

Das Siemens C-Netz (Entwicklungsbeginn 1977) hat große Fortschritte in der Entwicklung zellulärer Mobilfunksystemen durch die konsequente Einführung digitaler Techniken gebracht. So wurde die gesamte System-Steuerung und -Verwaltung, der Signalisierungsaustausch mit den mobilen Teilnehmern und die Anbindung des Funknetzes an das Fernsprechnet erstmals mit digitalen Datentechniken und Vermittlungseinrichtungen (Erstanwendung der EWSD) gestaltet.

Ausschließlich die Übertragung des Teilnehmerverkehrs musste aber, entsprechend dem allgemeinen Stand der Vermittlungstechnik der Deutsche Post (analoge Knotenamtstechnik), analog durchgeführt werden. Dadurch entstand das C-Netz als ein hybrides Funknetz mit digitaler Signalisierung und System-Steuerung sowie mit gemischten digital/analogem FDD-Funkkanälen.

Der Großteil der eingeführten System-Eigenschaften wurde vom Nachfolgersystem GSM übernommen das jedoch auch den gesamten Teilnehmerverkehr mit Digitaler Übertragung im FDD/TDMA-Verfahren abwickelt. (Anhang 1)

### 1. Ausblick auf die weltweite Entwicklung des ÖbL vor 1990.

Die entscheidenden Gründe für die weltweite Verbreitung des Mobilfunks, mit derzeit (2012) über  $4 \cdot 10^9$  Teilnehmern allein im GSM, sind die Einführung der automatischen weltweiten Erreichbarkeit der Teilnehmer, unabhängig von deren Aufenthaltsort (Mobility Management = volle Freiheit der Teilnehmerbewegungen durch Leitweglenkung) und die Einführung der Microelectronik, die zu drastischen Reduzierungen von Größe, Gewicht und Stromverbrauch der Teilnehmergeräte führte.

Die Verkleinerung der Teilnehmergeräte erfolgte in mehreren Schritten: Um 1985 war ein militärisches Walkie-Talkie so groß wie ein Kommissbrot und auch so schwer. Noch Anfang der 90iger Jahre hatte ein portables C-Netz Mobilfunkgerät die Größe eines kleinen Koffers. Das erste C-Netz Handy erschien aber bereits 1988.

Ab 1991 gingen die ersten GSM Netze in Betrieb.

In USA wurde aber bereits 1947 von Bell ein Highway Mobile Service und 1956 ein Manual Mobile Service für 450 MHz eingeführt. Bereits 1969 führte Bell den ersten automatischen 450 MHz-Service und 1979 das **AMPS** (Advanced Mobile Phone System) als erstes analoges zelluläres Mobilfunknetz ein. (Quelle: Bell Journal 1979). Die Pionierarbeit zur Miniaturisierung von Handhelds leistete Motorola.

In Deutschland wurde 1958: das A-Netz als erstes deutsches analoges KFZ-Mobilfunknetz, mit Handvermittlung (Fräulein vom Amt) für 5000 Teilnehmer in Betrieb genommen und 1972 das B-Netz als analoges zelluläres KFZ-Mobilfunknetz mit analoger Vermittlungstechnik für max. 25.000 Teilnehmer.

Ein ernstes Handycap für die analogen Funknetze war dass die ortsfesten-deterministischen Nachrichtennetze ausschließlich nur ortsfeste Teilnehmer mit festen Standorten hatten. Somit bestand in den ortsfesten analogen Netzen keine Möglichkeit zur Aktualisierung von Standorten. Deshalb musste der Anrufer für eine Verbindung zu einem Mobiltelefon dessen deterministische Ortsnetzkenzahl des momentanen Aufenthaltsortes kennen. Folglich entstand durch die laufenden Ortsveränderungen der Mobilteilnehmer eine sehr hohe Zahl an Fehlrufen und erfolglosen Kanalbelegungen.

Dadurch wurden die Frequenzökonomie und die Kapazität der Funkssysteme stark reduziert.

Das schnellste Erreichen von Funkteilnehmern mittels „Automatic Mobility Management“, völlig unabhängig von deren jeweiligen Aufenthaltsort, ist ausschließlich nur mit der automatischen Dialogfähigkeit von Teilnehmergeräten und der Vorab-Kennntnis ihres jeweiligen Aufenthaltsortes in dynamischen Dateien möglich. Diese digitale Technik wurde im Siemens C-Netz unter Einsatz von Micro- und Signal-Prozessoren in den Teilnehmergeräten erstmalig realisiert.

# Öbl Öffentlicher beweglicher Landfunk

## Betrachtungen zur Entwicklung des Öffentlichen Mobilfunks vor 1990

---

Auch die Umschaltung von bestehenden Funkverbindungen in andere Funkzellen (Handoff = Handover) wurde ausschließlich mit digitalen Vermittlungs-Einrichtungen erst ab 1978 möglich.

