



Campus-Primus

MECSSware-Starterkit für privates LTE-Campusnetz

Private Mobilfunknetze gehören zu den Investitionsgütern und stehen daher außerhalb unseres üblichen Fokus. Allerdings eilt privaten LTE-Netzen der Ruf voraus, WLAN klar auszusteichen. Deshalb haben wir ausnahmsweise eine solche private LTE-Zelle eigenen Labortests unterzogen.

Von Dušan Živadinović

Ein privates Mobilfunknetz besteht mindestens aus einer Funkbasisstation, Teilnehmergeräten (z. B. Router) und einem Server, auf dem das Mobilfunkkernnetz läuft. Der Server steuert die Funkbasen und die An- und Abmeldung von Teilnehmergeräten und koppelt sie wenn gewünscht ans Firmennetz an. Zu den Anwendungsbeispielen gehören führende Fahrzeuge, intelligente Parkleit-

systeme, automatische Verpackung und Versand von online bestellten Waren und die Steuerung von landwirtschaftlichen Maschinen. Weil man solche Netze laut Richtlinien der Bundesnetzagentur nicht für öffentliche Telekommunikation, sondern nur für interne Vernetzung verwenden darf, spricht man auch von Mobilfunkcampusnetzen.

Passende Ausrüstung bieten Netzwerkzulieferer wie Ericsson, Nokia oder Huawei. Oft kooperieren sie mit Netzbetreibern wie Telefónica, der Deutschen Telekom oder Vodafone, um den Kunden im Rahmen von Serviceverträgen das aufwendige Mobilfunkmanagement abzunehmen. Darauf zielen auch Angebote kleinerer Unternehmen, darunter die US-Firmen monogoto oder SpiderCloud.

Die Ratinger Firma MECSSware, die ein ehemaliger Nokia-Mitarbeiter gegründet hat, geht einen anderen Weg: Sie hat einen Campusnetzserver selbst konzipiert, den sie mobilfunkseitig vorkonfiguriert und mit einem selbst entwickelten

Web-Interface ausliefert. Dieses verbirgt den Großteil der Mobilfunkkonfiguration. So können sich Administratoren auf die Endgeräteverwaltung und die Betreuung der Applikationsserver ihrer Unternehmen konzentrieren.

Wir haben das Konzept anhand des Starterkits MECSS-3012 getestet, das die Firma testweise für 5000 Euro netto 30 Tage lang vermietet. Beim Kauf rechnet MECSSware 80 Prozent der Mietkosten auf den Preis an. Feste Preise für reguläre Installationen möchte die Firma wie auch andere Mitspieler der Branche nicht nennen. Die Mobilfunkausrüstung sei nur einer von unterschiedlich vielen Posten beim Aufbau von Campusnetzen. Je nach Ausgangslage kommen Netzplanung, Teilnehmergeräte oder die Einrichtung von Applikationsservern hinzu. Die Preise hängen daher vom Einzelfall ab und beginnen im mittleren fünfstelligen Bereich.

Für Campusnetze, die wie das Starterkit das Funkband von 3,7 bis 3,8 GHz nutzen, benötigt man eine kostenpflichtige Genehmigung der Bundesnetzagentur. Falls man noch nicht sicher ist, ob sich ein Campusnetz rentiert, kann man einen Testbetrieb beantragen. Den passenden Link finden Sie unter ct.de/yr31; dort haben wir auch Strategien für die Netzplanung aufgeführt.

Virtualisierte Server

Im Weiteren beschreiben wir zunächst die Bestandteile des Starterkits. Ab dem Abschnitt „LTE-Praxis“ folgt eine Zusam-



Noch sind LTE-Netze, die das Funkband zwischen 3,7 und 3,8 GHz nutzen, selten, weshalb auch kaum Maschinen passende Schnittstellen haben. Mit kleinen LTE-Routern oder USB-Sticks bringt man solche Geräte behelfsmäßig in die LTE-Zelle.

bislang nur per Kabel vernetzt sind, etwa Sensoren. Über den USB-Stick lassen sich PCs und Laptops mit LTE nachrüsten. Zusätzlich enthält der Stick einen 2,4-GHz-WLAN-Access-Point, um WLAN-fähige Geräte behelfsmäßig in die Mobilfunkzelle zu bringen.

Die Campuszelle funkt mit einer Kanalbreite von 20 MHz und teilt den Kanal mit dem Multiplexverfahren TDD unter den Endgeräten auf (Time Division Duplex). Als Small Cell sendet sie pro Antenne mit maximal 250 mW, die sie per 2-Stream-MU-MIMO verteilt. Über das Coding-Schema 64QAM erreicht sie so bis zu 101 MBit/s.

