

Lokale Netze

Ottmar Gühr
Universität Stuttgart
Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Seidenstraße 36, D-7000 Stuttgart 1

1 Einführung

Lokale Netze haben sich in dem letzten Jahrzehnt als logische und konsequente Fortsetzung der Ein- Ausgabebusse (I/O Bus) von Datenverarbeitungsanlagen entwickelt. Die Datenverarbeitungsanlagen wurden immer leistungsfähiger und zeigten immer mehr das Bedürfnis, auch über größere Entfernungen, als durch Ein- Ausgabebusse zu erreichen ist, miteinander breitbandig zu kommunizieren. Lokale Netze befriedigen dieses Bedürfnis in einem weiten Bereich von einigen Metern bis zu mehreren Kilometern und Datenraten von 100 KBit/s bis 100 MBit/s.

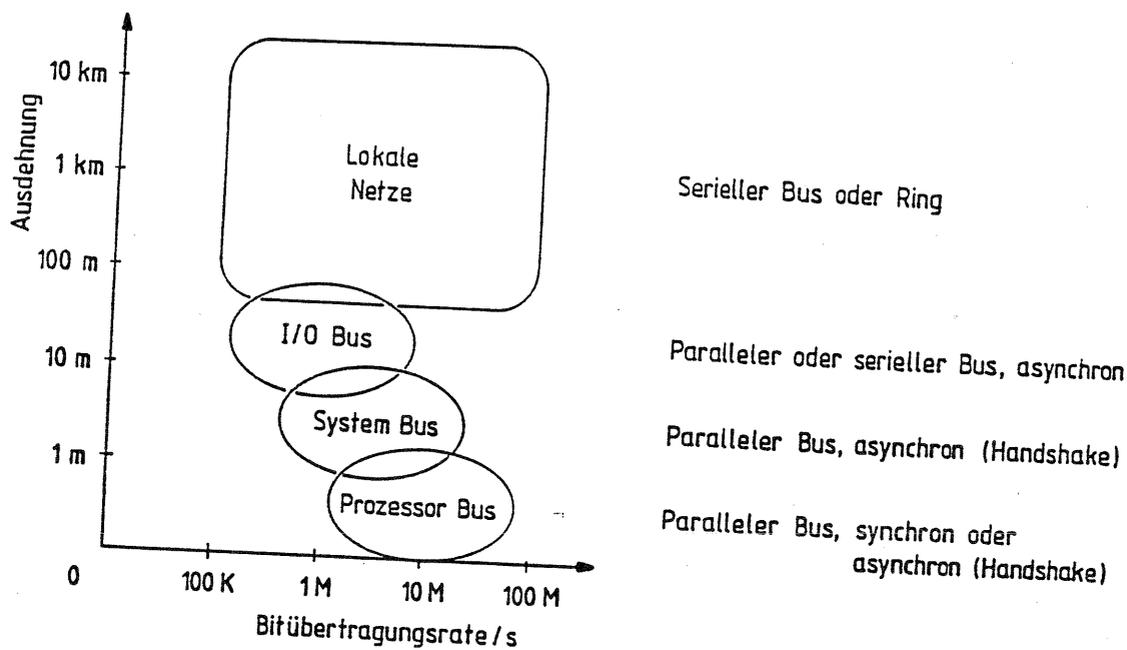


Bild 1 : Einsatzbereich Lokaler Netze

Lokale Netze haben Eingang gefunden in die verschiedensten Bereiche der Informationsverarbeitung wie Büroumgebung, Entwicklung und Konstruktion, Fabrikautomatisierung oder Rechenzentrum. Ein Lokales Netz läßt sich definieren als ein *Kommunikationssystem zum Datenaustausch zwischen Datenverarbeitungsanlagen in einem räumlich begrenzten Bereich*. Jede Anlage kann dabei mit jeder anderen Anlage kommunizieren.

Die verschiedenen Lokalen Netze lassen sich charakterisieren nach : Übertragungstechnik, Übertragungsmedium, Übertragungsgeschwindigkeit, Ausdehnung und Topologie des Netzes, maximale Datenmenge bei einer Übertragung auf dem Lokalen Netz und Anzahl der angeschlossenen Stationen.

Bei heutigen Lokalen Netzen werden die Daten bitseriell übertragen. Der zu übertragende Rahmen wird in einen seriellen Datenstrom gewandelt und anschließend kodiert. Es wird meist der *Manchester* Kode verwendet, bei dem das Signal bei jedem Bit in der Mitte einen Übergang aufweist. In der ersten Hälfte des Bits wird der invertierte Wert und in der zweiten Hälfte des Bits der unveränderte Wert ausgegeben. Ist das entstehende Signal gleichstromfrei, so spricht man vom *Differential Manchester* Kode (siehe Bild 2).

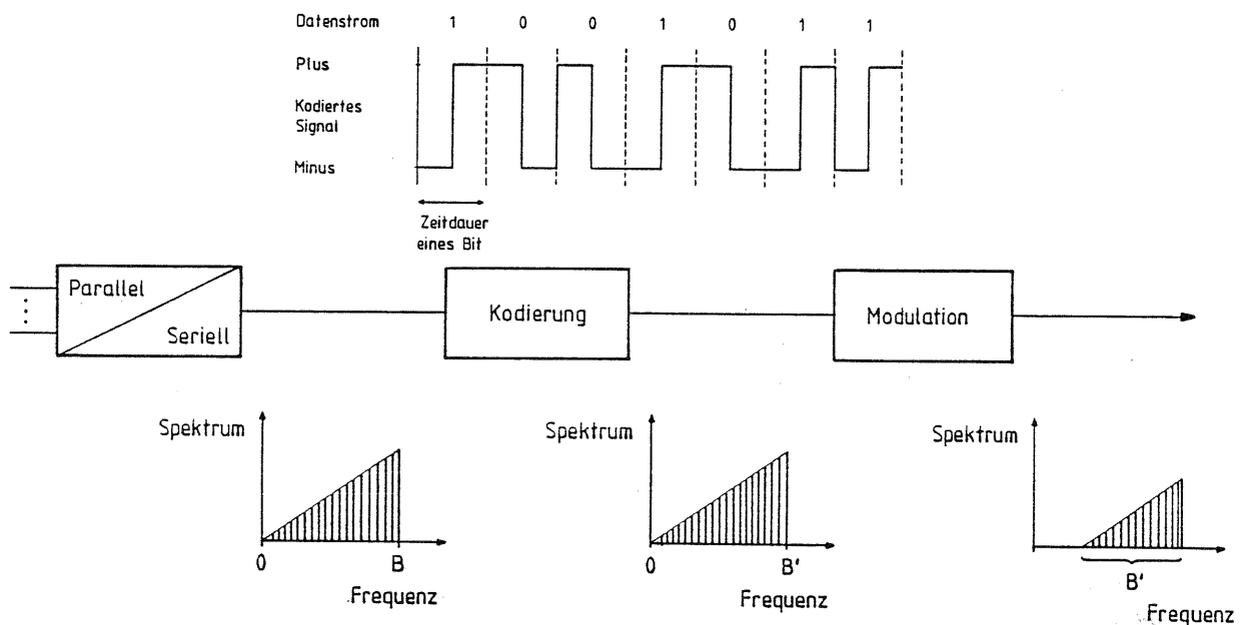


Bild 2 : Parallel/seriell Wandlung des Rahmens und Kodierung der Bits nach dem Manchester Kode

Bei der Übertragungstechnik unterscheidet man zwischen Basisband- und Breitbandübertragung. Bei der Basisbandübertragung wird das entstehende Signal nach der Kodierung direkt übertragen. Bei der Breitbandtechnik wird das entstandene Signal mit einer Trägerfrequenz moduliert und damit in einen anderen Frequenzbereich transformiert. Bei der Breitbandtechnik lassen sich mehrere Signale (z.B. TV oder Radio) in verschiedenen Frequenzbändern auf einem Übertragungsmedium übertragen.

Als Übertragungsmedium kommen verdrehte Leitungen, Koaxialleitungen und Glasfa-

serleitungen zum Einsatz. Je nach Übertragungsmedium unterscheiden sich Ausdehnung, Topologie und Zugriffsverfahren des Lokalen Netzes. Bei der Topologie des Netzes werden Bus-, Ring- Stern- und vermaschte Strukturen verwendet. Die maximale Anzahl der anschließbaren Stationen liegt zwischen 100 und 10000. Die maximale Datenmenge pro Übertragung liegt typisch bei einigen tausend Bytes. Alle Lokalen Netzze zeichnen sich durch eine sehr geringe Bitfehlerwahrscheinlichkeit, die unter 10^{-9} liegt, aus.

