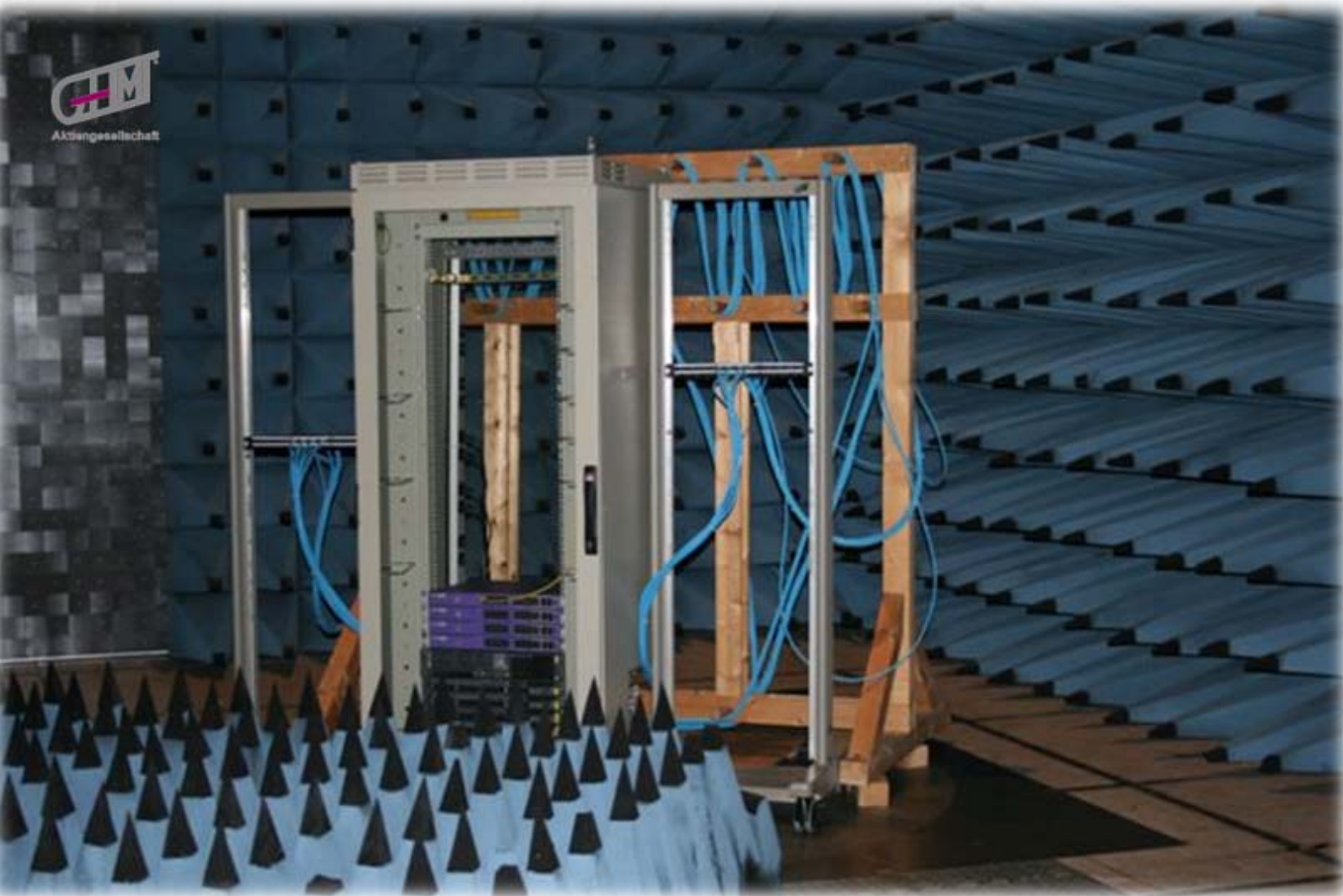


White Paper



EMV-Vergleich zwischen STP- und UTP-Verkabelungen für 10GBase-T



Convincing cabling solutions

EMV-Vergleich zw. STP- und UTP-Verkabelungen für 10GBase-T

Inhalt

1. Ausgangslage	3
2. Prüflinge und Prüfaufbau	4
3. Abgestrahlte Leistung gemäss EN 55022.....	6
4. Immunität gegen Störungen von aussen	7
5. Zusammenfassung.....	11
6. Empfehlungen für den Betrieb von 10GBase-T	11

© Copyright 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.

EMV-Verhalten geschirmter und ungeschirmter Verkabelungen für 10GBase-T

Die Empfindlichkeit von 10GBase-T gegen Störeinflüsse von aussen macht eine Neubeurteilung der EMV-Eigenschaften von Verkabelungssystemen notwendig. In diesem White Paper werden die Resultate einer unabhängigen Studie gezeigt, welche an zwei ungeschirmten und drei geschirmten Verkabelungssystemen durchgeführt wurden. Basis für diese Untersuchungen sind die europäische EMV-Richtlinie und die Anforderungen, wie sie in der MICE-Tabelle der Verkabelungsnormen für die unterschiedlichen Einsatzbedingungen festgelegt wurden.

Es zeigte sich, dass sowohl geschirmte wie auch ungeschirmte Verkabelungen mit 10GBase-T verwendet werden können, wenn entsprechende Umgebungs- und Rahmenbedingungen erfüllt sind. Diese Voraussetzungen und Bedingungen, welche für die Verwendung der Verkabelungstypen in den unterschiedlichen Einsatzfeldern und Anwendungen nötig sind, werden aufgezeigt, und es werden Umsetzungsvorschläge gemacht.

