

LOKALE NETZE UND FERNNETZE FÜR DIE PROZESSDATEN-ÜBERMITTLUNG - SCHICHTEN, PROTOKOLLE, ANSCHLUSS-BEDINGUNGEN UND NETZÜBERGÄNGE

von Prof. Dr.-Ing. P.J. Kühn

Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung, Universität Stuttgart

O. Kurzfassung

Das Ziel, multifunktionale Endeinrichtungen über ein offenes Kommunikationssystem zu verbinden, bedingt eine weitgehende Normung von Schnittstellen, Diensten und Protokollen. Grundlage hierfür ist das ISO-Architekturmodell für offene Kommunikationssysteme, welches die Anwendungs- und Kommunikations-orientierten Funktionen in Schichten gliedert, die Inanspruchnahme von Diensten niedrigerer Schichten durch höhere Schichten sowie die logische Kommunikation zwischen verteilten Instanzen derselben Schicht über Dienste, Protokolle und auszutauschende, formatierte Dateneinheiten definiert. Die Kommunikation zwischen verteilten Instanzen und Systemen kann durch Verbindungen unterstützt werden, welche - je nach Schicht - spezifische Funktionen erbringen, wie etwa die Sicherung der übermittelten Datenblöcke gegen Fehler, die Reihenfolgesicherung oder die Datenflußregelung. In dem Beitrag werden die Funktionen in lokalen Rechnernetzen (LAN), in Weitverkehrsnetzen (WAN) und ihren Übergängen (Gateway) unter dem Gesichtspunkt dieser formalen Gliederung behandelt. Typische Realisierungen von lokalen Netzen (wie der CSMA-CD-Bus oder der Token-Ring) sowie von Weitverkehrsnetzen (Datex-P) werden als Beispiele kurz behandelt und im Hinblick auf Durchsatz, Antwortzeitverhalten und Funktionalität diskutiert.

1. Architekturmodell für offene Kommunikationssysteme

1.1 Merkmale und Ziele

Die klassische Kommunikationstechnik ist durch dienstespezifische Netze gekennzeichnet: schmalbandige Fernsprechnetze für die Sprachkommunikation, breitbandige Verteilnetze für Rundfunk- und Fernsehen, Datennetze für die Text- und Datenkommunikation sowie spezielle Datennetze für die Fernwirktechnik und Prozeßdatenkommunikation. Die Leistungsmerkmale und technischen Lösungskonzepte waren auf den jeweiligen Anwendungszweck hin konzipiert; andere Dienstformen erforderten deshalb erhebliche Aufwände in den Endeinrichtungen, z.B. Modems für die vermittelte Datenkommunikation im analogen Fernsprechnetze.

Die zunehmende Unterstützung von bislang papiergebundenen Arbeitsvorgängen (Entwicklung, Konstruktion, Dokumentation, Planung, Angebotserstellung, Buchung, Abrechnung) durch Rechner und elektronische Speicher- und Wiedergabemedien sowie die integrierte Abwicklung von Projekten mit dezentraler Organisation erfordern neben der klassischen Sprachkommunikation neue Einrichtungen für die schnelle und zuverlässige Text-, Daten- und Bildkommunikation. Neben dieser überwiegend als Bürokommunikation bekannten Entwicklung vollzieht sich ein ähnlicher Wandel im Produktionsbereich; hochautomatisierte Fertigungssysteme erfordern ein stör- und ausfallsicheres, schnelles Kommunikationssystem zwischen Fertigungsleitrechnern und rechnergesteuerten Fertigungsautomaten.

Die zukünftige Entwicklung wird gekennzeichnet sein durch die Integration von Sprache, Text, Daten und Bild in volldigitale Nebenstellenanlagen, Netzübergänge zwischen lokalen Rechnernetzen und diensteintegrierten Nebenstellenanlagen, zwischen innerbetrieblichen und öffentlichen Netzen und die Kopplung örtlich verteilter Privatnetze über dedizierte oder bedarfsweise geschaltete öffentliche Netzeinrichtungen. Elektrische und optische Übertragungs- sowie hochintegrierte Speicher- und Rechnerkomponenten lassen die Integration eines weiten Spektrums unterschiedlicher Dienste in ein Netz ohne Verzicht auf die Vorteile von dienstespezifischen Übermittlungstechniken als möglich erscheinen.

Voraussetzung dieser aus der Sicht multifunktionaler Endgeräte und Endsysteme sinnvoll erscheinenden Entwicklung ist die internationale Standardisierung von Schnittstellen und Kommunikationsprozeduren (Protokollen).

Als Grundlage für die Normungsarbeit ist ein allgemeingültiges Architekturmodell von der International Standardization Organization (ISO) entwickelt worden, welches inzwischen auch von DIN übernommen worden ist [1]. Dieses Modell beruht auf Prinzipien der Schichtung von Funktionen, einem allgemeinen Dienstkonzept, einem Verbindungskonzept sowie auf Protokollen für die Kommunikation zwischen benachbarten Schichten derselben Einrichtung bzw. gleichen Schichten unterschiedlicher Einrichtungen.

1.2 Schichtung

Unter Schichtung wird die Zerlegung eines Systems in unabhängige Teilsysteme mit jeweils spezifischen Funktionen verstanden. Die Schichten sind aufeinander bezogen; mit jeder hinzugefügten Schicht wird die Funktionalität des darunterliegenden Systems erhöht. Das bekannte ISO-Architekturmodell unterscheidet sieben Hauptschichten, welche z.T. bereits in Subschichten unterteilt wurden; vgl. Bild 1. Die wichtigsten Funktionen der einzelnen Schichten sind:

- 1) Physical Layer (Ph) Übertragungskanal
 - Aktivierung/Deaktivierung eines Übertragungsabschnittes
 - Bitserielle Übertragung von Schicht 1-Nachrichtenblöcken (Ph-Service Data Units)
 - Festlegung aller elektrischen, mechanischen, funktionellen und prozeduralen Eigenschaften
- 2) Data Link Layer (DL) Übertragungsabschnitt
 - Auf-/Abbau von DL-Verbindungen
 - Übertragung von Schicht 2-Nachrichtenblöcken (DL-Service Data Units) mittels DL-Protocol Data Units (Rahmen)
 - Reihenfolgesteuerung und Datenflußsteuerung
 - Fehlererkennung und Fehlerbehebung
- 3) Network Layer (N) Netzzugang und Netz
 - Auf-/Abbau von N-Verbindungen
 - Verkehrslenkung und Vermittlung von Schicht 3-Nachrichtenblöcken (N-Service Data Units) mittels N-Protocol Data Unit (Paketeten)

