

Selbst ist das Netz

Warum selbstorganisierende Netze gerade jetzt?

Hajo Bakker, Lutz Ewe,
Edgar Kühn

Selbstorganisation in Mobilfunknetzen ist ein Schlüsselfaktor für die Einführung neuer, leistungsfähigerer Techniken, um den Mobilfunk für das mobile Internet und Multimedia-dienste fit zu machen. Schon vor einem Jahr war mit LTE (Long Term Evolution) auf dem Mobile World Congress in Barcelona der Mobilfunkstandard der nächsten Generation eines der am meisten diskutierten Themen. Hier zeigte zum Beispiel die Bell Labs Germany in einer Livedemo eine selbstorganisierende Ressourcenzuweisung für ein LTE-Mobilfunknetz. Solch eine Ressourcenzuweisung ist bisher eine klassische Aufgabe der Funknetzplanung, die traditionell mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden ist. Mit Hilfe des Bell-Labs-Verfahrens kann diese nun selbstorganisiert in den Basisstationen ablaufen.

Bereitstellung und Betrieb von Funk- und Zugangsnetzen im Mobilfunk sind komplex und kostenintensiv, insbesondere was Installation, Wartung und Optimierung der Netzknoten angeht. Anfangs muss eine große Anzahl kritischer Zugangsnetzparameter konfiguriert werden, um die Basisstationen zu initialisieren. Dafür wird eine Startkonfiguration verwendet, die die Inbetriebnahme der Basisstation erlaubt. Im laufenden Betrieb wiederum müssen immer wieder Optimierungen vorgenommen werden, um die erforderliche Servicequalität (QoS) und eine gute Netzeffizienz zu gewährleisten. Beide Aufgaben werden von Netzmanagementsystemen unterstützt, sind aber stark auf die ständige Intervention von Mitarbeitern des Betreibers angewiesen. Es kommt daher nicht von ungefähr, dass die Netzbetreiber – gerade im Hinblick auf LTE – intensiv darauf dringen, Verfahren zur Selbstorganisation der Netze (Self-Organizing Networks – SON) einzuführen. Dies soll verhindern, dass mit dem LTE-Einsatz das Gesamtnetz aufgrund der zunehmenden Heterogenität noch komplexer wird als die bereits bestehende Infrastruktur. Zudem sollen durch das Minimieren der manuellen Eingriffe bei Einrichtung und Betrieb der Netzknoten Kosten gesenkt werden. Den Weg dorthin bereiten insbesondere die selbstständige Konfiguration und Optimierung. Nach dem aus IT-Umgebungen bekannten Plug-and-Play-Prinzip soll die Inbetriebnahme der Netzknoten und neuer Funkzellen automatisiert werden. Bei Ausfällen soll eine schnelle Umkonfiguration erfolgen, um z.B. die Nichtverfügbarkeit einer Zelle zu kompensieren. Ein weiteres Ziel ist, durch eine optimierte Netzabdeckung Zellkapazität, Servicequalität und Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Dafür sollen automatisierte Optimierungen sorgen, die zwar vom Betrei-

ber überwacht werden, dabei jedoch autonom und kontinuierlich ablaufen können. In den Knoten der Funknetze und im netzüberwachenden Operation and Maintenance Center (OMC) kommen dazu selbstorganisierende Verfahren zum Einsatz. Auch die Endgeräte der Mobilfunkkunden sind an den SON-Funktionen beteiligt; sie liefern Signalstärke- und -qualitätsmessungen. Während das OMC an die Basisstationen Optimierungsregeln liefert, versorgen die Basisstationen das OMC im Gegenzug mit Berichten über den aktuellen Optimierungsstatus. Zur Unterstützung der Selbstorganisation werden bestimmte Messgrößen standardisiert. Basisstationen müssen Informationen über die aktuelle Zelllast, die Nutzung zugeteilter Ressourcen, die Qualität der Funkverbindungen usw. austauschen und auswerten. Die Messungen in den mobilen Endgeräten liefern weitere, für den Selbstoptimierungsprozess notwendige Informationen. Stehen Positionsdaten der mobilen Endgeräte zur Verfügung, können zudem kostenintensive Messfahrten verringert oder ganz ersetzt werden. Die Selbstorganisation setzt an verschiedenen Abläufen im Betrieb des LTE-Mobilfunknetzes an, z.B. bei der Selbstkonfiguration und der Selbstoptimierung, die einmalig, wiederholt oder kontinuierlich hauptsächlich in den Basisstationen ausgeführt werden.