Anwendung:	Rechenzentren-Netzwerke, 1- und 10-Gigabit Ethernet
Technologie:	Twisted-Pair-Kupferverkabelung geschirmt und ungeschirmt
Format:	White Paper
Themen:	EMV-Verhalten unterschiedlicher Verkabelungen mit 1G- und 10GBase-T
Ziel:	
Zielgruppe:	Rechenzentren-Planer, Netzwerkverantwortliche, Entscheidungsträger
Autor:	Matthias Gerber
Erschienen:	Juni 2011

1. Ausgangslage

Die Motivation, das bereits verschiedentlich untersuchte Thema des EMV-Verhaltens geschirmter und ungeschirmter Verkabelungen noch einmal zu behandeln, ist die Einführung der neuen Anwendung 10GBase-T. Der Einsatz immer höherer Modulationsstufen reduziert zwar die notwendigen Bandbreiten, macht die neuen Protokolle aber auch anfälliger auf externe Störungen. Bemerkenswert dabei ist, dass der Symbolabstand von 10GBase-T rund 100 Mal kleiner ist als jener von 1000Base-T (siehe Bild 1).

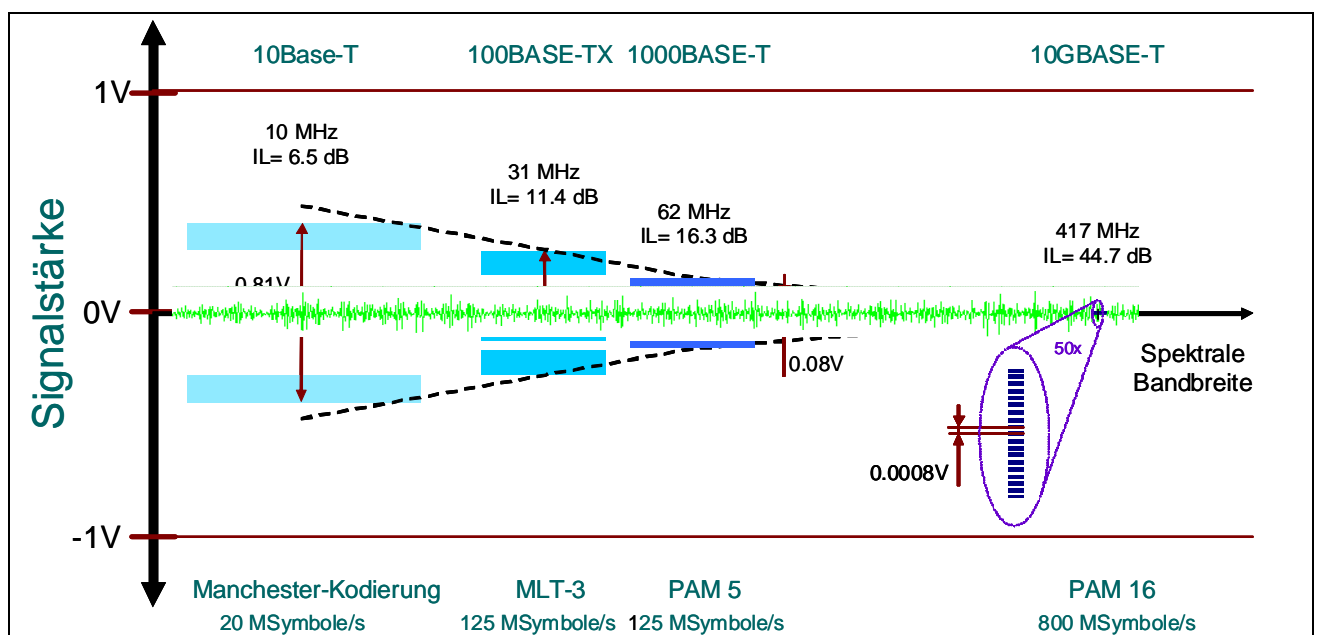


Bild 1: Vergleich der Signalstärke am Empfänger der unterschiedlichen Ethernet-Protokolle

Bild 1 zeigt die Grössenverhältnisse der Signalfeldstärken am Empfänger für unterschiedliche Protokolle, nachdem das Signal durch 100 m Klasse-E_A-Verkabelung gesendet wurde.

Grundsätzlich gilt: Je höher die Frequenz bzw. die Bandbreite des Signals, desto grösser ist die Dämpfung durch die Verkabelung. Der Ausgangssignalpegel kann aus EMV-Gründen nicht über ± 1 V erhöht werden. Von diesem 2-V-Spannungshub erreicht, abhängig von der Dämpfung der Verkabelung und der Frequenz, ein immer kleinerer Anteil den Empfänger. Zusätzlich werden die Spannungsunterschiede von einem Symbol zum nächsten infolge der höheren Modulation immer kleiner.

Während in der Vergangenheit der Symbolabstand am Empfänger von 1 M zu 100 M zu 1 G um etwa den Faktor 3 pro Stufe abnahm, ist der letzte Entwicklungsschritt von 1 G zu 10 G um den Faktor 100 kleiner.

Wird zur Versinnbildlichung etwas Rauschen hinzugefügt, wird offensichtlich, dass bei den schnelleren Datenübertragungsprotokollen die Empfindlichkeit gegen Störungen massiv zunimmt. Demzufolge ist auch die Störempfindlichkeit im EMV-Bereich umso höher, je höher die Datenübertragungsrate ist.

