

Schwerpunktthema

1000 BASE-T: Gigabit Ethernet über Kupferverkabelung

von Dr. Franz-Joachim Kauffels

Netzwerk-Manager und Planer sollen nach dem Willen der Gigabit Ethernet-Allianz (GEA) in die Lage versetzt werden, 1000 BASE-T über die bestehende Cat 5-Verkabelung laufen zu lassen. Es stellen sich zwei Fragen: Ist 1000 BASE-T technisch möglich? Und: Ist 1000 BASE-T sinnvoll?

IEEE 802.3ab schreibt die Spezifikationen für den Betrieb von Gigabit Ethernet über Category 5 Cabling Systems, die entsprechend der Spezifikationen von ANSI/TIA/EIA-568A installiert wurden. Es sollte möglich sein, 1000 BASE-T zu betreiben, ohne die existierende Cat 5-Verkabelung ersetzen zu müssen. Es ist das technische Ziel der IEEE 1000 BASE-T Task Force, die Spezifikationen so zu gestalten, daß jede Verbindung, die z.Zt. von 100 BASE-TX benutzt wird, ebenfalls 1000 BASE-T unterstützt.

Zur ersten Frage muß man sich zunächst vor Augen führen, daß die Leitungscodierung nach dem Manchester Verfahren bei 10 BASE-T einen sehr schlechten Wirkungsgrad hat. Würde man sie in einem Modem realisieren, könnte man auf einer Telefonleitung nur ca. 1,2 kBit/s im Halbduplex erreichen. Es gibt aber heute schon Modems nach V.90, die mehr als 120 kBit/s auf die

Telefonleitung bringen und die xDSL-Verfahren, die die letzte Meile mit Megabit/s nutzen.

Vor allem im Bereich der Leitungscodierung ist also noch eine erhebliche Reserve vorhanden. Die Realisierung von Gigabit Speed über Cat 5-Verkabelung ist ein kleines Wunderwerk der Technik und angesichts der vielen nachrichtentechnisch wirklich liebho-

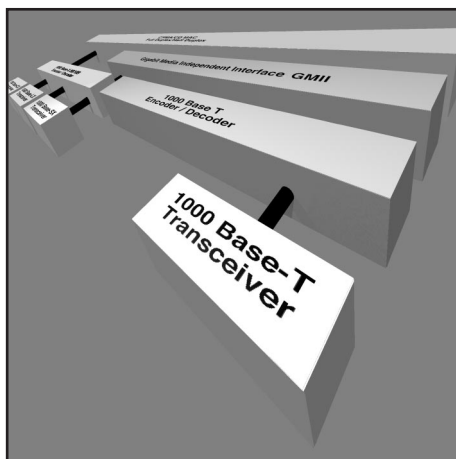
sen LAN-Übertragungsverfahren lohnt es sich, einen Blick darauf zu werfen. Es werden nämlich in der Tat direkt mehrere aus der Modemtechnik bekannte Verfahren kombiniert werden, um dieses erstaunliche Ziel zu realisieren:

1. Multilevel-Codierung: man muß mehr als zwei logische Niveaus auf einer Leitung übertragen, um mit den Vorgaben für die Bandbreite auszukommen.

2. Trellis-Codierung: man muß mit einer speziellen Codierung verbinden, die es erlaubt, die Bitfehlerrate in erträglichen Grenzen, z.B. bei 10⁻⁶ zu halten. Dazu gehört die Viterbi-Decodierung.

3. Echo-Kompensation: die Leitungen sollen paarweise im Vollduplexbetrieb benutzt werden, so daß auf einem Drahtpaar Informationen in beide Richtungen laufen. Damit das funktioniert, müssen spezielle Schaltungen für die Unterdrückung des eigenen Sendesignals am eigenen Empfänger sorgen.

4. Scrambling: die Daten werden beim Aufteilen auf die verschiedenen Leitungen verwürfelt.



1000 Base-T über Cat 5?

Fortsetzung ab Seite 5

Y2K: Rechts- und Technologie-Unsicherheit

Jahr 2000 im Netzwerk

Von Dr. Jürgen Suppan

Inwieweit sind Netzwerke vom Jahr 2000 betroffen? Diese Frage ist nicht leicht und vor allem nicht mit letzter Sicherheit zu beantworten. Die Jahr 2000-Aussagen der führenden Hersteller werfen in ihrer Bewertung eine Reihe von Fragen auf. Eines zeigen die Hersteller-Aussagen auf jeden Fall: mindestens in der Software unserer Netzwerk-Komponenten gibt es zum Teil ein Jahr 2000-Problem, aber auch einige Komponenten sind insgesamt nicht Y2K-fähig.

Hinzu kommt, daß zur Zeit niemand Szena-

rien mit Komponenten unterschiedlicher Hersteller testet. So wichtige Algorithmen wie Spanning Tree nach IEEE 802.1d, die auf Timer-Mechanismen zwischen verschiedenen Komponenten beruhen, bleiben somit ungetestet!

Und was nicht vergessen werden darf: Netze stellen Anforderungen an das Betriebsumfeld, zum Beispiel Strom, Licht, WAN-Verbindungen. Dieses Umfeld ist definitiv Y2K-gefährdet.

Hinzu kommen ernstzunehmende juristische Probleme. Sowohl GmbH- als auch AG-Vorstände befinden sich in einer persönli-

chen Haftungssituation, wenn sie eine korrekte Behandlung des Jahr-2000-Problems versäumt haben. Diese Haftung besteht gegenüber den Gesellschaftern des Unternehmens, aber auch gegenüber eventuell betroffenen Kunden. Speziell die Geschäftsführer von Netzwerk-Lieferanten und Installations-Unternehmen sind dabei besonders gefährdet.

Nähere Informationen zu diesem Thema mit Hinweisen und Ratschlägen zu einem korrekten und sicheren Vorgehen erhalten Sie auf dem Netzwerk-Redesign Forum 1999 im April in Düsseldorf.

Zum Geleit



Willkommen beim Netzwerk-Insider von ComConsult!

Was unterscheidet diese Informationen von bestehenden Zeitschriften, wo ist der Mehrwert für Sie? Rücksichtnahme auf Anzeigenkunden kann eine offene Sprache einschränken. Unabhängig davon fehlt in einigen Zeitschriften der Raum für eine ausführliche und tiefergehende Behandlung neuer Entwicklungen, da diese zum Teil einen Umfang erfor-

dert, der das journalistische Konzept der Zeitschrift sprengt.

Damit ist das Ziel des "Netzwerk Insiders" definiert:

- herstellerneutrale und kritische Information zu Netzwerk-Technologien aus dem Blickwinkel des Anwenders. Wir wollen klarstellen, ob eine neue Technik für den Anwender wirklich mit Vorteilen verbunden ist und ob sich der Einsatz lohnt
- Bewertung der entstehenden Betriebsaufwände neuer Technologien. Wir wollen weg von der Anbetung von Technologie-Götzen hin zu einer Kosten-Nutzen-orientierten Betrachtungsweise, die auch den Betrieb einer Technik einbezieht
- Informationen auf dem neuesten Stand der Technik sobald sie für den Anwender relevant sind mit dem Insider-Wissen führender Netzwerk-Spezialisten. Zum richtigen Zeitpunkt in die richtige Netzwerk-Technik investieren, Fehlentwicklungen vermeiden
- Konzentration auf technische Schwerpunkt-Themen, um neue Entwicklungen ausführlich und tiefergehend beschrei-

ben zu können

Um dieses Konzept umsetzen zu können, arbeiten wir grundsätzlich ohne Anzeigen von Herstellern. Die Verteilung unserer Insider-Informationen erfolgt nur auf der Basis des Internets im PDF-Format. Dies garantiert die vollständige wirtschaftliche Unabhängigkeit unseres Ansatzes.

Gleichzeitig wenden wir uns an präzise definierte Zielgruppen. In erster Linie werden diese Insider-Informationen zur Unterstützung unserer Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer erarbeitet. Die CCNE-Ausbildung erfordert eine intensive Nachbearbeitung der Ausbildungsthemen auch über die Seminare hinaus. Das dafür benötigte Material wird von uns bereitgestellt. Dies ist eine der Säulen einer professionellen Ausbildung für den beruflichen Erfolg der Teilnehmer. In diesem Sinne hoffen wir, Sie in Ihrer täglichen Arbeit mit dem "Netzwerk Insider" praxisnah unterstützen zu können.

