Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 75 (1997)

Heft: 2

Artikel: Drahtlos und kostengünstig zum Kunden

Autor: Schilling, Martin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876915

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

PLANUNG VON DRAHTLOSEN ANSCHLUSSNETZEN IN DECT-TECHNOLOGIE

DRAHTLOS UND KOSTENGÜNSTIG ZUM KUNDEN

Unter Anschlussnetz versteht man gewöhnlich das letzte Verbindungsstück von der Telefonortszentrale zum Kunden. Seit einiger Zeit konzentriert sich das Interesse von Netzbetreibern und Herstellern auf diesen Themenkreis. Während im Bereich der Telefonzentralen (Switching) und in der Übertragungstechnik grosse Fortschritte in bezug auf Leistungsfähigkeit und Kostenoptimierung gelungen sind, kommen im Anschlussnetz seit Jahrzehnten dieselben konventionellen Kupferkabel zum Einsatz. Installation und Unterhalt dieser Leitungen auf dem «letzten Kilometer» zum Kunden verursachen einen beträchtlichen Anteil der gesamten Netzkosten. Es ist also gar nicht weiter erstaunlich, dass dieses brachliegende Sparpotential durch neue Technologien ausgeschöpft werden soll. Im Vordergrund steht dabei der drahtlose Teilnehmeranschluss mittels Funkverbindung. Dieser Artikel soll die entsprechenden Möglichkeiten aufzeigen und im speziellen die Planung von Systemen basierend auf dem Schnurlosstandard DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) erklären.

Herkömmliche Kupferverkabelungen verursachen dem Netzbetreiber hohe Installations- und Unterhaltskosten. Es ist deshalb naheliegend, das letzte Stück bis zum Kunden

MARTIN SCHILLING, BERN

mit Hilfe einer Funkverbindung zu realisieren. Funkbasierte Anschlussnetze versprechen also kostengünstige Lösungen. Daraus ergeben sich im liberalisierten Telekommunikationsmarkt ab 1998 nicht nur für angestammte Netzbetreiber, sondern auch für neue Mitbewerber mit teilweise vorhandener Netzinfrastruktur (Fernsehkabelnetzbetreiber, Elektrizitätswerke, Eisenbahnen usw.) interessante Perspektiven.

Aber auch für den kostengünstigen und raschen Aufbau von Telefonnetzen in Entwicklungs- und Schwellenländern stellen die *RLL-Systeme* (RLL: Radio Local Loop) eine prüfenswerte Alternative dar.

Während die Vorteile vor allem dem Netzbetreiber direkt dienen, ergeben sich auch für den Kunden interessante Aussichten: nämlich dann, wenn er von einer beschränkten *Mobilität* in der Nachbarschaft als Zusatzdienst profitieren kann. Dies ist mit dem später erklärten *Enhanced-Cordless-Services*-(ECS-)Szenario realisierbar.

Verfügbare Technologien

Die heute verfügbaren Technologien können grob in drei Kategorien eingeteilt werden:

- adaptierte zellulare Systeme
- proprietäre RLL-Produkte
- Systeme, basierend auf einem Schnurlosstandard (DECT, CT2 oder PHS)

Adaptierte zellulare Systeme

Viele der heute verfügbaren Systeme basieren auf den analogen oder digitalen Funkschnittstellenstandards von etablierten zellularen Mobilkommunikationssystemen wie AMPS, TACS,

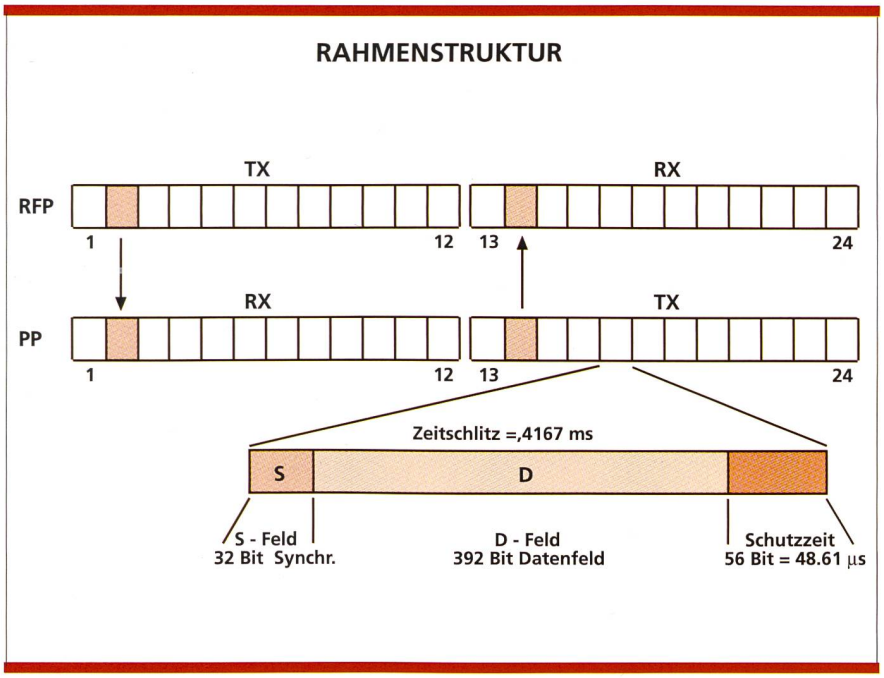


Bild 1. TDMA-Rahmenstruktur.

IS54, NMT oder GSM. Zellulare Mobilkommunikationssysteme wurden für hohe Mobilität (Mobility Management, Handovers) und relativ hohe Fahrgeschwindigkeit der Benutzer konzipiert. Daneben bieten sie aber *nicht* die vom Fixnetz gewohnte hohe Sprachqualität und unterstützen keine Datenraten über 9600 bit/s. Diese Systeme sind jedoch bewährt und bereits verfügbar. Die Anwendung solcher Systeme erscheint gesamthaft betrachtet zum heutigen Zeitpunkt nicht zukunftsträchtig und deshalb in den wenigsten Fällen angezeigt.

Proprietäre RLL-Produkte

Diese Systeme werden gewöhnlich auch als *FWA-Systeme* (FWA: Fixed Wireless Access) bezeichnet. Gemeint sind Produkte, welche speziell für den RLL-Einsatz entwickelt wurden und die entsprechenden Anforderungen inkl. ISDN somit sehr genau erfüllen können. Als Nachteil ist zu werten, dass hier herstellerabhängige Funkschnittstellen in nichtreservierten Frequenzbändern zur Anwendung kommen. Dadurch wird die Verwendung von solchen Systemen in manchen Ländern stark erschwert oder gar verunmöglicht. Ob trotz eingeschränktem Markt und damit geringeren Stückzahlen ein wettbewerbsfähiger Preis resultieren wird, bleibt abzuwarten.

Systeme basierend auf einem Schnurlosstandard (DECT, CT2, PHS)

Diese digitalen Standards wurden für den Einsatz in kleinen Funkzellen mit grossem zu erwartendem Verkehrsaufkommen optimiert. Daneben bieten sie eine sehr gute Sprachqualität, die mit jener im Fixnetz vergleichbar ist. Die Frequenzbänder wurden europaweit zugeteilt (DECT und CT2).

