

Arbeitsgruppe Telekommunikation und Rechnernetze (TKRN)

Vogt-Kölln-Straße 30, 22527 Hamburg, Tel.: +49 40 428 83-2424/2422, FAX: +49 40 428 83-2345
URL: <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TKRN>

1. Zusammenfassende Darstellung

Mitglieder der Fachbereichseinrichtung:

ProfessorInnen:

Dr. Bernd E. Wolfinger (Leiter)

Dozent/Innen:

Dr. Martin Lehmann

AssistentInnen/Wiss. MitarbeiterInnen:

Dr. Hermann de Meer (bis 31.7.1999) ; Priv.-Doz. Dr. Klaus-Dieter Heidtmann; Dr. Jan-Peter Richter (bis 31.3.2000); Dipl.-Inform. Jürgen Wolf (ab 01.09.2001), Dr. Martin Zaddach (bis 31.7.2001)

Technisches und Verwaltungspersonal:

Dipl.-Ing. Helge Ernst; Ingeborg Hänig (Sekretariat)

Gäste:

Dr. Guangwei Bai, Stipendiat Friedrich-Ebert-Stiftung, Xi'an (VR China) (bis 31.3.1999)

Allgemeiner Überblick

Die Arbeitsgruppe Telekommunikation und Rechnernetze arbeitet an Fragen der Architektur, der Konzipierung und effizienten Realisierung innovativer Protokolle ("Protocol Engineering") sowie der Leistungs-/Zuverlässigkeitsanalyse, der Verkehrscharakterisierung ("Traffic Engineering") und dem Dienstgütemanagement für Kommunikations- und Rechnernetze. Der Bereich der betrachteten Kommunikations- und Rechensysteme umfasst in erster Linie heterogene, sowohl lokale, regionale als auch globale Rechnernetze (u.a. Internet) und reicht bis hin zu innovativen Rechnerarchitekturen (u.a. Parallelrechner). Die methodischen Grundlagen der Forschungsaktivitäten betreffen insbesondere Verfahren zur mathematisch-analytischen und simulativen Bewertung von Kommunikationssystemen und den durch sie bereitgestellten anwendungsorientierten Diensten sowie Verfahren zur Parallelisierung und zur effizienten Implementierung von Kommunikationssoftware. Die Entwurfs-, Analyse- und Optimierungsverfahren werden erprobt und weiterentwickelt bei der prototypischen Realisierung von Hochgeschwindigkeitsnetzen und von IP -basierten Rechnernetzen mit realzeitorientierten Kommunikationsdiensten sowie deren Nutzung zur Unterstützung verteilter multimedialer Anwendungen mit Fokus auf qualitativ hochwertiger Audio-/Video- und Mobilkommunikation.

Forschungsschwerpunkte

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Arbeitsgruppe Telekommunikation und Rechnernetze werden einerseits im Rahmen von Kooperationsprojekten und andererseits im Rahmen von Mitarbeiter-/Gastforscher-/Studenten-Projekten (u.a. Diplom- und Doktorarbeiten) durchgeführt. Auf folgende Forschungsschwerpunkte hat sich unsere Arbeit im Berichtszeitraum konzentriert:

Hochgeschwindigkeits-, Echtzeit- und Mobilkommunikation (Koordinator: Dr. K.-D. Heidtmann)

Die Verfügbarkeit hochleistungsfähiger Kommunikationssysteme gestattet inzwischen die Realisierung verteilter multimedialer Anwendungen in PC-Netzen. Allerdings führt eine qualitativ hochwertige Bewegtbildübertragung in Echtzeit noch häufig zu erheblichen Leistungseinsparungen in nicht-realzeitorientierten und/oder leistungsschwachen Kommunikationsnetzen bzw. in den als Endsysteme benutzten PCs. In diesem Forschungsschwerpunkt wird daher versucht, einerseits durch vereinfachte Protokolle („light-weight protocols“) und effiziente Implementierungstechniken sowie andererseits durch Einsatz von Fehlertoleranzmechanismen (wie Vorwärtsfehlerkontrolle) kombiniert mit einer Verkehrsaufspaltung („information dispersal“) und durch adaptive Videocodierung, die für multimediale Anwendungen geforderte Dienstqualität („quality of service“ - QoS) zu garantieren. Die dazu notwendige rechnerübergreifende Verwaltung der Rechnernetzressourcen soll dabei ebenfalls unterstützt werden. Die prototypische

Realisierung entsprechender (modellbasierter) QoS-Managementsysteme für dienstintegrierte Hochgeschwindigkeitsnetze, für Internets und Intranets mit „best effort“-Dienstleistung sowie für Netze mit Mobilkommunikation steht in diesem Forschungsschwerpunkt im Zentrum des Interesses (vgl. hierzu auch begleitende konzeptionelle und stärker methodisch orientierte Arbeiten im Schwerpunkt „Netz-/QoS-Management, Modellierung, 'Traffic Engineering'“).

Netz-/QoS-Management, Modellierung, "Traffic Engineering" (Koordinator: Dr. M. Zaddach)

Kommunikationssysteme sind, insbesondere im multimedialen Kontext, einem zunehmend breiteren Anforderungsprofil ausgesetzt. Neben diskreten sollen auch kontinuierliche Medien unterstützt werden, wobei applikations- und benutzerspezifische Anforderungen an die zu erbringende Dienstgüte zu erfüllen sind. Traditionelle Netzdienste, wie sie beispielsweise im Internet vorzufinden sind, sind nicht in der Lage Dienstqualitäten zu garantieren und multimediale Anwendungen hinreichend zu unterstützen. Das Transportsystem und die Anwendung selbst haben Vorkehrungen zu treffen, um die unzureichenden Eigenschaften der Netzdienste zu kompensieren.

Vor diesem Hintergrund streben wir die Entwicklung von Leistungsmodellen an, welche in der Lage sind, Komponenten innerhalb der Protokollarchitektur sowie Beziehungen zwischen diesen, analytisch zu modellieren. Zentral hierbei sind auf der einen Seite die durch die Anwendungen induzierten Lasten, sowohl auf anwendungs- als auch auf netznaher Ebene, die Kommunikationsbeziehung und der Einfluss der Last auf die Güte der Kommunikationsbeziehung. Auf der anderen Seite gilt es, Zuverlässigkeits- und Fehlermodelle für die multimedialen Dienste zu entwickeln, um so Auswirkungen von Fehlern auf die Anwendung abschätzen zu können, und auf Basis dieser Modelle Stabilisierungs- und Fehlertoleranzmaßnahmen ergreifen zu können.

Parallelverarbeitung und Parallelprogrammierung (Koordinator: Dr. M. Lehmann)

Um die zeitlichen Limitationen sequentieller Verarbeitung zu entschärfen, werden in diesem Schwerpunkt Sprachen für Parallelprogrammierung sowie die Möglichkeiten und Grenzen der Parallelverarbeitung von Algorithmen studiert. Eine Parallelisierung wird dabei insbesondere angestrebt für Kommunikationssoftware in Hochgeschwindigkeitsnetzen, für Algorithmen zur verteilten Echtzeitsimulation von Kommunikationsnetzen sowie für Messmonitoren in Rechnernetzen. Die Resultate der entsprechenden FuE-Aktivitäten zur Parallelisierung von Kommunikationsabläufen sollen in erster Linie in dem Schwerpunkt „Hochgeschwindigkeits-, Echtzeit- und Mobilkommunikation“ Berücksichtigung finden.

Wissenschaftliche Zusammenarbeit

a) national:

- TU Hamburg-Harburg (gemeinsame Diplomandenbetreuung)
- Universität Erlangen-Nürnberg (gemeinsame Buchpublikation)
- Universität Mannheim (gemeinsames Projekt)
- LIT, Hamburg (Abrechnungs- und Leistungsmanagement für das Hamburger Behördenetz)
- TU Dresden (FuE bei Videokommunikation)
- GMD St. Augustin, Institut für Medienkommunikation (gemeinsame Publikationen)
- Eberhardt-Karls Universität Tübingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät (gemeinsame Publikation)

b) international:

- CaberNet (European Network of Excellence)
- Columbia University, New York/USA (langfristiger Forschungsaufenthalt H. de Meer in Forschungsgruppe von Prof. Lazar)
- Duke University, Durham, N.C. /USA (gemeinsame Buchpublikation sowie gemeinsame Diplomandenbetreuung)
- International Computer Science Institute, Berkeley/USA (gemeinsame Publikation sowie gemeinsame Diplomandenbetreuung)
- Universität Catania, Istituto di Informatica e Telecomunicazioni, Catania/Italien (Vigoni-Programm)
- Universität Ottawa, Kanada (gemeinsames Projekt)
- University College London, England (gemeinsames Projekt)
- Hong Kong University of Science and Technology, Kowloon/Hong Kong (gemeinsames Projekt, DAAD/BMBF)

- Université Pierre et Marie Curie, Paris (Forschungsaufenthalt von Prof. Wolfinger in Forschungsgruppe von Prof. Serge Fdida des Laboratoire LIP6, Mai – Juni 2001)

c) Industriekooperationen:

- HiLAN, Bergheim
- ITD Informationstechnologie, Holdorf (gemeinsame Studienarbeitsbetreuung)
- Mobile.de, Hamburg (gemeinsame Diplomarbeitsbetreuung)
- SUN Microsystems (AEG-Projekt, vgl. 2.4.), Palo Alto, Ca./USA

Ausstattung

Die Arbeitsgruppe TKRN verfügt über 8 Workstations der Firma Sun. Die genannten Rechner werden zur Zeit insbesondere zur Leistungs- und Zuverlässigkeitsmodellierung von Rechen- und Kommunikationssystemen, zur Vermessung und Bildfehleranalyse von Videosequenzen und zur Entwicklung von Fehlertoleranzmechanismen für Videoencoder und -decoder benutzt.

Überdies verfügt TKRN über mehrere Pentium-PCs (unter den Betriebssystemen Windows, Solaris und LINUX). Die PCs werden u.a. als Endsysteme für die Realisierung realzeitorientierter Videokommunikation sowie als Lastgeneratoren (zur Erzeugung zusätzlicher Netzlast) und als Messmonitoren verwendet. Ferner werden sie in der Lehre für das Projektseminar Rechnernetze genutzt.

Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rechnernetzbereich sind folgende lokale Netze bzw. Netzkomponenten vorhanden: Konventionelles Ethernet, Fast-Ethernet sowie ein Fast-Ethernet- und ein ATM-Switch.

Drittmittel

- Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum (**DLR**): Modellierung und Leistungsbewertung von Rechensystemen; deutsch-ungarische Kooperation zwischen Universitäten Hamburg (TKRN), Erlangen, Trier, Budapest, Debrecen
- Columbia University, New York: Genesis-Projekt (Programmierbare Virtuelle Netze); **DFG**: einjähriges Habilitationsstipendium
- **DAAD**: Kooperation mit Hong Kong University of Science and Technology (Modellierung von Internet Differentiated Services)
- CaberNet – Network of Excellence in Distributed and Dependable Computing Systems; Europ. Projekt im Rahmen des IST (Information Society Technology)-Programms, **EU**, u.a. finanzielle Unterstützung von Tagungsreisen
- Academic Equipment Grant – Projekt der Fa. **SUN Microsystems** seit 1999 zum Thema „Model based QoS Management for Video Communications in Fast Ethernet based LANs“
- Tagungsstipendien
- Kosten für Teilnahme (mit Vortrag) an der Tagung ASIM 2000, Hamburg an F. Bühring sowie Chr. Scherpe (Hansische Universitätsstiftung)
- Reisekostenzuschuss an T. Suchanek (Fachwissenschaftlicher Informatik-Kongress, Oktober 2000, Bad Schussenried)
- Kosten für Teilnahme (mit Vortrag) an dem 4. CaberNet Workshop in Pisa (Oktober, 2001) an Dr. K. Heidtmann

2. Die Forschungsvorhaben der Fachbereichseinrichtung

Etatisierte Projekte

2.1 Hochgeschwindigkeits-, Echtzeit- und Mobilkommunikationpj

Heidtmann, Klaus-Dieter, Dr. (Koordinator); Richter, Jan-Peter, Dr.; Wolf, Jürgen; Zaddach, Martin, Dr.

