Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 99 (2008)
Heft: 15

Artikel: LTE, der nächste Mobilfunkstandard : Teil 1 : Übersicht
Autor: Tanner, Rudolf / Hofstetter, Rolf
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855869

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: 01.07.2025

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

LTE, der nächste Mobilfunkstandard

Teil 1: Übersicht

Geschäftsleute rufen ihre Mails auf dem Handy ab, Jugendliche schicken sich gegenseitig Filme und Musik, und wer mit dem Laptop im Zug sitzt, will von dort aus ins Internet. Die gewünschten Datenraten steigen dabei stetig an – die bestehenden Mobilfunkstandards wie UMTS reichen zukünftig nicht mehr. Hersteller und Mobilfunkbetreiber arbeiten deshalb am nächsten Standard mit dem Kürzel LTE, was für Long Term Evolution steht.

Heute verwendete Mobilfunksysteme haben mehr als 2 Milliarden Teilnehmer. Damit sie auch zukünftigen Bedürfnissen gerecht werden, müssen sie weiterentwickelt werden. Das Konsortium 3GPP[1)] hat zum Ziel, für die nächste Generation der Mobilfunksysteme die Anforderungen an

Rudolf Tanner, Rolf Hofstetter

die Datenraten, die Kapazität, die Spektrumseffizienz und die Übertragungszeiten zu definieren. Zudem werden in den Arbeiten kommerzielle Themen wie die Kosten für die Installation und den Betrieb berücksichtigt.

Long Term Evolution (LTE) beinhaltet einen weiterentwickelten funkbasierenden Zugang, die Luftschnittstelle, während sich die System Architecture Evolution (SAE) mit einem Core-Netzwerk für den Paketzugang befasst. Das neue Core-Netzwerk unterscheidet sich dabei wesentlich von seinem Vorgänger 3G-UMTS, der auf dem GSM/GPRS-Netzwerk basierte, weshalb es Envolved Packet Core (EPC) genannt wird.

Diese Publikation beschäftigt sich mit dem 3G-UMTS-Mobilfunkstandard und LTE, der nächsten Generation. Der 1. Teil dieser 3-teiligen Serie verschafft einen Überblick und stellt die Hauptmerkmale von UMTS und LTE gegenüber. Teil 2 und 3 sind technischer Natur und beschreiben die Luftschnittstelle und das Netzwerk.

LTE, die nächste Generation

LTE ist ein Standard, der zur Familie der 4G-Standards gehört und die nächste Generation der 3G-Evolution GSM – WCDMA – HSPA darstellt. Historisch gesehen ist LTE eine Entwicklung eines neues Astes, der nicht mehr rückwärtskompatibel ist.

Auch diese neue Technologie hat zum Ziel, die Datenraten voranzutreiben. Bild 1 zeigt das Wachstum der Datenraten und die dazugehörenden Technologien über die Jahre. Die roten Sterne zeigen die maximal mögliche Downlinkdatenrate des Standards, die aggregate Datenrate, die dann zwischen den Nutzern in einer Zelle aufgeteilt wird. Die schwarze Linie verdeutlicht die üblicherweise dem Kunden angebotenen Datenraten. Die gestrichelte Linie zeigt den erwarteten Bereich der zukünftigen Datenraten auf, die mit LTE möglich sein werden.

Die Diskrepanz zwischen der Datenrate, die ein Kunde nutzen kann, und des technologisch Möglichen hat viele Ursachen. Zum einen entspricht die maximale technische Datenrate der aggregaten Datenrate, gemessen am Ausgang der Basisstation. Diese muss unter den Teilnehmern aufgeteilt werden. Somit bleibt für den einzelnen Kunden nur ein Bruchteil dieser Spitzendatenrate übrig. Zum anderen gibt es fast keine Endgeräte, die diese hohen Datenraten unterstützen. Jeder Standard ist unterteilt in Klassen, und jeder Klasse sind Funktionalitäten zugeordnet, unter anderem auch die Datenrate. Um ein Beispiel zu nennen: HSDPA hat 4 Klassen für Endgeräte (Handy, Datenkarten) definiert, die jeweils Spitzendatenraten von 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,2 Mbit/s und 10 Mbit/s zulassen. In der Praxis erfolgt die Einführung einer neuen Technologie in Stufen, um Erfahrungen zu sammeln und um die Qualität sicherzustellen, aber auch, weil die Chiphersteller, und somit die Endgeräte, sich an die hohen Datenraten herantasten müssen. Oftmals braucht es ein bis zwei «Moore-Zyklen», bis Chipgrösse und Chip-Leistungsverbrauch akzeptabel sind, um die höchste Datenrate zu unterstützen.

