

Messung der Datenverkehrsprofile in Lokalen Netzen

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

Kurzfassung

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse vorgestellt, die sich bei Messungen des Datenverkehrs in unterschiedlichen Lokalen Netzen mit CSMA/CD Zugriffsverfahren (Ethernet) in der Büro-, Fabrik- und Entwicklungsumgebung ergaben. Die Messungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis LAN der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) bei Lokalen Netzen im laufenden industriellen Betrieb durchgeführt. Das Verkehrsprofil spiegelt die Anwendungen und das Benutzerverhalten wieder. Gegenüber früheren Messungen im Fernsprechnetzen ergeben sich deutliche Unterschiede durch automatisch, oft periodisch, ablaufende Vorgänge. Die Messungen der Verkehrsprofile in Lokalen Netzen sind notwendig um Netze richtig dimensionieren zu können. Außerdem lassen sich die Annahmen, die bei der Analyse von Lokalen Netzen gemacht werden, überprüfen. Die Auslastung des Übertragungsmediums war bei allen durchgeführten Messungen deutlich unter 10% (oft unter 1%) der Kanalbandbreite. Die Verteilung der Rahmenlänge weist einen großen Anteil bei kurzen Rahmen (< 200 Byte) auf und kleinere Anteile bei längeren Rahmen (550, 1100 oder 1500 Byte). Die Poisson Verteilung nähert die Verteilung der Abstände der übertragenen Rahmen nur ungenügend an. Es ist ein überproportionaler Anteil bei kurzen Abständen zu beobachten.

1. Einleitung

In dem letzten Jahrzehnt haben sich Lokale Netze in den meisten Anwendungen mit verteilten Rechensystemen (Mainframes, Workstations und Personal Computer) durchgesetzt. Als der Beginn dieser Ära kann der gemeinsame Standard "Ethernet" der drei Firmen Digital Equipment, Intel und XEROX und [Ethernet 80] im Jahre 1980 angesehen werden, der

dann 1983 mit geringen Änderungen zu dem internationalen Standard [CSMA/CD] genormt wurde. Weitere Standards [Token Bus, Token Ring] schlossen sich bald an. Im Augenblick werden Standardisierungen für einen höheren Geschwindigkeitsbereich von 100 MBit/s vorgenommen. Durch die Standardisierung wurde es möglich Geräte unterschiedlicher Hersteller am gleichen Übertragungsmedium in einem heterogenen Rechnerverbund zu betreiben. Für eine transparente Nutzung der Kommunikation ist jedoch auch eine Standardisierung der höheren Schichten (2b-7) des ISO Referenzmodelles [Referenzmodell], das die Grundlage für eine offene Kommunikation ist, notwendig.

Die Übertragungsraten dieser standardisierten Lokalen Netze CSMA/CD, Token Bus und Token Ring liegen zwischen 1 MBit/s und 20 MBit/s mit typisch 10 MBit/s. Das Übertragungsmedium ist ein Koaxial-Kabel, Glasfaser oder verdrehte Leitungen. Das dezentrale Kanalzugriffsverfahren ist bei CSMA/CD stochastisch und bei Token Ring und Token Bus durch eine zyklisch umlaufende Sendeberechtigung (Token) geregelt. Physikalisch ist das Medium bei CSMA/CD und Token Bus als ein Bussystem ausgelegt, während bei Token Ring ein gerichteter Ring verwendet wird. Zur Zeit hat das CSMA/CD Zugriffsverfahren die weiteste Verbreitung, bedingt durch seine frühe Standardisierung und Verfügbarkeit von integrierten Schaltkreisen für das Kanalzugriffsverfahren.

Bei den Lokalen Netzen lassen sich drei Haupteinsatzgebiete unterscheiden :

- Rechenzentrum,
- Büro (Arbeitsplatzrechner) und
- Fabrik (Prozeßautomatisierung).

Die Anwendungen, die auf Lokalen Netzen abgewickelt werden, sind je nach Einsatzgebiet unterschiedlich und lassen sich nach Bild 1.1 klassifizieren.

Während im Rechenzentrum und Büro hauptsächlich "Resource Sharing", "File Transfer" und "Mailing" im Vordergrund stehen, wird bei Fabrikanwendungen hauptsächlich "Task to Task"- Kommunikation und "File Transfer" angewendet.

Neuere Entwicklungen zielen darauf ab, Arbeitsplatzrechner ohne eigenen Sekundärspeicher (Platte) zu betreiben und dafür über das Lokale Netz den Sekundärspeicher auf einem zentralen Rechner (Server) zu verwenden. Diese Rechner werden als "Diskless Nodes" bezeichnet. Weitergehend werden sich daraus Systeme mit verteiltem Betriebssystem entwickeln.

Der Datenverkehr, der von den einzelnen Stationen auf dem gemeinsamen Übertragungsmedium übertragen wird, ergibt in der Überlagerung ein komplexes Verkehrsprofil. Durch Messung unterschiedlicher Parameter kann ein Eindruck von diesem Verkehrsprofil gewonnen werden, der stark von den Anwendungen und der Anzahl der Stationen abhängt. Allgemeine

Parameter, bezogen auf das Übertragungsmedium, sind :

- Auslastung des Übertragungsmediums,
- Rahmenrate auf dem Übertragungsmedium,
- Verkehrsmatrix,
- Rahmenlängenverteilung und
- Abstandsverteilung der übertragenen Rahmen.

Neben diesen allgemeinen Parametern lassen sich für jedes Zugriffsverfahren spezifische Parameter angeben, wie z. B. für CSMA/CD :

- Kollisionen und
- Fehler (Runts, Jabbers, Misalignment und FCS Fehler)

auf dem Übertragungsmedium.

Manche der Parameter lassen sich ebenfalls auf einzelne Stationen oder Gruppen von Stationen anwenden. Betrachtet man außerdem die Protokolle in den höheren Schichten, so lassen sich unterschiedliche Paketttypen unterscheiden. Während auf dem Übertragungsmedium die Rahmen "verbindungslos" übertragen werden (jeder Rahmen trägt die vollständige Quell- und Zielinformation) tritt in den höheren Schichten das Verbindungskonzept auf. Dafür lassen sich weitere Parameter identifizieren :

- Pakettypverteilung,
- Paketlängenverteilung pro Pakettyp,
- Paketlängenverteilung bezogen auf eine Verbindung,
- Anzahl der Verbindungen und
- Durchsatz einer Verbindung.

Weshalb werden nun Leistungsmessungen bei Lokalen Netzen durchgeführt? Es gibt dafür im wesentlichen drei Gründe.

- Validierung der Annahmen, die bei der Leistungsuntersuchung, sowohl Simulation wie auch Analyse, gemacht werden.
- Als Dimensionierungsgrundlage für die Entwicklung, den Neuaufbau und den Ausbau von Lokalen Netzen.
- Feststellen von Normalzuständen und Fehlverhalten von Lokalen Netzen, bis zu der Diagnose des Fehlers.

Die unterschiedlichen Zielsetzungen bedingen teilweise auch unterschiedliche Parameter und Meßgenauigkeiten.

Im zweiten Abschnitt wird eine Übersicht über die Literatur zu Messungen an Lokalen Netzen gegeben. Im dritten Abschnitt wird das verwendete Meßprinzip erläutert und im vierten Abschnitt werden vorläufige Ergebnisse aus 5 Messungen dargestellt.

2. Literaturübersicht

Die Literatur im Bereich der Messung von Verkehrsprofilen und Benutzerverhalten in Lokalen Netzen ist relativ dürftig im Vergleich zur Literatur über Leistungsuntersuchungen. Dies ist hauptsächlich auf den hohen Aufwand an Meßausrüstungen und Zeit zurückzuführen, die bei Messungen notwendig sind. In [Pawlita 88] befindet sich eine hervorragende Übersicht über die allgemeine Literatur von Messungen. Hier soll vertieft auf die Messung des Verkehrsprofils in Lokalen Netzen eingegangen werden.

In [Shoch 80] ist von den Ethernet-Entwicklern die erste Messung an einem Lokalen Netzen mit 120 angeschlossenen Rechnern bei der Firma XEROX durchgeführt worden. Die Kernaussagen dieser Messung sind, daß die Netzwerkauslastung gering ($<1\%$) ist und gemessen über einen ganzen Tag ähnlich schwankte wie die Auslastung des Fernsprechnetzes mit typischen Arbeitszeiten. Die Rahmenlängenverteilung der übertragenen Rahmen setzte sich aus zwei Anteilen zusammen. Einem Anteil bei kurzen Rahmen (30 Byte) und einem Anteil bei langen Rahmen (550 Byte).

In [Feldmeier 86] sind ähnliche Messungen an einem Token-Ring am Institute of Technology in Massachusetts durchgeführt worden. An das Netzwerk waren 33 Rechner (VAX 11/750, PDP 11 und andere) angeschlossen. Außerdem war das Netz über Gateways an ein 10 MBit/s Ethernet, ein 3 MBit/s Ethernet und an ARPANET angeschlossen. Es wurde festgestellt, daß die wesentlichen Aussagen für Netzwerkauslastung und Rahmenlängenverteilung erhalten blieben. Für die Ankunftsabstandverteilung (Inter Arrival Time) der übertragenen Rahmen ist als wesentliches Ergebnis festzuhalten, daß sie nicht einer Poisson Verteilung entsprach, sondern kurze Zwischenankunftszeiten verstärkt auftraten. Der Autor schlägt vor, die Verteilung der Zwischenankunftszeiten durch eine Mischung aus drei Poisson Verteilungen anzunähern, ohne die Parameter anzugeben oder dies zu motivieren. Diese Problematik wurde in [Jain 86] ausführlich diskutiert und mit Messungen validiert. Überraschend in seinem Bericht ist ebenfalls, daß 50% der übertragenen Rahmen aus Internet Paketen bestanden.

In [Gusella 87] wird von einer Messung an der University of California in Berkeley berichtet, bei der ein 10 MBit/s Ethernet "Diskless Workstations" mit File-Servern verbindet. Durch die intensive Nutzung des Netzwerkes durch die "Diskless Workstations", die mit zu geringem Hauptspeicher ausgestattet waren, ergaben sich wesentlich höhere Auslastungen des Netzwerkes (8%) mit Spitzenwerten von 25% gemessen in 1 Minuten Intervallen. Wurde als Meßintervall 1 Sekunde verwendet, so ergaben sich Spitzenwerte von über 30% Netzwerkauslastung. Diese Spitzenwerte nähern sich der maximal vertretbaren Auslastung von Ethernet. Für die Workstations wurde beobachtet, daß eine Workstation 10-20% der Bandbreite von

Ethernet über längere Zeiträume (Sekunden – Minuten) belegen kann. Der nicht Poisson Charakter der Zwischenankunftszeit von Rahmen wurde bestätigt und die Rahmenlängenverteilung wurde verfeinert auf Paketttypen. Durch den Zugriff auf den Sekundärspeicher bei dem Server ergaben sich hohe Anteile bei langen Rahmen (1072 Byte).

Weitere Messungen sind in [Brusil 85], [Couch 87], [Lübbe 87] und [Suppan-Borowka 86] zu finden.

3. Meßprinzip

Eine Messung am Lokalen Netz kann folgendem Zweck dienen:

- Validierung der Annahmen bei der Leistungsuntersuchung,
- Netzüberwachung und
- Fehlersuche.

Bei den genannten Messungen wird ein LAN-Protokollanalysator als passives Meßgerät eingesetzt. Eine Ausnahme ist bei der Fehlersuche in Lokalen Netzen möglich, wenn der LAN-Analysator als Stimuligerät verwendet wird.