Mitte 2008 haben sich eine Reihe von Verkabelungsanbietern, unter anderem R&M, zusammengetan, um das EMV-Verhalten unterschiedlicher Verkabelungsvarianten auf einer neutralen Basis zu vergleichen. Um eine Unabhängigkeit und Objektivität der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde ein externes, unabhängiges Messlabor mit der Untersuchung beauftragt: die im deutschen Bexbach beheimatete «Gesellschaft für Hochfrequenz Messtechnik GHMT».

Dabei sollten die folgenden Fragestellungen bezüglich der Wahl des Verkabelungssystems beantwortet werden:

- ☐ Welche Parameter sind für geschirmte und ungeschirmte Verkabelungssysteme aussagekräftig, um das EMV-Verhalten abzuschätzen?
- ☐ Welche speziellen Massnahmen sind beim Einsatz geschirmter oder ungeschirmter Verkabelung notwendig, um einen gesetzes- und normkonformen Betrieb sicherzustellen?
- ☐ Was geht aus dem Vergleich des EMV-Verhaltens geschirmter und ungeschirmter Verkabelungen beim Betrieb von 1G- und 10GBase-T hervor?

Es ging dabei nicht darum, geschirmte und ungeschirmte Systeme gegeneinander auszuspielen, sondern darum, die Rahmenbedingungen klar aufzuzeigen, welche eingehalten werden müssen, um einen problemlosen, gesetzeskonformen Betrieb von 10GBase-T sicherzustellen. Dem Planer und Endkunden wird dabei Hilfestellung geboten, um Verwirrungen und Unsicherheiten bei der Verkabelungsauswahl zu vermeiden.

Die präsentierten Ergebnisse sind ausschliesslich Resultate der unabhängigen EMV-Studie, welche von der GHMT durchgeführt wurde; die Interpretation der Ergebnisse und die Schlussfolgerungen basieren allerdings auf Analysen von R&M.

2. Prüflinge und Prüfaufbau

Geplant war die Untersuchung von 6 Verkabelungssystemen:

- ☐ 1 x ungeschirmt Cat6,
- ☐ 2 x ungeschirmt Cat6A
- ☐ 3 x geschirmt Cat6A mit Paarschirmung (Folie) und unterschiedlichem Bedeckungsgrad des Geflechschirmes GS (U-FTP ohne GS, S-STP «light» mit moderatem GS, S-STP mit gutem GS)

Bild 2 zeigt die erreichten Resultate der Vormessungen gemäss IS 11801 (2008-04) als Reserven gegenüber den Limiten von Klasse E_A (Koppelungsdämpfung ist als Absolutwert angegeben).

	System 00		System 01		System 02		System 03		System 04		System 05	
Type	U/UTP Legacy Cat6		U/UTP Cat6A		U/UTP Cat6A		F/UTP Cat6A		S/FTP Cat6A		S/FTP Top Cat6A	
Channel	long	short	long	short	long	short	long	short	long	short	long	short
Insertion loss (margin) [dB]	8.4	34.4	8.8	35.4	8.6	35.3	8.6	35.5	10.5	34.9	15.5	36.5
NEXT (margin) [dB]	1.1	1.2	4.2	4.2	6.2	7.4	7.3	7.5	5.6	4.6	5.0	5.4
PS NEXT (margin) [dB]	3.2	3.8	5.5	5.3	8.2	8.0	7.8	7.6	5.8	4.8	6.2	6.0
TCL (margin) [dB]	6.4		9.2		8.9		9.6		5.45		10.4	
RL (margin) [dB]	4.3	6.6	8.8	8.1	9.5	8.5	3.4	3.0	6.9	9.4	8.2	7.2
PS ANEXT (margin) [dB]	-17.7		-7.6		0.93		27.44		31.37		37.92	
Coupling Attenuation [dB] to 500 (1000) MHz	21.5 (21.5)		45.0 (33.5)		47.5 (42.0)		78.0 (69.0)		76.0 (71.0)		79.0 (79.0)	

Bild 2: Verkabelungsparameter gemäss ISO/IEC 11801 (2008-04)

Überraschenderweise liegen die Übertragungsparameter (IL, NEXT, PSNEXT, TCL und RL) der Cat6A-UTP-Verkabelungen auf ähnlichem Niveau wie bei den geschirmten Systemen. Ausser beim älteren Cat6-System sind die Werte mehr oder weniger miteinander vergleichbar.

Auffallend ist, dass die PSANEXT-Anforderungen von den ungeschirmten Systemen nur knapp oder gar nicht erreicht werden. Sobald ein Schirm vorhanden ist, werden die ANEXT-Werte mit 30–40 dB so weit verbessert, dass sie kein Problem mehr darstellen.

Beim EMV-Parameter «Koppelungsdämpfung» ist der Unterschied der Systeme sehr deutlich. Das Cat6-System ist weit von den notwendigen Werten entfernt, während die neueren UTP-Systeme die Anforderungen einhalten. Auch hier ist ein deutlicher Unterschied zwischen den geschirmten und ungeschirmten Verkabelungssystemen offensichtlich.

In der internationalen Normierung wird TCL bei den ungeschirmten Systemen als EMV-Parameter anstelle der Koppelungsdämpfung bei den geschirmten Systemen benutzt. Der Vergleich der TCL- und Koppelungsdämpfungswerte der Systeme 0–2 stellt diese Praxis allerdings etwas in Frage, da der relativ kleine Unterschied im TCL zwischen System 0 und 1 bzw. 2 einen riesigen Unterschied in der Koppelungsdämpfung ausmacht (Pass bei TCL, Fail bei Koppelungsdämpfung).

Aufgrund der schlechten Ergebnisse wurden mit dem System 0 im weiteren Verlauf keine EMV-Messungen mehr durchgeführt.