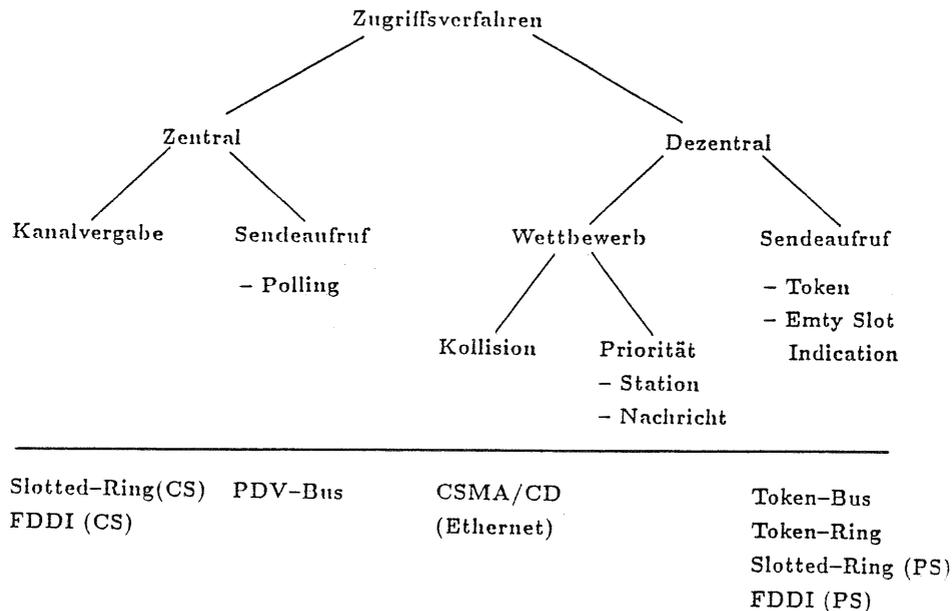


Bild 3 : Zugriffsverfahren bei Lokalen Netzen

Die Zugriffsverfahren lassen sich in Wettbewerbs-, Sendeaufruf- und Kanalvergabeverfahren einteilen. Bei dem Wettbewerbsverfahren (*Multiple Access*) bewerben sich alle sendewilligen Stationen gleichberechtigt um den gemeinsamen Übertragungskanal. Es kann dabei nicht vorhergesagt werden, welche Station sich durchsetzen wird. Dieses Verfahren wird daher auch *stochastisch* genannt. Bei dem Sendeaufrufverfahren wird über einen Algorithmus die Station festgelegt, die als nächste übertragen darf. Dieser Algorithmus kann zentral oder dezentral ausgeführt sein. Bei zentraler Steuerung legt die zentrale Station statisch oder dynamisch nach vorheriger Abfrage (Polling), die Reihenfolge fest. Bei dezentraler Steuerung wird die Sendeberechtigung an die nächste Station weitergegeben. Die nächste Station ist bei Bussystemen durch die Stationsadresse gegeben oder bei Ringsystemen durch die physikalisch folgende Station in Senderichtung.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Stationen oder Nachrichten Prioritäten zuzuordnen und den Wettbewerb darüber auszuführen.

Bei den Kanalvergabeverfahren legt die zentrale Station statisch oder dynamisch fest,

welchen Teil der Übertragungsbandbreite welcher Station im Zeitmultiplex zur Verfügung gestellt wird.

Sowohl Sendeaufruf- als auch Kanalvergabeverfahren erlauben einen kontrollierten Zugriff auf den Übertragungskanal.

2 Standardisierung

Die Standardisierung bei Lokalen Netzen beschränkt sich auf die untersten zwei Schichten des ISO Referenzmodelles für die offene Kommunikation. Es haben sich vor allem die Standardisierungsgremien von ISO (International Organization for Standardization), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) und ECMA (European Computer Manufacturers Association) um internationale Standards bemüht.

2b	LLC	IEEE 802.2	Logical Link Control		ISO 8802/2
2a	MAC	CSMA/CD IEEE 802.3	Token-Bus IEEE 802.4	Token-Ring IEEE 802.5	MAN Dual Bus IEEE 802.6
1	Ph	ISO 8802/3	ISO 8802/4	ISO 8802/5	

Bild 4 : Standards bei Lokalen Netzen

Die Schicht 2 (DL, Data Link) wurde in die zwei Teilschichten 2a (MAC, Media Access Control) und 2b (LLC, Logical Link Control) unterteilt. In der Schicht 2b wurde ein Standard (ISO 8802/2 [1]) definiert, der zwei Prozeduren zum Datenaustausch bereitstellt. Eine verbindungslose Prozedur (LLC Type 1), die nach dem Datagramm Prinzip arbeitet und eine verbindungsorientierte Prozedur (LLC Type 2), die ähnlich der HDLC (High Level Data Link Control) Prozedur arbeitet. Eine dritte Prozedur, die einen quittierten Datagrammdienst bereitstellt, ist in Vorbereitung.

Auf den Schichten 2a und 1 (Ph, Physical) wurden bisher drei Zugriffsverfahren standardisiert. Dies sind CSMA/CD (Ethernet)[2], Token-Bus [3] und Token-Ring [4]. Ein viertes Zugriffsverfahren, MAN Dual Bus, ist in Vorbereitung. Diese Standards decken einen Bereich bis 20 MBit/s ab. Für höhere Geschwindigkeitsbereiche bis 100 MBit/s ist als weiterer Standard FDDI (Fiber Data Distributed Interface) [5] vorgesehen.

Literatur

- [1] ISO DIS 8802/2 (IEEE 802.2) : Local Area Networks – Logical Link Control
- [2] ISO DIS 8802/3 (IEEE 802.3) : Local Area Networks – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications
- [3] ISO DIS 8802/4 (IEEE 802.4) : Local Area Networks – Token Passing Bus Access Method
- [4] ISO DP 8802/5 (IEEE 802.5) : Local Area Networks – Token Ring Access Method and Physical Layer Specifications
- [5] FDDI Token Ring Media Access Control; Draft Proposal ANSI X3T9.5, 1986

Ethernet

Ottmar Gühr
Universität Stuttgart
Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Seidenstraße 36, D-7000 Stuttgart 1

1 Einführung

Das Zugriffsverfahren CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) hat sich als erstes der standardisierten Verfahren entwickelt. Es geht in seinen Ursprüngen auf ein Funknetzwerk an der Universität von Hawaii zur Verbindung von Terminals mit einem Host-Rechner zurück. Anfang der siebziger Jahre wurde das *Additive Link On-Line Hawaii Area System* (ALOHA) aufgebaut. In den folgenden Jahren entwickelte sich bei Xerox ein Lokales Netz unter dem Namen *Ethernet* für 3 MBit/s und *XEROX WIRE* für 20 MBit/s. Im Jahre 1980 wurde von den Firmen Digital Equipment, Intel und XEROX ein gemeinsamer Standard unter dem Namen *Ethernet* [1,2] mit 10 MBit/s Übertragungsrate vorgestellt. Die internationale Standardisierung griff diesen Vorschlag auf, erweiterte ihn vor allem auf der physikalischen Schicht und formalisierte die Spezifikation. Das Zugriffsverfahren ist unverändert übernommen worden.

Im folgenden Abschnitt wird das Zugriffsverfahren von CSMA/CD erklärt. In Abschnitt 3 ist das Rahmenformat dargestellt, gefolgt von dem physikalischen Stationsanschluß an das Übertragungsmedium und den Parameterwerten im Standard. Kapitel 6 stellt die möglichen Konfigurationen von Ethernet dar. Leistungsfähigkeit, Messungen an dem Lokalen Netz und ein Beispiel für eine typische Hardwarekonfiguration einer Station beschliessen den Beitrag.

2 Zugriffsverfahren

Das dezentrale Zugriffsverfahren CSMA/CD ist eine Erweiterung des ALOHA-Verfahrens auf die Erfordernisse von Lokalen Netzen. Dieses Zugriffsverfahren beruht auf gleichberechtigten Stationen, die sich im Wettbewerb um den Kanalzugriff bemühen.

