

LANCOM™ Techpaper

LTE-Technologie

Einleitung

LTE, kurz für Long Term Evolution, ist die neue Generation der auf GSM/UMTS basierenden Mobilfunkstandards. Da es sich hierbei um die vierte Generation handelt, wird auch von 4G gesprochen. GSM gilt als Standard der zweiten Generation (2G) und UMTS als Standard der dritten Generation (3G). Der LTE-Standard Release 8 wurde durch das Gremium Third Generation Partnership Project (3GPP) entwickelt und im Jahr 2009 von der International Telecommunication Union (ITU) verabschiedet.

LTE kann theoretisch Übertragungsraten bis zu 300 MBit/s im Downstream und 75 MBit/s im Upstream bereitstellen. Die Vorläufer sind auf ein theoretisches Maximum von 84 MBit/s im Downstream und 22 MBit/s im Upstream (HSPA+) begrenzt. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass sich immer mehrere Teilnehmer in einer Funkzelle aufhalten und sich somit die theoretische und die tatsächliche Übertragungsrate stark unterscheiden können.

Technische Grundlagen

Um die hohen Datenübertragungsraten zu erreichen, nutzt LTE verschiedene Mechanismen, die im Folgenden kurz erläutert werden:

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ist ein Modulationsverfahren, in dem der Datenstrom auf eine Vielzahl von schmalen Trägern aufgeteilt wird. Sollte ein Träger im Übertragungsmedium von einer schmalbandigen Störung betroffen sein, kann dieser aus der Übertragung ausgeschlossen werden, ohne einen großen Einbruch in der Gesamtübertragungsrate zu erzeugen. Sollte nur ein Träger genutzt werden, kann eine Störung zu starken Qualitätsverlusten oder einem Verbindungsabbruch führen. Zudem werden bei OFDM eine große Anzahl Bits parallel übertragen, da sich die einzelnen Träger überschneiden und der

Signalverlauf $S_{(OFDM)}$ über die Frequenz aus der Summe aller modulierten Träger zusammensetzt, wie in Abbildung 1 zu sehen. Die einzelnen Träger werden wiederum einzeln moduliert, zum Beispiel mit QAM.

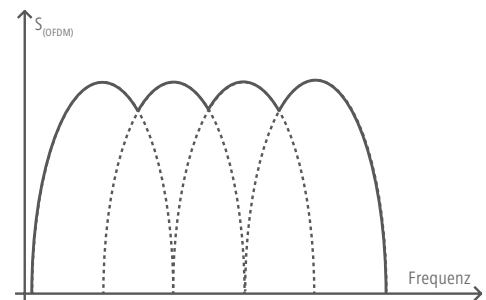


Abb.1 Schematisches OFDM-Signal mit vier Trägern

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) bezeichnet ein Modulationsverfahren, welches die Amplituden- und Phasenmodulation kombiniert. Der Vorteil liegt darin, dass es sich bei QAM um Modulationen einer höheren Ordnung handelt und somit deutlich mehr Bits pro Symbol übertragen kann. In Tabelle 1 sind gängige Modulationen und ihr Verhältnis von Bitrate zum Symbolrate aufgeführt und es ist erkennbar, dass bei einer höheren Modulation eine bessere Bitrate erzielt werden kann. Allerdings bringt eine höhere Modulation auch Nachteile mit sich. Je höher die Modulation ist, desto empfindlicher reagiert sie auf Interferenzen oder Rauschen. LTE unterstützt QPSK, 16QAM und 64QAM, welche einen hohen Datendurchsatz gewährleisten.

Modulation	Bits / Symbol	Symbolrate
BPSK	1	gleich Bitrate
QPSK	2	1/2 der Bitrate
8PSK	3	1/3 der Bitrate
16QAM	4	1/4 der Bitrate
32QAM	5	1/5 der Bitrate
64QAM	6	1/6 der Bitrate

Tab.1 Modulationen: Verhältnis von Bitrate zu Symbolrate

LANCOM™ Techpaper

LTE-Technologie

MIMO (Multiple Input Multiple Output) nutzt mehrere Sende- und Empfangskomponenten, um so eine bessere Link-Stabilität und eine höhere Datenrate zu ermöglichen. Dies wird durch die Aufteilung der gesamten Sendeleistung auf unterschiedliche Antennen ermöglicht. Bei MIMO sendet jeder Sender einer Basisstation zu jedem Empfänger des Routers, was dazu führt, dass eine Vielzahl an Streams zur Verfügung steht. In Abbildung 2 ist ein 2x2 MIMO-System schematisch dargestellt. Es stellt die einzelnen Streams von Sender zu Empfänger dar.

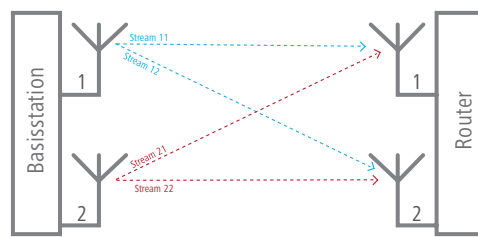


Abb.2 Schematische Darstellung von 2x2 MIMO

Die Summe der Streams werden auch als Matrixkanal bezeichnet. Zum einen kann die vergrößerte Anzahl an Streams dazu genutzt werden, die spektrale Effizienz zu erhöhen und somit den Datendurchsatz. Zum anderen kann auch die Link-Stabilität erhöht werden, was zu einer niedrigeren Fehlerquote führt. LTE unterstützt nach Standard bis zu 4x4 MIMO, was in bis zu 16 Streams im Matrixkanal resultiert.

