaler Stärke ergibt sich, wenn ein Kabel mit maximalem Drahtdurchmesser verwendet wird. Diesen Betrachtungen wird ein AWG-22-Kabel zugrunde gelegt, davon ausgehend, dass noch grössere Kabeldurchmesser von den Kunden aus Handling- und Platzgründen nicht mehr akzeptiert würden.

Die kleinstmögliche erreichbare Rauschleistung ist durch das thermische Rauschen limitiert. Dieses Rauschen entsteht durch Bewegung der Kupferatome im Kabel aufgrund der Eigenwärme und hat einen Wert von -167 dBm/Hz bei Raumtemperatur. Dies setzt voraus, dass es praktisch nicht umsetzbar ist, die Verkabelung künstlich, z.B. mit flüssigem Stickstoff, zu kühlen.

Um die totale Rauschleistung im Bereich des nicht reduzierbaren thermischen Rauschens zu halten, müssen somit alle anderen Störeinflüsse so weit reduziert werden, dass diese auch im schlimmsten Fall unter den Wert des thermischen Rauschens zu liegen kommen. Bei einer Klasse F_A Verkabelung ist das der Fall, wenn folgende Rahmenbedingungen eingehalten werden:

Fremdnebensprechen:	PSANEXT = 30 dB höher als F _A -Level PSAFEXT = 25 dB höher als F _A -Level
Aktive Rauschunterdrückung: (Werte in Klammern: 10GBase-T)	RL = 90 dB (55 dB) NEXT = 50 dB (40 dB) FEXT = 35 dB (25 dB)

Aufgrund der oben gemachten Annahmen kann nun die Shannon-Kapazität dieses hypothetischen Verkabelungssystems berechnet werden (siehe Bild 4). Eine Kanalkapazität von 80 Gbit/s wird bei einer Bandbreite um 1 GHz erreicht. Bei einem PAM-Signal erreicht man die Bandbreite von 1000 MHz bei einer Symbolrate von 2000 MSymbole/s oder 2 GBd (Baud). Um bei dieser Symbolrate pro Paar einen Durchsatz von 40 Gbit/s zu erreichen, sind 5 Bits pro Symbol notwendig. Das entspricht einer PAM-32-Codierung.

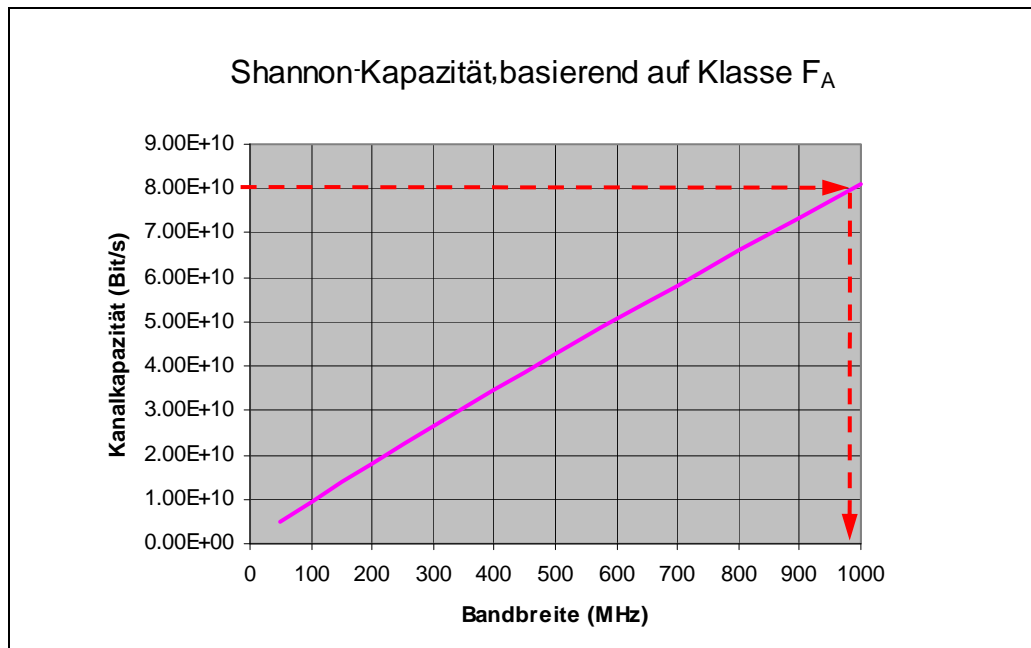


Bild 4: Kanalkapazität nach Shannon für den vorgeschlagenen 40GBase-T-Kanal über 100 m

