

Beam me up

(Fast) Grenzenlose Geschwindigkeiten im WLAN

Kai-Oliver Detken

Die WLAN-Techniken erfreuen sich zunehmender Beliebtheit in Heim- und Unternehmensnetzen. Daher werden die Wireless-Techniken auch immer weiter entwickelt. Aktuell dringt man bei der Geschwindigkeit in den Gigabit-Bereich vor, um weiterhin eine Alternative zu festverdrahteten Netzinfrastrukturen zu besitzen. Dazu muss allerdings das bisherige Frequenzband verlassen werden, um Datenübertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 6,9 Gbit/s zu ermöglichen. Durch die mehr als zehnmals höhere Datenrate bisheriger WLANs können HD-Filme besser unterstützt und neue Anwendungsfälle erschlossen werden. Grund genug also, wieder einmal eine aktualisierte Betrachtung der bisherigen Standards vorzunehmen.

Das Bestreben, immer höhere Datenraten anbieten zu wollen, ist von Anfang an bei der WLAN-Standardisierung auszumachen gewesen. Da sich auch das Festnetz immer weiter entwickelt hat, ist dies auch nur natürlich, da man sonst keine wirkliche Alternative mittels WLAN anbieten könnte. Allerdings mussten sich auch die Modulationsverfahren entsprechend weiterentwickeln.

Die übliche Erhöhung der Datenraten

Tabelle 1 zeigt die für uns wichtigsten WLAN-Standards bezogen auf die Übertragungsrate und der dabei verwendeten Modulationsarten. So kam beim Basisstandard 802.11b noch das relativ einfache Modulationsverfahren Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) zum Einsatz, das darauf ausgelegt war, das Nutzsignal mithilfe einer vorgegebenen Bitfolge zu spreizen. Das Verfahren diente dabei hauptsächlich dazu, das Nutzsignal robuster gegen Störungen zu machen, als eine hohe Datenrate zu unterstützen. Sehr schnell waren den Anwendern die daraus resultierenden Nettodatenraten aber nicht ausreichend hoch genug, so dass mit dem 802.11g-Standard die OFDM-Modulation eingebracht wurde, die vier- bis fünfmal höhere Datenraten zuließ.

Die Modulation Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) ermöglicht nun die Aufteilung der Übertragung auf verschiedene Trägersignale, wodurch sie ebenfalls störungsrobuster wird, aber dabei zusätzlich auch

eine höhere Gesamtdatenrate ermöglicht. Kommt es zu Störungen, fallen nur einzelne Trägersignale aus, und es steht temporär eine geringere Bandbreite zur Verfügung. Aber die WLAN-Verbindung an sich bleibt bestehen und Nutzdaten können ohne Verluste weiter übertragen werden. OFDM wird ebenfalls im DSL-Umfeld eingesetzt, um die bestehenden Kupferleitungen effektiver ausnutzen zu können, da diese ursprünglich nicht für solch hohe Datenraten geplant waren. Aber auch die drahtlosen Techniken Wimax und LTE greifen auf OFDM erfolgreich zurück.

Aus Tabelle 1 wird deutlich, dass nach immer höheren Übertragungsraten gestrebt wird und dass die Modulationsverfahren sich ebenfalls dafür weiter entwickeln müssen. Nachdem auch 802.11g nicht mehr ausreichte, wurde im Jahr 2009 der Standard 802.11n ratifiziert, der zur OFDM-Modulation das MIMO-Verfahren (Multiple Input Multiple Output) hinzufügte. Dieses Verfahren beinhaltet eine Multi-Carrier-Modulation, die über mehrere Antennen stattfindet. Dadurch werden die Empfangsleistung erhöht und Störungen besser unterdrückt. Zusätzlich lässt sich mithilfe mehrerer Antennen die Datenrate weiter steigern. Ebenfalls wurde im Standard 802.11n die Bandbreite erhöht, damit die Trägersignale entsprechend aufgeteilt werden können. Diese Erhöhung musste im Standard 802.11ac noch einmal fortgeführt werden. So kann entweder 2 x 80 oder 1 x 160 MHz zur Verfügung gestellt werden. Zum Einsatz kommen

Standard	Nettodatenrate	Frequenz	Bandbreite	Modulation
802.11b	5-6 Mbit/s	2,4 GHz	20 MHz	DSSS
802.11g	20-22 Mbit/s	2,4 GHz	20 MHz	OFDM/QAM64
802.11n	100-240 Mbit/s	2,4/5 GHz	40 MHz	MIMO-OFDM/QAM64
802.11ac	ca. 660 Mbit/s	5 GHz	80/160 MHz	MIMO-OFDM/QAM256
802.11ad	ca. 2,3 Gbit/s	60 GHz	2 GHz	SC-OFDM/QAM64