Während CT2 der Makel eines missglückten Telepoint-Versuchs in Grossbritannien anhaftet und die Herstellerunterstützung gering ist, bleibt im Moment die Anwendung des japanischen PHS (Personal Handy System) auf den japanischen Markt beschränkt.

Einzig DECT geniesst, zumindest in Europa, eine breite Unterstützung, vor allem durch zahlreiche europäische Hersteller und einige Netzbetreiber, welche entsprechende Produkte bereits in Pilotversuchen erfolgreich getestet haben. Daneben wird die DECT-Technologie schon in grösseren Stückzahlen für Anwendungen im Bereich der drahtlosen Bürokommunikation eingesetzt, was DECT zunehmend zu einem Produkt für den Massenmarkt machen sollte.

DECT ist somit nicht zuletzt dank den fortschreitenden Standardisierungsarbeiten bei ETSI (European Telecommunications Standards Institute) zur Anpassung an die spezifischen RLL-Gegebenheiten (Normierung eines RLL-Profils, Funkrepeater) ein aussichtsreicher Kandidat für drahtlose Anschlussnetze. Es bietet schon heute eine sehr gute Sprachqualität (32 kbit/s ADPCM). Kommerziell erhältliche Endgeräte, welche transparente ISDN-Dienste unterstützen, werden ab 1998 verfügbar sein.

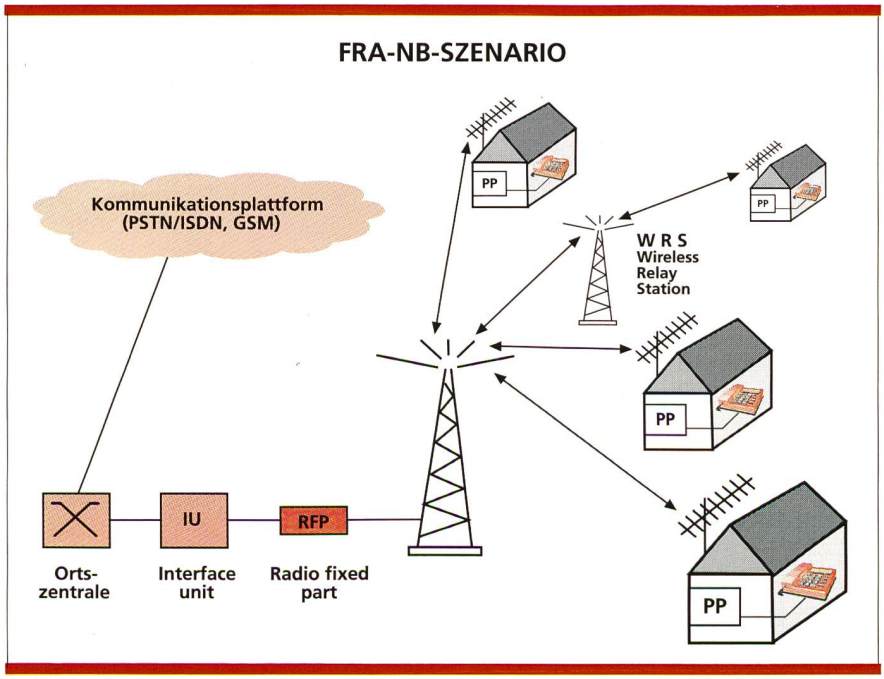


Bild 2. Das FRA-NB-Szenario.

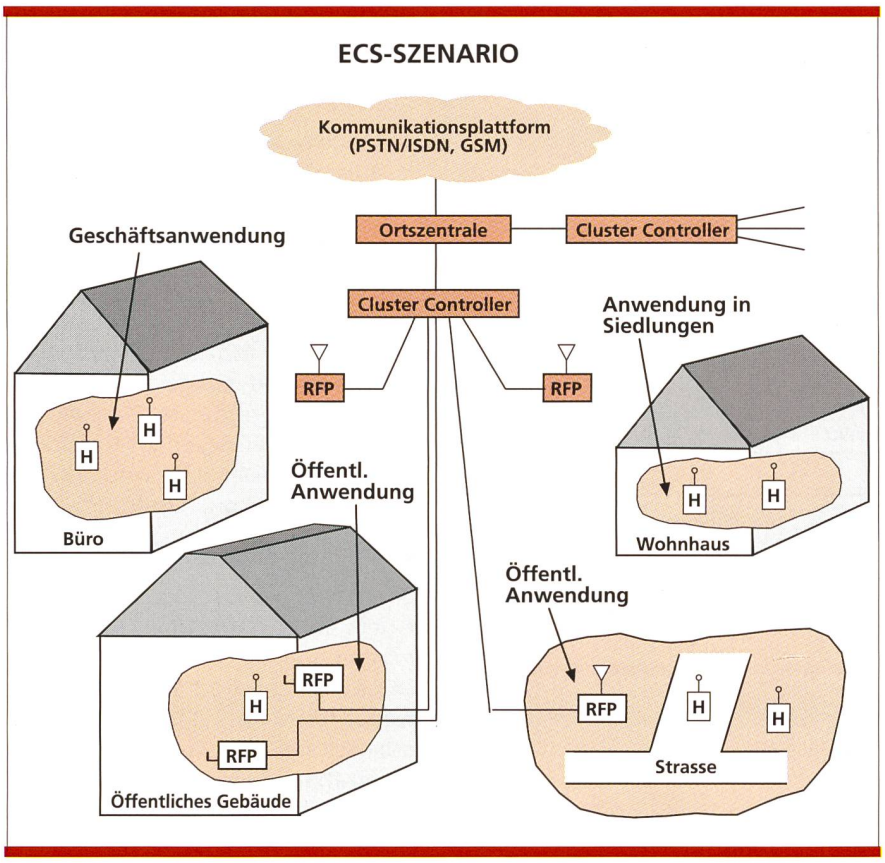
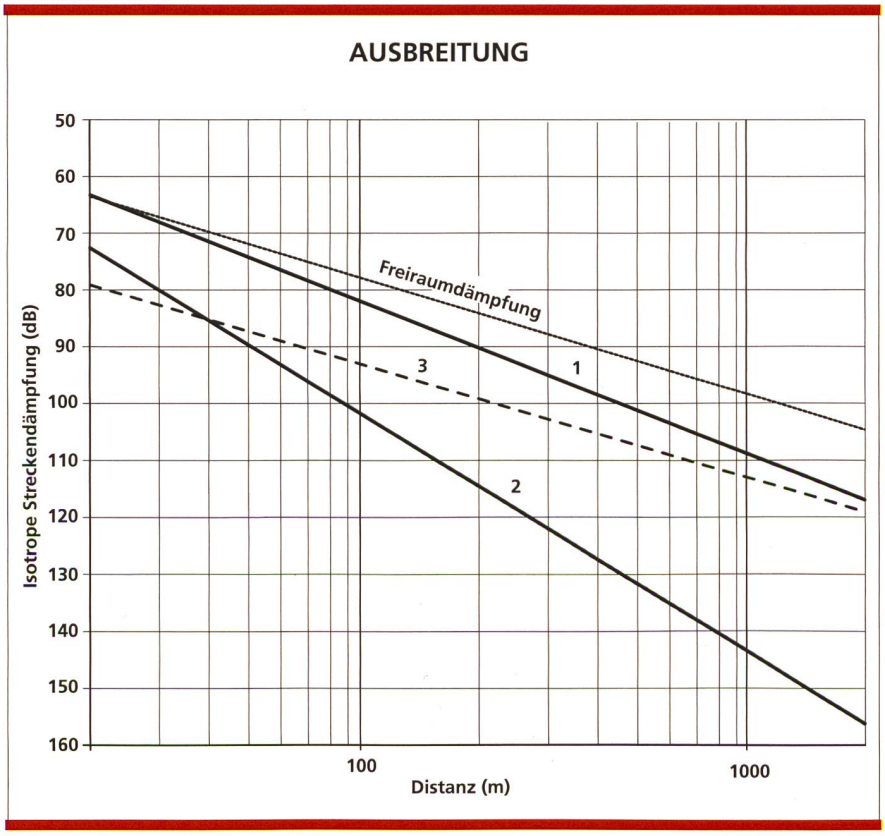


Bild 3. Das ECS-Szenario.