Ihr Dr. Jürgen Suppan

Impressum

Verlag:
ComConsult
Technologie Information GmbH
Pascalstraße 25
D-52076 Aachen
Telefon 02408/14907
Telefax 02408/149233

Herausgeber und verantwortlich
im Sinne des Presserechts:
Dr. Jürgen Suppan

Erscheinungsweise:
Monatlich
12 Ausgaben im Jahr

Bezug:
Kostenlos als PDF-Datei
über den eMail-VIP-Service
der ComConsult Akademie

Für unverlangt
eingesandte Manuskripte
wird keine Haftung
übernommen

Nachdruck,
auch auszugsweise
nur mit Genehmigung
des Verlages

© ComConsult Technologie Information

Der Kommentar

Was ist der CCNE wert?

von Dr. Jürgen Suppan

Sachlage ist: Lokale Netzwerke zählen zu den wichtigsten und entscheidenden Technologien der nächsten Jahre.

Alle modernen, erfolgreichen und wirtschaftlichen DV-Architekturen der Zukunft basieren auf der Verfügbarkeit leistungsfähiger Netzwerke. Kenntnisse über ihre grundsätzliche Funktionsweise, ihr Leistungsspektrum, aber auch ihre Defizitbereiche sind somit eine elementare Voraussetzung für den beruflichen Erfolg in diesem Umfeld.

Das Problem ist, daß die öffentlichen Instanzen es bis heute versäumt haben, eine für den Netzwerk-Basis-Technologie-Bereich geeignete Berufs- oder Weiterbildungsmöglichkeit zu schaffen. Dabei benötigen Unternehmen in zunehmenden Maße Mitarbeiter mit tiefergehenden Kenntnissen der Netzwerk-Technologien und sind gezwungen, nach geeigneten Möglichkeiten zu suchen Mitarbeiter zu qualifizieren und weiterzubilden.

Die betroffenen Mitarbeiter brauchen eine Möglichkeit der formalen Qualifizierung zum Nachweis ihrer Fähigkeiten.

Mit dem "ComConsult Certified Network Engineer" bietet sich jetzt eine neue Möglichkeit des beruflichen Qualifikationsnachweises an.

Die Ausbildung erfolgt in 4 aufeinander abgestimmten Intensiv-Kursen, in denen Top-Leute aus der Praxis mit herausragenden didaktischen Fähigkeiten das notwendige Netzwerk-Know-how nach dem neuesten Stand der Technik und streng herstellerneutral vermitteln.

Nach dem Besuch der Ausbildungskurse erfolgt eine Prüfung, die neben der schriftlichen Beantwortung vorgelegter Fragen auch eine mündliche Diskussion eines Fallbeispiels beinhaltet. Mit dem "ComConsult Certified Network Engineer" besitzt der Teilnehmer dann einen ernstzunehmenden Qualifizierungsnachweis, denn ComConsult ist eines der führenden deutschen Netzwerk-Planungs- und Ausbildungs-Unternehmen, das ca. 80% der Top 500 der deutschen Industrie zu seinen Kunden zählt.

Damit bietet ComConsult genau die Vertrauensbasis, die für die Akzeptanz eines derartigen Abschlusses erforderlich ist.

ComConsult Certified Network Engineer

Neuer Nachweis für Netzwerk-Know How

Die ComConsult Akademie bietet ab Mitte des Jahres die Prüfung zum ComConsult Certified Network Engineer an.

Vorbereiten kann man sich in 4 Intensiv-Kursen, die im Rahmen eines didaktisch aufgebauten Gesamtprogramms stufenweise vom Einstiegsniveau über die Intensiv-Seminare "Lokale Netze für Einsteiger", "Internetworking: Effiziente und sichere Netzwerkstrukturen", "Neue Ethernet-Technologien: Weiterentwicklung bestehender Ethernet-Netzwerke und zukunftsorientierte Netzwerk-Management-Lösungen" und dem Seminar "Betrieb von TCP/IP" in die aktuellsten Netzwerktechnologien führt.

Im ersten Seminar "Lokale Netze für Einsteiger" vermittelt Dr. Jürgen Suppan den Teilnehmern die Grundprinzipien des Aufbaus und der Arbeitsweise Lokaler Netzwerke. Dabei werden sowohl die notwendigen theoretischen Hintergrundkenntnisse als auch

die Konsequenzen für den praktischen Betrieb von Netzwerken dargestellt. Die Teilnehmer lernen die Arbeitsweise von Netzwerken grundsätzlich verstehen, die Arbeitsweise und Vor- sowie Nachteile der Basis-Technologien Ethernet, Fast-Ethernet, FDDI, Token Ring, ATM kennen. Außerdem die systematische Strukturierung von Netzwerken mit Brücken, Router, Switches verstehen und den Aufbau einer strukturierten, zukunftsorientierten Verkabelung. Durch zahlreiche Fallstudien für kleine, mittlere und große Netzwerk-Lösungen erhalten die Teilnehmer direkt für sie in der Praxis umsetzbare Informationen.

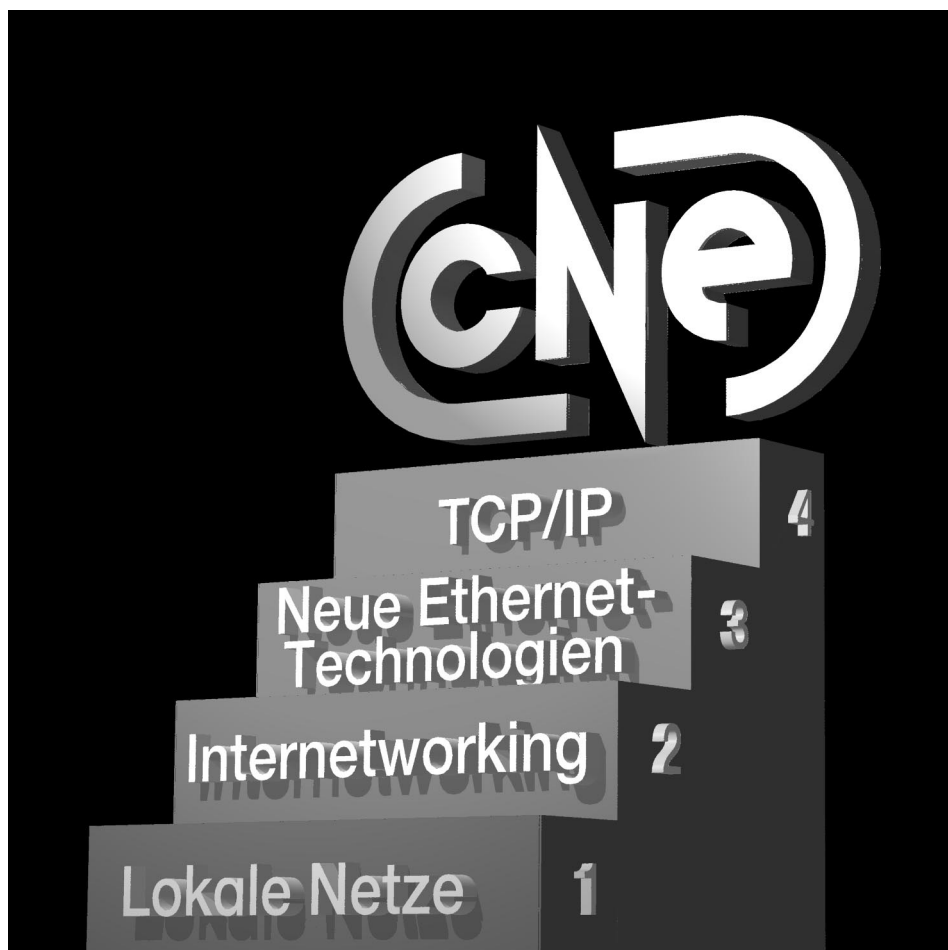
Im folgenden Seminar "Internetworking: Effiziente und sichere Netzwerkstrukturen" vermittelt Petra Borowka den Teilnehmern dann die Strukturprinzipien zum Aufbau flexibler effizient betriebbarer Netzwerke.