2.1 ALOHA

Bei dem *ALOHA*-Verfahren greifen alle Stationen unabhängig voneinander auf den Übertragungskanal zu. Jede Station hört den Übertragungskanal ab, prüft die Adresse jedes übertragenen Rahmens und empfängt den Rahmen falls die Stationsadresse übereinstimmt. Eine Station sendet Rahmen ohne Rücksicht auf den Zustand des Übertragungskanals. Dadurch kann es zu Störungen der Rahmen kommen. Man spricht hier von Kollisionen, die bei

ALOHA nicht erkannt werden. Die fehlerhaft empfangenen Rahmen werden verworfen und alle an der Kollision beteiligten Rahmen gehen verloren (siehe Bild 1).

Der maximale normierte Durchsatz ist dadurch auf $1/2e = 0.184$ beschränkt und ist fallend (instabil) bei steigendem Angebot (siehe Bild 2).

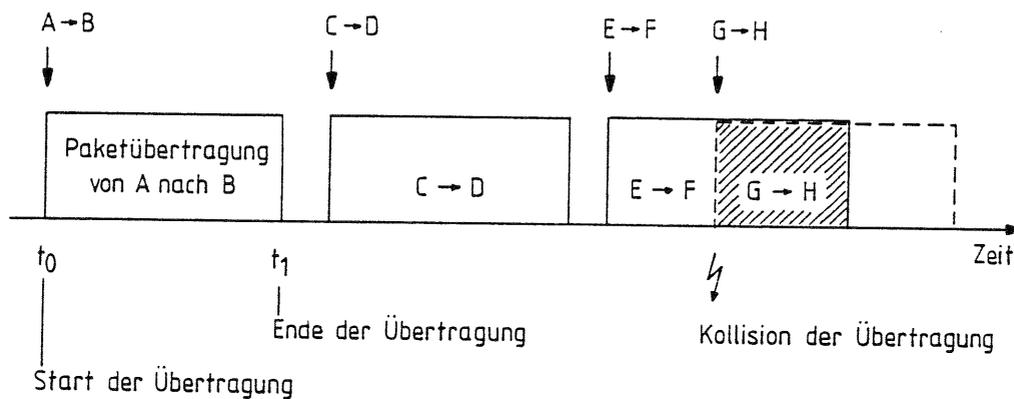


Bild 1 : ALOHA-Zugriffsverfahren

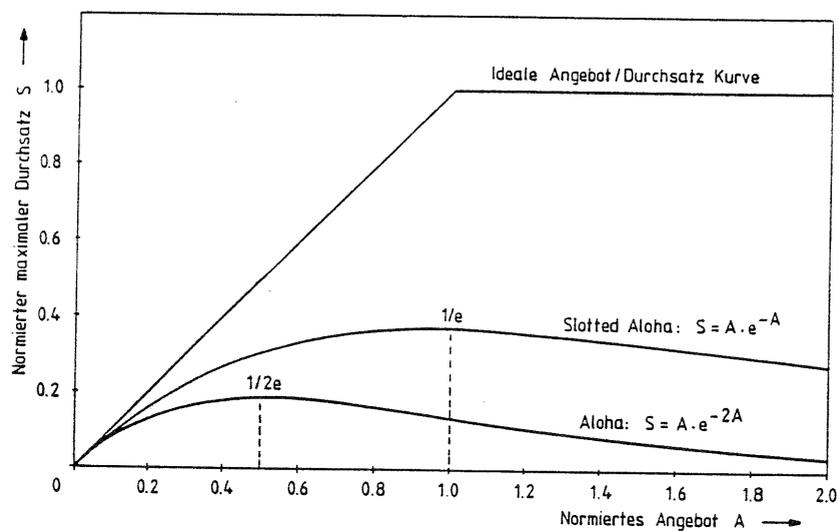


Bild 2 : Durchsatz bei ALOHA- und Slotted ALOHA-Zugriffsverfahren

2.2 Slotted ALOHA

Eine Modifikation des ALOHA-Verfahrens ist das *Slotted ALOHA*-Verfahren, bei dem die Rahmen eine feste Länge haben müssen und in einem festen Zeitraster gesendet werden (siehe Bild 3). Damit reduziert sich die Wahrscheinlichkeit einer Kollision des Rahmens auf die Hälfte. Der maximale normierte Durchsatz ist $1/e = 0.368$ (siehe Bild 2).

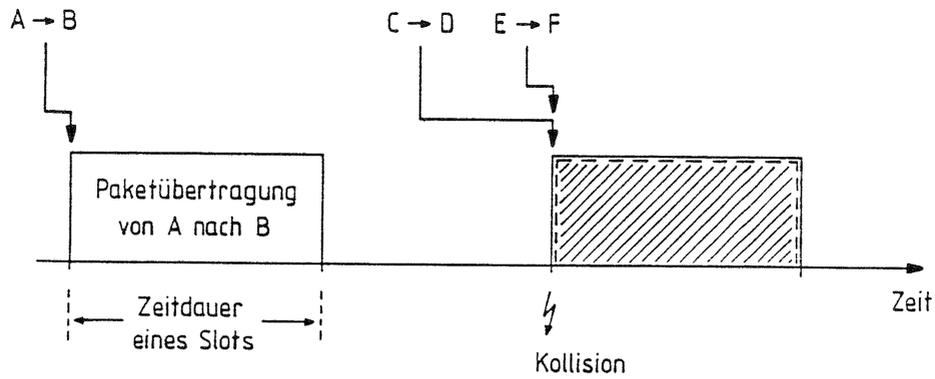


Bild 3 : Slotted ALOHA-Zugriffsverfahren

Die Verfahren ALOHA und Slotted ALOHA werden ausschließlich bei Funk- und Satellitenkanälen angewendet. Eine Anwendung bei Bussystemen ist nicht sinnvoll.

2.3 CSMA – Carrier Sense Multiple Access

Eine Erweiterung des ALOHA-Verfahrens ist das CSMA-Verfahren, bei dem eine Station, bevor sie zu senden beginnt, den Übertragungskanal abhört (Carrier Sense). Bei freiem Kanal beginnt die Station zu senden und bei belegtem Kanal stellt sie ihre Übertragung zurück bis der Kanal frei ist. Eine Kollision tritt auf, wenn zwei Stationen innerhalb der Signallaufzeit zwischen zwei Stationen zu senden beginnen. Dies kann vor allem nach dem Ende einer Übertragung auftreten, wenn mehrere Stationen ihre Übertragungen zurückgestellt haben.

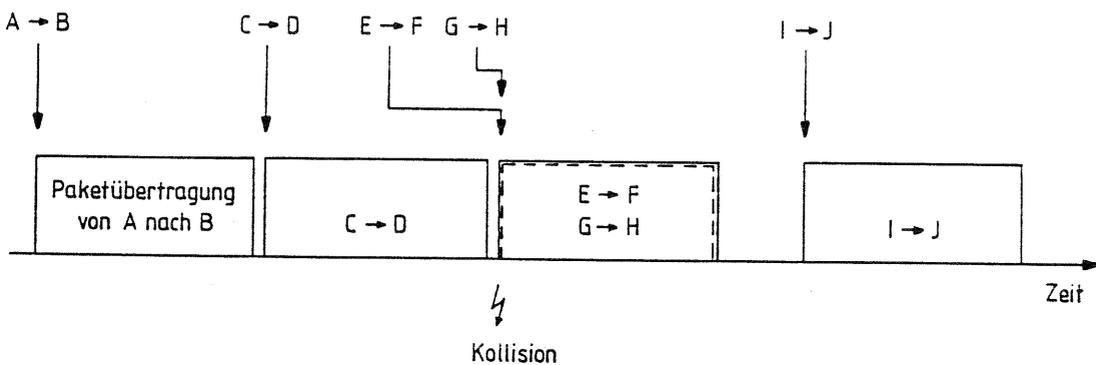


Bild 4 : CSMA-Zugriffsverfahren

Eine Modifikation stellt das p-persistent CSMA-Verfahren dar, bei dem eine Station nicht sofort nach dem Ende einer Übertragung zu senden beginnt. Die Zeit wird in Zeitschlitz (Slots) der Länge der einfachen Signallaufzeit auf dem Übertragungskanal eingeteilt. Eine Station beginnt jeweils nur mit der Wahrscheinlichkeit p am Anfang eines Zeitschlitzes zu senden. Auftretende Kollisionen werden nicht erkannt.

