

Herausforderung Big-Data

Der Datenhunger im zellularen Mobilfunk ist ungebrochen. Die Prognosen zu Teilnehmerzahlen und der von modernen Smartphones verarbeiteten Datenmengen sagen exponentielles Wachstum voraus. Die Rede ist von einer Verzehnfachung des mobilen Datenverkehrs in den kommenden sechs Jahren. Wie werden bereits heute diese immensen Datenmengen realisiert? Und wie stellen Netzbetreiber sicher, dass sie auch künftig die steigenden Herausforderungen durch Big-Data erfüllen?

Als tägliche Nutzer des mobilen Internets wundert uns die aktuelle Entwicklung nicht. Aber befragen wir heute unsere Eltern und Kinder, wie intensiv sie ihre Smartphones nutzen, so erhalten wir sehr unterschiedliche Antworten. Sie spiegeln nur zu gut den rasanten technischen Fortschritt, aber auch die Entwicklung in der Bedienerfreundlichkeit

konsumierten Daten pro aktiven Teilnehmer und pro Monat im Durchschnitt 650 MByte. Im Jahr 2019 soll diese Zahl auf 2,5 GByte steigen. Die Kombination beider Faktoren wird für einen exponentiellen Anstieg des Datenverkehrs weltweit sorgen. Gesucht sind Lösungsansätze auf die Frage, wie bereits heute die Übertragung dieser immensen Datenmengen realisiert wird und wie die Betreiber eines Mobilfunknetzes sicherstellen, dass sie Endkunden auch

Mobilfunknetzes signifikante Verbesserungen gebracht haben. Die theoretisch maximal erreichbare Datenrate pro Endgerät hat sich von wenigen 100 kBit/s (EDGE) über 42 MBit/s (HSPA+) zu 300 MBit/s (LTE) entwickelt. Moderne, kommerziell verfügbare LTE-Endgeräte erreichen in einer idealen Laborumgebung 150 MBit/s. Im Netzbetrieb reduzieren jedoch Ausbreitungsbedingungen und das Shared-Channel-Prinzip die erreichbare Downloadgeschwindigkeit,



der Endgeräte, wider. Der Ericsson-Mobility-Report weist weltweit allein im ersten Quartal dieses Jahres 120 Millionen neue Mobilfunkteilnehmer aus: 28 Millionen in Indien, 26 Millionen in Afrika, 19 Millionen in China, et cetera. Den geringsten Zuwachs mit einer Million zeigt Westeuropa.

Für Ende 2019 werden weltweit 9,2 Milliarden Teilnehmer prognostiziert. Man geht also davon aus, dass bis dahin die Anzahl der Mobilfunkteilnehmer die Anzahl der Menschen auf unserer Erde übersteigen wird. Im Jahr 2013 betrug die Menge der

morgen eine zufriedenstellende Qualität – Quality-of-Experience – bieten.

Eigenschaften verschiedener Mobilfunk-Technologien

Betrachtet man die verschiedenen Mobilfunktechnologien 2G (GSM, GPRS, EDGE), 3G (UMTS, HSPA, HSPA+) und 4G (LTE/LTE-Advanced) wird deutlich, dass sowohl die Einführung neuer Übertragungstechnologien auf der Luftschnittstelle zwischen Netz (Basisstation) und Endgerät als auch eine optimierte Architektur des

weil die verfügbare Bandbreite unter allen gleichzeitig aktiven Nutzern aufgeteilt wird. Nichtsdestotrotz hat insbesondere die LTE-Technologie die verfügbaren Datenraten und auch die Netzkapazität erheblich gesteigert. Dies beruht auf den folgenden wesentlichen Bestandteilen:

- Einer hohen Systembandbreite von 20 MHz, die einem einzelnen Teilnehmer zur Verfügung gestellt werden kann.
- Ausnutzung des so genannten Spatial-Multiplexings (MIMO-Technologie), also die Verwendung von zwei beziehungsweise

se vier Sende- und Empfangsantennen, was bei ausreichend unkorrelierten Ausbreitungspfaden eine Verdopplung beziehungsweise Vervielfachung der maximalen Datenrate erlaubt.