Auch hier werden sowohl die notwendigen

theoretischen Hintergrundkenntnisse als auch die Konsequenzen für den praktischen Betrieb und Fallstudien für kleine, mittlere und große Netzwerk-Lösungen dargestellt. Das Seminar berücksichtigt den neuesten Stand der Protokoll- und Komponententechnik. Die Teilnehmer lernen die Arbeitsweise von Koppellementen wie Switches, Routern und Firewalls verstehen und die systematische Strukturierung von Netzwerken mit Brücken, Routern und Switches. Sie lernen die Arbeitsweise, Vor- und Nachteile von Brückenverfahren, Routing, Frame und Cell Switching und Zugangsschutz auf Paket und Protokollebene verstehen.

Das dritte Seminar "Neue Ethernet-Technologien: Weiterentwicklung bestehender Ethernet-Netzwerke und zukunftsorientierte Netzwerk-Management-Lösungen", wiederum von Dr. Jürgen Suppan, befaßt sich mit dem Ausbau und Umbau traditioneller Ethernet-Netzwerke in Richtung Fast Ethernet und Frame Switching. Dabei werden sowohl die dabei zum Einsatz kommenden Technologien mit allen Vor- und Nachteilen erläutert als auch die Methoden einer harmonischen und kostengünstigen Migration dargestellt. Ein besonderer Schwerpunkt des Seminars betrifft die Vermeidung naheliegender Fehlentscheidungen im Einsatz der neuen Ethernet-Technologien. Aus diesem Grund wird speziell auf die Frage der einzusetzenden Produkte, der Weiterverwendbarkeit "alter" Produkte wie Hubs und Router sowie der Gestaltung des Backbones eingegangen. Die Teilnehmer lernen die Schwachstellen des traditionellen Ethernets zu erkennen und zu beheben, die Möglichkeiten kostengünstiger Tuning-Maßnahmen zu nutzen, Methoden einer gezielten und harmonischen Migration zu neuen Technologien und den Stellenwert bestehender und neuer Produkte zu bewerten.

Im letzten Seminar "Betrieb von TCP/IP" mit Oliver Flüs und Andreas Meder lernen die Teilnehmer dann, wie man TCP/IP effizient und geplant betreibt, die Arbeitsweise der wichtigsten IP-basierten Mechanismen und Dienste sowie die zugeordneten Betriebsaufgaben zu verstehen, welche Vorteile IP-basierte Dienste heute bringen und was an weiteren Lösungen in Zukunft erwartet werden kann, die Arbeitsweise, Vor- und Nachteile von Routing- und Switching-Lösungen im IP-Umfeld zu verstehen, typische Fehler von "Quick-and-Dirty"-Betriebslösungen zu vermeiden und die Basisdienste der TCP/IP-Protokollfamilie gezielt für Vereinfachung des Betriebs zu nutzen und wichtige Neuerungen im Bereich TCP/IP-Protokolle kennen.



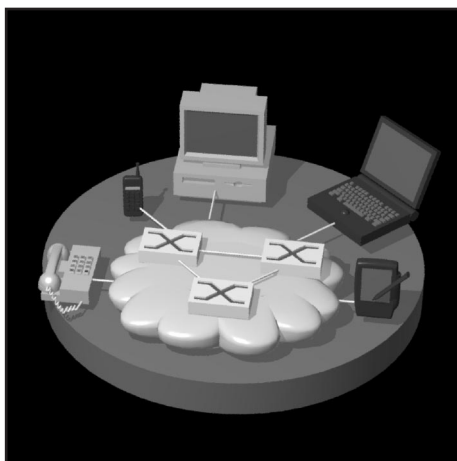
4 Stufen zum Qualifikationsnachweis

Potentiale und Defizite neuer Netzwerk-Technologien

Netzwerk-Redesign Forum 1999

Netzwerk-Technologien befinden sich im Umbruch. Einerseits weisen die traditionellen Netzwerk-Technologien Ethernet und Token Ring eine Reihe ernstzunehmender Defizite auf, andererseits kommen neue Nutzungsformen von Netzen auf uns zu, die neue Anforderungen an Netze generieren. Der Umbruch erfolgt total und sehr schnell. Von den Strukturen und Leistungsprofilen traditioneller Ethernet- und Token-Ring-Netzwerke wird innerhalb eines Zeitraums von wenigen Monaten wenig bestehen bleiben. In den letzten Monaten haben sich in rasanter Geschwindigkeit gravierende Entwicklungen im Bereich der Netzwerk-Technologien vollzogen, die von weitreichender Bedeutung für alle Betreiber sind. Sichere und langfristig nutzbare Investitionen erfordern deshalb genaue Technologie- und Produkt-Kenntnisse.

Das Netzwerk-Redesign-Forum 1999 bietet mit seinem einmaligen Veranstaltungskonzept eine Mischung aus Informationen zu Technologien, Produktvorstellungen, Lö-



Gravierende Entwicklungen

sungs-Alternativen, Diskussion und Perspektiven. Auf dem Forum erhalten Sie neben vielen Tips aus der Praxis und Erfahrungs-

berichten aus erfolgreichen Projekten fundierte Hintergrundinformationen. Ein Tutorium präsentiert die neuesten Entwicklungen kompakt auf einen Blick, damit die Teilnehmer für die ins Detail gehenden Schwerpunkt- und Erfahrungsvorträge der nächsten Tage gerüstet sind. Sie behandeln die Themen, wie lange bestehende Netzwerke ohne Redesign noch eingesetzt werden können, wie sicher die Investitionen in neue Produkte sind und wie schnell diese technisch veralten werden. Wie die neuen Netzwerk-Technologien aussehen, welche Vor- und Nachteile sie beinhalten und wie der Wechsel von alten auf neue Netzwerk-Technologien technisch, organisatorisch und wirtschaftlich vollzogen wird. Dabei wird gleichzeitig der Frage nachgegangen, ob die neuen und wesentlich komplexeren Netzwerk-Technologien betriebstechnisch überhaupt beherrschbar sind. Zusätzlich zu den bereits angesprochenen Themen wird ein kompakter Überblick über die Jahr 2000-Situation im Netzwerk gegeben.

Netzwerk-Redesign Forum 1999 - Die Inhalte

Das Jahr 2000-Problem im Netzwerk

Neue Netzwerk-Technologien im Überblick

Erfolgreicher Einsatz von 100/1000 Mbit/s-Netzwerken und Switching-Technologien: Vergleich alternativer Lösungsansätze zur Realisierung definierter Service-Level in Netzwerken

Gigabit-Ethernet auf Basis Twisted Pair

Die Zukunft des Token Rings, Handlungsalternativen für Token Ring Betreiber

Neue Switching-Technologien und ihre Vor- und Nachteile

Praxiserfahrungen mit Layer-3-Switching: Vor- und Nachteile für den Betreiber

Voice-Data-Konvergenz: TK- und Datennetze der Zukunft und die Folgen für die heutigen Netzwerke

Voice over IP

Netzwerk-Analyse und Meßtechnik: Aktueller Stand der Technik

Sicherheitsrisiken im Netzwerk und erfolgreiche Gegenmaßnahmen

Erfolgreiche Migration in neue Netzwerk-Technologien

Anzeige

Sichern sie sich die letzten Plätze!

Netzwerk-Redesign Forum 1999

Potentiale und Defizite neuer Netzwerk-Technologien
Methoden zur Erneuerung bestehender Netzwerke
Überblick über neueste Netzwerk-Technologien

Mit aktueller Jahr 2000-Information

12.04. - 14.04.99 in Düsseldorf

ComConsult Akademie

Dr. Franz-Joachim Kauffels
Dr. Jürgen Suppan
und ComConsult Akademie

1000 Base-T: Gigabit-Ethernet über Kupferverkabelung

Fortsetzung von Seite 1

Dies erhöht die Übertragungssicherheit, primäres Ziel ist aber die Begrenzung des benutzten Frequenzspektrums bei der Übertragung.