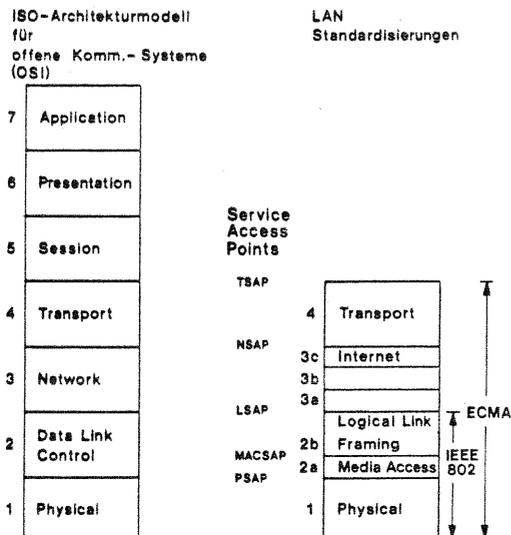


Bild 1 Architekturmodelle für offene Kommunikationssysteme (links) und lokale Rechnernetze (rechts)

- 4) Transport Layer (T) Transport zwischen Datenendeinrichtungen
- Adressierung
 - Auf-/Abbau von T-Verbindungen über das Netz hinweg
 - Multiplexierung/Aufspaltung von T-Verbindungen auf N-Verbindungen
 - Austausch von Schicht 4-Nachrichtenblöcken (T-Service Data Units) mittels T-Protocol Data Units
 - Reihenfolgesicherung, Datenflußsteuerung, Kettung, Segmentierung, Fehlerbehandlung von Nachrichtenblöcken
- 5) Session Layer (S) Kommunikationssteuerung
- Auf-/Abbau von S-Verbindungen
 - Steuerung des Informationsaustausches
 - Festlegung des Übertragungsmodus
 - Synchronisation des Dialogs
- 6) Presentation Layer (P) Geräteanpassung
- Auf-/Abbau von P-Verbindungen
 - Transformation von Daten hinsichtlich Code, Format und Syntax
 - Verschlüsselung von Daten
- 7) Application (A) Anwendungen
- Anwendungsprozesse der Benutzer, des Systemmanagements und des Anwendungsmanagements.

In den Schichten 2 und 3 sind, insbesondere für Anwendungen der lokalen Rechnernetze, Subschichten eingeführt worden, vgl. Bild 1. Die Schicht 2 etwa kann in Media Access (Zugriff auf Übertragungsmedium), Framing (Rahmenbildung) und Logical Link Control (Sicherheit), die Schicht 3 in Subnetwork Access (direkter Zugriff auf ein Subnetz), Subnetwork Convergence (Unterstützung zur Dienstgütesicherung) sowie Interneting (Netzübergänge) untergliedert werden.

1.3 Dienstkonzept

Eine Schicht L+1 baut auf die Funktionalität der darunterliegenden Schicht L auf, d.h. die Schicht L+1 (service user) nimmt die "Dienste" der Schicht L (service provider) in Anspruch. Die Prozesse innerhalb einer Schicht werden Instanzen (entities) genannt. Eine Schicht (L+1)-Instanz verkehrt mit Instanzen der Schicht L über einen Dienstzugangspunkt (Service Access Point, SAP), vgl. Bild 2. Zur eindeutigen Kennzeichnung von Dienstzugangspunkten und Instanzen wird ein Namenskonzept (naming) eingeführt, wodurch jeder L-SAP und jede L-Instanz durch eine Kennung (identifizier) adressiert wird, der L-Adresse bzw. der L-Name.

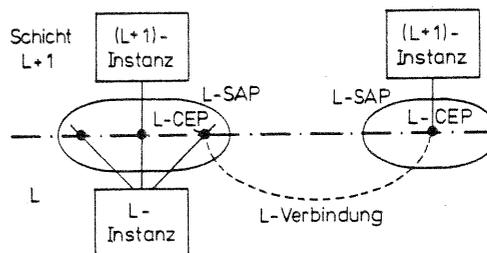


Bild 2 Schichten, Instanzen und Dienstzugangspunkte

1.4 Verbindungskonzepte

Zur Unterstützung des Datenaustausches zwischen zwei L-SAP's wird das Konzept einer Verbindung (connection) eingeführt. Wie in Bild 2 gezeigt, verbindet eine L-Verbindung logisch zwei L-SAP's miteinander, wobei die L-Verbindung als Funktion der Schicht L aufgefaßt werden muß, welche ihrerseits auf Funktionen unterer Schichten zurückgreift. Innerhalb eines L-SAP können mehrere Endpunkte von L-Verbindungen liegen, welche jeweils durch Verbindungsendpunktkennungen (connection endpoint identifier, CEP) unterschieden werden.

Der verbindungsorientierte Nachrichtenaustausch (connection mode) wird durch eine Reihe von Funktionen unterstützt. Bevor eine Kommunikation zwischen zwei (L+1)-Instanzen erfolgt, muß erst eine L-Verbindung hergestellt werden (connection establishment). Innerhalb einer Verbindung kann der Datenaustausch durch Merkmale wie Folgenumerierung, Reihenfolgesicherung, Fehlererkennung/automatische Wiederholung sowie Datenflußsteuerung sehr zuverlässig gestaltet werden. Die Parameter hierzu sind i.a. Gegenstand eines gegenseitigen Abstimmungsprozesses beim Verbindungsaufbau. Sie sind selbst während einer Verbindung noch änderbar. Die Verbindung wird nach Abschluß des Datenaustausches wieder abgebaut (connection release).

Neben dem verbindungsorientierten Nachrichtenaustausch wird eine einfachere Form, der verbindungslose Nachrichtenaustausch (connectionless) diskutiert. Diese Variante wird insbesondere für lokale Rechnernetze (LAN's) interessant, wo die zuverlässige Kurzstreckenübertragung nicht in allen Kommunikationsschichten dieselben Funktionen wie Reihenfolgesicherung, Fehlerbehandlung und Datenflußsteuerung erfordert. Das Konzept ist auch in Weitverkehrsnetzen auf der Basis des Austausches voll adressierter, autonomer Pakete (Datagram) realisiert worden.

1.5 Protokolle

Unter einem Protokoll wird die Zusammenfassung aller formalen und prozeduralen Eigenschaften verstanden, welche der Kommunikation zwischen verschiedenen Instanzen dient. Im Zusammenhang mit dem ISO-Architekturmodell können zwei grundsätzlich unterschiedliche Anwendungsfälle für Protokolle betrachtet werden, Protokolle zur Kommunikation zwischen zwei L-Instanzen unterschiedlicher Systeme (peer-to-peer protocol) sowie zur Kommunikation zwischen zwei benachbarten Instanzen desselben Systems (Dienstprotokoll, adjacent layer protocol).