2.4 CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

Dieses Kanalzugriffsverfahren umfaßt zusätzlich zu CSMA die Kollisionserkennung (Collision Detection). Nachdem eine Kollision aufgetreten ist, brechen alle Stationen ihre Übertragung ab und lösen die Kollision über einen Algorithmus auf. Die Zeit nach einer Kollision ist in Zeitschlitz der doppelten Signallaufzeit auf dem Übertragungskanal eingeteilt. Die an der Kollision beteiligten Stationen stellen ihre Übertragung um eine gewisse Anzahl (m) von Zeitschlitz zurück, bevor sie wieder den Übertragungskanal abhören und bei freiem Kanal sofort senden oder bis zum Ende der laufenden Übertragung warten. Die Anzahl der zu wartenden Zeitschlitz (m) wird bei Ethernet als zufällige Zahl gleichverteilt über den Bereich von 0 bis $\text{minimum}(2^n, 2^{10})$ bestimmt.

$$m = \text{random}(0, \min(2^n, 2^{10}))$$

Dabei stellt n die Anzahl der Kollisionen, die der zu übertragende Rahmen bereits erlitten hat, dar.

Die zu wartende Zeit hängt damit indirekt von der Auslastung des Übertragungskanales ab. Hat ein Rahmen 16 Kollisionen erlitten, so wird von einer Übertragung dieses Rahmens abgesehen und, falls ein weiterer Rahmen zur Übertragung ansteht, neu begonnen. Man bezeichnet dies als "Excessive Collision Error".

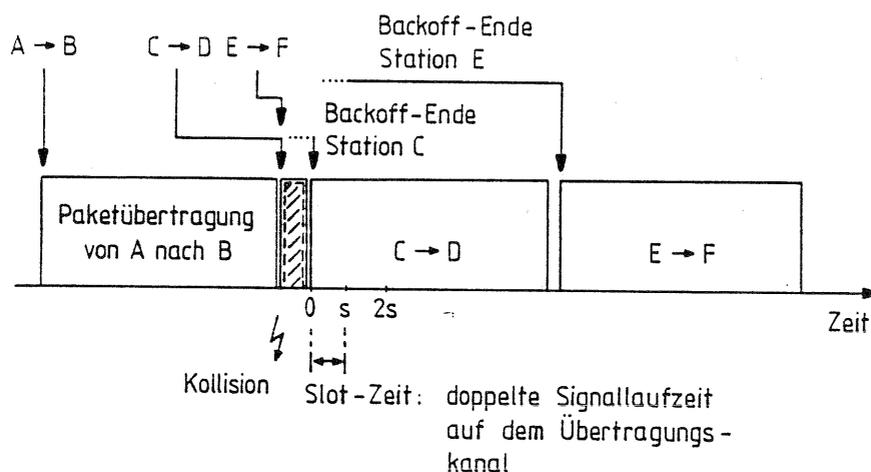


Bild 5 : CSMA/CD-Zugriffsverfahren

Der Zustandsprozess einer Station läßt sich in der Sprache SDL (Specification and Description Language) beschreiben (Bild 6).

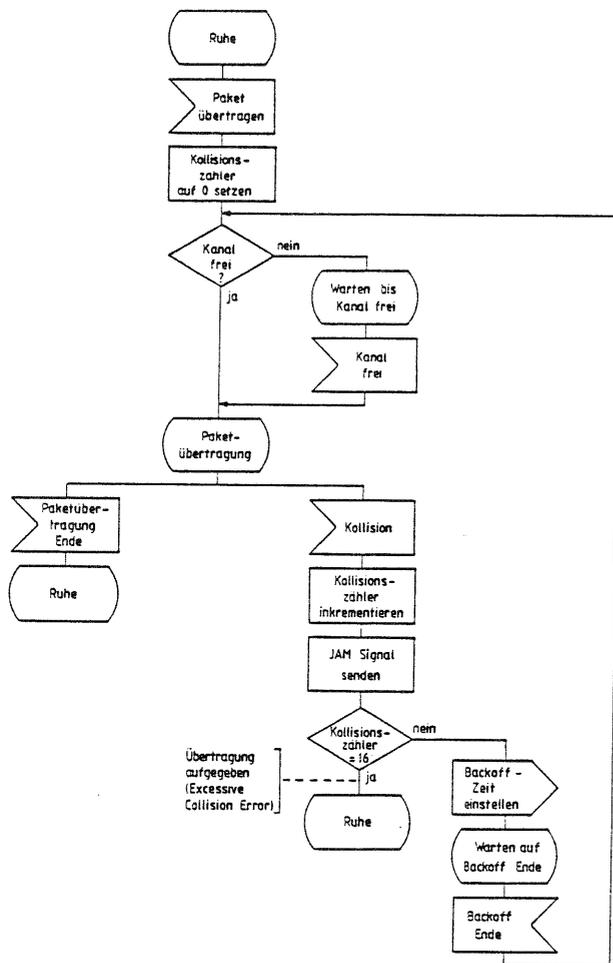


Bild 6 : Zustandsprozeß einer Station bei dem CSMA/CD-Zugriffsverfahren

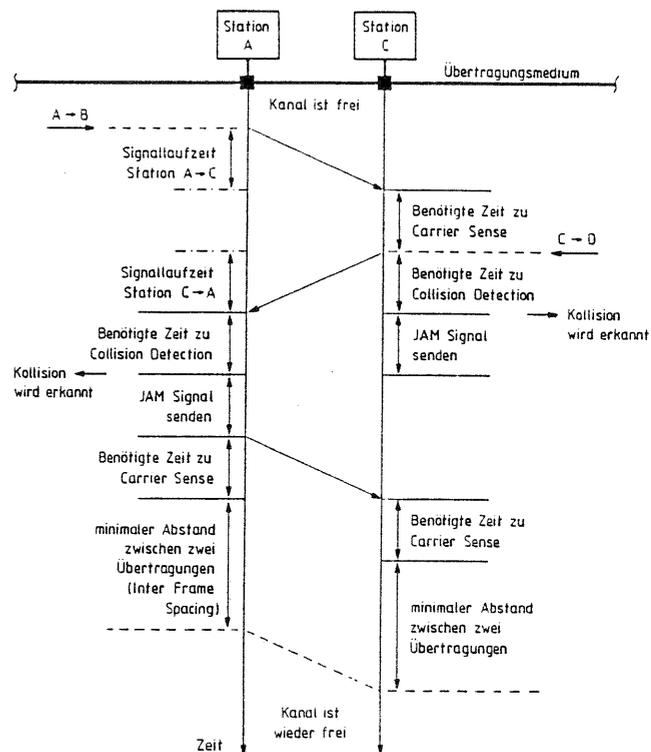


Bild 7 : Ablauf einer Kollision zwischen zwei Stationen

In Bild 7 ist der Ablauf einer Kollision zwischen zwei Stationen dargestellt, bis der Übertragungskanal wieder frei ist.

Ein weiterer Kollisionsauflösungsalgorithmus wird bei dem Hyperchannel-Zugriffsverfahren verwendet. Jede Station hat eine fest zugeordnete Priorität k . Entsprechend dieser Priorität beginnt die Station in dem k -ten Zeitschlitz nach der Kollision zu senden.

3 Rahmenformat

Das Format der auf dem Medium übertragenen Rahmen ist in Bild 8 dargestellt. Der Rahmen beginnt mit einer Preamble zur Synchronisation der Empfangslogik jeder Station und einer Startkennzeichnung (SFD, Start Frame Delimiter). Es folgen die Zieladresse und die Quelladresse des Rahmens. Im Standard sind zwei Adressformate mit 48 Bit und 16 Bit vorgesehen. In einem Lokalen Netz darf immer nur ein Adressformat verwendet werden. Es

wird heute fast ausschließlich das 48 Bit Format verwendet.

Jede Station innerhalb eines Lokalen Netzes ist über eine individuelle Stationsadresse ansprechbar. Gruppen von Stationen können zusammengefaßt werden und über eine Gruppenadresse angesprochen werden. Eine besondere Gruppenadresse umfaßt alle Stationen und man spricht von der *Broadcast* Adresse. Das erste Bit der Adresse gibt an, ob es sich um eine individuelle oder um eine Gruppenadresse handelt. Das zweite Bit der Adresse unterscheidet zwischen lokal und global verwalteten Adressen.