*

5. Kompensationsverfahren für Nah- und Fernnebensprechdämpfung

*

6. Equalizing und Filterung

*

Schließlich benutzt man noch:

*

7. Parallelverarbeitung: das Sendesignal muß auf mehrere Leitungen aufgespalten werden, damit auf der einzelnen Leitung die Störstrahlbestimmungen eingehalten und weitere Leistungsparameter erreicht werden können.

*

Fast Ethernet 100 BASE-TX erreicht seine Übertragungsgeschwindigkeit von 100 Mbit/s durch die Sendung dreiwertig codier-

ter Symbole mit einer Schrittgeschwindigkeit von 125 Mbaud über die Verbindung. Die 125 Mbaud kommen dadurch zustande, daß vor der Umwandlung in dreiwertige Signale eine 4B5B-Codierung angewandt wird, die aus vier eigentlichen Datenbits fünf zu übertragende Datenbits macht, wodurch eine kleine Hamming-Distanz gewonnen wird, die bei der späteren Wiedergewinnung des Signals die Fehlerquote deutlich senken kann.

100 BASE-TX benutzt zwei Kabelpaare: eines zur Hin- und eines zur Rücksendung. Um die Übertragungsgeschwindigkeit weiter zu erhöhen, benutzt 1000 BASE-T ebenfalls eine Symbolrate von 125 Mbaud, aber vier Paare für eine Verbindung und ein komplexeres Codierungsschema mit fünfwertigen Signalen. Außerdem sendet und empfängt 1000 BASE-T simultan auf jedem Paar. Die Kombination von 5-wertiger Codierung und der Benutzung von 4 Paaren erlaubt es, daß 1000 BASE-T mit jedem Signalimpuls ein

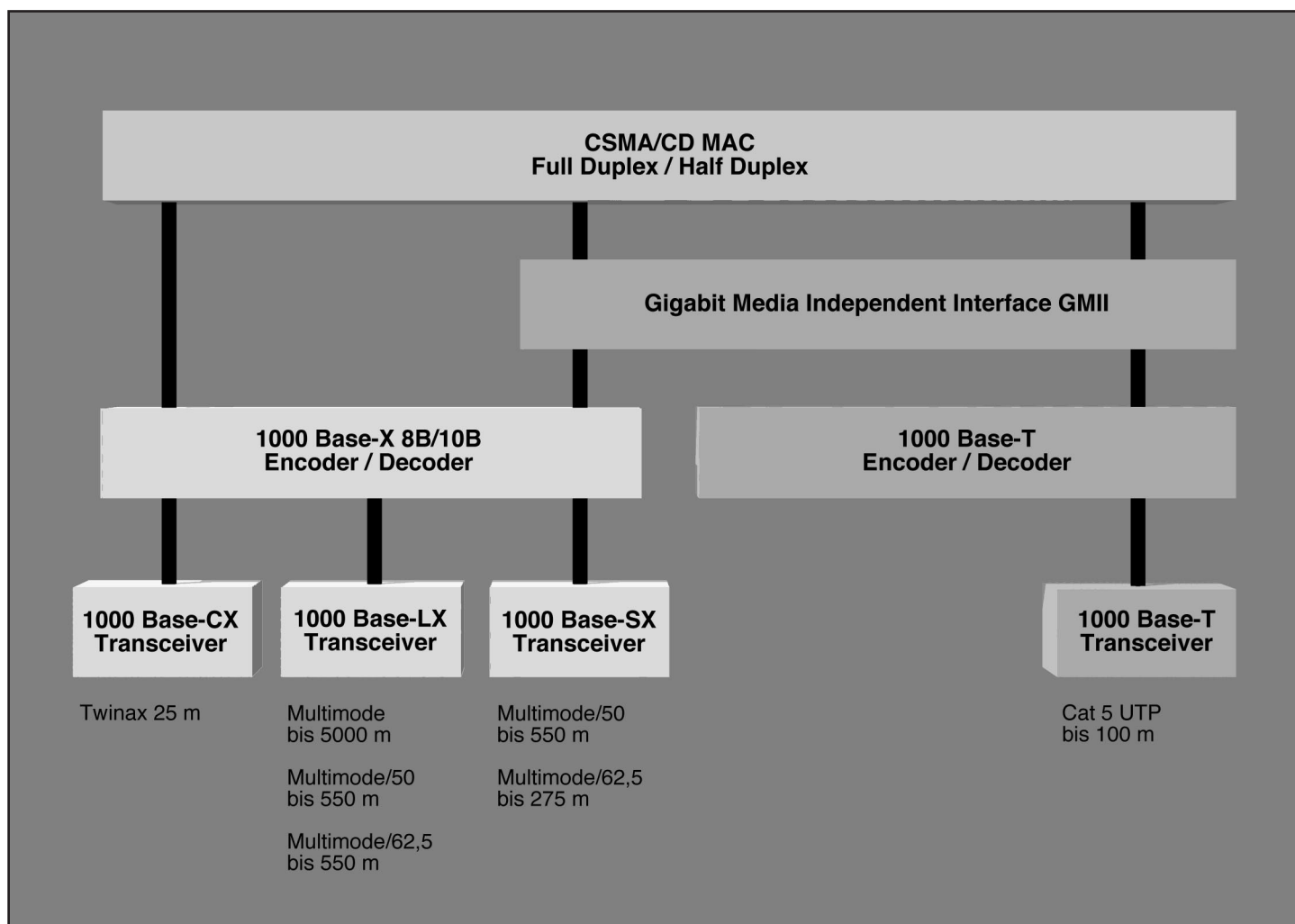
Byte parallel absetzt. Allerdings, so einfach, wie es sich anhört, ist es dann doch nicht, weil eine Menge technischer Probleme, die z.B. mit dem Nebensprechen zu tun haben, gelöst werden müssen.

*

Das Nutzsignal hat nach der 4B/5B-Codierung zunächst eine Schrittgeschwindigkeit von 1250 Mbit/s. Für die Codierung von jeweils zwei Bits gleichzeitig würde man nur eine vierwertige, quartäre Übertragungscodierung benötigen. Man braucht aber die 4B5B-Codierung und die anschließende Codierung in ein höherwertiges Übertragungsverfahren nicht zu trennen und hintereinander auszuführen, sondern man kann dies auch technisch kombinieren und zwei Datenbits und das "zusätzliche Viertel" in ein fünfwertiges Signal stecken. Die fünfwertigen Signale kommen dann mit 500 Mbaud Schrittgeschwindigkeit auf die Leitungen zu. Es stehen vier Paare zur Verfügung, so daß wir die ankommenden Signale so aufteilen können, daß auf jedem Paar ein Da-

Bild 1

Gigabit Ethernet Varianten



1000 Base-T: Gigabit-Ethernet über Kupferverkabelung

tenstrom mit 125 Mbaud Schrittgeschwindigkeit entsteht. Bei einer theoretisch optimalen Codierung können pro Hz Bandbreite maximal zwei Schritte übertragen werden. Umgekehrt würde man also für die Übertragung eines Datenstroms von 125 Mbaud mindestens 62,5 MHz Bandbreite benötigen, und dafür ist Cat 5 in jedem Falle spezifiziert.