Die Inanspruchnahme von Diensten der Schicht L durch die Schicht L+1 wird über ein Dienstprotokoll abgewickelt. Die Dienstanforderung eines Service User A wird mit einem Primitiv "Request" über einen L-SAP übergeben. Das darunterliegende Netz mit den Schichten 1 bis L überträgt diese Anforderung, welche dem Ziel (Service User B) über den entsprechenden L-SAP als "Indication" übergeben wird. Service User B antwortet im positiven Falle mit "Response"; diese Antwort wird umgekehrt dem Service User A mit einem Primitiv "Confirm" bestätigt, vgl. Bild 3.

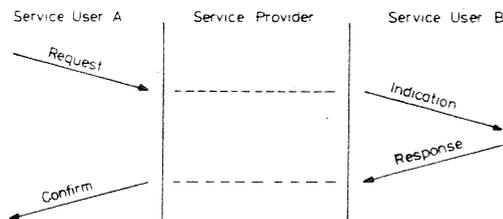


Bild 3 Steuerung der Kommunikation zwischen Schichten über Primitive

Ein Kommunikations-Steuerungsvorgang wie in Bild 3 heißt bestätigt (confirmed); unbestätigte (unconfirmed) Vorgänge entstehen, wenn nur ein Transfer in einer Richtung vorliegt.

Die zeitliche Folge von Primitiven, welche zwischen benachbarten Schichten zur Dienstanforderung benutzt werden, unterliegt i.a. bestimmten Synchronisationsbedingungen. Zusammen mit dem Format der dazu benutzten Steuerdatenblöcke kann dieser Vorgang in Form eines Dienstprotokolles definiert werden. Die einzelnen Primitive werden mit einer Parameterliste versehen und in einem Steuerdatenblock übertragen. Bild 4 zeigt zunächst das Beispiel eines Transportverbindungsaufbaus, der von der Schicht 5 (S) initiiert wird. Die übergebenen Parameter beziehen sich in diesem Falle z.B.

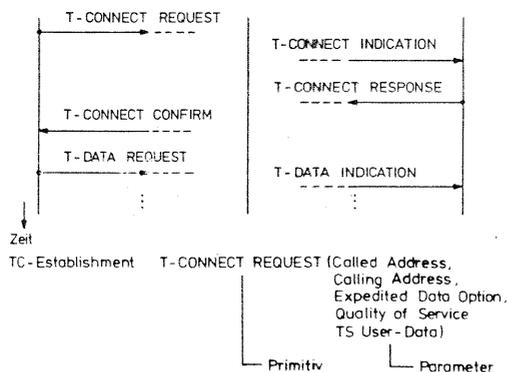


Bild 4 Steuerung des T-Verbindungsaufbaus zwischen benachbarten Schichten S und T

auf die Adressen ("Rufnummern") der rufenden und gerufenen Datenendeinrichtung, die Option eines beschleunigten Transports, Dienstparameter sowie Benutzerdaten.

Zwischen den Steuerdaten- und Benutzerdatenblöcken in benachbarten Schichten besteht ein logischer Zusammenhang. Zwischen Schicht L und L-1 werden Steuersignale in Form von (L-1)-Schnittstellen-Steuerinformationen (Interface Control Information), Benutzerdaten in Form von (L-1)-Schnittstellen-Dateneinheiten (Interface Data Units) ausgetauscht. Die Integrität der (L-1)-Schnittstellen-Dateneinheiten bleibt über die gesamte (L-1)-Verbindung erhalten.

In ganz ähnlicher Weise erfolgt der Kommunikationsvorgang zwischen zwei Instanzen derselben Schicht L (Peer-Protokoll). Die Schicht L benutzt hierzu formatierte Datenblöcke, die L-Protokoll-Dateneinheiten (protocol data units, PDU). Eine L-PDU ist zusammengesetzt aus der L-Protokoll-Steuerinformation (protocol control information, PCI) und der L-Dienst-Dateneinheit (service data unit, SDU), vgl. Bild 5. In der Regel wird eine (L+1)-PDU komplett in eine L-SDU abgebildet.

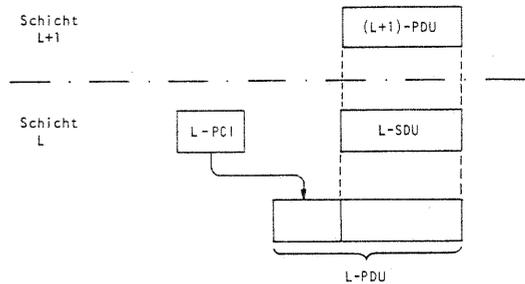


Bild 5 Dateneinheiten zum Informationsaustausch

Dateneinheiten unterschiedlicher Schichten können nach schichtenspezifischen Gesichtspunkten festgelegt sein, so daß im allgemeinen Fall noch eine Transformation auf die Dateneinheiten ausgeübt werden muß.

Neben der 1:1 Abbildung, wie in Bild 5 gezeigt, kann es sinnvoll sein, die Größen der Dateneinheiten unabhängig voneinander festzulegen. In solchen Fällen ist dann eine weitere Umsetzung erforderlich. Es werden dabei drei unterschiedliche Fälle berücksichtigt:

- Aufteilen/Vereinigen
Auf Senderseite werden aus jeweils einer L-PCI und L-SDU mehrere L-PDU gebildet (segmenting). Auf Empfängerseite ist die Segmentierung wieder rückgängig zu machen (reassembling)
- Blocken/Entblocken
Aus mehreren L-PCI und L-SDU entsteht eine L-PDU (blocking) und umgekehrt (deblocking)
- Verketteten/Trennen
Mehrere L-PDU können zu einer (L-1)-SDU verkettet werden (concatenation) und umgekehrt (separation).