Um die längerfristigen Ziele des Forschungsschwerpunktes „Hochgeschwindigkeits-, Echtzeit- und Mobilkommunikation“ zu erreichen, werden gegenwärtig drei Teilvorhaben in diesem Schwerpunkt verfolgt:

Zum einen die Realisierung „intelligenter“ anwendungsnaher Kommunikationsdienste, die durch kommunikationsnetzexterne Fehlertoleranzverfahren, wie Einsatz von Vorwärtsfehlerkontrolle (FEC), und sonstige netzexterne Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität von Videokommunikationsdiensten

versuchen, die Mängel von Kommunikationsnetzen mit geringer Dienstgüte (QoS) zu beseitigen (vgl. Teilvorhaben 2.1.1); zum zweiten die Konzeption von Systemen mit kommunikationsnetzinternen Managemententscheidungen, um die Dienstgüte im Kommunikationsnetz selbst zu erhöhen bzw. eine geforderte QoS zu gewährleisten (vgl. Teilvorhaben 2.1.2). Messungen für Hochgeschwindigkeitsnetze werden in einem weiteren Teilvorhaben durchgeführt (vgl. 2.1.3). Die Arbeiten im gesamten Schwerpunkt beziehen sich zur Zeit primär auf Fast Ethernet-LANs, ATM-Netze, globale Rechnernetze (Internet) sowie Mobilnetze. Bei Betrachtung konkreter Videocodierungsalgorithmen werden bislang vorrangig die Standards MPEG, H.261 sowie H.263 für die entsprechenden experimentellen Studien zugrundegelegt.

2.1.1 Realisierung adaptiver, fehlertoleranter multimedialer Anwendungen mit Echtzeitkommunikation

Heidtmann, Klaus-Dieter, Dr.; Wolf, Jürgen; Wolfinger, Bernd, Prof. Dr.; Zaddach, Martin, Dr.

Laufzeit des Projektes:

seit 1/97

Projektbeschreibung:

a) Erarbeitung und Klassifikation grundsätzlicher Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung von Videokommunikation

Um die Benutzeranforderungen an die Qualität der anwendungsnahen Kommunikationsdienste zur Unterstützung von Audio-/ Videokommunikation in Echtzeit auch bei Verwendung eines „Best Effort“-Kommunikationsnetzes (d.h. eines Netzes ohne die Möglichkeit, Dienstgütegarantien zu realisieren) mit hinreichend hoher Wahrscheinlichkeit erfüllen zu können, sind qualitätserhöhende/-verbessernde Maßnahmen erforderlich. Die Qualitätserhöhung kann applikationsübergreifend sein und bereits direkt innerhalb des Datentransportsystems ansetzen oder applikationsspezifische Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung können ergriffen werden. Im Rahmen seines im Jahr 2001 abgeschlossenen Dissertationsvorhabens [Zaddach 2001] sowie zweier ebenfalls im Berichtszeitraum abgeschlossenen Diplomarbeiten [Kerse 2000] sowie [Suchanek 2001] wurden grundlegende Methoden der QoS-Verbesserung bei Videokommunikation gesichtet, weiter- oder neu entwickelt. Die Methoden konnten anhand eines elementaren Architekturmodells klassifiziert werden, wobei insbesondere sender- und empfangerbasierte Fehlertoleranzmethoden unterschieden werden. Neben den Methoden zur QoS-Verbesserung direkt im Kommunikationsnetz (*netzabhängige QoS*) wurden Methoden identifiziert, die aus lokalen Maßnahmen in einem kommunizierenden Endsystem resultieren (*kommunikationsspezifische QoS*) und schließlich solche, die durch Kommunikation und Kooperation zwischen entsprechenden Transformationsprozessen im sende- sowie empfangsseitigen Endsystem eine verbesserte Dienstgüte erzielen (*anwendungsorientierte QoS*).

Die Untersuchungen zur Beurteilung der Qualitätsverbesserungen dank unterschiedlicher Fehlertoleranzmethoden wurden in einem Beitrag zusammengefasst, der bei der Tagung KiVS 2001 (Hamburg) vorgestellt wurde [Heidtmann, Kerse, Suchanek et al. 2001]. Überdies wurde in einem weiteren Papier ein allgemeines Rahmenwerk zur grundsätzlichen Einordnung von QoS-Verbesserungsmethoden entwickelt, das zur ICN'01 (Colmar) präsentiert wurde [Wolfinger, Zaddach 2001].

Bei den Studien wurde u.a. erkannt, dass komplexe Wechselwirkungen auftreten können, wenn elementare Methoden zur QoS-Verbesserung miteinander kombiniert werden. In zusätzlichen, umfassenden Studien wurde der Qualitätsgewinn bei Videokommunikation experimentell untersucht und sowohl quantitativ als auch subjektiv aus Sicht eines menschlichen Benutzers bewertet, zu letzteren Studien vgl. Untersuchungen aus 2.2.3 b).

b) Experimentelle Beurteilung spezieller Techniken zur Verbesserung der Übertragungsqualität bei H.261-, H.263- und MPEG-Codierung

Ein wesentliches Ziel der Klassifikation grundsätzlicher Qualitätsverbesserungsmaßnahmen und -mechanismen ist die Beurteilung ihrer Eignung für spezielle Kommunikationssysteme und -umgebungen. Diese Umgebungen werden wesentlich durch das zugrundeliegende Kommunikationsnetz beeinflusst, und die Anwendbarkeit der Maßnahmen wird somit jeweils durch die vom Netz vorgegebenen Randbedingungen geprägt. Aufgrund der außerordentlichen Signifikanz des Internets für die Übermittlung multimedialer Informationen konzentrieren sich die Forschungsanstrengungen der Arbeitsgruppe TKRN auf die Bewertung und Eignung von Mechanismen zur Verbesserung der Videoqualität, aufbauend auf IP-basierten Kommunikationsnetzen, sowie Verwendung der weit verbreiteten Videokompressionsverfahren H.261 und H.263. Der „best effort“-Charakter IP-basierter Netze, sowie mangelnde Eingriffs- und Steuermöglichkeiten im Kommunikationsnetz, machen den Einsatz von Fehlertoleranztechniken kurzfristig unabdingbar. Daher ist

es ein zentrales Ziel unserer Forschung, die Eignung und Realisierung von Fehlertoleranztechniken sowohl analytisch als auch experimentell zu bewerten.

Während sowohl auf der Netzschicht als auch auf Ebene des Echtzeittransportsystems nur sehr allgemeine Mechanismen, wie beispielsweise Vorwärtsfehlerkorrektur möglich sind, bietet sich auf Ebene der Videoapplikation eine Vielzahl von Eingriffsmöglichkeiten zur fehlertoleranten Codierung der Videodatenströme, u.a. medienspezifische Eingriffe. Dabei werden sender- und empfängerbasierte Techniken unterschieden. Weitreichende Untersuchungen zur medienspezifischen Wahl von fehlertoleranten Codierungsmustern mit zusätzlichen I-Bildern für senderbasierte Verfahren wurden im Jahr 2000 im Rahmen einer Diplomarbeit (J. Kerse) durchgeführt. Dabei wurden die neu entwickelten Codierungsmuster in umfangreichen Experimenten modellbasiert optimiert, sowie ihre Integration in ein Managementsystem, welches in Abhängigkeit des Netzzustandes adaptiv reagiert, vollzogen. Die Bewertung dieser Maßnahmen sowie die Wahl der Parameter und deren Optimierung orientierte sich zum einen an technischen Maßen (PSNR) und zum anderen an der Beurteilung durch menschliche Benutzer (s. Abb. 1).

Die wesentlichen Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zeigen, dass Fehlertoleranzmaßnahmen bei höheren Verlustraten von der Senderapplikation vollzogen werden müssen, da sich Fehlertoleranz schon in den codierten Datenstrom integrieren lässt, während Mechanismen rein auf der Empfängerseite (s. Studienarbeit T. Suchanek) nur leichte Störungen bei geringen Verlustraten verbergen können. Letztere werden von dem Endsystem, das die Videodaten empfängt, durchgeführt, und es ist dabei keinerlei Beteiligung des sendenden Endsystems notwendig. Somit können diese Verfahren angewendet werden, wenn keine Senderbeteiligung möglich ist oder wenn die vom Sender durchgeführten Fehlertoleranztechniken nicht hinreichend viele Verluste verhindern können und deshalb um empfängerseitige Maßnahmen ergänzt werden müssen. Wesentliche Vorteile der Fehlertoleranztechniken im Empfängerendsystem sind ihr relativ geringer Aufwand, ihre Eigenart, keinen zusätzlichen Netzverkehr zu erzeugen, und ihre Unabhängigkeit vom Sender, so dass keinerlei Kompatibilitätsprobleme aufgrund der eingesetzten Fehlertoleranzverfahren entstehen können. Generell erzeugen diese Techniken für die infolge der Übertragung entstandenen Verluste einen Ersatz, der dem jeweiligen Original möglichst ähnlich sein soll. Dies ist möglich, da Videosequenzen, insbesondere solche mit wenig Bewegung, jeweils über kurze Zeiträume eine große Zahl ähnlicher Bilder enthalten. Einschränkend muss gesagt werden, dass Fehlertoleranztechniken allein im Empfängerendsystem nur die Folgen relativ kleiner Verlustraten bzw. kleiner Lücken im empfangenen Videostrom verschleiern können. Ohne Fehlertoleranzverfahren hingegen bricht der Decoder beim Auftreten eines Verlustes die Decodierung des Videos ab. Um höchsten Qualitätsansprüchen gerecht zu werden, bedarf es ggf. einer Kombination sender- und empfängerbasierter Maßnahmen.

Abb. 1: Beispielbilder aus dem Video Nachrichtensprecherin (Claire) bei 5% Verlusten



ohne Fehlertoleranz



mit dem selbstentwickelten senderseitigen Fehlertoleranzverfahren

Schlagwörter:

Fehlertoleranz; Fehlerkontrolle; Codierungsstandards (MPEG, H.261, H.263); Hochgeschwindigkeitskommunikation; Dienstqualität; Applikationen, adaptive

Publikationen aus dem Projekt:

- Albanese, A.; Siemsglüss, S.; Wolfinger, B.: Information Dispersal to Improve Quality-of-Service on the Internet, Proc. SPIE Intern. Symp. on Voice, Video, and Data Communications, Vol. 3529, Boston/Mass., November 1998
- Heidtmann, K.: Zuverlässigkeit technischer Systeme – Modelle für Zuverlässigkeitsstrukturen und ihre analytische Auswertung, Teubner-Texte zur Informatik 21, Teubner, 1997
- Heidtmann, K.: Evaluation of Video Communication over Packet Switching Networks, 3rd European Dependable Computing Conference EDCC-3, Prag, 1999, 24-41

- Heidtmann, K.: Leistungs- und Zuverlässigkeitsaspekte von Videokommunikation mit Echtzeitanforderungen, 2. WAKI- / G-IIA-Symposium (Wissenschafts-Akademie für Kommunikations- und Informationstechnik) über Verteilte multimediale Anwendungen und dienstintegrierende Kommunikationsnetze, Flensburg, September 1999, 111-125
- Heidtmann, K.; Kohlhaas, C.; Zaddach, M.: Messung der Netzlast und Bewertung der Videoqualität bei Videokommunikation über Paketvermittlungsnetze, GI/ITG-Fachtagung über Architektur von Rechensystemen, Jena, Oktober 1999, 237-248
- Heidtmann K.: Fault-Tolerant Real-Time Video Communication via Best-Effort Networks, 4th CaberNet Workshop, Pisa, October 2001
- Heidtmann K., Kerse J., Suchanek T., Wolfinger B.E., Zaddach M.: Fehlertolerante Videokommunikation über verlustbehaftete Paketvermittlungsnetze, GI-Fachtagung "Kommunikation in Verteilten Systemen" KiVS 2001, Hamburg, Februar 2001, in: Killat U., Lamersdorf W (Hrsg.), Kommunikation in Verteilten Systemen, Springer, Berlin, 2001
- Siemsglüss, S.: Information Dispersion to Improve Quality-of-Service on the Internet, Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg, 1998
- Suchanek, T.: Lösungsansätze zur empfangerbasierten Behandlung von Übertragungsfehlern in H.263-kodierten Bewegtbildsequenzen, Fachwissenschaftlicher Informatik-Kongress, Bad Schussenried, Okt. 2000, in: Informatiktage 2000, Konradin Verlag, Leinfelden-Echterdingen, 2000
- Wolfinger, B.: Efficiency of PET and MPEG Encoding for Video Streams: Analytical QoS Evaluations, Technical Report TR-97-015, Internat. Computer Science Institute, Berkeley 1997
- Wolfinger, B.: Efficiency of Video Encoding Schemes without and with FEC: Analytical Models for QoS Evaluations, 1st World Congress on Systems Simulation (WCSS '97), Singapore, September 1997
- Wolfinger, B.: On the Potential of FEC Algorithms in Building Fault-tolerant Distributed Applications to Support High QoS Video Communication, ACM Symp. on Principles of Distributed Computing (PODC '97), Santa Barbara 1997
- Wolfinger, B.E.; Zaddach, M.: Techniques to Improve Quality-of-Service in Video Communications via Best Effort Networks, IEEE International Conference on Networking, ICN '01, Colmar, Juli 2001

2.1.2 Messungen in lokalen und globalen Rechnernetzen

Richter, Jan-Peter, Dr.; Wolfinger, Bernd, Prof. Dr.