Nach der Quelladresse folgt im Rahmen direkt ein Feld, das die Länge der *Logical Link Control* Daten angibt. Abgeschlossen wird der Rahmen mit einer Prüfsumme, die über einen *Cyclic Redundancy Check* (CRC) berechnet wird. Die Rahmenlänge ist beschränkt auf minimal 64 Byte und maximal 1518 Byte, gerechnet, jeweils einschließlich, von der Quelladresse bis zu der Prüfsumme. Unterschreitet der Rahmen die minimale Länge, so wird mit einem PAD-Feld (Packet Assembly Disassembly) mit beliebigem Inhalt bis zu der minimalen Rahmenlänge aufgefüllt.

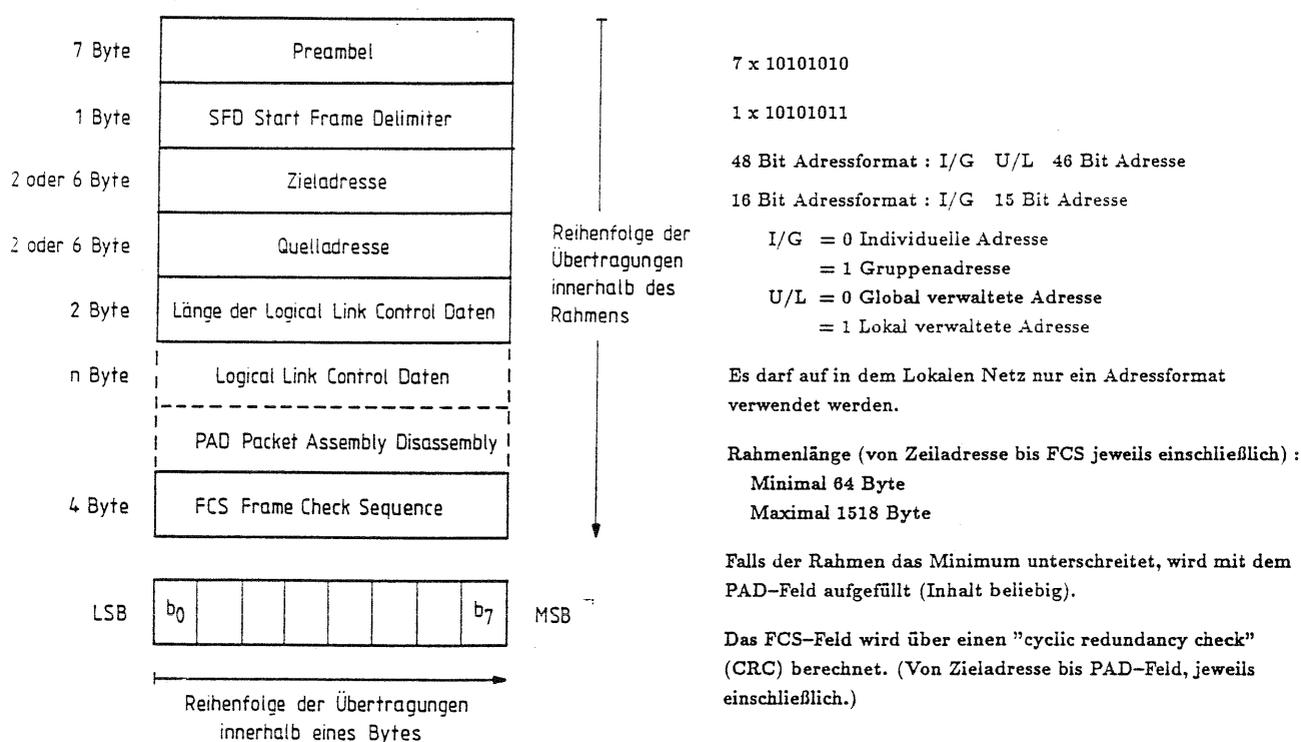


Bild 8 : Rahmenformat nach dem Standard ISO 8802/3

4 Stationsanschluß

Die Stationen sind über ein Transcieverkabel mit maximal 50 m Länge und einem Innenwiderstand von 78 Ω an das Medium angeschlossen. Das Transcieverkabel besteht aus 4 (optional 5) verdrehten Leitungspaaren und einer Ummantelung als Schutzterde (Bild 9).

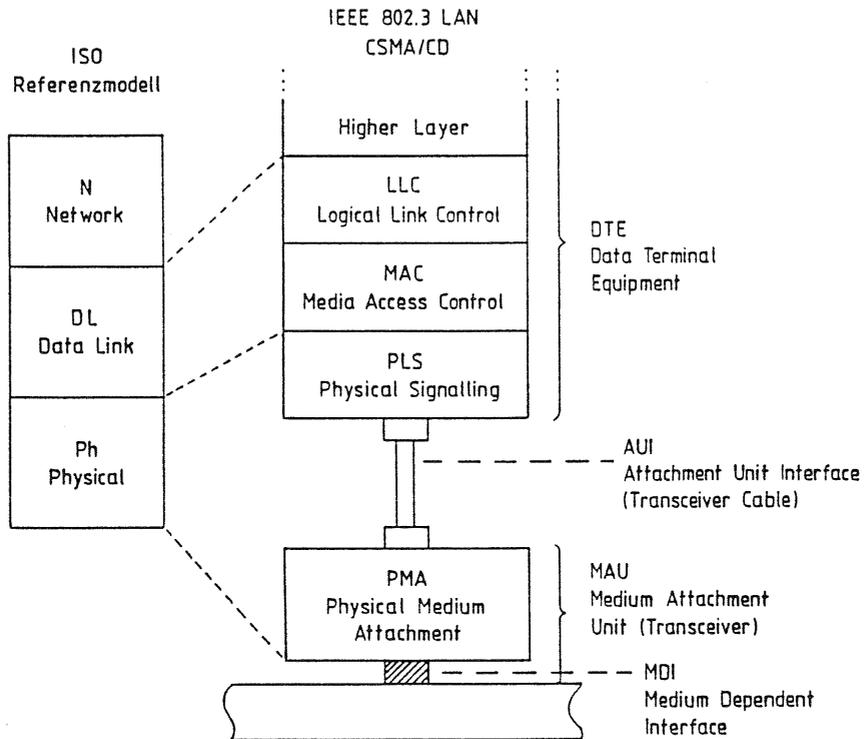


Bild 9 : Stationsanschluß an das Übertragungsmedium

5 Parameterwerte

Im Augenblick ist im Standard ein Parametersatz unter der Bezeichnung 10BASE5 enthalten.

10BASE5
 | | 500 m Segmentlänge
 | Basisband
 10 MBit/s Übertragungsrate

Slot Time	512 bit times
Inter Frame Gap	9.6µs (96 bits)
Attempt Limit	16
Backoff Limit	110
JAM Size	32 bits (3.2 µs)
Max Frame Size	1518 Bytes
Min Frame Size	64 Bytes
Address Size	48 bits

Tabelle 1 : Parametersatz für 10BASE5

Vorgesehen oder in Vorbereitung sind Parameterwerte für 10BASE2 (Cheapernet oder Thin Ethernet), Breitband Übertragungstechnik und Glasfaser als Medium.

6 Ethernet Konfigurationen

Ethernet Konfigurationen bestehen aus Koaxialkabelsegmenten, die über Repeater verbunden sind. Ein Segment hat eine maximale Länge von 500 m und es dürfen maximal 100 Transceiver angeschlossen sein. Das Koaxialkabel hat einen Innenwiderstand von 50Ω mit einer minimalen Signalausbreitungsgeschwindigkeit von $0.77c$ ($c = 300000 \text{ km/s}$).

Die Enden des Kabels müssen mit einem 50Ω Widerstand abgeschlossen werden um Reflexionen zu vermeiden. Das Kabel ist alle 2.5 m mit einer Markierung versehen, an der die Transceiver angebracht werden sollen. Es wird damit die Ausbildung von stehenden Wellen, die zu Störungen führen können, verhindert (Bild 10).

Der Übertragungsweg zwischen zwei Stationen darf über höchstens drei Koaxialkabelsegmente gehen. Die Verbindung der Koaxialkabelsegmente erfolgt über Repeater, wobei zwischen zwei Repeater ein Linksegment eingefügt werden kann. Die maximale Signallaufzeit auf dem Linksegment beträgt 2570 ns.