Die Leitungen werden, und das wird oft mißverstanden, nicht im Halbduplex, also Sender und Empfänger abwechselnd, sondern im Vollduplexbetrieb benutzt. Beide Seiten senden gleichzeitig. Das funktioniert nach dem gleichen Prinzip, nach dem wir auch für das Telefonieren nur zwei Drähte benötigen: Unterdrückung bzw. Subtraktion des eigenen Sendesignals von dem durch die beiden Sendungen entstehenden Summensignal. Fachmännisch auch "Echo Cancellation". U.a. dafür benötigen wir die Hybrid-Schaltkreise in der Abbildung. Die Sende-/Empfänger-Schaltungen werden nicht direkt an die Leitungen angekoppelt, sondern über

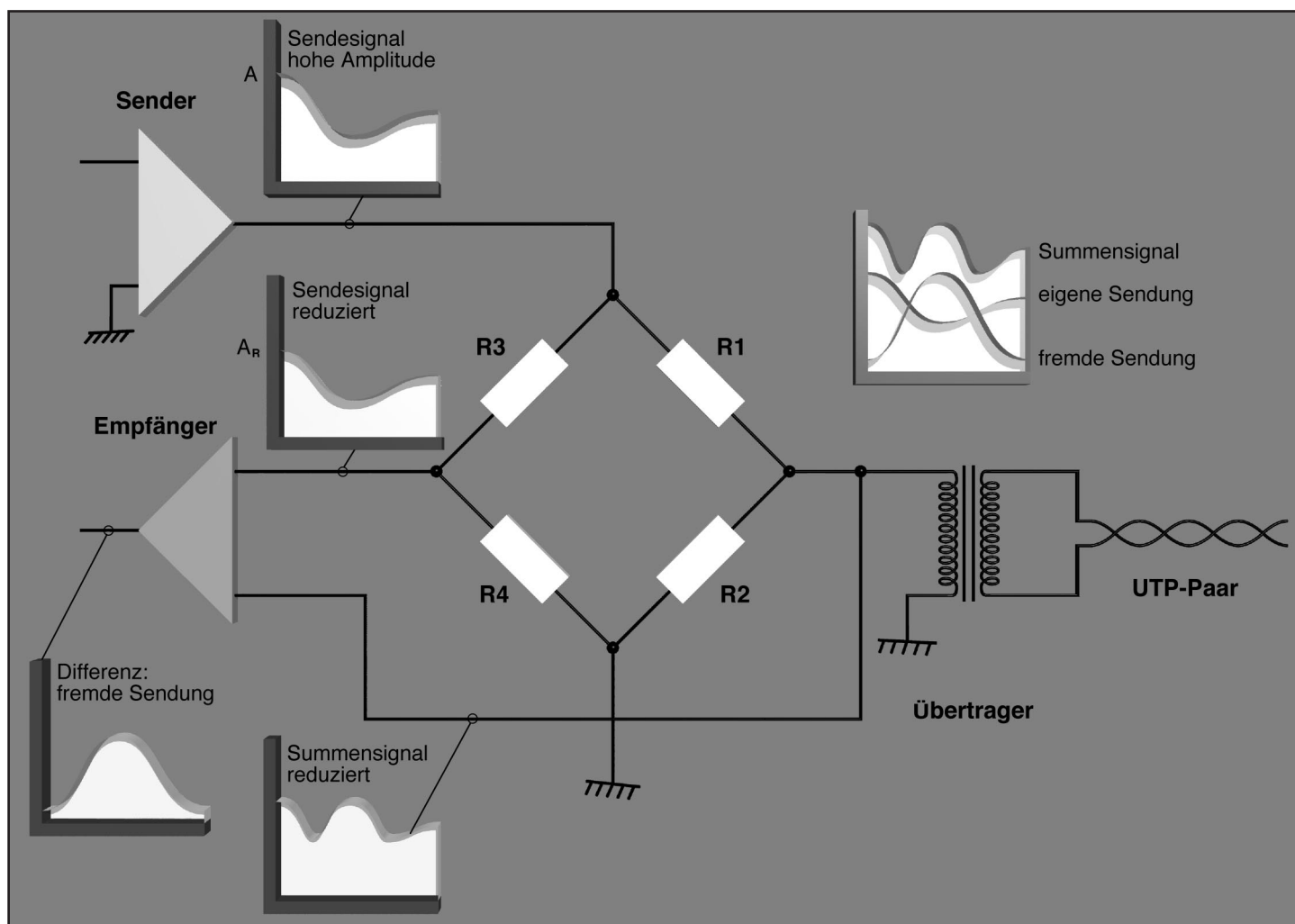
einen kleinen Transformator, den sog. Übertrager. Gleichspannung kann den Übertrager nicht passieren, sondern nur Wechselspannung. Dadurch erreicht man die galvanische Entkopplung von Transceivern und Leitung und somit symmetrisch die vollständige Entkopplung von Stationen. Diese können nämlich ggf. äußerst unterschiedliche Potentiale haben. Der Übertrager läßt nur die übertragungstechnisch relevanten Wechselströme passieren, leider aber auch alle Störungen, die sich zwischenzeitlich auf der Leitung angesammelt haben. In Bild 2 ist eine solche Echo-Unterdrückung schematisch angedeutet. Sender, Empfänger und Übertrager sind durch einen Spannungsteiler miteinander verbunden. Der Sender schickt das Sendesignal über R1 an den Übertrager und über R3 an den eigenen Empfänger. Zwischen R1 und R2 liegt nun das Summensignal aus der lokalen Sendung und dem, was über den Übertrager vom Kabel kommt, nämlich der Sendung der Gegenstation, an. Dieses Summensignal

führen wir ebenfalls an den Empfänger. R4 dient der Symmetrie und dem Ausgleich grundsätzlicher Potentialdifferenzen. Zwischen R3 und R4 liegt das um die durch R3 und R4 herbeigeführte Spannungsteilung reduzierte Sendesignal. R3 und R4 müssen so gewählt werden, daß das eigene Sendesignal soweit reduziert wird, daß die Leistung des reduzierten Signals in etwa der des Anteils des ankommenden durch die Leitung gedämpften Sendesignals der entfernten Station am Summensignal auf der Leitung ist. Dann nämlich erhält der Empfänger an seinen beiden Eingängen die Differenz aus dem eigenen Sendesignal und dem Summensignal auf der Leitung, und diese entspricht gerade dem Sendesignal der fremden Station.

Es ergibt sich sofort ein weiteres Problem. Bei einer Halbduplex-Verbindung ist immer klar, wer der Sender und wer der Empfänger ist. Der Sender schickt sein Signal los und der Empfänger synchronisiert sich auf dieses

Bild 2

Zur Echo Cancellation



1000 Base-T: Gigabit-Ethernet über Kupferverkabelung

Signal ein. Das war ja gerade der Vorzug der Manchester Codierung. Laufzeitunterschiede werden im Empfänger entweder durch das Nachziehen der Phase Look Loop Schaltungen oder bei schlimmeren Verzerrungen durch kleine Puffer ausgeglichen. Wenn aber jetzt beide Stationen sozusagen gleichzeitig von beiden Seiten das Kabel benutzen, können nicht beide den Takt angeben. Das würde zu einem unsäglichen Durcheinander führen. Also muß eine Station die Leitrolle übernehmen. Man definiert Master und Slave. Die Rollen können festliegen, so z.B. wird man immer einen Switch als Master und die angeschlossenen Stationen als Slaves definieren, oder müssen in einer Erweiterung der Autonegotiation verhandelt werden, z.B. für die Kommunikation zwischen zwei Switches.

*

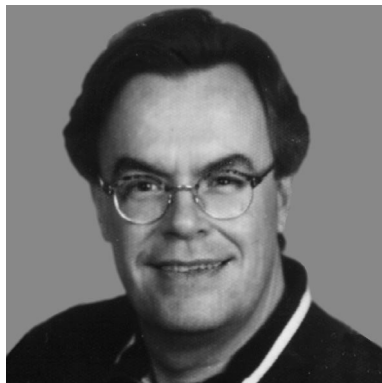
Wie steht es aber mit der Dämpfung? Im optimalen Fall benötigen wir einen Signal/Rauschabstand von etwas über 14 dB, sagen wir ca. 15 dB. Das Signal/Rauschverhältnis S/N entspricht grob der Differenz aus Nahbensprechdämpfung und Signaldämpfung und diese wird als ACR bezeichnet. Für Cat 5-Kabel ist aber bei 100 MHz eine Signaldämpfung von weniger als 20 dB auf 100m und eine NEXT von mehr als 32 dB vorgeschrieben. Das ist schon zu knapp für eine fünfwertige Übertragung. Bei 62,5 MHz betragen die Werte weniger als 35 dB Signaldämpfung und mehr als 52 dB Nahbensprechdämpfung, also ergibt sich ein ARC von 17 dB. Das ist ebenfalls extrem knapp. Für eine Implementierung von 1000 BASE-T setzt man demnach voraus, daß das Kabel und die gesamte es umgebende Strecke mindestens genau die Vorgaben einhalten und daß man es schafft, mit der Codierung nahe an das theoretisch vorgegebene Optimum zu kommen.

