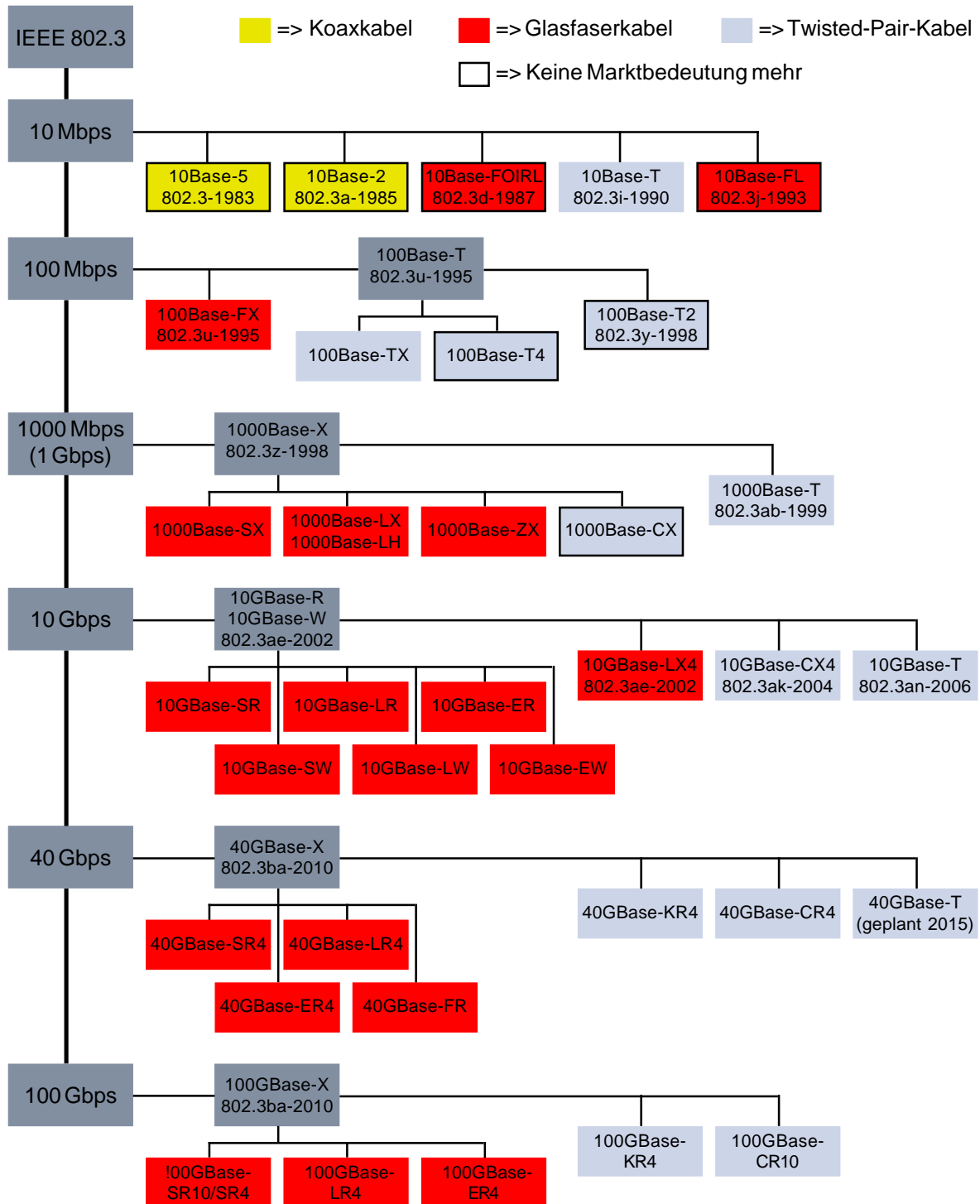


ETHERNET IEEE 802.3

Allgemeines

Der "Ethernet-Netzwerk-Standard" wurde von Firmen wie Digital, Intel und Xerox auf den Markt gebracht. In der Norm **IEEE 802.3** werden die meisten Rahmenbedingungen für diese Netzwerke vorgegeben. Untenstehend ein Überblick über die wichtigsten Normabschnitte, deren zeitliche Eingliederung und Anwendung. Einige Normen, die nie echte Marktpositionen erreicht haben, wurden weggelassen.