Die Hauptfunktionen, welche ein Protokoll unterstützt, sind:

Bild 6 zeigt die Prinzipstruktur eines Paketvermittlungs-Fernnetzes. Die wesentlichsten Schnittstellen und Protokolle sind durch CCITT (Comité Consultatif de Télégraphie et Téléphonie) und ISO festgelegt [2,3]. Für den Zugang zu öffentlichen Netzen, die Kopplung verschiedener öffentlicher Netze sowie eine einheitliche Kommunikationsschnittstelle aus Benutzersicht sind insbesondere die kommunikationsorientierten Protokolle und Schnittstellen der Schichten 1-4 von Interesse:

CCITT X.1 Definition von Benutzerklassen
Benutzerklassen 8-11 für 2400, 4800, 9600 und 48000 bps im Paketmode

CCITT X.25 Schnittstelle zwischen paketorientierter Datenendeinrichtung und Netz
Auf Schicht 1 können unterschiedliche Standards wie X.21 und V.24/28 zugrundegelegt werden, welche die elektrischen, mechanischen, funktionellen und prozeduralen Eigenschaften der Ph-Schnittstelle repräsentieren.

Auf Schicht 2 übernimmt die LAP B (Untermenge der ISO HDLC-Klasse) den gesicherten Datentransport zwischen der teilnehmerseitigen Datenendeinrichtung DEE und der netzseitigen Datenübertragungseinrichtung DÜE, d.h. im einzelnen u.a.

- Bildung von Rahmen für eine Bitfolge-unabhängige Datenübertragung einschließlich Adressierung und Steuerfeld
- Auf- und Abbau der DL-Verbindung
- Reihenfolgesicherung und Datenflußsteuerung
- Automatische Fehlerbehebung durch Wiederholung.

Auf die Schicht 2 baut die Schicht 3 (Paketebene) auf, welche eine praktisch beliebige Anzahl von N-Verbindungen (virtual calls) zu multiplexieren gestattet. Im einzelnen leistet diese Schicht u.a.

- Bildung von Paketen
- Auf- und Abbau von virtuellen Verbindungen über virtuelle Kanalnummern (virtual channels)
- Reihenfolgesicherung und verbindungsindividuelle Datenflußsteuerung
- Fehlerbehebung

CCITT X.3, X.28, X.29

Schnittstelle zwischen zeichenorientierter Datenendeinrichtung und Netz bzw. paketorientierter Datenendeinrichtung

- X3 : Paketierungs- und Depaketierungsfunktion (PAD) für einfache asynchrone Terminals
- X28: Schnittstelle zwischen zeichenorientierter DEE und PAD
- X29: Schnittstelle zwischen paketorientierter DEE und PAD über das Paketvermittlungsnetz hinweg

CCITT X.75 Schnittstelle zur (internationalen) Kopplung von X.25 Paketvermittlungsnetzen (Gateway GY)

Wie X.25 ist X.75 in drei Schichten unterteilt für schnelle Datenleitungen (Schicht 1),

LAP B mit Multi-Link Protokollen (Schicht 2) und virtuelle Verbindungen mit einem erweiterten Feld für Netzübergangs-Parameter (Schicht 3)

CCITT X.32 Netzzugang über Fernsprech-Wählleitungen (in Vorbereitung)

CCITT X.214, X.224 (DIN ISO 8072, 8073)

Definition der Dienste bzw. Spezifikation der verbindungsorientierten Protokolle der Transportschicht

Der Norm-Entwurf sieht fünf Klassen von Transportprotokollen vor. Die Transportprotokolle verbinden zwei T-Instanzen der DEE über das gesamte Netz hinweg (End-zu-End-Protokoll).

Die mit diesen Standards festgelegten vier unteren Schichten des ISO-Architekturmodells stellen die kommunikationsorientierten Funktionen dar. Die darauf aufbauenden Schichten 5-7 können mehr den Verarbeitungsprozessen zugerechnet werden. Mit der Bereitstellung dieser Schnittstellen in öffentlichen Paketvermittlungsnetzen ist somit eine Voraussetzung für die Prozeßdaten-Übermittlung über öffentliche Fernnetze geschaffen. Die Dienste dieser Netze können entsprechend den Erfordernissen der Anwendung hinsichtlich Benutzerklasse, Durchsatz, Transferzeit und weiterer funktioneller und verkehrsleistungsbezogener Kriterien weitgehendst gewählt werden. Die spätere Einführung des ISDN ermöglicht ebenfalls den Anschluß der X.25-orientierten Endeinrichtungen.

3. Lokale Netze

3.1 Innerbetriebliche Kommunikationsnetze

Bedingt durch den zunehmenden Einsatz von rechnerunterstützten Hilfsmitteln zur Abwicklung von bürotechnischen Arbeitsvorgängen und steuerungstechnischen Problemen gewinnt die innerbetriebliche Datenkommunikation zunehmend an Bedeutung. Netzkonzepte und Endeinrichtungen waren in der Vergangenheit an den Anwendungen orientiert; dies führte zu einer Vielzahl von "maßgeschneiderten" Lösungen, welche sich auch in einer entsprechenden Vielfalt von Normen widerspiegelte. Die Möglichkeiten der modernen Kommunikationstechnik lassen hier eine Integration unterschiedlicher Dienste in ein Netz als technische und wirtschaftliche Alternative zu, ohne dabei auf die oft sehr unterschiedlichen Anforderungen der Anwendung verzichten zu müssen.

Arbeitsplatzrechnersysteme unterstützen die Sachbearbeitertätigkeiten durch Möglichkeiten der Ein-/Ausgabe von Text, Daten und Bild, die lokale Speicherung und Verarbeitung von Daten, die lokale Manipulation von Daten sowie die Kommunikation mit zentralisierten Einrichtungen (wie Großrechner, Datenbanken, Methodenbanken, E/A-Medien für Sprache, Daten oder Dokumente) oder anderen zentralen Einrichtungen über innerbetriebliche und öffentliche Kommunikationssysteme, vgl. Bild 7. Die Möglichkeiten von solchen Arbeitsplatzrechnersystemen als multifunktionale Endgeräte mit lokaler Datenverarbeitung erlauben u.a. Vorgänge wie

- Gleichzeitiges Unterhalten mehrerer Kommunikationsbeziehungen (Verbindungen)
- Text-, Daten- und Bildkommunikation parallel zur Sprachkommunikation
- Zugriff auf entfernte Datenbanken

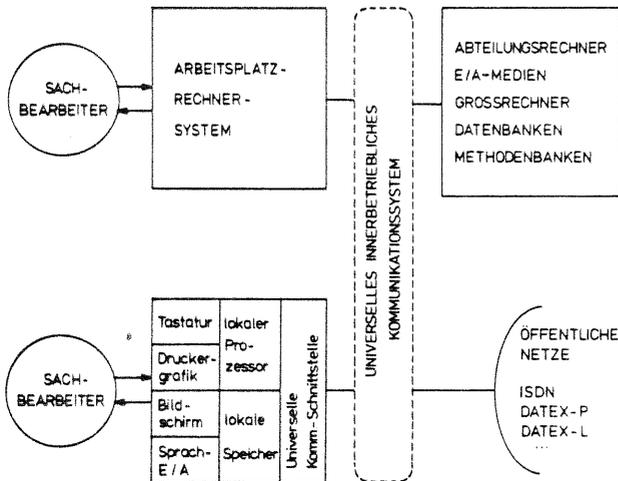


Bild 7 Kommunikationssysteme für den innerbetrieblichen Bereich

- Herunterladen anwendungsspezifischer Programme aus "Methodenbanken"
- Zusenden und Abrufen von Mitteilungen
- Rundsenden.