Laufzeit des Projektes:

seit 10/96

Projektbeschreibung:

In Systemen mit ergebnisoffener Dienstgütegärantriesemantik bestehen zwei voneinander unterscheidbare Messaufgaben. So muss zum einen überprüft werden, ob die eigene Leistung ausreichend war, um die Dienstgüterevereinbarung mit dem Dienstbenutzer zu erfüllen (erste Messaufgabe). Zum anderen gilt es, Leistungsparameter zu erfassen, die es einem adaptiven Dienstgüteremanagement ermöglichen, eine Entscheidung bezüglich möglicher Rekonfigurationen zu treffen (zweite Messaufgabe). Die Messaufgaben unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Domäne der Messgrößen als auch in der zu erzielenden Messgenauigkeit [Richter 2000].

Als Teil der Aufgabenstellung zweier Diplomarbeiten, die im Berichtszeitraum abgeschlossen wurden (Chr. Langmann, S. Weitendorf), wurde ein Messsubsystem für das Transportsystem 'Flexible Continuous Media Transfer System' (FCMTS) [Richter 2000] entworfen und prototypisch implementiert. Dazu wurde die universelle Messbibliothek 'Measlib' entwickelt und an die speziellen Bedürfnisse des FCMT-Systems angepasst. Experimente, bei denen die Ergebnisse des Messsubsystems mit der tatsächlich wahrgenommenen Dienstgüte einer Testapplikation verglichen wurden, bestätigten, dass das Messsubsystem die erste Messaufgabe erfüllen kann. Auch der Vergleich gemessener Leistungsparameter des unterliegenden Vermittlungsdienstbringers mit der vorgegebenen Parametrisierung des verwendeten Netzsimulators zeigte eine ausreichende Messgenauigkeit für die zweite Messaufgabe.

Weitere FuE-Arbeiten zur Leistungsmessung wurden für Fast Ethernet-basierende Lokale Netze und deren Kopplung mit ATM-Vermittlungsrechnern im Rahmen einer, im Berichtszeitraum begonnenen Diplomarbeit durch Herrn H. Fehrs durchgeführt. Dabei wurde ein für Fast Ethernet prototypisch implementierter Messmonitor adaptiert und für erste Messungen (Pilotexperimente) in Fast Ethernet-/ ATM-Konfigurationen eingesetzt. Diese Arbeiten sind auch als ein Beitrag zu dem in 2.4. behandelten SUN-Drittmitelvorhaben (Academic Equipment Grant) zu sehen.

Zusätzliche Messungen in Rechnernetzen im Berichtszeitraum betreffen Lastmessungen an unterschiedlichen Schnittstellen einer hierarchisch organisierten Protokollsoftware. Dabei wurden sowohl Auftragssequenzen an sehr anwendungs-/endbenutzernahen Schnittstellen (Primärlastmessungen) als auch an netzinternen

Schnittstellen, insbesondere unterhalb der IP-Schicht in Intranets (Sekundärlastmessungen) durchgeführt (zu Details, vgl. 2.2.4).

Schlagwörter:

Hochgeschwindigkeitskommunikation; Fast Ethernet; Lastmessungen; Systemmessungen; Leistungsmessungen

Publikationen aus dem Projekt:

Froelich, W.: Lastabhängige Messungen für lokale Hochgeschwindigkeitsnetze auf Fast Ethernet-Basis, FBI-Mitteilung Nr. 273, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg, FBI-HH-M-273/97, 1997
 Richter, J.P.: Spezifikations- und Messmethodik für ein adaptives Dienstgütemanagement, Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, erschienen in: Wolfinger B.E. (Hrsg.), Berichte aus dem Forschungsschwerpunkt Telekommunikation und Rechnernetze, Band 1, Shaker-Verlag, 2000

2.2 Netz-/QoS-Management, Modellierung, "Traffic Engineering"

Zaddach, Martin, Dr. (Koordinator); Heidtmann, Klaus-Dieter, Dr.; De Meer, Hermann, Dr. (Habilitation); Richter, Jan-Peter, Dr.; Wolf, Jürgen

Die zur Zeit laufenden Projekte innerhalb des Forschungsschwerpunktes „Netz-/QoS-Management, Modellierung, 'Traffic Engineering' " orientieren sich an dem Ziel eines modellbasierten Dienstgütemanagement für innovative Kommunikationssysteme. Die Forschungsarbeiten im Berichtszeitraum bezogen sich in einem FuE-Projekt dieses Forschungsschwerpunktes auf die Weiterentwicklung der Modellierungswerkzeuge, insbesondere hinsichtlich QoS-relevanter Studien, einschließlich umfangreicher Fallstudien (vgl. Teilvorhaben 2.2.1). Zwei Projekte dieses Schwerpunktes betreffen die Entwicklung und Nutzung von Modellen für Kommunikationsnetze (Systemmodelle, vgl. Teilvorhaben 2.2.2, bzw. Lastmodelle, vgl. Teilvorhaben 2.2.4). Ein weiteres FuE-Projekt bestand in der Bereitstellung, Entwicklung und Nutzung von programmierbaren Architekturkomponenten im Internet. Ein Software-Agentensystem wurde entwickelt und prototypisch implementiert, mit dem sich Netzdienste auf Bedarf hin dynamisch ergänzen und modifizieren lassen. Außerdem wurde ein Konzept für einen Netzbetriebssystemkern definiert zur Generierung programmierbarer virtueller Netze, sog. *Active Networks* (vgl. die im Berichtszeitraum abgeschlossene Habilitationsschrift des Herrn De Meer). Im Rahmen eines ebenfalls im Jahr 2001 abgeschlossenen Dissertationsprojektes wurden lastadaptive Dienstgütemanagementkomponenten entwickelt und experimentell erprobt für Audio-/Videoubertragung in Intranets und im Internet. Im Hinblick auf eine wirklich aussagekräftige Beurteilung der erzielten Qualitätsverbesserungen wurden gezielte Studien hinsichtlich des subjektiven Qualitätsempfindens von menschlichen Betrachtern von Videosequenzen durchgeführt (vgl. Teilvorhaben 2.2.3).

2.2.1 Entwicklung und Anwendung von Modellierungswerkzeugen

Wolfinger, Bernd, Prof. Dr.; Zaddach, Martin, Dr.

Laufzeit des Projektes:

seit 1/96

Projektbeschreibung:

Echtzeitsimulation von Kommunikations- und Rechnernetzen

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Verlässlichkeit von verteilten multimedialen Anwendungen ist es sehr wünschenswert, eine flexible Experimentierumgebung zur Verfügung zu haben, die sich aus einer Kombination von Realkomponenten und Modellkomponenten konfigurieren lässt. So könnten bei Audio-/Videokommunikation die Reaktionen kommunizierender Anwendungsprozesse bei Datentransfer über unterschiedliche Klassen von Kommunikationsnetzen beobachtet werden, wobei der tatsächliche Datenaustausch nicht über die zu betrachtenden Netze selbst sondern über ein künstliches Ersatzsystem, einen sog. *Kommunikationsnetz-Simulator*, erfolgen könnte.

Als einer der Schritte im Hinblick auf die Bereitstellung einer derartigen Experimentierumgebung wird gegenwärtig in der Arbeitsgruppe TKRN ein Kommunikationsnetz-Simulator entwickelt, der über eine wohldefinierte Schnittstelle (u.a. wahlweise UDP- oder IP-Schnittstelle) mit realen und künstlichen Lastquellen und -senken interagieren kann. Der Netzsimulator berücksichtigt dabei das Verzögerungs- und Verlustverhalten existierender Kommunikationsnetze, wie z.B. kleinere Subnetze des Internet oder geeignete Ausschnitte von Netzen mit drahtloser Datenübertragung. Dabei prognostiziert der Netzsimulator für die

einzelnen zu übertragenden Dateneinheiten (z.B. UDP- oder IP-Pakete) die jeweilige Verzögerungszeit im Kommunikationsnetz sowie einen evtl. Verlust bei dem (modellierten) Transport des Pakets über das Kommunikationsnetz. Die einzelnen Dateneinheiten werden dann gemäß der Resultate der Modellprognose vor ihrer Auslieferung an den Empfänger verzögert oder ggf. eliminiert. Um maximale Flexibilität bei der Modellierung des Netzverhaltens zu gewinnen, wird die Verhaltensprognose wahlweise auf Basis eines aufgezeichneten, realen Netzverhaltens ("Trace") oder aber unter Verwendung analytischer oder simulativer Modelle erreicht. Bei der Verwendung eines simulativen oder eines analytischen Modells zur Charakterisierung des Netzverhaltens wird dem Modell detaillierte Information über den tatsächlichen Ankunftsstrom von Dateneinheiten zur Verfügung gestellt, so dass das Modell die Momentanbelastung des Kommunikationsnetzes approximieren und so eine lastabhängige Verhaltensprognose erreichen kann.

Wegen der benötigten Echtzeitfähigkeit des Kommunikationsnetz-Simulators ist zu gewährleisten, dass auch die Modellauswertung bei der Verhaltensprognose des Netzes in Echtzeit realisiert wird. Dies stellt eine sehr anspruchsvolle Anforderung dar. Eine 1999 durchgeführte Studienarbeit konnte bereits vorab nachweisen, dass die angestrebte Echtzeitfähigkeit des Kommunikationsnetz-Simulators (bei Einsatz effizienter Implementierungstechniken und von Parallelverarbeitung) in der Tat erzielt werden kann, sofern es sich um die Modellierung einer Übertragung über ein globales Rechnernetz handelt und die Ende-zu-Ende-Verzögerungen zumindest im *msec*-Bereich liegen.

Aufbauend auf diesen ersten Erfahrungen wurde im Rahmen zweier im Berichtszeitraum erfolgreich abgeschlossener Diplomarbeiten (F. Bühring, Chr. Scherpe) nunmehr eine modulare Architektur für die flexible Experimentierumgebung spezifiziert und möglichst breit einsetzbare Bausteine wurden prototypisch implementiert, die die lastabhängige Verhaltensprognose von Kommunikationsnetzen in Echtzeit wahlweise mittels Trace oder (analytischer bzw. simulativer) Modellierung gestatten. Mit dem realisierten Kommunikationsnetz-Simulator wurden überdies bereits zahlreiche Experimente durchgeführt, die u.a. überzeugend nachweisen konnten, dass zum einen eine äußerst hohe Präzision des Simulators erreicht wurde (insbesondere hinsichtlich der sehr genauen Einhaltung der Sollauslieferungszeitpunkte von Paketen), zum anderen die bislang vorgesehenen Bausteine für analytische und simulative Kommunikationsnetzmodelle korrekt implementiert wurden und dass schließlich auch eine geeignete Zustandsinformation zur Parametrisierung der analytischen Modelle (insbesondere geeignete Abschätzung für die benötigten Ankunfts- und Bedienraten) aufwandsarm gewonnen werden kann. Die Resultate der Arbeiten konnten in einem Beitrag zur ASIM'2000 einer breiteren Fachöffentlichkeit vorgestellt werden [Bühring, Scherpe 2000].