Die erste auf ein Land und analoge Systeme beschränkte Lösung zum landesweiten Erreichen mobiler Teilnehmer wurde von Ericsson im analogen NMT 450 (Nordic Mobile Telephone 450 MHz) ab 1972 entwickelt, das 1981 in Schweden den Betrieb aufnahm:

Die gesuchten Mobilteilnehmer wurden über einen landesweiten Pagingkanal in allen Funkzellen parallel aufgerufen und haben dann rückwärts die Verbindung zum Anrufer aufgebaut.

Weil das NMT –System bei Anrufen an mobile Teilnehmer keine Vorkenntnis des Standorts des gesuchten Teilnehmers hatte, musste das hohe landesweite Rufaufkommen in sämtlichen Funkzellen - mit minimalem Ruf-Wirkungsgrad – ausgesendet werden. Diese Lösung für analoge Systeme mit niedriger Verkehrsdichte ist, wegen Blockierung des Rufkanals, in dicht besiedelten Länder und als weltweite Prozedur nicht geeignet.

### 2. Das Mobility-Management des Siemens C-450 MHz-Netzes

Die Ausschreibung für Konzept-Angebote an die Deutschen Bundespost für das C-Netz erfolgte 1976. Der Abgabetermin für Angebote auf die Ausschreibung war der 15.1.1977.

Die Konzept-Ausschreibung der Bundespost war ausschließlich für ein analoges Mobilfunknetz für den KFZ-Einsatz ausgelegt.

Die flexiblen Digital-Eigenschaften des Siemens Angebotes waren von der Bundespost nicht gefordert.

Von 1977 bis 1979 wurde das Siemens-Konzept unter Einbringung der FTZ Betreiber-Erfahrung optimiert und ein vereinfachtes Versuchsnetz zur Erhärtung des Konzepts gebaut.

Das Siemens Angebot wurde im Herbst 1979 abgegeben und der Zuschlag der Deutschen Bundespost für die Entwicklung der Einrichtungen und den Aufbau des C-Netzes für 100.000 Teilnehmer am 01.04.1980 erteilt.

Das C-Netz wurde gegen Ende 1985 in Betrieb genommen und nach 15-jähriger erfolgreicher Betriebszeit am 31.12.2000 zugunsten des inzwischen international verbreiteten GSM abgeschaltet.

Im Laufe der Betriebszeit wurde das C-Netz in Deutschland auf fast 1 Million Teilnehmer ausgebaut.

#### Die Problematik der Erreichbarkeit mobiler Teilnehmer:

Das automatische „Mobility Management“ (Anrufen des Teilnehmers ohne Kenntnis seines Standortes):

Mobile Funkteilnehmer können in den ortsfesten Vermittlungsnetzen prinzipiell nicht deterministisch zugeordnet werden. Deshalb ist eine eigene Funkdeterministik mit eigenen weltweiten Funknetz-kennzahlen erforderlich (z.B. +49-171-XXXXXXX als individuelle Teilnehmernummer für die Deutsche Telecom).

Durch die Funkdeterministik müssen alle globalen Teilnehmer an beliebigen Standorten weltweit sofort gefunden werden. Dazu ist ein weltweit ausbaubares Mobility Management erforderlich, welches Vorab-Informationen über den Standort der eingeschalteten mobilen Teilnehmer generiert und Blockierungen durch extrem hohe mobile Teilnehmermengen vermeidet, aber trotzdem den sofortigen Zugriff auf den jeweiligen Standort jedes Teilnehmers mit minimalem Datenverkehr ermöglicht.

Die für diese Leitweglenkung erforderliche Vorab-Information aller aktiven Teilnehmer kann ausschließlich nur durch die automatische Dialogfähigkeit der Mobilstationen und die Möglichkeit der netzweiten Aktualisierung der „Heimatdatei“ (HLR = Home Location Register) beim Einschalten und Wechsel der Funkzelle bzw: des Funkvermittlungsbereiches erreicht werden.

Sobald ein Teilnehmer außerhalb des Bereichs seiner Heimatdatei einbucht, wird er in der zur Heimatdatei parallelen „Fremddatei“ (VLR = Visitor Location Register) registriert und aufgrund seiner Identität weltweit an seine Heimatdatei gemeldet. Auch wenn der Mobilteilnehmer seine Anlage ausschaltet wird die Heimatdatei (HLR) aktualisiert. Auf diese Weise werden zwei Effekte erreicht:

Erstens: Die An- oder Abwesenheit wird bereits beim ersten Anruf im ortsfesten Vermittlungsnetz erkannt und für nicht eingeschaltete Teilnehmer findet keine Vergeudung von Funkkapazität statt.