Ziel: Ein weltweiter Standard

Doch zurück zu LTE und zur Motivation, die zu dieser Technologie führte. Der nach wie vor populärste Standard GSM hat mittlerweile mehr als 1 Milliarde Teilnehmer weltweit. Täglich kommen 30 Millionen

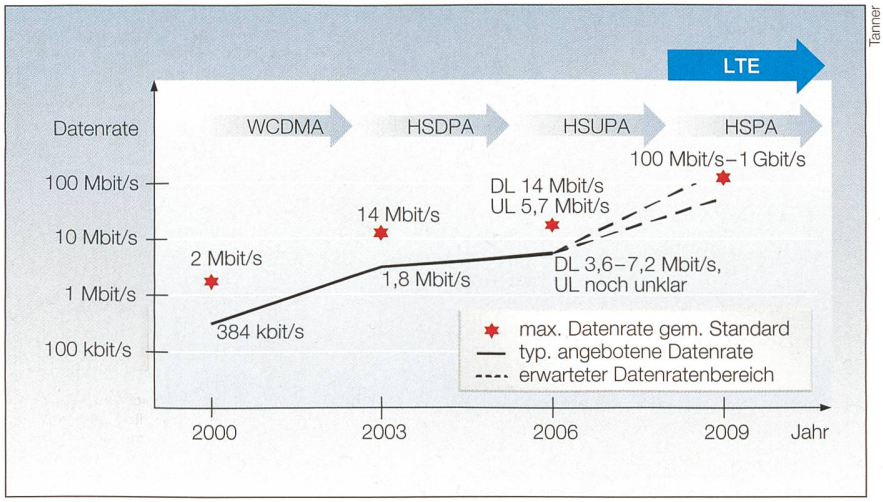

Bild 1 Die Evolution des 3G-UMTS-Mobilfunkstandards und das Datenratenwachstum.

articles spécialisés

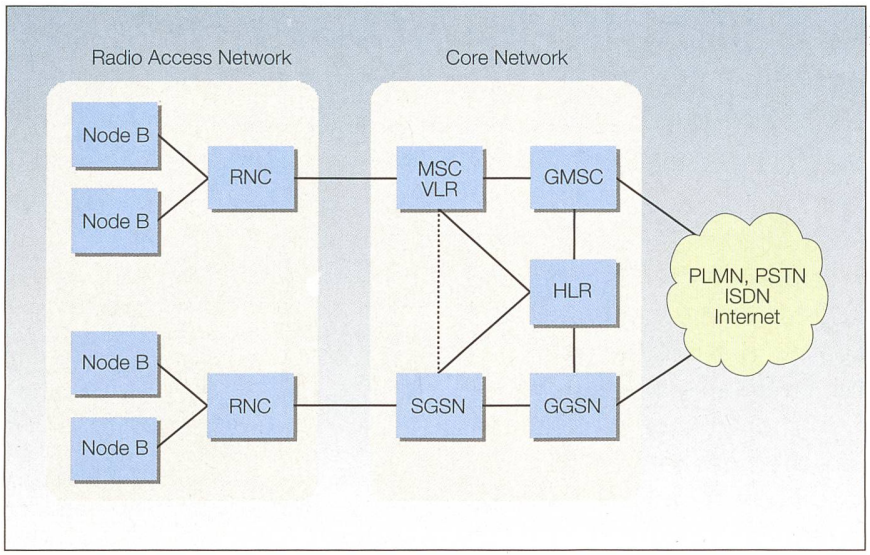

Bild 2 Übersicht eines 3G-UMTS-WCDMA-Netzwerks.

