

An der Luftschnittstelle

LTE sorgt für neue Herausforderungen bei Kapazitätstests

Nick Carter,
Stephen Hire

Sowohl Netzbetreiber als auch Hersteller der Netztechnik müssen LTE-Netze unter realistischen Bedingungen testen, um einerseits die Funktionen sicherzustellen und andererseits Kapazität und Durchsatz zu ermitteln und zu optimieren. Dabei bringt die Einführung von LTE neue Herausforderungen für die Kapazitätstests mit sich, denn Technik und Vorgehensweise unterscheiden sich von denen der 3G-Netze. LTE hat im Vergleich zu UMTS eine flachere Architektur, und damit sind die Netzschnittstellen im Basisband, die traditionell für Kapazitätstests benutzt werden, nicht mehr verfügbar.

Tests der Mobilfunkinfrastruktur werden üblicherweise zuerst im Labor, dann im Feld durchgeführt. In der Entwicklung werden alle Funktionen genauestens überprüft, um die Übereinstimmung mit den 3GPP-Spezifikationen sicherzustellen, zunächst mit einem einzelnen Endgerät (User Equipment – UE). Mit Hilfe der neuesten Testendgeräte können sogar mehrere UEs simuliert werden, so dass genau und wiederholbar nachgewiesen werden kann, ob die Basisstation sich korrekt verhält, wenn mehrere Handys mit ihr verbunden sind. Gleichzeitig werden so auch die Algorithmen der Basisstation, mit denen den Endgeräten Ressourcen im Netz zugeteilt werden, optimiert. Damit kann das Netz getestet werden, bevor echte Handys oder Datenendgeräte verfügbar sind. Der nächste Testschritt besteht aus Messfahrten. Aber da vor der Bereitstellungsphase nur wenige Nutzer mit dem Netz verbunden sind, sind die Ergebnisse meist nicht mit denen bei Vollausslastung vergleichbar. So kann es in einem echten Netz vorkommen, dass eine große Zahl von Kunden die Netzdienste gleichzeitig nutzen will, z.B. an Flughäfen, wo 500 Passagiere nach einem Langstreckenflug ihr Handy einschalten. Mit Hilfe von Netzkapazitätstests prüfen die Infrastrukturhersteller, ob Netz und Basisstationen mit solchen Situationen zuverlässig umgehen können und welche maximalen Kapazitäten spezifiziert werden können, bevor weitere Komponenten installiert werden müssen.

Netzarchitektur

Das LTE-Netz umfasst verschiedene Elemente wie Server, Extended Packet Core (EPC), Basisstationen (eNB) und Antennensysteme (Bild 1). Wichtig ist, dass das ganze Netz in vielen realistischen Szenarien getestet werden muss, z.B. bei mehreren Zellen mit

mehreren tausend verbundenen UEs, MIMO-Betrieb und Nutzern, die verschiedenste Dienste anwenden wollen. Ein speziell ausgelegtes System für Kapazitätstests generiert hohen Datenverkehr auf der Luftschnittstelle und beobachtet das Netz an verschiedenen Messpunkten. Alternativ können EPC und Server emuliert werden, um die Grenzen der eNBs auszuloten. Beide Testaufbauten haben zum Ziel, die Leistungsfähigkeit in einer Vielzahl von Szenarien zu messen.

Systeme für Kapazitätstests

Netzbetreiber und Infrastrukturhersteller benötigen Kapazitätstests, bevor ein Netz in den kommerziellen Betrieb übergeht. Die Netzbetreiber sehen die Kapazitätstests im Zusammenhang mit ihren Auf- und Ausbauplänen und untersuchen die Leistungsfähigkeit der gelieferten Netzkomponenten im Kontext des ganzen Netzes – sowohl für neue als auch für den Ausbau vorhandener Netze. Der kommerzielle Netzbetrieb wird erst dann aufgenommen, wenn Vertrauen in das Systemverhalten und die Leistungsfähigkeit besteht.

Die Betreiber wollen die Leistung der Komponenten verschiedener Hersteller auch messen und vergleichen können. Jeder Hersteller implementiert seine eigenen Algorithmen für die Verteilung der Netzressourcen; die Unterschiede beeinflussen Leistungsfähigkeit und Effizienz und damit auch die Gesamtleistung. Mit Kapazitätstests kann der Betreiber die Leistung und die Abhängigkeit der Komponenten voneinander in verschiedenen Szenarien konsistent vergleichen. Infrastrukturlieferanten nutzen Kapazitätstests, um die Leistungsfähigkeit ihrer Komponenten unter lebensnahen Bedingungen zu optimieren, z.B. durch statistische Tests mit einer großen Zahl von UEs und mehr Zellen

Nick Carter und Stephen Hire sind bei Aeroflex Test Solutions in Stevenage, England, beschäftigt

über einen längeren Zeitraum. Mit der Möglichkeit, echte Nutzungsszenarien zu emulieren, bekommt der Lieferant mehr Sicherheit, dass die Kapazität des wirklichen Netzes die Erwartungen erfüllt.

