

## Rechnernetze und Nachrichtenverkehrstheorie

Bericht über das „Symposium on Computer-Communications Networks and Teletraffic“; 4-6. April 1972, Polytechnic Institute of Brooklyn, New York, USA.

Das Symposium wurde vom Microwave Research Institute des Polytechnic Institute of Brooklyn veranstaltet und von folgenden Organisationen unterstützt: Air Force Office of Scientific Research, Office of Naval Research, U.S. Army Research Office sowie IEEE. An der Tagung nahmen etwa 300 Personen teil. Das Programm umfaßte 58 Beiträge, 21 davon aus Universitäten. Die Autoren kamen aus 7 Ländern: USA, Kanada, UdSSR, BR Deutschland, Frankreich, Italien und Finnland. Zur Tagung lagen nur die Kurzfassungen der Beiträge vor. Die vollständigen Arbeiten werden im Herbst 1972 als Band 22 der MRI Symposia Series veröffentlicht und sind dann zu beziehen durch: Polytechnic Press of the Polytechnic Institute of Brooklyn, 333 Jay Street, Brooklyn, New York, N. Y. 11201, USA.

In den vergangenen Jahren war ein großer Zuwachs des Datenverkehrs zu verzeichnen. Ein Großteil dieses Anstiegs kann der Entwicklung von terminalorientierten Rechnersystemen zugeschrieben werden, welche in Time-Sharing-Betriebsweise arbeiten. Bestehende Netze sind entweder überlastet oder nicht optimal für die Datenübertragung ausgelegt. Deshalb wird das Nachrichtenverkehrsproblem in der nächsten Computergeneration einen so dominierenden Faktor in der Gesamt-Architektur darstellen, daß es nicht ratsam ist, die Rechnerentwicklung getrennt von der Datennetzentwicklung

durchzuführen bzw. umgekehrt. Eines der Hauptziele des Symposiums sollte deshalb auch die Hervorhebung der fundamentalen Theorien sein, welche mit der Untersuchung von Datennetzen für den Rechnerverkehr in Verbindung stehen sowie deren Anwendungen. Im vorliegenden Bericht sollen die Vorträge der verschiedenen Hauptgebiete zusammenfassend referiert werden.

### 1. Rechnernetze

Dieser Abschnitt enthält diejenigen Beiträge, die sich mit der Steuerung des Datenflusses innerhalb von Rechnernetzen befassen. In einem Vortrag wurde das Problem behandelt, wie die in den Knotenpunkten eines Netzes anfallenden Informationsmengen auf die übrigen Rechner des Netzes verteilt werden sollten, um eine Durchsatzhöhung zu erzielen. In zwei weiteren Arbeiten wurden Regeln für die Wegeauswahl innerhalb des Netzes angegeben, wobei u. a. eine adaptive Steuerung vorgeschlagen wurde, welche auf einer zeitabhängigen Wichtigkeit der Daten beruht. In einem Referat wurden Struktur und Betriebsmöglichkeiten eines bestehenden weltweiten Netzes für die Flugbuchung vorgestellt und geplante Verbesserungen erläutert. Vier Beiträge befaßten sich mit der Synthese von Datennetzen (multi-commodity flow problem). Hierbei wurden im wesent-

(Fortsetzung auf Seite 382)

## Rechnernetze und Nachrichtenverkehrstheorie (Fortsetzung von Seite 376)

lichen bekannte Methoden angewendet wie z. B. Mathematische Programmierung, heuristische, kombinatorische und graphentheoretische Methoden.

### 2. Schleifensysteme (Loop Systems)

Als Sonderform der Netze nahmen die Loop-Systeme einen relativ breiten Raum ein. Bei diesen Systemen werden die Informationen über eine Art Ringleitung an die einzelnen Stationen im Zeitmultiplex-Betrieb verteilt. Hierbei können Systeme mit und ohne Zentralstation unterschieden werden. Es wurden Probleme der Zuverlässigkeit, der Kosten und der Erweiterbarkeit angeschnitten sowie Zeitabstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bedienungen einer Station und Wartezeiten in den einzelnen Stationen bestimmt.

### 3. Topologische Optimierung von Netzen

Das Ziel der topologischen Optimierung von Netzen ist es, Anzahl und Lage von Netzknoten sowie deren gegenseitige Verbindungen und Übertragungskapazitäten zu finden, um bei vorgeschriebenem Verkehrsaufkommen minimale Gesamtkosten zu erhalten. Dabei sind häufig noch Randbedingungen wie hohe Zuverlässigkeit (d. h. bei Ausfall einzelner Leitungsbündel soll das Netz noch voll arbeiten können) und große Erreichbarkeit (d. h. alle Zielknoten des Netzes sollen möglichst von jedem Knoten aus zugänglich sein) zu berücksichtigen. Es wurden verschiedene heuristische und wahrscheinlichkeitstheoretische Algorithmen zur Optimierung vorgeschlagen. Dabei wurden in den einzelnen Beiträgen unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt wie Ersatzkanäle für Notfälle und Konzentratoren zur besseren Bündelausnutzung.