Schlagwörter:

Modellierung; Optimierung; Analyse; Echtzeitsimulation; Experimentierumgebung

Publikationen aus dem Projekt:

- Bühring, F.; Scherpe, Chr.: Modellierungsverfahren zur lastabhängigen Verhaltensprognose von Kommunikationsnetzen in Echtzeit, Proc. 14. Symp. Simulationstechnik, ASIM 2000, Hamburg, 2000
- Bolch, G.; Greiner, S.; de Meer, H.; Trivedi, K.S.: Queueing Networks and Markov Chains, – Modeling and Performance Evaluation with Computer Science Applications, John Wiley, New York, August 1998
- De Meer, H.; Sevcikova, H.: Xpenelope User Guide for Xpenelope Version 3.1, FBI-Mitteilungen, FB Informatik, Universität Hamburg, FBI-HH-M-265/96, Oktober 1996
- De Meer, H.; Düsterhöft, O.-R.: Controlled Stochastic Petri Nets, Proc. 16th IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS'97), Durham NC, USA, Oct. 1997
- De Meer, H.; Düsterhöft, O.-R.; Fischer, S.: COSTPN for Modeling and Control of Telecommunication Systems, in: M. Diaz (ed.): Applications of Petri Nets to Communication Networks, Special Issue on Advances in Petri Nets, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, 1998
- De Meer, H.; Fischer, S.: Controlled stochastic Petri nets for QoS management, Proc. 9th ITG/GI-Conf. Messung, Modellierung und Bewertung (MMB'97), Freiberg/Sachsen, Sept. 1997
- De Meer, H.; Sevcikova, H.: PENELOPE – dependability evaluation and the optimization of performability, 9th Intern. Conf. on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation, St. Malo, Juni 1997
- Richter, J.-P.; De Meer, H.: Control Policy Optimization of Heterogeneous Parallel Systems with Extended Markov Reward Models, Proc. 1st IEEE Intern. World Conf. on System Simulation (WCSS'97), Singapore, Sept. 1997
- Zaddach, M.; de Meer, H.: COSTPN zur Modellierung und Kontrolle rekonfigurierbarer Systeme, in: Heidtmann K., Wolfinger B. (Hrsg.): Proc. MMB-Arbeitsgespräch „Leistungs-, Zuverlässigkeits- und Verlässlichkeitsbewertung von Kommunikationsnetzen und verteilten Systemen“, Hamburg, März 1998

2.2.2 Analytische Modellierung für Kommunikationsnetze und verteilte Anwendungen

Heidtmann, Klaus-Dieter, Dr.; Wolfinger, Bernd, Prof. Dr.; Zaddach, Martin, Dr.

Laufzeit des Projektes:

seit 1/96

Projektbeschreibung:

a) Analytische Modelle für Videokommunikation

Die Übertragung von Bewegtbildern als Komponente verteilter, multimedialer Anwendungen ist wegen der hohen Datenraten und Echtzeitanforderungen eine technologische Herausforderung. Heutige und neue zukünftige verteilte Anwendungen im Bereich von visueller Kommunikation, Multimedia und digitalem Fernsehen erfordern sowohl eine hohe Bandbreite der Übertragungssysteme als auch geeignete Kodierungs- und Steuerungsverfahren, um der Vielzahl der Teilnehmer und den unterschiedlichen anwendungsspezifischen Anforderungen an das Kommunikationssystem in Form der Dienstintegration gerecht zu werden. Mit den Kodierungsverfahren müssen die großen Datenmengen digitaler Bewegtbildsequenzen so reduziert werden, dass die kodierten Daten erfolgreich übertragen werden können und die anschließend dekodierten Bilder den ursprünglichen möglichst ähneln. Zur Übertragung und Verbreitung entsprechender visueller Information über die unterschiedlichen verfügbaren Kommunikationsnetze müssen also sehr effiziente, robuste und flexible Kodierungs- und Komprimierungsverfahren eingesetzt und beispielsweise durch die Wahl geeigneter Parameter entsprechend angepasst werden. Grundlegende Anhaltspunkte hierzu bietet die Diplomarbeit von C. Kohlhaas.

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung realitätsnaher Leistungs-, Zuverlässigkeits- bzw. Verlässlichkeitsmodelle für die Übertragung von gemäß H.261, H.263 bzw. MPEG kodierten Bewegtbildern über Paketvermittlungsnetze. Diese Ergebnisse sind praktisch relevant, weil die Güte verteilter Anwendungen in hohem Maße von der Güte des zugrundeliegenden Kommunikationssystems abhängt, die neben seiner Leistung insbesondere auch durch seine Zuverlässigkeit bestimmt wird. Ein Beispiel dafür ist die Videokommunikation mit Echtzeitanforderungen über eines der heute üblichen Paketvermittlungsnetze als Kommunikationssystem. Hierbei wird die Qualität der vom Empfänger dargestellten Bewegtbildsequenz beeinträchtigt durch Störung, Verlust oder nicht rechtzeitiges Eintreffen der zu übertragenden Datenpakete. Das Ausmaß dieser Beeinträchtigung hängt u.a. von der Kodierung und Komprimierung der zu übertragenden Bilddaten ab und wird am Beispiel der Videokodierung mit Hilfe analytischer Modelle untersucht. Dabei werden die Zusammenhänge zwischen den Kodierungs- und Komprimierungsparametern, der Güte des Kommunikationssystems und der Bildqualität in Form von Wahrscheinlichkeiten für Bildverluste quantitativ bestimmt und graphisch dargestellt.

Aufbauend auf ersten Ergebnissen [Heidtmann 1999], [Heidtmann, Wolfinger 1999] wurden die Leistungsmodelle verifiziert (S. Oetjo) und weiterentwickelt. Hierfür wurden die Abbildungen von Dienstgüteparametern und Charakteristika, wie sie auf unterschiedlichen Ebenen der Protokollhierarchien in einem Echtzeitkontext typisch sind, untersucht und mathematisch gefasst [Wolfinger, Zaddach 2001]. Diese Modelle sind für ein QoS-Management fundamental, gestatten sie es, die Dienstgüteeigenschaften auf Vermittlungs- und Transportebene direkt auf Anwendungsebene abzubilden, und so anhand von Fehlerhäufigkeiten direkt anwendungsbezogene Fehlertoleranzmaßnahmen zu ergreifen und quantitativ abzuschätzen. Von besonderem Interesse ist hierbei ein Modell, welches die Persistenz und Akkumulation von Einzelstöreinflüssen in einer Sequenz zwischen zwei intrakodierten Bildern beschreibt. Ein derartiges Modell konnte im Berichtszeitraum als eines der Resultate dieser Entwicklungslinie erfolgreich entwickelt werden. Dieses Modell lässt es zu, unter einer gegebenen Stör- bzw. Verlustwahrscheinlichkeit des Transportdienstes, die von einem menschlichen Benutzer wahrgenommene Bildqualität zu beurteilen, und ist somit von äußerst großer Relevanz für ein adaptives Dienstgütemanagement. Dieses Modell wird in studentischen Abschlussarbeiten herangezogen und validiert (T. Suchanek) und ist bereits in ein adaptives Managementsystem integriert worden (J. Kerse). Dieses Managementsystem ermöglicht eine nahezu gleichbleibende Videoqualität, trotz schwankender Charakteristik auf Seiten des Vermittlungsdienstes.

b) Analytische Modellierung zur Charakterisierung des Verzögerungs-/Verlustverhaltens von Kommunikationsnetzen

Der in 2.2.1 präsentierte Verhaltenssimulator für Kommunikationsnetze erfordert neben "Traces" und neben Simulationsmodellen zur Charakterisierung des Netzverhaltens insbesondere auch hinreichend realistische analytische Modelle zur Prognose des Verzögerungs- und Verlustverhaltens von Paketvermittlungsnetzen. Derartige Modelle wurden in der Vergangenheit von L. Kleinrock für interaktiven Verkehr sowie von B. Wolfinger für "burstartigen" Verkehr (stoßweises Verkehrsaufkommen, wie z.B. bei Dateitransfers) entwickelt. Sowohl die Kleinrock- als auch die Wolfinger-Modellklasse wurde bereits vollständig in den Kommunikationsnetzsimulator aus 2.2.1 integriert. Weitere FuE-Aktivitäten zur analytischen

Kommunikationsnetz-Modellierung betrafen die Durchführung zahlreicher Experimente zur Ermittlung geeigneter Beobachtungsintervall-Längen sowie von adäquaten Gewichtungsfunktionen zur Steuerung des Grades der Berücksichtigung bzw. der sukzessiven Ausblendung vergangener Beobachtungen, insbesondere bei der Abschätzung von "Momentanankunftsrate" (für Datenpaketströme), wie sie für eine Auswertung analytischer Modelle erforderlich sind (zu Resultaten vgl. die Diplomarbeit [Bühning 2000]).

Schlagwörter:

Modelle, analytische; Zuverlässigkeitsanalyse; Leistungsanalyse; Kommunikationsnetze; MPEG; H.261; H.263; Videokommunikation; Bildqualität; Bildverlustwahrscheinlichkeit; Code, fehlerkorrigierender; Entscheidungsmodelle; Markov-Reward-Modelle; Verlässlichkeit; Petri Netze, stochastische

Publikationen aus dem Projekt:

- De Meer, H.: Adaptive Quality of Service Management: A Model-based Approach, 10th European Simulation Multiconference, Budapest, 1996
- De Meer, H.; Düsterhöft, O.-R.; Fischer, S.: COSTPN for Modeling and Control of Telecommunication Systems. in: M. Diaz (ed.), Applications of Petri Nets to Communication Networks, Special Issue of Advances in Petri Nets, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 1605, Springer Verlag, April 1999
- Heidtmann, K.-D.: Zuverlässigkeit technischer Systeme – Modelle für Zuverlässigkeitsstrukturen und ihre analytische Auswertung, Teubner-Texte zur Informatik 21, Teubner 1997
- Heidtmann, K.: Evaluation of Video Communication over Packet Switching Networks, 3rd European Dependable Computing Conference EDCC-3, Prag, 1999, 24-41
- Heidtmann, K.; Wolfinger, B.: Analytische Leistungsbewertung von Videokommunikation gemäß H.261 über verlustbehaftete Paketvermittlungsnetze, 10. GI/ITG-Fachtagung über Messung, Modellierung und Bewertung von Rechen- und Kommunikationssystemen MMB'99, Trier, September 1999, 87-104
- Wolfinger, B.: Efficiency of PET and MPEG Encoding for Video Streams: Analytical QoS Evaluations, Technical Report TR-97-015, Internat. Computer Science Institute, Berkeley 1997
- Wolfinger, B.; Zaddach, M.: Techniques to Improve Quality-of-Service in Video Communications via Best Effort Networks, IEEE International Conference on Networking (ICN'01), Colmar, Frankreich, Juli 2001

2.2.3 Dienstgüte- und Netzmanagement für Kommunikations- und Rechnernetze

Richter, Jan-Peter, Dr.; Wolf, Jürgen; Wolfinger, Bernd, Prof. Dr.; Zaddach, Martin, Dr.

Laufzeit des Projektes:

seit 1/96

Projektbeschreibung:

a) Lastadaptives QoS-Management bei Videokommunikation

Multimediale Teledienste verlangen von den darunterliegenden Diensterbringern die Einhaltung garantierter Echtzeiteigenschaften, die sich jedoch häufig nicht direkt auf Leistungsangebote der darunterliegenden Schichten abbilden lassen. Umgekehrt beeinflusst der Charakter des auf das System aufgebracht Verkehrs die erreichbare Güte des zu erbringenden Dienstes. Die Komplexität des Gesamtsystems sowie die erwünschte Isolation der unterschiedlichen Abstraktionsebenen innerhalb des Kommunikationssystems verlangt nach einem hochentwickelten Dienstgütemanagement, das sowohl die Abbildung von Last- und Leistungsspezifikationen von Ebene zu Ebene leistet, als auch die Einhaltung von vereinbarten Dienstgüteschranken gewährleistet, oder zuverlässig entsprechende Fehlermeldungen generiert. Das Dienstgütemanagement muss in diesem Zusammenhang Entscheidungen treffen, die auf potentiellen zukünftigen Arbeitszuständen und den daraus resultierenden Leistungsgrößen beruhen bzw. diese beeinflussen. Aufgrund der starken Nichtlinearität der betrachteten Systeme können für diese Entscheidungen keine einfachen Regeln formuliert werden. Vielmehr ist es notwendig, dass das Dienstgütemanagement mögliche Aktionen und Entscheidungen anhand von Systemmodellen im voraus bewerten kann, um so eine optimale Wahl treffen zu können.

