

Serie Industrial Ethernet: Die Revolution in der Kommunikationstechnik?



Seit einigen Jahren ist Ethernet auch in der Fertigungsautomatisierung in aller Munde. Es hat einige Zeit gedauert, aber mittlerweile ist die Technologie von mehreren namhaften Herstellern in Serie verfügbar und hat begonnen, ältere Bussysteme abzulösen. Grund genug für x-technik, das Thema in Form einer Artikelserie eingehender zu betrachten. Teil 1 zeigt den geschichtlichen Hintergrund der Netzwerktechnologien und geht auf Ethernet als generelles System ein, Teil 2 zeigt den hürdenreichen Weg von Ethernet in maschinenbauliche Anwendungen, und Teil 3 stellt die industriellen Ethernet-Varianten der unterschiedlichen Anbieter gegenüber. Diese werden in einem Round-Table Diskussionsforum Gelegenheit erhalten, die zugrunde liegenden Philosophien im Gespräch darzustellen.

Teil 1 : Netzwerke entstehen

Relativ früh nach dem Aufkommen von programmierbarer Elektronik – also von Prozessoren und Computern – wurde klar, dass auch noch so leistungsfähige Rechner mit zunehmenden Ein- und Ausgabefunktionen überfordert sein würden. „Intelligente“ Peripheriegeräte und im Endeffekt die Vernetzung autonom funktionierender Geräte auch gleicher „Intelligenz“ wurden zur Notwendigkeit.

Urform Bussystem

Zunächst einmal zur Bezeichnung: Bus kommt – wie beim Verkehrsmittel – vom lateinischen „omnibus“. Zu Deutsch: „für alle“. Ursprünglich bezeichnete man als Bus lediglich die Adress- und Datenleitungen innerhalb eines Computers, auf denen der Datenverkehr zwischen dem Speicher, den Peripheriebausteinen und dem Prozessor – von diesem gesteuert – verkehren.

Externe Geräte wurden bei frühen Computersystemen mit je einer eigenen Leitung pro Gerät angeschlossen, wie heute noch der Monitor, die Tastatur oder der Drucker. Mit der steigenden Zahl anzuschließender Peripheriegeräte wurde der Verkabelungsaufwand unerträglich groß, weshalb adressierbare Schnittstellen entwickelt wurden. Ziel war, mehrere Geräte auf einer Leitung aufzufädeln, um den Kabelsalat zu reduzieren.

Seriell oder Parallel?

Eine solche ist die heute noch vielfach verwendete serielle Schnittstelle RS-485. Dabei handelt es sich um eine adressierbare Variante der differentiell getriebenen RS-422. Auf einer Zweidrahtleitung können bei einer maximalen Länge von 1.200 m 32 Teilnehmer mit voller Last oder bis zu 256 Teilnehmer mit Teillast angeschlossen werden. Obwohl für die einfache Befehlsweitergabe an verschiedene Teilnehmer bestens geeignet, reicht das im Half-duplex Verfahren betriebene

serielle Bussystem zur bidirektionalen Übertragung größerer Datenmengen nicht aus.

Daher entstanden in den Siebziger Jahren, in erster Linie wegen steigender Anforderungen aus der Messtechnik, mehrere parallele Bussysteme verschiedener Hersteller. Das am meisten verbreitete davon ist der IEC-625 Bus. Der früher unter IEEE488 oder GPIB bekannte externe parallele Datenbus wurde vorrangig zur Verbindung von Messgeräten und Peripheriegeräten wie Plottern und Druckern mit einem Computer eingesetzt. Bei einer maximalen Datenrate von 1 Mbyte/sek. können bis zu 15 Geräte angeschlossen werden.

Allen Bussystemen gemeinsam ist, dass ein führendes Gerät (der „Master“) den anderen direkt adressiert. Meldungen schickt und Antwortfenster zuweist. Ebenfalls charakteristisch für Bussysteme ist die direkte Abhängigkeit von einer bestimmten Leitungstopologie.