Ein Lokales Netz wie Ethernet ist ein breitbandiges serielles Bussystem, bei dessen Installation in jedem Fall die von Norm und Herstellern spezifizierten Vorschriften genauestens einzuhalten sind. Durch Ausmessen der Kabeldämpfung lassen sich vor der Inbetriebnahme Fehler wie zu geringer Biegeradius oder schlechte Verbindungskontakte erkennen. Solche Fehler der ISO-Schicht 1 können nicht mit einem LAN-Analysator direkt gemessen werden, sondern lassen sich nur mit großer Systemkenntnis aus durchgeführten Messungen ableiten.

Die Stärke des LAN-Analysators liegt in der Fähigkeit, die höheren Protokollschichten (Schicht 2 bis 4) zu untersuchen. Dazu wird dieser an einer beliebigen Stelle in einem Ethernet-Netz an das Koaxialkabel angeschlossen, falls kein Segment des Netzes über eine Bridge mit weiteren Segmenten verbunden ist.

Ist ein LAN mit der gewünschten Topologie in Betrieb, so wird der LAN-Tester zur periodischen Netzüberwachung immer am Netz bleiben.

Die dabei permanent anfallenden Daten werden mittels Statistikprogrammen vorverarbeitet und beim Netzbetreiber für Langzeitstatistiken (Verfügbarkeit, Fehlerreports usw.) verwendet. Bei diesen wiederholten Messungen ist es für die daraus ableitbaren Aussagen extrem wichtig, definierte Geräteeinstellungen zu verwenden, damit sich unterschiedliche Messungen bezüglich der Verkehrscharakteristika vergleichen lassen.

Die wichtigste Größe bei der Verkehrsmessung ist die Sample Time. Zur Erstellung von Netzwerkstatistiken genügt meist eine Integralmessung über ein definiertes Zeitintervall (Sample Time von 10msec bis 1h). Zu beachten ist hierbei, daß Messungen mit einer kurzen Sample Time andere Spitzenbelastungen ergeben als solche mit einer längeren Sample

Time, wie folgendes Beispiel verdeutlicht.

Zeit/bit = 100 nsec/bit (bei Ethernet 10BASE5)

min. Rahmenlänge = 72 Octett = 576 bits → 57,6 usec/frame

max. Rahmenlänge = 1526 Octett = 12208 bits → 1220,8 usec/frame

Inter Frame space (IFS) = 12 Octett = 96 bit → 9,6 μsec/ifs

min. Rahmen + IFS = 0.0670 msec → 14925,3 frames/sec

max. Rahmen + IFS = 1.2304 msec → 812,7 frames/sec

Die maximale Rahmenübertragungsrate wird erreicht, wenn 14925 kurze Pakete pro Sekunde übertragen werden. Üblicherweise wird die 100%ige Netzauslastung (max. Übertragungsrate) wie folgt definiert (nur max. Rahmen werden übertragen):

max. Bits/s = 10 Mbits/s - (812 frames/s * 96 bits) = 9922048 bits/s

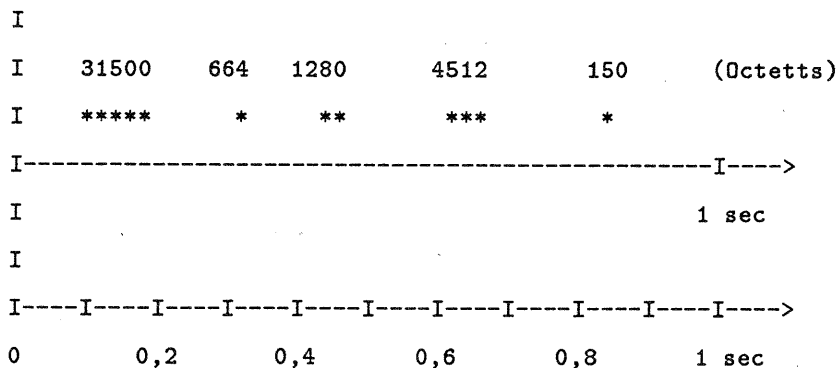


Bild 3.1 : Sample Time bei Messung der Netzwerkauslastung.

Bei Sample Time = 1 sec :

Auslastung = $(31500+664+1280+4512+150)*8 / 9922048 = 3\%$

bei Sample Time = 100 msec :

max. Auslastung = $31500 * 8 / 992204,8 = 25\%$

mittl. Auslastung = 3% (über 1 Sekunde)

Bei einer theoretischen Sample Time von 1 msec wird bereits eine 100 %ige Auslastung errechnet, wenn in dieser Zeit gerade nur ein einziger langer Rahmen transferiert wird! Andererseits werden die Werte desto stärker gemittelt, je größer die Sample Time wird.

Bei den durchgeführten Messungen wurde willkürlich eine Sample Time von 6 min gewählt.

Für den Netzbetreiber gibt es weitere Möglichkeiten, Teilaspekte der Netzwerkkommunikation detailliert zu betrachten.

Die Verkehrsmatrix gibt an, zwischen welchen Stationen Datenströme existieren und wie hoch die Datenrate dabei ist. Damit lassen sich sofort stark belastete Verkehrsquellen und -senken erkennen. Ausgezeichnete Stationen am Netz wie Gateways zu anderen Netzen lassen sich auf ihre Verkehrsvolumen und Beziehungen untersuchen. Damit ist die Verkehrsmatrix eine erste Orientierungshilfe über die Datenflüsse im LAN.

Genauere Messungen erfordern weitere einschränkende Angaben. Je nach Auswahl des Teilverkehrs (durch Einsatz geeigneter Filter) erhält man so:

- stationsspezifische,
- protokollspezifische oder
- rahmenspezifische

Angaben.

Messungen, die Teilverkehre ausfiltern, sind dann sehr sinnvoll, wenn mehrere unterschiedliche Protokolle und/oder Anwendungen über dasselbe LAN laufen.

Entscheidend für eine Messung am LAN ist weiterhin, wann mit diesen Geräteeinstellungen das Netz beobachtet wird. Es hat sich gezeigt, daß vor bzw. nach Feiertagen oder Wochenenden ein anderer Verkehr im Lokalen Netz herrscht als an gewöhnlichen Arbeitstagen. Analoges gilt bei Messungen im Sekunden- bis Stundenbereich, da es an einem repräsentativen Tag in den meisten von uns betrachteten Netzen deutliche Belastungsschwankungen aufgrund ausgeprägtem Benutzerverhalten gibt.

Dies hat zur Definition des "Hauptverkehrstages" (HVTA) und der "Hauptverkehrsstunde" (HVST) geführt, die möglichst typisch für das jeweilige Netz sind.

- Im Bürobereich (Interaktivbetrieb) steht HVTA für einen Arbeitstag zwischen Dienstag und Donnerstag, sofern diese Woche keine Feiertage enthält, die HVST für die Zeit von 10 - 12 und von 13 - 17 Uhr,
- Bei CIM-Netzen gibt es keine so ausgeprägten Verkehrsschwankungen, da die überwiegenden Anwendungen ganztägig automatisch ablaufen.

Wird ein LAN-Analysator bei der Fehlersuche eingesetzt, so ist unbedingt erforderlich, daß mit dem eingesetzten LAN-Analysator:

- jeder Rahmen in seiner gesamten Länge,
- alle Rahmen auf dem Kabel, auch solche mit dem minimalen Rahmenabstand,
- Rahmen mit falscher Länge (misaligned frames),
- zu kurze Rahmen (runts),
- zu lange Rahmen (jabbers),
- Kollisionen und auch späte Kollisionen sowie
- Fehler in der Prüfsumme (frame check sequence errors)

erfaßt und gespeichert werden. Diese Anforderungen müssen auch über längere Meßperioden erfüllt werden.

Neben den protokollmäßig erlaubten Fehlern wie Kollisionen sind alle weiteren Fehler Indikatoren für die Fehlfunktion einer Netzkomponente. Für die Beurteilung der Netzgüte sollten auch Messungen zu diesen Fehlern gemacht werden, denn bei "runts", "jabbers" oder "misaligned frames" müssen die Ursachen bei fehlerhaften Stationen gesucht werden, eine Zunahme der Prüfsummenfehler deutet auf Übertragungsfehler hin.

Die Häufigkeit der stattgefundenen Kollisionen nimmt bei zunehmender Netzbelastung im LAN deutlich zu.

4. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden für die 5 durchgeführten Messungen, die in Tabelle 4.1 grob charakterisiert sind, die wesentlichen Ergebnisse dargestellt. Weitere Messungen sind geplant. Für jede Messung wird in den folgenden Abschnitten die Anwendung, die zur Kommunikation das Lokale Netz verwendete, genauer charakterisiert und die wesentlichen Ergebnisse diskutiert. Alle bisher durchgeführten Messungen basieren auf dem CSMA/CD Kanalzugriffsverfahren.

4.1. Messung Nr. 1

In dem Geschäftsbereich "Private Kommunikationssysteme und Netze" des Unternehmensbereiches "Kommunikation- und Datentechnik" der Firma Siemens AG in München wurde eine Messung (siehe [Lüebbe 87]) in einer gemischten Büro- und Entwicklungsumgebung durchgeführt. In der Büroumgebung wurden hauptsächlich mit Workstations Dokumente verarbeitet und in geringem Umfang CAD (Computer Aided Design) durchgeführt. In der Entwicklungsumgebung wurde an Mikroprozessorentwicklungssystemen gearbeitet. Bei der Dokumentenverarbeitung an den Workstations wurden in den höheren Schichten des ISO-Referenzmodelles die XNS (XEROX Network System) Protokolle [XNS] verwendet.

In dem Bild 4.1 ist die Netzwerkauslastung für einen ganzen Tag mit Meßintervallen von 6 Minuten dargestellt. Man kann die typischen Büro-Arbeitszeiten wiedererkennen, aber es ist auch ein relativ hoher Verkehr in den Abendstunden durch automatisch ablaufende Vorgänge zu erkennen. In Bild 4.2 ist für einen Zeitraum von 1 Minute und Meßintervallen von 1 Sekunde die Netzwerkauslastung dargestellt. Die Kurve zeigt eine hohe Varianz, wie auch die Netzwerkauslastung über den ganzen Tag, aber die Spitzenwerte sind geringer als der doppelte Mittelwert über diesen Zeitraum.

In den Bildern 4.3 und 4.4 ist die Rahmenlängenverteilung für das gesamte Netzwerk und die Workstations zur Dokumentenverarbeitung dargestellt. Der typische Verlauf mit hohem Anteil von kurzen Rahmen und geringem Anteil von langen Rahmen wird wiederum

bestätigt, wobei das Bürosystem 600 Byte lange Rahmen und die Entwicklungssysteme 1000 und 1500 Byte lange Rahmen verwendeten. Der gesamte Netzwerkverkehr hat somit eine Rahmenlängenverteilung mit 3 Anteilen bei langen Rahmen und einen überwiegenden Anteil bei kurzen Rahmen (< 200 Byte). In Bild 4.5 ist als Abschluß dieser Messung die Verteilung der Pakettypen des XNS Protokolles im Bürosystem dargestellt. Der "Sequenced Packet"-Typ (Datenpaket bei Verbindungen) hat den höchsten Anteil gefolgt von dem verbindungslosen Datentyp "Packet Exchange".

4.2. Messung Nr. 2

Durch Vermittlung der Siemens AG wurde bei BMW in Regensburg eine Messung am dortigen Fabriknetz mit 16 über Bridges gekoppelten Segmenten durchgeführt. Angeschlossen an das Netz waren Automatisierungsgeräte der SIMATIC Familie und Rechner der SICOMP Familie, die Steuerungsfunktionen ausführten. Als Kommunikationsprotokolle wurden der "Inactivity Set" des ISO Netzwerkprotokolles [Network] und das ISO Transport Protokoll [Transport] Klasse 4 verwendet.

In Bild 4.6 ist die Netzwerkauslastung über einen ganzen Tag aufgetragen. Noch deutlicher als in der Büroumgebung sind die Arbeitszeiten zu erkennen und eine weitgehend konstante Auslastung außerhalb der Arbeitszeiten.