Bereits die Dissertation von Herrn Jan-Peter Richter [Richter 2000] hatte adaptives Dienstgütemanagement im Rahmen des Transportsystems FCMTS (Flexible Continuous Media Transfer System) erprobt indem u.a. eine adaptive Vorwärtsfehlerkorrektur realisiert und in ihren Auswirkungen untersucht wurde. Im Berichtszeitraum wurde überdies in dem Dissertationsvorhaben von Herrn Martin Zaddach ein *last*adaptives Dienstgüte (QoS)-Management für H.261-/H.263-basierte Videokommunikation untersucht. Dabei konnte ein erster Prototyp realisiert werden, der auf Grundlage von Zustandsinformationen bezüglich der aktuellen Paketverlustrate des Kommunikationsnetzes gezielte Adaptionen bei der sendeseitigen Videokompression auf Applikationsebene vornimmt. Auf diese Weise kann die zu erwartende Videoqualität signifikant verbessert werden, da z.B. zum einen die Paketverlusthäufigkeit durch Lastreduktion verbessert wird sowie

die Fehlerausbreitung durch häufigeres Senden von intracodierten Videoframes (I-Frames) oder Makroblöcken (I-Makroblöcke) deutlich limitiert wird.

b) Endbenutzer-orientierte QoS-Beurteilung

Eine Beurteilung der Dienstgüte aus technischer Sicht, d.h. mit quantifizierbaren Maßen, die eine relativ direkte Entsprechung in einem Kommunikationsnetz besitzen, ist zwar wünschenswert, für Audio-/Videokommunikation indes unzureichend. Letztendlich ist für die Beurteilung von Audio-/Videoqualität das subjektive Qualitätsempfinden der menschlichen Endbenutzer ausschlaggebend, wobei die Bewertung überdies noch applikationsabhängig zu erfolgen hat. "Mean Opinion Scores" (MOS) stellen einen zur Zeit üblichen Weg dar, um in erster Annäherung das subjektive Qualitätsempfinden von menschlichen Betrachtern von Videosequenzen zu beurteilen. Um einen Zusammenhang zwischen quantitativen, technischen Maßen einer Videoqualität (z.B. PSNR – „Peak Signal-to-Noise Ratio“-Werte) und dem subjektiven menschlichen Qualitätsempfinden herzustellen, wurden im Rahmen zweier Diplomarbeiten [Kerse 2000], [Suchanek 2001] Bewertungen für Videosequenzen unter Verwendung des MOS-Verfahrens vorgenommen. Insbesondere dienten diese Qualitätsbewertungen der Beurteilung der Effizienz von Fehlertoleranzverfahren für Bewegtbildübertragungen wie sie in der Forschungsgruppe TKRN im Berichtszeitraum entwickelt wurden (vgl. 2.1.1).

Schlagwörter:

Netzmanagement; Dienstgüte, Dienstqualität (QoS); Unternehmensnetze; Rechnernetze, globale; Hochgeschwindigkeitskommunikation; Modelle

Publikationen aus dem Projekt:

- De Meer, H.; Fischer, S.: Controlled stochastic Petri nets for QoS management, Proc. 9th ITG/GI Messung, Modellierung und Bewertung (MMB'97), Conf. Freiberg/Sachsen, Sept. 1997 (Preis des besten Beitrags)
- De Meer, H.; Puliafito, A.; Richter, J.-P.; Tomarchio, O.: Tunnel Agents for Enhanced Internet QoS, IEEE Concurrency, Vol. 6, No.2, pp. 30-39, 1998
- De Meer, H.; Puliafito, A.; Richter, J.-P.; Tomarchio, O.: QoS-Adaptation by Software Agents in the Presence of Defective Reservation Mechanisms in the Internet, Proc. 3rd IEEE Symp. Computers and Communications, Athens, June 1998
- De Meer, H.; Puliafito, A.; Tomarchio, O.: Management of QoS with Software Agents, Cybernetics and Systems: An International Journal, Vol. 27, No. 5, 1998
- Fischer, S.; de Meer, H.: Decision Support in Cooperative QoS Management, 6th IWQoS, San Francisco, Ca., May 1998
- Fischer, S.; de Meer, H.: QoS Management: A Model-Based Approach, 6th Intern. Symp. on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems, MASCOTS'98, Montreal, July 1998
- Fischer, S.; de Meer, H.: Cooperative QoS Management, Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation PIK, Vol. 21, No. 4 (Special Issue on QoS), 1998
- Fischer, S.; Hafid, A.; von Bochmann, G.; de Meer, H.: Cooperative QoS Management for Distributed Multimedia Applications, 4th IEEE Int. Conf. On Multimedia Computing and Systems, Ottawa, Canada, June 1997, pp. 303-310
- Knoche, H.; de Meer, H.: Quantitative QoS Mapping: A Unified Approach, Proc. 5th IFIP Intern. Workshop on Quality of Service (IWQOS'97), New York, NY, Mai 1997, 347-358
- Knoche, H.; De Meer, H.; Kirsh, D.: Utility Curves: Mean Opinion Scores Considered Biased, 7th IEEE/IFIP International Workshop on Quality of Service (IWQOS99), London, June 1999
- Puliafito, A.; Tomarchio, O.; de Meer, H.: An agent-based framework for QoS management, Proc. 1st IEEE Intern. World Conf. on System Simulation (WCSS'97), Analytical and Numerical Modeling Techniques on QoS, Singapore, Sept. 1997
- Richter, J.-P.; de Meer, H.: Control Policy Optimization of Heterogeneous Parallel Systems with Extended Markov Reward Models, Proc. 1st IEEE Intern. World Conf. on System Simulation (WCSS'97), Singapore, Sept. 1997
- Richter, J.-P.: Qualitative and Quantitative Analysis of the HEC Mechanism in ATM, 6th International Conference on Telecommunication Systems, Nashville/USA, March 5-8, 1998
- Richter, J.-P.; de Meer, H.: Towards Formal Semantics for QoS Support, Proc. 17th IEEE INFOCOM Conf., San Francisco, March/April 1998
- Richter, J.P.: Spezifikations- und Messmethodik für ein adaptives Dienstgütemanagement, Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, erschienen in: Wolfinger B.E. (Hrsg.), Berichte aus dem Forschungsschwerpunkt Telekommunikation und Rechnernetze, Band 1, Shaker-Verlag, 2000

- Richter, J.P.: Spezifikations- und Messmethodik für ein adaptives Dienstgütemanagement, GI-Fachtagung "Kommunikation in Verteilten Systemen" KiVS 2001, Hamburg, Februar 2001, in: Killat U., Lamersdorf W. (Hrsg.), Kommunikation in Verteilten Systemen, Springer, Berlin, 2001
- Richter, J.P.: Eine universelle Methode zur Spezifikation von Dienstgüteeigenschaften, Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation PIK, Band 24, Heft 3, Juli-September 2001, S. 136-140
- Wolfinger, B.: Überwachung und Gewährleistung der Dienstqualität in lokalen Rechnernetzen und Weitverkehrsnetzen, 19. Europäische Congressmesse für Technische Kommunikation (ONLINE'96), Hamburg, 5.-9. Feb. 1996
- Wolfinger, B.: Modellgestütztes Dienstqualitätsmanagement in heterogenen dienstintegrierten Kommunikations- und Rechnernetzen, 20. Europäische Congressmesse für Technische Kommunikation (ONLINE '97), Hamburg, 3.-7. Feb. 1997
- Wolfinger, B.: Kommunikationsinfrastrukturen für Intranets: Anforderungen, systemtechnische Voraussetzungen und Probleme ihrer Bereitstellung in unternehmensweiten Netzen, eingeladener Beitrag für die 21. Europäische Congressmesse für Technische Kommunikation (ONLINE'98), Düsseldorf, Februar 1998
- Wolfinger, B.: Intranet: Evolution der unternehmensweiten Netze, Office Management, Nr. 3, März 1998

2.2.4 Lastmessung und Lastmodellierung für Videoverkehr, "Traffic Engineering" für dienstintegrierte Kommunikationsnetze

Bai, Guangwei, Dr. (GMD, Institut für Medienkommunikation); Heidtmann, Klaus-Dieter, Dr.; Wolfinger, Bernd, Prof. Dr.; Zaddach, Martin, Dr.

Laufzeit des Projektes:

seit 1/97

Projektbeschreibung:

Eine Leistungsbewertung von innovativen Kommunikationsnetzen (insbesondere bei Realisierung von Dienstintegration) kann auf Basis von Modelluntersuchungen oder von Messungen an einer existierenden Rechnernetzkonfiguration vorgenommen werden. In beiden Fällen ist die Generierung einer künstlichen Last (d.h. einer Sequenz zu bearbeitender Aufträge in den kommunizierenden Rechensystemen des Netzes) bzw. eines künstlichen Verkehrs notwendig (d.h. einer Sequenz zu übertragender Dateneinheiten, die z.B. Sprach-, Daten- oder Videoverkehr entsprechen können).

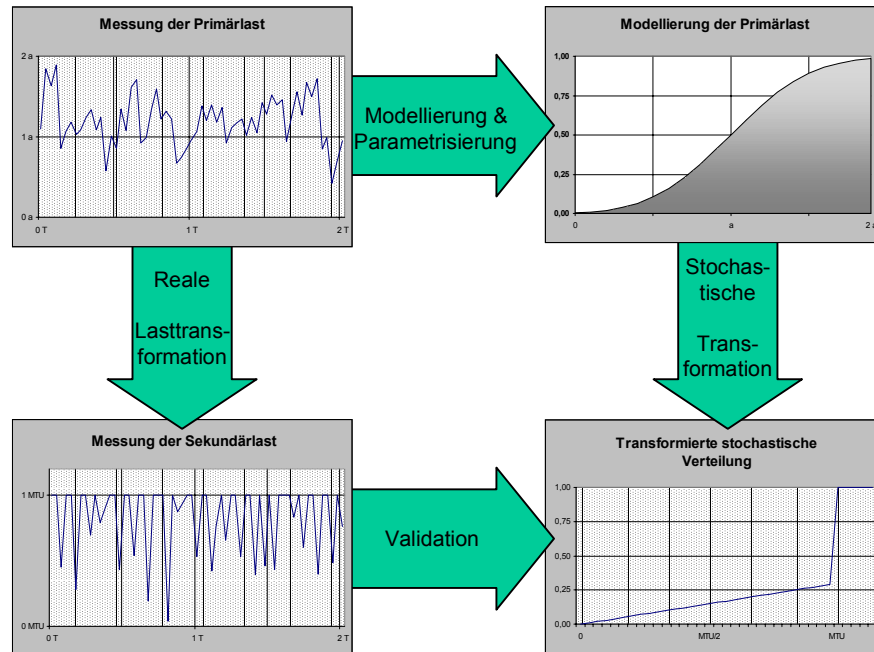
Lastgenerierung setzt Lastcharakterisierung bzw. Lastmodellierung voraus und erfordert neben einer möglichst formalen Beschreibungstechnik sowohl für reale Lasten als auch für Lastmodelle eine möglichst allgemein anwendbare Methode zur Entwicklung realitätsnaher Lastmodelle unter Miteinbeziehung von Lastmessungen. Bereits in der Dissertation des Herrn Guangwei Bai [Bai 1999] war ein allgemeines Procedere entwickelt worden, das es gestattet, Verkehrslasten (u.a. mit Überlagerung von Daten-, Audio- und Videoverkehr) zu modellieren, wie sie für verteilte multimediale Anwendungen typisch sind. Die Lastmodellierung kann hierbei auf unterschiedlichem Detaillierungsgrad erfolgen und ist zu einer Lastcharakterisierung an unterschiedlichen Schnittstellen eines dienstintegrierten Kommunikationsnetzes geeignet und in der Lage, auch Lastmessungen in wohldefinierter Weise mit einbeziehen zu können.

Die Verarbeitungsschritte zur Strukturierung und Ergänzung der Nutzdaten zum Zweck der Übertragung formen die Primärlast in die sogenannte Sekundärlast um. Letztere besteht also aus Datenpaketen, die zusätzlich zur Nutzlast auch noch Übertragungsinformationen enthalten. Die Umformung der Primärlast zur Sekundärlast bezeichnen wir als Lasttransformation, und wir stellen uns vor, daß diese Transformation von einem sogenannten Transformator geleistet wird. Dabei werden die Eigenschaften der Last verändert, z.B. können Datenpakete der Sekundärlast größer oder kleiner sein als die Dateneinheiten der Primärlast und auch die Verarbeitungsdauer kann die Zeitpunkte der Lastgenerierung verändern. Die Datenpakete der Sekundärlast entstehen trivialerweise später und u.U. auch in anderen Zeitabständen als die zugehörigen Dateneinheiten der Primärlast.

