Untersuchungen von Performance-Auswirkungen auf das GSM-Netz durch Einführung eines zentralen Home Location Register

Von der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur
genehmigte Dissertation

von Dipl.-Ing. Gerd Siegmund
geboren am 25.12.1954 in Eilte Kreis Bad Fallingbostel

2007

1. Referent: Prof. Dr.-Ing. Klaus Jobmann
2. Referent: Prof. Dr. rer. nat. Georg Schlüchtermann
Vorsitz: Prof. Dr.-Ing. Christian Grimm

Tag der Promotion: 17.07.2007

Hannoversche Beiträge zur Nachrichtentechnik

Band 2.16

Gerd Siegmund

Untersuchungen von Performance-Auswirkungen auf das GSM-Netz durch Einführung eines zentralen Home Location Register

Shaker Verlag
Aachen 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 2007

Copyright Shaker Verlag 2007
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6473-4
ISSN 1616-5489

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Die meisten klassischen Telekommunikationsnetze wurden in der Vergangenheit für einen bestimmten Zweck geplant. Die Netze der nächsten Generation sollten universelle Netze sein, die offen verschiedene Anwendungen unterstützen sollten. Diese Anforderungen bleiben nicht ohne Einfluss auf das Design und die Architektur der Netze. Aufgrund der Größe dieser Netze und ihrer internationalen Verflechtung waren die Netzelemente auch immer große Investitionsgüter, die daher nur langsam verlaufenden Veränderungen nachgaben. Aus diesem Grund baute man früher für fast jede benötigte Funktion neue Netzelemente, die zusammen mit den jeweils erforderlichen (oft völlig neuen) Kommunikationsprotokollen in die Netze eingebunden wurden. Hieraus ist aus heutiger Sicht weder für den aktuellen Betrieb, noch für die weitere Entwicklung dieser Netze kein optimales System „erwachsen". Nun gibt es inzwischen neuere Lösungen für verteilte Informationssysteme der IT-Netze, die ihren Einzug auch in die Telekommunikation halten werden. Der objektorientierte Ansatz brachte in der Softwareentwicklung offene und sehr leicht wieder verwendbare Komponenten. Auch hier gibt es die Problematik, vorhandene, gewachsene Systeme in moderne Konzepte, Oberflächen oder Sicherungssysteme einzubinden. Hier wird die Anwendung nicht mehr in einer Komponente fixiert, sondern diese Lösungen ermöglichen es, von verteilten Systemen auf einen Prozess zuzugreifen (serviceorientierte Architekturen wie z. B. Web-Services).

Entgegen der bisherigen Praxis müssten sich hierbei einmal die hergebrachten Netze den neuen Architekturen über einen Gateway anpassen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dieser Anpassung. In dieser Arbeit wird die Funktion „Authentication" zentral auf Basis eines Web-Service realisiert und die notwendige Anpassung des GSM-Netzes betrachtet. Insbesondere werden mögliche Architekturen dargestellt und deren Performance genauer betrachtet.

Danksagungen

Diese Arbeit wäre ohne den Anstoß und die hervorragende Betreuung durch Herrn Prof. Dr. Klaus Jobmann nicht möglich gewesen. Dieses Vorhaben dann tatsächlich in Stuttgart die Tat um zu setzten war dank der tatkräftigen Unterstützung von Herrn Dr. Stephan Rupp möglich, er sorgte für die Rahmenbedingungen meiner Arbeit und legte zusammen mit Franz Josef Banet den Grundstein für die Restrukturierung der Netze. Zu dieser Idee konnte ich mit dieser Arbeit beitragen. Für die kreativen Diskussionen und fachlichen Hinweise bedanke ich mich bei herzlich bei Franz Josef Banet und Andreas Diehl sowie den Kollegen Rodolfo Lopez, Markus Lehmacher und Heinrich Hintzen von Alcatel Lucent. Frau Dagmar Kafka danke ich für das kritische Korrekturlesen.

Meiner Frau Renate und meinem Sohn Jan möchte ich aus ganzem Herzen danken, dass sie mich in vielfältigster Weise unterstützten, ihnen gehörte eigentlich ein großer Teil der Zeit die ich mit dieser Arbeit verbrachte.

Stuttgart, Juli 2007 *Gerd Siegmund*

Kurzfassung

Neue Dienste entstehen heute vielfach auf der Basis des Internetprotokolls und dessen Anwendungen. Die klassischen Fest- und Mobilnetze, WLAN und UMTS entwickeln sich in diese Richtung. Häufig stellt das Internetprotokoll aber in diesen Netzen nur die Transportbasis, die hergebrachten Architekturen dieser Netze bleiben jedoch erhalten.