Die Geschwindigkeiten der Empfangs- und Senderichtung (Downlink, Uplink) lassen sich für unterschiedliche Anforderungen konfigurieren. In der TDD-Konfiguration „0“ liefert der Downlink

menfassung unserer Erfahrungen und Messergebnisse.

Hauptbestandteil des Starterkits ist eine Server-Suite aus mehreren virtuellen Maschinen für Linux-KVM/qemu (Kernel-based Virtual Machine). Dazu gehören das übersichtliche Management-Interface und das Mobilfunknetz. Weitere VMs für individuelle Dienste kann man mittels VirtualBox erzeugen und als Images mit wenigen Mausklicks auf dem Mobile Edge Cloud Server einrichten (MECS). Zu Demonstrationszwecken setzt MECSware den Syslog-Server Graylog ein, gelegentlich auch den Push-to-Talk-Server Zello für Walkie-Talkie-ähnliche Sprachkommunikation.

Die Serversoftware lief im Test auf dem 19"-Rechner HPE ProLiant DL20 Gen10; das gesamte Paket heißt MECS-3012. Weitere Hardware-Varianten sind unter den Bezeichnungen MECS-1024 (ADLINK SETO-1000) und MECS-2016 (HPE EL1000) zu haben.

Die komplette Server-Suite startet und stoppt auf Knopfdruck am ProLiant-Server. Damit die Suite Sinnvolles tut, verbindet man sie mit einer Basisstation und dem Firmennetz.

Das Management-Interface kann man optional mit dem Internet verbinden, damit etwa MECSware-Mitarbeiter OpenVPN-verschlüsselt fernwarten können. MECSware nutzte den Zugang für Aktualisierungen und spielte auch kurzerhand den Zello-Server nachträglich auf. Zur Anbindung an einen Internet-Router muss man den zugehörigen Netzwerk-Port manuell konfigurieren. Da der MECS keine DHCP-Anfragen stellt, blenden ihn die verbreiteten Fritzbox-Router nicht in der Liste der angekoppelten Netzwerkgeräte ein, sodass auch hier etwas Handarbeit erforderlich ist, bevor man die IPv4-Port-Weiterleitung für OpenVPN einrichten kann. Für IPv6 ist der MECS bisher nicht ausgelegt.

Funkbausteine

Funkseitig hat MECSware sein Angebot auf Bausteine der Firma Sercomm ausgerichtet. So gehört zum Starterkit die Outdoor-Basisstation Sercomm P208-TP (Small Cell Base Station). Indoor-Varianten, wahlweise als Rund- oder Richtstrahler, sind ebenfalls erhältlich. Der Server kann mit der Standardlizenz bis zu 10 Basisstationen steuern und bis zu 100 Teilnehmergeräte einbinden. Gegen Aufpreis geht auch mehr. Roaming mit öffentlichen Mobilfunknetzen ist bisher nicht implementiert. Wer diese Option benötigt, muss

sich bei Netzbetreibern nach passenden Angeboten umsehen.

Weil Campusnetze erst seit kurzem erlaubt sind, gibt es bisher kaum Maschinen mit passenden Funkmodulen. Stattdessen setzt man Adapter ein, die die Signale von LTE beispielsweise auf USB umsetzen. Zum Kit gehören daher zwei Exemplare des USB-Sticks Sercomm LU211 und vorkonfigurierte SIM-Karten. Diese kann der Admin anhand ihrer laufenden Nummer mal eben zu seinem Netz hinzufügen. Im Teilnehmergerät muss man nur noch den Access Point Name (APN) eingeben, sodass es sich automatisch in die Zelle einbucht. Andere SIMs, etwa solche gemäß der eSIM-Spezifikation, hat MECSware aktuell nicht im Programm.

Zusätzlich haben wir das LTE-Routermodell Sercomm VB1103 sowie das Smartphone Essential PH1 ausprobiert. Die Endgeräte bietet Sercomm seinen Kooperationspartnern bisher nur für Demo-Zwecke, Essential-Smartphones werden nach Insolvenz des Herstellers nicht mehr gefertigt. Dass wir dennoch auf beide zurückgegriffen haben, liegt daran, dass das für Campusnetze freigegebene Funkband zwischen 3,7 und 3,8 GHz bis 2019 weltweit kaum genutzt wurde. Passende Geräte sind daher noch selten; das Smartphone und der Router eignen sich aber für dieses Band. Unter anderem die Regulierer in Schweden und der Slowakei haben es inzwischen ebenfalls für den Mobilfunk freigegeben.