Bei den oben erwähnten Bedingungen ist die Bandbreite des Kanals ungefähr 1,4 GHz. Das heisst, die zum Empfänger gelangenden Signalanteile oberhalb von 1,4 GHz sind kleiner als das thermische Rauschen. Bei 1 GHz beträgt das Signal-Rausch-Verhältnis 14 dB, was den Betrieb eines 40GBase-T-Protokolls erlauben sollte.

Andererseits beträgt die Shannon-Kapazität bei 1,4 GHz erst etwa 110 Gbit/s, und das reicht für den Betrieb eines 100GBase-T nicht aus.

Man kann daraus für eine 100-m-Verkabelung folgern, dass die Entwicklung eines 100GBase-T physikalisch nicht realisierbar ist. 40GBase-T scheint dagegen technisch machbar, wenn auch extrem anspruchsvoll:

- ☐ 90 dB RL-Kompensation → A/D-Wandler mit besserer Auflösung (+6 Bits)
- ☐ Taktrate 2,5-mal höher als bei 10GBase-T
- ☐ Beachtliche Wärmeentwicklung → reduzierte Port-Dichte in den Aktivgeräten
- ☐ Signalpegel extrem klein → EMV-Schutz notwendig

Da die Dämpfung der Verkabelung bei 1000 MHz über 67 dB beträgt und zudem bei PAM 32 der zur Verfügung stehende Spannungsbereich in 32 Stufen unterteilt wird, beträgt der entsprechende Abstand von einer Stufe zur nächsten nur noch 0,03 mV. Das ist nochmals über 20-mal weniger als der Abstand bei 10GBase-T. Der Schutz vor externen Störungen muss demzufolge auch entsprechend verbessert werden.

5. Alternative Ansätze für 40GBase-T

Viele Experten sind der Ansicht, dass die Anforderungen für ein 40G-Protokoll über 100 m zu anspruchsvoll für einen Einsatz im Feld sind. Zudem sehen die meisten die Hauptanwendung von 40GBase-T im Rechenzentrum bei der Erschliessung von Servern im Access-Bereich und nicht in der klassischen horizontalen Gebäudeverkabelung. Dort sind die benötigten Verkabelungslängen wesentlich kürzer und eine reduzierte Übertragungsdistanz durchaus vertretbar.

Werden zum Beispiel der PL auf 45 m und die Patchkabelängen auf total 10 m fixiert, reduziert sich die Dämpfung so weit, dass sich bei 1 GHz und PAM 32 die gleichen Signalabstände von Stufe zu Stufe ergeben wie beim jetzigen 10GBase-T (417 MHz und PAM 16). Das scheint ein guter Kompromiss zwischen erreichbarer Kabellänge und Störfestigkeit zu sein und ist eine gute Basis für weitere Betrachtungen.

Als positiver Nebeneffekt kann bei gleichbleibendem Signal-Rausch-Verhältnis und bei reduzierter Dämpfung etwas mehr Rauschen zugelassen werden:

Fremdnebensprechen:	PSANEXT = 25 dB höher als F_A -Level
	PSAFEXT = 25 dB höher als F_A -Level
Aktive Rauschunterdrückung:	RL = 75 dB (55 dB)
(Werte in Klammern: 10GBase-T)	NEXT = 45 dB (40 dB)
	FEXT = 30 dB (25 dB)

Auf dieser Basis wird eine Shannon-Kapazität von 86 Gbit/s erreicht.