Bild 4.7 zeigt die Rahmenlängenverteilung mit einem Anteil von 93% bei Rahmen der Länge 60-70 Byte. Die Ankunftsabstandverteilung der Rahmen ist in Bild 4.8 aufgetragen und zeigt, daß kurze Abstände überwiegen. In Bild 4.9 ist für das Transportprotokoll der Anteil der Pakettypen dargestellt. Quittierungen auf Datenpakete (werden auch als "Inactivity Control" verwendet) haben den höchsten Anteil ($>70\%$) gefolgt von den Datenpaketen ($>20\%$).

Durch den homogenen Charakter der Anwendung ergaben sich in allen Ergebnissen klare Tendenzen.

4.3. Messung Nr. 3

Bei der Firma PCS wurde eine Messung in einer gemischten Büro und Entwicklungsumgebung mit 40-45 Rechnern vom Typ CADMUS 9000 ausgeführt. Neben TCP/IP [TCP/IP] wurde auf den höheren Schichten private, nicht standardisierte, Protokolle unter der Bezeichnung MUNIX-NET verwendet. Einige der Rechner waren als "Diskless Node" ausgeführt, bei denen Zugriffe auf den Sekundärspeicher des Servers über das Netzwerk abgewickelt wurden.

Bild 4.10 zeigt die Netzwerkauslastung über einen ganzen Tag. Es sind wiederum die typischen Arbeitszeiten zu erkennen. Die Verteilung der Pakettypen in MUNIX-NET ist in

Bild 4.11 dargestellt mit einem hohen Anteil von RPC (Remote Procedure Call) Paketen und geringeren Anteilen von "Diskless Node" und "I am Here" Paketen. In den Bildern 4.12, 4.13 und 4.14 ist jeweils die Rahmenlängenverteilung für das gesamte Netz, für "RPC" und "Diskless Node"-Rahmen dargestellt. Für RPC-Rahmen war ein großer Anteil von kleinen Rahmen zu beobachten, während für "Diskless Node"-Rahmen der überwiegende Anteil aus langen Rahmen (>1000 Byte) bestand.

4.4. Messung Nr. 4

Bei der Stadtparkasse in Köln sind Messungen von der Firma Kleindienst an einem kleinen Netz mit 7 Arbeitsstationen und einem Zentralrechner durchgeführt worden. Die Anwendung, die das Lokale Netz benützte, bestand daraus, daß an einer Einlesemaschine Belege aus dem Zahlungsverkehr eingelesen wurden, vom Zentralrechner die Schrift erkannt wurde und zur Überprüfung an einer Arbeitsstation eingelesener Beleg und erkannte Schrift angezeigt wurden.

Die beobachtete Netzwerkauslastung war sehr gering (< 1%) und die Arbeitszeiten lassen sich nach Bild 4.15 deutlich erkennen. Die Rahmenlängenverteilung weist wiederum einen sehr großen Anteil bei kurzen Rahmen auf und einen weiteren Anteil bei langen Rahmen (Bild 4.16).

4.5. Messung Nr. 5

Bei der Firma Hewlett Packard in Böblingen wurde an dem Lokalen Netz, das sich von Werk 1 bis Werk 4 erstreckt und aus mehreren Segmenten besteht, die mit Sternkopplern über Glasfaserverbindungen gekoppelt sind, Messungen vorgenommen. Es waren 175 Stationen der Typen

- 6 HP 1000 (Prozeßleitreehner),
- 39 HP 3000 (Finanzbuchhaltung, Personalbuchhaltung...),
- 82 HP 9000 (CAD,CAE...),
- 46 Personal Computer (Bürosoftware) und
- 2 Terminal Server

angeschlossen.

Die Bilder 4.17 und 4.18 zeigen die Netzwerkauslastung und die Rahmenlängenverteilung. Bild 4.19 zeigt die Ankunftsabstandverteilung, die darauf schließen läßt, daß, im Vergleich zu der Poisson Verteilung, wiederum kurze Abstände häufiger auftraten. Dies kommt wohl daher, daß die Rahmen nicht als unabhängig voneinander angenommen werden können.

In Bild 4.20 ist schließlich die Netzwerkauslastung, gemittelt über den ganzen Tag, für den Zeitraum eines Monats dargestellt.

5. Zusammenfassung

Bei 5 Lokalen Netzen aus der Büro-, Entwicklungs- und Fabrikumgebung wurden Messungen der Verkehrsprofile durchgeführt, die Ergebnisse dargestellt und diskutiert. Es wurden die wesentlichen Aussagen aus Messungen anderer Autoren bestätigt, teilweise erweitert und verfeinert. Die wesentlichen Aussagen lassen sich folgendermaßen kurz zusammenfassen.

- Die Arbeitszeiten der Benutzer lassen sich am Verkehrsprofil erkennen.
- Die Netzwerkauslastung ist i.a. gering (1..10%), gemittelt über längere Zeiträume (Minuten..Stunden).
- Fehler auf dem Lokalen Netz konnten vernachlässigt werden, da sie äußerst selten auftraten.
- Die Verteilung der Rahmenlängen weist einen großen Anteil an kurzen Rahmen auf und einen (oder mehrere) Anteile bei langen Rahmen.
- Die Ankunftsabstandverteilung der übertragenen Rahmen weist einen überproportionalen Anteil von kurzen Abständen, im Vergleich zu der Poisson Verteilung, auf.
- Es sind deutliche Unterschiede zwischen den Anwendungen aus Büro- oder Entwicklungsumgebung und der Fabrikumgebung zu erkennen.

Weitere Messungen werden zur Zeit durchgeführt und es sollen Modelle, mit den sie beschreibenden Parametern, für die verschiedenen Anwendungen entwickelt werden.

Acknowledgement

Die Autoren möchten sich bei Herrn Hoffmann von der VDMA, allen Firmen und ihren Vertretern und den Studenten, die die Messungen durchgeführt haben, bedanken.

Literatur

- [Ethernet] Digital Equipment Corporation, Intel Corporation, Xerox Corporation; The Ethernet, A Local Area Network, Data Link and Physical Layer Specifications; Version 2.0, November, 1980
- [CSMA/CD] 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; John Wiley & Sons, Inc. 1985
- [Token Bus] ISO DIS 8802/4 (IEEE 802.4) : Local Area Networks - Token Passing Bus Access Method and Physical Layer Specifications; John Wiley & Sons, Inc. 1985
- [Token Ring] ISO DP 8802/5 (IEEE 802.5) : Local Area Networks - Token Ring Access Method and Physical Layer Specifications; John Wiley & Sons, Inc. 1985
- [Referenzmodell]ISO 7498 : Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model, November 1983
- [Pawlita 80] Peter F. Pawlita; Two Decades of Data Traffic Measurements: A Survey of Published Results, Experiments and Applicability; Proceedings of the Twelfth International Teletraffic Congress (ITC), Torino, June 1-8, 1988, Volume 5, Session 5.2A, Paper 5, Pages 1-9

- [Shoch 80] John F. Shoch, Jon A. Hupp; Measured Performance of an Ethernet Local Network; Communications of the ACM, Volume 23, Number 12, 1980, Pages 711-721
- [Feldmeier 87] David C. Feldmeier; Traffic Measurements on a Token Ring Network; Proceedings of The Computer Networking Symposium Washington D.C., USA, November 16-18, 1986
- [Jain 86] Raj Jain, Shawn A. Routhier; Packet Trains - Measurement and a New Model for Computer Network Traffic; IEEE Selected Areas in Communications, Volume SAC-4, Number 6, September 1986, Pages 986-995
- [Gusella 87] R. Gusella; The Analysis of Diskless Workstation Traffic on an Ethernet; Report No. UCB/CSD 87/379, Computer Science Division, University of California, Berkeley, December 1987
- [Brusil 85] P. J. Brusil, C. E. La Barre; Characterization of network traffic generated by office automation users; Proceedings IEEE 4th Phoenix Conference on Computers and Communications, 1985, Pages 513-522
- [Couch 87] David de S. Couch; Measuring the Performance of a mixed-vendor Ethernet; Data Communications, August 1987, Pages 139-145
- [Lübbe 87] U. Lübbe, O. Gühr; Messung von Verkehrsprofilen in Lokalen Netzen; Datacom, 11/12 1987, Seite 88-94
- [Suppan-Borowka 86] Jürgen Suppan-Borowka; Analysis of Communication Requirements and Requested Capacity of LAN and PBX Systems in a Program Development Environment; IFIP Conference on LOCAL COMMUNICATION SYSTEMS: LAN and PBX, J. P. Cabanel, G. Pujolle and A. Danthine (Editors), North Holland, 1987, Pages 127-141
- [XNS] XEROX; Internet Transport Protocols; X SIS 028112, December 1981
- [TCP/IP] Transmission Control Protocol; Military Standard, MIL-STD-1778, US Department of Defense, May 20, 1983
- Internet Protocol; Military Standard, MIL-STD-1777, US Department of Defense, May 20, 1983
- [Network] ISO 8348 : Network Service Definition
- ISO DIS 8473 : Protocol for Providing the Connectionless-Mode Network Service (Internetwork Protocol)
- [Transport] ISO 8072 : Transport Service Definition, May 1984
- ISO 8073 : Transport Protocol Specification, May 1984

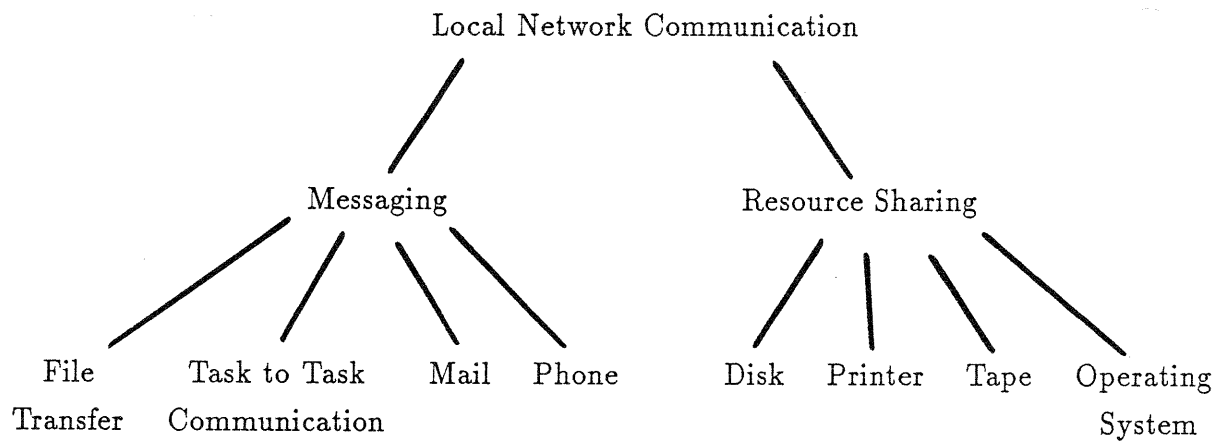


Bild 1.1 : Klassifikation der Anwendungen auf Lokalen Netzen.

| Messung Nummer | Messung durch | Messung bei | Anwendung | Anzahl Stationen | MAC, Network, Transport |
|----------------|--------------------|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|
| 1 | Siemens (München) | Siemens (München) | Büro Entwicklung | 130 | CSMA/CD, IP, XNS |
| 2 | Siemens (Nürnberg) | BMW (Regensburg) | Fabrik | < 100 | CSMA/CD, ISO Network, ISO Transport |
| 3 | PCS | PCS (München) | Entwicklung | 40-45 | CSMA/CD, IP, TCP (Privat) |
| 4 | Kleindienst | Stadtsparkasse Köln | Büro | 8 | CSMA/CD, Privat, Privat |
| 5 | Hewlett Packard | Hewlett Packard (Böblingen) | Büro Entwicklung | 175 | CSMA/CD, Unterschiedlich |

Tabelle 4.1 : Übersicht über die Messungen.

