

funkschau

Ausgabe 07-08/2013 19. April 2013 € 4,90 sfr 8,90

funkschau.de

Daten-Turbo

Mobilfunk-Evolution zu 5G

ab Seite 26

UC meets Video

Experten liefern
Migrationsstrategie

Seite 12

Kostenfresser

Energieverbrauch
nachhaltig senken

Seite 17



**Leserwahl
Carrier & Provider**

Seite 38



Die Vision drahtloser 5G-Kommunikation

Drahtlose Kommunikationstechnologien eröffnen unserem modernen Leben vielfältige Möglichkeiten und haben in den vergangenen 20 Jahren unsere Welt nachhaltig verändert. Ohne sie, scheint es, wäre ein Leben, wie es vor 1990 geführt wurde, nur noch schwer vorstellbar. Über den aktuellen Stand der Technik, die Wegbereiter für LTE, kommende Standards sowie technische Herausforderungen.

Die großen Durchbrüche in Kommunikationstechnologien waren schon immer von menschlichen Interessen und Wünschen getrieben. Unsere Fähigkeit zum Sprechen und Hören führte zur Telefonie. Das Interesse an Informationen und deren Austausch erfordert Datenkommunikation.

Sammeln und Jagen führen zum Wunsch nach Messen und Fühlen („Monitoring and Sensing“). Steuerung und Kontrolle in der Umgebung benötigt Signalisierung. Automatische Kommunikation und Steuerung

ist ein nächster Schritt. Dieser Artikel analysiert den aktuellen Stand der Technik um eine Vision der zukünftigen Kommunikationstechnologie zu motivieren und zu skizzieren.

Aus heutiger Sicht lässt sich eine zeitliche Abfolge aus revolutionären Anwendungen und Technologien feststellen, die unser tägliches Leben nachhaltig beeinflusst haben. Zunächst bestimmte der Wunsch nach kabelloser Telefonie und somit auch echtzeitfähiger drahtloser Kommunikation den Erfolg schnurloser Telefone und führte zur Entstehung des Mobil-

funks. Bald darauf wurde bidirektionales Paging durch die Implementierung von SMS-Textnachrichten zur zweiten revolutionären Anwendung. Durch den Erfolg der WLAN-Technologie (und des Standards IEEE 802.11), die Internetsuche und den weit verbreiteten Einsatz von Laptop-Computern wurde die kabellose Internet-Anbindung interessant und schließlich zum Muss für jeden. Dieses Phänomen öffnete den Markt für die drahtlose Datenanbindung. Der nächste logische Schritt war das Verkleinern des Laptops und sein Verschmelzen mit dem Mobiltelefon, woraus sich das heutige Smartphone entwickelte. Zugang zu Informationen der ganzen Welt sind nun einfach erreichbar – überall und jederzeit.

Der nächste Schritt ist der automatisierte Informationsaustausch zwischen Endgeräten, auch „Machine-to-Machine“ oder „M2M“, genannt. In den vergangenen Jahren wurden eine Reihe von drahtlosen M2M-Anwendungen – zum Beispiel für den Informationsaustausch im öffentlichen Nahverkehr – entwickelt, die aber keine große Verbreitung gefunden haben. Warum? Bisherige Anwendungen haben menschliche Anforderungen erfüllt. M2M braucht eine genaue Analyse, um die Anforderungen zu verstehen. Ihr genaues Verständnis könnte M2M zum Durchbruch verhelfen.