Bild 4. Einfache statistische Ausbreitungsmodelle für FRA-NB und ECS. 1: Strassenschlucht (LOS), 2: städtisch NLOS, 3: quasi offenes Gelände (praktisch LOS).



Der DECT-Standard

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) ist ein sehr universeller, fortschrittlicher Standard für ein *drahtloses Zugriffssystem.* Es wird dank der gegenwärtigen Normierung von sogenannten «Profiles» in der Lage sein, auf unterschiedliche Kommunikationsnetze zuzugreifen. Darunter fallen Mobilkommunikationssysteme nach dem GSM-Standard (Natel D GSM und Natel City mit dem DECT/GSM Interworking Profile), aber auch das öffentliche Telefonnetz (unter anderem mit dem DECT/ISDN Interworking Profile).

Die Funkschnittstelle

DECT wurde für den Einsatz in kleinen Zellen mit extrem hohem Verkehrsaufkommen konzipiert. Dazu weist es ein sehr fortschrittliches Konzept zur Verminderung von Interferenzproblemen auf:
DCA (Dynamic Channel Allocation) sorgt als Frequenzverwaltungssystem für optimale gegenseitige Verträglichkeit von unabhängigen DECT-Systemen (Privatbenutzer, öffentliche Systeme, Geschäftsanwendungen usw.) und ermöglicht extrem hohe Verkehrswerte ohne die bei Zellularsystemen übliche Frequenzplanung. Dabei wird bei Sprachübertragung aus den 120 zur Verfügung stehenden Kanälen kontinuierlich der jeweils am wenigsten gestörte Kanal für die Verbindung ausgesucht. Das bedeutet, dass sich das System fortlaufend der sich ändernden Ausbreitungs- und Interferenzsituation anpasst und damit eine gute Dienstqualität, aber auch eine effiziente Ausnutzung des begrenzten Frequenzspektrums ermöglicht.
Tabelle 1 fasst die wesentlichen Eigenschaften der DECT-Funkschnittstelle zusammen. DECT arbeitet im Frequenzbereich um 1900 MHz. Zusammen mit der Tatsache der relativ geringen Ausgangsleistung von 250 mW (entspricht 24 dBm) ergibt dies eine klare Beschränkung der Funkversorgung auf relativ kleine Funkzellen. Dabei ist die Grösse der Funkzellen sehr stark von der Topographie, der Bebauung und vom Standort der Funkbasisstation abhängig. Die Reichweite ist auf maximal 5000 m limitiert, da sich bei grösseren Entfernungen Überlagerungen der TDMA-Rahmen-

struktur ergeben. Eine derart grosse Reichweite ist nur mit Sichtverbindung und Richtantennen realisierbar. Typische Reichweiten für bereits realisierte Anwendungen liegen indes im Bereich von einigen 10 Metern (ohne Sichtverbindung RFP-PP oder mit voller Indoor-Versorgung) und einigen 100 Metern (mit Sichtverbindung).
Das Zugriffsverfahren ist eine Mischung aus FDMA und TDMA: Das Frequenzband von 20 MHz wird in zehn Träger im Abstand von 1.728 MHz unterteilt (FDMA). Diese wiederum werden in 24 Zeitschlitze unterteilt (TDMA), wovon die ersten zwölf für die Verbindung Radio Fixed Part (RFP) → Portable Part (PP) (RFP sendet, PP empfängt) und die folgenden zwölf für die Rückwärtsrichtung bestimmt sind (Time Division Duplex oder TDD). Die DECT-Rahmenstruktur wird in *Bild 1* erklärt.
Meist werden auf der Seite des RFP (Basisstation) zwei Sende-/Empfangsantennen eingesetzt. Diese Konfiguration wird *räumliche Antennendiversity* genannt und ermöglicht bei genügend distanzierten Antennen den Empfang von zwei unkorrelierten Signalen und damit eine grössere Wahrscheinlichkeit für ein genügendes Empfangssignal. Zahlreiche Versuche haben die Wirksamkeit dieser Einrichtung bewiesen. Obschon Raum-Diversity im DECT-Standard nur eine Option ist, sollte diese immer eingesetzt werden, um eine ausreichende Übertragungsqualität sicherzustellen.

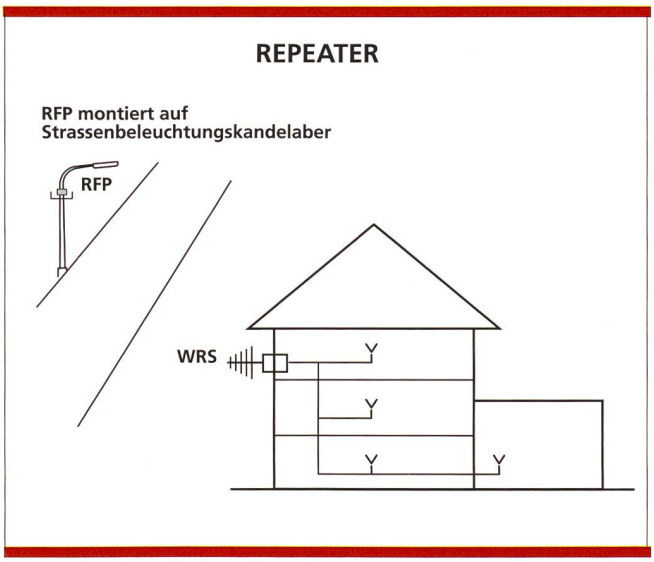


Bild 5. Einsatz eines Repeaters (WRS) für ECS.