Network Utilization

(sampled over a normal working day)

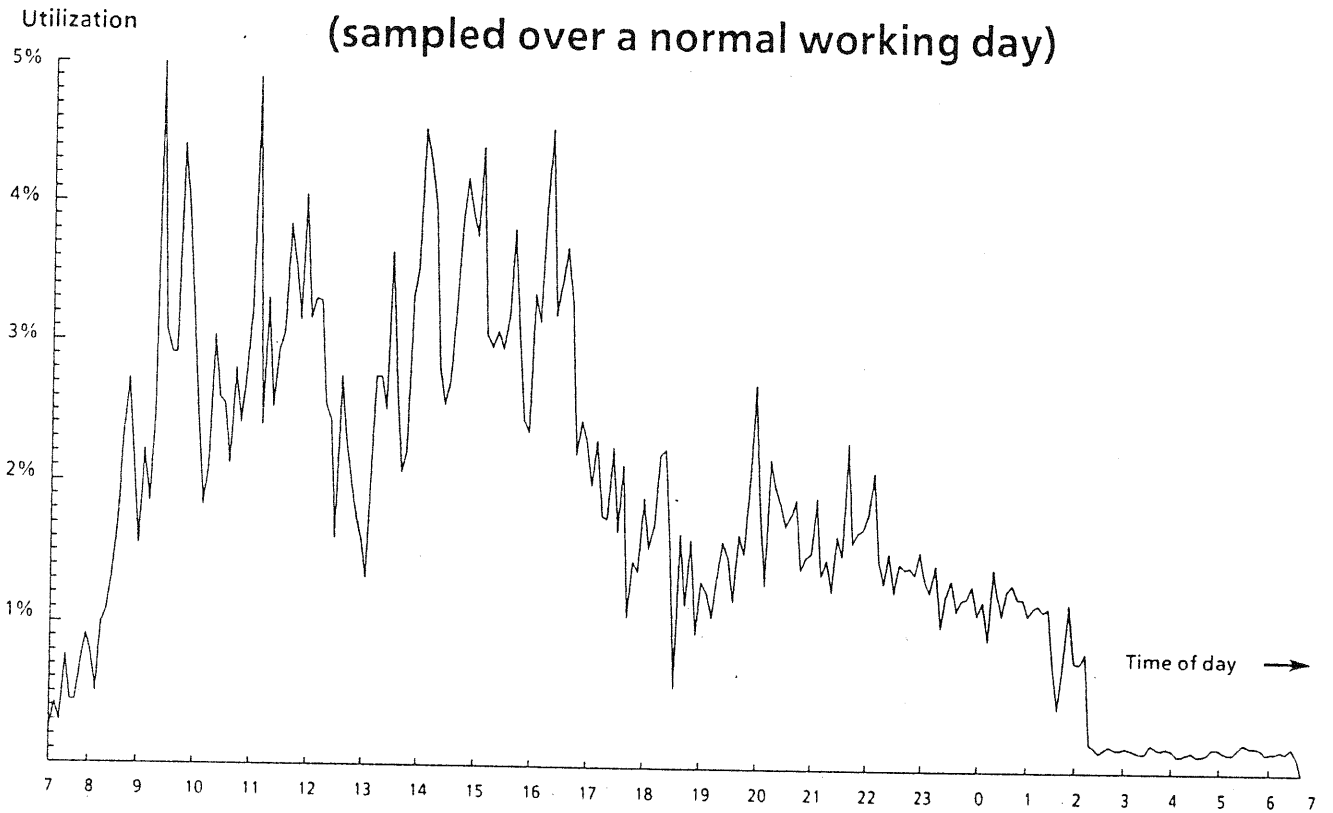


Bild 4.1 : Netzwerkauslastung über den ganzen Tag bei der Messung Nr. 1 (Siemens München) mit Meßintervallen von 6 Minuten.

Network Utilization

(60 second period, 1 second intervals)

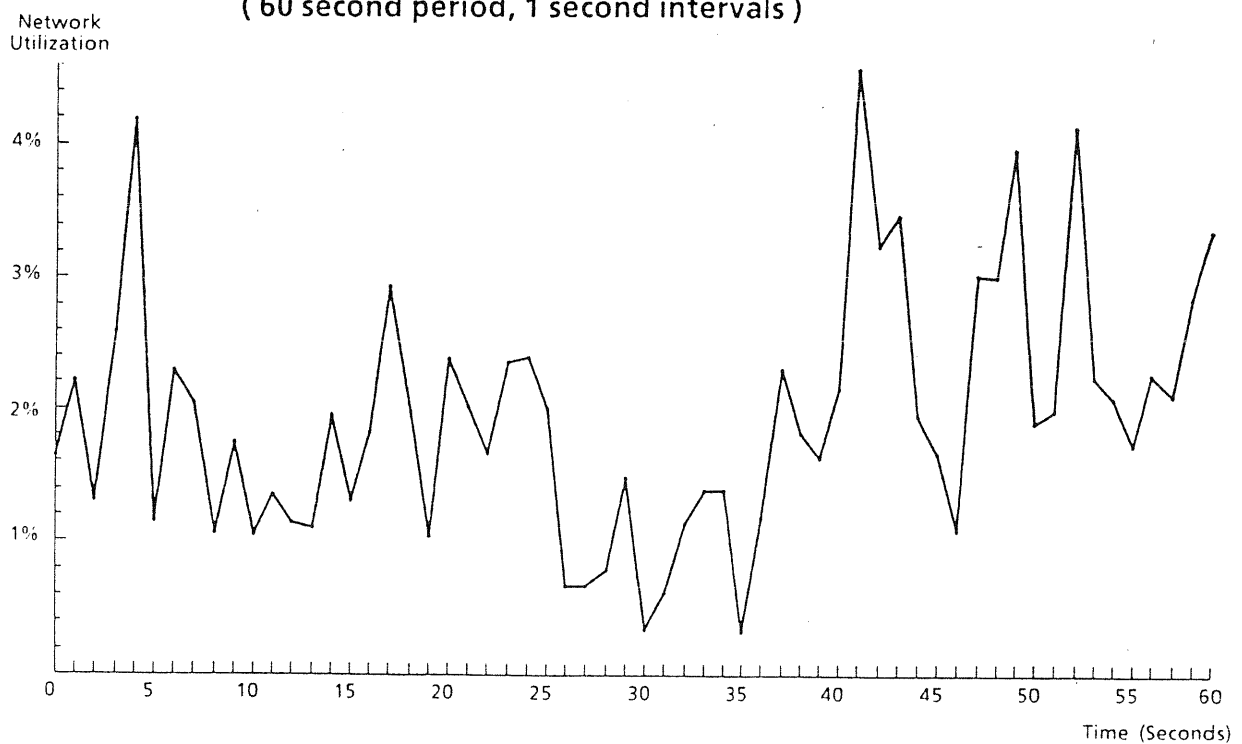


Bild 4.2 : Netzwerkauslastung über den Zeitraum einer Minute bei der Messung Nr. 1 (Siemens München) mit Meßintervallen von 1 Sekunde.

Packet Length Distribution Total Network

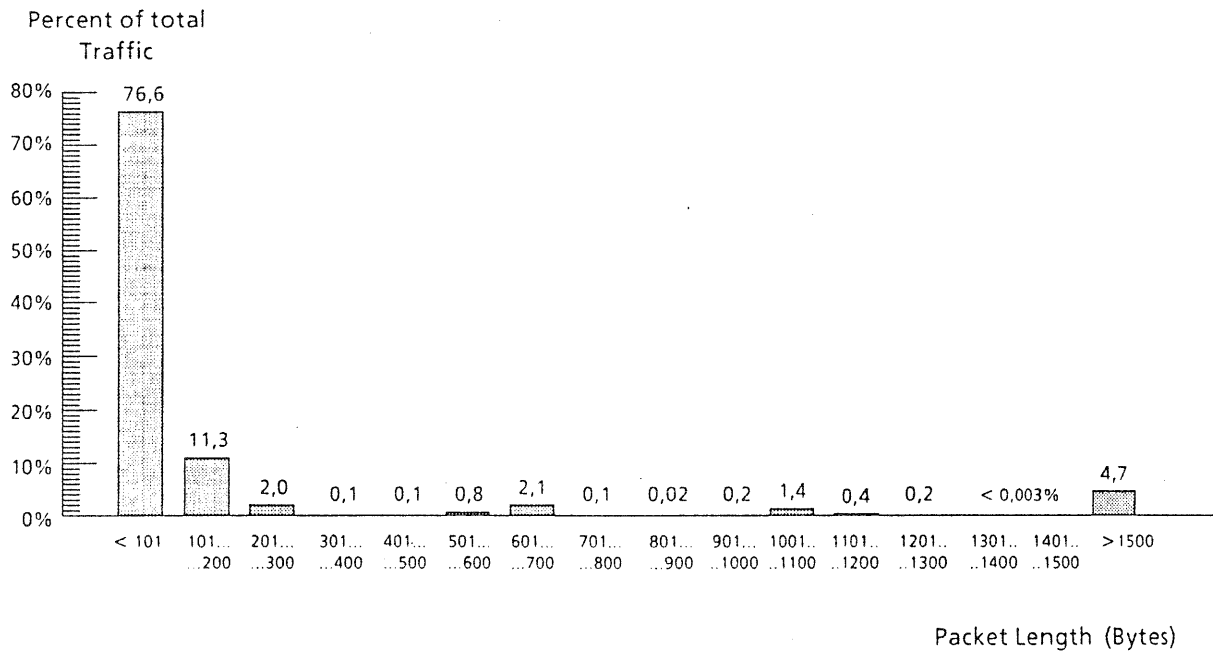


Bild 4.3 : Rahmenlängenverteilung des gesamten Verkehrs auf dem Netzwerk bei Messung Nr. 1 (Siemens München).

Packet Length Distribution Office System 5800

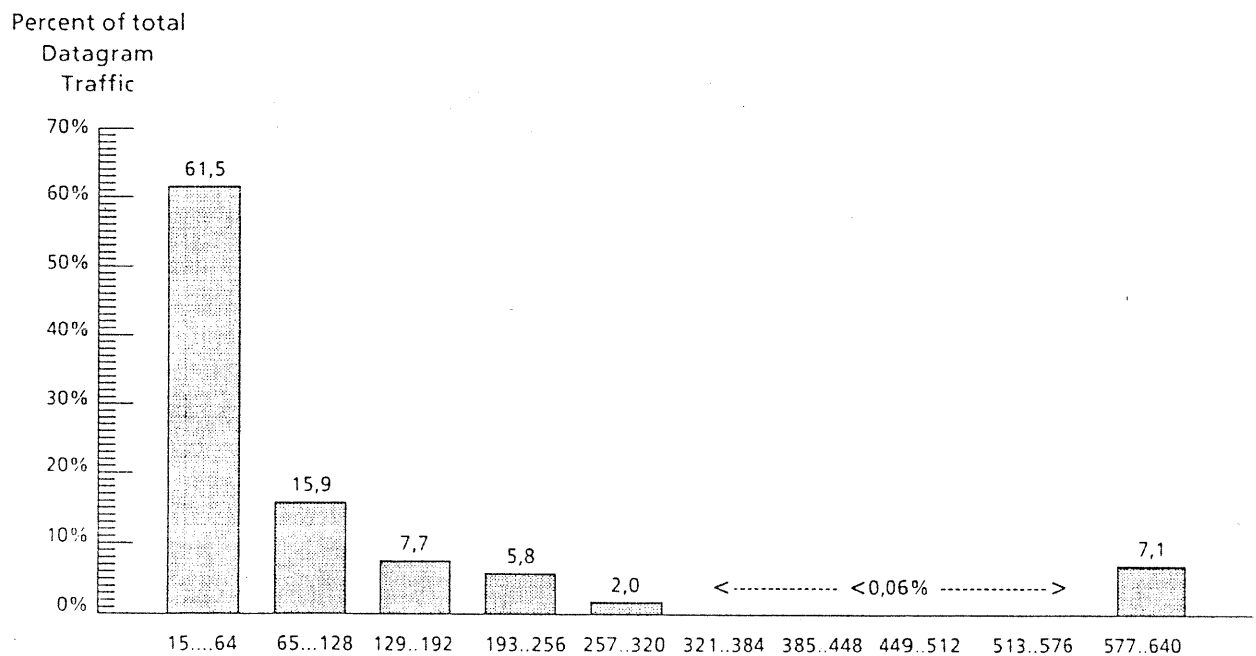


Bild 4.4 : Rahmenlängenverteilung des Verkehrs, der vom Bürosystem erzeugt wurde bei Messung Nr. 1 (Siemens München).