dazu, vor allem im Fernen Osten. Aber auch Südamerika und Afrika haben ein hohes Wachstum. Der GSM-Standard reicht bis in die 80er-Jahre zurück und wurde während der letzten 20 Jahre erweitert. Er hatte zu Beginn eine Datenrate von 9,6 kbit/s und konnte neben der Sprache bereits Daten übertragen. Dann wurde ein weiterer Standard definiert, GPRS, der die Übertragung von Datenpaketen erlaubt und Dienstleistungen wie WAP (Internetanschluss) ermöglichte. Doch die Datenraten von 21,4 bzw. 171,4 kbit/s und die kundenfeindlichen Tarife waren für WAP unbefriedigend. Die Kunden nahmen deshalb das Angebot nicht war. Dafür entwickelte sich SMS zum Kassenschlager, entgegen aller Unkenrufe der Killer-Applikation-Hellseher. Somit war es naheliegend, die Datenrate, u.a. der Luftschnittstelle, zu verbessern. Dies führte zum Standard EDGE, der ein zusätzliches Modulationsverfahren einführte und Datenraten bis zu 473 kbit/s unterstützt. Das Potenzial von EDGE scheint noch nicht ausgeschöpft zu sein. Ein Systemhersteller hat erklärt, dass er die EDGE-Datenraten weiter erhöhen will, in den mehrfachen Mbit/s-Bereich.

Parallel dazu waren internationale Bestrebungen im Gange, einen globalen Standard auszuarbeiten, der es ermöglicht, mit einem Mobilfunkgerät auf der ganzen Welt zu telefonieren. Dies führte zu der 3G-Bewegung, die dann schliesslich mehrere 3G-Standards verabschiedete. Das Ziel war, ein 3G-Standard zu haben, der sowohl paket- wie auch verbindungsorientierte Datenübertragungen unterstützt und Datenraten von 64 kbit/s (im Auto), 144 kbit/s (zu Fuss) und 2 Mbit/s (im Haus) anbieten kann. Ein 3G-Standard, der dies kann, ist WCDMA. Dieser wurde von der ETSI und den europäischen Herstellern, aber auch von Japans ARIB getragen.

Die Standardisierung findet in einer Organisation statt, die sich 3GPP nennt und seit 1998 besteht. Sie vereint Hersteller, Netzwerkbetreiber, Standardisierungsorganisationen und andere Parteien. Alle drei Monate wird an einer Sitzung über den technischen Inhalt des Standards abgestimmt, und eine neue Version wird veröffentlicht. Dies kann zu interessanten Diskussionen führen, wenn zum Beispiel ein Antragsteller die Position eines Bits (Definition, ob das 1. Bit einer Bitsequenz dem LSB oder MSB entspricht) vertauschen möchte.

Parallel zu dieser Aktivität haben sich andere Firmen, die vielleicht weniger involviert waren in 3G, mit anderen Technologien auseinandergesetzt. Das Resultat ist eine Reihe von anderen, teilweise proprietären Standards für funkbasierende Applikationen, wie 802.16, besser bekannt als WiMAX, 802.20 oder Flash-OFDM.

In den letzten Jahren haben sich zudem zwei andere Trends etabliert: die Migration auf IP-basierende Netze bei den führenden Netzbetreibern und die Konvergenz der Dienstleistungen bei den Anbietern. Die weltweite Vernetzung und die Popularität des Internets sind die treibende Kraft, die eine weitere Erhöhung der Datenraten verlangen. Zugleich muss aber auf technischer Seite eine ausreichende Qualität gewährleistet werden können, z.B. in Bezug auf die Verzögerung der übertragenen Pakete, um die Akzeptanz der Dienstleistungen beim Kunden zu gewährleisten. Hier ist LTE eine Technologie, die die Herausforderungen der Zukunft meistern kann.