*

Die von IEEE 802.3ab verwendete Codierung basiert auf dem bereits bewährten Verfahren von 100 BASE-TX und wird auch als Enhanced TX/T2 bezeichnet. Die Codierung auf der Leitung ist eine fünfwertige Pulsamplitudenmodulation PAM-5.

*

Da nun vier Wege auf acht Drähten parallel benutzt werden, besteht ein 1000 BASE-T Gerät auf der physikalischen Ebene aus vier identischen Transceiver-Teilen, jedes mit eigenem Sender und Empfänger. Das 1000 BASE-T-Signal wurde kompatibel zum 100 BASE-TX-Signal gestaltet, um die Entwicklung von Transceivern mit dualen Datenraten 100/1000 zu erleichtern. Die Symbolrate ist mit 125 Mbaud bei beiden Varianten gleich. Bei der Implementierung bietet das den Vorzug, den gleichen Taktschaltkreis für beide Geschwindigkeiten verwenden zu können. Ein anderer Vorteil ist, daß das Spektrum beider Signale ähnlich verläuft.



Dr. Franz-Joachim Kauffels ist einer der bekanntesten und erfahrensten Referenten der Netzwerkszene. Bekannt geworden durch vielfältige Publikationen, Seminare und Kongresse setzt sich der selbständig Unternehmenseberater für eine fortschrittliche und wirtschaftliche Nutzung der neuen Technologien ein.

Dies bedeutet, daß die Schaltkreise für die Unterdrückung elektromagnetischer Wechselwirkungen und anderer Störeinflüsse unabhängig von der Datenrate benutzt werden können. Rein technisch würde auch eine vierwertige Codierung zur Übertragung ausreichen. Man hat sich aber dazu entschlossen, den fünften Signalisierungslevel für die Hinzufügung von redundanten Symbolzuständen für die Fehlerkorrektur zu benutzen. Die Fehlerkorrektur basiert auf einer Kombination von Trellis Codierung und sog. Viterbi Decodierung.

*

Die Situation hinsichtlich der Nebensprechdämpfung stellt sich wie folgt dar: auf einer Leitung kommen von beiden Seiten simultan Signale mit fünf logischen und physischen Niveaus. Diese bilden ein Summensignal, welches vor den Empfängern echokompensiert werden muß. Dazu kommen mögliche Störungen sowohl von außen als auch durch die benachbarten Paare. Jede normale Cat 5-Verkabelung hat im Kabel acht Drähte in vier Paaren. Bei 100 BASE-T werden davon nur vier Drähte in zwei Paaren benutzt, die anderen vier Drähte liegen meist nur so herum, vielleicht telefoniert man noch darüber. Außerdem wird ein Leitungspaar nur in je einer Richtung benutzt, und nicht im Voll-duplex. Kurz gesagt: bei 1000 BASE-T ist auf dem Kabel mindestens achtmal soviel los!

*

Man beschreitet einen etwas ungewöhnlichen Weg. Normalerweise würde man sich bei der Verwendung von vier parallelen Wegen vorstellen, daß die Bitströme irgendwo weit vor dem Kabel aufgeteilt, einzeln seriell codiert und dann diese seriell codierten Gruppen auf den Kabelpaaren parallel übertragen werden. Bei 1000 BASE-T geht man aber genau anders vor: bei der Trellis-Codierung werden je acht Datenbits mit einem Parity-Bit versehen und dann parallel auf die fünf verschiedenen Level der vier Übertragungsleitungen abgebildet. Vier

Übertragungsleitungen zu je fünf Levels können 625 verschiedene Zustände annehmen. Acht Bits entspricht 256 Zuständen, das Parity Bit ist ja nur eine Quersumme. Also kann man die Verteilung sinnvoll gestalten, weil man statistisch für ein zu codierendes Parallelbyte plus Parity mehr als 2,44 verschiedene Zustände zur Verfügung hat. Die Verteilung wird jetzt so vorgenommen, daß die einzelnen Pegelwechsel immer größer sind, als bei einer rein zufälligen Zuordnung. Das zusätzliche Parity-Bit erhöht die Übertragungssicherheit deutlich, außerdem kann ein Bit ohne weiteres "on the fly" gebildet und geprüft werden.

*

Eine weitere Verbesserung ergibt sich durch das Scrambling. Beobachtet man den Datenstrom aus LAN-Paketen, wird man feststellen, daß bestimmte Symbolgruppen viel häufiger auftreten als andere. Dies betrifft besonders die Symbole, die einen Ruhezustand darstellen oder die, die die Pakete auf das definierte Mindestmaß verlängern. Bei verschiedenen Codierungen weisen ausgerechnet diese häufig auftretenden Symbolgruppen ein ungünstiges Frequenzverhalten auf und haben ggf. ein Spektrum, das über den normalen, definierten Bereich hinausreicht. Ist dies kurzzeitig der Fall, entsteht daraus kein Problem. Ungünstig wird es, wenn eine größere Folge ungünstiger Signale über einen zu langen Zeitraum auftritt. Damit dies bei 1000 BASE-T nicht passieren kann, werden die Daten grundsätzlich nach einer festen Regel verwürfelt, bevor sie auf die Leitung gehen. Die Verwürfelung geschieht auf Bitebene, die ankommenden Bits werden mit einem 2047 Bits langen Schlüssel verwürfelt. Es entstehen so kontinuierliche Signalströme mit günstigerem Frequenzverhalten. Bisher war es immer so, daß Frame-Beginn und Frame-Ende mit starken Einschwingvorgängen verbunden waren. Mit Scrambling wird ein so kontinuierlicher Strom erzeugt, daß z.B. auf einem Oszilloskop Framegrenzen nicht mehr

1000 Base-T: Gigabit-Ethernet über Kupferverkabelung

erkennbar sind. Das Scrambling ist völlig transparent für Sender und Empfänger.

Man erwartet von der Fehlerkorrekturlogik, daß sie die SNR-Spanne des Systems bis zu 6 dB verbessert. Dies würde bedeuten, daß das 5-stufige Signal genauso unempfindlich wie ein dreistufiges Signal wäre. Die Trellis Codierung drückt das benötigte Signal/Rausch Verhältnis nach Herstellerangaben auf 5,2 dB.

*

Die SNR-Spanne (Signal to Noise Ratio Margin) ist ein Maß für die Unempfindlichkeit eines Kommunikationssystems gegen Rauschen. Die SNR-Spanne wird in dB ausgedrückt und repräsentiert den Grad zusätzlichen Rauschens, den ein System tolerieren kann, bevor es die zulässige, definierte Bitfehlerrate verletzt. Eine SNR-Spanne von 3dB bedeutet, daß eine Erhöhung des Rauschens um mindestens 3 dB das System in den Bereich nicht tolerierbarer Fehler bringt. Je höher die SNR-Spanne ist, desto unempfindlicher ist das System.

Nun wollen wir die SNR-Spanne für 1000 BASE-T beleuchten. Da wir vier Paare haben, besteht das Rauschen an jedem der vier Transceiver aus der Nahnebensprechdämpfung NEXT ausgelöst durch die jeweils drei benachbarten Paare, der Fernnebensprechdämpfung FEXT durch die drei jeweils benachbarten Paare, dem Sendeecho und dem Umgebungsrauschen.