Packet Type Distribution Office System 5800

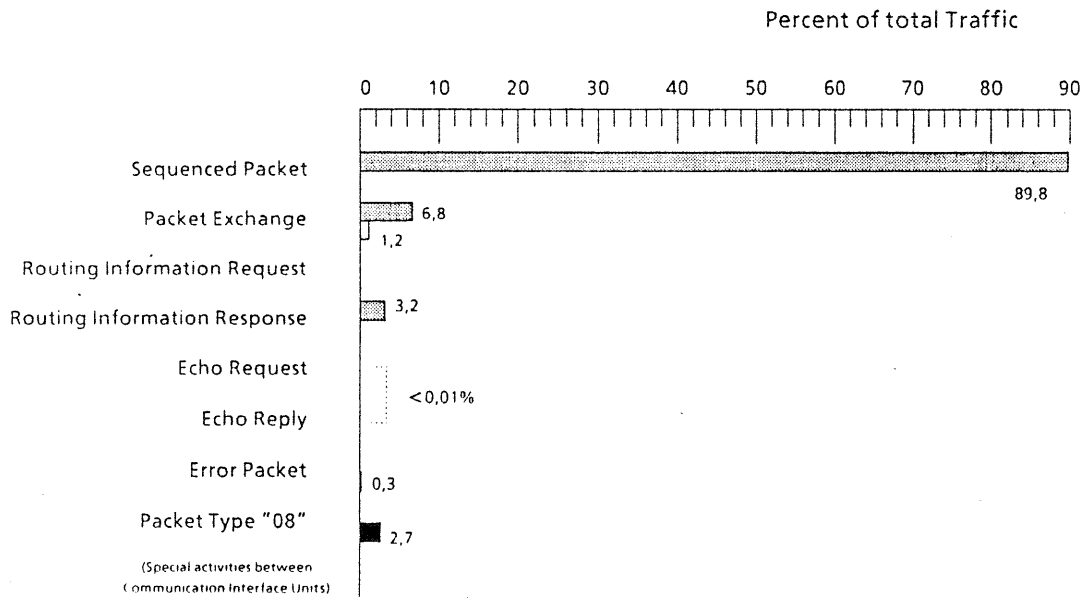


Bild 4.5 : Pakettyptverteilung des XNS Protokolles im Bürosystem bei Messung Nr. 1 (Siemens München).

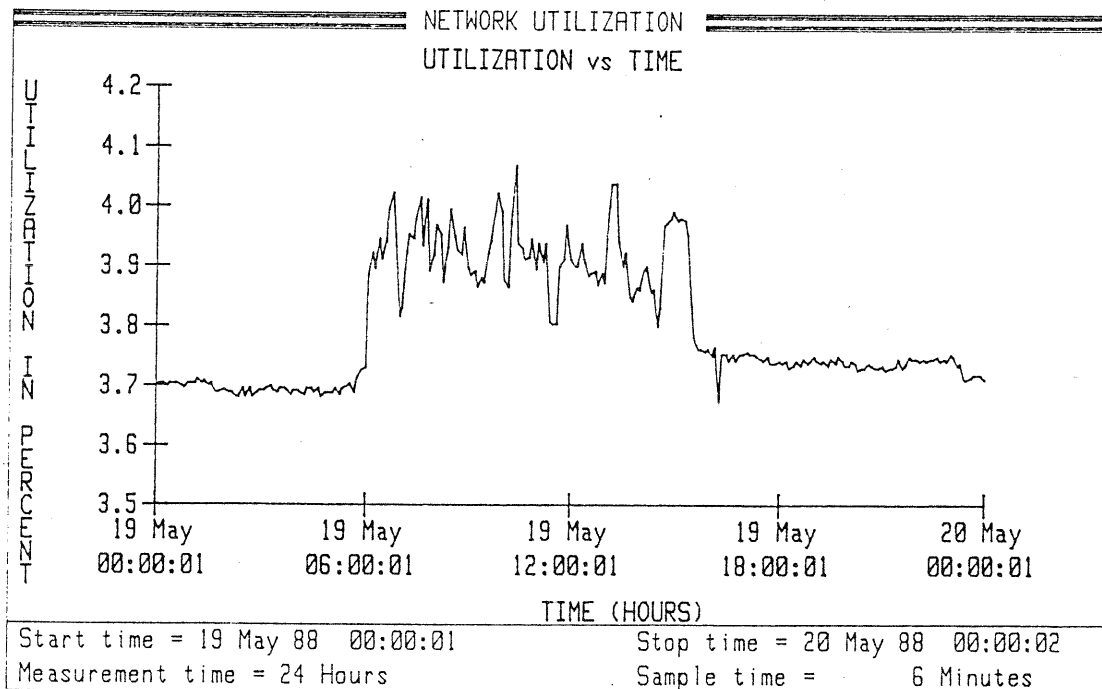


Bild 4.6 : Netzwerkauslastung über den ganzen Tag bei der Messung Nr. 2 (BMW Regensburg) mit Meßintervallen von 6 Minuten

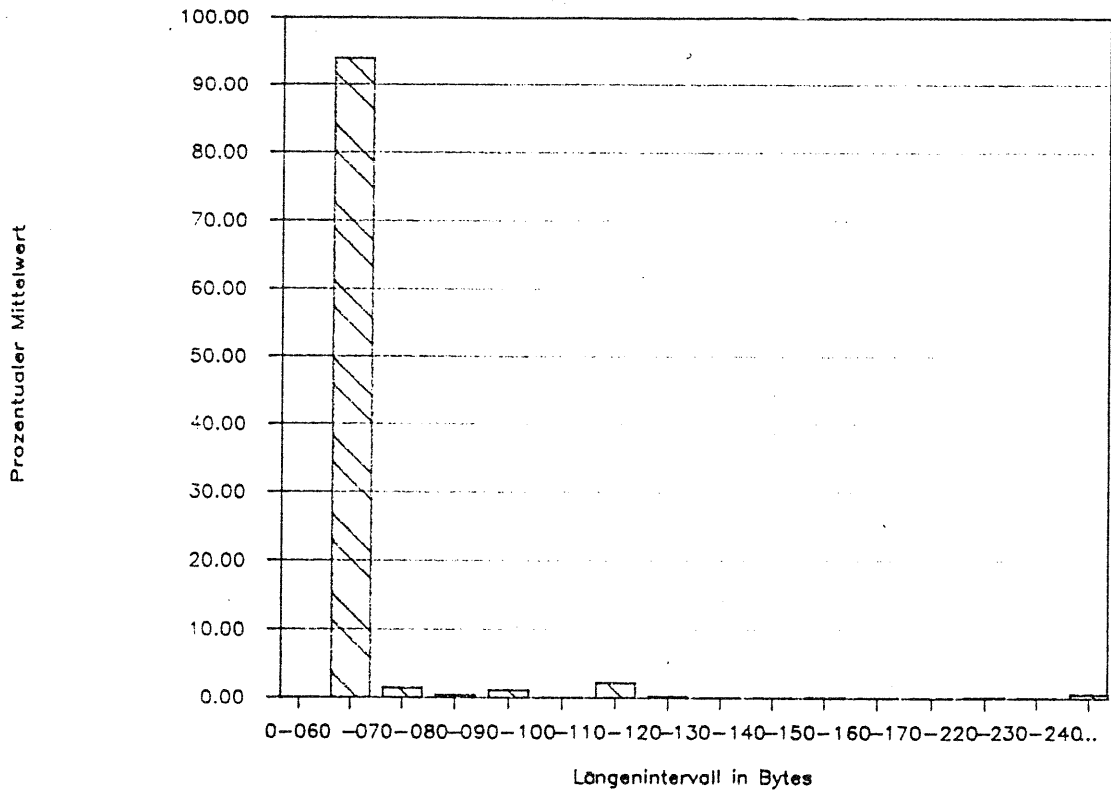


Bild 4.7 : Rahmenlängenverteilung des gesamten Verkehrs auf dem Netzwerk bei Messung Nr. 2 (BMW Regensburg).

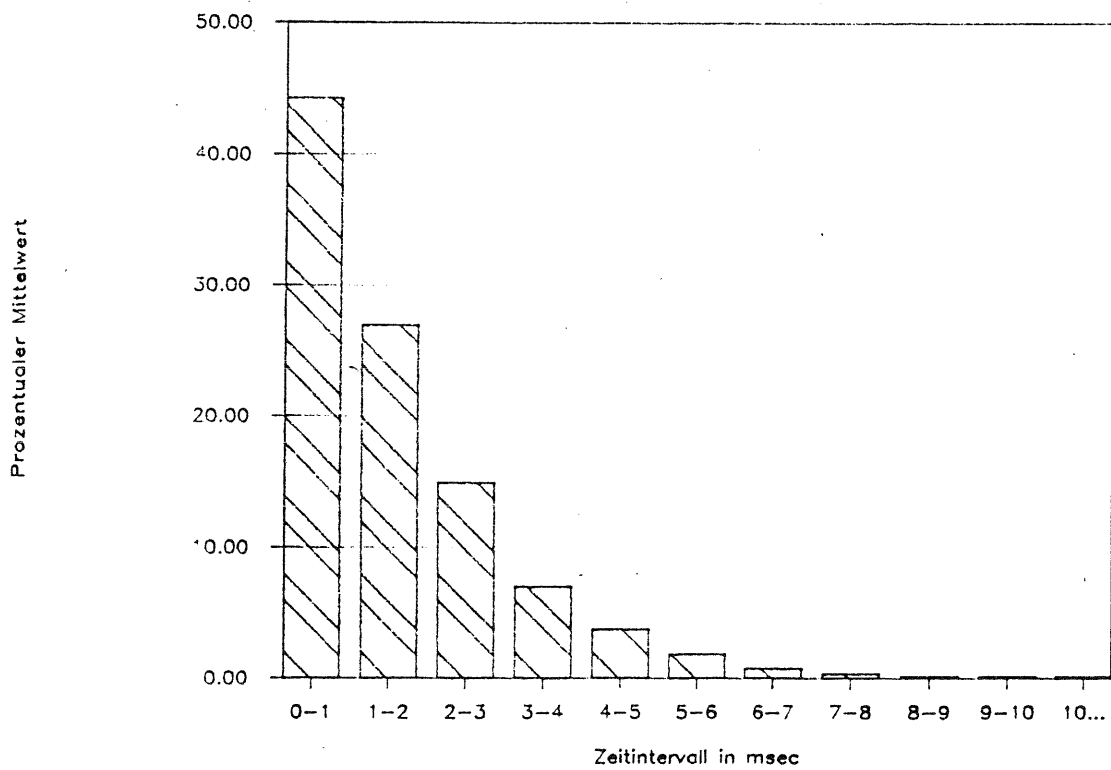


Bild 4.8 : Rahmenabstandsverteilung der übertragenen Rahmen bei Messung Nr. 2 (BMW Regensburg).