In einem, im Jahr 2001 abgeschlossenen, Dissertationsvorhaben [Zaddach 2001] wurde gezeigt, dass eine realitätsnahe Lasttransformation nicht ausschließlich auf simulativen Transformationsmodellen wie in [Bai 1999] aufsetzen muss, sondern dass auch mathematisch-analytische Transformationsmodelle zu sehr genauer Sekundärlastprognose führen können. Dabei wird eine gemessene Last durch eine Verteilung approximiert und so der Transformation im Modellbereich als modellierte Primärlast zugrunde gelegt. Die so modellierte bzw. approximierte Primärlast läßt sich dann ggf. leicht in eine Verteilung umrechnen, welche ihrerseits die Sekundärlast approximiert. Diese Umrechnung stellt dann den künstlichen Lasttransformator der analytischen Modellierung dar, welcher die Sekundärlast bei gegebener Primärlast prognostiziert. Eine gemessene Sekundärlast kann dann zur Validierung des künstlichen Transformators mit dieser Prognose verglichen werden. Der Nachweis für die ausgezeichnete Validität mathematisch-analytischer

Lasttransformation wurde von Herrn Zaddach erfolgreich für Videoverkehr als Primärlast geführt, der durch die Protokollsoftware einer RTP-/UDP-/IP-Protokollhierarchie (vgl. Internet-Architektur) in eine Sequenz von IP-Datagrammen und schließlich von Übertragungsblöcken auf Sekundärlastebene transformiert wird, siehe Abb.2. Nicht zuletzt wurde auch die allgemeine Methodik der Lasttransformation beträchtlich weiterentwickelt dadurch, dass Herr Zaddach im Rahmen seiner Dissertationsschrift sehr realitätsnahe analytische Lasttransformatoren für zahlreiche, praxisrelevante elementare Lasttransformationsprozesse in existierenden Kommunikationsnetzen bereitstellen konnte, vgl. auch die Publikationen [Zaddach 2000] sowie [Wolfinger, Zaddach, Bai, Heidtmann 2001], wobei die letztgenannte Veröffentlichung in einer überarbeiteten und erweiterten Version überdies in der Zeitschrift Computer Communications Journal erscheinen wird.

Abb. 2: Transformationen von Verkehrslasten in realen Rechnernetzen sowie in einem Modellbereich



Auch die Arbeiten zur Lastmessung und Einzelquellenmodellierung für H.26x-codierte Videosequenzen wurden fortgesetzt (s. u.a. Diplomarbeit C. Kohlhaas).

Die langfristigen Erfahrungen im Bereich *Traffic Engineering* während der letzten Dekade in der Arbeitsgruppe TKRN mit einer Vielzahl von Forschungsergebnissen zur Lasttransformation sowie zu Lastmessungen und -modellierungen für diskrete und kontinuierliche Verkehrsströme wurden im Rahmen eines umfassenden Forschungsberichts zusammengestellt [Wolfinger, Zaddach, Bai, Heidtmann, 2000].

Schlagwörter:

Lastbeschreibung, formale; Lastmodellierung; Lastmessung; Lasttransformation; MPEG-Codierung; Videokommunikation; „Traffic Engineering“

Publikationen aus dem Projekt:

- Bai, G.: Load Measurements and Load Modeling for Distributed Multimedia Applications in High-Speed Networks, Uni Press Hochschulschriften Bd. 107, auch: Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, 1999
- Bai, G.; Wolfinger, B.: Possibilities and Limitations in Smoothing MPEG-coded Video Streams: A Measurement-based Investigation, 9. ITG/GI-Fachtagung MMB'97, Messung, Modellierung und Bewertung von Rechen- und Kommunikationssystemen, Freiburg, 1997
- Bai, G.; Wolfinger, B.: Transformation multimedialer Verkehrslasten zur realitätsnahen Charakterisierung von Sekundärlasten, in: Heidtmann K., Wolfinger B. (Hrsg.): Proc. MMB-Arbeitsgespräch „Leistungs-, Zuverlässigkeits- und Verlässlichkeitsbewertung von Kommunikationsnetzen und verteilten Systemen“, Hamburg, März 1998, 49-58
- Heidtmann, K.; Kohlhaas, C.; Zaddach, M.: Messung der Netzlast und Bewertung der Bildqualität bei Videokommunikation über Paketvermittlungsnetze, 15. GI/ITG-Fachtagung über Architektur von Rechensystemen ARCS'99, Jena, Oktober 1999, 237-248

- Wolfinger, B.: Characterization of Mixed Traffic Load in Service-Integrated Networks, 6th Polish Teletraffic Symp., Szklarska Poreba, Polen, April 1999 (invited paper), auch: Systems Science Journal, Vol. 25, No. 2 (1999), 65-86
- Wolfinger, B.; Zaddach, M.; Bai, G.; Heidtmann, K.: Modeling of Primary and Secondary Load in the Internet, Bericht FBI-HH-B-22700, FB Informatik, Univ. Hamburg, 2000
- Wolfinger, B.; Zaddach, M.; Bai, G.; Heidtmann, K.: Analytical Modeling of Primary and Secondary Load as Induced by Video Applications Using UDP/IP, Intern. Symp. on Performance Evaluation of Computer and Telecommunications Systems, SPECTS 2001, Orlando, Juli 15-19, 2001
- Zaddach, M.: Modellierung, Charakterisierung und Transformation von Videoverkehrslasten, Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, erschienen in: Wolfinger B.E. (Hrsg.), Berichte aus dem Forschungsschwerpunkt Telekommunikation und Rechnernetze, Band 2, Shaker-Verlag, Aachen 2001
- Zaddach, M.; Heidtmann, K.: Measurement and Traffic Characterization of H.26x-coded Video Streams, MMB '01, Aachen, September 2001, in: Haverkort B.R., (Hrsg.), 11th GI/ITG Conference on Measuring, Modelling and Evaluation of Computer and Communication Systems, VDE-Verlag, Berlin 2001

2.3 Parallelverarbeitung und Parallelprogrammierung

Lehmann, Martin, Dr. (Koordinator)

Laufzeit des Gesamtvorhabens:

seit 12/96

Projektbeschreibung:

Java und Nebenläufigkeit

Die Sprache Java unterstützt die Programmierung nebenläufiger Aktivitäten. Sie nutzt hierbei zwei verschiedene Methodensätze, zum einen die Routinen *suspend*, *resume* und *stop* zur direkten Steuerung der Nebenläufigkeit, zum anderen die Routinen *wait*, *notify* und *notifyAll* zur indirekten Steuerung der Nebenläufigkeit. Weil die Nutzung von *stop* und *suspend* bei der Programmierung von Java-Applets häufig zu Verklemmungsproblemen und ähnlichem führte, entschied sich die Firma Sun, der Eigner von Java, die Nutzung des Trios *suspend*, *resume* und *stop* ab Java 2 als "deprecated" zu erklären. Untersucht man die Art der durch *stop* und *suspend* verursachten Probleme genauer, dann bietet auf der einen Seite die Sprache Java zu wenig Informationen über den Zustand eines Thread-Ensembles, auf der anderen Seite läßt sich ein Großteil der aufgetretenen Probleme mittels niederpriorer "Daemon-Threads" elegant lösen. Statt nun die Sprache Java zu beschneiden, wäre es sinnvoller gewesen, die Möglichkeiten, Thread-Zustände abzufragen, zu erweitern. Auch die Nutzung des Monitorkonzepts zur "threadsicheren" Programmierung erscheint häufig als zu ineffizient. Das Schema der doppelten Überprüfung bei der verzögerten Objektinitialisierung in nebenläufigen Programmen ist in Java nicht verwendbar, da die Aussagen zu Threads und Locks in Kapitel 17 der Java Sprachspezifikation zu wenig stringent sind. Das Kapitel 17 befaßt sich hauptsächlich mit dem Abgleich von Informationen in lokalen Speichern mit der relevanten Information im Zentralspeicher. Jim Pugh äußerte die Vermutung, daß nicht einmal die Schöpfer der Java Sprachspezifikation diese in ihren Implikationen verstanden haben. Er wies auch nach, daß keine gängige Implementation der "Java Virtual Machine" mit der Spezifikation im Einklang steht. Einen ersten Eindruck zur Nutzung der Java Kommunikations- und Synchronisationsprimitive vermittelt Herr Halim Ng in seiner Diplomarbeit.

Drittmittelprojekte

2.4. Model based QoS management for video communications in Fast Ethernet based LANs (Academic Equipment Grant von SUN Microsystems)

Heidtmann, Klaus-Dieter, Dr.; Wolfinger, Bernd, Prof. Dr.

Laufzeit des Projektes:

seit 6/98

Projektbeschreibung:

Ein von der Fa. SUN Microsystems gefördertes „Academic Equipment Grant“ (AEG)-Projekt verfolgt das Ziel, in einem lokalen Intranet auf Fast Ethernet-Basis, ein Dienstgütemanagementsystem zu realisieren. Als kommunizierende Endsysteme werden dabei PCs und Workstations unter dem Betriebssystem Solaris betrachtet. Die speziellen Ziele des Projektes liegen in der Entwicklung einer modularen Architektur sowie der prototypischen Implementierung des angestrebten Dienstgütemanagementsystems und seiner

Komponenten, um eine qualitativ hochwertige Audio-/Videokommunikation zu erreichen. Die Forschungsaktivitäten im Berichtszeitraum zu dem AEG-Projekt betrafen:

- die Bewertung endbenutzerorientierter QoS-Anforderungen bei Videokommunikation nach den H.261- und H.263-Standards [Kerse 2000];
- - den Einsatz von Modellen für ein adaptives QoS-Management und von Fehlertoleranzmechanismen bei Videokommunikation über verlustbehaftete Kommunikationsnetze, vgl. auch Vorhabensbeschreibungen unter 2.1.1 und 2.1.2. sowie [Heidtmann, Kerse, Suchanek et al. 2001];
- die Entwicklung eines Prototypen zur Verzögerungs- und Verlustsimulation für Kommunikationsnetze als Basis für Experimente zur Beurteilung von Bewegtbildübertragungen in Echtzeit unter Nutzung realer Videoapplikationen in Kombination mit Modellkomponenten zur Simulation von Kommunikationsnetzverhalten (insbesondere für Internet-Pfade, Mobilnetzverbindungen, u.ä.) [Bühning, Scherpe 2000];
- erste Leistungsanalysen für ATM-/Fast Ethernet-Kopplungen und Untersuchung ihrer grundsätzlichen Eignung für Audio-/Videokommunikation (H. Fehrs).

3. Publikationen und weitere Leistungen

Wissenschaftliche Publikationen im Berichtszeitraum

- Bai, G.: Load Measurements and Load Modeling for Distributed Multimedia Applications in High-Speed Networks, Uni Press Hochschulschriften Bd. 107, auch: Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, 1999
- Bühning, F.; Scherpe, Chr.: Modellierungsverfahren zur lastabhängigen Verhaltensprognose von Kommunikationsnetzen in Echtzeit, Proc. 14. Symp. Simulationstechnik, ASIM 2000, Hamburg, 2000
- Campbell, A.; Kounavis, M.; Villela, D.; De Meer, H.; Miki, K.; Vicente, J.: The Genesis Kernel: A Virtual Network Operating System for Spawning Network Architectures, Second IEEE Conference on Open Architectures and Network Programming, OPENARCH'99, New York, March 26-27, 1999
- Campbell, A.T.; Kounavis, M.E.; Villela, D.A.; Vicente, J. (Intel); Miki, K. (Hitachi); De Meer, H.G.; Kalaichelvan K.S. (Nortel): Spawning Networks, IEEE Network Magazine July/August 1999
- Campbell, A.T.; De Meer, H.; Kounavis, M.E.; Miki, K.; Vicente, J.; Villela, D. A.: A Survey of Programmable Networks, ACM Computer Communications Review, April 1999
- De Meer, H.; Düsterhöft, O.-R.; Fischer, S.: COSTPN for Modeling and Control of Telecommunication Systems. in: M. Diaz (ed.), Applications of Petri Nets to Communication Networks, Special Issue of Advances in Petri Nets, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 1605, Springer Verlag, April 1999
- De Meer, H.: QoS Support for Multimedia Communications – An Internet Perspective, Habilitationsschrift, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, eingereicht: Nov. 2000
- Heidtmann, K.: Leistungs- und Zuverlässigkeitsaspekte von Videokommunikation mit Echtzeitanforderungen, 2. WAKI / G-IIA-Symposium (Wissenschafts-Akademie für Kommunikations- und Informationstechnik) über Verteilte multimediale Anwendungen und dienstintegrierende Kommunikationsnetze, Flensburg, September 1999, 111-125
- Heidtmann, K.: Evaluation of Video Communication over Packet Switching Networks, in: Hlavicka, Maehle, Pataricza (Eds.): Dependable Computing – EDCC-3, LNCS 1667, Springer, Berlin, 1999, 24-41
- Heidtmann, K.; Kohlhaas, C.; Zaddach, M.: Messung der Netzlast und Bewertung der Bildqualität bei Videokommunikation über Paketvermittlungsnetze, in: Cap C., Erhard W., Koch W. (Hrsg.): Architektur von Rechensystemen, VDE Verlag, Berlin, 1999, 237-248
- Heidtmann, K.; Wolfinger, B.: Analytische Leistungsbewertung von Videokommunikation gemäß H.261 über verlustbehaftete Paketvermittlungsnetze, in: Baum D., Müller N., Rödler R. (Hrsg.): MMB'99, VDE Verlag, Berlin, 1999, 87-104
- Heidtmann K.: Fault-Tolerant Real-Time Video Communication via Best-Effort Networks, 4th CaberNet Workshop, Pisa, October 2001
- Heidtmann, K.; Kerse, J.; Suchanek, T.; Wolfinger, B.E.; Zaddach, M.: Fehlertolerante Videokommunikation über verlustbehaftete Paketvermittlungsnetze, GI-Fachtagung "Kommunikation in Verteilten Systemen" KiVS 2001, Hamburg, Februar 2001, in: Killat U., Lamersdorf W (Hrsg.), Kommunikation in Verteilten Systemen, Springer, Berlin, 2001
- Knoche, H.; De Meer, H.; Kirsh, D.: Utility Curves: Mean Opinion Scores Considered Biased, 7th IEEE/IFIP International Workshop on Quality of Service (IWQOS99), London, June 1999
- Richter, J.-P.: Spezifikations- und Meßmethodik für ein adaptives Dienstgütemanagement, Dissertationsschrift, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, Nov. 1999