Planung von drahtlosen Anschlussnetzen

Die Planung von drahtlosen Anschlussnetzen geht von einem zu versorgenden Gebiet mit einer bestimmten Anzahl zu realisierender Anschlüsse mit definierten Diensten und einer gewissen Dienstqualität aus.
Die Planung hat nun die Aufgabe, anhand dieser Vorgaben in einem iterativen Prozess eine zweckmässige, kostengünstige Lösung zu finden. Dabei sind folgende Aspekte von Belang:
- Szenario und Netzarchitektur
- Funknetzplanung

Szenario und Netzarchitektur

Grundsätzlich unterscheiden wir zwei vollkommen unterschiedliche Szenarien: *Fixed Radio Access-Narrow Band (FRA-NB) und Enhanced Cordless Services (ECS).*
Sie unterscheiden sich prinzipiell durch den Grad an Mobilität, den der Kunde erhält. Während bei FRA-NB allein das Ersetzen des Kupferkabels durch eine Funkverbindung im Vordergrund steht und der Kunde dasselbe Dienstangebot wie mit einem konventionellen Anschluss erhält, bietet ECS einen Zusatzdienst mit dem Angebot einer gewissen Mobilität in der Nachbarschaft. *Bild 2* zeigt eine Netzarchitektur im Fall des FRA-NB-Szenarios, während *Bild 3* das ECS-Szenario verdeutlicht.

FRA-NB

An der Ortszentrale werden über eine «Interface Unit» ein oder mehrere RFP angeschlossen. Jeder Kunde wird mit

Frequenzband	**1880 bis 1900 MHz**
Zugriffsverfahren	**FDMA/TDMA/TDD; 24 Zeitschlitze pro Rahmen**
Modulationsart	**digitale Modulation, GFSK 0.5 (Gaussian Frequency Shift Keying)**
Anzahl Trägerfrequenzen	**10**
Kanalabstand	**1.728 MHz**
Trägerfrequenzen	**fc = fo – n* 1.728 MHz** (fo = 1897.344 MHz, n = 0, 1, ...9)
Rahmenlänge/Burstlänge	**10 ms/0.4167 ms**
Sendeleistung (PP und RFP), Spitzenwert	**250 mW = 24 dBm**
Empfängerempfindlichkeit (GAP)*	**– 86 dBm**
Robustheit gegenüber Mehrwegausbreitung	**Es ist kein Equalizer vorgesehen. Maximaler RMS Delay Spread: 80 ns/220 ns (mit/ohne Diversity)**
Bitrate; Bitdauer	**1152 kBit/s; 0.868 µs**
Sprachcodierung	**32 kBit/s ADPCM**
Maximale Reichweite	**5000 m**
DCA (Dynamic Channel Allocation)	**Funkkanal-Management-System**
Antennendiversity	**Raumdiversity, unbedingt empfohlen**

* Die Empfängerempfindlichkeit ist für eine Bit-Error-Rate (BER) von 10^{-3} im D-Feld (data field) definiert.

Tabelle 1. Eckdaten der DECT-Funkschnittstelle.

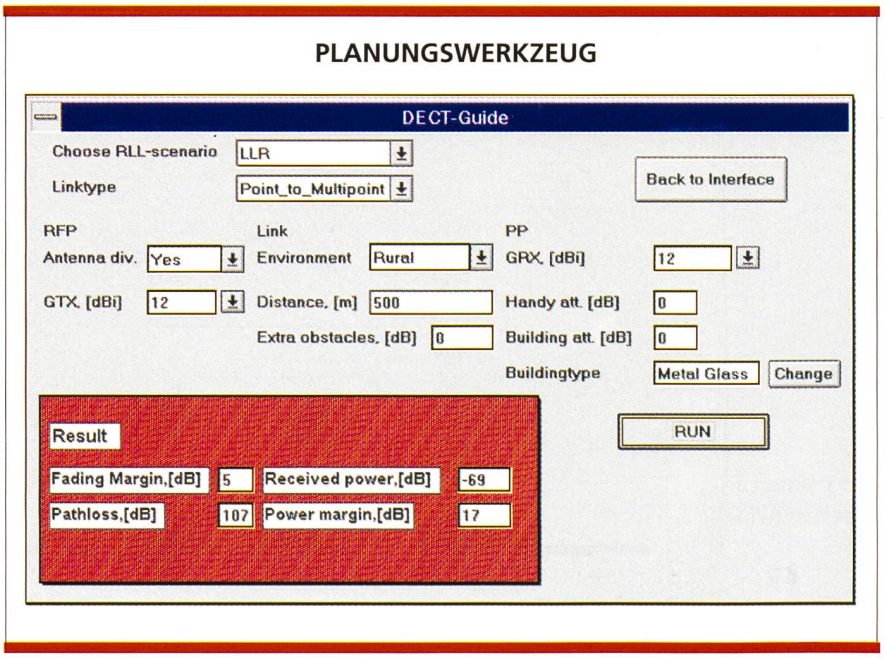


Bild 6. MS-EXCEL-basiertes Planungswerkzeug (vor allem für FRA-NB).

einem festinstallierten drahtlosen Adapter einschliesslich Antenne ausgerüstet. Dieser stellt für den Kunden den gewohnten Anschluss ans öffentliche Telefonnetz dar.
Das Funknetz zwischen RFP und den verschiedenen fest montierten PPs (auch Remote Terminals genannt) wird meist als Punkt-zu-Punkt- oder Punkt-zu-Multipunkt-System aufgebaut. Dabei geht die Planung in der Regel von einer Sichtverbindung zwischen der RFP-Antenne und den Kundenantennen aus. Wenn immer möglich, werden Richtantennen eingesetzt, um die Funkstreckendämpfung zu vermindern und die ungünstigen Effekte der Mehrwegausbreitung (Fading und Intersymbol-Interferenz ISI) zu verringern.
Abgesetzte Wohngebiete ohne Sichtverbindung zur RFP-Antenne können mit einem Funkrepeater (WRS: Wireless Relay Station) bedient werden. WRS sind zurzeit noch nicht fertig spezifiziert und deshalb noch nicht kommerziell erhältlich. Sie bilden jedoch eine wichtige Voraussetzung für den kostengünstigen Aufbau von FRA-NB-Netzwerken.

ECS

ECS bietet eine begrenzte *Mobilität* als Zusatzdienst an. Zu diesem Zweck werden die Kunden grundsätzlich mit Mobilstationen (Handies) ausgerüstet. Für den Anschluss von Faxgeräten oder zur Datenübertragung sind spezielle Adapter vorgesehen. Innerhalb von gewissen Zonen – auch Versorgungsinseln genannt – können sich die Kunden frei bewegen, wobei das Gespräch durch den Cluster Controller über die jeweils günstigste RFP abgewickelt wird. Die Gesprächsübergabe erfolgt dabei für den Kunden nicht wahrnehmbar (Seamless Handover). Es ist somit denkbar, dass das gleiche Endgerät im Geschäftsbereich, in öffentlichen Zonen und zu Hause verwendet werden kann. Zur Verwirklichung solcher Anwendungen ist CTM (Cordless Terminal Mobility) das notwendige Instrument. Es handelt sich dabei um ein übergeordnetes Mobilitätsverwaltungssystem, welches mehrere «Versorgungsinseln» bedienen kann. CTM-Funktionalitäten können in Zukunft wahrscheinlich sowohl vom Festnetz (Projekt ETSI CTM Projekt, IN) als auch durch das GSM-System (DECT/GSM Interworking) angeboten werden.
Probleme treten bei ECS im Zusammenhang mit der Versorgung von ganzen Gebieten auf: Die Mobilität verlangt nach einer vollständigen, flächendeckenden Funkversorgung innerhalb des Versorgungsgebiets. Häufig ist dabei auch das Innere von Gebäuden zu versorgen. Um diesen hohen Ansprüchen gerecht zu werden, müssen mit dem für Kleinzellen optimierten DECT-System zahlreiche Funkbasisstationen (RFP) errichtet werden.
Wirtschaftliche Lösungen sind somit nicht ohne weiteres realisierbar. Vielmehr müssen Alternativen zu herkömmlichen RFP wie Funkrepeater (WRS) und beim Teilnehmer installierte, vereinfachte Basisstationen (Home Base Station) geprüft werden. Diese Elemente versprechen Kostensenkungen, sind jedoch zurzeit noch nicht verfügbar und meistens herstellerabhängig.

