

DISS. ETH Nr. 15070

# **Ein Softwaresystem für die Verkehrsdatenanalyse in Kommunikationsnetzwerken**

ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels  
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von  
Oliver Thomas Lamparter  
Dipl. El.-Ing. ETH

geboren am 3. November 1972  
Bürger von Ittigen (BE) und Horgen (ZH)

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. Albert Kündig, Referent  
Dr. Andreas Danuser, Korreferent  
Prof. Dr. Bernhard Plattner, Korreferent

Zürich 2003

# Kurzfassung

---

Moderne Kommunikationsnetze werden zunehmend grösser, komplexer, heterogener und dynamischer. Sowohl die Anzahl der Benutzer wie auch das Verkehrsvolumen, die Datenraten und die geographische Ausdehnung nehmen zu. Der über diese Netze transportierte Verkehr ist ebenfalls Veränderungen unterworfen und seine zukünftige Entwicklung nur schwer vorhersehbar, da sich durch das Aufkommen neuer Anwendungen und Zugangstechnologien die Verkehrsmuster laufend verändern, beziehungsweise neue Formen von Verkehrsmustern auftreten. Deshalb ist es wichtig mit geeigneten Werkzeugen präzise Messungen in Kommunikationsnetzen durchzuführen, um die Verkehrsmuster zu erfassen, das Netz bezüglich Performance oder Dienstgüte (Quality of Service) zu überwachen oder die Fehlersuche zu unterstützen. Die mittels einer Messung gewonnenen Daten liefern Erkenntnisse für die Planung und Dimensionierung künftiger Netze respektive den Ausbau bestehender Netze.

Mit AKQUI wurde ein Messgerät entwickelt, welches den speziellen Bedürfnissen bei der passiven Datenakquisition in ATM-Netzen nachkommt. Es ist in der Lage, ATM-Verkehrsdatenströme über einen langen Zeitraum (Stunden bis Tage abhängig von der Datenrate des Verkehrs) abzuspeichern. Dabei werden die einzelnen ATM-Zellen mit einem genauen Zeitstempel versehen, bevor sie auf den Festplatten abgelegt werden. Obschon AKQUI ebenfalls in der Lage ist, aufgenommene Datenströme wieder abzuspielen, erfolgt die Messung passiv. Die Hardware beschränkt sich auf ihre Hauptaufgaben: das Aufnehmen und Abspielen von ATM-Verkehr. Die Auswertung der aufgenommenen Daten extern erfolgt auf einer Workstation.

Die vorliegende Dissertation befasst sich mit der Analyse der mit einem derartigen Messgerät erfassten Verkehrsdaten. Dazu wurde ein Softwaresystem entworfen und implementiert, welches die Auswertung der von AKQUI aufgenommenen Daten durchführt. Neben der Verkehrsdatenanalyse erlaubt das Softwaresystem die Bedienung des Messgeräts über eine graphische Benutzerschnittstelle, daher auch der Name des Softwaresystems: *AKQUI Control Environment (ACE)*. ACE zeichnet sich durch eine sehr flexible und modulare Architektur aus, welche Erweiterungen und Anpassungen an neue Anforderungen erleichtert. Die einzelnen Module des Softwaresystems sind über klar defi-

nierte Schnittstellen miteinander verbunden. Um die Fernbedienung des Messgeräts zu ermöglichen, wurde eine Client/Server-Architektur gewählt. Der Server erledigt die eigentliche Analyse der Verkehrsdaten, indem die in den Daten enthaltenen Informationen sowie die durch das Messgerät beigefügten Zeitstempel verarbeitet werden. Die Resultate der Auswertungen werden zum Client übertragen, wo sie graphisch dargestellt und zur weiteren Verarbeitung abgespeichert werden. Daneben erfolgen die Steuerung von AKQUI und die Konfiguration der Analyse über die graphische Benutzerschnittstelle des Clients.

Das AKQUI-Messgerät und das in dieser Dissertation entworfene Softwaresystem gelangten in verschiedenen ATM-Netzen zum Einsatz. Dabei konnte die Funktionstüchtigkeit der Hard- und Software nachgewiesen werden. Ausserdem bewährte sich die Messmethodik, welche die Analyse der Verkehrsdaten von deren Aufnahme trennt, wobei die Analyse der Daten auch in Echtzeit erfolgen kann. Dank der Off-Line Auswertung können verschiedene Aspekte des Verkehrs genau untersucht werden, indem auf denselben Verkehrsdaten mehrere Analysen nacheinander durchgeführt werden. Zudem hat dieser Ansatz den Vorteil, dass zur Zeit der Aufnahme nicht feststehen muss, welche Art der Auswertung stattfinden soll. Insbesondere die in produktiven Netzen durchgeführten Messungen ergaben interessante Resultate hinsichtlich der angetroffenen Verkehrsmuster. Bei den Messungen des Verkehrs von Tele-teaching-Vorlesungen zwischen Zürich und Basel konnte der Einfluss des Traffic Shapings beobachtet werden. Der im Netz eines Betreibers von Telekommunikationsnetzen gemessene LAN-Interkonnectionsverkehr zeigte ein hohes Mass an Selbstähnlichkeit.

# *Abstract*

---

Modern communication networks are becoming increasingly complex, heterogeneous and dynamic. The number of users, transferred data volumes, data rates and geographical size are rapidly growing. The traffic characteristics and loads of these networks change frequently and are hardly predictable because new applications and access technologies emerge. For this reason it is important to perform precise traffic measurements in communication networks to collect traffic patterns, to monitor the performance and quality of service or to support error diagnostics. The data obtained by measurements can be used to plan and dimension future networks or to enlarge existing networks.

AKQUI has been developed to meet the requirements of a passive data acquisition tool for ATM networks. It is able to record ATM traffic streams over long periods of time (hours to days depending on the data rates). A high resolution and accurate timestamp is added to each ATM cell before being saved on hard disk arrays. The measurement takes place passively although AKQUI is also able to play back recorded traffic streams. The hardware restricts itself to the main tasks of recording and playing back ATM traffic while the analysis is performed off-line on a workstation.

This thesis addresses the analysis of passively acquired network traffic. A software system has been developed and implemented which performs the analysis of the traffic recorded by AKQUI. Apart from the traffic analysis the software system enables the control of the measurement device over a graphical user interface, hence the name of the software system: *AKQUI Control Environment (ACE)*. ACE is characterized by a very flexible and modular architecture which facilitates extensions and adjustments to new requirements. The modules of the software system are connected by clearly defined interfaces. A client/server architecture has been chosen to enable the remote control of AKQUI. The server executes the analysis of the traffic by processing the recorded ATM cells and the added timestamps. The results of the analysis are transmitted to the client where they are displayed and saved. Furthermore the client contains a graphical user interface to control AKQUI and to configure the analysis.

The software system developed in this thesis and the AKQUI measurement device have been employed in different ATM networks to validate the hard-

and software. In addition these measurements demonstrated the feasibility of the measurement method which separates the recording of the traffic from the analysis although the analysis can also be performed in real-time. The off-line analysis makes it possible to examine different aspects of the recorded traffic by carrying out several analyses on the same data. Moreover, this method has the advantage that no decisions regarding the kind of analysis have to be taken at recording time. In particular the measurements carried out in productive networks provided interesting results regarding traffic characteristics. Measurements performed in a teleteaching network allowed to show the effects of traffic shaping, while the analysis of LAN interconnection traffic on the network of a major operator revealed a high degree of self-similarity.