■ Schnelles OFDMA-Multiplexing, das heißt Zuteilung von Ressourcen (in Frequenz und Zeit) können jede Millisekunde geändert werden. Die kleinste Ressource, die einem Endgerät zugeordnet werden kann, ist ein so genannter Ressource-Block (RB), der in der Frequenz 180 kHz und in der Zeit 0,5 ms umfasst.

■ Höherwertige Modulationsverfahren, konkret QPSK, 16QAM und 64QAM.

Eine schlanke Netzwerkarchitektur und die ausschließlich paketvermittelte Datenübertragung erlauben außerdem schnelle Reaktionszeiten des Mobilfunknetzes. Dies führt dazu, dass beispielsweise Internetseiten auf einem LTE-Smartphone deutlich schneller aufgebaut werden können als bei Verwendung älterer Technologien.

Besondere Fähigkeiten von LTE und zukünftige Verbesserungen

Durch die Einführung von LTE konnten Netzbetreiber die steigenden Anforderungen erfüllen. Der Erfolg dieser Technologie lässt sich auch daran ablesen, dass seit dem Einschalten des ersten kommerziellen LTE-Netzes Ende 2009 bereits 318 kommerzielle Netze in 111 Ländern weltweit implementiert wurden – so die Global mobile Suppliers Association (GSA), Stand Ende Juli 2014. Parallel zur Einführung von LTE wurde bereits an weiteren Verbesserungen gearbeitet, die teilweise schon kommerziell zur Anwendung kommen.

LTE verfügt über einen spezifischen „enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service“ (eMBMS). Dieser erlaubt es, mehreren Teilnehmern in einer Zelle die gleiche Ressource (Frequenz und Zeit) zuzuordnen. Es handelt sich um eine sehr effiziente Methode, um zum Beispiel Mobile-TV-Anwendungen zu adressieren, bei der viele Teilnehmer zur gleichen Zeit die gleichen Daten empfangen. Dieser Modus erlaubt es auch, Endgeräten eine neue Software effizient aufzuspielen, was bislang in aller Regel über einzelne Datenverbindungen pro Gerät erfolgt. Das heißt eMBMS könnte eingesetzt werden, um alle Geräte einer bestimmten Baureihe, zeitgleich mit einer neuen Firmware zu versorgen. Das spart Kapazität und erlaubt damit mehr Teilnehmer im Netz. Eine weitere Verbesserung ist die Möglichkeit, mehrere 20-MHz-Träger für ein

Bild: I-Pass



Robert Kunst,
Regional Sales-Director Dach, I-Pass

Hase und Igel in der Datenkommunikation

Der flexible Zugang zum Internet ist in der modernen Geschäftswelt erfolgsentscheidend. Gefragt sind stabile Kanäle mit Bandbreiten, die den mobilen Umgang mit Applikationen und Daten ermöglichen.

Die Netzbetreiber investieren massiv in Technologie und Infrastruktur – nicht zuletzt, um dem steigenden Datentransfervolumen gerecht zu werden. Dabei geht es nicht nur um das Angebot in der Fläche, wo es keine Alternativen zu 4G/LTE gibt, das Mobilfunknetz soll eine Alternative zu Wi-Fi werden. Was aber, wenn sich Netzausbau und steigende Anforderungen der Nutzer aufschaukeln und die Qualität unterm Strich gleich schlecht bleibt?

Denn auch LTE-Netze versprechen nur Bandbreiten, die sich die Nutzer auf Kosten der Performanz teilen müssen. Und wenn in einer mehrere Quadrat-kilometer großen Mobilfunkzelle immer größere Datenpakete hin- und hergeschoben werden, dürfte die Bandbreite auch künftig zur falschen Uhrzeit am falschen Ort in die Knie gehen. Darüber hinaus verlangsamen die Genehmigungsverfahren den zügigen Ausbau der Netze.

Hingegen vermag die viel kleinere Wi-Fi-Zelle bei gleichem Spektrum größere Bandbreiten in die Fläche zu bringen. Auch sie kann überlastet sein, was wegen der viel niedrigeren Userzahl jedoch kaum vorkommt. Zudem ist in dem unregulierten Bereich Wachstum viel einfacher möglich, denn Access-Points können genehmigungsfrei aufgebaut werden.