Netzwerke sind anders

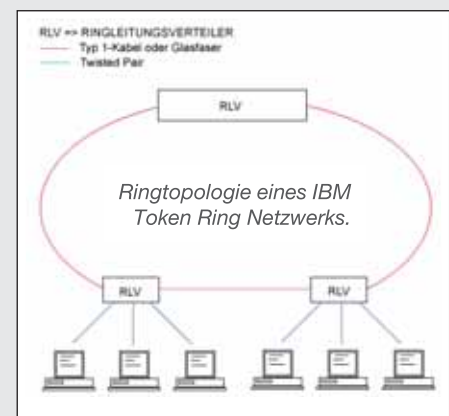
Im Gegensatz zu einem Bussystem geht ein Netzwerk davon aus, dass seine Teilnehmer keine passiven Komponenten oder Geräte sind, sondern aktive, zumindest was den Kommunikationsteil betrifft, vollwertige Computer, die selbstständig und bei Bedarf Nachrichten an alle oder an bestimmte andere Netzwerkteilnehmer absetzen können.

Ursprünglich waren auch (Computer) Netzwerke an Leitungstypen und -geometrien gebunden, wie eine Bestandsaufnahme der Netzwerktopologien Mitte der Achtziger Jahre zeigt:

IBM Token Ring

IBM forcierte den ursprünglich von der Firma Procom entwickelten Token Ring. Bei dieser kollisionsfreien Netzwerkarchitektur sind die Teilnehmer an einer Ringleitung aufgefädelt, teilweise zu mehreren an einem mäßig in-

↳ Fortsetzung Seite 44



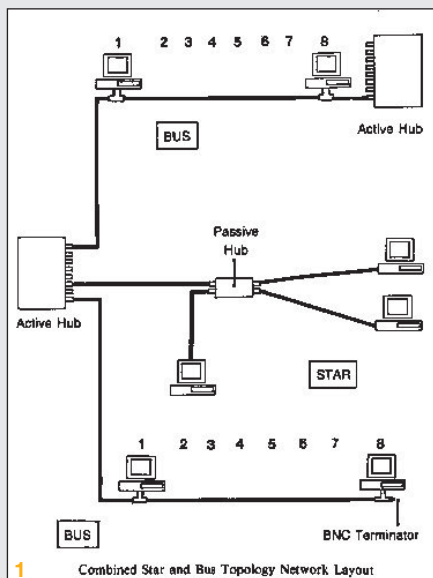
Serie Industrial Ethernet: Die Revolution in der Kommunikationstechnik?

telligenten Sternverteiler. Mit immer gleicher Geschwindigkeit reisen sogenannte Tokens wie Waggons eines Zuges im Kreis. Sie werden aktiv von einer Station zur nächsten weiter geleitet. Hat eine Station Daten zu versendet, wartet sie auf einen als „frei“ markierten Token, „belädt“ diesen mit Daten und Adressinformation und reicht ihn mit einer „besetzt“ Markierung weiter.

Der Vorteil: Trotz der niedrigeren Geschwindigkeit von 4 Mbit/s gelangen hohe Übertragungsraten. Das System ist deterministisch und eignet sich wegen seiner Starrheit für Echtzeit-Anwendungen. Der Nachteil: Fällt einer der Teilnehmer aus, wird der Token nicht mehr weitergeleitet, das Netzwerk steht.

ARCnet

Ebenfalls auf dem Prinzip des Token Passing beruht das 1976 von der Firma Datapoint erfundene ARCnet (Attached



Resources Computer Network). Ursprünglich war ARCnet an eine sternförmige Verkabelung mit einfachen RG-62 Koaxialkabeln gebunden, die sich jedoch durch Kaskadierung der Hubs (Sternverteiler) zu komplexen Leitungsnetzen ausbauen ließ. Als Mitte der Achtziger Jahre eine Bus-Variante hinzukam, konnten durch Kombination beliebige Netze realisiert werden. Die möglichen Abstände zwischen Netzwerkknoten sind um den Faktor 2,5 bis 4 höher als bei 10Base2, das etwa von Thin Ethernet verwendet wurde. Wie bei Token Ring wird ein Token in einer festgelegten Reihenfolge weitergereicht. Die Reihenfolge wird durch die auf den Karten per DIP-Switch eingestellte Knoten-ID bestimmt, die heute natürlich per Software eingestellt werden kann.

