

NEUE TECHNIK FÜR EFFIZIENTE DATENÜBERTRAGUNG IN DEN ZELLULAREN NETZEN

Alexander Kozlovski, Krzysztof Nowicki und Tadeusz Uhl

Kurzfassung. The paper presents a new data transmission protocol for cellular networks. This protocol allows to use all possible free cell voice subchannels for data transmission. Under the protocol, for each new voice/data call, at least one subchannel is guaranteed in the case when: a) at least one subchannel is currently free, or b) at least one multichannel data transmission is in progress. In the latter case, one of the subchannels occupied by the data transmission is freed and assigned to the new call. Such a mechanism contributes to the increase in the channel utilization. A simulation of cellular network operating under the above protocol has been developed. The obtained results confirm that the protocol increases the channel utilization relatively to standard cellular network protocols and reduces the number of lost calls. Basing on the observed simulation runs, one can also conclude that the protocol is free from structural faults.

1. Einführung

Kommunikation spielt in Wirtschaft und Gesellschaft eine immer bedeutendere Rolle. Neue Anforderungen führen zu neuen technischen Lösungen, die in Form von neuen Kommunikationsnetzen realisiert werden [1]. Heutzutage existiert eine große Vielfalt von Kommunikationsnetzen, von denen die zellularen Netze immer mehr an Bedeutung gewinnen [2-3].

Die 1-te Generation der zellularen Netze gehörte zu den analogen Systemen (analoge Signale in analogen Funkkanälen), für die nie ein Standard bezüglich der Kommunikationsprotokolle und der Interfaces existiert hat. Ende 80-ger Jahre wurden mehrere Standards für die zellularen Netze der

Manuscript eingegangen am July 21, 1997.

A. Kozlovski und K. Nowicki sind am Abteilung für Elektronik, Technische Universität Gdansk, Narutowicza Str. 11/12 PL 80-952 Gdansk. Dr. T. Uhl ist am Institut für Nachrichtentechnik, Fachhochschule Flensburg, Kanzleistraße 91-93, D-24943 Flensburg.

2-ten Generation erarbeitet und veröffentlicht [4-6]. Die zellularen Netze der 2-ten Generation zeichnen sich durch vollständige Digitalisierung sowohl der Nutz- als auch der Steuerungsinformationen aus. Anfang der 90-er Jahre wurden mehrere zellulare Netze der 2-ten Generation in verschiedenen Ländern aufgebaut und in Betrieb genommen, z.B. D1- und D2-Netz in Deutschland [7]. Heutzutage werden mehrere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bezüglich der Erarbeitung des neuen Konzeptes für die zellularen Netze der 3-ten Generation unternommen [8]. Hierbei sollten die aus den Mobilfunknetzen der 2-ten Generation (Global System for Mobile Communications) und aus den schnurlosen digitalen Telefonnetzen (Cordless Communications) gewonnenen Erfahrungen eine wichtige Rolle spielen.

Die zellularen Netze der 2-ten Generation wurden vor allem für die Sprachkommunikation entwickelt. Demzufolge eignen sie sich nicht für eine effiziente Datenübertragung. Um dies zu erreichen, müssen neue Konzepte für die Übertragung der integrierten Sprache/Daten Dienste entwickelt und erprobt werden. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine neue Technik für effiziente Datenübertragung in den zellularen Netzen detailliert vorgestellt. Diese Methode basiert auf dem aus den Datennetzen gut bekannten Speichervermittlungsprinzip.

2. Das neue Kommunikationsprotokoll

Basierend auf dem CD 900-System (Cellular Digital 900 MHz [9]) werden im angenommenen Modell folgende Voraussetzungen getroffen:

- Eine Basisstation (BS) verfügt über 60 Duplexkanäle. Dies bedeutet, daß jede BS 60 Simplexkanäle "zu_Teilnehmer" (kurz "zu_Tln") und 60 Simplexkanäle "ab_Teilnehmer" (kurz "ab_Tln") ansteuert.
- Es wird das Zeitmultiplexverfahren (TDM: Time Division Multiplex) innerhalb einer BS verwendet.
- Ein Zeitschlitz (entspricht einem Kanal) weist eine Länge von $0.5ms$ auf.
- Drei Zeitschlitze werden für Organisationszwecke (Organisationskanäle) ausgenutzt.
- Die Übertragungsgeschwindigkeit in einem Kanal beträgt 16 kbit/s (entspricht Voice-Transmission mit adaptiver Deltamodulation).