Wie im Märchen von Hase und Igel mag Mobilfunk also im Datenrennen immer schneller werden, aber Wi-Fi ist stets vorher am Ziel. Mobile Geschäftskunden sind daher gut beraten, auf einen gesunden Mix aus zellularen und Wi-Fi-Verbindungen zu setzen und beide Technologien optimal zu nutzen. Denn auch wenn die dauerhafte Konnektivität per Mobilfunk von Zelle zu Zelle auf der Autobahn äußerst wichtig ist, werden daneben garantierte Wi-Fi-Bandbreiten an Business-Points wie Hotels, Kongress-Zentren, Bahnhöfe und Züge, Flughäfen und Flugzeuge unverzichtbar bleiben.

(DK)

einzelnes Endgerät zu kombinieren. Netzbetreiber verfügen im Allgemeinen über mehrere Frequenzbänder, zum Beispiel bei 800 MHz, bei 1800 MHz und bei 2600 MHz. Wird in all diesen Bändern LTE eingesetzt, so können mit Hilfe des so genannten CA-Features (Carrier-Aggregation) theoretisch bis zu fünf einzelne Träger kombiniert werden. Zurzeit befinden sich Endgeräte, die zwei Träger unterstützen, im kommerziellen Betrieb. Endgeräte, die drei Träger kombinieren können, sind bereits in der Entwicklung. CA ist zurzeit die bedeutendste LTE-Verbesserung, welche es erlaubt, Datenraten weiter zu steigern. Damit kann jeder einzelne Teilnehmer noch schneller bedient werden, was letztlich die Kapazität des Mobilfunknetzes erhöht.

Da WLAN in fast allen Endgeräten implementiert ist, besteht im privaten Umfeld, aber auch an vielen öffentlichen Orten die Möglichkeit, WLAN-Verbindungen zu nut-

zen. Einige Mobilfunkbetreiber setzen WLAN-Hot-Spots vor allen an exponierten Orten wie Flughäfen ein und stellen damit einen alternativen Internetzugang zur Verfügung. Einfaches Ein- und Ausschalten der WLAN-Funktion am Endgerät steuert dabei den Zugriff. Gegebenenfalls erlaubt eine Applikation auf dem Endgerät automatisch umzuschalten, sobald ein Hot-Spot mit ausreichender Leistung empfangen wird. Dabei wird allerdings immer der komplette Datenverkehr entweder über Mobilfunk oder über WLAN geroutet. Zurzeit wird an Lösungen gearbeitet, die eine selektive Verschiebung der Datenverbindungen erlauben. Damit ist es beispielsweise möglich, eine einfache E-Mail-Anwendung, die im Hintergrund abläuft, über WLAN zu bedienen, und gleichzeitig eine Video-Übertragung über die leistungsfähige LTE-Technologie zu realisieren. Die Netzbetreiber erhalten dadurch eine wesentlich höhere Flexibilität



Michael Vollert, Director Central Europe,
Spirent Communications

Netzqualität – Bandbreite ist nicht alles

Mehr Bandbreite galt in der Vergangenheit immer auch als Zaubermittel für die Zufriedenstellung der Kundenwünsche und häufig genug auch als Lösungsansatz für diverse Probleme. Mit dem Boom bei der mobilen Nutzung läuft auch der Ausbau der LTE-Mobilfunknetze weltweit auf vollen Touren. Nur greift das Allheilmittel Kapazität hier nur bedingt, weil eine Vielzahl von Interdependenzen zwischen Geräten, Applikationen und Netzen die Nutzungsqualität für den Anwender beeinflussen.

Mobilfunkbetreiber verfügen über zwei Stellschrauben, um Kunden zu gewinnen, zu behalten und die notwendigen Einkünfte zu generieren, die für den Betrieb und den Ausbau ihrer Infrastrukturen notwen-

dig sind: Preis und Qualität. Die Sicherstellung der Quality-of-Experience gewinnt im Wettbewerb deshalb zunehmend an Bedeutung. Erforderlich sind entsprechende Tests der Performance unter echten Bedingungen im Vorfeld der Einführung. Weil sich Mobilgeräte mit ihren Chipssets und Antennentechnologien im Feld unterschiedlich verhalten, müssen Durchsatz- und Funktionstests die individuellen Geräte einbeziehen. Das geht hin bis zur Prüfung der Sprachqualität einzelner Devices. Die gegenwärtige Herausforderung heißt deshalb Customer-Experience-Management.