- Richter, J.P.: Spezifikations- und Messmethodik für ein adaptives Dienstgütemanagement, GI-Fachtagung "Kommunikation in Verteilten Systemen" KiVS 2001, Hamburg, Februar 2001, in: Killat U., Lamersdorf W. (Hrsg.), Kommunikation in Verteilten Systemen, Springer, Berlin, 2001
- Richter, J.P.: Eine universelle Methode zur Spezifikation von Dienstgüteeigenschaften, Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation PIK, Band 24, Heft 3, Juli-September 2001, S. 136-140
- Suchanek, T.: Lösungsansätze zur empfangerbasierten Behandlung von Übertragungsfehlern in H.263-kodierten Bewegtbildsequenzen, Fachwissenschaftlicher Informatik-Kongress, Bad Schussenried, Okt. 2000, in: Informatiktage 2000, Konradin Verlag, Leinfelden-Echterdingen, 2000
- Wolfinger, B.: Characterization of Mixed Traffic Load in Service-Integrated Networks, 6th Polish Teletraffic Symp., Szklarska Poreba, Polen, April 1999 (invited paper), auch: Systems Science Journal, Vol. 25, No. 2 (1999), 65-86
- Wolfinger, B.; Uhl, T.; Halang, W. (Hrsg.): Proc. 2. WAKI / G-IIA-Symposion „Verteilte multimediale Anwendungen und diensteintegrierende Kommunikationsnetze“, Flensburg, 1999.
- Wolfinger, B.; Zaddach, M.; Bai, G.; Heidtmann, K.: Modeling of Primary and Secondary Load in the Internet, Bericht FBI-HH-B-22700, FB Informatik, Univ. Hamburg, 2000
- Wolfinger, B.E.: Qualitätsverbesserung von Videokommunikation über verlustbehaftete Kommunikationsnetze, BMBF-Tagung "Einsatz und Nutzung drahtloser Kommunikation", Rostock, 18./19. Juni 2001 (eingeladener Vortrag)
- Wolfinger, B.; Zaddach, M.; Bai, G.; Heidtmann, K.: Analytical Modeling of Primary and Secondary Load as Induced by Video Applications Using UDP/IP, Intern. Symp. on Performance Evaluation of Computer and Telecommunications Systems, SPECTS 2001, Orlando, Juli 15-19, 2001
- Wolfinger, B.E.; Zaddach, M.: Techniques to Improve Quality-of-Service in Video Communications via Best Effort Networks, IEEE International Conference on Networking, ICN '01, Colmar, Juli 2001
- Zaddach, M.: Lastcharakterisierung und Lastmodellierung von verteilten Videoanwendungen als Basis für ein adaptives Management in IP-basierten Rechnernetzen, ITG Workshop IP Netzmanagement und Optimierung, Würzburg, 2000
- Zaddach, M.: Modellierung, Charakterisierung und Transformation von Videoverkehrslasten, Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, erschienen in: Wolfinger B.E. (Hrsg.), Berichte aus dem Forschungsschwerpunkt Telekommunikation und Rechnernetze, Band 2, Shaker-Verlag, Aachen 2001
- Zaddach, M.; Heidtmann, K.: Measurement and Traffic Characterization of H.26x-coded Video Streams, MMB '01, Aachen, September 2001, in: Haverkort B.R., (Hrsg.), 11th GI/ITG Conference on Measuring, Modelling and Evaluation of Computer and Communication Systems, VDE-Verlag, Berlin 2001

Wichtige Publikationen aus zurückliegenden Jahren

- Albanese, A.; Siemsglüss, S.; Wolfinger, B.: Information Dispersal to Improve Quality-of-Service on the Internet, Proc. SPIE Intern. Symp. on Voice, Video, and Data Communications, Vol. 3529, Boston 1998
- Bai, G.: Load Measurements and Load Modeling for Distributed Multimedia Applications in High-Speed Networks, Uni Press Hochschulschriften Bd. 107, auch: Dissertation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg, 1999
- Bolch, G.; Greiner, S.; de Meer, H.; Trivedi, K.S.: Queueing Networks and Markov Chains, – Modeling and Performance Evaluation with Computer Science Applications, John Wiley (1998)
- De Meer, H.; Fischer, S.: Controlled stochastic Petri nets for QoS management, 9. ITG/GI-Fachtagung MMB'97, Messung, Modellierung und Bewertung von Rechen- und Kommunikationssystemen, Freiberg 1997
- De Meer, H.; Trivedi, K. S.; Dal Cin, M.: Guarded Repair of Dependable Systems, Theoretical Computer Science, Special Issue on Dependable Parallel Computing, Vol. 129 (July 1994), 179-210
- Feix, R.; Wolfinger, B.: Models for Bulk Transfer in Packet-switched Networks, Information Systems Architecture and Technology, ISAT'94, IFIP. TC8 Szklarska Poreba, Polen (1994)
- Heidtmann, K.-D.: Methoden zur Zuverlässigkeitsanalyse unter besonderer Berücksichtigung von Rechnernetzen, Habilitation, Fachbereich Informatik, Univ. Hamburg (1995)
- Heidtmann, K.-D.: Zuverlässigkeit technischer Systeme – Modelle für Zuverlässigkeitsstrukturen und ihre analytische Auswertung, Teubner-Texte zur Informatik 21, Teubner (1997)
- Magott, J.; Wolfinger, B.: Formal Description Technique to Support Load Modeling for Innovative Communication Systems, Applied Mathematics and Computer Science Journal, Vol. 4, No. 4 (1994), 605-633
- Wolfinger, B.: (Hrsg.): Innovationen bei Rechen- und Kommunikationssystemen, Proc. GI'94-Jahrestagung, Informatik aktuell, Springer-Verlag (1994)
- Wolfinger, B.: Hochleistungsnetze im lokalen Bereich (HSLANs) und lokale Netze mit drahtloser Datenübertragung (wireless LANs), 1. G-IIA-Symposium „Stand und Anwendungen digitaler Kommunikationsnetze“, Bochum 1996

- Wolfinger, B.: On the Potential of FEC Algorithms in Building Fault-tolerant Distributed Applications to Support High QoS Video Communication, ACM Symp. on Principles of Distributed Computing (PODC '97), Santa Barbara 1997
- Wolfinger, B.: Characterization of Mixed Traffic Load in Service-Integrated Networks, 6th Polish Teletraffic Symp., Szklarska Poreba, Polen, April 1999 (invited paper), auch: Systems Science Journal, Vol. 25, No. 2 (1999), 65-86
- Wolfinger, B.; Uhl, T.; Halang, W. (Hrsg.): Proc. 2. WAKI / G-IIA-Symposium „Verteilte multimediale Anwendungen und diensteintegrierende Kommunikationsnetze“, Flensburg, 1999.

Begutachtungen und abgeschlossene Betreuungen am Fachbereich

Habilitationen

HabilitandIn	Gutachter	Thema	Datum
Dr. Hermann De Meer	D. Hutchison, B. Wolfinger, M. Zitterbart	Quality of Service Support for Multimedia Communications: An Internet Perspective	2001

Dissertationen

DoktorandIn	Gutachter	Thema	Datum
Guangwei Bai	B. Wolfinger (K. von der Heide)	Load Measurements and Load Modeling for Distributed Multimedia Applications in High-Speed Networks	1999
Jan-Peter Richter	B. Wolfinger (Fr. M. Zitterbart, TU-Braunschweig)	Spezifikations- und Messmethodik für ein Dienstgütemanagement	2000
Martin Zaddach	B. Wolfinger (H. Daduna) (U. Killat)	Charakterisierung, Modellierung und Transformation von Videoverkehrslasten	2001

Diplomarbeiten

Diplomand/In	Gutachter	Thema	Datum
Arslan Brömme	K. Brunnstein (B. Wolfinger)	Spezifikation und Verifikation einer Kielluftschiff-Avionik unter kommerziellem Erwartungsdruck: Die unmögliche Mission	1999
Oliver Düsterhöft	H. de Meer (K.S. Trivedi)	Controlled Stochastic Petri Nets: Foundation, Analysis, Application Study	1999
Hendrik Knoche	H. de Meer (Ch. Freksa)	Die Integration der menschlichen Wahrnehmung in die Übersetzung von Dienstgüteparametern in verteilten Multimediasystemen	1999
Ingo Mahnke	M. Lehmann (W. Hansmann)	Modellierung von Geschäftsprozessen mit OMT	1999
Jochen Metzinger	M. Lehmann (M. Jantzen)	oo2cc: Entwurf und Implementierung eines Übersetzers von Oberon-2 nach C++	1999
Stefan Schwardt	M. Lehmann (W. Hansmann)	Untersuchungen zur Darstellung von Kegelschnitten in der Computergraphik	1999
Boubacar Traoré	B. Wolfinger (K. v.d. Heide)	Zur Transformation multimedialer Verkehrslasten in diensteintegrierenden Kommunikationssystemen	1999
Jan Willem Kerse	B. Wolfinger (N. Hendrich)	Realisierung von Stabilisierungsmechanismen für H.261/H.263-codierten Videostreamen in IP-basierten Rechnernetzen	2000

Cecil Kohlhaas	K.D. Heidtmann (K. von der Heide)	Untersuchung der von Videocodierern erzeugten Verkehrslasten und der durch das Verhalten von Kommunikationssystemen beeinflussten Bildqualität	2000
Christian Langmann	B. Wolfinger (K. Kaiser)	Dienstgütemessung im IP-basierten Transportsystem FCMTS	2000
Bitu Mirsaidi	M. Lehmann (W. Hansmann)	Diskussion der Architektur und Entwicklungsumgebung des Systems R/3 anhand einer Fallstudie	2000
Reza. Morshedian	M. Lehmann (W. Hansmann)	Wavelets	2000
Christian Scherpe	B. Wolfinger (B. Page)	Echtzeitsimulation zur Unterstützung lastabhängiger Verhaltensprognose für Kommunikationsnetze	2000
Minh-Duc Truong	M. Lehmann (L. Dreschler-Fischer)	Entwicklung einer verteilten Internet-Client/Server-Architektur auf Basis einer XML-Kommunikation	2000
Simon Weitendorf	B. Wolfinger (K. Kaiser)	Dienstgütemessung im IP-basierten Transportsystem FCMTS	2000
Tim Suchaneck	K.-D. Heidtmann (Chr. Freksa)	Untersuchung von Fehlertoleranztechniken zur Realzeitorientierten Videokommunikation	2001
Michael Graf	K.-D. Heidtmann (L. Dreschler-Fischer)	Messung der Primär- und Sekundärlast von Videokommunikation	2001