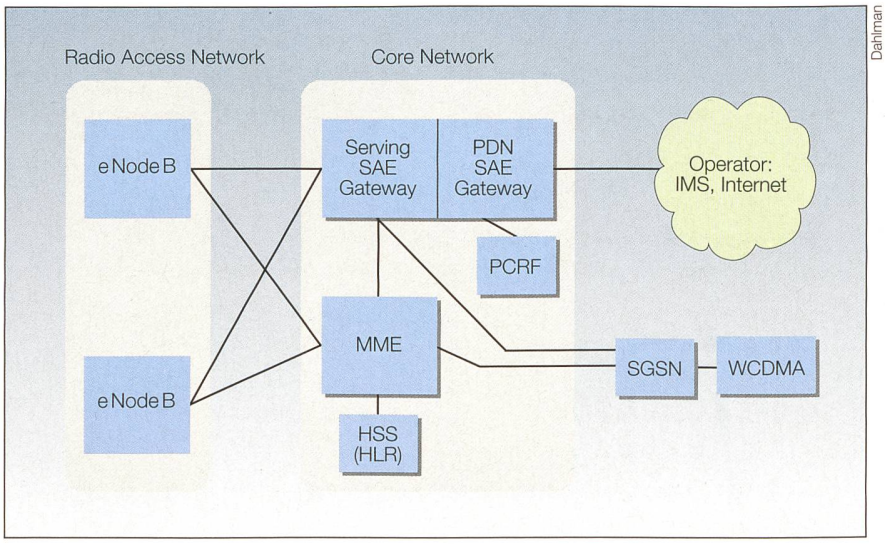

Bild 3 Das zukünftige LTE-Netzwerk, das eine vereinfachte Radio-Access-Network-Struktur aufweist.

Stand der Technik heute

Bei Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA), hierzulande besser bekannt als UMTS, werden die Daten im Basisband gespreizt (typ. Faktor 8 bis 256) und anschliessend in einem 5 MHz breiten Frequenzband übertragen. Der Downlink (Basisstation zu Handy) und der Uplink haben je ein 5-MHz-Band und sind frequenzmässig getrennt (bei FDD). Die Daten aller Teilnehmer werden gleichzeitig und im selben Frequenzband übertragen. Die Separierung der Daten erfolgt über orthogonale Codes. Der Standard ist sehr flexibel ausgelegt und erlaubt das effiziente Verpacken der verschiedenen Datentypen, alle mit zugeordneten Quality-of-Service-Anforderungen, um die Bandbreite optimal auszunutzen.

Forschungsnetzwerk ICTnet

ICTnet vereint als Kompetenznetz 15 Schweizer Forschungs- und Entwicklungzentren der Informations- und Kommunikationstechnologien mit den Schwerpunkten Telecommunication und Mobility, Software Engineering und Artificial Intelligence und Business Intelligence.
Die entsprechenden Kontaktpunkte sind über die ganze Schweiz verteilt, siehe /Organisation/Wissenschaftskommission in http://www.ictnet.ch.

Bild 2 zeigt ein solches Netzwerk. Das Radio Access Network (RAN) besteht aus vielen Node B und einigen RNCs. Die Basisstationen werden im WCDMA-Jargon Node B genannt. Eine Node B ist direkt für den Datenaustausch mit den Handys in einer oder mehreren Funkzellen verantwortlich. Die Daten, zum Beispiel Sprache, wird im Node B aus dem Funksignal extrahiert und an einen Konzentrator, den Radio Network Controller (RNC), weitergeleitet, der die intelligente Komponente im RAN darstellt. Ein RNC kann, je nach Netzwerktopologie, bis zu mehreren Hundert Node B steuern und deren Daten weiterleiten. Die Aufgaben eines RNC umfassen Verbindungsaufbau, Quality-of-Service (QoS) und das Verwalten der Luftschnittstellen der dazugehörigen Zellen.

Das Core Network (CN) ist die Schnittstelle zwischen dem Mobilfunknetzwerk und dem «Rest der Welt». Das Home Location Register (HLR) und das Visiting Location Register (VLR) sind Datenbanken, die die Daten der Abonnenten verwalten und den Standort registrieren. Das Mobile Switching Centre (MSC) und das Gateway MSC (GMSC) sind für den verbindungsorientierten Datenverkehr (Circuit-Switched, CS) wie Sprache zuständig und basieren auf den oder nutzen die bekannten ISDN-Mechanismen. Paketdaten werden von der Serving GPRS Support Node (SGSN) und der Gateway GPRS Support Node (GGSN) weitergeleitet und nutzen die IP-Mechanismen. Bild 2 zeigt die Struktur eines WCDMA-Netzwerks mit seinen zwei Hauptkomponenten Radio Access Network (RAN) und Core Network (CN).

HSDPA

High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) ist eine Technologie, die parallel zu WCDMA genutzt werden kann. Sie löst das alte Problem, dass die Datenraten zum Herunterladen von Internetseiten zu langsam sind. Die Daten werden als Datenpakete gesendet. Der Empfänger, z.B. die Datenkarte, macht eine Kanalschätzung und teilt der Basisstation mit, ob der Funkkanal gut oder schlecht ist. Wenn der Kanal gut ist, dann kann man viele Bits in das Paket verpacken, sonst weniger. Das Ergebnis ist, dass der gleiche Kanal durch diese Methode ein Vielfaches an Daten übertragen kann. HSDPA wird in der Schweiz mit Datenraten zwischen 1,8 Mbit/s und 7,2 Mbit/s angeboten, und die Abdeckung nimmt ständig zu.