Selbstkonfiguration

Die Selbstkonfiguration nutzt neben Daten, die aus Messungen gewonnen werden, auch Parameter, die aus der Funknetzkonfiguration innerhalb des OMC zur Verfügung gestellt werden. Sie erfolgt bei Initialisierung des Netzknotens sowie bei Änderung von miteinander in Beziehung stehenden Konfigurationsparametern benachbarter Zellen.

Hajo Bakker, Dr. Lutz Ewe und Dr. Edgar Kühn forschen an den Bell Labs Germany in Stuttgart

Ermitteln von Nachbarzellbeziehungen im Funkzugangnetz

Nachbarzellinformationen sind für die Verwaltung der Funkressourcen und zur Mobilitätskontrolle grundlegend, z.B., um Handover von Mobilfunkgeräten zwischen Funkzellen zu steuern oder um eine Interferenzkoordination zwischen diesen Zellen durchzuführen. Sie können im LTE-Netz dabei vollkommen autonom über die Anforderung von Messungen der Mobiltelefone bezogen werden.

Erfassung und Reaktion auf neue oder entfernte/ausgefallene Funkzellen

Beim Aufbau eines selbstorganisierenden Funknetzes müssen sich Basisstationen, die bereits in Betrieb sind, mit neuen Basisstationen koordinieren. Umgekehrt muss ein selbstkonfigurierendes Netz veränderte Funkverhältnisse erkennen und darauf reagieren. Zur Kompensation eines Zellausfalls werden dann Funkparameter in den Nachbarzellen selbstständig angepasst.

Selbstoptimierung

Eine Selbstoptimierung kann (regelbasiert) kontinuierlich oder durch eigens angestoßene Optimierungskampagnen mit konfigurierbaren Optimierungszielen ablaufen. Die Selbstoptimierung erfasst Funkparameter und Nachbarzelllisten.

Optimierung der Funkabdeckung

Gebiete mit ungenügender Abdeckung werden durch die Analyse von Messwerten der Mobilgeräte in Kombination mit Leistungsindikatoren wie der Anzahl der Rufabbrüche und Handover-Fehler erkannt. Die Abdeckung kann dann unter Berücksichtigung der tolerierbaren Nachbarzellinterferenz durch Variieren der Antennenneigung oder -ausrichtung selbstoptimiert werden.

Interferenzkoordination

Besondere Bedeutung kommt der Minimierung und Koordinierung der Interferenz zwischen den Funkzellen zu, insbesondere bei einer Reuse-1-Funktechnik wie LTE, bei der alle Zellen eines Betreibers im gleichen Frequenzband senden. Diese Interferenz ver-

