

LTE und Digitale Dividende

1. Im Überblick

Gegenüber UMTS (3 G) und den Datenbeschleunigern HSPA/HSPA+ (3.5 G, High Speed Packet Access) werden für LTE wesentlich höhere Datenraten spezifiziert. Erreicht wird dies durch eine „flache“ Netzinfrastruktur, moderne Kodier- und Modulationsverfahren sowie den Einsatz von Mehrantennentechniken. Damit wird die Hauptanwendung der neuen Technologie der mobile Breitbandzugang zu Telekommunikationsdiensten sein. Sprache wird als VoIP (Voice over IP) zwar möglich sein, tritt gegenüber den Datendiensten aber in den Hintergrund.

2. Emissionen und Grenzwerte

Über die realen Immissionen durch LTE-Basisstationen und Endgeräte ist derzeit wenig bekannt. Bislang liegen mangels Verfügbarkeit entsprechender Netze noch keine messtechnischen Untersuchungen zu dieser Thematik vor. Auch eine rechnerische Abschätzung der entstehenden Immissionen erweist sich als schwierig, da über die real verwendeten Sendeleistungen keine zuverlässigen Informationen vorhanden sind. Anhand verfügbarer Informationen aus den Vergaberichtlinien der Bundesnetzagentur für die Basisstationen der Digitalen Dividende kann abgeschätzt werden, dass die zu erwartenden abgestrahlten Leistungen wahrscheinlich mit denen jetziger GSM- und UMTS-Basisstationen vergleichbar sein werden. Vergleichbare Installationsbedingungen vorausgesetzt, lässt sich hieraus folgern, dass mit vergleichbaren Immissionen wie im Umfeld von GSM- und UMTS-Basisstationen gerechnet werden kann. Aufgrund der an GSM- und UMTS-Stationen gemessenen großen Spannbreite zwischen höchster und niedrigster Immission, des etwas niedrigeren Frequenzbereichs der Digitalen Dividende sowie des Mangels an verlässlichen Informationen über reale Sendeleistungen sind konkrete Aussagen zu Immissionswerten jedoch mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet. Deswegen wird es notwendig sein, nach der Errichtung erster Netze entsprechende Immissionsmessungen vorzunehmen, um eine belastbare Datenbasis über die mit dieser Technologie verbundenen Immissionen zu gewinnen.

Wie auch bei GSM und UMTS wird die persönliche Exposition des LTE-Nutzers vom Endgerät dominiert werden. Aufgrund der im Standard vorgegebenen, maximalen Sendeleistung von 200 mW am Antennenausgang sind für ein Inverkehrbringen entsprechender Endgeräte SAR-Messungen zwingend notwendig. Es ist davon auszugehen, dass durch das Endgerät wesentlich höhere Grenzwertausschöpfungen verursacht werden als durch die Basisstationen. Es bleibt entsprechenden SAR-Messungen vorbehalten, die konkreten Immissionen zu ermitteln und mit denen anderer Technologien zu vergleichen.

3. Weitergehende Informationen zu LTE

3.1 Technik

LTE (Long Term Evolution) ist eine neue Mobilfunktechnologie und Nachfolger von UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). LTE wird dabei noch der 3. Mobilfunkgeneration zugeordnet und hat die chronologische Bezeichnung 3.9 G. Der Nachfolger von LTE, LTE Advanced, wird dann als 4. Generation (4 G) bezeichnet. Ähnlich wie bei den anderen Mobilfunkgenerationen sind zum Betrieb ein Netz aus Basisstationen, die eine bestimmte Fläche versorgen, sowie entsprechend kompatible Endgeräte notwendig. Anders als z.B. bei Funkrufanlagen oder Rundfunkanlagen ist LTE eine Vollduplex-Technik, d.h. Basisstationen und Endgeräte können gleichzeitig senden und empfangen.

Damit wird die Hauptanwendung der neuen Technologie der mobile Breitbandzugang zu Telekommunikationsdiensten sein. Sprache wird als VoIP (Voice over IP) zwar möglich sein, tritt gegenüber den Datendiensten aber in den Hintergrund.

LTE verfügt ausschließlich über eine paketorientierte Datenübertragung und wird deswegen auch als „All-IP Netz“ bezeichnet, das heißt alle Dienste (z.B. Sprache und Daten) werden gemeinsam über eine Infrastruktur übertragen und können von jedem Benutzer zu jeder Zeit an jedem Ort abgerufen werden.

LTE wurde so entworfen, dass es in verschiedenen Frequenzbereichen von etwa 700 MHz bis 2700 MHz betrieben werden kann.