HSUPA

Nachdem der Flaschenhals am Downlink mittels HSDPA erweitert wurde, zeigte sich, dass nun der Uplink (Handy zu Basisstation) ein Flaschenhals ist. Dies vor allem, weil die Anzahl der ACK/NACK-Meldungen vom Handy zum Internetserver die Datenrate zwischen Server und Handy im Downlink mitbestimmen. High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) ist eine Technologie, die die effiziente Datenübertragung zwischen den vielen Geräten in einer Zelle zu den Basisstationen erlaubt. HSUPA ist in der Schweiz mit einer Datenrate von 1,4 Mbit/s erhältlich, jedoch noch nicht flächendeckend.

HSPA

High Speed Packet Access (HSPA) ist eine Vorstufe zu LTE. Die HSPA-Funktionen sind bzw. werden im 3GPP Release 7 und 8 definiert, die parallel zur Definition von

	Anforderung	
Mehrfachzugriffmethode	FDD (Band 1: 130 MHz auseinander), TDD	
Kanalbandbreite der Luftschnittstelle	1,4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz (FDD)	
Zellenkapazität (Control Plane)	200 Geräte/Zelle in 5 MHz	
Latency Control Plane	50/100 ms (Transition Time je nach Mode)	
Latency User Plane (1 User/Cell)	<5 ms	
Interworking mit WCDMA, GSM/EDGE	Soll möglich sein	
Optimierung	Für Paketdatenübermittlung	
	Uplink	*Downlink*
Luftschnittstellentyp	SC-FDMA	OFDM
Modulation	QPSK, 16-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Datenrate bei der Luftschnittstelle	50 Mbit/s in 20 MHz	100+ Mbit/s in 20 MHz
Antennenanzahl bei Basisstation	2 (bzw. ≥1)	2 (bzw. ≥1)
Antennenanzahl bei Endgerät	1 (zum Senden)	2 (zum Empfang)

Tabelle I Übersicht der technischen Daten von LTE. (Quelle: 3GPP T525.913)

3GPP	3G Partnership Project
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
CN	Core Network
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
EPC	Evolved Packet Core
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
Flash-OFDM	Proprietärtechnologie, heute Teil des Ultra-Mobile-Broadband-Standards
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IP	Internet Protocol
LSB/MSB	Least/Most Significant Bit
LTE	Long Term Evolution
Node B	Begriff für Basisstation in 3GPP
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
OSI	Open Systems Interconnection
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RAN	Radio Access Network
RNC	Radio Network Controller
SAE	System Architecture Evolution
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
TDD	Time Division Duplex
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VoIP	Voice over IP
WAP	Wireless Application Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

Tabelle II Abkürzungen.

LTE erarbeitet werden. Das Augenmerk wird auf die Schlüsselparameter für die Datenpaketvermittlung (TCP/IP, VoIP) gelegt, wie die Verbindung erstellt wird oder wie die Paketübertragungszeit und der OSI-Layer 2 verbessert werden kann. Aber man führt auch Mehrfachantennensysteme an den Bassistationen und Entzerrer in den Endgeräten ein. Das bedeutet, dass die Empfangsempfindlichkeit verbessert wird und somit die Sendeleistung weiter verringert oder der Zellenradius vergrössert werden kann.

LTE in der Übersicht

Die Einführung von LTE bringt ein paar grundlegende Änderungen mit sich, die dazu führen, dass man wahrscheinlich weniger Komponenten von WCDMA übernehmen kann als beim Übergang von GSM/GPRS zu WCDMA. Die grosse Änderung gegenüber dem WCDMA-System ist die Einführung eines neuen Modulationsverfahrens auf der Luftschnittstelle sowie einer System Architecture Evolution (SAE). Zudem kehrt LTE ab vom gegenwärtigen 2-Stufen-RAN mit Node B und RNC zu einem gemeinsamen und intelligenten Knotenpunkt, dem eNode B (enhanced Node B). Der eNode B wird intelligenter und kann autonomer Arbeiten, wodurch man sich eine Verkleinerung der Verzögerungen erwartet. Dies wirkt sich positiv auf paketorientierte Anwendungen wie Voice over IP (VoIP) aus. Zukünftig möchte man alle Daten (Nutz- und Kontrolldaten) paketorientiert übermitteln.