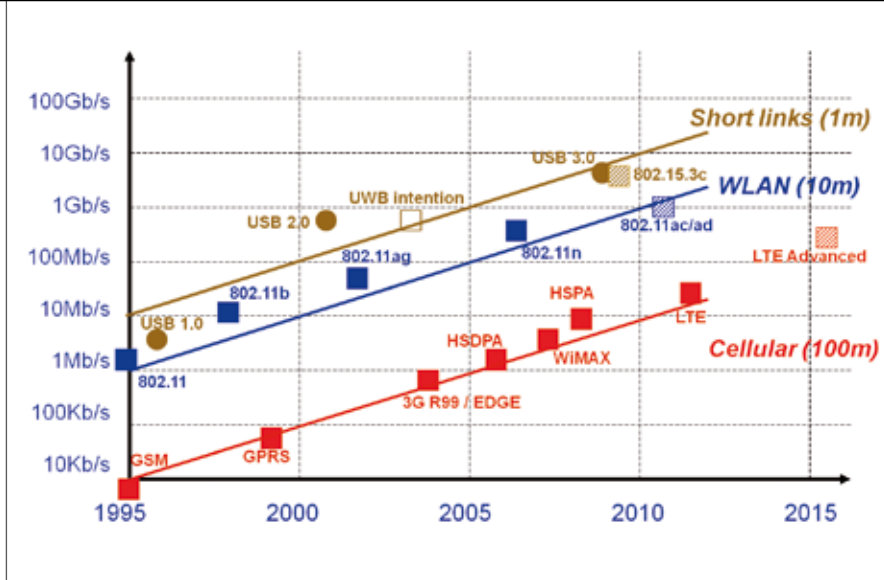
Heute ist M2M allgemein akzeptiert, ohne die Frage nach dem großen Marktdurchbruch letztendlich beantwortet zu haben. Deshalb ist es nützlich, die wichtigen Treiber der Datendienste in den letzten Jahrzehnten zu analysieren.

Entwicklung der drahtlosen Kommunikationstechnologien

Das Volumen der drahtlosen Datenübertragung ist über Jahre kontinuierlich gestiegen, hauptsächlich durch die Übertragung stets größer werdender Dateien, sowie durch rasante Akzeptanz und Zunahme von Streaming- und Podcast-Diensten. So wird im Folgenden ein kurzer Überblick über die steigenden Datenraten bei drahtlosen Datenanwendungen im Lauf der Zeit gegeben – diese sind der entscheidende Faktor für die Entwicklung der drahtlosen Kommunikationstechnologien.

Drahtlose Endgeräte – populäre Gadgets – benötigen verschiedene Datenanbindungen. Über kurze Distanzen ist USB am weitesten verbreitet, da es einen einfachen und schnellen Weg darstellt, Daten von A nach B zu verschieben. Die Datenrate ist von 2 MBit/s bei USB 1.0 auf 4,8 GBit/s bei dem im Jahr 2009 eingeführte USB 3.0 gestiegen. Drahtloses – „Wireless“ – USB

Quelle: TU Dresden



Entwicklung der drahtlosen Kommunikationstechnologie – Standards und Datenübertragungsraten

wird häufig als Alternative gesehen – besonders für die Anbindung von Geräten mit eigener Stromversorgung und ohne 2-W-Speisung über das USB-Kabel.

Wireless-USB war bisher wirtschaftlich nicht erfolgreich. Hauptgrund ist, dass der WLAN-Standard IEEE 802.11 mit steigenden Datenraten Schritt halten konnte (siehe auch Grafik oben). Der Unterschied bei den Datenübertragungsraten zwischen Wireless-USB und 802.11 ist bislang nicht groß genug, um vom Nutzer spürbar wahrgenommen zu werden. Zudem ist der Kostenunterschied der Chipsätze äußerst gering. Letztlich ist der Protokoll-Stack vom 802.11 gut in die aktuellen Betriebssysteme von PCs und Mobiltelefonen integriert, wohingegen der Protokoll-Stack des Wireless-USB-Standards IEEE 802.15 eine völlig neue Entwicklung erfordern würde. Die technischen Probleme sowie der Aufwand für die Fehlerbehebung sind schwer abschätzbar.

Mobilfunkkommunikation im Vergleich zu Wireless-USB und 802.11 dient einem völlig anderen Zweck. Die wichtigste Funktion eines Mobilfunknetzes ist die Abdeckung, also die zuverlässige Netzanbindung, unabhängig von der Position oder dem Ort eines Anwenders. Sobald ein Netz verfügbar ist und eine Verbindung hergestellt wurde, stellt die Geschwindigkeit der Datenkommunikation die nächste Herausforderung dar. Da Erreichbarkeit und Zuverlässigkeit mittlerweile ausreichend gegeben sind, sind höhere Datenraten bei Mobiltelefonen die nächste Forderung der Anwender. Gegenwärtig liefert LTE – die Mobilfunktechnologie der nächsten Generation – Datenraten in einer Größenordnung von 36 MBit/s. Bemerkenswert ist, dass sich die Datenraten vom USB, WLAN und Mobilfunk alle fünf Jahre um das Zehn-