Damit ergibt sich ein maximaler Übertragungsweg zwischen zwei Stationen von :

- 3 Koaxialkabelsegmenten,
- 2 Linksegmenten,

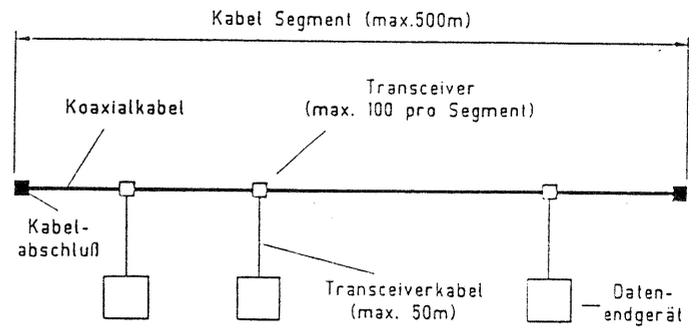


Bild 10 : Ethernet Segment

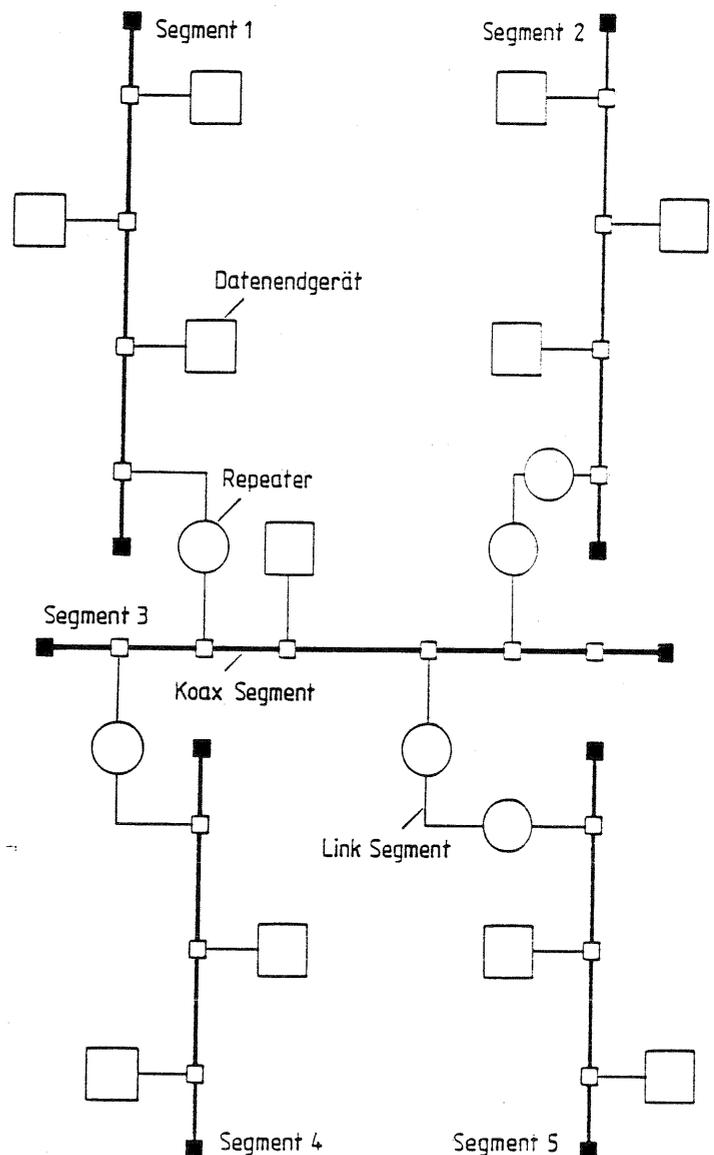


Bild 11 : Große Ethernet Konfiguration

- 4 Repeater und
- 6 Transcieverkabel.

Die maximale Entfernung zwischen zwei Stationen, wenn die Lichtgeschwindigkeit (c) als Signallaufzeit auf den Linksegmenten angenommen wird, beträgt 3542 m (Bild 11).

7 Leistungsfähigkeit von CSMA/CD Protokollen

Als Maß für die Leistungsfähigkeit ist die mittlere Übertragungszeit eines Rahmens vom Sender zum Empfänger in den folgenden Diagrammen über dem, auf die Übertragungsrate normierten, Angebot aufgetragen. Die Werte wurden simulativ mit der zeittreuen ereignisgesteuerten Simulationsmethode ermittelt. Das Vertrauensintervall enthält mit 95% Wahrscheinlichkeit den wahren Wert und ist dargestellt, wenn es nicht zu klein ist. Für die Simulation wurden die Parameter 10BASE5 des Standards verwendet. Jede Station trägt zu dem Gesamtangebot an den Übertragungskanal zu gleichen Teilen bei. Der Ankunftsprozeß der zu übertragenden Rahmen ist bei den Stationen als Poisson Prozeß angenommen worden (negativ exponentieller Ankunftsabstand).

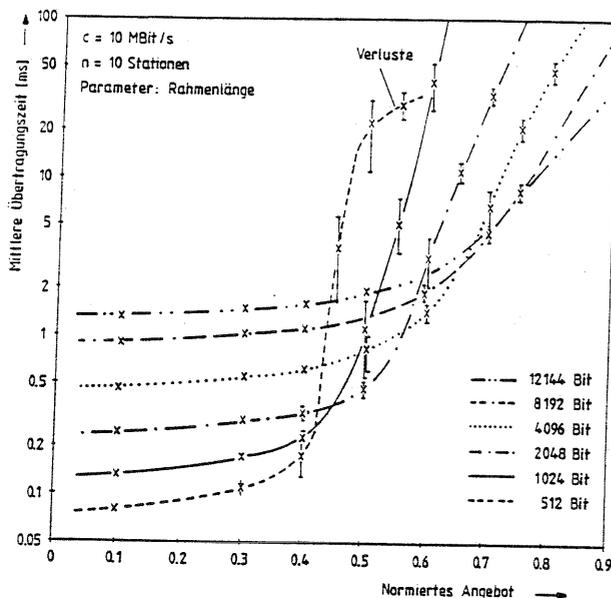


Bild 12 : Abhängigkeit der Transferzeit von der Rahmenlänge

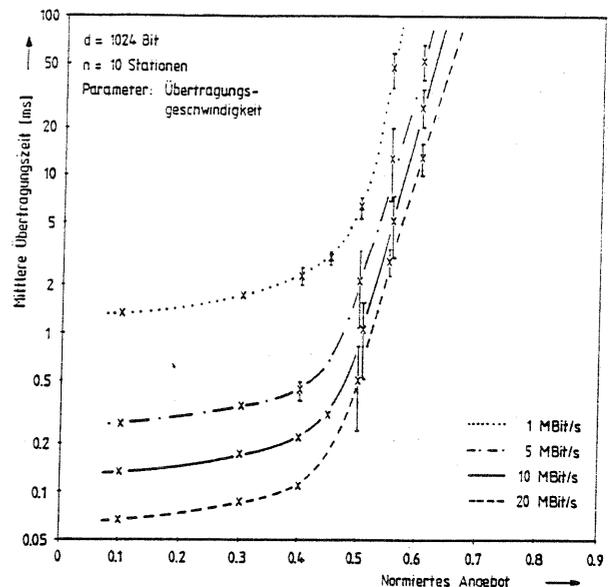


Bild 13 : Abhängigkeit der Transferzeit von der Übertragungsrate

In Bild 12 ist für eine Konfiguration mit 10 Stationen die Rahmenlänge von dem minimalen Wert (512 Bit) bis zu dem maximalen Wert (12144 Bit) variiert worden. Die Transferzeit vom Sender zum Empfänger steigt für kurze Rahmen ab einem normierten Angebot von 0,5 stark an. Für lange Rahmen dürfen die Angebotswerte wesentlich höher sein, bevor die

Transferzeiten ansteigen.

In Bild 13 ist die Abhängigkeit der Transferzeiten von der Übertragungsrate dargestellt. Höhere Übertragungsraten weisen dabei geringfügig besseres Verhalten auf.

8 Messungen an Lokalen Netzen

Durch Messungen an Lokalen Netzen können wichtige Rückschlüsse auf das Benutzerverhalten gezogen werden. Damit lassen sich zukünftige Netze und Netzkonfigurationen besser planen und effizienter einsetzen. Die hier vorgestellten Messungen wurden an einem Büronetz der Firma Siemens mit einem LAN-Protokollanalysator vorgenommen [3]. Die höheren Schichten verwendeten die XNS Protokolle (Xerox Network System) mit einer maximalen Paketlänge von 512 Byte.