Bild 3 zeigt die LTE-Architektur, die an ein Internet-Multimedia-Subsystem-(IMS)-Netzwerk angekoppelt ist. Der Home Subscriber Server (HSS) übernimmt die Funktion des HLR. Die Mobility Management Entity (MME) agiert als Steuereinheit, verantwortlich für die Control Plane. Die eher kommerziellen Aspekte wie Abrechnung, aber auch QoS werden von der Policy and Charging Rules Function (PCRF) wahrgenommen. Neu sind die Gateways Serving SAE und Public Data Network (PDN).

Die Ziele und Empfehlungen für LTE sind im Dokument 3GPP TR25.913 zusammengefasst. Tabelle I gibt eine Übersicht über die Anforderungen.

Ausblick

Zukünftige Mobilfunktechnologien werden IP-basiert sein und den Trend bzw. die Ablösung von verbindungs- zu paketorientierten Netzwerken bestätigen. Dadurch erhofft man sich weitere Kapazitätssteigerungen beim endlichen Frequenzspektrum und eine weitere Verbilligung der Kosten pro übertragenes Bit. Nur so können neue Applikationen und Dienstleistungen den Nutzern zu attraktiven Kosten zur Verfügung gestellt werden.

Zwei Folgeartikel im Bulletin SEV/VSE 21/2008 befassen sich detailliert mit der Luftschnittstelle sowie der eNode B und dem neuen Core Network bzw. dem SAE.

Weiterführende Literatur

R. Tanner, J. Woodard: WCDMA – Requirements and Practical Design. Wiley Verlag, 2004.

Technische Spezifikationen von 3GPP: http://www.3gpp.org/ftp/Specs/

E. Dahlman, S. Parkvall, J. Sköld, P. Beming: 3G Evolution. AP Verlag, 2007.

H. Holma, A. Toskala: WCDMA for UMTS. 4. Auflage, Wiley Verlag, 2007.

Angaben zu den Autoren

Dr. *Rudolf Tanner* ist seit 2007 Dozent an der HTW Chur. Von 1998 bis 2001 arbeitete er bei Nortel Networks (UK) an Space-Time-Coding- und MIMO-Technologien. Von 2001 bis 2006 arbeitete er bei UbiNetics Ltd. in der WCDMA-Testgeräte-Division und leitete zuletzt die F&E-Abteilung.
HTW Chur, 7000 Chur, rudolf.tanner@ieee.org

Prof. Dr. *Rolf Hofstetter* war Entwicklungsingenieur im Forschungszentrum von Alcatel SEL in Stuttgart. Seit 1995 ist er Dozent an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur, wo er von Mai 2000 bis Ende 2005 den Studiengang Telekommunikation und Informatik leitete.
HTW Chur, 7000 Chur, rolf.hofstetter@fh-htwchur.ch

[1] Die Abkürzungen sind in Tabelle II aufgeführt.

Résumé

LTE: la prochaine norme de radio mobile

Partie 1: Aperçu. Les hommes d'affaires appellent leurs e-mails par téléphone mobile, des jeunes s'envoient films et musique, et qui est assis dans le train avec son portable veut avoir accès à l'internet. Les taux de données augmentent constamment et les normes actuelles de radio mobile comme UMTS n'y suffiront bientôt plus. Fabricants et exploitants de radio mobile travaillent sur la prochaine norme, appelée en abrégé LTE, ce qui signifie Long Term Evolution.

EMCT Swiss-ConnTec SA

POSTFACH 241, GRUBENSTR. 7a
CH-3322 Urtenen-Schönbühl / Bern
E-MAIL: info@emct.ch

TELEFON + 41 (0)31 859 34 94
TELEFAX + 41 (0)31 859 20 17

Steckverbinder, MIL-C & **Eigenfabrikation**
Alarm / Schallgeber Steckverbinder Relais
Ringkerntransformatoren Kabel & Zubehör Elektromagnete
Piezo-Schallgeber Electronic-Summer
EMCT, Swiss made, high quality buzzers and access to worldwide connector technology.
24 HRS. Information & Service W3.emct.ch