Wie bei allen EMV-Untersuchungen üblich, können Verkabelungssysteme nicht alleine, sondern nur zusammen mit den Aktivkomponenten als Gesamtsystem EMV-mässig untersucht werden. Die folgenden Aktivkomponenten wurden verwendet:

- ☐ Switch: extreme Networks; Summit X450a-24t (Slot: XGM2-2bt)
- ☐ Server: IBM; X3550 (INTEL 10Gigabit AT Server Adapter)

Die beiden Server, welche einen Datenverkehr von 10 GBit/s erzeugten, wurden über die Verkabelung mit einem Switch verbunden. Bild 3 zeigt das Schaltschema des Prüfaufbaus.

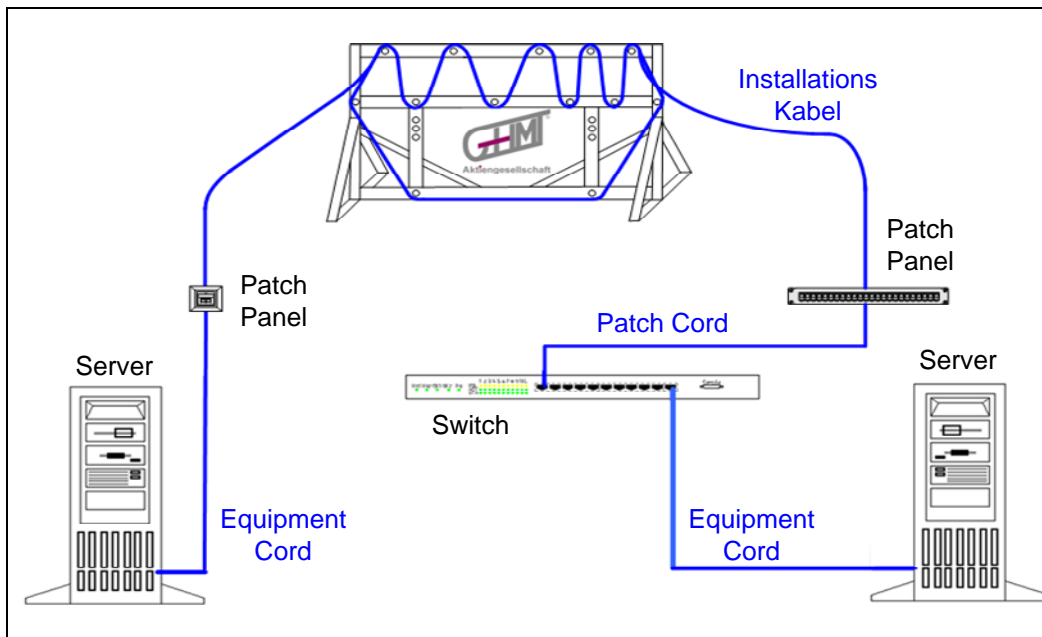


Bild 3: Prinzipschema des Prüfaufbaus

Um die EMV-Eigenschaften von allen Seiten überprüfen zu können, wurden alle Datenübertragungskomponenten für den Test auf einem Drehtisch ($d = 2.5 \text{ m}$) in einer reflexionsarmen EMV-Messkammer installiert. Eine reflexionsarme Messkammer ist ein Raum, der Reflexionen elektrischer oder akustischer Art durch eine absorbierende Beschichtung der Wände verhindert und gegen Einflüsse von aussen abschirmt. Ein 19"-Schrank mit den Servern und den Switchs ist in der Mitte des Drehtisches platziert mit je einem offenen 19"-Schrank mit Verkabelungspanels an beiden Seiten. Die Verbindung zwischen Panel und Aktivkomponenten erfolgte mit 2-m-Patchkabeln. Je 90 m der unterschiedlichen Installationskabel wurden an beiden Enden auf einem der RJ45-Panel aufgelegt. Um einen hohen Grad an Reproduzierbarkeit zu erreichen und einen gut untersuchten Versuchsaufbau zu haben, wurden die Kabel auf ein hölzernes Kabelführungsgestell gespannt, welches durch CENELEC TC 46X WG3 als Testaufbau vorgeschlagen wurde. Das Gestell befand sich hinter den 19"-Schränken. Ein Bild des Aufbaus findet sich auf der Titelseite des White Paper. Grundsätzlich ist dies ein Systemaufbau, der die Situation in einem Rechenzentrum simuliert.

3. Abgestrahlte Leistung gemäss EN 55022

Dies ist ein Test, der in der EMV-Richtlinie der EU vorgeschrieben ist, also Gesetzeskraft hat. Der Betrieb von Geräten und Systemen in der EU, welche diesen Test nicht erfüllen, ist verboten.

Der Test ist dazu ausgelegt, Störaussendungen zu erkennen, die den Betrieb von Empfangseinrichtungen von Radio, Fernsehen und Telekommunikationseinrichtungen beeinträchtigen können.

Die Empfangsantenne des Messsystems wird dafür in einem Abstand von 3 m vom Prüfling montiert und die abgestrahlte Leistung in horizontaler und vertikaler Polarisation aufgezeichnet. Es gibt zwei Grenzwerte: Klasse A (für ein Arbeitsumfeld) mit etwas weniger strengen Anforderungen und Klasse B (für den Wohnbereich) mit entsprechend höheren Anforderungen.