*

Die SNR-Spanne kann durch die Addition aller Rauschquellen und Bildung des Verhältnisses zur Signaldämpfung berechnet werden. Man hat in Simulationen leider sehen müssen, daß dies unter einem Worst Case Szenario für Cat 5-Verkabelung zu einer negativen SNR-Spanne führt, was bedeutet, daß die angestrebte Fehlerrate von 10 EXP -10 nicht ohne komplizierte Signalaufbereitung erreicht werden kann. Zunächst stellt man fest, daß der EIA/TIA Cat 5-Standard in der Version von 1995 zwei ganz wesentliche Bereiche gar nicht spezifiziert: die Fernnebensprechdämpfung FEXT und den

sog. Rückleitungsverlust RL (Return Loss). RL definiert die Menge der Signalenergie, die wegen Impedanzfehlanspassungen, wie sie z.B. von Steckern verursacht werden können, auf den Sender zurückgeworfen wird. Man kann FEXT als gleichwertige Fernnebensprechdämpfung (Equal Level Far End Cross Talk (ELFEXT) oder als Leistungssummen-ELFEXT (Power Sum ELFEXT PSELFEXT), welches die Gesamtsumme des Rauschens aller benachbarten Leitungspaare beschreibt, messen.

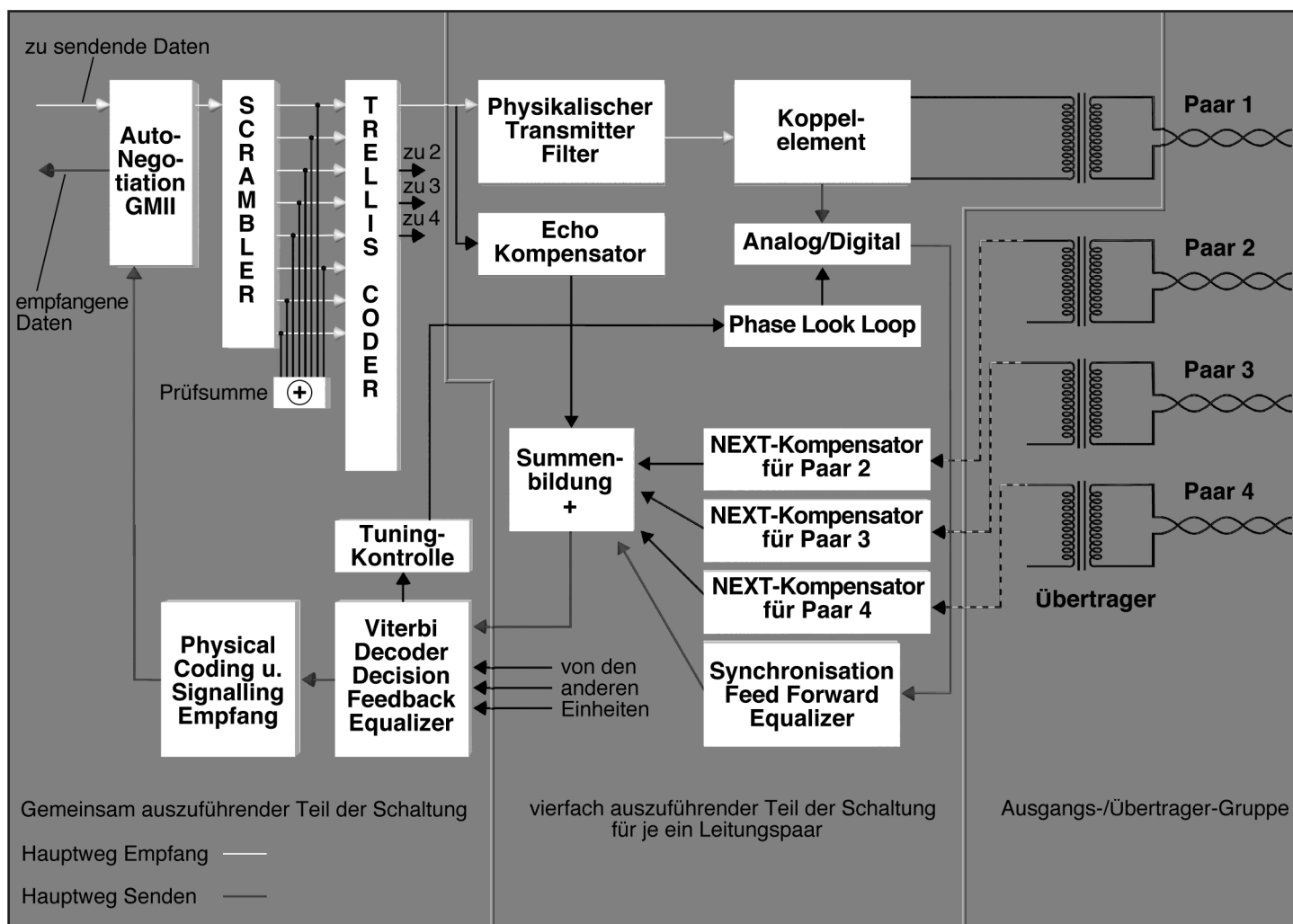
*

FEXT und ELFEXT stehen in unmittelbarem Zusammenhang: FEXT bezieht sich auf das ungedämpfte Sendesignal, während sich ELFEXT auf das bereits gesendete und gedämpfte Sendesignal bezieht, weil es auf der gleichen Seite wie NEXT sitzt, nur sozusagen in der anderen Richtung. Weil es nun nicht im Standard definiert ist, muß man FEXT indirekt herleiten, z.B. zu Simulationszwecken.

*

Bild 3

Prinzipschaltung 1000 BASE-T Transceiver



1000 Base-T: Gigabit-Ethernet über Kupferverkabelung

Mittlerweile arbeitet TIA-568-A an entsprechenden Erweiterungen. Man kann jedoch in keinem Falle davon ausgehen, daß sich diese bereits in Kabelsystemen niederschlagen, die bis einschließlich 1998 installiert wurden.

*

Von den vier Störeinflüssen kann man nur zwei durch komplexere Schaltungstechnologie beeinflussen, nämlich die Nahnebensprechdämpfung und das Echo, die durch entsprechende Schaltungen zwar nicht völlig, aber zu einem sehr großen Teil eliminiert werden können. Die Fernnebensprechdämpfung und die äußeren Störeinflüsse können durch spezielle Schaltungen nicht geändert werden.

*

Schließlich muß man noch auf ein paar alte Tricks gestandener Radiobastler zurückgreifen. Wenn man schon weiß, daß bestimmte Frequenzen, in diesem Falle die hohen, bei der Übertragung leiden werden, ist es kein Fehler, sie anzuheben, bevor man sie auf die Leitung schickt. Statt "Klangregelnetzwerk" wie im Audio-Verstärker heißt das Teil jetzt "Equalizer". Es kann aber auch mehr. Man hat sich darauf verständigt, keine Anhebung bei der Sendung, sondern eine Anpassung beim Empfang vorzunehmen, indem man die tiefen Frequenzen beim Empfang zusätzlich abdämpft und dann das Ergebnis zusammen verstärkt. Allerdings muß dies in fünf Stufen bezogen auf die tatsächlich benutzte Leitungslänge geschehen, weil es sonst zu einer Überkompensation kommen kann. Das Nahnebensprechen muß man dann noch mit Filtern herausholen. Schließlich kann man noch den Basis-Signalpegel verstellen, weil es auch trotz Trellis-Codierung zu leichten Verschiebungen des Signalpegels kommen kann. Also: wir brauchen schon ein ordentliches Häuflein zukünftigen Elektronikschrott! In Bild 3 sehen wir das Prinzipschaltbild eines 1000 BASE-T-Transceivers. Die rechte Seite des Schaltbildes zeigt die Schaltung für das erste Leiterpaar, für die anderen Leiterpaare muß diese Schaltung jeweils nochmals ausgeführt werden, wobei die NEXT-Kompensatoren für die jeweils anderen Leiterpaare sind, also die Schaltung für Leitung 2 benötigt Kompensatoren für 1,3 und 4 usw. Die Schnittstelle nach oben ist die links aufgezeichnete Autonegotiation GMII-Einheit. Danach kommen die Daten in den Scrambler, an dessen Ausgang die Prüfsumme gebildet wird. Die Daten wandern dann Byteweise + Prüfsumme in den Trellis Codierer, der daraus die fünfwertigen Signale macht, die dann an die vier Schaltkreisgruppen für die Leitungsansteuerung/Signaldecodierung weitergegeben werden. Zunächst läuft das Signal durch ein paar Filter, um z.B. die gewünschte Anpassung an das 100 BASE-TX Phasenspektrum zu realisieren. Dann geht es über ein Kop-