Tabelle 1: Frequenzbänder für LTE

| Frequenzband | Betriebsart | Downlink | Uplink |
|---------------|-----------------------------|---|---|
| 800 MHz | FDD | 791-821 MHz | 832 - 862 MHz |
| 1800 MHz | FDD | 1805-1820 MHz 1825-1830 MHz 1853-1858 MHz | 1710-1725 MHz 1730-1735 MHz 1758-1763 MHz |
| 2000 MHz | FDD | 2120-2130 MHz 2140-2150 MHz | 1930-1940 MHz 1950-1960 MHz |
| 2000 MHz | TDD / FDD-Uplink (extern) | 1900-1905 MHz 2010-2025 MHz | |
| 2590-2690 MHz | FDD / TDD | 2620-2690 MHz | 2500-2570 MHz |
| 2590-2690 MHz | TDD / FDD-Downlink (extern) | 2570-2620 MHz | |

Kodierung und Modulation

Als Kodierungsverfahren im Downlink (d.h. seitens der Basisstation) wird bei LTE OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) verwendet. OFDMA ist ein Mehrträgerverfahren, das die Funkressourcen mehreren Endnutzern zuordnet. OFDMA basiert auf OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Die gesamte Trägerbandbreite wird in viele Unterträger mit einem Trägerabstand von 15 kHz aufgespalten. Jeder Unterträger wird dann mit QPSK, 16-QAM oder 64-QAM moduliert. Die einzelnen Trägersignale stehen orthogonal zueinander und können sich deswegen kaum gegenseitig beeinflussen. Damit ist OFDM resistent gegenüber schmalbandigen Störungen, da eine Störung auf einem Unterträger nicht das

gesamte Frequenzband beeinflusst. Im Gegensatz zu OFDM, bei dem die gesamte Bandbreite einem Nutzer für eine bestimmte Zeit zugewiesen ist, teilen sich bei OFDMA zu jedem Zeitpunkt mehrere Nutzer die verfügbare Bandbreite. Dies geschieht durch die Bildung von Subkanälen aus mehreren einzelnen Trägern, die zeitlich und zahlenmäßig dynamisch den einzelnen Nutzern entsprechend ihren Anforderungen zugeordnet werden können. Nicht zugewiesene Unterträger sind dabei ausgeschaltet; somit werden Leistungsaufnahme und Interferenz reduziert.

Im Uplink, d.h. auf Seiten des Nutzers, wird als Kodierungsverfahren SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) benutzt. SC-FDMA hat einen geringeren Crest Faktor (Verhältnis von kurzzeitig auftretender Maximalleistung zur mittleren Leistung des Sendesignals) als OFDM. Dadurch wird der Batterieverbrauch reduziert und die Auslegung des Sendeverstärkers im Endgerät vereinfacht. Bei SC-FDMA werden die Datensymbole sequenziell übertragen, wobei jedes Symbol auf mehreren Unterträgern verteilt wird, wohingegen bei OFDMA mehrere Symbole parallel mit einem Symbol pro Unterträger übertragen werden.

Als Modulationsverfahren werden bei LTE QPSK (Quadrature Phase Shift Keying, Quadraturphasenumtastung), 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation, Quadraturamplitudenmodulation) und 64-QAM eingesetzt. Die höherwertigen Modulationen sind empfindlicher bezüglich Kanalstörungen. Dies bedeutet, dass für Nutzer, die sich relativ nahe an der Basisstation befinden, ein vergleichsweise unrobustes Signalprofil verwendet werden kann, das dafür eine höhere Nutzdatenrate ermöglicht (z.B. 64-QAM mit wenig Fehlerschutz). Bei Nutzern, die weit von der Basisstation entfernt sind, wird hingegen ein robustes Profil mit entsprechend niedrigerer Nutzdatenrate verwendet (z.B. QPSK mit viel Fehlerschutz).

Zur weiteren Steigerung der Datenrate und der spektralen Effizienz können bei LTE MIMO-Techniken (Multiple Input Multiple Output) eingesetzt werden. MIMO nutzt die Mehrwegesignalausbreitung zwischen Sendende und Empfänger, die in allen terrestrischen Kommunikationssystemen vorhanden ist. Durch die Verwendung mehrerer Antennen auf Seiten der Basisstation und teilweise auch auf Endgeräteseite kann entweder ein einzelner Datenstrom simultan über mehrere Antennen abgestrahlt werden (Space Time Coding), was zu einer Erhöhung der Systemreichweite führt, oder der zu übertragende Datenstrom wird in mehrere Einzeldatenströme aufgeteilt und über mehrere Antennen parallel übertragen (Spatial Multiplexing), was den Durchsatzgewinn erhöht. Bei LTE wird für den Downlink eine Konfiguration aus zwei Sende- und zwei Empfangsantennen als Basis verwendet (2x2 MIMO), wobei Konfigurationen mit vier Antennen ebenfalls möglich sind. Für den Uplink soll MU-MIMO (Multi-User MIMO) eingesetzt werden; hierbei wird seitens des Endgerätes nur eine Sendeantenne benötigt, was zu einer Kostenersparnis auf Endgeräteseite führt.

3.2 Themenbezogene Links

3GPP LTE: <http://www.3gpp.org/LTE>

3GPP LTE Advanced: <http://www.3gpp.org/LTE-Advanced>