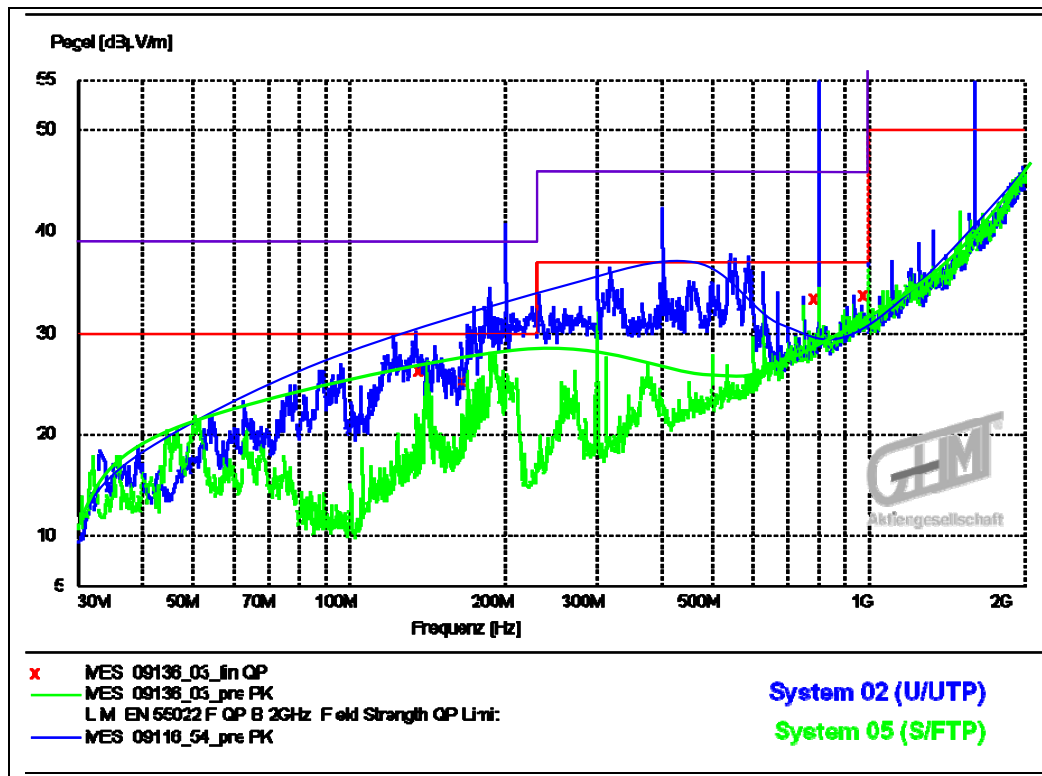


Bild 4: Emissionsmessung eines typischen ungeschirmten und eines geschirmten Systems

Grenzwerte:
Rot: Klasse B
Violett: Klasse A

Bild 4 zeigt beispielhaft den Vergleich der Emissionsmessungen der Systeme 2 und 5 bei einer 10GBase-T-Übertragung. Es ist offensichtlich, dass das ungeschirmte System die Grenzwerte der Klasse B mehrfach überschreitet, während das geschirmte System vor allem im oberen Frequenzbereich einen besseren Schutz gewährt und dadurch die Anforderungen erfüllt. Dabei spielte es keine Rolle, ob die geschirmte Verkabelung ein- oder beidseitig geerdet war. Da 10GBase-T den Frequenzbereich bis über 400 MHz zur Datenübertragung nutzt, kann davon ausgegangen werden, dass für ungeschirmte Systeme auch durch mögliche Filtermassnahmen keine Verbesserungen erzielt werden können. Die Grenzwerte gemäss Klasse A können dagegen von beiden Verkabelungstypen eingehalten werden.

Andere Messungen zeigten, dass für 1000Base-T sowohl geschirmte wie auch ungeschirmte Verkabelungen die Grenzwerte für die Klasse B einhalten können.

Daraus lässt sich folgern, dass zumindest in der EU ungeschirmte Verkabelungssysteme im Heimbereich nicht mit 10GBase-T betrieben werden dürfen. Die Verantwortung, dies einzuhalten, liegt dabei beim Betreiber der Anlage. Im Arbeitsumfeld, d.h. auch in einem Rechenzentrum, darf man auch ein ungeschirmtes Verkabelungssystem mit 10GBase-T betreiben.

4. Immunität gegen Störungen von aussen

Die EMV-Immunitätstests basieren auf den Prüfnormen der Serie EN 61000-4-X und wurden mit den Belastungen E1/E2/E3 gemäss der MICE-Tabelle für Umweltbelastungen nach EN 50173-1 durchgeführt (siehe Bild 5).

Dazu wurde eine kontinuierliche Datenübertragung zwischen den Servern mit einem Protokoll-Analyzer überwacht und das Übertragungssystem dann unter den definierten Belastungen aus den Tests beobachtet. Aufgezeichnet wurde jeweils, ab wann es zu einer Beeinträchtigung der Übertragungsrates kam.

	E ₁	E ₂	E ₃
Electrostatic discharge - contact (0.667 µC)	4 kV	4 kV	4 kV
Electrostatic discharge – air (0.132 µC)	8 kV	8 kV	8 kV
Radiated high frequency, amplitude-modulated	3 V/m at 80 - 1,000 MHz 3 V/m at 1,400 - 2,000 MHz 1 V/m at 2,000 - 2,700 MHz	3 V/m at 80 - 1,000 MHz 3 V/m at 1,400 - 2,000 MHz 1 V/m at 2,000 - 2,700 MHz	10 V/m at 80 - 1,000 MHz 3 V/m at 1,400 - 2,000 MHz 1 V/m at 2,000 - 2,700 MHz
Conducted high frequency	3 V at 150kHz - 80 MHz	3 V at 150kHz - 80 MHz	10 V at 150kHz - 80 MHz
Fast transient (burst)	500 VAC	1,000 VAC	2,000 VAC
Surge voltage (transient, earth potential difference)-signal line / earth	500 V	1,000 V	2,000 V
Magnetic field (50/60Hz)	1 A/m	3A/m	30A/m
Magnetic field (60Hz to 20,000Hz)	f.f.s.	f.f.s.	f.f.s.