Die Vorteile: Da keine Kollision das Tempo der Übertragung bremst, ist – gerade bei höchster Netzlast – schon mit der verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit von 2,5 Mbit eine höhere Geschwindigkeit zu erreichen, als bei dem vom Maximalwert her viermal schnelleren Ethernet. Darüber hinaus war ARCnet bei den Komponenten, der Verkabelung und den Wartungskosten das preisgünstigste und am einfachsten aufzubauende System. Als einzige Netzwerktechnologie war ARCnet ein offenes Design mit standardisiertem Karten-API, sodass Karten unterschiedlicher Hersteller mit einheitlichen Treibern arbeiten. Durch seine Echtzeitfähigkeiten wird ARCnet vor allem in der industriellen Fertigung weiterhin eingesetzt.

Ethernet

Das Protokoll von Ethernet wurde wahrscheinlich 1973 von Robert Metcalfe im Xerox Forschungszentrum in Palo Alto aus dem auf der Universität von Hawaii entwickelten funkbasierten ALOHAnet entwickelt. Daher der Name: „Äther“ (engl. Ether) war die Bezeichnung für das fiktive Medium zur Ausbreitung von Funkwellen. 1979 gründete Metcalfe die Firma 3Com. Es gelang ihm, Ethernet gemeinsam mit DEC, Intel und Xerox zum meistverbreiteten Computernetzwerk-Standard zu machen.

Die Netzwerkteilnehmer sind auf einem gestreckten, dicken Koaxialkabel aufgefädelt, das erst mit Einführung von

Teil 1 : Netzwerke entstehen

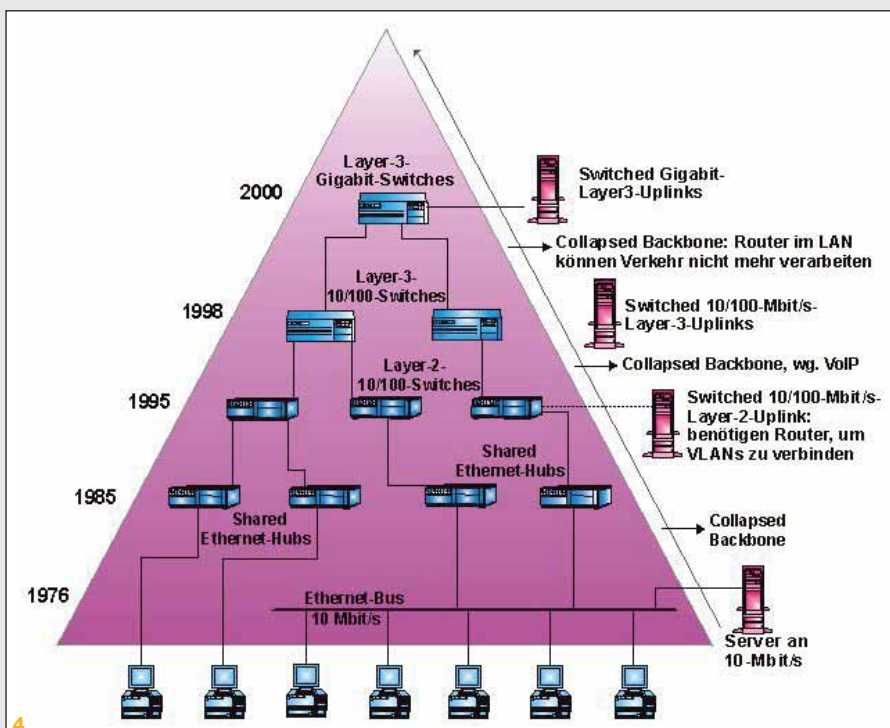
10Base2 mit RG-58 Kabeln ab 1983 einigermaßen handlich wurde. Die Datenübertragung erfolgt in Form von Datagrammen (Frames), die von den Teilnehmern ohne zeitliche Vorgabe dann abgesetzt werden, wenn auf der Leitung gerade „Funkstille“ herrscht. Zunächst für eine Übertragungsbandbreite (theoretisches Maximum der übertragenen Daten inkl. Overhead) von 3 Mbit/s ausgelegte Ethernet wurde lange Zeit hauptsächlich mit 10 Mbit/s, ab Beginn der Neunziger Jahre auch mit 100 Mbit/s betrieben. Mittlerweile sind Versionen bis 1 Gbit/s im Einsatz, und auch hinsichtlich Übertragungsmedium (auch Twisted-Pair und Glasfaser) und Topologie (strukturierte Sternverkabelung über Switches) hat heutiges Ethernet nur noch wenig mit dem Ausgangsprodukt zu tun.