Gemäß diesen Annahmen hat ein Rahmen die Länge von $60 \times 0.5[ms] + 3 \times 0.5[ms] = 31.5[ms]$. Innerhalb eines Rahmens werden $16000[bit/s] \times 0.0315[s] = 504[bit]$ übertragen.

Die zellularen Netze unterstützen heutzutage zwei Dienste: Sprache (Voice, kurz V_Service) und Daten (Data, kurz D_Service). Traditionell werden für beide Dienstarten innerhalb einer Zelle die Duplexkanäle genutzt. Um die Netzressourcen besser ausnutzen zu können, müssen neue Modifikationen der

Übertragungsprotokolle in diesen Systemen definiert und untersucht werden. Hierbei sollten die Besonderheiten des D_Services die notwendigen Ansätze liefern. Auf die o.g. Besonderheiten wird im weiteren näher eingegangen.

Erste Eigenschaft der Datenübertragung bildet die Kommunikationsart, d.h. Simplex-Verfahren. Die Daten werden von der Quelle zur Senke nur in eine Richtung übertragen. Außerdem können mehrere Datenblöcke innerhalb eines Rahmens zwischen zwei Teilnehmern übertragen werden. Man spricht über Gruppierung der Blöcke. In diesem Fall wird nicht nur der dem Quelle-Senke-Paar zugewiesene Kanal genutzt, sondern auch alle anderen, freien Kanäle innerhalb eines Rahmens.

Unter Berücksichtigung der o.g. Besonderheiten bei der Datenübertragung lassen sich folgende Ansätze für ein effizientes Kommunikationsprotokoll definieren:

1. In der Zelle des rufenden und gerufenen Teilnehmers wird nur ein Simplexkanal reserviert, d.h. in der Zelle des rufenden Teilnehmers ein "ab_Tln"-Kanal und in der Zelle des gerufenen Teilnehmers ein "zu_Tln"-Kanal. Sind Quelle und Senke in verschiedenen Zellen zu finden, werden 2-fach wenige Simplexkanäle reserviert.
2. Befinden sich im Pool der freien Kanäle beim rufenden Teilnehmer "A_ab"-Kanäle und im Pool der freien Kanäle beim gerufenen Teilnehmer "B_zu"-Kanäle, dann belegt die neue Datenverbindung in jeder Zelle MIN {A_ab, B_zu}-Kanäle. Dementsprechend verkürzt sich die Datenübertragungszeit zwischen Quelle und Senke um MIN {A_zu, B_zu}-Faktor.

Natürlich muß das neue Protokoll die Qualität für den V_Service garantieren. Außerdem muß das Protokoll die sog. Gerechtigkeit (Fairneß) zwischen den Teilnehmern einer Zelle sichern. Aus diesen Gründen werden folgende Modifikationen im neuen Kommunikationsprotokoll vorgeschlagen:

Wenn

a) ein V_Ruf in einer Zelle vorkommt, in der kein freier Kanal vom Typ "zu_Tln" und/oder "ab_Tln"

oder

b) ein D_Ruf in einer Zelle vorkommt, in der kein freier Kanal vom Typ "ab_Tln" zu finden ist, und innerhalb der belegten Kanäle

im Fall a) mindestens zwei Kanäle vom Typ "zu_Tln" durch eine D-Verbindung und mindestens zwei Kanäle vom Typ "ab_Tln" durch eine D-Verbindung

oder

im Fall b) mindestens zwei Kanäle vom Typ "ab_Tln" durch eine D-Verbindung beansprucht sind,

dann folgt die Freigabe

im Fall a) eines Kanals vom Typ "zu_Tln" und eines Kanals vom Typ "ab_Tln" aus einer Gruppe, in der mindestens zwei Kanäle durch eine D_Verbindung belegt sind

und

im Fall b) eines Kanals vom Typ "ab_Tln" aus einer Gruppe, in der mindestens zwei Kanäle durch eine D_Verbindung belegt sind.