Bild 5: Belastungen der Klassen E1 bis E3 gemäss MICE-Tabelle von EN 50173-1

4.1. Immunität gegen hochfrequente Radiowellen

Die Prüfung gemäss EN 61000-4-3 dient dazu, die Immunität des Prüflings gegen eingestrahlte elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 80 MHz bis 2.0 GHz zu überprüfen. Dieser Test simuliert den Einfluss von Störquellen wie Radio- und TV-Sendern, Funkgeräten, Mobiltelefonen, Drahtlosnetzwerken o.ä.

Die Sendeantenne wurde dazu in einer Distanz von 3 m vor dem Prüfling aufgestellt und dieser nacheinander von allen vier Seiten bestrahlt. Die Belastungsstufen, gemessen am Ort des Prüflings, wurden gemäss MICE-Tabelle gewählt (Bild 5, Radiated high frequency). Bild 6 zeigt die erreichten Resultate.

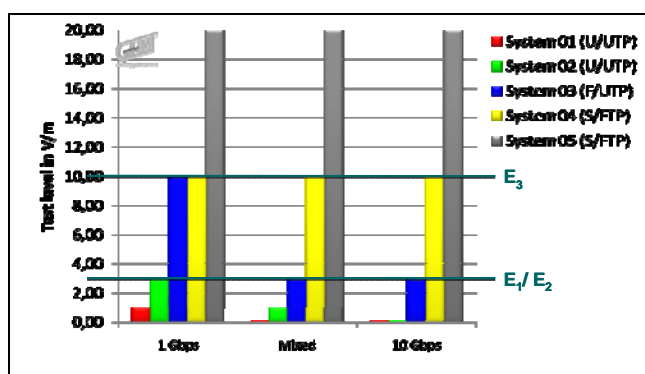


Bild 6: Resultate gemäss EN61000-4-3



Bild 7: Praxistest Mobiltelefon

Alle geschirmte Verkabelungen sind für den 10GBase-T-Betrieb im Büro und im leichten Industriebereich geeignet. Für den verschärften Industriebereich ist ein zusätzlicher Geflechtsschirm (S-FTP-Aufbau) notwendig.

Einseitige oder doppelseitige Erdung hat keinen Einfluss auf die Immunität gegen Einstrahlungen von aussen. Gute ungeschirmte Verkabelungen eignen sich für 1000Base-T im Büro- und leichten Industrieumfeld. Für den Einsatz mit 10GBase-T sind bei ungeschirmter Verkabelung aber zusätzliche Schutzmassnahmen wie metallene Kabelführungssysteme und zusätzliche Abstände zu den Störquellen notwendig.

Auch ein zusätzlicher Praxistest bestätigt die hohe Sensitivität der ungeschirmten Systeme gegen drahtlose Kommunikationsgeräte im 2-m- bis 70-cm-Band beim Betrieb mit 10GBase-T. Wurde ein Funkgerät oder Mobiltelefon in einer Distanz von 3 m betrieben (siehe Bild 7), kam es bei den ungeschirmten Verkabelungen zu einem Unterbruch der Datenübertragung, während keines der geschirmten Systeme eine Beeinträchtigung der Übertragung zeigte.

4.2. Immunität gegen Störungen von Stromversorgungskabeln

Die Prüfung gemäss EN 61000-4-4 wurde durchgeführt, um die Immunität des Prüflings gegen sich wiederholende, schnelle Transienten, wie sie durch Schaltvorgänge von induktiven Lasten (Motoren), Schalterprellungen und Vorschaltgeräten für Fluoreszenzlampen hervorgerufen werden können. Um eine reproduzierbare Koppelung zwischen Stromkabel und Prüfling zu erhalten, wurde bei diesem Test eine normierte, kapazitive Koppelzange verwendet. Die Störungen umfassten Spannungsspitzen von 260 bis 4000 V mit einer Kurvenform von 5/50 ns und einem Abstand von 0.2 ms. Die Spannungsgrössen wurden gemäss MICE-Tabelle angelegt (siehe Bild 5, Fast transient [burst]).

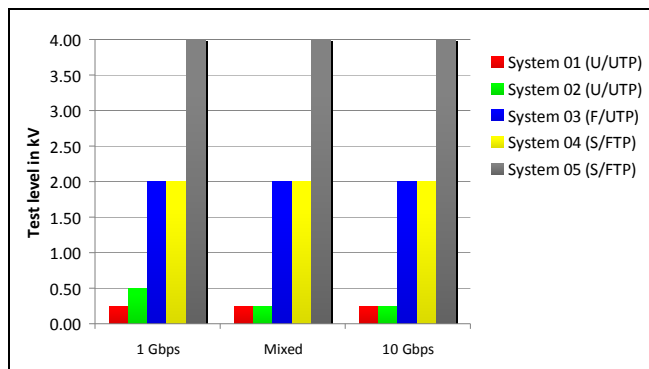


Bild 8: Resultate gemäss En 61000-4-4

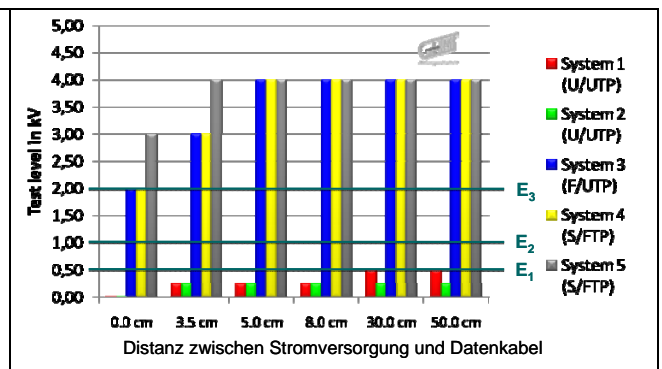


Bild 9: Resultate Praxistest «Gitter-Kabelkanal»