Um dies zu erreichen, müssen Service-Provider verstehen und quantifizieren können, wie ihre Kunden die Qualität der angebotenen Services tatsächlich wahrnehmen. Dazu ist es notwendig, Milliarden technischer Datensätze täglich von Netzwerkgeräten, Probes und Mobile-Devices zu erfassen, zu aggregieren und intelligent auszuwerten, um Rückschlüsse auf die Qualität und mögliche Fehlerursachen ziehen zu können. Wohlgemerkt – einzig zum Zwecke der Qualitätssicherung. Entsprechende Lösungen erlauben heute, auftretende Probleme auf einzelne Netzwerkkomponenten oder Gerätetypen herunterzubrechen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um die Nutzererfahrung zu verbessern und möglicher Kundenfluktuation entgegenzuwirken. (DK)

und eine weitere Möglichkeit, ihren Endkunden höhere Datenraten und mehr Kapazität zur Verfügung zu stellen.

Wie bereits beschrieben, wird in einem LTE-Netz die gleiche Frequenz in jeder Zelle verwendet. Damit entstehen an Zellgrenzen prinzipiell Störungen. Ein Endgerät mit einer aktiven Verbindung zu einer Basisstation empfängt die Signale der Basisstation einer Nachbarzelle, die ihrerseits Signale an verbundene Endgeräte sendet. Die dadurch entstehenden Interferenzen beeinträchtigen die erreichbare Datenrate. Um diesem Effekt entgegenzuwirken wurde das so genannte „CoMP“-Feature (Coordinated Multipoint Transmission and Reception) eingeführt. Es erlaubt das koordinierte Senden eines Signals für ein Endgerät an der Zellgrenze. Die Koordinierung kann unterschiedlich realisiert werden. Im einfachsten Fall wird lediglich entschieden, welche der potenziell möglichen Basisstationen zur Übertragung genutzt wird. Darüber hinaus



Bild: Rohde & Schwarz

„SwissQual QualiPoc Android“ ist ein Smartphone-basiertes Produkt für die Optimierung von Mobilfunknetzen. Es bietet Funktionen für Gesprächsdaten-, Video- und Messaging-Tests aus der tatsächlichen Endbenutzersicht und ermöglicht es, Schwach- oder Störquellen im Mobilfunknetz gezielt zu ermitteln.

können auch Ressourcen (RBs) für die Endgeräte abgestimmt werden oder sogar Antennendiagramme der involvierten Basisstationen so ausgerichtet werden, dass Störungen minimiert werden.

Letztlich erlaubt eine abgestimmte Beeinflussung des Basisbandsignals (Precoding) in Verbindung mit der MIMO-Technologie

eine optimale Versorgung an der Zellgrenze. Letzteres bedeutet jedoch, dass die Nutzdaten eines Endgeräts an jeder involvierten Basisstation zur Verfügung stehen. Damit verbunden sind hohe Kapazitäten auf den Leitungen zwischen den Basisstationen, die zudem eine sehr geringe Latenzzeit aufweisen müssen, um die Übertragung den sich ändernden Ausbreitungsbedingungen schnell anpassen zu können. Realistisch bedeutet dies, dass Glasfaserverbindungen benutzt werden müssten, die jedoch nicht notwendigerweise zur Verfügung stehen.

Auch auf Endgeräteseite kann der Interferenz begegnet werden, indem verbesserte Empfänger diese spezifischen Störungen erkennen und mit geeigneten Algorithmen aus dem Empfangssignal herausrechnen. Dem Endgerät können hierbei zusätzliche Informationen über die potenziellen Störungen gesendet werden, um die Berechnung zu verbessern. Das Feature ist in der LTE-Standardisierung unter dem Namen „further enhanced InterCell Interference Coordination“ (feICIC) bekannt.