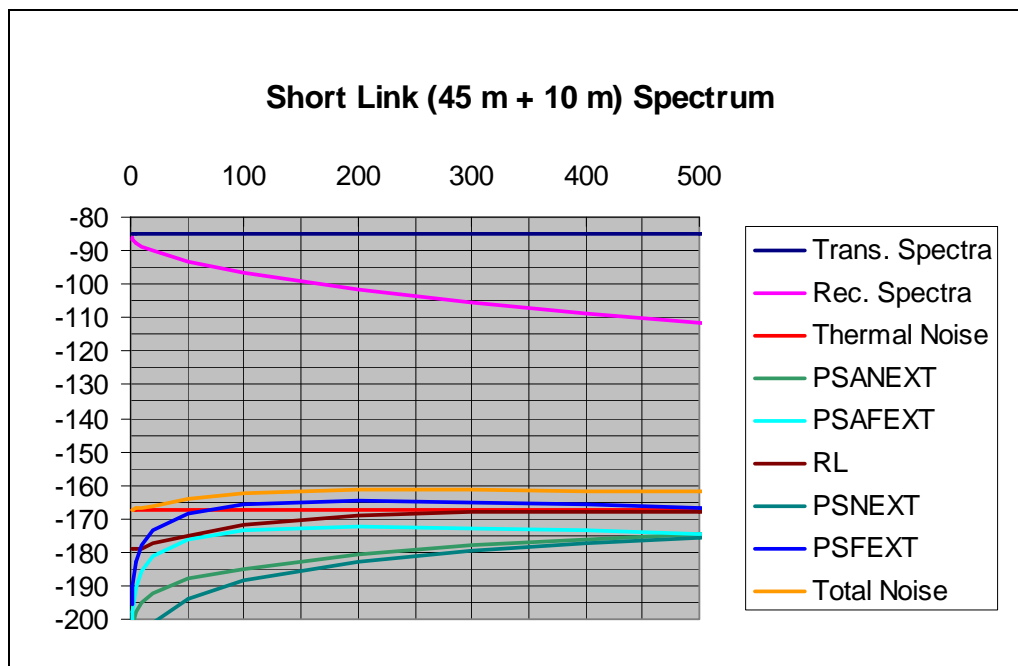


Bild 5: Leistungs-dichtespektrum einer möglichen verkürzten 40GBase-T-Verkabelung

Das Fremdnebensprechen des Klasse F_A Kanals muss um zusätzliche 25 dB erhöht werden, um die erforderliche Kanalkapazität zu erreichen. Das heisst, der Klasse F_A Kanal wird, wie er heute definiert ist, nicht ausreichen, eine 40-Gbit/s-Verbindung zu unterstützen.

Eine aktive Rauschunterdrückung von 75 dB für den RL wird zwingend notwendig sein. Um dies zu erreichen, wird wohl eine höhere Auflösung beim A/D-Wandler eingesetzt werden müssen, als dies beim 10GBase-T der Fall war. Diese höhere Auflösung wird wohl auch eine ähnliche Verbesserung bei NEXT und FEXT mit sich bringen und eine gewisse Reserve schaffen. Damit wäre auch der Einsatz von RJ45 Cat. 6A Buchsen nicht gänzlich ausgeschlossen.

Durch Einsetzen der Parameter aus der Normierung in das Leistungsdichtespektrum und anschliessende Shannon-Kanalkapazitäts-Berechnung lässt sich nun ein Vergleich der Eignung der unterschiedlichen Verkabelungen für das postulierte 40GBase-T erstellen.

