

Berichte aus dem Forschungsschwerpunkt
Telekommunikation und Rechnernetze

Band 5

Jing Cong

**Load Specification and Load Generation
for Multimedia Traffic Loads
in Computer Networks**

Gedruckt mit Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes

Shaker Verlag
Aachen 2006

Bibliographic information published by Die Deutsche Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data is available in the internet at <http://dnb.ddb.de>.

Zugl.: Hamburg, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5049-2

ISBN-13: 978-3-8322-5049-2

ISSN 1439-3573

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Abstract

The integration of communication services, the variety of different types of load sources, and the rapid growth of network dimensions lead to complex traffic loads in communication and computer networks to date. In particular, these complex traffic loads may cause transmission congestion which would induce the unsatisfactory provisioning of Quality of Service (QoS) for multimedia applications. In this instance, it is very important to investigate efficient network mechanisms and to establish appropriate protocols to optimize the network performance. Understanding of the characteristics of network loads in the real world is a precondition to investigate the reasons why the performance, the architecture, and the QoS of the applications will be significantly influenced by some specific traffic scenarios.

This thesis focuses on establishing a unified methodology for load generating at different interfaces in the protocol hierarchy of communication and computer networks. The unified load generator is based on a formal load specification technique established by us which enables one to describe the user behaviors at different interfaces with an optional degree of detail, and constitutes a framework of load modeling for different applications provided in networks.

At the beginning of this thesis, we introduce some basic concepts relating to load modeling and load generation. Based on the concept of loads, a new framework for load generating, which combines the load generation and the load transformation processes existing in real networks, is presented. The application of the load transformers may significantly simplify the secondary load generation, and enables one to study the impact of the secondary loads on some concurrent distributed applications of interest.

As one of the main topics of this thesis, a formal load specification technique, based on earlier research results, is extended and established. On one hand, the formal load specification technique provides a clean separation between specifying the elementary user behavior and specifying the set of request types at a chosen interface; on the other hand, it enables us to specify the reactions of the service systems. Therefore, a dynamic load generation process that is close to the real scenarios can be supported.

After introducing the formal load specification technique, an architecture for a unified load generator (*UniLoG*) is presented and some crucial implementation issues are discussed. The unified load generator is dependent neither on a specific interface nor on a specific network application; thus, the basic requirement on unification is fulfilled. A prototype of the UniLoG load generator has been implemented by us. A user-friendly GUI is provided to support the load modeling and the parameterization of the load models. Concrete traffic loads can be created in existing networks by using an appropriate adapter component.

A variety of experiments are conducted to prove the correctness of the components of the UniLoG prototype. Another series of experiments investigate the influence of the background loads, which are generated by using the prototype of UniLoG, on the level of QoS for streaming media applications. All these experiments show that the UniLoG load generator is a valid and flexible tool for generating artificial traffic loads in communication and computer networks.

Furthermore, proposals of how to extend the UniLoG load generator for distributed load generation are presented.

Kurzfassung

Wegen des verstärkten Einsatzes multimedialer Anwendungen (z.B. Videokonferenzen, Bildtelefon und Anwendungen des E-Learning) sowie des schnellen Wachstums der Anzahl von Benutzern sind – trotz der beeindruckenden Geschwindigkeitssteigerungen bei den Übertragungs- und Vermittlungstechniken – Leistungsentpässe in heutigen Rechnernetzen dennoch häufig vorhanden. Zur Vermeidung der Leistungsentpässe und zur Deckung des erheblichen Kommunikationsbedarfs multimedialer Anwendungen ist es heutzutage äußerst wichtig, die hochdynamischen Verkehrsflüsse zu prognostizieren und diese Verkehrsprognosen bei der Netzplanung und -dimensionierung zu berücksichtigen. Um Leistungs- und Verhaltensanalysen von Kommunikationssystemen durchführen zu können (wie z.B. Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Netzes, Durchführung der QoS-Studien bei variabler Netzbelastung) ist eine hinreichend realistische Lastgenerierung unverzichtbar.

Diese Dissertation widmet sich einem verallgemeinerten, auf einer formalen Lastbeschreibungstechnik basierenden Ansatz zur Lastgenerierung. Mittels dieses Ansatzes lassen sich abstrakte Lasten (Auftragssequenzen) für verschiedenartige Dienstschnittstellen eines dienstintegrierten Netzes spezifizieren und zur Generierung synthetischer, multimedialer Verkehrslasten heranziehen.

Am Anfang dieser Dissertation stellen wir einige Grundkonzepte in Bezug auf Lastmodellierung und Lastgenerierung vor. Basierend auf dem Konzept der Last wird eine neue Architektur für einen möglichst universell einsetzbaren Lastgenerator erstellt, mit der ein Lastgenerator unter Nutzung sogenannter Lasttransformatoren konstruiert wird. Die Anwendung der Lasttransformatoren kann die Erzeugung der Sekundärlast erheblich vereinfachen und ermöglicht, die Auswirkung der Sekundärlasten auf einige ausgewählte Anwendungen zu studieren.

Als ein Hauptteil dieser Dissertation wird, aufsetzend auf frühere Resultate, eine neue Technik zur formalen Beschreibung von Verkehrslasten im Hinblick auf eine Lastgenerierung in Echtzeit entwickelt. Einerseits kann diese formale Lastbeschreibungstechnik die von Benutzern erzeugte Last an unterschiedlichen Systemschnittstellen bei variabel wählbarem Detaillierungsgrad präzise spezifizieren. Andererseits wird die realitätsnahe dynamische Lastgenerierung durch die Berücksichtigung der Reaktion von Bediensystemen unterstützt.

Nachdem die formale Lastspezifikationstechnik vorgestellt worden ist, wird eine Architektur für einen verallgemeinerten Lastgenerator erstellt, die auf die formale Lastbeschreibungstechnik aufsetzt. Ein erster Prototyp für den verallgemeinerten Lastgenerator (nämlich *UniLoG*) ist bereits von uns realisiert worden. Dieser Prototyp unterstützt die Funktionen der formalen Beschreibung von Lasten durch eine grafische Benutzungsoberfläche. Konkrete Lasten können als Konsequenz der Übergabe von abstrakten Aufträgen mittels einer passenden Adapter-Komponente generiert werden.

Im Rahmen von Fallstudien unter Nutzung des UniLoG-Lastgenerierungswerkzeuges zeigt diese Dissertation auch auf, dass sich zum einen mit dem entwickelten Lastgenerierungskonzept die Echtzeitanforderungen bei der Erzeugung realistischer Lasten in der Tat erfüllen lassen und dass die angestrebten Verhaltensanalysen von Netzen mit deutlich reduziertem Aufwand gegenüber konventionellen Ansätzen erzielt werden können.

Ausserdem wird ein Konzept zur verteilten Lastgenerierung aufsetzend auf der zentralisierten Lastgenerierung erstellt.