Außerdem folgt zusätzlich die Freigabe eines Kanals vom Typ "zu_Tln" und "ab_Tln" für den Fall a) und eines Kanals vom Typ "zu_Tln" für den Fall b) in der Zelle, in der sich der gerufene Teilnehmer befindet. Die frei gewordenen Kanäle werden durch die neue Verbindung belegt. Auf diese Weise wird gesichert, daß jeder neue Ruf genau so, wie im Netz mit traditionellem Kommunikationsprotokoll behandelt wird.

Jeder D_Service beansprucht $\text{MIN} \{A_{\text{ab}}, B_{\text{zu}}\}$ -Kanäle. Die Zahl der beanspruchten Kanäle liegt zwischen Null und dem maximalen Wert der Kanäle in einer Zelle. Gemäß dem hier beschriebenen Verfahren weist der D_Service eine Tendenz auf, die den Rahmen nach Möglichkeit immer voll ausnutzt. Dieser Effekt läßt hoffen, daß der Ausnutzungsgrad der Kanäle im Vergleich zu dem traditionellen Kommunikationsprotokoll größer sein wird. Um dies zu untersuchen, wird im weiteren auf ein Simulationsmodell eingegangen.

3. Simulationsmodell

3.1 Beschreibung

Im Modell werden zusätzlich zu den im Punkt 2 dargestellten Voraussetzungen folgende Annahmen getroffen:

- Das Netz besteht aus 8 Zellen mit einem Radius vom 6km .
- In jeder Zelle stehen 60 Duplexkanäle zur Verfügung.
- Jede Mobilstation (MS) kann sich innerhalb einer Zelle, zwischen den Zellen oder momentan nicht bewegen. Es wurde angenommen, daß sich eine MS im Zeitpunkt des Rufes in einer Entfernung \underline{d} von der Zellengrenze befindet. Die Verteilung der Zufallsvariablen \underline{d} wurde so gewählt, damit die MS innerhalb einer Zelle gleichverteilt sind. Eine MS bewegt sich zur Zellengrenze mit einer Geschwindigkeit von 25 km/Stunde .
- Der Anrufprozeß weist eine Poisson-Verteilung mit der Rate λ Rufe/Stunde auf.
- Der Bedienungsprozeß unterliegt einer negativ-exponentialen oder einer deterministischen Verteilung mit dem Parameter μ Rufe/Stunde.

Es wurde im Modell die sog. regenerative Simulationsmethode verwendet. Jeder Regenerationszyklus beginnt und endet mit Freigabe aller Kanäle in

allen Zellen. Die Anzahl der Regenerationszyklen wird dynamisch gewählt. Das Kriterium dafür bildet die Größe der Konfidenzintervalle ($< 10\%$ bei einer Sicherheitsaussage von 0.9). Die Software wurde in der Programmiersprache PASCAL geschrieben und auf einem IBM PC 486/100MHz implementiert.

3.2 Simulationsergebnisse

Das erste Bild zeigt den Verlustfaktor B_{NR} = Anzahl der nicht realisierten Verbindungen/Anzahl aller Verbindungen als Funktion der Teilnehmerzahl. Hierbei gilt: $\lambda = 1$ Ruf/Stunde pro Teilnehmer und $\mu^{-1} = 100s$ /Ruf.