Zweifelsfrei werden die mobilen Anwendungen über die reine Bedienung der menschlichen Benutzern hinaus wachsen und mehr und mehr Fahrzeuge (z.B. für Telematikanwendungen), Verkaufsautomaten oder generell die Kommunikation zwischen Maschine unterstützen. Auf der anderen Seite werden die Benutzer sich in sog. Personal Area Networks kommunizieren, womit die Bedeutung von Benutzer- und Service-Profilen immer mehr zunimmt.

Die Anwendungen enthalten dabei jeweils die eigenen Teilnehmerdaten, gespeichert in einer, über das Netz verteilten, Datenbank. Diese verfügen zumeist über jeweils eigene Management-Systeme und spezifischen Schnittstellen zu den Zentralen für die Teilnehmerverwaltung und der Tarifierung.

Grundsätzlich unterscheiden sich die Architekturen der klassischen Telekommunikationsnetze und die des Internets in vielen Punkten. Die gegenwärtigen Systemstrukturen, wie Datenbanken, HLR, AAA-Server, MMS-Server Systeme für die Rufnummernportabilität und andere speichern eine Anzahl von identischen Daten, die über die verschiedenen Anwendungen konsistent gehalten werden müssen. Der Aufwand für die Betreiber für die Netzplanung, die Teilnehmerverwaltung oder zum Einbringen neue Dienste steigt dramatisch an. Selbst neue Architekturen, wie IMS unterstützen immer noch die etablierten Strukturen. Von führenden Telekommunikationsherstellern wie Alcatel-Lucent werden daher Konzepte zur strukturellen Vereinfachung der Telekommunikationsnetze und zur Realisierung zukünftiger, erweiterter Dienste auf der Basis des Internetprotokolls vorangetrieben. Diese Konzepte basieren dabei häufig auf bereits verfügbare Mechanismen des Internets bzw. seine Dienste, wie Storage Area Networks (SAN) bzw. dem Simple Object Access Protocol (SOAP) und Fast Web Services.

Dieser neue Ansatz zur Realisierung von Telekommunikationsnetze, hier als „restrukturierte Netze“ bezeichnet, wird in diesem Beitrag untersucht, simuliert und schließlich mit der Performanz der klassischen Netze verglichen. Drei verschiedene Ansätze für ein Netz-Design des GSM-Netzes in der Migration in Richtung solcher Architekturen wurden untersucht:

1. Als Referenzsystem wurde das GSM-Netz mit 40 verteilten HLR verbunden über eine Anzahl von 64-kbit/s-Kanäle für den Austausch der Signalisierung untersucht.

2. Das GSM-Netz mit einem zentralisierten HLR , unter Verwendung von schnellen Verbindungsleitungen auf der SDH-Technik und hoch performanten Datenbanken auf XML-Basis und SOAP. Mit diesem Modell wurde ein Gateway in das vorhandene GSM-Netz eingebracht, um die ASN.1-Nachrichten in das XML-Format zu adaptieren.

3. Ein GSM-Netz mit einem zentralisiertem HLR und einer Cache-Datanbank und einem Gateway zur Anpassung der Signalisierungsnachrichten von dem ASN.1-Format in die XML-Form auf der Basis von SOAP.

Die Ergebnisse der Berechnung bzw. Simulation zeigten, das die restrukturierten Netze einen realisierbaren Ansatz darstellen. Mit kleinen Anpassungen auf der Seite des GSM-Netzes können die hohen Anforderungen für kurze Systemantwortzeiten erfüllt werden. Die beschriebenen Architekturen sind darüber hinaus offen für Authorization-Anfragen aus anderen Systemen, wie WLAN oder WiMAX, und sind dadurch für neue Architekturen wie IMS und TISPAN nutzbar.

Abstract

The future of any communication system will be based on IP. The present fixed and mobile networks, WLAN and UMTS are some of the new technologies which are foreseen to carry many new service applications based on IP. But this will be used only as a transport network. Older, complex network architectures still remain. In the near future, it is expected that mobile networks will go beyond connecting people and will connect an increasing number of machines, appliances, consumer devices, sensors and actuators. Also, users will connect through personal area networks and the importance of user profiles and service profiles will grow.

Most certainly, mobile applications will grow beyond serving human users, and increasingly serve vehicles (e.g. for telematics), vending machines and machine to machine communication in general. In addition, the applications contain their own subscriber data, usually stored locally in the application's database (distributed across the network), managed from their own management systems and with their own interfaces to Customer Care and Billing Systems.

The classical telecommunication and the classical IP design approach are different in several points. In current designs, databases like HLR, AAA-Servers, MMS, Number Portability and others keep a significant amount of identical data that have to be kept consistent across all applications. For Network Operators, the effort to plan, to administrate and to introduce new services in those networks increases dramatically. New architectures, such as the IMS, maintain the current design principles. Therefore a concept describing how to simplify current and future telecommunication networks with an internet-based approach for service introduction is under preparation by major telecom equipment providers such as Alcatel-Lucent. The concept uses already available mechanisms, like Storage Area Networks (SAN) or Simple Object Access Protocol (SOAP) and Fast Web Services from the Internet-network and -service approach to simplify classical telecommunication networks.