Tabelle 1: Vergleich aktueller WLAN-Datenübertragungsraten

Prof. Dr.-Ing. Kai-Oliver Detken ist Dozent an der Hochschule Bremen im Fachbereich Informatik sowie Geschäftsführer der Decoit GmbH

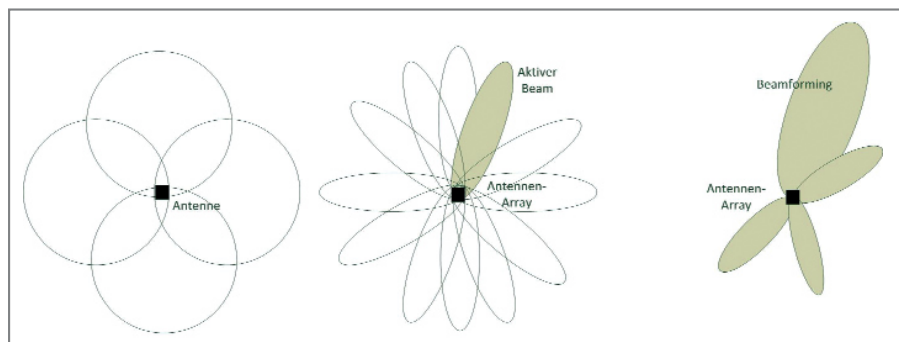
dabei unterschiedliche MIMO-Varianten (3x3, 8x8), um rein rechnerisch einen maximalen Durchsatz von 6,9 Gbit/s (brutto) über entsprechende Mehrfachverbindungen erreichen zu können. Heutzutage sind allerdings meistens Geräte im Einsatz, die maximal 3x3-MIMO bei 80 MHz Bandbreite nutzen, wodurch maximal 1,3 Gbit/s (brutto) erreichbar sind. Als Nettodatenrate kann dabei eher von 660 Mbit/s ausgegangen werden. Der Standard wurde zwischen 2011 und 2013 mehrfach angepasst und gilt nun als endgültig verabschiedet.

Mit dem Standard 802.11ad kommt nun eine weitere Erhöhung auf die WLAN-Nutzer zu. Allerdings wird im Gegensatz zur klassischen WLAN-Nutzung nur eine Reichweite von bis zu 10 m angestrebt – bei starker Erhöhung der Datenrate. Dafür wurde der zu nutzende Frequenzbereich auf 60 GHz erhöht. Er kann über vier Kanäle mit jeweils 2,1 GHz unterteilt werden und ist ebenfalls frei nutzbar. Als Modulation kommt hier eine Single-Carrier-Variante von OFDM zum Einsatz, um mithilfe von Beamforming (eine intelligente Antennentechnik) die empfangsseitige Feldstärke zu erhöhen. Der Name kommt dabei anscheinend nicht von ungefähr, da ja auch bei Star Trek das Beamen eine gerichtete Punkt-zu-Punkt-Übertragung darstellt. Das Beamforming bei WLAN arbeitet ähnlich, indem mehrere dicht beieinander angebrachte unidirektionale Antennen so mit HF-Signalen belegt werden, dass die Antennen-Arrays (matrixförmig angeordnete Einzelantennen, die zu einer Smart-Antenne zusammengeschaltet werden können) eine directionale Abstrahlcharakteristik nachbilden können (*Grafik*). In der Praxis können dadurch Funkwellen eines Access Points (AP), die sich normalerweise in konzentrischen Kreisen ausbreiten, gebündelt und so geformt werden, dass ihr Maximum in eine Richtung zeigt. Auch die Sendeleistung kann entsprechend angepasst werden. Das Beamforming-Verfahren bietet zusätzlich ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis und eignet sich hervorragend für Sichtverbindungen. So können bis zu 6,7 Gbit/s (brutto) angeboten werden. Da der

Standard aber noch in Vorbereitung ist, kann die reale Nettodatenrate momentan nur abgeschätzt werden (s. Tabelle 1).

Auch die Quadraturamplitudenmodulation (QAM) wurde beim neuen Standard verbessert. QAM256 ermöglicht,

gung (Video Transport Stream – VTS). Auch wird das vernetzte Heim durch verbesserte WLAN-APs immer mehr Realität. Eine stetig steigende Zahl an Geräten (Fernsehgeräte, Audio-/Video-Streamer, Smartphones, Tablet-PCs usw.) können über WLAN ange-



Vergleich der verschiedenen Antennenausrichtungen (links – konventionelles Antennen-Array, Mitte – Switched Antennen-Array, rechts – adaptiertes Antennen-Array)

dass modulierte Funkwellen dichtere Datenpakete übertragen können. Das heißt, es können mehr Daten in derselben Paketgröße enthalten sein, als vorher im n-Standard mit QAM64. Es wird sozusagen eine vierfache Modulation eingesetzt, die so eine wesentlich höhere Datenrate ermöglicht.