Die dadurch bedingten Anforderungen an ein universelles innerbetriebliches Kommunikationssystem können gekennzeichnet werden durch Merkmale wie

- variable Bandbreite bzw. Übertragungsrates
- schneller Auf- und Abbau von Verbindungen
- gesicherte Übermittlung
- ausfallsichere Netzstruktur
- standardisierte Kommunikationsschnittstellen und -protokolle.

Die Anforderungen der Prozeßdatenkommunikation sind prinzipiell gleich. Signale von verteilten Meß-, Regel- und Steuerungseinrichtungen werden zunehmend durch lokale Einrichtungen verarbeitet; die Vernetzung dieser lokalen Einrichtungen erlaubt aber erst eine übergeordnete Koordination der Betriebsabläufe. Unterschiede zur Bürokommunikation sind gradueller Natur und durch Merkmale wie Übertragungsgeschwindigkeit oder Störspannungssicherheit gekennzeichnet.

Kennzeichnend für den zukünftigen innerbetrieblichen Kommunikationsbereich ist vor allem die Heterogenität der Anforderungen. Gegenwärtig wird diesen Anforderungen durch getrennte (dienstspezifische) Netze begegnet; die daraus resultierenden Einschränkungen sollen durch die Dienstintegration behoben werden. Im öffentlichen Bereich laufen die Planungen auf dienstintegrierte Digitalnetze hinaus, welche in der ersten Phase sog. Schmalbanddienste (Sprach-, Text- und Datenkommunikation) mit 64 kbps-Kanälen integrieren sollen. In der zweiten Phase soll danach die Integration von breitbandigen Bewegtbilddiensten erfolgen. Im innerbetrieblichen Bereich wird - aufbauend auf die neue Generation volldigitaler Nebenstellenanlagen (BPX) - zunächst eine Integration bezüglich aller durchschaltetermittelten Dienste erfolgen (ISDN-PBX). Später ist auch hier die Integration paketvermittelter Dienste zu erwarten. Der ISDN-Basisanschluß sieht hierfür die Übermittlung paketorientierter Daten im Steuerkanal (D-Kanal) vor.

Parallel dazu verläuft der Aufbau von lokalen Datennetzen, welche primär der Rechnerkommunikation dienen (Local Area Networks, LAN). Hier wiederum sind zwei Kategorien zu unterscheiden: Breitbandnetze für die Durchschaltungsvermittlung und Basisbandnetze für die Paketvermittlung. Letztere überwiegen infolge des vorrangig betrachteten Datenverkehrs; da das Paketvermittlungsprinzip für die Prozeßdatenkommunikation besser geeignet erscheint und sich die Normung diesem Bereich stärker zugewandt hat, sollen diese Entwicklungen noch etwas ausführlicher charakterisiert werden.

3.2 Dienstintegrierte Nebenstellenanlagen (ISDN-PBX)

Dienstintegrierte Nebenstellenanlagen entwickeln sich aus der neuen Generation von volldigitalen Nebenstellenanlagen. Sie weisen folgende Merkmale auf:

- Durchschaltungsvermittlung für 64 kbps Vollduplex-Kanäle über Koppelnetze
- Sternförmige Netzstruktur mit konzentriertem Vermittlungsknoten
- Benutzung bestehender Anschlußleitungen für 2 B-Kanäle und dem D-Kanal
- Bereitstellung durchgeschalteter Verbindungswege zwischen zwei Teilnehmer-Endeinrichtungen (TE) ohne Sicherung der Informationsübertragung
- Steuerung des Verbindungsauf- und -abbaus über das D-Kanal-Protokoll (Schichten 1-3) zwischen PBX und TE.

Dienstintegrierte Nebenstellenanlagen eignen sich außer für den dominierenden Basisdienst Fernsprechen zur Text- und Festbildkommunikation (Teletex, Telefax, Btx); in erweiterter Form mit Breitband-Kanälen sind sie hervorragend für die Bewegtbild-Kommunikation geeignet.

Zur Abwicklung der übertragungstechnischen Aufgaben für eine 144 kbps-Vollduplex-Übertragung auf bestehenden Zweidraht-Kupferleitungen (Digitalisierung, Multiplexbildung, Modulation) und der steuerungstechnischen Aufgaben (D-Kanal-Protokoll) sind hoch- und höchstintegrierte mikroelektronische Komponenten in Entwicklung.

Die Normung bezüglich der Schnittstellen und Protokolle ist in den vergangenen Jahren durch das CCITT betrieben worden. Der momentane Stand ist in der I-Series Recommendation (ISDN) enthalten [4], welche nach Abschluß der Studienperiode in das neue CCITT Red Book übernommen wird. Die einzelnen Bereiche dieser Empfehlungen umfassen:

CCITT I.100 ISDN-Konzepte

Allgemeine ISDN-Konzepte, Terminologie und Methoden

CCITT I.200 Dienste

Dienstkonzepte des ISDN, aufgeteilt in Grunddienste (bearer services) und Kommunikationsdienste (tele-services)

CCITT I.300 Netzfunktionen

Funktionelle Prinzipien des ISDN, ISDN-Architekturmodell, Numerierung und Verkehrslenkung, Verbindungskonzepte und Leistungsziele

CCITT I.400 Schnittstellen zwischen Benutzern und Netz

Referenzkonfigurationen und Zugangsverfahren,

Basisanschluß und Primärgruppenanschluß, Empfehlungen zu den Schichten 1 (Physical Layer), 2 (Data Link) und 3 (Network), Multiplexierung, Geschwindigkeitsanpassung und Unterstützung existierender Schnittstellen

- CCITT I.500 Netzübergänge
- CCITT I.600 Überwachung und Wartung.

Aufbauend auf diese Empfehlungen wird für den innerbetrieblichen Bereich folgende Konfiguration entstehen; vgl. Bild 8.

