



Technische und wirtschaftliche Herausforderungen bei Tests und Fehlersuche in LTE-Netzwerken

Autoren: Jonathan Borrill, Anritsu & Nasim Hyder, Livingston

Die mit Spannung erwartete LTE-Technik (Long Term Evolution) führt den Mobilfunkmarkt in die vierte Generation (4G) der „Rein-IP“-basierten Kommunikation. LTE unterstützt wesentlich höhere Datenraten (>100 MBit/s über eine 20-MHz-Kanalbandbreite) und bietet eine geringere Latenz (~10 ms), sodass Mobilfunkbetreiber ihren Teilnehmern noch vielseitigere und leistungsfähigere Anwendungen zur Verfügung stellen können. Das Spektrum an Multimedia-Inhalten wird sich damit erheblich ausdehnen.

Die GSA (Global Semiconductor Association) geht davon aus, dass in den nächsten zwei Jahren mindestens 40 LTE-Netzwerke weltweit in Betrieb gehen. Infonetics prognostiziert, dass im Jahr 2014 an die 153 Mio. Teilnehmer mobile Breitband-Dienste auf LTE-Basis nutzen werden. Ein großer Anteil davon kommt aus Europa. Laut einem Bericht von Juniper Research beträgt der daraus generierte Jahresumsatz dann zu diesem Zeitpunkt mehr als 70 Mrd. US- $\text{\$}$.

Obwohl LTE von vielen bereits als schlüsselfertige Technologie betrachtet wird, gibt es gewisse Schwierigkeiten bei der Implementierung und dem laufenden Betrieb, die noch nicht völlig überwunden sind. Wenn die Betreiber die zu erwartenden Kosten- und Leistungsvorteile erzielen wollen, müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

Bandbreite – LTE erfordert eine hohe Bandbreite, um die nächste Generation von Video-/Multimedia-Diensten zu unterstützen. Betreiber müssen in der Lage sein, eine Spitzendatenrate von 100 Mb/s für den Downlink und 50 Mb/s für den Uplink bereitzustellen. Damit sind leistungsfähigere Testeinrichtungen erforderlich sowie neue OFDMA- (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) und MIMO- (Multiple-In Multiple-Out) Technologien, die zusätzliche Anforderungen an die Testteams und optischen Gigabit-Ethernet-Backhaul-Tests stellen.

Umgang mit Datenrückstau/Engpässen – Untersuchungen von Analysys Mason zeigen, dass das durchschnittliche Datenvolumen pro Mobilfunkverbindung bis zum Jahr 2015 auf mehr als 0,5 GByte pro Monat ansteigt, was vor allem durch Smartphones getrieben ist. (Bild

1). Dies wird erhebliche Auswirkungen auf das Netzwerk haben, da hier eine Control-Plane-Kapazität von 200 LTE-Nutzern pro Zelle aufrecht zu erhalten ist. Hier muss eine große Zahl von Ethernet-Verbindungen nicht nur in das Backbone, sondern auch in das Zugangnetzwerk hinzugefügt werden. Somit lassen sich Datenengpässe vermeiden. Die Zunahme der Datenmenge und das Aufrüsten des Zugangnetzwerks erhöhen wiederum den Druck auf die Testentwickler. Dies hat sich bereits bei HSPA-Netzwerken gezeigt, wo Mobiltelefone zahlreiche Apps unterstützen, das Backhaul-Netzwerk aber nicht genügend Kapazitäten bereitstellt, alle diese Daten zu verarbeiten. Das Netzwerk verzeichnet dadurch erhebliche Leistungs- und Nutzungseinbußen.

Interoperabilität mit bestehenden Netzwerken sicherstellen – Es ist zu erwarten, dass LTE-Netzwerke anfangs nicht mit voller geografischer Abdeckung eingesetzt werden, sondern in „Hotspots“ installiert werden, die eine hohe Bevölkerungsdichte aufweisen. Bei den hohen Investitionen für LTE garantiert dies die größte Rentabilität. Dabei werden regelmäßig intertechnische Handover zwischen der bestehenden UMTS/EDGE/GSM-Infrastruktur und den neuen LTE-basierten Infrastrukturen stattfinden. Dies kann den Betrieb von Netzwerken und die Wartung der jeweiligen Dienste durch den Anbieter erschweren. Betreiber und deren Subunternehmer müssen daher mit Geräten ausgestattet sein, die Tests herkömmlicher UMTS/EDGE/GSM-Netzwerke abdecken und auch LTE-Tests ermöglichen. Also muss immer mehr Test-Hardware unterhalten werden, was die Betriebskosten weiter erhöht. Dort wo LTE mit 800 MHz (Digitale Dividende) eingesetzt wird, ist es wahrscheinlich, dass GSM/UMTS und LTE eine ähnliche Abdeckung aufweisen. Dabei muss eine gute Netzwerk-Charakterisierung und Handover-Abwicklung garantiert sein, damit einfach und reibungslos das Netzwerk ausgewählt werden kann, das den angeforderten Dienst des Anwenders am besten bereitstellt. Dem Nutzer ist es egal, ob er die Daten über LTE oder UMTS erhält, es muss nur zuverlässig und schnell gehen.