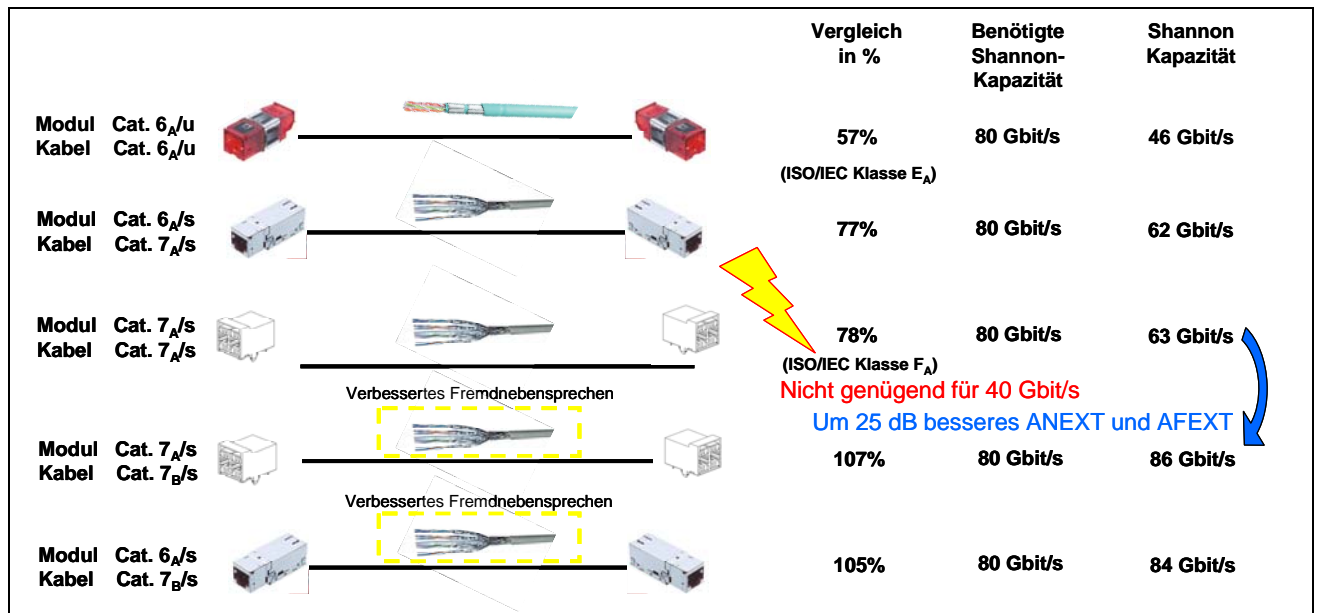


Bild 6: Vergleich der Kanalkapazitäten bei 1000 MHz für 45 m PL und aktiver Rauschunterdrückung von $RL = 75$ dB, $PSNEXT = 60$ dB und $PSFEXT = 45$ dB

Die Klasse E_A ist heute bis 500 MHz definiert. Der Verlauf der Parameter zwischen 500 MHz und 1 GHz wurde für diese Abschätzung linear extrapoliert und ist mit einer gewissen Vorsicht zu genießen. Es zeigt sich klar, dass die Klassen E_A bis F_A Verkabelungen nicht ausreichen, um die erforderliche Kanalkapazität für 40GBase-T zu erreichen. Das Fremdnebensprechen (ANEXT und AFEXT) ist dabei der begrenzende Faktor. Mit einer Verbesserung des Fremdnebensprechens um je 25 dB wird die erforderliche Kanalkapazität für 40GBase-T erreicht, und dies unabhängig davon, ob ein Cat. 7_A oder Cat. 6_A Stecksystem verwendet wird. Für die Verbesserung des Fremdnebensprechens ist eine Neuspezifikation des Cat. 7_A Kabels mit besseren Fremdnebensprecheigenschaften notwendig. Zum Aufzeigen des Unterschiedes wurden diese Kabel hier Cat. 7_B genannt, ohne dass dies bereits einen Hintergrund in der Normierung hat.

Der Schlüssel zur Zukunftssicherheit liegt also in der Spezifikation von einem neuen Cat. 7_B Kabel und nicht notwendigerweise in der Verwendung eines Cat. 7_A Stecksystems.

6. Zusammenfassung

- ☐ 10GBase-T bis 100 m scheint die Grenze des Machbaren für ungeschirmte Verkabelungen zu sein.
- ☐ 40GBase-T bis 100 m ist technisch machbar, scheint aber zu anspruchsvoll für den Feldeinsatz zu sein; vermutlich wird es mit reduzierter Kanallänge definiert werden (z.B. mit 45 m PL).
- ☐ 100GBase-T bis 100 m scheint technisch nicht machbar.
- ☐ Die heutige Klasse F_A Normierung unterstützt 40GBase-T nicht, da das Fremdnebensprechen darin zu wenig scharf spezifiziert ist → eine neue Klasse F_B wird notwendig.
- ☐ Die Notwendigkeit für ein Cat. 7_A Stecksystem zur Erreichung von 40GBase-T ist noch nicht erwiesen.

Aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der Anforderungen an das Stecksystem sollte auf eine Klärung seitens der Normierung gewartet werden, bevor Cat. 7_A Buchsen verwendet werden. Cat. 7_A Kabel mit verbessertem Fremdnebensprechen (Cat. 7_B) können eingesetzt werden, um „40GBase-T-Ready“ zu sein.

Weitere Informationen:

Weiterführende Informationen zu den Produkten und Lösungen von R&M sind auf der folgenden Website abrufbar: www.rdm.com