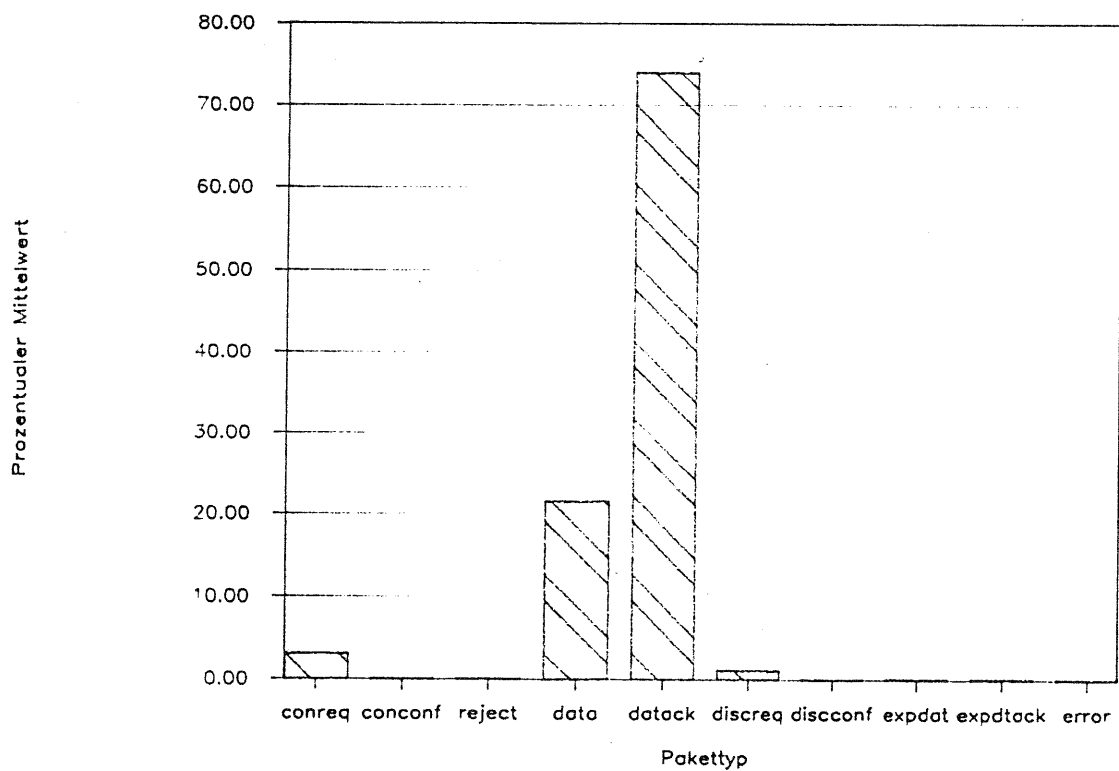


Bild 4.9 : Pakettyptverteilung des ISO Transportprotokolles bei Messung Nr. 2 (BMW Regensburg).

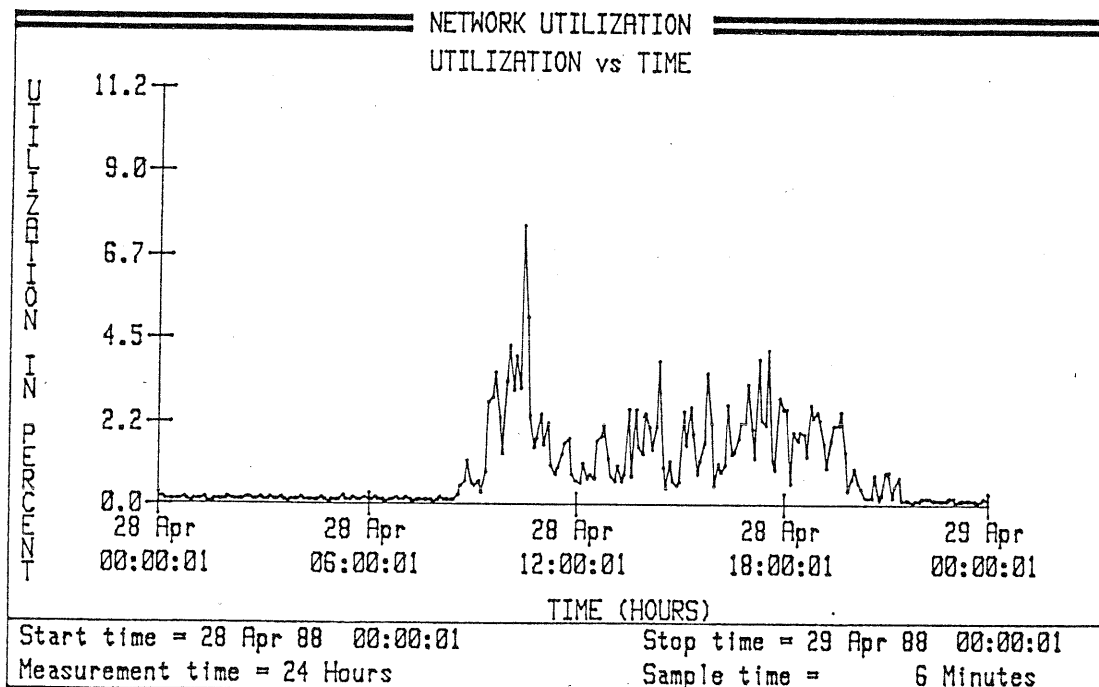


Bild 4.10 : Netzwerkauslastung über den ganzen Tag bei der Messung Nr. 3 (PCS München) mit Meßintervallen von 6 Minuten.

PAKETTYP

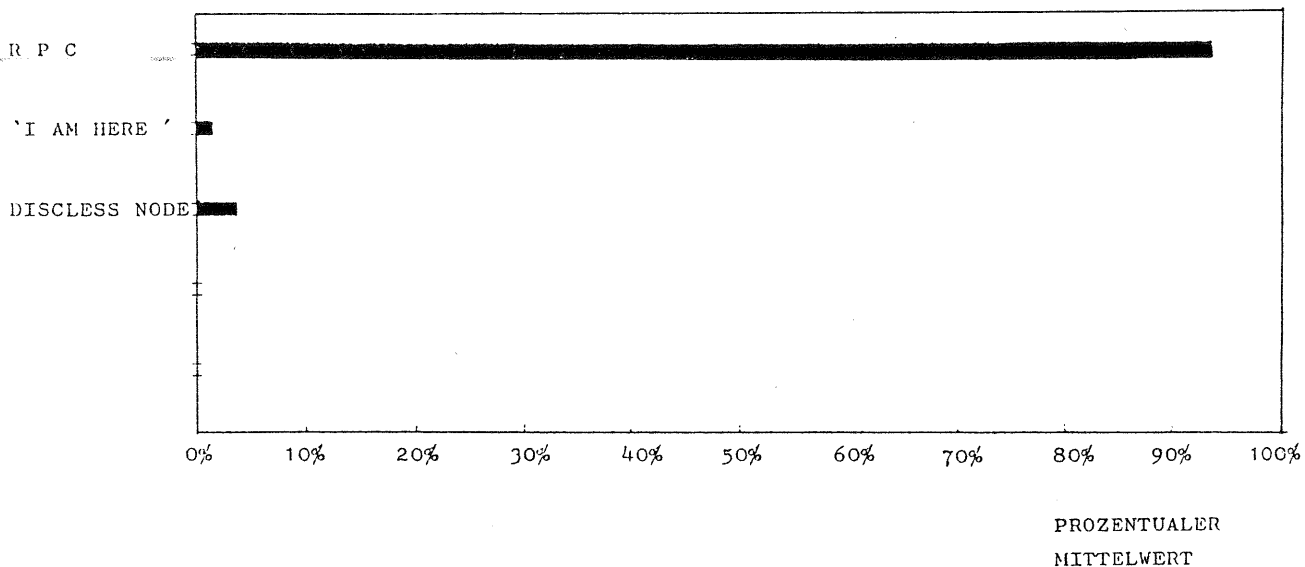


Bild 4.11 : Pakettypteilung des MUNIX/NET Protokolles bei Messung Nr. 3 (PCS München).

LÄNGENINTERVALL
IN BYTES

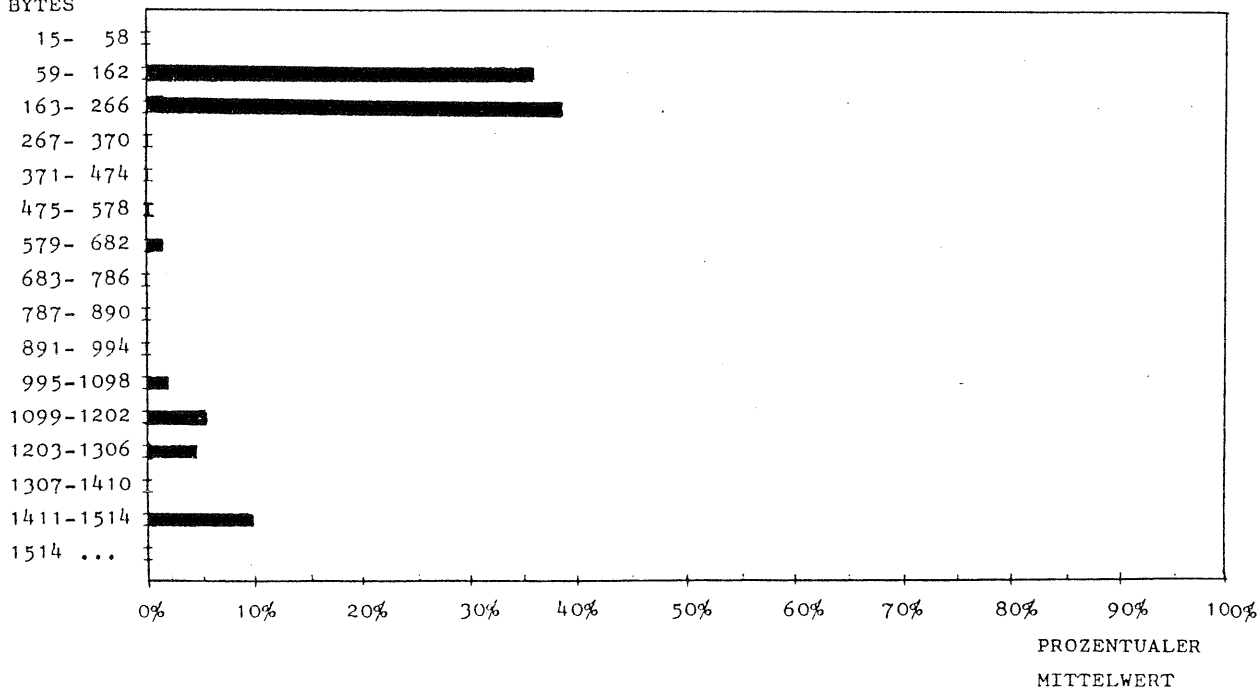


Bild 4.12 : Rahmenlängenverteilung des gesamten Verkehrs auf dem Netzwerk bei Messung Nr. 3 (PCS München).