fache erhöhen – genau dieselbe Geschwindigkeit, mit der die Größe des Flash-Speichers gemäß der Entwicklung des Mobilfunks nach ITRS zunimmt (Stichwort: Moor’sches Gesetz). Der Geschwindigkeitsunterschied bei Mobilfunk- und WLAN-Technologien beträgt das Hundertfache. Bisher war dieses Unterscheidungsmerkmal groß genug, dass sich beide Technologien erfolgreich am Markt durchsetzten.

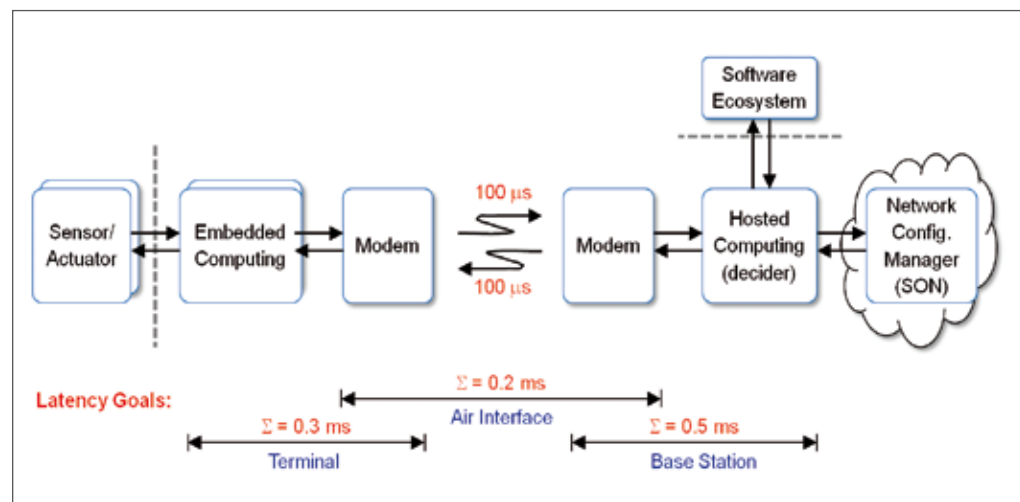
Wird es Bedarf für Datenraten über 100 MBit/s geben? Heute werden mehr als 50 Prozent des Datenvolumens in Mobilfunknetzen von Streaming-Anwendungen generiert. Hochauflösendes 3D-Streaming mit benutzerdefinierter Steuerung des Bildbetrachtungswinkels erfordert Datenraten in einer Größenordnung von 100 MBit/s. Wenn mehrere Nutzer Echtzeit-Streams parallel herunterladen wollen, wird die Anforderung für die Wireless-Anbindung schnell auf mehr als 10 GBit/s steigen. Dies bedeutet nicht, dass die hohe Bandbreite kontinuierlich für einen Nutzer verfügbar

sein muss. Stattdessen werden 10-GBit/s-Datenraten über das drahtlose Medium geteilt.