8-001 A

Allgemeines - Fortsetzung

10Base-5 und 10Base-2: Netzwerke mit Koaxkabel, 50 Ohm, Busstruktur. Diese Netzwerke haben praktisch keine Marktbedeutung mehr und es sind auch keine Komponenten mehr erhältlich. Über einen eigenen Konverter wäre noch eine Kopplung eines vorhandenen 10Base-2 Netzes mit einem 10Base-T Netz möglich.

10Base-T: Erstes Netzwerk mit Twisted-Pair Kabel, 100 Ohm, RJ45-Stecker, Sternstruktur. Die Datenübertragung erfolgt über 2 Paare des Kabels (also nur 4 Adern). Ihren Siegeszug über die vorherigen Koaxnetze trat die Twisted-Pair-Verkabelung ("Strukturierte Verkabelung") mit der "Erfindung" der weniger stör anfälligen "Category 5"-Verkabelung an. Die Basis des Netzwerks ist ein zentraler "Hub", von dem aus die Stichleitungen (max. 100 m) zu den einzelnen Datenstationen gehen. Mehrere Hubs können zusammengeschaltet werden um eine weitere Ausbreitung des Netzes zu ermöglichen. In der Praxis werden heutzutage nur mehr "Switches" eingesetzt, die aus der 100Base-TX Technologie kommen, aber "abwärtskompatibel" zu 10Base-T sind. 10Base-T ist heutzutage noch manchmal als ADSL-Anschluss im "SOHO"-Bereich in Verwendung.

10Base-FL: Erstes Netzwerk über Lichtwellenleiter, Sternstruktur, zumeist aber nur als Point-zu-Point Verbindung eingesetzt. Die maximalen Übertragungslängen sind 2 km mit Multimode-Kabeln (Wellenlänge 850 nm) und 10 km mit Singlemode-Kabeln (Wellenlänge 1310 nm). Es werden 2 Fasern für eine Datenübertragung benötigt. In der Praxis hat 10Base-FL keine Bedeutung mehr.

100Base-TX: Derzeit das noch am häufigsten verwendete Netzwerk mit Twisted-Pair Kabel, 100 Ohm, RJ45-Stecker, Sternstruktur. Die Datenübertragung erfolgt über 2 Paare des Kabels (also nur 4 Adern). Die Basis des Netzwerks ist ein zentraler "Switch", von dem aus die Stichleitungen (max. 100 m) zu den einzelnen Datenstationen gehen. Mehrere Switches können über einen "Backbone" zusammengeschaltet werden. Die meisten 100Base-TX Komponenten sind abwärtskompatibel auf 10Base-T. Der Verkabelungsstandard ist "Category 5", was in der Praxis bereits durch "Cat.5e" abgelöst wurde. Die "full duplex" Datenübertragung wurde zum Standard (IEEE 802.3x).

100Base-FX: Dies ist analog zu 100Base-TX die Verkabelung über Lichtwellenleiter. Es gelten auch die gleichen Verkabelungsregeln, nur sind wesentlich längere Übertragungswege möglich. Mit Multimode-Kabel werden Längen bis 2 km erreicht, mit Singlemode-Kabel Längen bis 60 km. Sowohl bei Multimode als auch bei Singlemode wird das optische Fenster von 1310 nm genutzt. Sonderformen sind die Übertragung Singlemode bis 80 km bzw. 100 km, wo besonders starke Laser mit einer Wellenlänge von 1550 nm verwendet werden. Es werden 2 Fasern für eine Datenübertragung benötigt. Erst später hat sich die "WDM" (Wave Division Multiplexing)-Technologie entwickelt, die auch eine Übertragung über nur eine Singlemode-Faser ermöglicht. Das Sende- und Empfangssignal wird hierbei auf 2 Wellenlängen aufgeteilt, nämlich 1310 nm und 1550 nm.