Dem Router VB1103 hat Sercomm einen Ethernet-Port spendiert. Darüber bringt er Geräte in die Mobilfunkzelle, die

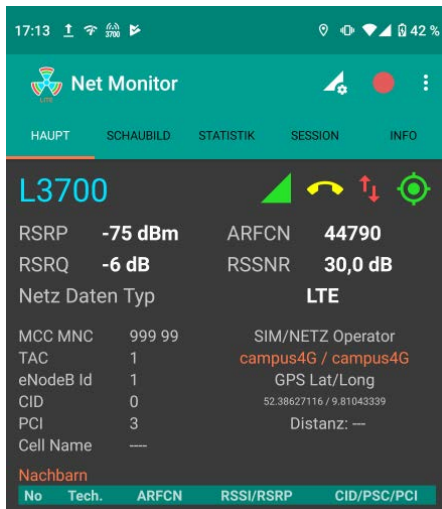
Die Gründe für private LTE-Netze

Private LTE-Netze sind für Firmen, Behörden und Institute hauptsächlich aus vier Gründen interessant: Sie kommen immer dann infrage, wenn WLAN an seine Grenzen stößt, wenn eine Abschottung aus Sicherheitsgründen geboten scheint (z. B. wegen privater WLAN-Clients in Produktionsstraßen), wenn die hohe Güte von Mobilfunkdiensten in der Produktion benötigt wird und wenn öffentliche Mobilfunknetze am gewünschten Ort fehlen.

Weshalb WLAN eher an Grenzen stößt als Mobilfunk, ist schnell erklärt: Das Kanalzugriffsverfahren CSMA/CA funktioniert nur zufallsgesteuert, sodass Administratoren den Datenverkehr von Fir-

menetzen nur unzureichend steuern können. Daraus ergeben sich zahlreiche Nachteile, die wir bereits ausführlich beschrieben haben (siehe ct.de/yr31).

Viele WLAN-Nutzer dürften die Nachteile schon selbst gespürt haben: WLAN ist lizenz- und anmeldefrei und weil deshalb Hinz und Kunz ihre Netze beliebig aufspannen können, kommen sich benachbarte WLAN-Zellen oft ins Gehege. Das drückt den Durchsatz, mindert die Reichweite und erhöht die Paketlaufzeit und Fehlerrate. Solche Effekte treten zwar auch in Mobilfunknetzen auf, aber wegen zentraler Ressourcenverteilung sehr viel seltener.



Das nicht mehr hergestellte Essential PH1 gehört zu den wenigen Smartphones, die sich bereits für das LTE-Band 43 eignen. Über die Signalstärke, den Zellennamen und andere Einzelheiten geben Android-Apps wie der Net Monitor Auskunft.

maximal 42 MBit/s, der Uplink 29 MBit/s. Bei Konfiguration „1“ sind es 71 MBit/s und 19 MBit/s und in der Konfiguration „2“ liefert die Zelle maximal 101 MBit/s und 9 MBit/s.

LTE-Praxis

Die Einrichtung der Funkzelle, des Servers, die Konfiguration der Endgeräte, die Erweiterung mit virtuellen Maschinen — alle Schritte sind in der rund 100 Seiten langen, englischsprachigen Anleitung knapp, aber fundiert beschrieben, sodass Grundkenntnisse der Netzwerkkonfiguration genügen, um folgen zu können.

So lernt man unter anderem, wie man das Routing einstellt, um Funkteilnehmern Zugriffe auf firmeneigene Server zu verschaffen, oder wie man auf die Web-Interfaces der Sercomm-Geräte aus dem Management-Interface des MECS zugreift. Nützlich fanden wir, dass man serverseitige Mobilfunkkonfigurationen als CSV-Dateien ex- und importieren kann.

Für Teilnehmergeräte kann man im Server eines von zwei QoS-Profilen einstellen, Default und RealTime. Mit dem Default-Profil versuchen Server und Basisstation, jedes Teilnehmergerät gerecht zu versorgen. Das klappte im Test recht gut. Selbst bei versuchter Überflutung der Zelle mit UDP-Paketen bekam ein Smartphone, das mit seiner Kamera ein Live-Bild der Umgebung aufnahm, noch genü-

gend Bandbreite, um den Stream mit akzeptablen Störungen an einen VLC-Client hinter dem Server zu senden. Für diesen Test haben wir die Webcam-App RTSP auf dem Essential PH1 eingesetzt.

Geräte, für die man das RealTime-Profil einstellt, behandelt der MECS bevorzugt, sodass ihre Pakete umgehend übermittelt werden. Mit der aktuellen LTE-Technik und dem genutzten Multiplexverfahren erreicht die Sercomm-Zelle befriedigende Roundtrip-Latenzen von etwa 20 bis 30 Millisekunden.