Bild 8 zeigt die Resultate dieses Tests. Alle geschirmten Systeme erlauben den Einsatz von 10GBase-T in allen Umweltbereichen (E1, E2, E3). Eine bessere Schirmqualität ergibt dabei eine bessere Immunität gegen schnelle Transienten. Eine gute ungeschirmte Verkabelung erlaubt den Einsatz von 1000Base-T im Büroumfeld. Für ein industrielles Umfeld und für 10GBase-T ist eine geschirmte Verkabelung notwendig. Ungeschirmte Verkabelungen brauchen zusätzliche Schutzmassnahmen wie eine sorgfältige Trennung der Datenkabel von den Stromversorgungskabeln, um 10GBase-T unterstützen zu können.

Eine doppelseitige Erdung verbessert die Immunität einer geschirmten Verkabelung gegen schnelle Transienten von aussen über die minimalen Anforderungen der Norm.

Ist der Schirm nicht durchgehend, wird bei 10GBase-T die Effektivität des Schirms zunichtegemacht, und der Schutz ist dann gleich wie bei einer ungeschirmten Verkabelung. Bei tieferen Frequenzen (wie bei 1000Base-T verwendet) ist noch eine gewisse Schutzwirkung des nicht kontinuierlichen Schirms, vor allem bei doppelseitiger Erdung, sichtbar.

Ein Praxistest mit Leuchtstoffröhren, die 0.5 m von der Datenverkabelung entfernt montiert waren, zeigte, dass die Prüfbedingungen im Normtest durchaus realistisch sind. Die Störungen, welche beim Einschalten der Leuchtstofflampe entstehen, haben die 10GBase-T-Datenübertragung auf die gleiche Weise beeinflusst wie der Normtest. Störend wirkte sowohl die Lampen selbst wie auch die Zuleitungen dazu. Es ist auf genügend Abstand der Datenverkabelung zu beiden zu achten.

Um einen Vergleich des normierten Tests mit der Koppelzange mit einem realen Installationsfall zu erhalten, wurde zusätzlich das Experiment «Gitter-Kabelkanal» durchgeführt.

In einem Gitter-Kabelkanal mit einer Gesamtlänge von 30 m wurden die Datenkabel und ein Stromversorgungskabel mit unterschiedlichem konstantem Abstand von 0 bis 50 cm im Kanal fixiert. Das Störsignal gemäss Norm wurde dann auf das Stromversorgungskabel gebracht. Bild 9 zeigt das Ergebnis dieser Messungen. Der Vergleich dieser Ergebnisse mit jenen des Normtests aus Bild 8 zeigt, dass dieser Normtest einen Abstand der Kabel von ca. 1–2 cm simuliert. Um den 10GBase-T-Betrieb sicherzustellen, muss beim ungeschirmten System ein Abstand zwischen Daten und Stromversorgungskabel von mindestens 30 cm eingehalten werden. Die geschirmten Verkabelungen erreichten die Anforderungen auch ohne Trennung der Kabel.

Gemäss EN 50174 -2 wäre für das ungeschirmte System in dieser Anordnung ein Abstand von nur 2 cm vorgeschrieben, was aber für 10GBase-T nicht ausreicht. **Bei ungeschirmten Kabeln müssen für 10GBase-T deshalb weit grössere Abstände eingehalten werden, als von der Norm vorgeschrieben.**

Eine weitere Prüfung gemäss EN 61000-4-6 wurde durchgeführt, um die Immunität des Systems gegen leitergebundene Radiofrequenzstörungen im Bereich von 150 kHz bis 80 MHz auf in der Nähe liegende Stromversorgungsleitungen zu überprüfen. Stromversorgungskabel können als Antennen für von aussen kommende HF-Störungen dienen (wie z.B. Kurzwellensender, VHF-Sendestationen) oder auch bewusst mit einem Powerline-Signal beaufschlagt sein. Auch bei diesem Test wurde die bekannte kapazitive Koppelzange verwendet. Die Belastungen wurden gemäss MICE-Tabelle (siehe Bild 5, Conducted high frequency) festgelegt. Die Resultate entsprachen dem bekannten Muster, dass die geschirmten Verkabelungen alle Anforderungen für 10GBase-T erfüllen. Die ungeschirmte Verkabelungen erfüllen für 1000Base-T die Anforderungen für das Büro- und leichte Industrieumfeld, für die 10GBase-T-Übertragung sind aber zusätzliche Schutzmassnahmen wie erhöhter Anstand der Datenverkabelung zur Stromversorgung notwendig.

4.3. Immunität gegen Magnetfelder von Stromversorgungsleitungen

Der Test gemäss EN61000-4-8 überprüft die Fähigkeit eines Systems, in Anwesenheit starker Magnetfelder bei 50 Hz zu funktionieren. Diese Magnetfelder können von Stromversorgungsleitungen (Kabeln oder Stromverteilschienen) oder Stromverteilteräten (Transformatoren, Stromverteiltern) erzeugt werden. Die Belastungswerte wurden gemäss der MICE-Tabelle gewählt (siehe Bild 5, Magnetic fields).