Die Entwicklungsteams der Netzlieferranten wiederum entwickeln die eNBs und andere Netzkomponenten und nutzen Testendgeräte, um die 3GPP-Merkmale zu testen. Diese Kernfunktionalität hat detaillierte Funktionstests in der Entwicklung bestanden, bevor sie an die Kapazitätstestteams übergeben wird, die das Verhalten im Gesamtsystem untersuchen.

Viele Hersteller haben ihr Geschäftsmodell vom Hersteller von Netzhardware zum Serviceanbieter geändert und übernehmen daher auch mehr Verantwortung für die Netz-Performance und Zuverlässigkeit. Sie profitieren von der Möglichkeit, im Labor zu testen. Funktionstests von einzelnen Leistungsmerkmalen sagen aber nichts über das Verhalten im kommerziellen Netz mit einer Vielzahl von Nutzern und anderen, parallel genutzten Diensten aus. Je besser die Möglichkeiten im Grenzbereich bekannt sind, umso einfacher ist es für den Servicebereich, zuverlässige Netze zu liefern und zu warten. Treten wirklich einmal Probleme auf, kann der Hersteller mit einem unabhängigen, frei erhältlichen Testsystem detailliert, schnell und glaubwürdig Rückmeldung über die möglichen Ursachen und Lösungen geben.

Darum sind LTE-Kapazitätstests anders

3G-Netzbetreiber haben bereits Erfahrungen mit Problemen durch datenhungrige Smartphones gemacht, die die Netzkapazität auslasten und Anrufe verhindern. LTE begünstigt eine noch größere Mischung von Teilnehmerdiensten wie Sprache, Video, Webaufrufe, E-Mail und soziale Netze, die sehr unterschiedliche Datenverkehrsprofile aufweisen und daher die Netz-Performance auf schwer vorhersagbare Weise beeinflussen.

Gleichzeitig kommt der von UMTS bekannte Radio Network Controller (RNC), ein wichtiges Element im UM-

TS-Zugangsnetz (UMTS Radio Access Network – UTRAN) für LTE nicht mehr zum Einsatz. Er wurde für Kapazitätstests als Zugangspunkt zum 3G-Netz genutzt. Aus diesem Grund muss man für Tests auf die Luftschnittstelle ausweichen. Bild 2 zeigt die UTRAN- und die LTE-Netzarchitektur im Vergleich.

Leitungsvermittelte Gespräche sind bei LTE nicht mehr vorgesehen, alles, ggf. bis hin zur Übertragung von Sprache, basiert auf dem Internetprotokoll. Dadurch wurde die Dienstgüte (Quality of Service – QoS) wichtiger, nicht zuletzt weil die Teilnehmer einen besseren Service erwarten. IP-Netze übertragen Daten ursprünglich, also wie sie gerade kommen. Das aber ist für Echtzeitsdienste wie Sprache und Video inakzeptabel, da Verzögerungen kaum tolerierbar sind. Der QoS-Ansatz stellt sicher, dass jeder Dienst vom Netz entsprechend priorisiert wird.

LTE-Netzkapazitätstests

Durch ein langsames Steigern der Zahl benutzter UEs lässt sich der im echten Betrieb erwartete Datenverkehr simulieren, einschließlich Handover innerhalb und zwischen Zellen. Wenn die Zahl der UEs in die hunderte geht, ist ein Kapazitätstestsystem die beste Lösung, um möglichst realistische Testszenarien durchzuspielen.

Dabei kommt den Kapazitätstests in der gesamten Teststrategie eine wichtige Rolle zu. Zunächst wird in der Entwicklung sichergestellt, dass die Funktionalität in einer neuen Version gewährleistet ist (Regressionstests). Anschließend konzentrieren sich Kapazitätstests auf kundenspezifische Tests, d.h. für einen Netzbetreiber. Sie werden mit unterschiedlichen Dienstmischungen durchgeführt, mit steigender Zahl von UEs und Zellen. Da-

bei werden dann auch neue Versionen mit neuen Funktionen in die Kapazitätstests eingeführt.