Geforderte Dienste und Dienstqualität

Der Kunde interessiert sich in der Regel nicht für die im Anschlussnetz verwendete Technologie. Sein Interesse gilt allein den Diensten und deren Verfügbarkeit.
Es gilt deshalb als primäre Forderung, dass über drahtlose Anschlüsse dieselben Dienste in gleicher Qualität wie über konventionelle Leitungen angeboten werden können müssen!
Dies ist eine Anforderung, die zurzeit nur wenige Technologien vollumfänglich erfüllen. DECT gehört hier zu den Systemen, die diesen Ansprüchen nahekommen: Alle Anforderungen werden erfüllt sein, sobald die DECT/ISDN-Interworking-Spezifikation abgeschlossen ist, welche transparente ISDN-Dienste erlaubt. Die Fertigstellung der Spezifikation wird im Verlauf von 1997 erwartet.
Zur Sicherstellung der Dienstqualität werden von einem drahtlosen Zugriffssystem auch O&M-Funktionen (Operations & Maintenance) erwartet, welche Unterhalt, Wartung und Fehleralarmierung beinhalten. Hier ist die Integration der angebotenen O&M-Systeme in bereits bestehende, übergeordnete Netzmanagementsysteme sicherlich das zentrale Thema.

Funknetzplanung

Die Funknetzplanung sucht im Rahmen der Planungsvorgaben Antworten auf die Fragen:
- Wie viele Basisstationen (RFP, evtl. WRS) sind notwendig, um die Anforderungen an die Qualität der Versorgung (QoS) und die Verkehrskapazität zu erfüllen?
- Wie sind die RFP zu plazieren und auszurüsten (Antennensystem)?
- Welche Zuleitungen zu den einzel-

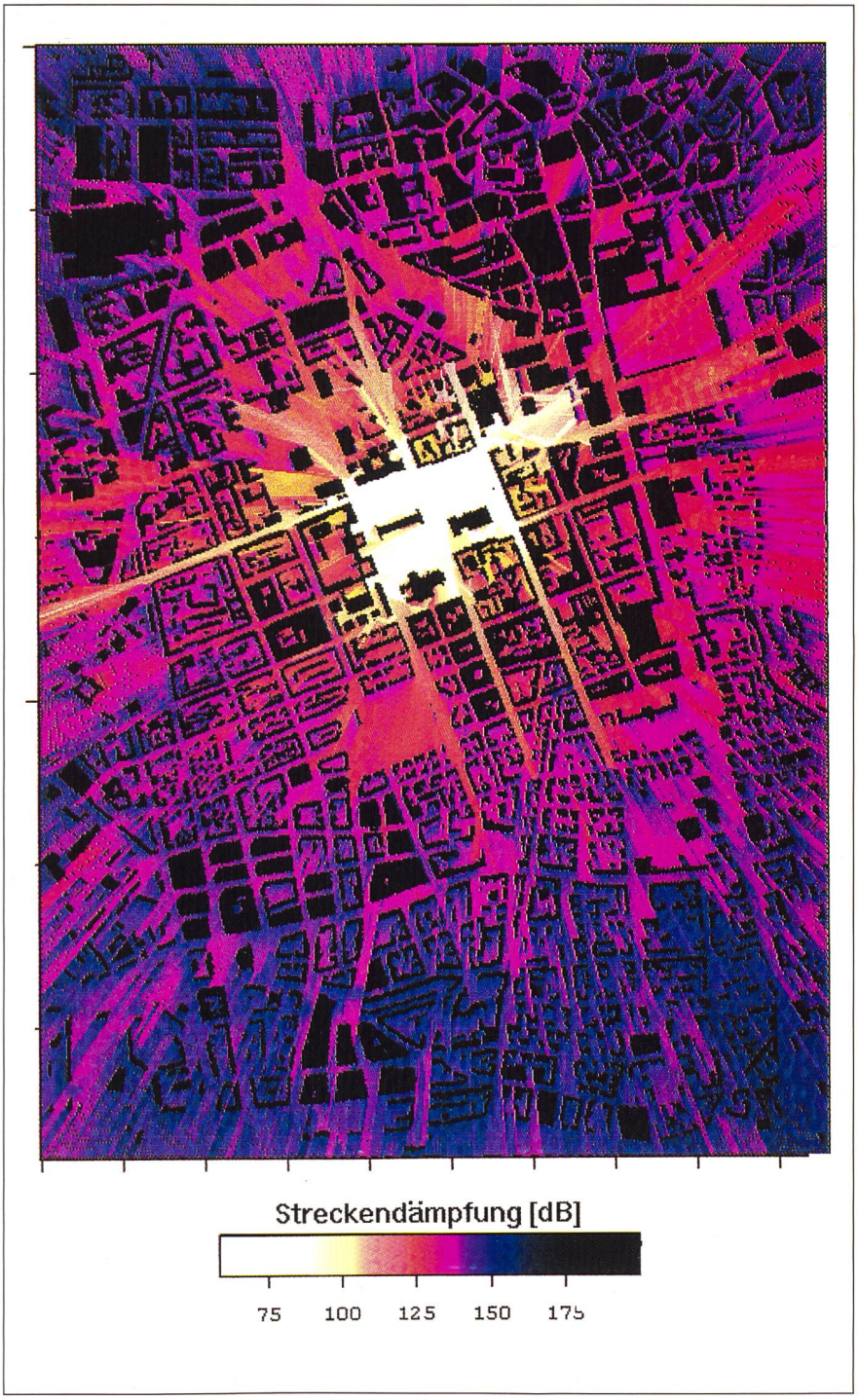


Bild 7. MicroChamp-3D-Feldstärkevorhersage in einer Stadt.

nen RFP sind notwendig, und wo können diese am einfachsten verfügbar gemacht werden?
- Welche Installationen beim Kunden sind erforderlich?

Planung der Funkversorgung

DECT ist ein Schnurlosstandard und damit für hohe Verkehrskapazität und kleine Zellengrösse ausgelegt. Einerseits existiert die Limitierung der Funkstreckenlänge auf rund 5000 m durch die maximal zulässige Ausbreitungsverzögerung von 16,8 µs. Diese Beschränkung liegt in der Rahmenstruktur der DECT-Funkschnittstelle begründet und stellt in den seltensten Fällen ein Problem dar, da «typische» Funkzellen eine Grösse von schätzungsweise 100 m haben. Daneben lassen sich jedoch bei günstigen Ausbreitungsverhältnissen und geeigneter Wahl der Antennenkonfiguration mit dem FRA-NB-Szenario relativ grosse Versorgungsgebiete erschliessen.

Tabelle 2 zeigt ein *Leistungsbudget* für *ECS:* Sendeleistung und Empfängerempfindlichkeit können als konstant gelten, die übrigen Grössen werden durch die Planung beeinflusst.