Alle Verkabelungen erfüllen die höchste Umweltklasse E3 sowohl mit 1000Base-T wie auch mit 10GBase-T. Es wurde kein Unterschied zwischen der Anfälligkeit geschirmter und jener ungeschirmter Verkabelungen festgestellt. Eine verstärkte Anfälligkeit der geschirmten Verkabelungen aufgrund von Erdschleifen ist nicht feststellbar.

4.4. Immunität gegen elektrostatische Entladungen

Die Prüfung gemäss EN 61000-4-2 testet die Immunität eines Systems gegen elektrostatische Entladungen. Diese aus dem Alltag bekannte Erscheinung, bei der eine elektrische Entladung von einem Finger auf eine leitfähige Oberfläche springt, kann mit einem Prüfgerät mit metallischem Prüffinger reproduzierbar erzeugt werden. Umgebungs- und Klimabedingungen können die elektrische Aufladung fördern, wie z.B. niedrige Luftfeuchtigkeit, isolierende Kunststoff-Fussböden, Kunstfaserkleidung.

Die Testpunkte wurden so gewählt, dass normale Berührungen der Verkabelung durch Betrieb und Unterhalt simuliert wurden. An jedem Testpunkt wurden 10 Überschlüge pro Polarität mit einem Abstand von mehr als 1 Sekunde erzeugt. Die Prüfgrössen wurden gemäss MICE-Tabelle (siehe Bild 5, Electrostatic discharge – contact/air) verwendet.

Die geschirmten Verkabelungssysteme reagierten nicht empfindlich auf elektrostatische Entladungen. Es traten keine Störungen auf. Bei ungeschirmten Verkabelungen reagieren die Aktivgeräte sehr sensibel auf Entladungen, sobald diese auf die Signalleiter einwirken können.

Das gute Abschneiden der geschirmten Verkabelung ist darauf zurückzuführen, dass der Schirm als Ableitpfad für den Überschlag dienen konnte und so keine Energie ins Kabelinnere eindringen konnte.

Für den 10GBase-T-Betrieb mit ungeschirmten Verkabelungen muss mit zusätzlichen Massnahmen sichergestellt werden, dass keine elektrostatischen Entladungen stattfinden können. Geeignete Schutzmassnahmen sind aus der Elektronikfertigung bekannt und können Ableitstationen, ESD-Armbänder, antistatische Fussböden usw. umfassen.

5. Zusammenfassung

Es zeigte sich, dass die Einführung von 10GBase-T tatsächlich einen wesentlichen Einfluss auf die Wahl der Verkabelung hat. Die erhöhte Empfindlichkeit der 10GBase-T-Übertragung gegenüber 1000Base-T wurde bei ungeschirmten Verkabelungen in der Immunität gegen Störungen von aussen deutlich sichtbar.

Um den Betrieb von 10GBase-T sicherzustellen, kann nicht alleine auf die Verkabelung geachtet werden, sondern es müssen die Umgebungsbedingungen berücksichtigt und die Verkabelungskomponenten entsprechend ausgesucht werden. Die Koppelungsdämpfung kann dabei als qualitativer Vergleichsparameter für das EMV-Verhalten von Verkabelungen dienen.

Zusammenfassend hat diese Untersuchung gezeigt, dass mit einer geschirmten Verkabelung 10GBase-T in allen Umgebungsklassen problemlos verwendet werden kann. Dabei gilt: je besser die Schirmqualität, desto kleiner die Abstrahlung und desto besser die Immunität der Verkabelung gegen Störungen von aussen.

Ungeschirmte Verkabelungen eignen sich dagegen nur ausserhalb des Heimbereichs und zusammen mit zusätzlichen Schutzmassnahmen für den Einsatz mit 10GBase-T. Sie dürfen innerhalb der EU nur ausserhalb des Wohnbereichs in dezidierten Arbeitsbereichen (Büros, Rechenzentren usw.) eingesetzt werden. Zusätzliche Schutzmassnahmen zur Reduzierung der externen Störeinflüsse beinhalten:

- ☐ sorgfältige Trennung von Daten- und Stromversorgungskabel oder Störquelle (Mindestabstand zwischen Daten- und Stromkabel 30 cm)
- ☐ Verwenden eines metallenen Kabelführungssystems für Datenkabel
- ☐ Verhindern des Betriebs drahtloser Kommunikationsgeräte in der Nähe der Verkabelung
- ☐ Verhindern von ESD durch aus der Elektronikfertigung bekannte Schutzmassnahmen

Für den Entscheid zwischen geschirmter oder ungeschirmter Verkabelung für 10GBase-T müssen die Einflüsse und Aufwendungen der zusätzlichen Schutzmassnahmen und betrieblichen Einschränkungen mitberücksichtigt werden.

6. Empfehlungen für den Betrieb von 10GBase-T

In industriellen Umgebungen (Klassen E2 und E3) sollten geschirmte Verkabelungen eingesetzt werden. Bei erschweren industriellen Umgebungen (E3) ist eine S-FTP-Schirmkonstruktion mit Geflechtsschirm notwendig, und es sollte möglichst eine doppelseitige Erdung der Verkabelung eingesetzt werden.

Im Wohnbereichen dürfen ungeschirmte Verkabelungen nicht eingesetzt werden.

Im Bürobereich und in Rechenzentren mit ungeschirmter Verkabelung müssen die oben erwähnten zusätzlichen Schutzmassnahmen vorgeschrieben werden.

Weitere Informationen:

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