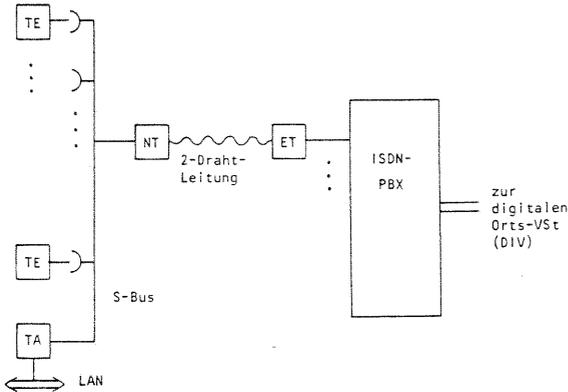


Bild 8 Netzkonfiguration auf der Basis von ISDN-PBX

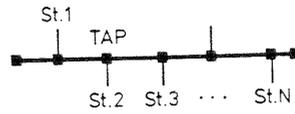
Die Teilnehmer-Endeinrichtungen (TE) eines Anschlusses sind clusterförmig über ein Bussystem (S-Bus) an den Netzanschluß (NT) angeschlossen. Die Leitungsabschlüsse (NT, ET) stellen die Übertragungstechnischen Voraussetzungen für eine (2B+D)-Kanalstruktur mit 144 kbps Vollduplex-Nutz-Übertragung zur Verfügung. Die Anschlüsse selbst sind sternförmig an die ISDN-PBX angeschlossen. Über Anpassungseinrichtungen (TA) können andere Geräte und Schnittstellen unterstützt werden einschließlich paketvermittelnder LAN's. Eine ausführliche Diskussion findet sich in [6].

3.3 Lokale Rechnernetze (LAN)

Für die speziellen Bedürfnisse der Rechnerkommunikation innerhalb eines beschränkten räumlichen Umfeldes wurden lokale Netze (Local Area Networks) entwickelt, welche folgende Hauptmerkmale aufweisen:

- Bus- oder ringförmige Netzstruktur mit verteiltem Zugriff und verteilter Vermittlung in den dezentralen Anschlußstationen, vgl. Bild 9
- Breitbandiges Übertragungsmedium (Koaxialleitung, Lichtwellenleiter)
- Paketvermittlung durch asynchrones Multiplexieren von Nachrichtenblöcken im Basisband bzw. Durchschaltevermittlung durch Zuteilung eines Frequenzmultiplexkanals (Breitband-LAN) oder synchroner Zeitmultiplexkanäle (Basisband-LAN)
- Steuerung des verteilten Zugriffs durch Wettbewerbsverfahren (Contention) oder Reservierungsverfahren (Token) auf Schicht 2a (Media Access Control, MAC)
- Steuerung des Verbindungsauf- und abbaus sowie gesicherter Datenaustausch bei Paketvermittlung durch adressierte Nachrichtenblöcke (Schichten 2b-4).

BUS



RING

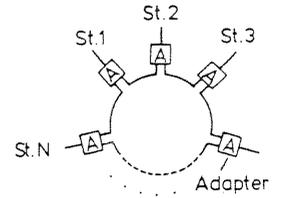


Bild 9 LAN-Netzstrukturen

Die Funktionen der Schicht 2 sollen für den überwiegenden Fall der Paketvermittlung noch etwas näher charakterisiert werden.

a) Zugriffsverfahren (Media Access Control, MAC)

Die dezentralen Zugriffsverfahren teilen sich in zwei Hauptgruppen auf, vgl. Bild 10.

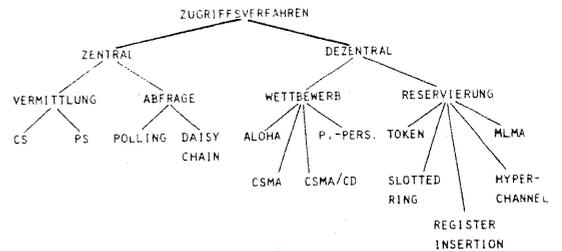


Bild 10 Klassifizierung von Zugriffsverfahren

Bei den Wettbewerbsverfahren ist das Verfahren CSMA-CD (carrier sense multiaccess, collision detect) für Bussysteme am weitesten verbreitet, siehe Bild 11. Jede Station überwacht den Aktivitätszustand des Kanals. Sendebereite Stationen

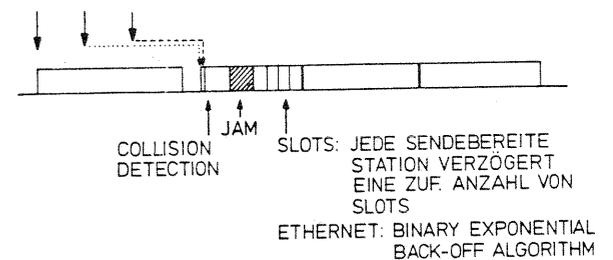


Bild 11 CSMA-Zugriffsverfahren

übertragen nur im Freizustand. Infolge endlicher Laufzeiten können Kollisionen entstehen, worauf der Sendevorgang abgebrochen und ein Kollisionsauflöseverfahren eingeleitet wird. Beim Ethernet-Verfahren [7] wird eine von der Anzahl vorausgegangener Kollisionen abhängige Zufallsverzögerung angewandt. Durch eine dynamisch priorisierte Einstellung der Verzögerungen können Folgekollisionen gänzlich vermieden werden[8].

Bei den Reservierungsverfahren ist das Token-Verfahren für Ringsysteme am bekanntesten [9]. Eine Kontrollnachricht (Token) wird zyklisch weitergereicht, und es darf nur diejenige Station senden, welche im Besitz des Tokens ist, vgl. Bild 12.