LÄNGENINTERVALL

IN BYTES

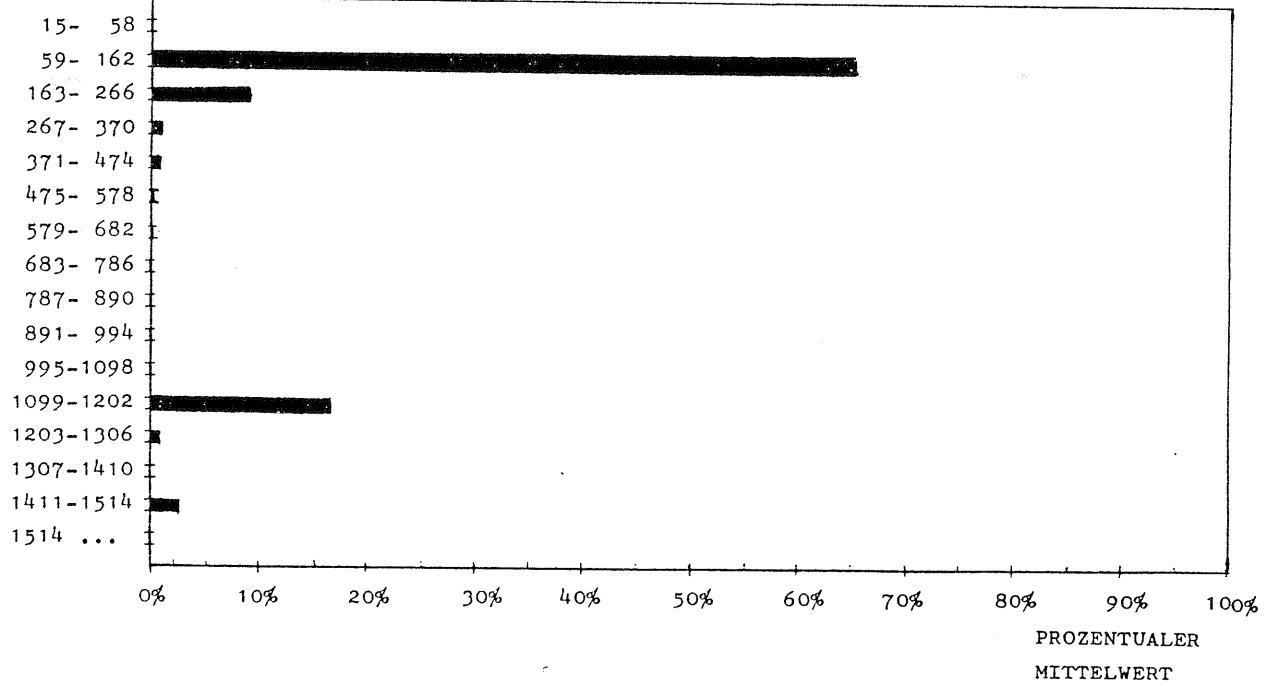


Bild 4.13 : Rahmenlängenverteilung der RPC (Remote Procedure Call) Rahmen auf dem Netzwerk bei Messung Nr. 3 (PCS München).

LÄNGENINTERVALL

IN BYTES

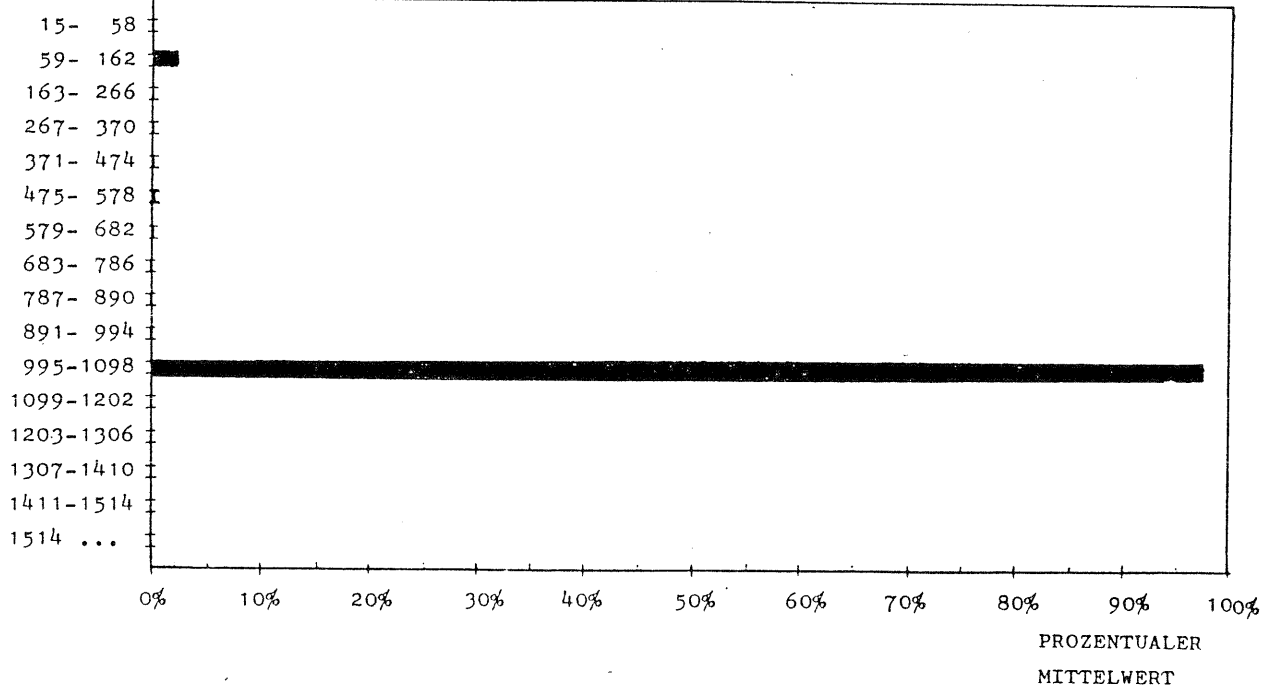


Bild 4.14 : Rahmenlängenverteilung der "Diskless Node" Rahmen auf dem Netzwerk bei Messung Nr. 3 (PCS München).

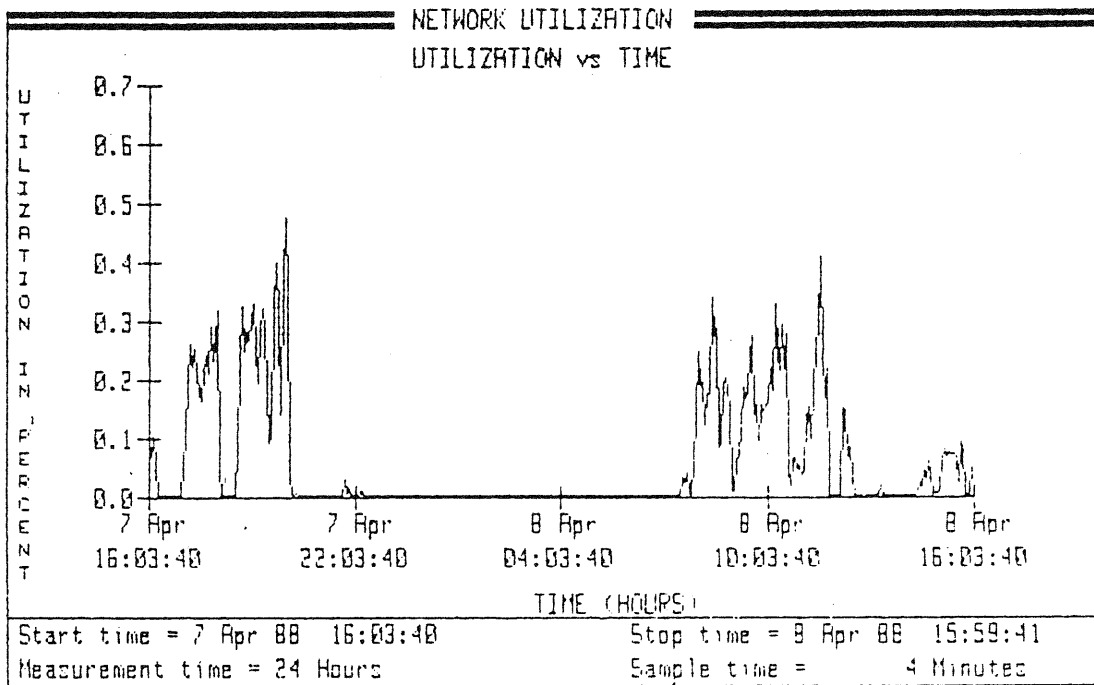


Bild 4.15 : Netzwerkauslastung über den ganzen Tag bei der Messung Nr. 4 (Stadtsparkasse Köln) mit Meßintervallen von 6 Minuten.

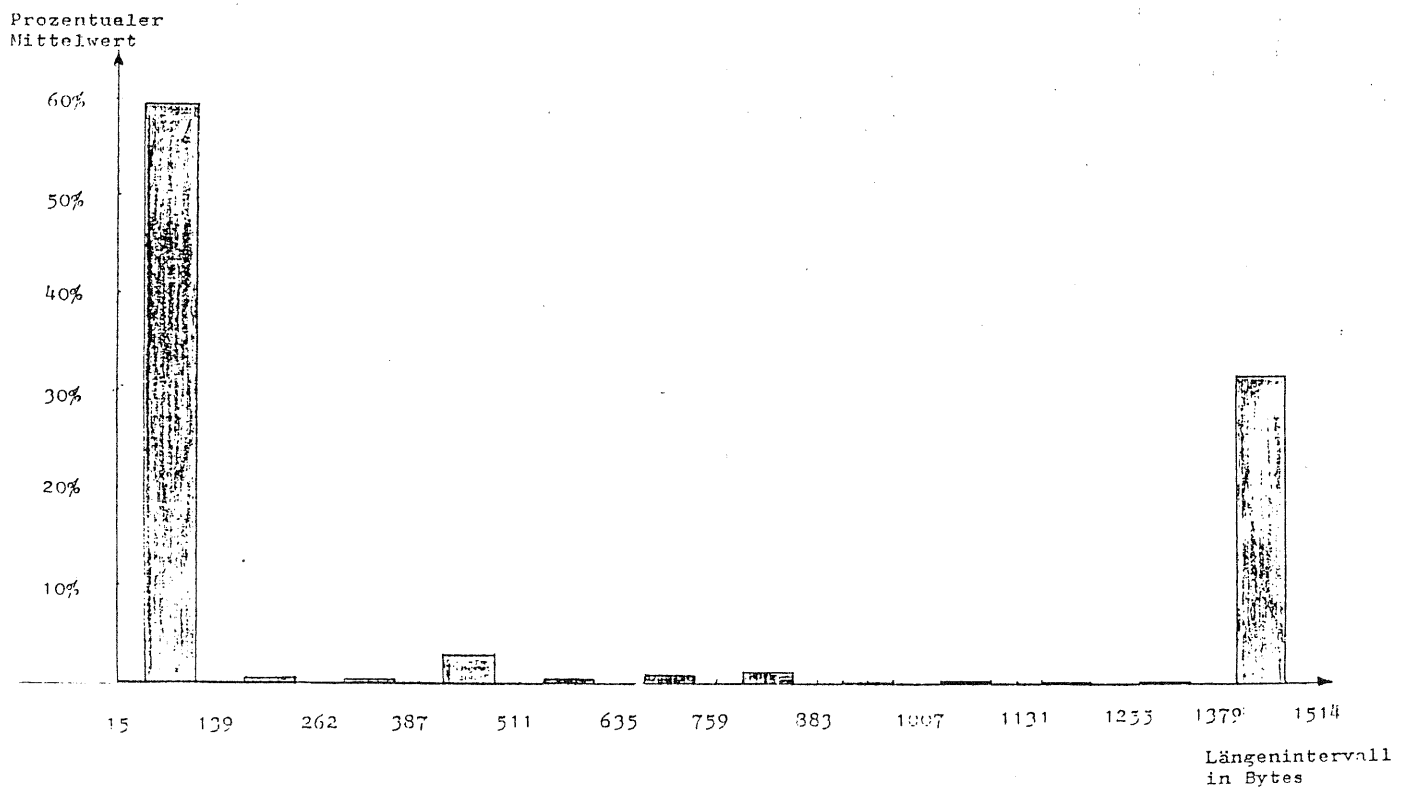


Bild 4.16 : Rahmenlängenverteilung des gesamten Verkehrs auf dem Netzwerk bei Messung Nr. 4 (Stadtsparkasse Köln).