Bei allen Verbesserungen, die LTE und LTE-Advanced mit sich bringen, darf man jedoch nicht vergessen, dass die Integration in bestehende Mobilfunktechnologien essenziell ist. Eine flächendeckende Versorgung mit 4G erfordert Zeit, so dass effiziente Handover in die verfügbaren 2G- und 3G-Technologien eine Notwendigkeit bleiben. Außerdem gibt es viele Anwendungsfälle, bei denen eine kleine Datenrate ausreichend ist, jedoch der Fokus auf einer kosteneffizienten Lösung liegt und zudem sehr lange Batterielaufzeiten gefordert sind. In diesem so genannten M2M-Umfeld (Maschine-to-Maschine) werden daher vielfach Module mit vergleichsweise einfacher GPRS-Technologie genutzt. Zwar werden auch bei LTE einige Vereinfachungen eingeführt, die M2M-Anwendungen adressieren, trotzdem ist zu erwarten, dass bereits etablierte und vor allem kosteneffiziente Lösungen auch weiterhin eine signifikante Rolle spielen werden.

Was steuert die Messtechnik bei?

Die Messtechnik spielt sowohl bei der Einführung neuer Technologien als auch im Betrieb bestehender Mobilfunknetze eine zentrale Rolle. Unzählige Testlösungen sind erforderlich, bei der Entwicklung von hochintegrierter Chiptechnologie für moderne Smartphones und bei der Herstellung von Endgeräten, Basisstationen und Vermittlungsknoten im Mobilfunknetz des Betrei-

funkschau EXPERTENKOMMENTAR

bers. Des Weiteren kommen Testlösungen bei der Inbetriebnahme des Netzes und zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Netzes im Betrieb zum Einsatz.

Zunächst gilt es für Netzbetreiber, die richtigen Infrastrukturprodukte zum Betrieb des Netzes zu selektieren. Unter anderem kommen hier Signalgeneratoren und Spektrum-/Signalanalysatoren zum Einsatz. Im Endgerätebereich definiert das „Global Certification Forum“ (GCF) diverse Tests, deren Erfüllung für eine Zertifizierung gefordert sind. Viele Betreiber spezifizieren zusätzliche Tests, die besondere Anforderungen ihres Netzes widerspiegeln. Ein Testgerät wie beispielsweise der CMW500-Wideband-Radio-Communication-Tester von R&S emuliert hierzu alle notwendigen Funktionen des Mobilfunknetzes und überprüft sowohl, ob sich das Endgerät richtig verhält – funktionaler Test der implementierten Protokolle – als auch ob dessen Hardware korrekt implementiert ist; beispielsweise, ob es Vorgaben zur maximalen Sendeleistung einhält.

Bei der Inbetriebnahme einer Basisstation im Feld sind handliche Testgeräte gefragt, mit denen sich schnell überprüfen lässt, ob zum Beispiel die regulatorischen Anforderungen erfüllt werden. Nach der Inbetriebnahme müssen Mobilfunkbetreiber ihr Netz optimieren, das heißt Parameter wie Handover-Schwellwerte müssen angepasst werden, oder Lücken in der Abdeckung aufgespürt werden, um bestmögliche Datenraten zu realisieren. Lösungen wie das „SwissQual QualiPoc“ implementieren eine Messapplikation in einem handelsüblichen Smartphone. So kann die Testlösung wie eine normale App genutzt werden (siehe auch Bild links). Damit können Netzbetreiber insbesondere die Leistungsfähigkeit aus Sicht des Endnutzers bewerten – End-User-Experience.

Im Kern-Netz des Mobilfunkbetreibers, wo alle Datenströme verarbeitet werden, ist es heute zunehmend wichtig, bis auf Paketebene den Datenverkehr analysieren zu können. Dies erlaubt es, den Datenverkehr zu klassifizieren und so Datenpakete eines Services – oder gleichartiger Services – optimal durch das Netz zu routen. Die DPI-Technologie (Deep-Paket-Inspection) erlaubt hierbei die Analyse bis auf Paketebene. Die gleiche Funktionalität ist auch im Endgerätetest von besonderem Interesse. So lässt sich beispielsweise analysieren, wie viele IP-Datenströme – einschließlich der benutzten Protokolle – ein Smartphone

Bild: Tata Communications



Jeff Bak, Vice President of Mobile Solutions bei Tata Communications

Die drei großen Herausforderungen der Datenflut

Der mobile Datenverkehr wächst explosionsartig; Analysten prophezeien sogar eine Verzwölfachung des mobilen Datenstroms bis 2018. Dies ist unter anderem auf neue Technologien wie LTE und 4G zurückzuführen. Neben den vielen Chancen, die dies mit sich bringt, sollten Mobilfunkbetreiber einige Punkte beachten, um diese Entwicklung gewinnbringend für sich zu nutzen.