Die Nachteile: Versuchen mehrere Sendestationen zum selben Zeitpunkt zu senden, kommt es zu Kollisionen, die mit Rückzugs- und Wiederholverfahren wie CSMA/CD vermieden werden müssen. Dadurch, und weil im ungesteuerten Datenverkehr längere Paketketten einzelner Sender die Leitung einige Zeit lang blockieren können, kann die theoretische Übertragungskapazität in der Praxis im günstigsten Fall zu etwa 70 % ausgeschöpft werden, unter ungünstigeren Bedingungen sind es unter 30 %. Oberhalb von 50 % Auslastung entstehen regelrechte Staus, eine

vernünftige Arbeit mit dem Netzwerk ist nicht mehr möglich. Überhaupt hat Ethernet kein deterministisches Zeitverhalten, die Datenpakete einzelner Sender kommen in nicht vorhersehbarer Reihenfolge bei den Empfängern an.

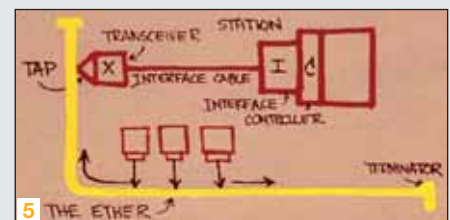
Diesen Problemen wurde später mit der Einführung von Switched Ethernet begegnet, bei dem diese Problematik durch Einsatz intelligenter, den Datenverkehr gezielt steuernder Verteiler und die Aufteilung des Netzwerks in Kollisionsabschnitte minimiert wurde. Das in den Achtziger Jahren noch prominente Problem der sehr teuren Verkabelung und Anschlussstechnik erledigte sich später durch weitgehenden Umstieg auf Vierdrahtleitungen mit den bekannten RJ-45 Steckern. Für Echtzeitsysteme blieb das Verfahren jedoch auch weiterhin denkbar ungeeignet.

Der hauptsächliche Vorteil, der Ethernet zu seinem Siegeszug verhalf, liegt in der Rückendeckung durch die Computerindustrie. Ende der Achtziger Jahre konnte Ethernet die Schlacht für sich entscheiden und sich als Standard für Büronetze etablieren. Das sorgte für ungeheure Stückzahlen und damit für eine sehr preiswerte Verfügbarkeit der benötigten Halbleiter und Schaltkomponenten. In vielen Geräten ist eine Ethernet-Schnittstelle serienmäßig eingebaut.



4 Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung von Ethernet von den 1980ern bis heute.

5 Robert M. Metcalfe erste Skizze zum "Ether Network". Bild: www.at-mix.de



Im nächsten Magazin

Wie schaffte es Ethernet angesichts der beschriebenen Nachteile in industrielle Echtzeit-Systeme?