Wegbereiter für LTE und künftige Standards

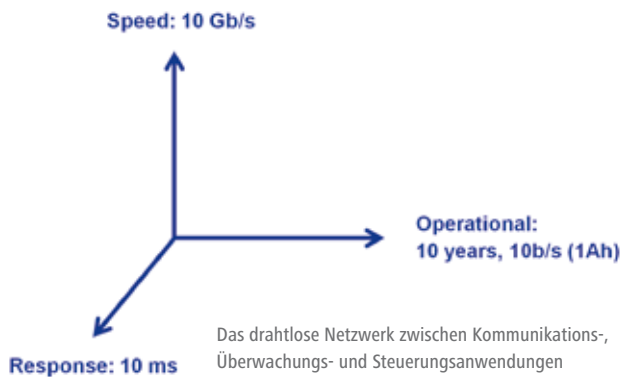
Die Weiterentwicklung der Mobilfunktechnologien wird auch in Zukunft von der Nachfrage nach zuverlässiger Netzabdeckung und hoher Datenraten getrieben werden. Mobilfunkbetreiber führen derzeit 4G-LTE mit dem neuen Übertragungsverfahren OFDMA (Orthogonal-Frequency-Division-Multiple-Access) ein, das höhere Datenraten ermöglicht und dessen Erweiterungen erst später standardisiert werden. Zunächst wird LTE die gleiche Geschwindigkeit wie der Vorläufer HSPA+ bieten. Damit wiederholt sich die Situation beim 3G-UMTS-Ausbau, was zunächst mit vergleichbaren Datenraten wie das vorherige 384-kBit/s-EDGE. Das neue OFDMA-Verfahren vom LTE wird die Grundlage für die Entwicklung verbesserter Standards sein, die gegenwärtig als LTE-Advanced bezeichnet werden. Auf LTE-Advanced basierte Technologien können als weiteres Sprungbrett in der Entwicklung des Mobilfunks gesehen werden, die neben den gestiegenen Datenraten – wie im Moore’schen Gesetz vorhergesagt – und vom Markt gefordert werden.

Prognostiziert man Technologien und Märkte in zehn Jahren, müssen Geschwindigkeiten von 10 GBit/s oder mehr erzielt werden können. Aktuelle Systeme werden dieser Anforderung nicht gerecht. Bei diesen Datenraten würde die A/D-Wandlung mit einer 10-Bit-Auflösung bei OFDMA eine Herausforderung hinsichtlich des Stromverbrauchs darstellen, die sich nicht mit den derzeit angekündigten neuen Technologien bewältigen ließe. Allein aus dem Stromverbrauch ergibt sich die



Verkürzung der Roundtrip-Latenz auf 1 ms

Bild: TU Dresden



Notwendigkeit eines neuen Ansatzes bei der Bitübertragungsschicht beim 5G-Mobilfunk.

Technische Herausforderungen: Echtzeit

Wenn ein Ingenieur auf dem Gebiet der drahtlosen Kommunikation sich mit Latenzbeschränkungen auseinandersetzt, muss er dabei die Lichtgeschwindigkeit berücksichtigen. In 1 ms legt das Licht 300 km zurück. Die Analyse einer 1-ms-Roundtrip-Latenz ist in Grafik 2 auf der vorigen Seite dargestellt: Die Latenz verteilt sich auf die einzelnen Systemkomponenten in der Kommunikationskette – vom Sensor über das Betriebssystem, dem Protokoll-Stack, die Bitübertragungsschicht der Anschluss- und Basisstation wie die Latenz der Lichtgeschwin-

digkeit und auf der anderen Seite wieder über den Protokollstapel der Basisstation, dem Server mit Betriebssystem und internem Netzwerk zum Prozessor und die eigentliche Datenverarbeitung. Letztendlich wird das Signal über dieselbe Kette zum Aktor (Ausgabeelement) zurückgesendet.

Jedes Element dieser Kommunikations- und Steuerungskette muss latenzoptimiert sein. Da das Zeitbudget der Bitübertragungsschicht bei maximal 100 µs liegt, wird LTE mit einer OFDM-Symboldauer von 70 µs sicherlich nicht die Lösung sein. Dafür wird ein völlig neuer 5G-Mobilfunkstandard entwickelt werden müssen.


Zusammenfassung

An der TU Dresden wird die Forschung an den neuen Technologien für 5G-Wireless-Systeme mit den RF- und Kommunikationswerkzeugen von National Instruments durchgeführt. Das 5G-Wireless-Forschungslabor der TU Dresden ist weltweit eines der ersten, das sich diesen Herausforderungen umfassend widmet. Die Forschungsergebnisse werden dafür genutzt, um die globalen Standards für den nächste Technologiezyklus der drahtlosen Kommunikationstechnologien zu beeinflussen und voranzutreiben.