Die Verluste im Zuleitungskabel zu den RFP-Sendeantennen sollten 3 dB nicht übersteigen. Ein typischer Antennengewinn für RFP-Antennen liegt bei 12 dBi. Der Antennengewinn des PP (Portable Part, Handy) wird als 0 dBi angenommen. Räumliche Antennen-Diversity bringt je nach Ausbreitungssituation einen Gewinn zwischen 2 und 10 dB. Im Mittel kann sicherlich mit 5 dB gerechnet werden. Eine grosse Bandbreite weist die totale Verlustmarge auf. Sie enthält Reserven für Fading (Rayleigh-Fading und Lognormal-Fading), für Verluste bei der Verwendung von Handy-Antennen (Handy-Verluste, Körperverlust durch Leistungsabsorption im Kopf des Benutzers). Betrachtet man alle erwähnten Effekte, beträgt die Verlustmarge 22 dB. Schliesst man die vollständige Innenversorgung von Gebäuden mit aussenliegenden Basisstationen ein, muss die Gebäudedämpfung mitberücksichtigt werden (5 bis 40 dB).

Der erzielbare Versorgungsbereich kann danach mit den Ausbreitungsmodellen in *Bild 4* abgeschätzt werden (Modelle Freiraumdämpfung, 1 und 2). Wenn für die reine Aussenversorgung (102 dB maximale Streckendämpfung) mit Sichtverbindung Bereiche von bis zu 600 m realistisch sind, beträgt die Reichweite bei Versorgung eines stark dämpfenden Hauses weniger als 30 m!

Für die Planung der Funkversorgung von Gebäudeinnern mit Aussenantennen bildet demnach die Abschätzung der Gebäudedämpfung eine wichtige Voraussetzung. Die bereits gemachten Erfahrungen erlauben es, anhand der verwendeten Baumaterialien die Eindringungsdämpfung von Gebäuden mit einiger Genauigkeit vorherzusagen.

Falls eine vollständige Innenversorgung von grossen Gebäudekomplexen zu realisieren ist oder wenn für Geschäftsanwendungen hohe Verkehrskapazitäten gefordert werden, so ist die Innenversorgung mit im Gebäudeinnern montierten Basisstationen vorzuziehen. Typischerweise sind dabei

Glossar

BER	Bit Error Rate; Bitfehlerrate
CTM	Cordless Terminal Mobility; Konzept, das zum Ziel hat, die Mobilität in grösseren geographischen Gebieten sicherzustellen
dBd	Antennengewinn in Dezibel relativ zu einem Halbwellendipol
dBi	Antennengewinn in Dezibel relativ zu einem isotropen Strahler
dBm	Dezibel relativ zu 1 Milliwatt
DCA	Dynamic Channel Allocation; Funkkanalmanagementverfahren
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DEMSY	DECT-Messsystem (Eigenentwicklung Telecom PTT/FE 421)
ECS	Enhanced Cordless Services. Szenario, welches beschränkte Mobilität in der Nachbarschaft bietet
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDMA	Frequency Division Multiple Access. Frequenz-Multiplex-Verfahren
FRA-ND	Fixed Radio Access-Narrow Band (früher LLR, Local Loop Replacement). Szenario, welches auf den Ersatz von Kupferleitungen durch eine Funkverbindung abzielt
FWA	Fixed Wireless Access; proprietäre Funksysteme für den Einsatz im Anschlussnetz zur Realisierung von Punkt-zu-Multipunkt-Verbindungen
GAP	Generic Access Profile; Spezifikation, welche die InterOperabilität zwischen Endgeräten verschiedener Hersteller sicherstellt, vor allem für öffentliche Sprachdienste
ISDN	Integrated Services Digital Network; dienstintegriertes digitales Netz, SwissNet (CH)
LLR	Local Loop Replacement. Andere Bezeichnung für FRA-NB
LOS	Line-of-sight; Sichtverbindung
NHT	Neighbourhood Telephony. Andere Bezeichnung für ECS
NLOS	Non-line-of-sight; keine Sichtverbindung
MicroChamp	Funkwellen-Ausbreitungsprognosesoftware (Eigenentwicklung Telecom PTT/FE 421)
PABX, PBX	Private Automatic Branch Exchange, Private Branch Exchange; Haustelefonzentrale oder Teilnehmervermittlungsanlage (TVA)
PP	Portable Part; bezeichnet das Endgerät beim Kunden. Es kann sich hier sowohl um eine Mobilstation (Handy) als auch um eine festinstallierte Einheit handeln
PSTN	Public Switched Telephone Network; öffentliches Fernsprechnetz
RCS1900	Real-Time Channel Sounder 1900 MHz (Eigenentwicklung Telecom PTT/FE 42)
RFP	Radio Fixed Part; Basisstation, welche die Funkverbindung zum Kundenendgerät sicherstellt
RITL, RLL	Radio in the Loop, Radio in the Local Loop; drahtloses Anschlussnetz
Rx	Receiver; Empfänger
TDD	Time Division Duplex; die zwei Übertragungsrichtungen werden in der Zeitachse getrennt
TDMA	Time Division Multiple Access; Zeit-Multiplex-Verfahren
Tx	Transmitter; Sender
WLL	Wireless Local Loop; drahtloses Anschlussnetz
WPBX	Wireless Private Branch Exchange; Funkvermittler
WRS	Wireless Relay Station; Funkrepeater

Reichweiten innerhalb von Gebäuden von rund 30 bis 50 m erzielbar, wobei in seltenen Fällen das unten- und das obenliegende Stockwerk mit versorgt werden können. Natürlich beeinflusst der innere Aufbau eines Gebäudes (Mauern, Trennwände, metallische Verkleidungen, Armierung) in grossem Masse die Funkwellenausbreitung und damit den erzielbaren Versorgungsbereich mit jeweils einer Basisstation.

Der Einsatz von Funkrepeater (WRS) verspricht ökonomische Lösungen. WRS könnten helfen, die Dämpfung von Gebäudewänden zu überbrücken. *Bild 5* erklärt eine mögliche Strategie. Die Verfügbarkeit von DECT-Repeater ist von der endgültigen Normierung abhängig. Diese steht jedoch in der Endphase, so dass Produkte im zweiten Semester 1996 erwartet werden dürfen.

Tabelle 3 zeigt ein *Leistungsbudget für FRA-NB*. Grundsätzlich wird von einer Sichtverbindung (LOS) zwischen RFP und Kundenstandort ausgegangen. Sendeleistung und Empfängerempfindlichkeit sind konstant, die übrigen Parameter werden durch die Planung beeinflusst. Die Kabelverluste sollten als Richtwert 3 dB beim RFP und 2 dB bei der festinstallierten Kundenstation (PP) nicht übersteigen. Im FRA-NB-Szenario können grosse Streckendämpfungen und andere Verluste durch die Verwendung von Antennen mit starker Richtwirkung (hoher Antennengewinn) beim Kunden kompensiert werden. Es darf jedoch hier nicht verschwiegen werden, dass hoher Antennengewinn mit zunehmenden Antennendimensionen einhergeht. Die Ästhetik muss unbedingt mitberücksichtigt werden, damit spätere Akzeptanzprobleme zum vornherein vermieden werden können.