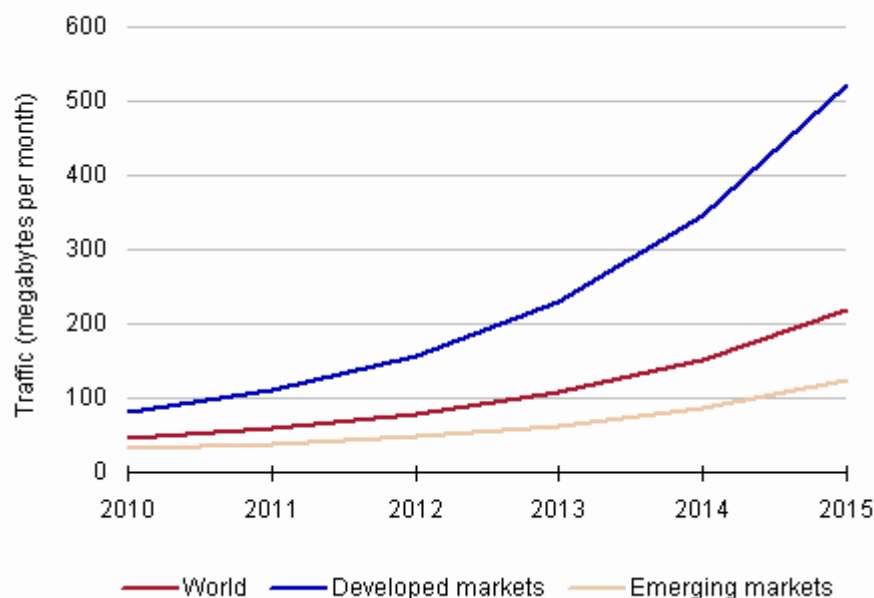


Bild 1: Durchschnittlicher weltweiter Datenverkehr in Mobilfunknetzwerken – pro Verbindung 2010–2015 (Quelle: Analysys Mason, 2010)

Mangel an verfügbarem Spektrum – Obwohl LTE nur ein einziges Mobilfunkprotokoll erlaubt, ist die Platzsuche dafür schwer. Es gab keine Möglichkeit, eine einzige weltweit gültige Frequenz dafür zu finden, und die einzelnen Regionen mussten verschiedene Teile des Spektrums untereinander aufteilen: 700 und 1900 MHz wurden an die USA verwiesen, 800 und 2600 MHz an Europa, 1800 und 2600 MHz an den Großteil Asiens, 2100 MHz an Japan und 2300 MHz an China. LTE vereinfacht Halbleiterherstellern das Design von Kommunikations-ICs, da sie Lösungen entwickeln können, die universell einsetzbar sind (nur minimale Abweichungen sind durch die regionalen Unterschiede erforderlich). Die Mobiltelefonhersteller müssen daher Modelle einführen, die weltweit verwendet werden können – mit mehreren Antennen und entsprechenden Schaltkreisen. Nur so können die verschiedenen Frequenzbänder abgedeckt werden. Im Vergleich zu den 2.5- und 3G-Mobiltelefonen wird es daher eine starke Zunahme bei den Konformitätstests geben (einschließlich dem Zeitaufwand).