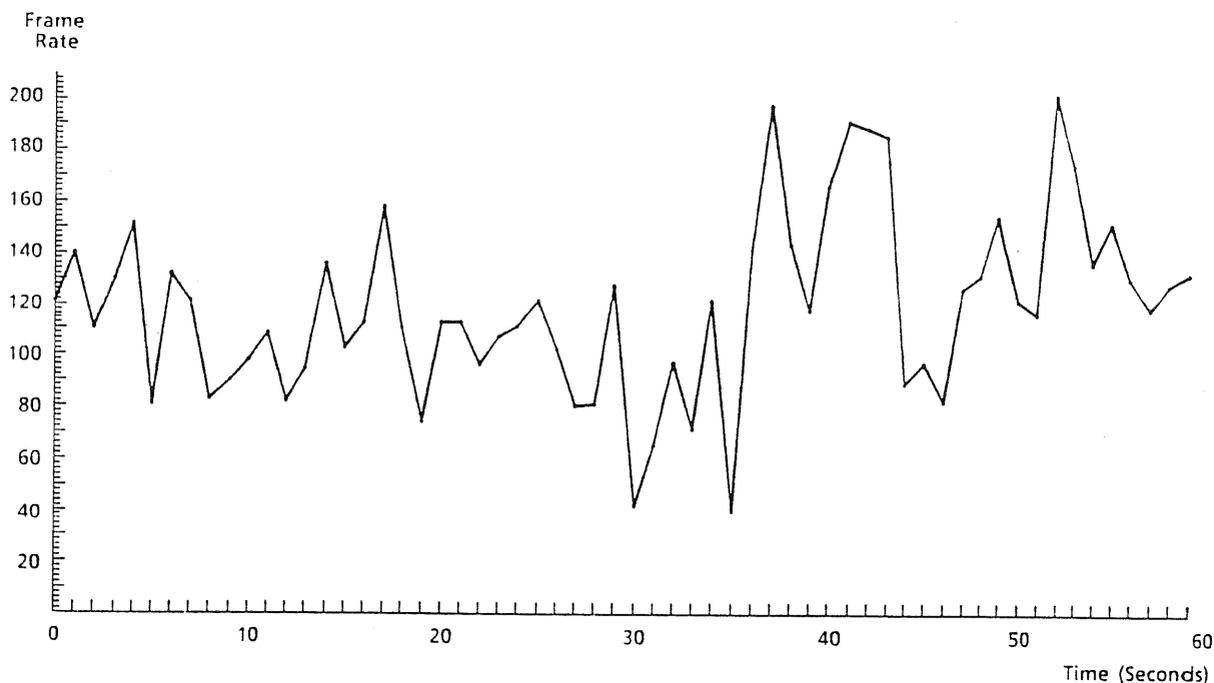


Bild 14 : Rahmenrate auf dem Übertragungsmedium

In Bild 14 ist die Rahmenrate über einen kurzen Zeitraum von einer Minute aufgetragen. Die Meßintervalle betragen eine Sekunde.

In Bild 15 ist die Auslastung des Übertragungsmediums über 24 Stunden an einem normalen Arbeitstag aufgetragen. Ähnlichkeiten mit dem Verhalten von Telefonbenutzern ist bei den typischen Pausenzeiten zu erkennen. Es sind jedoch auch Unterschiede durch nicht interaktiven Verkehr zu beobachten.

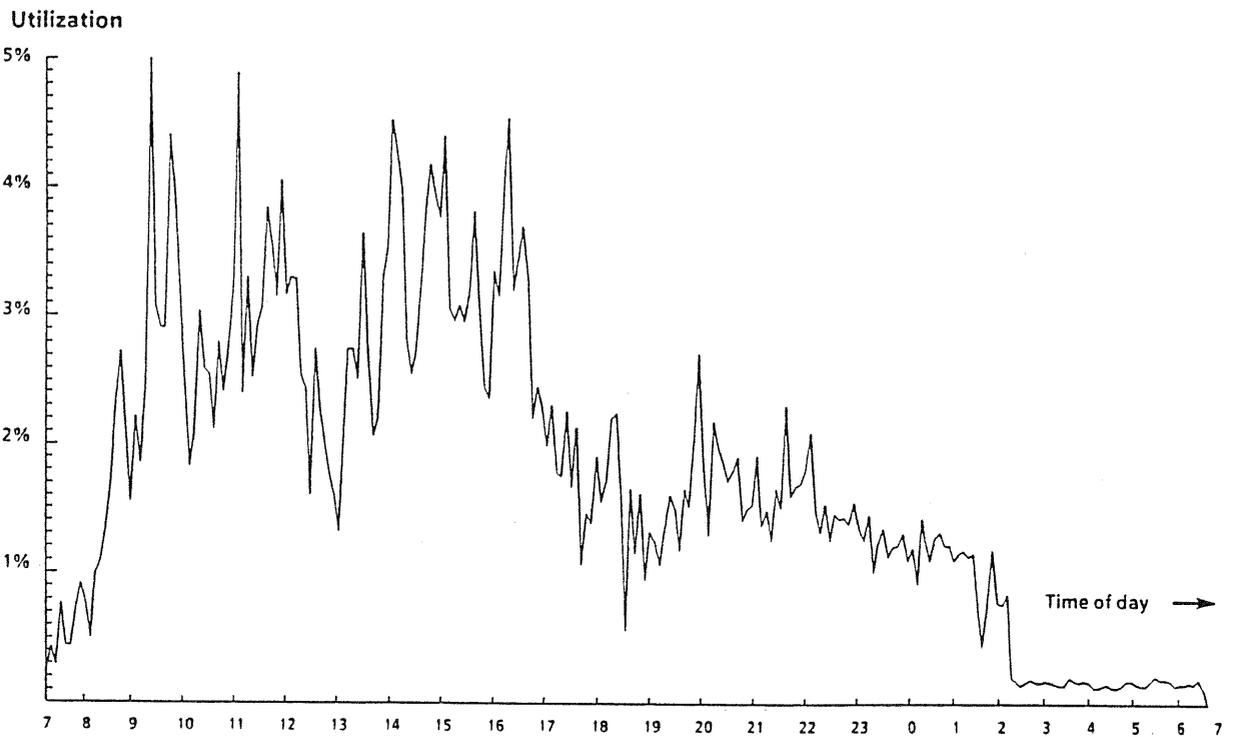


Bild 15 : Auslastung des Übertragungsmedium

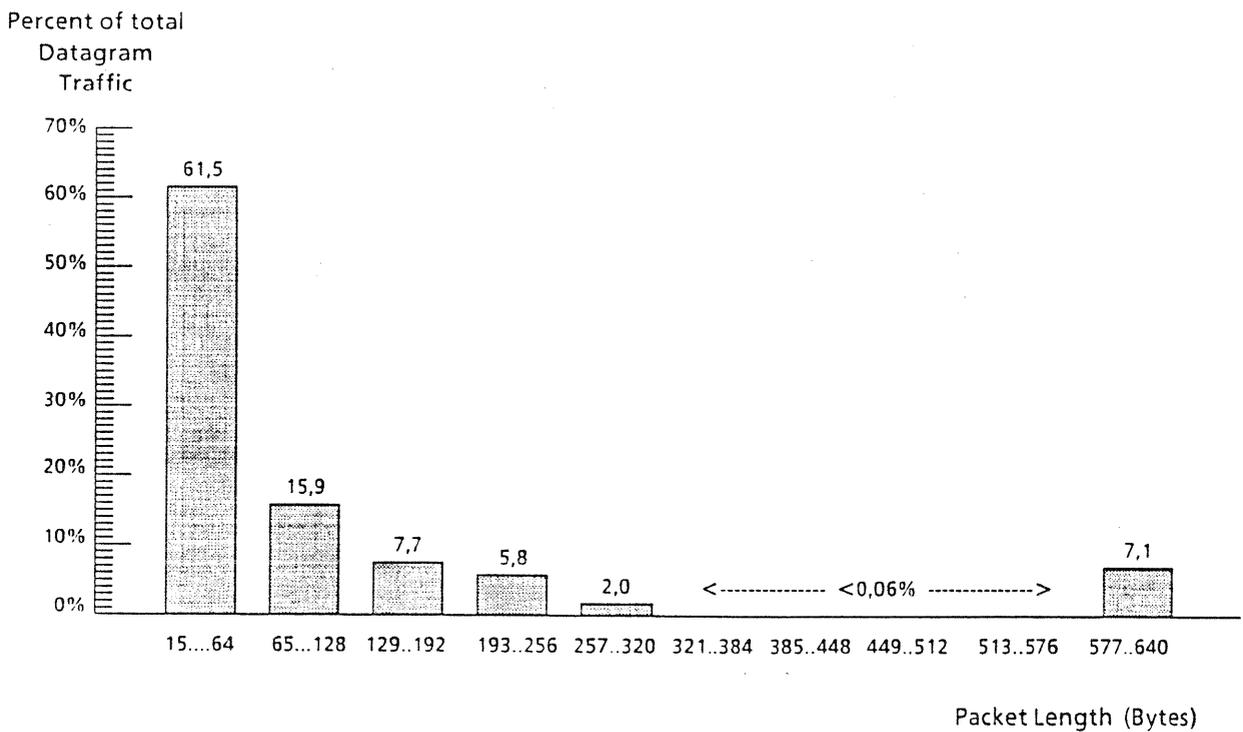


Bild 16 : Relative Häufigkeit der Rahmenlängen

In Bild 16 ist die relative Häufigkeit der aufgetretenen Rahmenlängen dargestellt. Den größten Anteil haben kurze Rahmen, während lange Rahmen, die auf Filetransfer zurückzuführen sind, seltener vorkommen.