Ist die Kapazität zufriedenstellend, kann mit Performance-Tests begonnen werden, um die maximale Effizienz aus dem Netz herauszuholen, also die maximale Anzahl von Bits je Euro. Eine komplexe, mehrdimensionale Optimierung ist notwendig, um Netzeffizienz, individuelle UE- (QoS) und

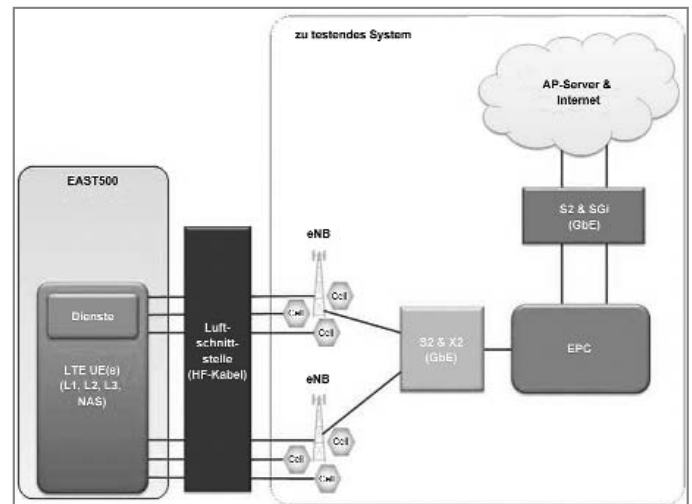


Bild 1: LTE-Netzarchitektur

Anwendungs-Performance (Quality of Experience) auszutarieren. Die Testkampagnen können kundenspezifisch ausgelegt werden, um Unterschiede zwischen den Betreibern zu erreichen, z.B. neue Leistungsmerkmale oder höhere Datenraten, oder um unterschiedliche Dienstmischungen oder Nutzerverhalten zu simulieren. Es können auch die Erfahrungen aus früheren Versionen und eigene Effizienzkriterien einfließen.

Dabei ist es nicht einfach, mit den Änderungen der 3GPP-Spezifikationen mitzuhalten. Die Versionsnummer muss zwischen den Lieferanten von eNBs, Netz und allen Hilfsmitteln gleich gehalten werden. Die Prioritäten bei neuen Funktionen können sich ständig ändern, verursacht durch neue Kunden (Betreiber) oder Änderungen der Betreiberanforderungen. Häufig werden zusätzliche Leistungsmerkmale zum Netz hinzugefügt, wenn der Hersteller neue Verträge mit Betreibern abschließt.

Ein Problem kann ebenso die fehlende Reife der Testgeräte darstellen. Der Aufwand, mit dem die Interoperabi-

lität mit dem Netz erreicht wird, wird oft unterschätzt. Das kann dazu führen, dass die Hersteller viele Monate vor Ort arbeiten, während sie gleich-

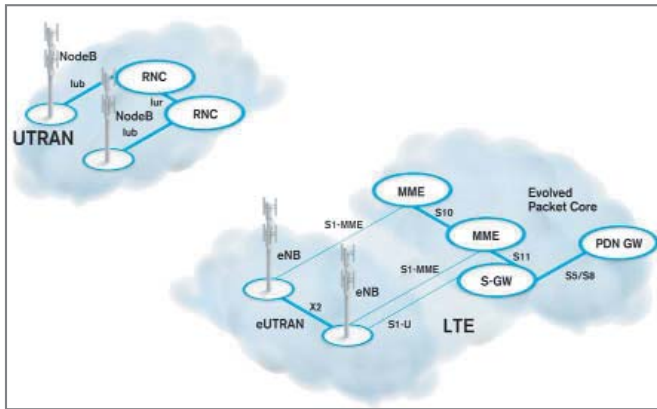


Bild 2: Vergleich von 3G-UTRAN- (links) mit LTE-Architektur

zeitig ihre Geräte weiterentwickeln. Die Priorität für Betreiber und Lieferanten muss sein, ihre Zeit mit Fehlersuche und Optimierung der Systeme und nicht der Testmittel zu verbringen. Eine weitere Herausforderung besteht in der gleichzeitig laufenden Aktualisierung nach 3GPP und der aggressiven Erhöhung der Zahl von UEs; in der Praxis ist es schwierig genug, die Teilnehmerzahl zu erhöhen und die Stabilität zu verbessern und gleichzeitig die Funktionalität zu erhalten. Wenn der Hersteller des UE-Simulators mehrere 3GPP-Versionen unterstützt, wird der Übergang zwischen verschiedenen Versionen planbarer, und mit entsprechender Entwicklungsunterstützung kann der Hersteller des Simulators schnell auf Änderungen bei den Funktionsanforderungen reagieren.