Das ist rund eine Größenordnung mehr, als viele Verfechter von Campusnetzen für reaktionsschnelle Maschinensteuerungen versprechen. Konzeptionell geht es aber mit üblichem LTE kaum schneller, denn damit sie IP-Pakete übertragen können, müssen Basisstation und Teilnehmergeräte je nach Richtung auf den nächsten Zeitschlitz warten. Schlechte Funkbedingungen verlängern die Latenz ebenso wie Datenpakete, die für einen LTE-Frame zu groß sind, sodass sie fragmentiert werden müssen. Auf diese Einschränkungen weist MECSware hin. Wer kürzere Latenzen benötigt, muss auf 5G-Basisstationen warten. Diese sind für das vierte Quartal 2020 angekündigt.

Dennoch bleibt für MECSware auch im LTE-Umfeld noch einiges zu ergänzen. Beispielsweise kann man nicht während des Betriebs von einem auf das andere Profil umschalten, sondern muss die zugehörige SIM aus der Teilnehmerliste entfernen und mit dem anderen Profil erneut hinzufügen. Künftig will der Hersteller weitere Profile für gängige Anwendungen hinzufügen.

Wir haben die P208-TP mit der Konfiguration 2 ausprobiert. In etlichen Testdurchläufen mit dem Messtool iPerf3 haben die Geräte die Spitzenraten auf kurzer Distanz wie erwartet erreicht. Mit zunehmender Entfernung nahm die Datenrate wie üblich ab, bis die Verbindung nach rund 40 Metern abbrach. Gemessen an der vergleichsweise hohen Frequenz und der moderaten Sendeleistung erscheint die Reichweite in unserer Büroumgebung ordentlich (etliche Leichtbauwände, Schränke und Arbeitsgeräte).

Nebenbei belegen Messungen des USB-Sticks, wie nachteilig WLAN sein kann. Der Stick lässt sich in zwei Modi nutzen: Man kann ihn per USB an einen PC oder Laptop ankoppeln oder über seinen Access-Point per WLAN ansprechen. Über USB und LTE erreichte ein Laptop auf kurzen Strecken regelmäßig das Maximum

der Funkzelle (100 MBit/s). Über WLAN und USB lieferte dasselbe Laptop im Mittel nur 45 MBit/s, obwohl der WLAN-Kanal eine Kapazität von 150 MBit/s hatte.

Das schwache Resultat ergibt sich aus unserer Umgebung, in der mehr als ein Dutzend Access-Points um Airtime streiten. So macht die WLAN-Anbindung von Clients die Vorzüge der Campusfrequenz zunichte. Nach Abschalten von 7 Access-Points in unmittelbarer Nähe nahm der Durchsatz auf immerhin 60 bis 70 MBit/s zu.

Dennoch kann der Access Point des Sticks nützlich sein. Man kann ihn zum Beispiel behelfsmäßig für Push-To-Talk per Smartphone verwenden. Praktisch fanden wir auch, dass er sich per Power-Bank speisen lässt. Er benötigt 5V und 1A.

Unterm Strich

Das LTE-Starterkit von MECSware lockt mit einem klaren Konzept, einer einfachen Bedienung und unerwartet einfachen Erweiterungsmöglichkeiten für Applikationsserver. Gut sichtbar ist indes auch, dass diese Produktklasse die Schwelle zum Praxiseinsatz erst kürzlich überschritten hat; der Hersteller feilt noch an diversen Kleinigkeiten. In unserer Laborumgebung ließ sich außerdem der Vorteil eines exklusiven Funkbands gegenüber den unlicenzierten Bändern, in denen WLAN zu Hause ist, leicht demonstrieren. Für Produktionsprozesse, die mit WLAN nicht sinnvoll zu vernetzen sind, tut sich damit eine ernsthafte, wenn auch weit teurere Alternative auf. (dz@ct.de) **ct**

Campusnetzplanung und Testlizenzen:
ct.de/jr31

MECSware Starterkit MECS-3012

LTE-Campusnetz	
Hersteller	MECSware, mecsware.com
Lieferumfang	Server: HPE ProLiant DL20 Gen10, Small Cell: Sercomm P208-TP, PoE-Injektor, 2 USB-Sticks: LU211, 2 SIM-Karten
Funkbandnummern	B42, B43, B48
Kanaleigenschaften	20 MHz, 2-Stream MIMO, 64QAM, Time Division Duplex
Antenne/Basisstation	6 dBi Gewinn, 60° Öffnungswinkel, Stromversorgung per PoE IEEE 802.3bt
Leistungsaufnahme (idle)	Basisstation: 29,4 W, Server: 42,7 W, Stick: 1 W
USB-Stick	Betriebsmodi: USB-Ethernet-Emulation, WLAN-Access-Point (2,4-GHz-WLAN, 802.11n), Mikro-SIM-Slot, LTE: Cat UL7/DL13, max. 200 mW Sendeleistung, B42, B43, B48
jährliche Stromkosten ¹	197 €
¹ idle, bei Dauerbetrieb und 0,30 €/kWh, gerundet	