LTE-Kategorien

Die oben aufgeführten Mechanismen bieten eine Fülle verschiedener Möglichkeiten, LTE umzusetzen. Um eine klare Struktur vorzugeben, wird der Mobilfunkstandard LTE in fünf Kategorien unterteilt, die unterschiedliche Voraussetzungen haben.

Die maximale Übertragungsrate ist das Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen den einzelnen Katego-

rien und wird in Tabelle 2 entsprechend zugeordnet. Hierbei ist zu sehen, dass auch Übertragungsraten zugeordnet werden, die bereits von anderen Standards abgedeckt oder übertroffen werden. Die angegebenen Übertragungsraten basieren auf einer Kanalbandbreite von 20 MHz.

Kat.	1	2	3	4	5
Down	10	50	100	150	300
Up	5	25	50	50	75

Tab.2 Übertragungsraten der LTE-Kategorien in MBit/s

Die unterschiedlichen Datenraten gehen zum einen aus der unterstützten Modulation hervor (Tabelle 3). Hier ist zu beachten, dass nur Kategorie 5 zusätzlich QAM64 im Upstream unterstützt und somit die höchste Übertragungsrate erreichen kann.

Kat.	1	2	3	4	5
Down	QPSK, 16QAM, 64QAM				
Up	QPSK, 16QAM			QPSK, 16QAM, 64QAM	

Tab.3 Modulationen der LTE-Kategorien

Zum anderen bestimmt auch die Anzahl der MIMO-Datenströme im Downstream, welche Datenraten erreicht werden können. Welche MIMO-Konfiguration in der einzelnen Kategorie vorausgesetzt wird, ist Tabelle 4 zu entnehmen.

Kat.	1	2	3	4	5
2x2	n.unt.	Pflicht			
4x4	nicht unterstützt			Pflicht	

Tab.4 MIMO-Konfiguration der LTE-Kategorien

LANCOM™ Techpaper

LTE-Technologie

Weitere Vorteile von LTE

Neben dem bereits erläuterten Vorteil der erhöhten Geschwindigkeit gibt es noch weitere Aspekte, die LTE von anderen Mobilfunkstandards abhebt.

Zunächst gilt es zu erwähnen, dass LTE nur sehr geringe Latenzzeiten hat und sich somit auch für VoIP-Dienste oder Videotelefonie anbietet.

Zusätzlich sind manche LTE-fähigen Endgeräte abwärtskompatibel zu den bereits vorhandenen Standards, wie zum Beispiel UMTS, sofern keine LTE-Verbindung am Standort verfügbar sein sollte. Eine solche Abwärtskompatibilität gewährleistet eine hohe Netzverfügbarkeit und Verbindungssicherheit.

Des Weiteren ist hervorzuheben, dass die Datenübertragung bei LTE IP-basiert arbeitet und somit „Quality of Service“, kurz QoS, vollständig nutzen kann, um die Datenpakete entsprechend des Einsatzzweckes zu priorisieren.

Zuletzt bleibt noch zu erwähnen, dass LTE auch bei höheren Geschwindigkeiten in der Lage ist, problemlos den Wechsel zwischen einzelnen Funkzellen zu vollziehen.

LTE international

Aufgrund der großen Verbreitung rund um die Welt kann bei LTE schon fast vom ersten globalen Standard im Mobilfunk gesprochen werden. Allerdings unterscheiden sich, je nach Land, die genutzten Frequenzbänder: Während in Europa LTE überwiegend in den Frequenzbereichen 800, 1800 und 2600 MHz angeboten wird, werden zum Beispiel in Nordamerika die Frequenzen 700 und 1700 MHz verwendet. Somit kann ein LTE-taugliches Gerät nicht zwingend in jedem Land eingesetzt werden.

LTE in Deutschland

In Deutschland werden LTE-Frequenzen in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Die 800-MHz-Frequenzen werden dazu genutzt, um „weiße Flecken“, Bereiche Deutschlands ohne Breitband-Internet, eine entsprechende Verbindung ins Internet zu ermöglichen. Die Frequenzbereiche 1800 und 2600 MHz werden in Ballungsräumen genutzt, um dort die Anforderungen der großen Bevölkerungsdichte abzudecken. Die LTE-Provider in Deutschland sind aktuell die Deutsche Telekom, Vodafone, und O2.

Anwendungsszenarien

Zum einen bietet sich LTE durch die hohen Geschwindigkeiten und geringe Latenz als Alternative zu einem kabelgebundenen Internet-Zugang an. So können Unternehmen, die bisher keinen Breitbandzugang zum Internet zur Verfügung hatten, diesen einrichten.

Zum anderen bietet sich LTE auch als leistungsstarke Backup-Verbindung für ein Szenario an, in dem eine hohe Verfügbarkeit, als auch hohe Durchsatzraten gefordert sind und ein großer Wert auf alternative Übertragungswege gelegt wird.

Fazit

Bei LTE handelt es sich um eine zukunftsweisende Technologie des Mobilfunks, die im Vergleich zu den Vorgängern viele Vorteile bietet und diverse Einsatzbereiche abdeckt.

LANCOM bietet mit dem LTE-fähigen VPN-Router LANCOM 1781-4G eine Lösung an, die ideal für den Einsatz im Geschäftsumfeld geschaffen ist. Sei es als leistungsstarker Standard-Internetzugang oder als sichere und schnelle Backup-Verbindung.