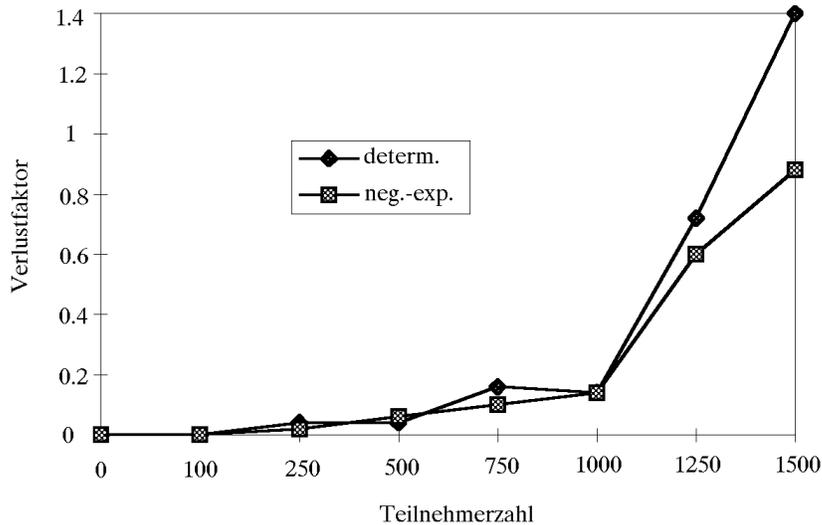


Bild 1. Verlustfaktor für nicht realisierte Verbindungen als Funktion der Teilnehmerzahl

Das Bild 1 verdeutlicht, daß das System sich zuerst stabil verhält. Ab einem bestimmten Wert der Teilnehmerzahl wächst der Faktor B_{NR} rapide an. Also muß man bei der Dimensionierung der zellularen Netze auf eine Anpassung der Kanäle pro Zelle und/oder der Zellenanzahl im Netz an die Teilnehmerzahl achten. Das im Rahmen dieser Arbeit aufgebaute Softwaretool könnte dabei hilfreich sein. Die wichtigsten Eingangsparameter des zu konfigurierenden Systems sind durch Benutzermenü frei einstellbar.

Das Bild 2 verdeutlicht den Fähigkeitsfaktor des Systems S = Anzahl der realisierten Verbindungen/Summe der realisierten und nicht realisierten Verbindungen als Funktion der Netzbelastung (für 300 Teilnehmer).

Aus den im Bild 2 gezeigten Diagrammen folgt, daß im Niederlastfall fast alle Verbindungswünsche realisiert werden können. Im Überlastfall erreicht das System sehr schnell einen Gleichgewichtszustand, der sich weit fortpflanzt.

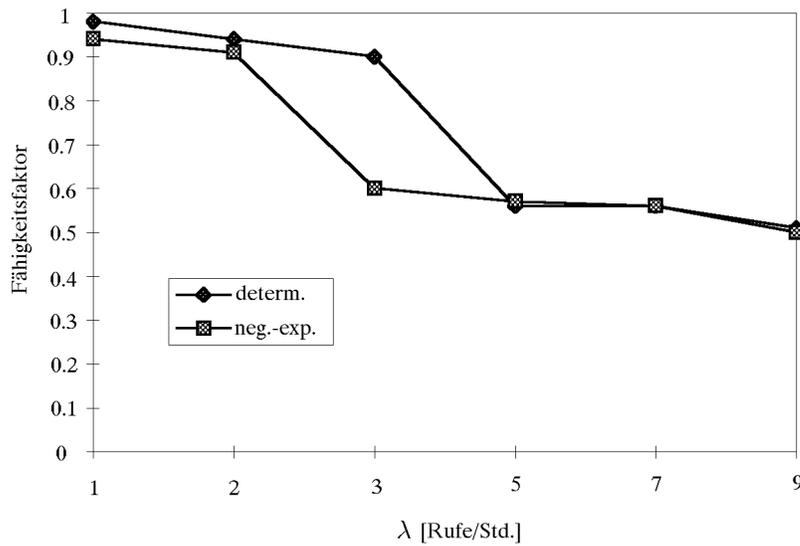


Bild 2. Fähigkeitkeitsfaktor des Systems S als Funktion der Netzbelastung.

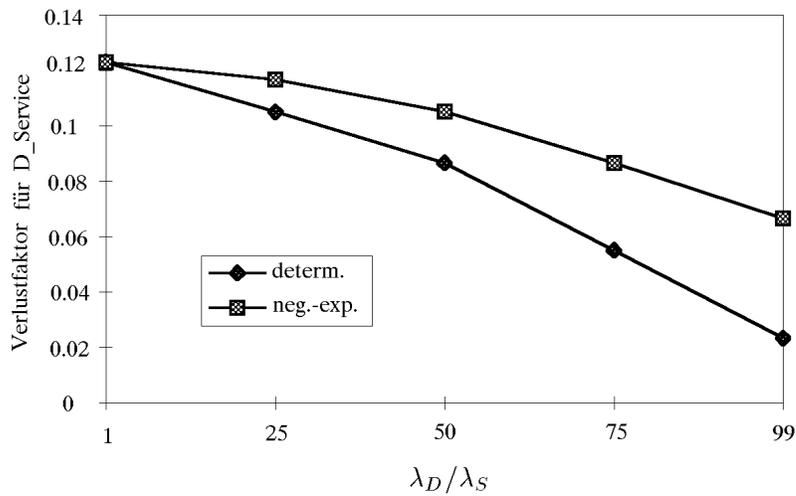


Bild 3. Verlustfaktor B_{NR-D} als Funktion des Parameters ρ_D .