Auslastung des LAN in %

Meßdauer 24h Sample Time 10min

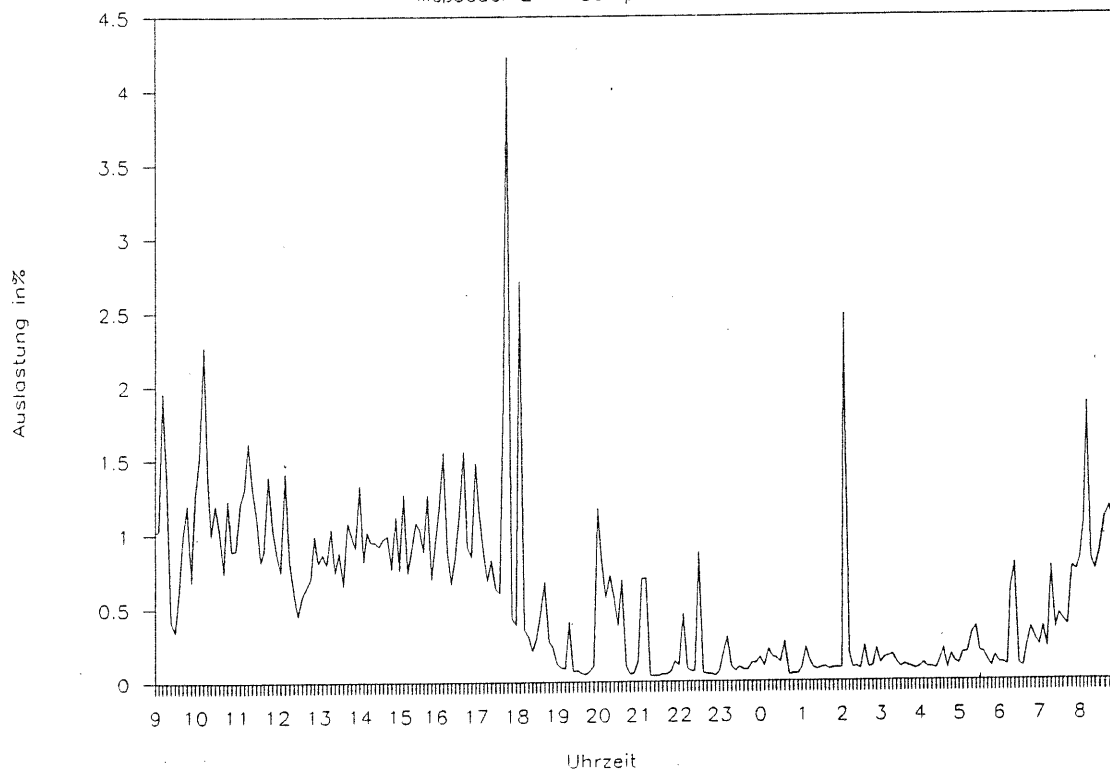


Bild 4.17 : Netzerkauslastung über den ganzen Tag bei der Messung Nr. 5 (Hewlett Packard, Böblingen) mit Meßintervallen von 6 Minuten.

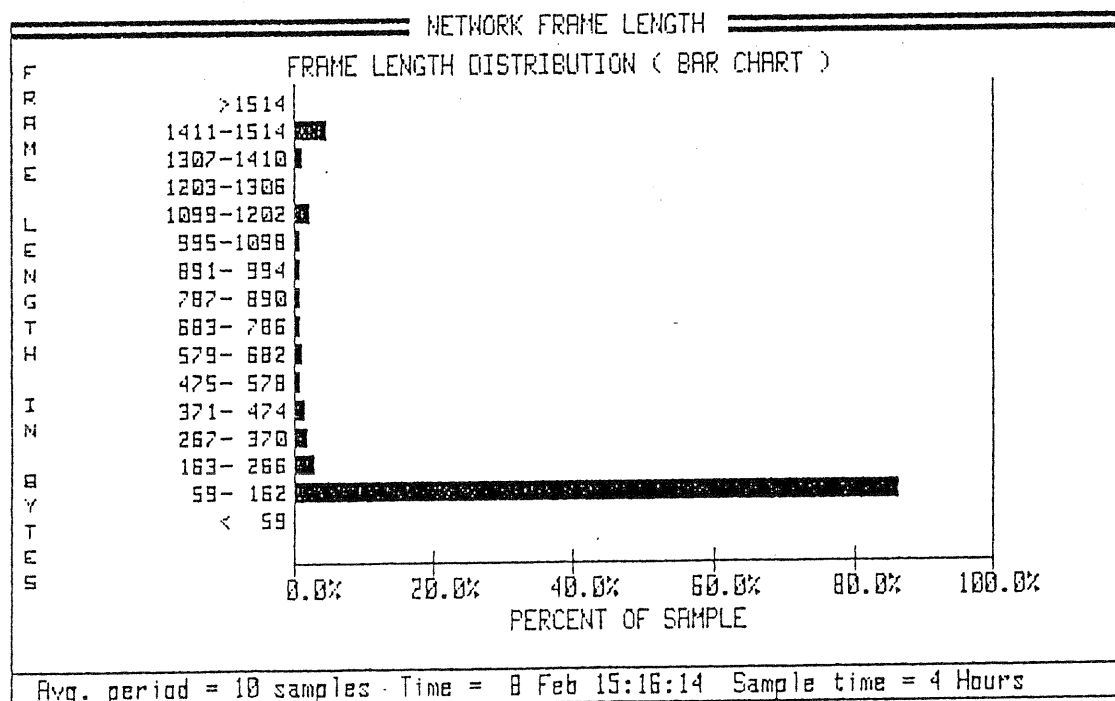


Bild 4.18 : Rahmenlängenverteilung des gesamten Verkehrs auf dem Netzwerk bei Messung Nr. 5 (Hewlett Packard, Böblingen).

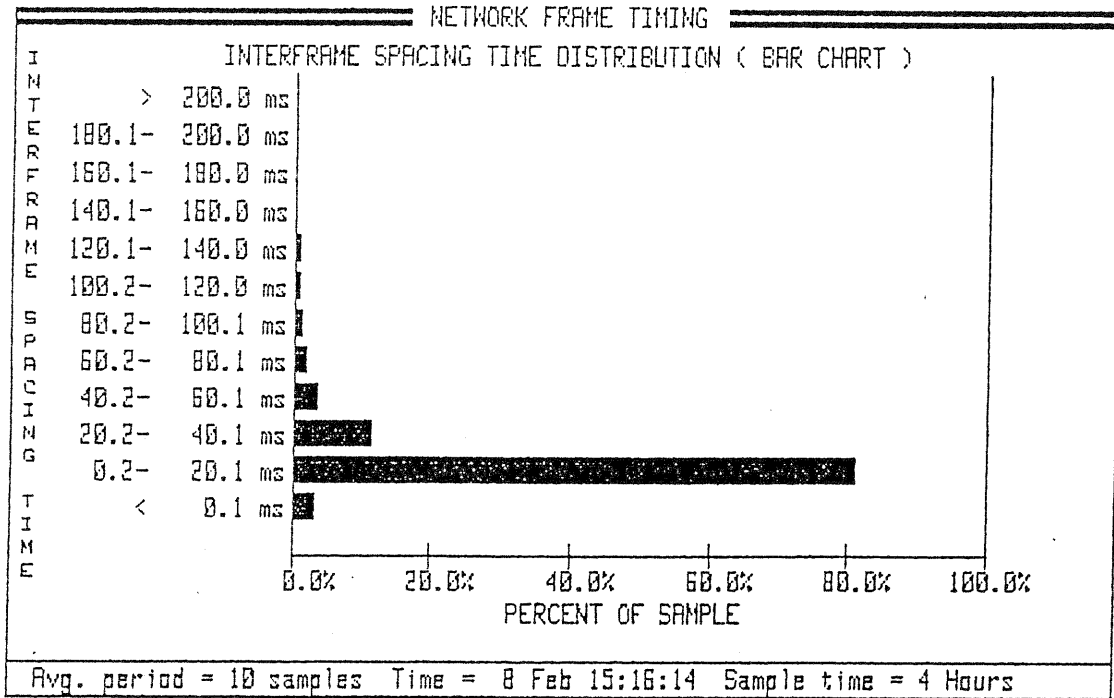


Bild 4.19 : Rahmenabstandsverteilung der übertragenen Rahmen bei Messung Nr. 5 (Hewlett Packard, Böblingen).

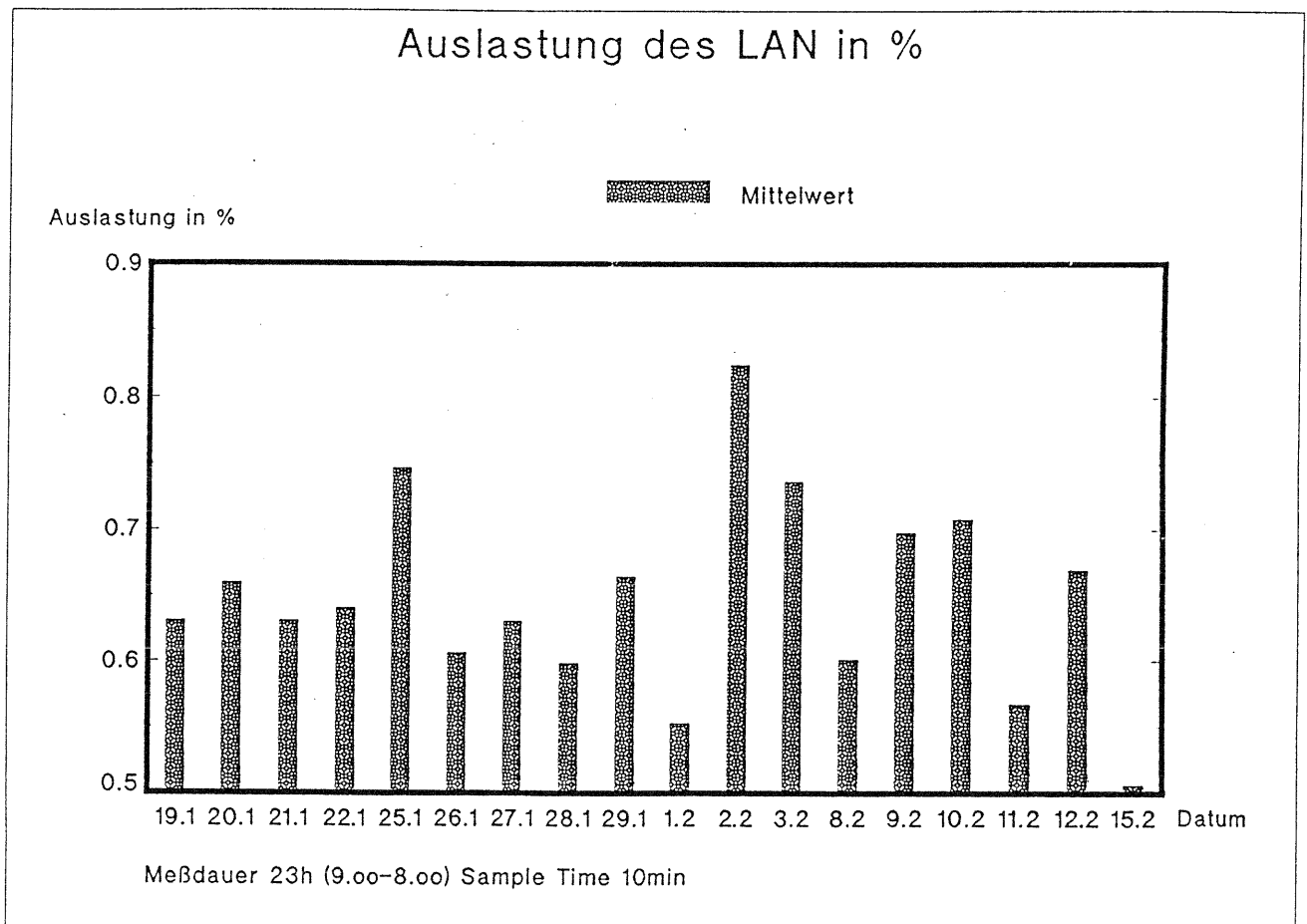


Bild 4.20 : Auslastung des Lokalen Netzes gemittelt über den ganzen Tag für den Zeitraum eines Monats