1000Base-T: Dies ist das derzeit am meisten verwendete Netzwerk für Neuinstallationen mit Gigabit-Datenübertragung. Es wird ein Twisted-Pair Kabel mit 100 Ohm sowie der bekannte RJ45-Stecker verwendet. Die entsprechende Verkabelungsnorm ist "Category 5e". Gegenüber den früheren Netzen erfolgt die Datenübertragung über 4 Paare (also 8 Adern). Früher übliche "Split-Verkabelungen" (also 2 RJ45-Anschlüsse über nur ein Cat.5 Kabel) können daher bei der Gigabit-Datenübertragung nicht mehr eingesetzt werden. Die Sternstruktur des Netzes wird wieder über zentrale Switches verwirklicht, von dem aus die Stichleitungen (max. 100 m) zu den einzelnen Datenstationen gehen. Es kann ebenfalls ein "Backbone" gebildet werden. Die meisten 1000Base-T Geräte sind abwärtskompatibel zu 100Base-TX und 10Base-T. So können auch leicht Endgeräte mit einem "niedrigeren" Standard angeschlossen werden. 1000Base-T verwendet eine fünfstufige Pulsamplitudenmodulation (PAM5). Durch die gegenseitige Beeinflussung (Nebensprechen) ist ein aufwendiges Fehlerkompensationsverfahren in den Endkomponenten notwendig.

1000Base-SX: Gigabit-Datenübertragung über Lichtwellenleiter, Multimode, mit Wellenlänge 850 nm. Es werden 2 Fasern für die Datenübertragung benötigt. Gegenüber früheren Standards ist die maximale Reichweite bereits eingeschränkt und auch von der Art der Faser abhängig. Mit einer OM2-Faser (50/125) können Distanzen bis 550 m überbrückt werden, mit Faser 62.5/125 (OM1) hingegen nur max. 275 m. Die verbesserten Multimodefasern OM3 und OM4 (beide Faser 50/125) erlauben Distanzen bis zu 900 m bzw. 1 km.

Allgemeines - Fortsetzung

1000Base-LX: Gigabit-Datenübertragung über Lichtwellenleiter mit Wellenlänge 1310 nm. Es werden 2 Fasern für die Datenübertragung benötigt. 1000Base-LX kann sowohl mit Multimode-Kabeln als auch mit Singlemode-Kabeln eingesetzt werden. Die Reichweiten sind allerdings höchst unterschiedlich, nämlich 220 m mit Multimode-Faser 62.5/125, 550 m mit Multimode-Faser 50/125 und 5 km mit Singlemode-Faser. Mittels eines technischen Tricks lassen sich aber auch unter Multimode Reichweiten bis 2 km erreichen. Es wird hierbei ein MCP-Kabel (Mode Conditioning Patchcord) verwendet. Dies ist ein Multimode-Patchkabel, bei dem auf einer Seite auf nur einer Faser eine Singlemode-Faser mit Singlemode-Stecker aufgespleißt ist. Diese Faser wird jeweils auf den Sendeport der Geräte gesteckt. Ein MCP-Kabel muss dabei natürlich auf beiden Seiten der Verkabelungsstrecke eingesetzt werden, da ja jedes Gerät sowohl einen Sendeport (TX) als auch einen Empfangsport (RX) hat.

1000Base-LH: Dies ist eine erweiterte Form von 1000Base-LX, ebenfalls mit Wellenlänge 1310 nm. Die Reichweite beträgt 10 km mit Singlemode-Faser. Ansonsten gilt das Gleiche, wie bereits unter 1000Base-LX beschrieben. Auch bei 1000Base-LH werden 2 Fasern für die Datenübertragung benötigt. Es gibt aber auch hier "WDM"-Geräte (siehe auch 100Base-FX), die eine Übertragung auf nur einer Singlemodefaser ermöglichen, ebenfalls unter Nutzung des zweiten optischen Fensters von 1550 nm. 1000Base-LH wird auch oft als 1000Base-LX/LH angeführt, bei manchen Gerätebeschreibungen sogar nur als 1000Base-LX mit Reichweite 10 km.

1000Base-ZX: Gigabit-Datenübertragung über Lichtwellenleiter, Singlemode, mit Wellenlänge 1550 nm. Die maximale Verkabelungslänge ist 50 km. Mit besonderen Geräten mancher Hersteller und mit einer dispersionskompensierten Faser (DSF-Faser) sind auch Längen bis 70 km und 100 km möglich. 1000Base-ZX benutzt ebenso wie alle anderen Gigabit-Varianten die 8B/10B-Kodierung.