9 Typische Hardware für LAN-Interface

In Bild 17 ist eine typische Hardwarekonfiguration für den Anschluß eines Personal Computers (PC) an das Koaxialkabel dargestellt. Die Hardware des PC besteht aus der Prozessoreinheit, Speichererweiterung und der Ein-/ Ausgabe zu Terminal und Massenspeicher (Floppy Disk, Winchester Disk). Für den Anschluß an das Lokale Netz ist zusätzlich eine LAN-Adapter Karte mit einem eigenen Prozessor und Speicher enthalten. Auf diesem Prozessor werden die Protokolle der Schichten 2b - 4 (oft auch 2b - 7) abgewickelt. Das Zugriffsprotokoll wird durch einen Spezialprozessor ausgeführt, der über ein "Dual Ported Ram" mit dem Prozessor kommuniziert. Nach der parallel/seriell Wandlung der Daten durch den Spezialprozessor, übernimmt das serielle Interface die Kodierung nach dem Manchester Kode. Bei dem Empfang des Signales wird der Takt zurückgewonnen und die Daten abgespalten.

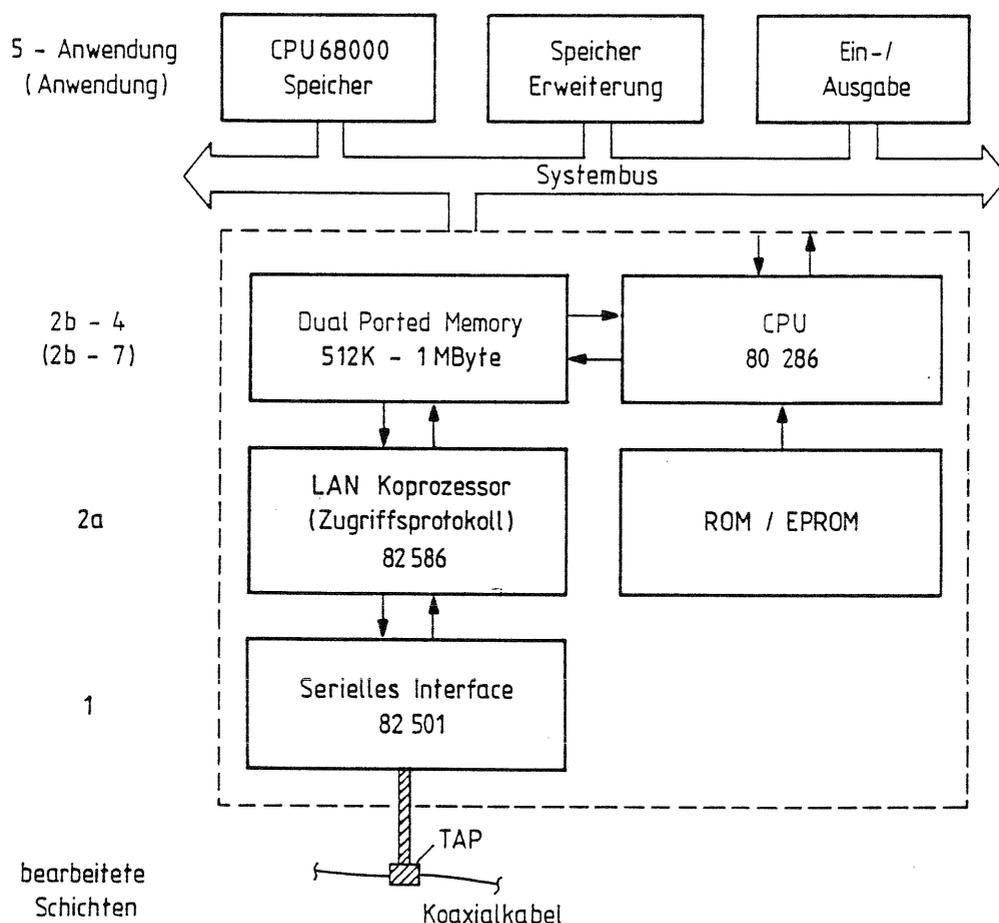
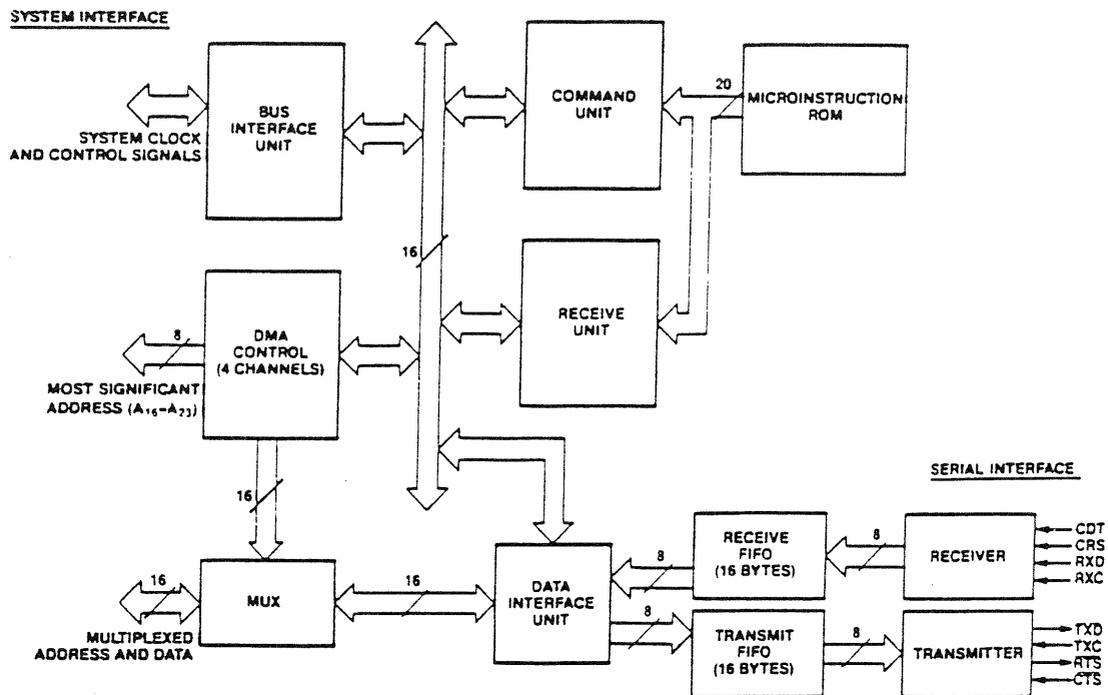


Bild 17 : Typische Hardware eines PC



In Bild 18 ist das Funktionsdiagramm des LAN-Spezialprozessors 82586 von Intel dargestellt. Dieser Baustein stellt auf der Seite zu dem Medium die seriellen Daten bereit, während er auf der anderen Seite die Daten parallel in dem "Dual Ported" Speicher für den Prozessor ablegt.

Literatur

- [1] Digital, Intel, Xerox; The Ethernet, A Local Area Network, Data Link and Physical Layer Specifications; Version 1.0, September 30, 1980
- [2] J. F. Shoch, Y. K. Dalal, D. D. Redell, R.C. Crane; Evolution of the Ethernet Local Computer Network; Computer 15, Nr. 8 (August 1982), Seite 10-27
- [3] U. Luebbe, O. Gühr; Messung von Verkehrsprofilen in Lokalen Netzen; Datacom, 11/12 1987, Seite 88 - 94