Die Netzwerke stoßen in absehbarer Zukunft an ihre Kapazitätsgrenzen. Weltweit setzen Mobilfunkanbieter deshalb auf den Ausbau und Einsatz von 4G-Technologien – insbesondere von LTE-Advanced, das Übertragungsraten von bis zu 1 GBit/s ermöglicht. Zur maximalen Frequenzausnutzung setzen sie in dicht

besiedelten Gebieten Mikrozellen ein und entwickeln Wi-Fi-Auslastungsstrategien. Zur Sicherstellung einer gleichbleibenden Performance und ununterbrochener Verfügbarkeit gegenüber den Endverbrauchern nutzen Mobilfunkbetreiber und ihre Roaming-Partner zunehmend Cloud-basierte Inhalte und Anwendungen, die außerhalb ihres Mobilfunknetzes abgelegt werden. Sie müssen also Kapazität und Performance in einem sehr viel breiteren Ökosystem überwachen.

Der Netzwerk-Backbone stellt sowohl hinsichtlich nationaler Übertragungsnetze als auch der Schnittstelle zu Cloud-basierten Inhalten, Anwendungen und Service-Plattformen eine weitere Herausforderung dar. Mobilfunkanbieter sollten hier Technologien einsetzen, die die Übertragung hoher Kapazitäten – vor allem an den zentralen Übertragungspunkten – ermöglichen. Auch wenn aktuell Übertragungskapazitäten von bis zu 400 GBit/s möglich sind, bleibt es herausfordernd, mit dem zunehmenden Kapazitätsbedarf Schritt zu halten. Aus diesem Grund sollten Mobilfunkanbieter zusätzlich mehrere Backbone-Links skalieren.

Die dritte Herausforderung liegt in der Bereitstellung von segmentierten Angeboten, um Kundengruppen vom Highend-Prosumer bis zum gelegentlichen Internetsurfer anzusprechen und zu binden. Eine gelungene Marktsegmentierung erfordert nicht nur Upgrades auf Operational- und Business-Support-Systeme, sondern auch eine gemeinsame Marktbearbeitung von Anwendungs- und Plattformbetreibern, um kreative Angebote sowohl für bestehende Nutzer mobiler Daten als auch für die, die nur Sprach- und Nachrichtendienste nutzen, zu entwickeln. (MK)

allein durch im Hintergrund laufende Applikationen ständig aufrechterhält.

Im Betrieb eines Mobilfunknetzes kann es letztlich auch immer zu unvorhersehbaren Störungen kommen. Diese gilt es schnellstmöglich zu identifizieren und zu eliminieren. Monitoring-Tools im Mobilfunknetz ebenso wie mobile Interference-Hunting-Lösungen kommen hierbei zum Einsatz. So können beispielsweise defekte Leuchtreklamen Interferenzen in einem Empfangsband einer Basisstation auslösen und so den gesamten Datenverkehr einer Zelle beeinträchtigen.

Fazit und Ausblick

Die hohe Leistungsfähigkeit der LTE/LTE-Advanced-Technologie, dessen Integration mit bestehenden 2G/3G-Mobilfunknetzen und eine optimierte Nutzung von WLAN

erlauben es Netzbetreibern, auch mittelfristig die fortlaufend steigenden Big-Data-Anforderungen ihrer Endkunden zu erfüllen. Broadcast-/Multicast-Lösungen erweitern die Flexibilität im System. Zudem spielen bereits heute M2M-Anwendungen eine große Rolle. Es wird erwartet, dass allein bedingt durch die steigende Anzahl der Dinge, die künftig miteinander kommunizieren werden (Internet-of-Things), weitere signifikante Verbesserungen erforderlich sind. Daher diskutiert die Mobilfunkbranche im Forschungsumfeld bereits 5G mit Blick auf das Jahr 2020 und danach. (DK/MK)



Meik Kottkamp,

Technologie Management Mobilfunk
bei Rohde & Schwarz, München