Sehr interessante Ergebnisse zeigt das Bild 3. Hier wird der Verlustfaktor B_{NR-D} für den D_Service als Funktion des Faktors $\rho_D = \lambda_D/\lambda_S$ dargestellt ($\lambda_S = \lambda_D + \lambda_V$).

Erhöht sich die Anzahl der Verbindungswünsche vom Typ D, verkleinert sich der Verlustfaktor B_{NR-D} . An dieser Stelle zeichnet sich das neue Kommunikationsprotokoll aus. Eine Vergrößerung der durch den D_Service belegten Kanäle führt zu schneller Datenübertragung und damit zu einer raschen Freigabe der belegten Kanäle. Damit bestätigt sich das im Punkt 2 erhoffte Verhalten, daß mit der hier vorgeschlagenen Modifikationen das System effizienter arbeitet.

4. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein neues Konzept für eine effiziente Sprache/Daten-Übertragung in zellularen Netzen vorgeschlagen. Die simulativen Untersuchungen haben gezeigt, daß mit dem neuen Konzept die Netzressourcen effektiver ausgenutzt werden. Dies spiegelt sich in kleineren Verlustfaktoren für nicht realisierte Verbindungswünsche sowohl vom Typ D (Data) als auch vom Typ V (Voice) wieder. Die Grundlage dafür bildet die schnellere (aufgrund der vorgeschlagenen Protokollmodifikationen) Datenübertragung in zellularen Netzen.

Als Nachteil der hier vorgeschlagenen Protokollmodifikationen ist die komplexer gewordene Steuerung in BS anzusehen. Jedoch könnte dieser Realisierungsaufwand durch entsprechende Software (heutzutage nicht mehr kostenintensiv) abgefangen werden. Damit scheint das Kosten/Nutzen Verhältnis zu Gunsten des hier vorgeschlagenen Protokolls auszufallen. Aus diesem Grund wurden weitere Arbeiten, mit dem Ziel detaillierte Ablaufprotokolle für Schicht 1, 2 und 3 des ISO-OSI-Modells mit den hier präsentierten Modifikationen zu formulieren, begonnen [10].

L I T E R A T U R

1. IRMER TH.: *Trends and Network Evaluation - a CCITT Perspectives*. Speech at the Closing Session of 13th ITC Congress, Copenhagen, 1991.
2. LEE W.: *Mobile Cellular Telecommunication Systems*. Mac-Graw Hill, 1989.
3. CALHOUN G.: *Digital Cellular Radio*. Artech House, Norwood, 1988.
4. ETSI/TC: *Doc. GSM 145/90 rev.1*.
5. MOULY M. UND PAUTET M.: *The GSM System for Mobile Communications*. ISBN: 2-9507190-0-7.
6. KEDAJ J. UND HENTSCHEL G.: *Mobilfunk-Handbuch - Das Handbuch der mobilen Sprach-, Text- und Datenkommunikation*. ISBN: 3-923759-12-6.

7. REDL UND WEBER: *D-Netz – Technik und Meßpraxis*. ISBN: 3-7723-4851-3.
8. GOODMAN D.: *Trends in Cellular and Cordless Communications*. IEEE Communications Magazine, June 1991, pp. 31–40.
9. WOJNAR A.: *Systems of Land Mobile Radio Communication*. WKL, Warschau, 1989.
10. KOZŁOWSKI A., NOWICKI K. UND UHL T.: *The Proposal of the Lower Layers ISO/OSI Model Algorithms for the Third Generation Cellular Networks with More Effective Data Flow Control*. in der Vorbereitung zur Veröffentlichung im Jahr 1997.