pelement an den Übertrager und in die Leitung. Zwischendurch haben wir uns noch ein bißchen vom Signal für die Echo-Kompensation angezweigt. Das Empfangssignal kommt aus dem Übertrager ebenfalls im Koppelement an und wird dann auf einen A/D-Wandler geleitet. Die Bezeichnung ist mißverständlich, denn am Ausgang stehen nicht binäre, digitale, sondern fünfwertige Signale. Der Wandler wird durch einen Phase Look Loop Schaltkreis gesteuert, der dafür sorgt, daß die Empfangslogik dem ankommenden Takt entspricht und ggf. die Frequenz nachzieht. Ein solcher PLL-Schaltkreis ist in jedem Autoradio zu finden, er sorgt hier dafür, daß man immer ein klares Signal hat, obwohl man auf den Sender zu fährt, und somit die Frequenz der auf einen zukommenden Wellen erhöht, oder vom Sender wegfährt, und damit die im Empfänger ankommende Sendefrequenz senkt. Auch wenn sich ein 1000 BASE-T-Switch eher weniger bewegt, sorgt eine solche Schaltung für eine sehr gute Empfangsqualität durch Ausgleich von Synchronisationsschwankungen. Das Empfangssignal läuft dann in eine weitere Synchronisationsstufe und in den Equalizer, der die geschmähten Höhen anhebt. Danach ist das Signal reif für den Summenbildner, der die Summe aus dem Empfangssignal und dem von diesem abzuziehenden Elementen bildet, nämlich allen voran dem Signal aus dem Echo-Kompensator und den Elementen aus den Kompensatoren für die Nahnebensprechdämpfung von den anderen Kabelpaaren. Letztlich sind auch dies Echo-Kompensatoren, nur daß sie eben nicht das Echo der eigenen Sendung, sondern das der Sendungen auf den anderen Leitungspaaren kompensieren. So gereinigt, kann das Signal den Viterbi-Decoder anstreben, der die Signale aus allen vier Schaltkreisgruppen wieder vereinigt und daraus letztlich ein Digitalsignal herstellt. Der Viterbi-Decoder gibt der Tuningkontrolle Hinweise darüber, inwieweit er Probleme bei der Synchronisation der von den vier Leitungspaaren kommenden Signale hat. Diese wiederum kann den PLL mit dem Nachziehen beauftragen.

*

Woher nimmt IEEE 802.3ab bei dieser Komplexität den Optimismus hinsichtlich der Kabelsysteme? Es ist Zweckoptimismus. Man erwartet, daß EIA/TIA die fehlenden Spezifikationen nacharbeitet. Bis dahin müssen (wörtliches Zitat des Chaimans) "alle bestehenden Leitungen durch ein tragbares Testgerät nach TSB-67 (einer Prüfprozedur) vorqualifiziert werden."

*

Die 1000 BASE-T Signal-Verarbeitung muß im Transceiverdesign vor allem die Unterdrückung der Störeinflüsse aus den anderen drei Kabelpaaren beinhalten. Außerdem zeigt natürlich die Praxis, daß die Spezifika-

tionen beim Aufbau von Verkabelungssystemen nicht immer so genau eingehalten werden, ein allzu "knappes" Design hinsichtlich der SNR-Spanne ist nicht empfehlenswert. Die Kabelhersteller vermuten, daß nicht einmal 10% der bisher installierten Cat 5 Systeme wenigstens die festgelegten Grenzen einhalten. Strenggenommen unterstützen diese Systeme noch nicht einmal 100 BASE-TX.

*

Was macht man nun mit bestehenden Verkabelungen? Man muß sie, wie schon gesagt, daraufhin testen, ob die mittlerweile in einer Testvorschrift ANSI/TIA/EIA/TSB-95 festgelegten Parameter für ELFEXT, PSELEXT und Return Loss eingehalten werden. ISO 11801 arbeitet ebenfalls an erweiterten Spezifikationen.

*

Stellt sich bei den Messungen heraus, daß eine vorgegebene Strecke nicht die Spezifikationen erfüllt, liegt dies vornehmlich an den Steckern und Patchfeldern. Diese müssen, in der Richtung vom Technikraum bis zum Endgerät, systematisch ersetzt werden. Auch dann gibt es aber leider keine Garantie, daß es wirklich funktioniert, und der Autor ist der Meinung, daß diese von der GEA empfohlene Vorgehensweise unter die Kategorie "wüstes Gefummel" fällt. Allerdings sind bessere Kabelspezifikationen noch nicht völlig ausgereift und Systeme unterschiedlicher Hersteller, die sich Kategorie 6 nennen, sind nicht interoperabel.

*

Die Topologieregeln für 1000 BASE-T sind die gleichen wie für 100 BASE-TX. Cat 5 Link Längen sind durch den Standard auf 100 m beschränkt.

*

Die Frage der Sinnfälligkeit ist schnell beantwortet. Gigabit Ethernet ist die richtige Technik, um Ethernet und Fast-Ethernet-Switches an Server anzuschließen sowie für die Verbindungen zwischen Switches. Stehen diese Geräte wie so oft ohnehin nahe zusammen, spricht nichts gegen die Verwendung der Kupfertechnik mit qualitativ hochwertigen Kabeln. Es ergibt sich hier gegenüber dem bisher favorisierten SX-Glasfaseranschluß wegen der geringen Zahl von Verbindungen bei den Kabeln kein nennenswerter Kostenvorteil, allerdings ist wegen der allgemeinen Begeisterung für Gigabit Ethernet zu erwarten, daß für Kupfertransceiver interessante Stückzahlen erreicht werden, die letztlich deren Preis auf unter die Hälfte der SX-Variante bringen wird. Dadurch werden aber viele Anwender kombinierte 100/1000-BASE-T Adapter kaufen, auch wenn sie sie zunächst nur als Fast Ethernet betreiben. Damit wäre ein Analogon zum Geschäft mit 10/100-Varianten geschaffen.

Anzeige

Ausbildung zum CCNE

Nutzen Sie unsere Paketpreise!



Zwei 5-tägige Seminare und das 3-tägige Seminar zum Paketpreis von DM 9.150,-- oder EUR 4.678,32 (statt mind. DM 9.950,--) zzgl. MwSt.

Drei 5-tägige Seminare zum Paketpreis von DM 9.600,-- oder EUR 4.908,40 (statt mind. DM 10.500,--) zzgl. MwSt.

Drei 5-tägige Seminare und das 3-tägige Seminar zum Paketpreis von DM 11.900,-- oder EUR 6.084,37 (statt mind. DM 13.490,--) zzgl. MwSt.

Lokale Netze für Einsteiger

Einzelpreis: DM 3.500,-- (EUR 1.789,52) zzgl. MwSt.

- ▶ 26.04. - 30.04.99 Aachen
- ▶ 14.06. - 18.06.99 im Frankfurter Raum
- ▶ 21.06. - 25.06.99 Aachen
- ▶ 20.09. - 24.09.99 Aachen
- ▶ 25.10. - 29.10.99 Aachen
- ▶ 22.11. - 26.11.99 Köln
- ▶ 06.12. - 10.12.99 Aachen

Internetworking

Einzelpreis: DM 3.690,-- (EUR 1.886,67) zzgl. MwSt.

- ▶ 03.05. - 07.05.99 Aachen
- ▶ 21.06. - 25.06.99 Aachen
- ▶ 18.10. - 22.10.99 Aachen
- ▶ 13.12. - 17.12.99 Aachen

Neue Ethernet Technologien und Management

Einzelpreis: DM 3.500,-- (EUR 1.789,52) zzgl. MwSt.

- ▶ 07.06. - 11.06.99 Aachen
- ▶ 27.09. - 01.10.99 Aachen
- ▶ 29.11. - 03.12.99 Aachen

Betrieb von TCP/IP-Netzen

Einzelpreis: DM 2.990,-- (EUR 1.528,76) zzgl. MwSt.

- ▶ 21.06. - 23.06.99 München
- ▶ 22.11. - 24.11.99 Hamburg

ComConsult
Akademie 