Weil sowohl RFP als auch PP fest installiert sind und meist Antennen mit schmalen Antennendiagrammen zur Anwendung kommen, wird die Mehrwegeausbreitung stark eingeschränkt, was sich in weniger starken Signaleinbrüchen (Fading) bemerkbar macht. Dementsprechend gering ist die Verlustmarge, welche einberechnet werden muss.

Die erzielbaren Verbindungslängen unter den gemachten Annahmen können mit den Ausbreitungsmodellen Freiraumdämpfung und 3 in Bild 4 abgeschätzt werden. Diese betragen zwischen 350 und 5000 m (DECT-Frame-Limitierung).

Nutzbare Streckendämpfung $L = P_{tx} - P_{rx} - L_c + G_{RFP} + G_{PP} + G_{Div} - M_{Tot}$

Komponente	Wert	Leistungsbudget
Sendeleistung P_{tx}	= 24 dBm	
Empfängerempfindlichkeit P_{rx}	= – 86 dBm (GAP)	$P_{tx} - P_{rx}$ = 110 dB
Kabelverluste	= 3 dB	$- L_c$ = 107 dB
RFP Antennengewinn G_{RFP}	= 12 dBi	$+ G_{RFP}$ = 119 dB
PP Antennengewinn G_{PP}	= 0 dBi	$+ G_{PP}$ = 119 dB
Diversity-Gewinn G_{Div}	= 5 dB (falls eingesetzt)	$+ G_{Div}$ = 124 dB
Totale Verlustmarge M_{Tot}	= 22...60 dB	$- M_{Tot}$ = 64...102 dB
Nutzbare Streckendämpfung	= 64...102 dB (mit Diversity) = 59...97 dB (ohne Diversity)	
Erzielbare Verbindungslängen (Modelle Freiraumdämpfung 1 und 2 gemäss Bild 4)	**< 30 m...600 m**	

Tabelle 2. Leistungsbudget für ECS.

Nutzbare Streckendämpfung $L = P_{tx} - P_{rx} - L_c + G_{RFP} + G_{PP} + G_{Div} - M_{Tot}$

Komponente	Wert	Leistungsbudget
Sendeleistung P_{tx}	= 24 dBm	
Empfängerempfindlichkeit P_{rx}	= – 86 dBm (GAP)	$P_{tx} - P_{rx}$ = 110 dB
Kabelverluste	= 3 dB + 2 dB = 5 dB	$- L_c$ = 105 dB
RFP Antennengewinn G_{RFP}	= 12 dBi	$+ G_{RFP}$ = 117 dB
PP Antennengewinn G_{PP}	= 12 dBi	$+ G_{PP}$ = 129 dB
Diversity-Gewinn G_{Div}	= 5 dB (falls eingesetzt)	$+ G_{Div}$ = 134 dB
Totale Verlustmarge M_{Tot}	= 14...25 dB	$- M_{Tot}$ = 109...120 dB
Nutzbare Streckendämpfung	= 109...120 dB (mit Div.) = 104...115 dB (ohne Div.)	
Erzielbare Verbindungslängen (Modelle Freiraumdämpfung und 3 gemäss Bild 4)	**350...5000 m**	

Tabelle 3. Leistungsbudget für FRA-NB.

Funknetz-Planungswerkzeuge

Zur Planung stehen heute verschiedene von Telecom PTT FE 42 entwickelte Werkzeuge zur Verfügung: Während die Leistungsbudgets im Fall von FRA-NB-Links mit einem EXCEL-basierten Programm berechnet werden (*Bild 6* zeigt einen Programmausschnitt), kann für die ECS-Planung das für die Mikrozellenausbreitung spezialisierte MicroChamp (eine Entwicklung von FE 421 in Zusammenarbeit mit der EPFL) angewandt werden. *MicroChamp* berücksichtigt in seiner neuesten Version Topografie, Gebäudeumrisse und Gebäudehöhe. Die Wellenausbreitung innerhalb eines Stadtgebiets wird anhand von Reflexion und Diffraktion berechnet, wobei auch die Ausbreitung über die Dächer mitberücksichtigt wird. Der Planer ist mit MicroChamp in der Lage, erste Ideen zur Plazierung der Basisstation zu entwickeln. *Bild 7* zeigt eine Feldstärkevorhersage für eine einzelne Basisstation in einer Stadt.

Planung der Verkehrskapazität

DECT bietet sehr hohe Verkehrskapazitäten bis zu 10 000 Erlang pro Quadratkilometer und Stockwerk. Ein einzelner Standard-RFP unterstützt in der Regel zwölf gleichzeitige Verbindungen. *Tabelle 4* zeigt die maximalen Verkehrswerte, falls eine Blockierungswahrscheinlichkeit von 1 % in Kauf genommen wird.
Für Heimanschlüsse wird in der Hauptverkehrsstunde zwischen 30 und 60 Milli-Erlang Verkehr erwartet, während für Geschäftsanwendungen mit rund 200 Milli-Erlang gerechnet werden muss. Das systeminhärente Frequenzmanagement (DCA) sorgt für optimale Ausnutzung des Funkspektrums bei minimaler gegenseitiger Interferenz durch unkoordinierte DECT-Anwendungen (öffentliche Systeme, Geschäftsanwendungen und Privatgebrauch).
Damit besteht eine hohe Gewähr für interferenzfreien Betrieb selbst bei starkem Verkehrsaufkommen. Die realisierbaren Anschlüsse mit jeweils 1 RFP aus Tabelle 4 zeigen deutlich, dass die Kapazität des DECT-Systems den Anforderungen im drahtlosen Anschlussnetz jederzeit gewachsen ist.
Es bleibt natürlich sicherzustellen, dass das Netzwerk hinter dem RFP (Cluster Controller und dessen Zuleitung) die erforderliche Kapazität ebenfalls zur Verfügung stellen kann.

Anzahl gleichzeitige Verbindungen	Verkehrswert für 1% Blocking (Erlang)	Anzahl Heimanschlüsse bei **60 m Erlang/Anschluss**	Anzahl Anschlüsse für Geschäftsanwendungen bei **200 m Erlang/Anschluss**
8	3.13	52	15
9	3.78	63	18
10	4.46	74	22
11	5.16	86	25
12	5.88	98	29

Tabelle 4. Kapazitätsbetrachtung pro RFP.

Bild 8. DEMSY-Site-Survey-Testgerät.