In this environment the performance of such a new telecommunication network, here referred to as a "Restructured Network", has to be analyzed, simulated and finally compared with the performance of legacy telecommunication networks. Three different approaches for a GSM-Network design during migration phase towards the new architectures were investigated:

1. As a reference model a conventional GSM-Network with 40 distributed HLR and their interconnections with a number of 64-kbit/s-links for signalling.

2. A GSM-Network with one centralized HLR, interconnection via SDH and with a high performance Database, using XML and SOAP. With this model a Gateway was introduced to adapt the ASN.1-Messages to messages with a XML-base.

3. A GSM-Network with one centralized HLR and one Cache-database with a Gateway to adapt the ASN.1-Messages interconnect via SDH to a high performance database using XML an SOAP.

The results of calculation/simulation show that the Restructured Network represents a feasibly approach. With small adaptations on the GSM-side the hard requirements of for short response time could be met. The defined architecture is open for other authorization requests, via WLAN, WiMAX, and thus applies for new network architectures including IMS and TISPAN.

Schlagworte

UMTS, WLAN, Storage Area Networks (SAN), SOAP, Home Location Register (HLR), Leistungsbewertung, AAA.

Keywords

UMTS, WLAN, Storage Area Networks (SAN), SOAP, Home Location Register (HLR), Performance Modelling, AAA.

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort . . . . . **III**

2 Kurzfassung . . . . . **V**

3 Abstract . . . . . **VII**

4 Schlagworte . . . . . **IX**

5 Keywords . . . . . **IX**

6 Inhaltsverzeichnis . . . . . **XI**

7 Abbildungsverzeichnis . . . . . **XIII**

8 Abkürzungsverzeichnis . . . . . **XVII**

9 Verwendete Formelzeichen und Indizes . . . . . **XXI**

10 Einführung **1**
10.1 Motivation 1
10.2 GSM-Architektur 3
10.3 Die UMTS-Entwicklung 6
10.4 Zielsetzungen 8
10.4.1 Technologie-Update im GSM-Netz 9
10.4.2 Authentifizierung von Teilnehmern alternativer Zugangssysteme 10
10.4.3 Restrukturierung des Kommunikationsnetzes 10
10.5 Aufbau der Arbeit 11

11 Architekturen **12**
11.1 GSM-Architektur 12
11.2 Schnittstellen 16
11.3 Festlegung der Vergleichsgröße 19
11.4 Authentifizierung 21
11.5 Performance heute 23
11.6 Ziel-Architektur 23

12 Modellierung **30**
12.1 Festlegung der Simulationsparameter 31
12.1.1 Allgemeine Rahmendaten 31
12.1.2 Anfragen an das HLR 32
12.1.3 Berechnung der durchschnittlichen Nachrichtenlänge, ASN.1 37
12.1.4 Mittlere Belegungsdauer für den Signalisierungslink 38
12.1.5 Berechnung der durchschnittlichen Nachrichtenlänge für XML 40
12.2 Parameter der drei Modelle 41
12.2.1 Modell A 41

12.2.2Modell B 44
12.2.3Modell C 48
12.3 Komponenten 52
12.3.1Gateway 52
12.3.2Lokaler Cache 56
12.3.3Zentrales HLR 57
12.4 Performance-Berechnungen 62
12.4.1Quellen 63
12.4.2Link zwischen MSC und Gateway 63
12.4.3Ü-Technik-Link T2.1 bis T2.4 64
12.4.4Gateway 64
12.4.5Lokale-DB 65
12.4.6Ü-Technik Gateway-DB 65
12.4.7Datenbank 65
12.4.8Rückweg 66
12.4.9Gesamtformel 66
12.5 Simulationsergebnisse 67
12.5.1Modell A 67
12.5.2Modell B 69
12.5.3Modell C 72

13 Erweiterung der Architektur 76
13.1 Öffnung für andere Netze 76
13.1.1Grundsatzbetrachtung 76
13.2 Authentifizierung am WLAN-Hotspot 77
13.2.1Anschaltung von WLAN am GSM 78
13.2.2EAP-Arbeitsweise 79
13.2.3EAP-SIM und EAP-AKA 83
13.2.4Authenitifizierung nach 802.1x mit EAPoL und TLS 84
13.3 WiMAX 87
13.4 Auswirkungen auf die Performance 88

14 Zusammenfassung 89
14.1 Migration des GSM-Netzes 89
14.2 Interpretation der Ergebnisse 90
14.3 Potentiale 92
14.4 Kritische Bewertung 94
14.5 Offene Punkte und Verweise auf weitere Arbeiten 95

Anhang 96
14.6 Parameter der Simulationsmodelle 96
14.7 Umsetzung der ASN.1-Nachrichten 102
14.8 Quellen 104

Lebenslauf 109