Studienarbeiten

StudentIn	Betreuer	Thema	Datum
Holger Fehrs	B. Wolfinger	Erfassung des Momentanzustandes als Basis für QoS-Management im Fast-Ethernet	1999
Martin Fürter	J.-P. Richter	Entwurf und Implementierung einer Mikroprotokollmaschine mit Vorwärtsfehlerkorrektur	1999
Jan Kerse	B. Wolfinger	QoS-Management für echtzeitorientierte Kommunikation in Fast Ethernet-LANs	1999
Christian Scherpe	B. Wolfinger	Echtzeitsimulation von Kommunikationsnetzen interagierend mit realen Verkehrsströmen	1999
Andreas Schulz, Oliver Abraham	M. Lehmann	Konzipierung eines Präprozessors zur Instrumentierung von zu testenden C-Programmen	1999
Annika Spreckelmeyer	J.-P. Richter	Entwicklung und Implementierung eines dienstgüteunterstützten Übertragungssystems für MPEG-kodierte Videodatenströme	1999
Soewarna Oetojo	K.D. Heidtmann	Simulative Auswertung von Leistungsmodellen zur Videokommunikation in Java	2000
Tim Suchanek	K.D. Heidtmann	Untersuchung von Fehlertoleranztechniken zur realzeitorientierten Videokommunikation	2000

Yang Xiang	K.D. Heidtmann	Entwicklung eines Werkzeugs zur Zuverlässigkeitsanalyse von Netzen und seine Bereitstellung im Internet als Java-Applet	2000
Oliver Ehlebracht	B. Wolfinger	Management von QoS am Beispiel der Integration von SQoS in das Kommunikationssystem	2001
Ingo Salzmänn	B. Wolfinger	Risikoanalyse für Rechnernetze mit TCP/IP-Protokollhierarchie	2001
Mahieddin Najjar	B. Wolfinger	Anforderungen und Realisierungsmöglichkeiten für ein Leistungs- und Abrechnungsmanagement im Hamburger IP-Netz des LIT	2001

Begutachtungen und abgeschlossene Betreuungen außerhalb des Fachbereichs

Mitbetreuung (durch B. Wolfinger) einer, an der TU Hamburg-Harburg angefertigten und im Februar 2000 abgeschlossenen Diplomarbeit zum Thema „Modellierung und Realisierung eines Generators für Verkehrslasten von Client/Server-Systemen am Beispiel von SAP R/3“ (Andre Patzke)

Wissenschaftliche Vorträge

Bühning, Fabian und Scherpe, Christian:

27. 9. 2000, „Modellierungsverfahren zur lastabhängigen Verhaltensprognose von Kommunikationsnetzen in Echtzeit“, ASIM 2000, Universität Hamburg

De Meer, Hermann:

- Juni 1999, „Dienstgüte im Internet“, Fakultät für Informatik, Univ. Karlsruhe

Heidtmann, Klaus:

16. 9. 1999, „Evaluation of Video Communication over Packet Switching Networks“, 3rd European Dependable Computing Conference, Czech Technical University Prag
22. 9. 1999, „Analytische Leistungsbewertung von Videokommunikation gemäss H.261 über verlustbehaftete Paketvermittlungsnetze“, 10. GI/ITG-Fachtagung über Messung, Modellierung und Bewertung von Rechen- und Kommunikationssystemen, Universität Trier
23. 9. 1999, „Leistungs- und Zuverlässigkeitsaspekte von Videokommunikation mit Echtzeitanforderungen“, 2. WAKI / G-IIA-Symposium (Wissenschafts-Akademie für Kommunikations- und Informationstechnik) über Verteilte multimediale Anwendungen und diensteintegrierende Kommunikationsnetze, Flensburg
21. 9. 2000, „Sender- und empfängerbasierte Techniken zur fehlertoleranten Videokommunikation“, 2. Workshop über Videokonferenzdienste im Wissenschaftsnetz, Beratungs- und Kompetenzzentrum für Videokommunikation, Techn. Universität Dresden
22. 2. 2001, „Fehlertolerante Videokommunikation über verlustbehaftete Paketvermittlungsnetze“, GI-Fachtagung "Kommunikation in Verteilten Systemen" KiVS 2001, Hamburg
13. 9. 2001, „Measurement and Traffic Characterization of H.26x-coded Video Streams“, 11th GI/ ITG Conference on Measuring, Modelling and Evaluation of Computer and Communication Systems, Aachen

Kohlhaas, Cecil:

5. 10. 1999, „Messung der Netzlast und Bewertung der Videoqualität bei Videokommunikation über Paketvermittlungsnetze“, 15. GI/ITG-Fachtagung über Architektur von Rechensystemen, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Wolfinger, Bernd:

22. 4. 1999, „Characterization of Mixed Traffic Load in Service-Integrated Networks“, 6th Polish Teletraffic Symp., Szklarska Poreba, Polen, eingeladener Vortrag
10. 7. 2000, „Zum *Traffic Engineering* für heterogene, diensteintegrierte Kommunikations- und Rechnernetze“, Kolloquium, Techn. Universität Braunschweig
28. 5. 2001, „Traffic Engineering for Service-integrated Computer and Communication Networks“, Institut National des Télécommunication (INT), Evry, France

- 4. 6. 2001, „QoS Improvement for Video Communications via Lossy Communication Networks“, Laboratoire LIP 6, Université Pierre et Marie Curie, Paris
- 19. 6. 2001, „Qualitätsverbesserung von Videokommunikation über verlustbehaftete Kommunikationsnetze“, BMBF-Tagung "Einsatz und Nutzung drahtloser Kommunikation", Rostock, eingeladener Vortrag
- 17. 7. 2001, „Analytical Modeling of Primary and Secondary Load as Induced by Video Applications Using UDP/IP“, Intern. Symp. on Performance Evaluation of Computer and Telecommunications Systems, SPECTS 2001, Orlando
- 18. 10. 2001, „Qualitätsverbesserung von Videokommunikation in Echtzeit“, Kolloquium, Universität Leipzig, Institut für Informatik

Zaddach, Martin:

- 21. 7. 2000, „Lastcharakterisierung und Lastmodellierung von verteilten Videoanwendungen als Basis für ein adaptives Management in IP-basierten Rechnernetzen“, Universität Würzburg
- 13. 7. 2001, „Techniques to Improve Quality-of-Service in Video Communications via Best Effort Networks“, IEEE International Conference on Networking, ICN '01, Colmar

4. Wichtige weitere Aktivitäten von Mitgliedern der Fachbereichseinrichtung

Mitarbeit in wissenschaftlichen außeruniversitären Gremien

De Meer, Hermann:

- Programm-Komitee: IWQoS'99, London 1999
- Programm-Komitee: GLOBECOM'99, 1999
- Programm-Komitee: GI/ITG Konf. „Messung, Modellierung und Bewertung von Rechen- und Kommunikationssystemen (MMB'99)“, Trier, Sept. 1999

Wolfinger, Bernd:

- Programm-Komitee (Vorsitz): 2. WAKI / G-IIA -Symposion „Verteilte multimediale Anwendungen und diensteintegrierende Kommunikationsnetze“, Flensburg, Sept. 1999
- Programm-Komitee: GI/ITG Konf. „Messung, Modellierung und Bewertung von Rechen- und Kommunikationssystemen (MMB'99)“, Trier, Sept. 1999
- Programm-Komitee: Internat. Conf. on „Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications“ (PDPTA' 1999), Las Vegas, Juni/Juli 1999
- Programm-Komitee: 14. Symposium „Simulationstechnik“ (ASIM 2000), Hamburg, 25. – 28. Sept. 2000
- Programm-Komitee: Internat. Conf. on „Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications“ (PDPTA' 2000), Las Vegas, Juni 2000
- Programm-Komitee: GI/ITG Konf. „Kommunikation in Verteilten Systemen (KiVS'01)“, Hamburg, 20. – 23. Febr. 2001
- Programm-Komitee: Internat. Conf. on „Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications“ (PDPTA' 2001), Las Vegas, 25. – 28. Juni 2001
- Programm-Komitee: 2002 Internat. Symp. on „Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems“ (SPECTS 2002), San Diego, 14. – 18. Juli 2002
- Programm-Komitee: Internat. Conf. on „Internet Computing“ (IC'02), Las Vegas, Juni 2002
- Programm-Komitee: Internat. Conf. on „Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications“ (PDPTA' 2002), Las Vegas, 24. – 27. Juni 2002
- Programm-Komitee: GI/ITG Konf. „Kommunikation in Verteilten Systemen (KiVS'03)“, Leipzig, 24. Febr. – 1. März 2003

Mitarbeit in universitären Gremien

Heidtmann, Klaus-Dieter:

Gemeinsame Kommission „Physik/Informatik“

Lehmann, Martin:

Promotionsausschuss

Fachbereichsrat (stellvertretendes Mitglied)

Ausschuss zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses
 Bafög-Beauftragter
 Gewählter Vertreter als Vermittlungsinstanz im Fachbereich Informatik
 Gemeinsame Kommission „Chemie/Informatik“

Wolfinger, Bernd:

Prüfungsausschuss (Hauptmitglied)
 Promotionsausschuss (stellvertretender Vorsitzender)
 Habilitationsausschuß
 Fachbereichsrat (Hauptmitglied)
 Ausschuss zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses
 Ausschuss „Bestes Vordiplom“
 Gemeinsame Kommission „Mathematik/Informatik“
 Gemeinsame Kommission „Physik/Informatik“ (Vorsitzender)
 Berufungskommission C4-Professur „IT-Sicherheit und Datenschutz“ (FB Informatik, Univ. Hamburg)
 Berufungskommission C4-Professur „Sicherheit in Verteilten Anwendungen“ (TU Hamburg-Harburg)

Begutachtungstätigkeit

De Meer, Hermann:

Gutachter-/Refereetätigkeit für IEEE Internet, Performance Evaluation (Internat. Zeitschriften);
 INFOCOM'99; zusätzlich zu den Tagungen mit einer Mitgliedschaft im entsprechenden
 Programmkomitee

Heidtman, Klaus:

Gutachter-/Refereetätigkeit für IEEE Transactions on Computers und IEEE Transactions on Reliability
 (Internat. Zeitschriften) sowie für 3rd European Dependability Computing Conference (EDCC-3).

Wolfinger, Bernd:

Gutachter-/Refereetätigkeit für
Internat. Zeitschriften: IEEE Computer; Design Optimization (Internat. Journal for Product & Process
 Improvement); IEEE Trans. on Image Processing; Real-Time Systems; Computer Communications
 Journal;
Deutschsprachige Zeitschriften: Praxis der Informations- und Kommunikationstechnik (PIK); Informatik
 – Forschung und Entwicklung;
Internat. Tagungen: 7. Internat. Symp. on „Modeling, Analysis and Simulation of Computer and
 Telecommunication Systems (MASCOTS'99)“ ; INFOCOM 2002
zusätzlich zu den Tagungen mit einer Mitgliedschaft im entsprechenden Programmkomitee
 Gutachter-/Refereetätigkeit für die TU Braunschweig.

Kongressorganisation/-ausrichtung

Wolfinger, Bernd:

Mitveranstaltung eines Symposiums zum Thema „Verteilte multimediale Anwendungen und
 diensteintegrierende Kommunikationsnetze“ für die „Wissenschaftsakademie für Kommunikations-
 und Informationstechnik“ (22.-24. Sept. 1999, Flensburg)

Andere wichtige Tätigkeiten oder Ereignisse

Wolfinger, Bernd:

Benennung zum Herausgeber einer Schriftenreihe „Berichte aus dem Forschungsschwerpunkt
 Telekommunikation und Rechnernetze“ durch den Shaker-Verlag, Aachen
 gemeinsam mit Prof. Dr. Dr. h.c. P.J. Kühn: Herausgeber eines Themenheftes zu „Internet Traffic
 Engineering“ der Zeitschrift PIK (Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation)

Preisverleihungen

Auszeichnung der Dissertation von Dr. J.P. Richter

als „Beste Dissertation des Jahres 2000“ seitens GI/ITG-Fachgruppe „Kommunikation und Verteilte Systeme“ (KuVS) sowie

mit dem Ehrenpreis der Wissenschaftsakademie für Kommunikations- und Informationstechnik (Oktober 2001)

Längerfristige Forschungsaufenthalte

Dr. Hermann de Meer

DFG-geförderter Forschungsaufenthalt an der Columbia University, New York (Forschungsgruppe von Prof. Dr. A. Lazar), während 1999

Prof. Dr. Bernd Wolfinger

durch die Université Pierre et Marie Curie (Université Paris VI) geförderter Forschungsaufenthalt am LIP6 der Université Paris VI vom 1. Mai – 30. Juni 2001 (Forschungsgruppe von Prof. Dr. Serge Fdid