Verifikation der Funkversorgung

Die Planung der Funkversorgung «vom Schreibtisch aus» ist leider noch nicht Realität. Vor allem für die Versorgung im Gebäudeinnern ist es deshalb nach wie vor notwendig, ergänzende Messungen durchzuführen, um den Grad der Funkversorgung zu überprüfen. Für diese sogenannten *Site Surveys* kommen spezielle DECT-Testgeräte zur Anwendung. Wenige Hersteller bieten derzeit solche Ausrüstungen an. Sie sind häufig als Go/NoGo-Testgeräte und nicht wirklich als Messgeräte ausgebildet.
Dies veranlasste FE 421, auf der Basis des Siemens-Gigaset-Systems ein DECT-Messgerät aufzubauen. Es trägt den Namen *DEMSY* (DECT-Messsystem). Bei der Entwicklung wurde den folgenden Punkten besondere Aufmerksamkeit geschenkt:
- gute Messgenauigkeit (± 1 dB)
- Praxistauglichkeit (tragbar, robust, autonom, flexibel einsetzbar)
- Anschluss an PC für Auswertungen

Bild 8 zeigt Basisstation (hier mit den Dipolantennen auf dem Gehäuse montiert) und mobiles Messgerät, bestehend aus Handy und Anzeigegerät. Auf dem Bild nicht dargestellt ist der Notebook-PC, der mit der Zusatzsoftware das Abspeichern von Messreihen oder das Berechnen von statistischen Parametern erlaubt. DEMSY lässt sich dank dem modularen Aufbau sowohl für das FRA-NB- als auch das ECS-Szenario einsetzen. Zu diesem Zweck kann eine Vielzahl von Antennen verwendet werden. Das Messgerät wurde bereits erfolgreich für die Funknetzplanung eingesetzt.
Als wissenschaftliches Instrument steht ebenfalls ein Funkkanalmessgerät zur Verfügung. Dieses trägt die Bezeichnung *RCS1900* (Real Time Channel Sounder 1900 MHz) und erlaubt, die Stossantwort des Funkkanals zu messen. Die Stossantwort gibt Auskunft über die durch Mehrwegausbreitung verursachten Laufzeitverzerrungen (Zeitdispersion) und erlaubt daher, in kritischen Fällen Massnahmen zur Eindämmung von derartigen Problemen zu ergreifen. Da DECT keinen Equalizer zur Bekämpfung von Zeitdispersionsproblemen enthält, ist bei der Planung diesem Aspekt Rechnung zu tragen. *Bild 9* erklärt ein solches Beispiel: Es zeigt zwei Stossantwortserien, welche in einer sogenannten 3D-Darstellung präsentiert werden. Die x-Achse gibt die Echoverzögerung in Mikrosekunden wieder, die y-Achse repräsentiert die empfangene Leistung in dBm, und in der z-Achse ist die absolute Zeit dargestellt. Während der linke Teil der Figur eine Stossantwort mit zahlreichen Reflexionen zeigt, ist im rechten Teil

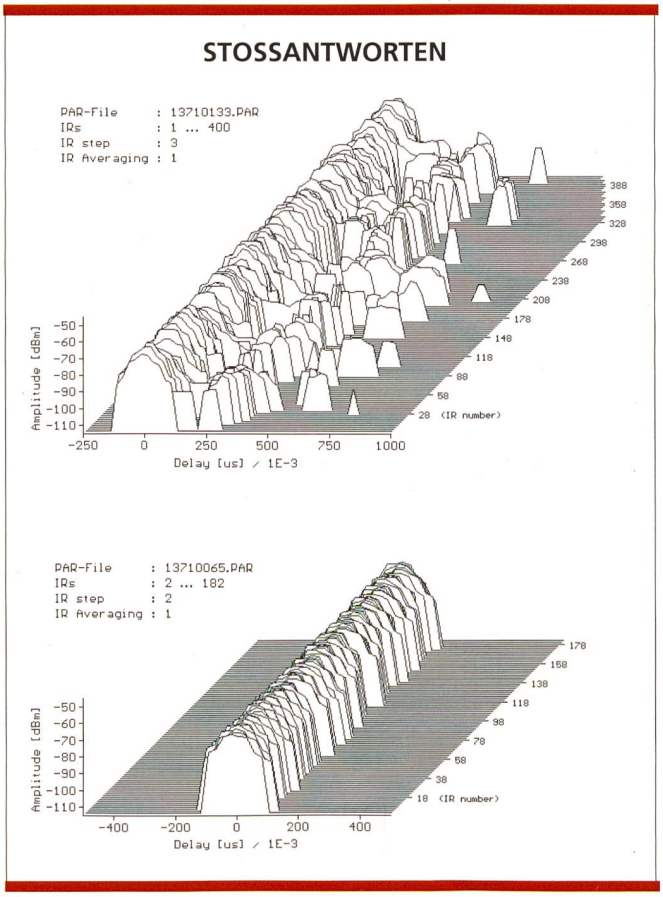


Bild 9. 3D-Darstellung von Stossantworten.

praktisch nur ein Ausbreitungspfad zu sehen. Die schädlichen Reflexionen konnten mit Hilfe einer stärker gerichteten Antenne «ausgeblendet» werden.

Bereits realisierte Pilotprojekte

Innerhalb Telecom PTT sind unter der Federführung von RC31 bis jetzt zwei Pilotprojekte zum Thema «drahtloses Anschlussnetz mit DECT» verwirklicht worden. Das eine befasst sich mit der Erschliessung von abgelegenen Wohngebieten mittels DECT-Funkverbindungen nach dem FRA-NB-Szenario. Im zweiten Fall wird ECS anhand eines befristeten Betriebs in Sursee erprobt. Dem Aspekt der Mobilität wird dabei mit rund 50 Basisstationen Rechnung getragen. Diese versorgen sowohl öffentliche Bereiche, ein grosses Einkaufszentrum als auch den Heimbereich in einem ausgesuchten Quartier. Sowohl das FRA-NB- als auch das ECS-Szenario wird im Hinblick auf eine spätere Einführung geprüft. Dabei steht neben der technischen Realisation und den Kostenbetrachtungen vor allem die Reaktion der Kunden im Vordergrund. 9.3

Martin Schilling absolvierte die Berufslehre als FEAM bei der Hasler AG in Bern. Nach dem Abschluss seines Studiums in Nachrichtentechnik an der Ingenieurschule Burgdorf trat er 1988 in die Direktion Forschung und Entwicklung, Sektion Mobilkommunikation, der Generaldirektion PTT ein. Dort beschäftigte er sich vor allem mit der Entwicklung von Funkkanalmessgeräten (Channel Sounder) für die Belange der Funknetzplanung NATEL D GSM. Heute steht die Entwicklung von Software-Planungshilfen für Mikrozellen sowie das Erarbeiten von Funknetz-Planungsgrundlagen sowohl im Dienste der Mobilkommunikation als auch für RLL-Anwendungen im Vordergrund seiner Tätigkeit. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden Planungsgrundlagen für RLL-Anwendungen erstellt. Martin Schilling war verantwortlich für die Funknetzplanung beim DECT/ECS-Pilotversuch in Sursee.

SUMMARY

Planning of wireless local networks in DECT technology

The term local network refers to the last connecting link from the local exchange to the subscriber. For some time the interest of the network operators and equipment manufacturers has concentrated on this topic. Whereas in the telephone exchanges (switching) and in the transmission technology significant advancements with respect to performance and cost optimization have been achieved, the same conventional copper cables have been used in the local network for many decades.

The installation of these lines on the 'last kilometre' to the subscriber accounts for a significant portion of the total network costs. For this reason it is not surprising that this untapped savings potential will be exploited by new technologies. The focal point is on wireless subscriber connections by means of radio links. Terms such as Radio in the Local Loop (RLL), Radio in the Loop (RITL) or Wireless Local Loop (WLL) are frequently used.

This report discusses the possible solutions and explains the planning of systems based on the DECT standard (Digital Enhanced Cordless Telecommunications).