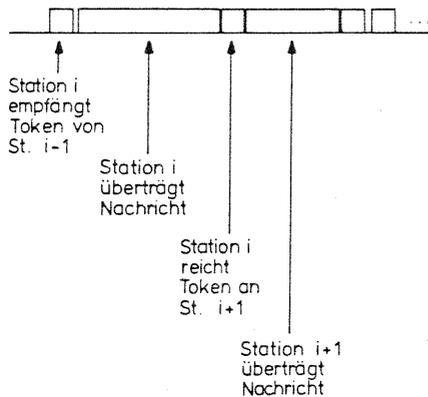


Bild 12 Token-Ring-Zugriffsverfahren

Das Token-Verfahren läßt sich prinzipiell auch auf einer Busstruktur realisieren: die Kontrollnachricht wird dann in Form einer adressierten Nachricht über den Bus weitergereicht; die angeschlossenen Stationen sind über diese Adreßverkettung zu einem logischen Ring verknüpft. Das Verfahren des Slotted Ring erlaubt eine synchrone Zeitteilung, so daß dieses Verfahren auch für Durchschaltvermittlung geeignet ist. Beim Register Insertion-Verfahren wird die Folge der hintereinander übertragenen Nachrichtenblöcke für den Sendevorgang aufgebrochen und die zu sendende Nachricht eingefügt. Die nachfolgenden Nachrichten werden über ein Zwischenregister gepuffert weitergereicht.

b) Sicherung (Logical Link Control)

Die Frage einer Schicht 2-Sicherung innerhalb von LAN's wird gegenwärtig kontrovers diskutiert, da infolge des Aufwands und der geringen Fehlerhäufigkeit eine End-zu-End Sicherung auf Schicht 4 zweckmäßig erscheint. Im allgemeinen Falle können DL-Verbindungen zwischen beliebigen Data Link-SAP's eingerichtet werden, welche über das gemeinsame Medium multiplexiert werden. Bild 13 zeigt das Beispiel zweier DL-Verbindungen, welche jeweils zwischen einem Source-SAP (SL-SAP) und einem Destination-SAP (DL-SAP) aufgebaut sind.

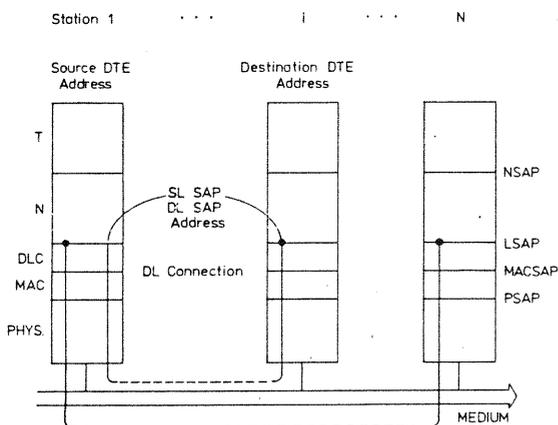


Bild 13 DL-Verbindungen in LAN's

c) Normung

Mit LAN-Systemen sind vier Normungsgremien befaßt:

- IEEE Project Group 802
- ECMA TC 24
- ISO TC 97 SC 6
- IEC SC 65 C.

Diese zunächst z.T. parallel verlaufenden Entwicklungen werden inzwischen miteinander koordiniert. Die wesentlichsten Standardisierungsvorschläge des IEEE sind [5]:

IEEE 802.2 LAN Data Link Layer (Schicht 2b)

Dienstspezifikation der Unterschicht 2b (DL) für verbindungslose und verbindungsorientierte Kommunikation, Formate und Protokolle der Schicht 2b (ähnlich HDLC-Klasse von Prozeduren).

IEEE 802.3 CSMA/CD-Zugriffsverfahren (Schicht 2a) und Ph-Dienste (Schicht 1)

Dienstspezifikation der Unterschicht 2a (MAC), Rahmenstruktur und CSMA/DC-Zugriffsverfahren, Dienst- und Schnittstellenspezifikation der Unterschicht 1 (Ph)

IEEE 802.4 Token-Passing-Bus Zugriffsverfahren (Schicht 2a) und Ph-Dienste (Schicht 1)

Ähnlicher Aufbau wie 802.3

IEEE 802.5 Token-Passing-Ring Zugriffsverfahren (Schicht 2a) und Ph-Dienste (Schicht 1)

Die entsprechenden Standards der ECMA sind ECMA 80, 81, 82 für CSMA/CD, ECMA 89 für Token Ring und ECMA 90 für Token Bus. Für die Belange der Prozeßdatenkommunikation im Industriebereich ist eine als "Proway" bekannte Standardisierung durch die IEC in Vorbereitung, welche auf dem Token-Bus beruht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Normung in den einzelnen Anwendungsbereichen Rechnerkommunikation und Prozeßdatenkommunikation relativ weit fortgeschritten ist und auch miteinander abgestimmt wird. Dies ist die Basis für die Entwicklung von hochintegrierten Bausteinen, welche für eine kostengünstige Realisierung notwendig sind.

4. Prozeßdaten-Übermittlung

Nachdem in den vorausgegangenen Abschnitten die prinzipiellen Netzkonzepte für lokale Netze und Fernnetze sowie der Stand der Normung einschließlich dem dafür als Grundlage dienenden ISO-Architekturmodell kurzgefaßt dargestellt wurden, sollen abschließend Konsequenzen für den speziellen Anwendungsbereich der Prozeßdaten-Übermittlung anhand einer Reihe von Kriterien diskutiert werden.

4.1 Netzkonzepte

Bislang war die Prozeßdaten-Kommunikation überwiegend auf typische Anwendungsklassen fixiert (Leitsysteme, Überwachungssysteme u.ä.) und deshalb ausschließlich über private Lokal- und Fernnetze abgewickelt worden. Die Ausdehnung des Anwendungsspektrums hinsichtlich der Integration von CAD/CAE/CAM wirft die Fragen der Integration mehrerer Dienste sowie den Anschluß an öffentliche Netze auf. Diese Anforderungen sind aber prinzipiell vergleichbar mit der Büro- und Rechnerkommunikation.

Die oft unterschiedlichen Anforderungen hinsicht-

lich der Randbedingungen wie Störspannungseinfluß, Fehlertoleranz, Übertragungsrate u.ä.m. legen für einen Großteil der Anwendungen eine Kopplung von Netzen nahe. Mit diesem Konzept könnte momentan am besten den spezifischen Anforderungen der netzinternen Kommunikation einerseits und der Schnittstellen-Anpassung für offene Kommunikationssysteme über Gateways andererseits entsprochen werden. Außerdem ließe diese Lösung die Kopplung mit mehreren Netzen zu, wie etwa dem Datex-P (Weitverkehrs-Paketnetz) und dem ISDN, vgl. Bild 14.

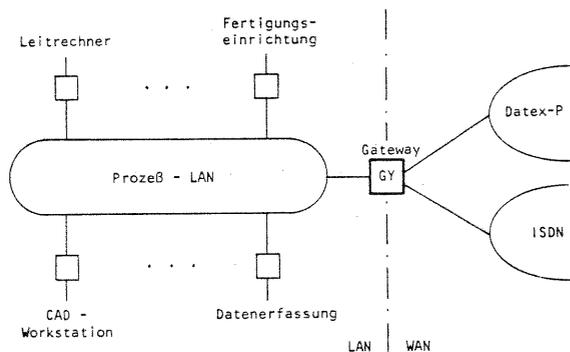


Bild 14 Netzkopplung über Gateway

4.2 Protokolle

Innerhalb eines Prozeß-LAN's werden die Protokolle von den Erfordernissen der Anwendung (z.B. garantierte Reaktionszeit, sofortige Quittierung etc.) bestimmt sein, während innerhalb der öffentlichen Netze die Protokolle und Schnittstellen von der Sprach-, Text- und Datenkommunikation bestimmt sind und festliegen.

