

Ethernet-Schnellzug

Mit Standards für 40 und 100 Gbit/s kommt Ethernet in Fahrt

Wolfgang Schulte

Für Netzmanager ist es eine gute Nachricht: Das IEEE arbeitet mit Volldampf an der Entwicklung von Ethernet-Standards für 40 Gbit/s und 100 Gbit/s.

Die schlechte Nachricht ist, dass der Standard nach Plan wohl erst im Juni 2010 verabschiedet werden wird.

Mit der Bereitstellung des LAN-Standards IEEE 802.3ba CSMA/CD für die neuen Datenübertragungsraten 40 Gbit/s und 100Gbit/s wird im LAN eine neue Generation von Geräten Einzug halten. Die hohen Bandbreiten werden in Servern und Switchen im Backbone eine entscheidende Rolle spielen.

Kein Chiphersteller oder Geräteanbieter wird die Übernahme dieses neuen Standards für seine Produkte verpassen.

Im Dezember 2007 erteilte die Standardisierungsorganisation IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) der IEEE 802.3 Higher Speed Study Group (HSSG) – jetzt IEEE P802.3ba 40 Gb/s and 100 Gb/s Task Force – den Auftrag zur Entwicklung eines neuen Standards (Project Authorization Request – PAR). Der Auftrag beinhaltete die Entwicklung der notwendigen MAC-Parameter (Media Access Control) und Physical-Layer-Spezifikationen einschließlich der Management-Parameter für die Übertragung des IEEE-802.3-Frame-Formats für die Datenraten 40 und 100 Gbit/s. Die neue Entwicklung wird als Erweiterung (Amendment) zum bestehenden IEEE-802.3-Standard herausgegeben werden.

Investitionsschutz inklusive

Zum Schutz bestehender Investitionen wurde die Erhaltung der maximalen Kompatibilität mit den bestehenden IEEE-802.3-Schnittstellen, bei deutlicher Erhöhung der Bandbreite, besonders herausgestellt. Diese Ziele wurden im März 2008 angenommen. Ein erster Entwurf D1.0 stand im September 2008 zur Verfügung.

Im März dieses Jahres wurde von der IEEE der zweite Entwurf IEEE P802.3ba D2.0 von der Arbeitsgruppe angenommen und zur weiteren Kommentierung freigegeben. Die Überarbeitung des zweiten Entwurfs der Arbeitsgruppe und die Einarbeitung eingehender Kommentare sollen bis zum November abgeschlossen sein.

Der endgültige Standard ist für Juni 2010 vorgesehen.

Die detaillierten Anforderungen für den neuen Standard sind:

- Unterstützung des Vollduplexbetriebs;
- Beibehaltung der beiden bestehenden Frame-Formate CSMA/CD und Ethernet V 2.0;

- volle Unterstützung für die bestehenden Standards IEEE 802.1D (Spanning Tree) und IEEE 802.1Q (Virtual LAN);
- Übernahme der bisherigen minimalen (64 byte) und maximalen (1.518 byte) Framelänge und
- eine Bitfehlerrate (BER) von besser als 10^{-12} .

Die Nomenklatur für den Standard erläutert die Bezeichnungen für die einzelnen Schnittstellen (siehe *Tabelle*). Das numerische Präfix gibt die Übertragungsgeschwindigkeit (40 oder 100) an, G steht für Gbit/s. Mit dem Buchstaben R wird der Schnittstellentyp bezeichnet, der bei den zwei Gruppen des Standards verwendet wird (40GBase-R und 100GBase-R), die über mehrere parallele Leitungen (Lanes) mit der 64B/66B-Blockcodierung Daten übertragen.

Der Buchstabe C (40GBase-CR4 und 100GBase-CR10) beschreibt die Übertragung über Kupferkabel (Copper).

Mit dem K in 40GBase-KR4 wird der Einsatz für Backplanes beschrieben. Mit den Buchstaben S, L und E z.B. in den Bezeichnungen 100GBase-LR4 oder 100GBase-SR10 oder 100GBase-ER4 wird der Einsatz von Lichtwellenleiter (LWL) angegeben; mit S wird Multimode Fiber (MMF), mit L Singlemode Fiber (SMF) für 10 km und mit E SMF für 40 km Entfernung bezeichnet. Der numerische Suffix (4 oder 10) gibt die Anzahl der elektrischen oder optischen Pfade an.

Die neuen Schnittstellen

Für den neuen IEEE-802.3ba-Standard wurden die Schnittstellen sowohl für Multi- als auch Singlemode-Lichtwellenleiter, Kupferleitungen und für den Backplane-Einsatz definiert.

Mit 40GBase-R und 100GBase-R werden Familien von Physical-Layer-Einheiten von 40 Gbit/s bezeichnet, die eine 64B/66B-Codierung benutzen.

Mit der 64B/66B-Codierung werden 64-bit-Daten in 66-bit-Line-Code umgesetzt. Der Line Code enthält dann sowohl Data- als auch Control-Charakter.