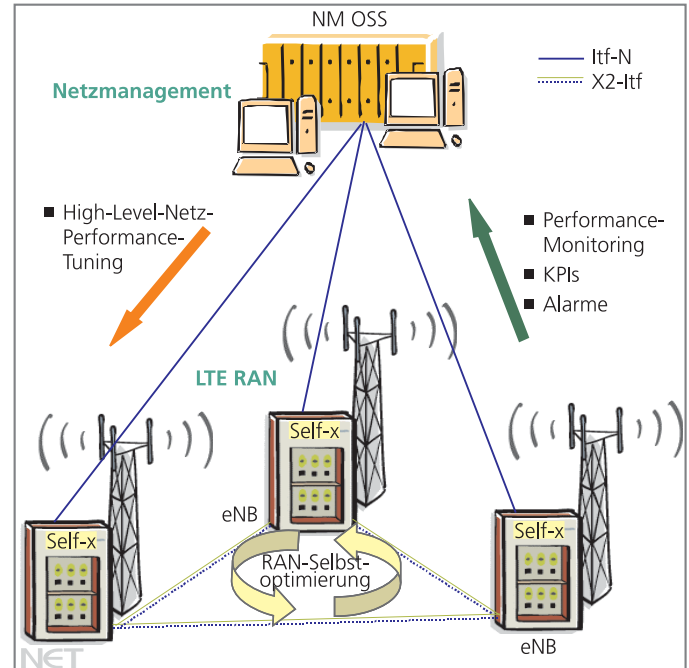
schlechtert den Durchsatz am Zellrand sowie die Handover-Fehlerrate. Bei veränderten Funkverhältnissen muss der Selbstoptimierungsprozess Ressourcen zwischen den Zellen eventuell neu verteilen. Die aktuelle Interferenzsituation wird auch hier dadurch festgestellt, dass eine Basisstation die von ihr bedienten Mobilgeräte zu Messungen anweist. Der Optimierungsprozess passt in der Folge die Sendeleistungen und die Zuordnung der Funkressourcen für die Interferenzkoordination an. Ziel ist das Optimieren des Gesamtdurchsatzes der Zelle und der Zahl der Mobilfunkgeräte, die ohne Rufabbrüche oder Handover-Fehler bedient werden können.

Handover-Optimierung

Ziel der Handover-Optimierung ist es, die Fehlerquote beim Handover sowie sog. (unerwünschte) Ping-Pong-Handover bei schwankender Empfangsstärke zu verringern. Dazu werden in der Basisstation Fehlerquoten bei Funkverbindungen und Messungen der Mobilgeräte analysiert und Handover-Parameter wie Schaltschwellen, Hysteresewerte und Schaltzeiten für benachbarte Funkzellen angepasst.

Lastverteilung

Benachbarte Funkzellen können sehr unterschiedlich ausgelastet sein. Die Last einer Zelle wird dabei bestimmt durch das Verhältnis von belegten Funkressourcen zur Gesamtheit verfügbarer Ressourcen. Ist es möglich, unterschiedliche Zelllasten zwischen einzelnen Funkzellen (zumindest teilweise) anzugleichen, lassen sich der Gesamtdatendurchsatz der Zellen verbessern, der Durchsatz pro bedientem Endgerät verbessern und Überlastsituationen vermeiden. Der Optimierungsprozess verteilt dazu die verfüg-



Dezentralisierte Selbstorganisation (Self-x) im LTE-Zugangsnetz

baren Funkressourcen und Lasten zwischen benachbarten Zellen neu. Ebenso wie bei der Handover-Optimierung muss der Lastverteilungsalgorithmus Ping-Pong-Effekte vermeiden und eine hohe Handover-Erfolgsquote sicherstellen.

Optimieren der Nachbarzellbeziehung

Die Nachbarzellbeziehungen, die bei der Selbstkonfiguration ermittelt wurden, können sich im laufenden Betrieb ändern. Gründe dafür können neue Zellen oder veränderte Funkbedingungen sein, die zusätzliche Interferenzen erzeugen. In diesem Fall ist es notwendig, die Nachbarzellbeziehungen mit dem entsprechenden Optimierungsprozess dynamisch anzupassen.

Fazit

Mit Methoden der Selbstorganisation lässt sich in modernen Mobilfunknetzen – trotz deren hoher Komplexität – eine entscheidende Verminderung des Aufwandes zur Netzkonfiguration und -optimierung erzielen. Die Verfahren zur Selbstorganisation, wie sie erstmals im 3GPP-Standard LTE Verwendung finden, erlauben neben einer Vereinfachung des Managements und der damit verbundenen Senkung der Betriebskosten eine permanente, automatisierte Optimierung der Systemleistung. (bk)