Als LAN-interne Protokolle kommen CSMA/CD- und Token-Verfahren in Betracht, welche auf den untersten drei Schichten (Ph, MA, DL) definiert sind. Die Schnittstellen-Anpassung an die Protokolle der öffentlichen Netze ist Aufgabe des Gateways. Am Beispiel des paketvermittelnden Fernnetzes Datex-P mit einer X.25-Netzschnittstelle und virtuellem Verbindungskonzept und einem LAN ist in Bild 15 die prinzipielle Protokoll-Schichtung eines Gateways skizziert.

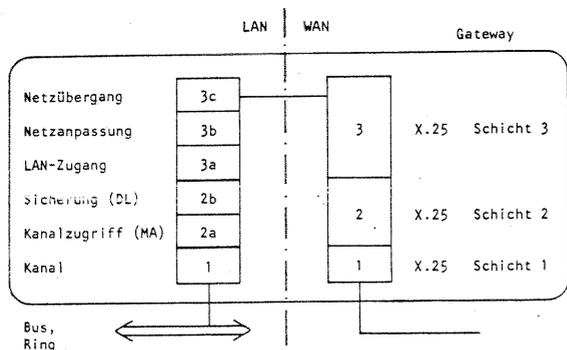


Bild 15 Schichtenmodell eines Gateways

Die spezifischen Funktionen der Unterschichten 3a, b, c sind:

- 3a: Zugriff auf das LAN (Schicht 2b)
DL-Verbindungssteuerung bei verbindungsorientierter Übertragung
- 3b: Netzanpassung
Anpassung der LAN-abhängigen Funktionen wie Wahl der Dienstparameter, Wahl der Rahmengröße, Adressierung, Multiplexieren oder Aufspalten von Verbindungen
- 3c: Netzübergang
Anpassung der LAN-unabhängigen Funktionen wie Aufteilen und Vereinigen von Dateneinheiten, Zwischenspeichern, Verkehrslenkung, Datenflußsteuerung etc.

4.3 Verkehrsleistung

Die Verkehrsleistung wird von einer Reihe von Parametern beeinflusst. Innerhalb von LAN's sind die wesentlichsten Einflußgrößen u.a.

- Übertragungsrate und Fehlerrate des Kanals
- Entfernung der angeschlossenen Stationen
- Zugriffsprotokoll (CSMA/CD, Token)
- Zugriffsprotokoll-Parameter (token-delay, slot time, ..)
- DL-Protokollparameter (Fenstergröße, Recovery Mechanismus)
- Rahmenlängen-Verteilung
- Verkehrsstärke und Ankunftsabstands-Verteilung
- Prozessorgeschwindigkeit für Protokoll-Behandlung.

Innerhalb von WAN's ist die Parametervielfalt gekennzeichnet durch

- Entfernung (Anzahl der Zwischenknoten)
- Verbindungstyp
- Fenstergröße für Datenflußsteuerung
- Übertragungs- und Fehlerraten der Kanäle
- Paketlängen-Verteilung
- Prozessorgeschwindigkeit für Vermittlung und Verkehrslenkung
- Netzbelastung.

Die Verkehrsleistung wird ausgedrückt durch Größen wie

- Maximaldurchsatz
- Transferzeit-Statistik (Mittelwert, Verteilung) abhängig vom Auslastungsgrad (Durchsatz).

Sie kann entweder experimentell durch Messung am realen System, durch Messung am realen System mit simulierter Last, durch Simulation eines Netzmodells mit simulierter Last oder analytisch mit Hilfe von Modellen der Warteschlangentheorie bestimmt werden. Auf diese Verfahren kann hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Übersichtliche Darstellungen zur Netzanalyse finden sich in [10, 11]. Für Untersuchungen zu lokalen Rechnernetzen wird auf [12, 13] verwiesen.

Schrifttum:

- [1] DIN ISO 7498, Kommunikation Offener Systeme: Basis-Referenzmodell. Entwurf Mai 1982.
- [2] CCITT Empfehlungen der X-Serie. Yellow Book, Genf, 1981, Red Book (in Vorbereitung), Genf, 1985.
- [3] DIN ISO 8072, 8073, Kommunikation Offener Systeme: Definition der Dienste und verbindungsorientierter Protokolle der Transportschicht, Jan. 1984.
- [4] CCITT I-Series Recommendations (ISDN) Draft 1984, Red Book (in Vorbereitung), Genf, 1985.
- [5] IEEE Project 802, Local Area Network Standards, Rev.D., Dec. 1982.
- [6] Swoboda, J.: Digitale Nebenstellenanlagen im diensteintegrierten Netz ISDN. Tutorium GI/NTG-Fachtagung Kommunikation in Verteilten Systemen, Berlin, Jan. 1983. Erscheint in: Informatik Spektrum 1984.
- [7] Metcalfe, R.M., Boggs, D.R.: ETHERNET: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks. Comm. ACM, Vol.19 (1976), S.395-403.
- [8] Kiesel, W.M., Kühn, P.J.: A New CSMA-CD Protocol for Local Area Networks with Dynamic Priorities and Low Collision Probability. IEEE Journ. on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-1 (Nov.1983), S.869-876.
- [9] Bux, W., Closs, F., Janson, P.A., Kümmerle, K., Müller, H.R. and Rothausser, E.H.: A Local Area Communication Network Based on a Reliable Token Ring System. Proc. Int. Symp. Local Computer Networks, Florence (1982), S.69-82.
- [10] Reiser, M.: Performance Evaluation of Data Communication Systems. Proc. IEEE, Vol.70 (1982), S.171-196.
- [11] Kühn, P.J.: Modelling and Analysis of Computer Networks - Decomposition Techniques, Transient Analysis and Protocol Implications. Proc. Int. Conf. on Communications (ICC), North Holland, Amsterdam, 1984.
- [12] Bux, W.: Local Area Subnetworks: A Performance Comparison. IEEE Transact. on Communications, Vol. COM-29 (1981), S.1465-1473.
- [13] Kümmerle, K., Stuck, B.W., Togabi, F.A. (Eds.): Special Issue on Local Area Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-1 (Nov.1983), S.697-959.