10GBase-SR: 10 Gigabit Datenübertragung über Lichtwelle, Multimode, bei einer Wellenlänge von 850 nm und einer 64B/66B-Kodierung. Es werden 2 Fasern für die Datenübertragung benötigt. Die maximale Reichweite beträgt nur 33 m bei einer 62.5/125-Faser und 82 m bei einer standard 50/125-Faser (OM2). Mittels der neu entwickelten 50/125 OM3-Faser lassen sich Reichweiten bis 300 m erzielen, bei einer OM4-Faser sogar bis 550 m.

10GBase-SW: Prinzipiell wie 10GBase-SR, verwendet aber in der Kodierung eine Anpassung an das SDH/SONET-WAN-Frameformat. So verringert sich die erzielbare Datenrate auf 9,88 Gbps. Die Reichweiten sind analog zu 10GBase-SR.

10GBase-LR: 10 Gigabit Datenübertragung über Lichtwelle, Singlemode, bei einer Wellenlänge von 1310 nm und einer 64B/66B-Kodierung. Es werden 2 Fasern für die Datenübertragung benötigt. Die maximale Reichweite beträgt 10 km.

10GBase-LW: Prinzipiell wie 10GBase-LR, verwendet aber in der Kodierung eine Anpassung an das SDH/SONET-WAN-Frameformat. So verringert sich die erzielbare Datenrate auf 9,88 Gbps. Die maximale Reichweite beträgt 10 km.

10GBase-ER: 10 Gigabit Datenübertragung über Lichtwelle, Singlemode, bei einer Wellenlänge von 1550 nm und einer 64B/66B-Kodierung. Es werden 2 Fasern für die Datenübertragung benötigt. Die maximale Reichweite beträgt 40 km.

10GBase-EW: Prinzipiell wie 10GBase-ER, verwendet aber in der Kodierung eine Anpassung an das SDH/SONET-WAN-Frameformat. So verringert sich die erzielbare Datenrate auf 9,88 Gbps. Die maximale Reichweite beträgt 40 km.

10GBase-LX4: 10 Gigabit Datenübertragung über Lichtwelle, Multimode, bei einer Wellenlänge von 1310 nm und einer 8B/10B-Kodierung. Es werden 4 Fasern für eine Datenübertragung benötigt. Es wird auch ein Wellenlängenmultiplexverfahren (WWDM-Modus) angewendet. Die maximale Reichweite beträgt 300 m mit Multimodefaser.

10GBase-EX: 10 Gigabit Datenübertragung über Lichtwelle, Singlemode, bei einer Wellenlänge von 1550 nm und einer 8B/10B-Kodierung. Es werden 4 Fasern für eine Datenübertragung benötigt. Es wird auch ein Wellenlängenmultiplexverfahren (WWDM-Modus) angewendet. Die maximale Reichweite beträgt 50 km. 10GBase-EX ist kein offizieller Standard, wird aber von einigen Herstellern aktiver Komponenten wie beschrieben angeboten.

Allgemeines - Fortsetzung

10GBase-CX4: 10 Gigabit Datenübertragung über spezielle Kupferkabel (doppelt twinaxiales IB4X-Kabel). "Twinax" hat hierbei nichts mit dem aus der IBM-Welt bekannten Koaxkabel zu tun, sondern ist ein speziell geschirmtes 8-paariges Kupferkabel, das auch bei "Infiniband" benutzt wird. Das 10 Gigabit Attachment Unit Interface (XAUI) teilt den Datenstrom für die Übertragung auf vier Transmitter und Receiver auf. Jedes dieser Paare arbeitet mit einer Datenrate von 3,125 Gbit/s pro Kanal und einer 8B/10B-Codierung. Als Steckverbinder wird ein spezieller Champ-Stecker mit Metallhaube verwendet. Die Reichweite beträgt max. 15 m. Anwendung findet 10GBase-CX4 bei speziellen Switch-zu-Switch oder Server-Cluster Verbindungen.

10GBase-T: Diese 10 Gigabit Datenübertragung über Kupferkabel wurde im Sommer 2006 normiert. Es wird wieder ein 4-paariges Kabel verwendet (Datenübertragung auf allen 4 Paaren) und die Segmentlänge beträgt wieder 100 m. Zur Erfüllung dieser Norm musste der neue Kabelstandard "Category 6a" geschaffen werden. Das "a" steht hierbei für "augmented" (= vergrößert, gesteigert). Mit bisherigen Cat.6 Kabeln und Komponenten ist eine 10 Gigabit Übertragung nicht möglich.