### 4. Koppelanordnungen

In den Knoten des Fernsprech- und Datennetzes sind Koppelanordnungen zur Vermittlung zwischen Ein- und Ausgängen erforderlich. Je nachdem, ob die Verbindung zwischen Ein- und Ausgang einer Koppelanordnung über einen oder mehrere Koppelpunkte aufgebaut wird, werden ein- und mehrstufige Koppelanordnungen unterschieden. Ein Beitrag befaßte sich mit dem Entwurf optimaler Mischungen hinter einstufigen Koppelanordnungen, die bei gegebener Erreichbarkeit und Leitungszahl minimale Verlustwahrscheinlichkeiten haben. Die weiteren Arbeiten behandelten mehrstufige Koppelanordnungen mit möglichst geringem Koppelpunktaufwand, welche entweder blockierungsfrei sind oder nur geringe Blockierungswahrscheinlichkeiten aufweisen.

### 5. Warteschlangenmodelle für Rechnernetze

Zur Auslegung von Datennetzen für den Rechnerverkehr werden häufig Warteschlangenmodelle aufgestellt, die für analytische Methoden bzw. zur Simulation geeig-

net sind. U. a. wurden Modelle für seriell geschaltete Abfertigungsorgane, für den Ausgangsprozeß von Teilsystemen, für getaktet abgefertigte Warteschlangen sowie für den überlaufenden Verkehr in Netzknoten mit alternativen Wegesuchverfahren analytisch behandelt. Für Markoffsche Netze, bestehend aus Elementen wie Poisson-Quellen, Warteschlangen, Bedienungseinheiten, Zufalls-Verzweigungen u. a. wurde der Ansatz einer algebraischen Theorie umrissen. Ferner wurden Probleme des Zugriffs von verschiedenen Rechnern auf ein gemeinsames Plattenspeichersystem sowie des Verkehrs zwischen Konzentratoren und Datenvermittlungen behandelt.

### 6. Warteschlangenmodelle für den Verkehr innerhalb von Rechnern

Moderne Rechanlagen werden zunehmend aus funktionellen Bausteinen wie Prozessoren, Arbeitsspeichermodulen, Kanälen, Externspeichern usw. aufgebaut, welche weitgehend autonom arbeiten. Die Leistungsfähigkeit wird daher von dem auftretenden Verkehr zwischen diesen Einheiten wesentlich bestimmt. Für das Paging-Verfahren wurde über Modelle und Messungen des Lokalitätsverhaltens von Programmen berichtet (independent-reference, LRU stack, locality und working set Modelle). In einer Übersichtsarbeit wurden die einschlägigen Warteschlangenmodelle für den Multiprogramm-Betrieb referiert. Weitere Arbeiten befaßten sich mit der Leistungsfähigkeit von Multiprozessorsystemen und geteiltem Arbeitsspeicher, Modellen für den Time-Sharing-Betrieb (round-robin Modelle) sowie der optimalen Prozessor-Zuteilung bei Berücksichtigung von Unterbrechungszeiten (system overhead).

### 7. Software für Rechnernetze

In Rechnernetzen werden einzelne, örtlich verschieden gelegene Rechner zusammengeschaltet (lokal, regional, national wie auch international). Diese Rechnernetze sollen in erster Linie den Zugriff zu Programmen, Daten aber auch Hardware-Einrichtungen entfernter Rechner ermöglichen. Zur Steuerung des Datenaustausches und der einzelnen im Netz ablaufenden Prozesse bedarf es eines umfangreichen Betriebssystems. In mehreren Beiträgen wurde über die verschiedenen Vorstellungen referiert, welche die einzelnen Entwickler aber auch die einzelnen Anwender dieser Netze haben. Hierbei wurde größtenteils auf noch laufende Planungen bzw. Untersuchungen in Versuchsnetzen Bezug genommen.

In einer abschließenden Podiumsdiskussion wurde auf Aussichten und Grenzen von Rechnernetzen, Wirtschaftlichkeitsfragen, Personalaspekte sowie gesellschaftliche Verflechtungen eingegangen.

D. Bazlen; P. Kühn; M. Langenbach-Belz