# Öbl Öffentlicher beweglicher Landfunk

## Betrachtungen zur Entwicklung des Öffentlichen Mobilfunks vor 1990

---

Zweitens. Die Information über den Betriebszustand der Teilnehmer bleibt zunächst – solange keine Fernverbindung gefordert ist - auf den Heimat-Vermittlungsbereich des gerufenen Teilnehmers beschränkt. Typischerweise verlassen ca. 80% der Mobilteilnehmer ihren Heimatvermittlungsbereich nicht.

Auf der unteren Systemebene der einzelnen Funkzellen sollten aber nur die tatsächlich in einer Funkzelle operierenden Teilnehmer gerufen werden um auch hier Blockierungen des Rufkanals eines Funkkonzentrators (Blocking of the Control-Channel of a Base Station) grundsätzlich zu vermeiden.

Da die Anruf-Wahrscheinlichkeiten der Teilnehmer bereits in jeder Zelle immer statistisch verteilt sind ergeben sich für die notwendigen Systemauslegungen mit der geforderten niedriger Blockierungswahrscheinlichkeit des Rufkanals ausreichend Freiräume um die in der Zelle befindlichen Teilnehmer in den Leerblöcken laufend auf Anwesenheit zu überprüfen.

Diese Anwesenheitsprüfung ist optimal für KFZ-gebundene Teilnehmergeräte ausgelegt, da diese im Parkzustand ausgeschaltet sind und oft lange ausgeschaltet bleiben. Damit wurde durch das Mobility-Management ein deutlicher Beitrag zur Frequenzökonomie gemacht.

Zum Zweck dieser Aktivitätsprüfung in den Zellen wurden die Rechner der Basisstationen des C-Netzes mit „Aktiv-Dateien“ ausgestattet, die auch den Aktualisierungs-Datenverkehr zum Festnetz minimieren.

Somit ist der Betriebszustand jedes Teilnehmers - landesweit oder weltweit, je nach Verbreitung des Systems - in der Heimatdatei seines Funkvermittlungsbereichs registriert: Im Falle eines ankommenden Rufes an einen der Mobil-Teilnehmer, bei dem aufgrund der Landes- und Betreiberkennung der Rufnummer zunächst immer nur die Heimatdatei abgefragt wird, kann nun der Anrufer automatisch, ohne weiteren Suchverkehr, zur richtigen Funkzelle des gewünschten Teilnehmers im richtigen Funkvermittlungsbereich per Leitweglenkung geschaltet werden. Alternativ, wenn der gewünschte Teilnehmer nicht operiert erhält der Anrufer die Ansage „ Der Teilnehmer ist vorübergehend nicht erreichbar“.

Für den schnellen weltweiten Datenaustausch stehen die globalen Datennetze hoher Kapazität zur Verfügung.

Damit wird mittels des Mobility Management eine deutlich höhere Frequenzökonomie (Spectral Efficiency) erzielt und die blinden Kanalzuteilungen der frühen Analognetze unterbunden.

Durch das Komfortmerkmal „Mobility Management“ konnte der Mobilfunk verbraucherfreundlich und zugleich frequenzökonomisch gestaltet werden. Letzteres bedeutet, dass pro MHz Frequenzband etwa die doppelte Anzahl an Teilnehmern versorgt werden konnte.

Die Nachfolgesysteme des C-Netzes wie das GSM konnten bereits ohne Aktivdatei in den Funkzellen operieren, weil zwischenzeitlich durch die Miniaturisierung der Teilnehmergeräte und deren personeller Zuordnung durch die SIM-Cards (SIM = Subscriber Identification Modul) der Großteil der Teilnehmer ihre hochintegrierten Geräte als „Personal Telephone“ im 24-Stunden-Betrieb benutzen und nicht mehr im KFZ belassen. Die darüber hinaus noch verbleibenden permanenten Aktualisierungen der Dateien in HLR und VLR werden von der Vermittlung zu verkehrsarmen Zeiten vorgenommen.

Die individuelle Teilnehmer Identifizierung wurde bereits im C-Netz in Form einer Magnetkarte eingeführt. Diese Magnetkarte wurde in einen Schlitz des Bediengerätes eingesteckt. Damit war sichergestellt, dass jeder Teilnehmer jedes Mobilgerät auf eigene Rechnung benutzen konnte. Dies hatte einen besonderen Vorteil für Mietwagen und Taxis.

Das Siemens-Konzept für das C-Netz wurde in der militärischen Funkentwicklung unter der Leitung von Karl Kammerlander entwickelt.

Eine Übersicht über die fortschrittlichen Eigenschaften des C-Netzes ist in Anlage 1, einem Original-Auszug aus dem Siemens Angebot an die Deutsche Bundespost, zu finden.

Anlage 1: Zusammenfassung der Systemeigenschaften des C-Netzes.

Karl Kammerlander, e-mail: Karl-kammerlander@t-online.de

Hans Neuendorf-Dürschmidt, e-mail: hans.neuendorf@t-online.de