10GBase-LRM: Ein erst im September 2006 ratifizierter Standard (IEEE 802.3aq), der eine 10 Gigabit Übertragung auf Lichtwellenleiterkabel, Multimode, Faser 62.5/125 bis 220 m ermöglicht.

40GBase-X und 100GBase-X: Die Norm IEEE 802.3ba wurde im Juni 2010 ratifiziert und beschreibt die Datenübertragung bis 40 Gigabit sowie 100 Gigabit. Die einzelnen Untergruppen sind hierbei wie folgt definiert:

- **40GBase-SR4:** Datenübertragung über Lichtwelle mit 4 Fasernpaaren eines Multimodekabels (mit Wellenlänge 850 nm, OM3 bis 100 m, OM4 bis 125 m).
- **40GBase-LR4:** Datenübertragung über Lichtwelle mit 1 Fasernpaar eines Singlemodekabels (mit Wellenlängen um 1300 nm unter Anwendung der WDM-Technologie, OS2 bis 10 km).
- **40GBase-ER4:** Datenübertragung über Lichtwelle mit 1 Fasernpaar eines Singlemodekabels (mit Wellenlängen um 1300 nm unter Anwendung der WDM-Technologie, OS2 bis 40 km).
- **40GBase-FR:** Datenübertragung über Lichtwelle mit 1 Fasernpaar eines Singlemodekabels (mit Wellenlänge 1310 nm oder 1550 nm, OS2 bis 2 km).
- **40GBase-KR4:** Datenübertragung über Kupfer für kurze Strecken im Backplanebereich (mit 4 Leitungspaaren, bis 1.0 m).
- **40GBase-CR4:** Datenübertragung über Kupfer für Switch-zu-Switch oder Server-Cluster Verbindungen (mit speziellem twinaxial Kabel, bis 10.0 Meter - QSFP-Kabel, 4 x 10 Gbps).
- **40GBase-T:** Datenübertragung über Kupfer unter Verwendung eines 4-paarigen Twisted-Pair Kabels, vermutlich Category 7_A. An dieser Norm arbeitet derzeit eine IEEE-Arbeitsgruppe, die Ende 2014/Anfang 2015 zum Abschluß kommen soll.
- **100GBase-SR10/SR4:** Datenübertragung über Lichtwelle Multimode mit Wellenlänge 850 nm. SR10 verwendet 10 Fasernpaare zu je 10 Gbps, SR4 hingegen 4 Fasernpaare zu je 25 Gbps. Reichweite 100 m mit OM3/OM4 Kabel.
- **100GBase-LR4:** Datenübertragung über Lichtwelle mit 1 Fasernpaar eines Singlemodekabels (mit Wellenlängen um 1300 nm unter Anwendung der WDM-Technologie, OS2 bis 10 km).
- **100GBase-ER4:** Datenübertragung über Lichtwelle mit 1 Fasernpaar eines Singlemodekabels (mit Wellenlängen um 1300 nm unter Anwendung der WDM-Technologie, OS2 bis 40 km).
- **100GBase-KR4:** Datenübertragung über Kupfer für kurze Strecken im Backplanebereich (mit 4 Leitungspaaren, bis 1.0 m).
- **100GBase-CR10:** Datenübertragung über Kupfer für Switch-zu-Switch oder Server-Cluster Verbindungen (mit speziellem twinaxial Kabel, bis 7.0 Meter - 10 x 10 Gbps).

In der IEEE 802.3 wurden aber auch wichtige Elemente für die Datenübertragung, wie sie heutzutage Standard sind, genormt. Erwähnt sei hierzu die **IEEE 802.3x (1997)** für die "full duplex" Datenübertragung, die **IEEE 802.3ac (1998)**, welche durch eine Erweiterung der "frame size" (Paketgröße) erst "tagged VLAN" und "QoS" (Quality of Service) zulässt, sowie die **IEEE 802.3ad (2000)**, die wiederum die Erweiterung der Bandbreite bei Switch-zu-Switch Verbindungen durch "link aggregation" (port trunking) ermöglicht. Für mehr Informationen zu diesen Normen siehe unseren Katalog Nr. 8.2 - "Aktive Netzwerkkomponenten" ab Seite 8-450 A.