Beurteilung des QoS-Grades (Quality-of-Service) – Da LTE das Mobilfunknetz endlich hin zu einer komplett paketvermittelten Architektur führt, sind die Mobilfunkbetreiber gezwungen, ihre Strategie hinsichtlich der QoS zu ändern. Verschiedene Methoden zur Messung der QoS in Sachen Service-Verfügbarkeit und -Kontinuität werden bei LTE und bestehenden Netzwerken verwendet. LTE ermöglicht eine durchgehende QoS-Überwachung bis hin zum Anwender, anstatt wie vorher gezwungen zu sein, bei der Basisstation aufhören zu müssen. Die Header, welche die QoS-Information enthalten, sind bei LTE direkt in den Protokollstack integriert. Betreiber können damit die Übertragung des Datenverkehrs auf der Grundlage der Teilnehmer-Service-Vereinbarung priorisieren (ob eine gewisse Verzögerung, z.B. bei SMS oder MMS, hinnehmbar ist oder eben nicht, wie bei mobilem Video). Die höhere Komplexität kann auch weitreichende Folgen für die Test-Tools haben, die spezifiziert werden müssen; für die zusätzliche Ausbildung der Mitarbeiter; für die Mannstunden, die zur Testdurchführung erforderlich sind und für die Möglichkeit menschlicher Fehler. Um dies auszugleichen wird mit LTE auch ein automatisierter Prozess eingeführt. Dieser erfordert aber ausführliche Tests, um sicherzustellen, dass die richtigen Parameter und Einstellungen in den automatisierten Algorithmen vorliegen.

Zellenplanung – LTE erfordert eine andere Herangehensweise an die Zellenplanung als bei 2G/2.5G/3G-Netzwerken, da Single-Frequency-Netzwerke (SFN) verwendet werden. Ein größeres Gewicht wird auf die anfängliche Abdeckung und die Interferenzmessung gelegt. ICIC-Mechanismen (Inter-Cell Interference Cooperation) erlauben die Überprüfung, ob keine benachbarte Zelle die gleiche Sub-Trägerfrequenz in einem Überlappungsbereich verwendet. Derzeit gibt es keine LTE-Zellen, die sich gegenseitig überlagern. Die ersten Zellen, die gerade implementiert werden, decken nur die genannten Hotspots ab und sind deshalb isoliert. Das LTE-Netzwerk wird jedoch wachsen und alle Lücken füllen – dann wird die volle Wirkung dieser Technologie sichtbar. LTE führt neue automatisierte Algorithmen ein, z.B. ICIC und SON (Self Organising Network). Diese Algorithmen hängen aber von den Benutzereinstellungen und Optimierungszielen ab. Deshalb sind sorgfältige Tests

erforderlich, die gewährleisten, dass diese Prozesse so konfiguriert sind, dass sie optimal ablaufen.

Auswirkungen von Mehrwegausbreitung auf Tests – Ein Aspekt bei LTE muss ebenfalls mit berücksichtigt werden: der Einsatz komplexerer Antennenkonfigurationen, um die MIMO-Technik zu unterstützen. MIMO bedeutet, dass der Datendurchsatz (nahe der Basisstation) und die Zellenabdeckung (vor allem am Zellenrand) ohne Erhöhung der Bandbreite oder Sendeleistung verbessert werden können, da das Signal durch mehrere verschiedene Pfade gleichzeitig übertragen wird – durch die Reflexion an Gebäuden etc. Testentwickler müssen daher ausgereifte Messverfahren verwenden, um die Durchsatzleistung vorherzusagen oder zu messen. Bei herkömmlichen Luftschnittstellen-Tests definierte das empfangene Signal-Rauschverhältnis die Datenrate, die unterstützt werden konnte (nach Shannon's Law). Die Reichweite ließ sich durch eine direkte Sichtlinie beim Übertragungsweg verbessern. Bei MIMO lassen sich diese Prinzipien nun nicht mehr anwenden. Dies erfordert eine Weiterbildung für Entwickler im Feld.

Die Installateure von LTE-Netzwerk-Hardware stehen also vor einer großen Herausforderung. Sie benötigen Geräte, mit denen sie Modulations-, Datendurchsatz- und Spektrum-Messungen auf physikalischer Ebene durchführen können. Sie müssen auch in der Lage sein, Handover-, Protokollsequenz- und Protokollkonformitäts-Tests, sowie eine Analyse der Zellenabdeckung und der Integrität des Übertragungsspektrums durchführen zu können. Nur so lassen sich Interferenzen vermeiden. Es werden auch wesentlich anspruchsvollere Test-Tools erforderlich sein, die etablierte als auch neue Mobilfunkstandards abdecken. Und schließlich muss die Beschaffung dieser Test-Tools gesichert sein. Anderenfalls erschweren sich die Bedingungen für Subunternehmer, die mit der LTE-Netzwerkimplementierung beauftragt sind. Unter bestimmten Umständen kann sich hier ein neues Geschäftsmodell, wie das Mieten/Leasen hochwertiger Testgeräte für LTE-Projekte eher rentieren als der alternative Direktkauf.

Livingston T&M B.V.

Borsigstr.11

D- 64291 Darmstadt

info@livingstontm.com

Tel: +49 6151 9344 371

Fax: +49 6151 9344 377