Grenzen der Testgeräte

Können Probleme im Feld nicht im Labor nachvollzogen werden, wird es schwierig. Labortests sind viel günstiger und wiederholbarer als in der freien Wildbahn. Es können Testszenarien entwickelt werden, die im Feld nicht oft vorkommen, und das Netz kann unter Last getestet werden, bevor es echte Teilnehmer gibt. Sind die Testszenarien jedoch nicht korrekt, könnten Probleme übersehen werden, die dann erst durch Kundenbeschwerden entdeckt werden. Ein wichtiger Ansatzpunkt ist die Untersuchung der HF-Umgebung, die der

UE-Simulator im Labor nachbildet. Ist das Problem nicht schon bekannt, ist es schwierig, die richtigen Messdaten für den UE-Simulator zu bestimmen, mit denen es entdeckt werden soll – starke Mess- und Diagnosewerkzeuge sind daher unverzichtbar. Jeder Hersteller entwickelt seine eigenen Algorithmen. Kapazitätstests bieten damit nicht nur einen Einblick in die Leistungsfähigkeit und Effizienz dieser Algorithmen, sondern können auch hilfreich für die Ingenieure sein, um Wege zu ihrer weiteren Verbesserung zu finden.

Vollständige Tests sind wichtig

Es ist von Vorteil, wenn das gleiche Testgerät sowohl im Labor als auch vor Ort angewendet werden kann, da im Feld gefundene Probleme dann leichter im Labor nachvollziehbar sind. Die schnelle Ursachenfindung ist wichtig. Die meisten UE-Simulatoren konzentrieren sich auf die wichtigsten Performance-Indikatoren (KPIs) der Netzbetreiber, aber für die effiziente Fehlersuche und Performance-Optimierung sind Untersuchungen in allen Schichten des Protokolls notwendig. Algorithmen, die von dem eNB abhängen wie der Scheduler, beeinflussen direkt die Leistungsfähigkeit und Effizienz. Man muss sich also fragen, inwieweit die gelieferten Messdaten Einblick auf die Arbeitsweise des Schedulers geben. Detaillierte Daten von der untersten Schicht, wie z.B. die Nutzung von Datenblöcken, sind essenziell. Für die meisten Netzbetreiber und Hersteller ist ein UE-Simulator an der Luftschnittstelle eine bessere Lösung als echte UEs. Bei UE-Simulatoren ohne Hochfrequenz – unter Nutzung einer Basisbandschnittstelle – reichen die Gemeinsamkeiten mit echten UEs jedoch nicht aus. Das EAST500 von Aeroflex z.B. (Bild 3) ist ein integriertes System für Kapazitätstests an LTE-

Netzen; getestet wird über die Luft mit echten Datendiensten und Anwendungen. Es wurde für Kapazitätstests entwickelt, die die tatsächliche Welt in einer Laborumgebung simulieren, und ist eine Weiterentwicklung des weltweit eingesetzten LTE-Test-UE TM500 für die eNB-Entwicklung. Dank dieser großen installierten Basis sparen Betreiber und Hersteller eine Menge Zeit bei der Einarbeitung in das Kapazitätstestsystem. Mit dem EAST500 kann das Testlabor tatsächliche Szenarien und aufgetretene Probleme reproduzieren und umfangreiche KPI-Messungen durchfüh-



Bild 3: Netzkapazitätstestsystem EAST500

ren. Zudem wird Laborausrüstung an der Luftschnittstelle auch im Feld benutzbar, um die Ergebnisse mit hoher Genauigkeit vergleichen zu können. Messungen werden auf allen Protokollebenen des UE durchgeführt, um die bestmöglichen Informationen für die Diagnose zu erhalten. Die Hardware ist flexibel und skalierbar, abhängig von der Zahl der benötigten UEs und Funkzellen. Das System bietet echte Ende-zu-Ende-Lasttests für LTE über die Luftschnittstelle – für FDD (Frequency Division Duplex) und TDD (Time Division Duplex). Zudem wird das System ständig um weitere 3GPP-Funktionen ergänzt. Die Arbeiten an 4x4-MIMO und LTE-Advanced für noch höhere Datenraten haben bereits begonnen. (bk)