Medium	100 Gbit/s	Mode/Länge	40 Gbit/s	Mode/Länge
Short Fiber	100GBase-SR10	MMF: 100 m	40GBase-SR4	MMF: 100 m
Long Fiber	100GBase-LR4	SMF: 10 km	40GBase-LR4	SMF: 10 km
Extra Long Fiber	100GBase-ER4	SMF: 40 km		
Copper	100GBase-CR10	10 m	100GBase-CR4	10 m
Backplane			40GBase-KR4	1 m

Tabelle: Beschreibung der spezifizierten Schnittstellen von IEEE 802.3ba

Die Kennzeichnung 40GBase-KR beschreibt den Physical Layer über vier parallele Leitungen (Lanes) auf der Backplane für die Entfernung von 1m. **Kupferkabel**

- 40GBase-CR4 definiert vier Paar Twinax-Kupferkabel – zwei Koaxialleitungen in einer gemeinsamen Isolationsummantelung für eine Entfernung von 10 m.
- 100GBase-CR10 bezeichnet einen Physical Layer über 10 Paar mit Balanced-Shielded-Kupferkabel.

Multimode LWL

- Mit 40 GBase-SR4 wird ein Kabel mit Multimode-LWL für Short Reach, d.h. für 100 m (möglich wären bis zu 300 m), bezeichnet.
- 100GBase-SR10 für 10 Paar Multimode-LWL für Short Reach.

Singlemode LWL

- Der Physical Layer 40GBase-LR4 wird für die Übertragung von vier WDM-Pfaden über zwei Singlemode Fiber Long Reach, d.h. für 10 km, spezifiziert.
- 100GBase-LR4 für vier WDM-Pfade für Singlemode LWL mit Long Reach.
- Physical Layer für vier WDM-Pfade für Singlemode Fiber ist in 100GBase-ER4 für Extended Reach, d.h. für 40 km, definiert.

Architektur

Die oberste Teilschicht des Data Link Layer – Logical Link Control (LLC) – bleibt auch in der Erweiterung des Standards IEEE-802.3ba unverändert. Das Bild zeigt die Konzeption des LAN-Schichtenmodells für den erweiterten Standard IEEE 802.3 in Bezug zum OSI-Referenzmodell.

In der MAC-Schicht werden für die neuen Übertragungsgeschwindigkeiten einige Parameter neu festgelegt, andere Parameter werden nicht mehr berücksichtigt.

Die Slot Time, bei 100 Mbit/s noch mit 512 Bit Times angegeben, entfällt bei 40 und 100 Gbit/s. Das Interframe Space bleibt bei 96 bit. Die maximale und minimale Framegröße von 64 byte bzw. 1.518 byte bleibt unverändert.

Der Reconciliation Sublayer (RS) und das Media Independent Interface (MII) bilden bei den schnellen Ethernet-Varianten den Abschluss des Physical Layer und übernehmen den Zugang zum MAC Layer, der untersten Teilschicht im Data Link Layer. Die Schnittstellen XLGMII und CGMII sind beide 64 bit breit. Der RS übernimmt hierbei die logische Schnittstelle zwischen MAC-Schicht und MII und wandelt die MAC/PLS-Primitive (Control-Wörter) in MII-Signale um. Die bitserielle Übertragung vom MAC wird von RS und dem Physical Coding Sublayer (PCS) in die parallele serielle Übertragung des Physical Layer umgewandelt. PCS wandelt den 66-bit-Block aus der 64B/66B-Codierung in 8 Oktett um.

Ein Parallel Physical Interface (PPI) wird optional sowohl für 40 Gbit/s als auch für 100 Gbit/s für den PMD-Service angegeben. Diese Schnittstelle ist im Bild nicht ausgewiesen. Mit der Schnittstelle XLAUI wird das PMA Service Interface für die 40-Gbit/s-Verbindung zwischen PMAs er-

weitert. Diese Schnittstelle verbindet von Chip zu Chip oder von Chip zu Modulen. Das PMA Service Interface CAUI (Attachment Unit Interface) ist für die 100-Gbit/s-Schnittstelle spezifiziert. Diese Schnittstelle ist optional, ebenso die Teilschicht für die Forward Error Correction (FEC). Für die 100-Gbit/s-Anbindung wird das optionale CGMII (Media Independent Interface) definiert. Hiermit wird MAC zu PHY verbunden. Die logischen Schnittstellen XLGMII und CGMII sind optional.

Die Teilschicht Physical Medium Attachment (PMA) ist für beide Bandbreiten gleich. Die PMA ermöglicht der PCS, sich in einer Media-unabhängigen Weise mit den definierten Schnittstellen zu verbinden. Mit der PMA werden die Signale von PCS in eine entsprechende Verbindung übertragen, und es werden entsprechende Test- und Clocksignale und ein Loopback erzeugt.