Die neuen Herausforderungen im Bereich 5G-Mobilfunk ergeben sich aus einer

Benutzerperspektive: Datenraten von 10 GBit/s sind nötig, um Einschränkungen durch die Netzauslastung bei den aktuellen 4G-Systemen zu beseitigen, einen 10-Jahres-Betrieb bei M2M-Sensing Devices sowie eine Echtzeitlatenz von 1 ms zu erreichen (siehe auch Grafik 3 links). Nicht alle Dimensionen müssen gleichzeitig für jeden Servicebereich zur Verfügung stehen. Deshalb ist anzunehmen, dass sich ein neues 5G-System entwickeln lässt, das die unterschiedlichen Anforderungen erfüllen kann, und dass es sich deutlich vom Standard 4G-LTE unterscheiden wird.

Revolutionäre Entwicklungen werden von aktuellen drahtlosen Kommunikationstechnologien hin zu künftigen Überwachungs- und Steuerungsnetzwerken stattfinden. Die Möglichkeiten, die sich in Zukunft für die drahtlosen Technologien eröffnen, sind größer als derzeit absehbar. Was heute geschieht, ist nur der Anfang. Der 5G-Mobilfunk wird, im Hinblick auf die hier ausgeführten Herausforderungen, sicherlich die Grundlage für die Zukunft sein und die Gesellschaft auf noch nicht vorhersehbare Weise beeinflussen. (DK)

 **Gerhard P. Fettweis,**
 seit 1994 Inhaber des Vodafone Stiftungslehrstuhls an der Technischen Universität Dresden in Deutschland mit Forschungsschwerpunkt Wireless-Datenübertragung und Chipentwurf

funkschau Expertenkommentar

Bild: MPC Mobilservice



Franz Schulze Sprakel,
 Geschäftsführer MPC Mobilservice

Turbo-LTE: Gerüstet für das „Fußballstadien-Syndrom“?

LTE-Advanced ist noch nicht einmal gelebte Realität und doch überschlagen sich bereits die frohen Botschaften: Spitzendatenraten von bis zu 1000 MBit/s und niedrigere Latenzzeiten – so lautet die große Nachricht zum Mobilfunkstandard der nächsten Generation. Hält LTE-Advanced, was es verspricht, so beginnt damit tatsächlich das, was die Marketing-Buschtrommeln bereits seit einiger Zeit eifrig verkünden: LTE 2.0 läutet eine neue Ära des mobilen Arbeitens ein und wird, wenn man so möchte, erstmals „echtes“ mobiles Arbeiten ermöglichen. Technisch kritische Applikationen wie zum Beispiel Voice-over-IP oder Business-Applikationen wie CRM oder ERP sollen mit Hilfe des Turbo-LTE endlich ohne Probleme mobil nutzbar werden, heute bekannte Kinderkrankheiten von Videokonferenzen auf dem Smartphone wie Verzögerungen oder Unterbrechungen würden der Vergangenheit angehören.

Doch was nützt die schönste theoretische Bandbreite, wenn sie nicht praktisch nutzbar ist? Die entscheidende Frage beim Thema LTE-Advanced lautet daher, wie und ob der zunehmende Datenverkehr performant abgeführt wird. Denn nur dann ist der Datenfunk eine echte alternative Accesstechnologie. Aktuell leiden viele Nutzer an immer

mehr Orten und zu den üblichen Geschäftszeiten am so genannten „Fußballstadien-Syndrom“: Wenn viele User in einer Funkzelle gleichzeitig im Internet surfen, Videos ansehen und sonstige bandbreitenintensive Applikationen mobil nutzen, hilft auch die breiteste LTE-Autobahn nichts, um den massiv gesteigerten Datenverkehr zu verkraften – es kommt zu einer Überlastung des Netzes. Es bleibt abzuwarten, ob LTE-Advanced den hohen Erwartungen gerecht werden wird oder sich die zu erwartende Datenlawine in Stoßzeiten doch wieder durch einen Flaschenhals zwängen muss. Fest steht: Das Potenzial von LTE-Advanced ist groß und wird nicht nur Änderungen im Verhalten der mobilen Nutzer nach sich ziehen, sondern auch auf Netzbetreiberseite zu neuen Geschäftsmodellen und Dienstangeboten sowie massiven Umbrüchen in der Applikations- und Endgerätelandschaft führen. (DK)