Die Teilschicht Physical Medium Dependent (PMD) adaptiert den Physi-

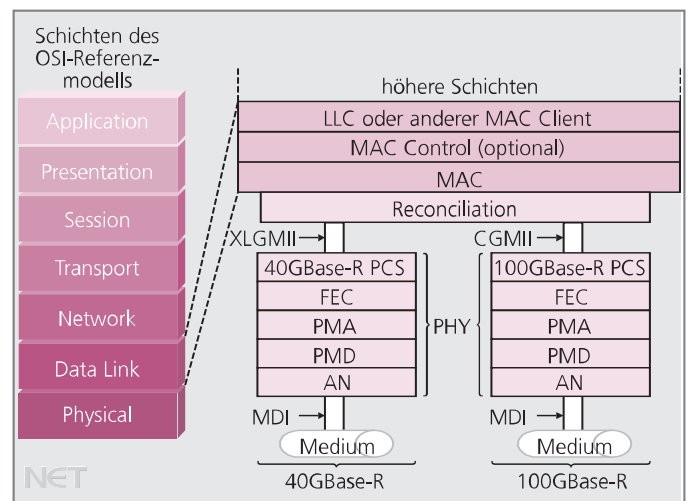


Bild: Das Schichtenmodell für den Standard IEEE 802.3ba

cal-Layer-Anschluss an die Medien. Zur Übertragung über die Glasfaser verwenden 40GBase-SR4 und 100GBase-SR10 das übliche „optische Fenster“ bei 805 nm. Die Kupferkabel nutzen einen Spezialstecker für 4 x 10 Gbit/s Vollduplex. Bei der 100GBase-ER4 kommen 10 x 10 Gbit/s zur Anwendung.

Die Schnittstelle XLGMII ist ein Media Independent Interface mit 40 Gbit/s und verbindet die MAC-Teilschicht zum Physical Layer.

Fortsetzung auf Seite 34

Fortsetzung von Seite 31

Mit der Auto-Negotiation (AN) werden beim Einschalten der Stationen die Geschwindigkeiten im Netz – z.B. mit anderen Geräten wie Routern, Switchen oder anderen Stationen – ausgehandelt. Das Medium Dependent Interface (MDI) schließt die Stationen an das Medium (LWL oder Kupferkabel) an. Hier sind u.a. auch die mechanischen, elektrischen und LWL-Eigenschaften zur Anpassung an das Medium beschrieben.

Marktpotenzial

Eine Vielzahl von Nutzern wird die neuen Möglichkeiten schnell voll ausschöpfen, und eine große Zahl bestehender und neuer Anwendungen wird von den höheren Bandbreiten profitieren. Nicht nur die Gerätehersteller, sondern auch Chip- und Kartenhersteller sind aktiv an der Entwicklung des Standards beteiligt. Bei den Endgeräten stehen zur Nutzung der enormen Bandbreiten Hochleistungsserver, eng gekoppelte Rechner (Grid Computing), leistungsstarke Blade-Controller/Server und Storage Area Networks (SAN) an vorderster

Stelle. Software-Schwerpunkte sind Streaming-Daten u.a. bei Echtzeitanwendungen wie IPTV mit HDTV und Netzspiele.

Einsatzort der Nutzung dieser hohen Bandbreiten wird weniger das Zugangsnetz (Access Network) sein als vielmehr das Verteil- (Distribution) und vor allem das Zentralnetz (Core Network).

Ausblick

Die LAN-Welt wird sich mit der Bereitstellung der hohen Bandbreiten zunächst nicht wesentlich ändern. Aber viele neue Geräte werden in den Markt kommen und neue Anwendungen sich die hohe Geschwindigkeit zunutze machen – Echtzeitanwendungen, IPTV mit HDTV, Simulationen, Video on Demand und Netzspiele etwa.

Neue Geräte bzw. Adapter für den neuen Standard IEEE 802.3ba werden allerdings nicht vor 2010 zu erwarten sein.

Neue Stecker, die nicht mehr mit RJ45 zusammenpassen, trüben auch etwas die Freude. Das IEEE hat derzeit keine konkreten Pläne für ein 4-Paar-Kabel

für die 40-Gbit/s- oder 100-Gbit/s-Übertragung.

Robert Metcalf, einer der Hauptentwickler des Ethernet von Xerox, sieht eine sehr gute Zukunft der Ethernet-technik in den folgenden fünf Ausrichtungen.

- Up: Die Entwicklung der Bandbreite für Ethernet wird sich von anfänglich unter 3 Mbit/s über 40 Gbit/s bis zu 100 Gbit/s weiterentwickeln.
- Through: Die Technik von Wählnetzen und TDM-Verfahren (Time Division Multiplex) wie bei Sonet wird durch die Ethernet-Technik abgelöst.
- Over: Die ideengebende Technik des Aloah-Netzes für das Ethernet findet seine Fortsetzung mit den WLANs und Wimax-Technologien.
- Down: Ethernet-Technik verbreitet sich derzeit auch in den sogenannten Subpersonal-Anwendungen wie Embedded Controller z.B. im Automobilbau oder in anderen Steuerungen.
- Across: Mit der neuen Technik für Carrier-Ethernet- bzw. Metro-Ethernet-Netze wird es einen Brückenschlag vom LAN zum MAN bzw. WAN geben. (we)