Erste Realisierungen der neuen WLAN-Technik, die auch Wireless Gigabit (WiGi) genannt wird, sind bereits für 2015 geplant. So plant z.B. Samsung den neuen Standard im kommenden Jahr im Smart-Home-Umfeld und im medizinischen Bereich einzuführen. Zusätzlich arbeitet man an der Erweiterung der bisherigen Entfernungsbegrenzung. Die Weiterentwicklung der Richtantennentechnik wird dabei eine entscheidende Rolle spielen. Typische Anwendungen wird die Verbindung von Videosystemen und Fernsehgeräten sein. Somit ist der Standard auch eine Konkurrenz zu Wireless-USB und -HDMI.

Neue Anwendungen und mehr Funktionalität

Neben der immerwährenden Steigerung der Datenrate wird im WLAN-Bereich auch ständig an der Steigerung der Funktionalität gearbeitet. So erweitert z.B. der Standard 802.11aa die für Voice-over-WLAN (VoWLAN) in 802.11e eingeführte Dienstgüte um Funktionen für die Videoübertra-

bunden werden und ermöglichen eine effizientere Automatisierung und Kontrolle. So lassen sich z.B. IP-Kameras steuern, um ein Haus auch aus der Ferne überwachen zu können. Steuerungsmodule für Heizung, Rollos und Licht ermöglichen die Fernsteuerung via Smartphone und/oder Tablet-PC. Dies kann auch vom Arbeitsplatz über das Internet erfolgen, wenn man z.B. vergessen hat, das Licht auszuschalten. Allerdings sollte dabei die IT-Sicherheit nicht zu kurz kommen, denn der Zugriff von außen wird oftmals über offene Ports am Heimrouter ermöglicht, über den auch Fremdzugriffe ggf. erfolgen können.

WLANs werden sich weiter verbreiten, da diese drahtlose Technik auch als Ergänzung bestehender Netzinfrastrukturen verwendet wird – sowohl zu Hause als auch in Unternehmen. Dies liegt u.a. auch an der immer größeren Verbreitung von Smartphones und Tablet-PCs, die traditionelle PCs und Laptops zunehmend verdrängen. Diese neuen Endgeräte werden normalerweise drahtlos mit dem Netz verbunden und mobil genutzt. Kommen noch weitere Geräte hinzu (z.B. Spielekonsolen und Fernsehgeräte mit Video on Demand) wird eine höhere Datenrate benötigt, soll hier kein Engpass entstehen. Dem wird durch die aktuelle Entwicklung auch Rechnung getragen. Im Unternehmen hingegen kommt man dem „Wireless-Office“

immer näher, da sich künftig auch umfangreiche Datenvolumina über WLAN abwickeln lassen. Eine Verkabelung wird nicht mehr überall notwendig sein und kann aus bautechnischen Gründen auch nicht immer erfolgen. Es ist trotzdem nicht davon auszugehen, dass Unternehmen gänzlich auf ihre Verkabelung verzichten, da auch dort die Datenraten in

shake-Verfahren umgangen, und der Teilnehmer ist schneller im Netz.

802.11ak verändert hingegen die Rahmenstruktur der WLAN-Datenpakete so, dass sie optimaler zu den übrigen 802-Normen passt. Dazu gehört auch, dass 802.11ak-kompatible Geräte dann transparent VLAN-Tags transportieren können. Dadurch lassen sich wiederum zwei beliebige

Laptops ausgenutzt werden können, da in Smartphones und Tablet-PCs oftmals nur 1x1 MIMO verbaut wird. Trotzdem werben die Hersteller schon mit der vollen theoretisch nutzbaren Bruttoübertragungsrate des Standards bzw. gehen sogar noch einen Schritt weiter. Es wird nun auch bereits AC1900 angegeben, was eine mögliche Bruttoübertragung von 1.900 Mbit/s suggerieren soll. Das liegt daran, dass diese Hersteller die 802.11n-Technik (max. 600 Mbit/s, brutto) mit der 802.11ac-Technik (max. 1,3 Gbit/s, brutto) einfach addieren, da diese WLAN-APs beide Techniken unterstützen. Nur kann man eben beide Varianten nicht gleichzeitig nutzen, weshalb diese Aussage einfach falsch ist.

Die gleichen Hersteller haben auch schon in der Vergangenheit behauptet, dass man mit Duplex-100-Mbit/s-Ethernet auf eine Übertragungsgeschwindigkeit von 200 Mbit/s kommt. Solche Aussagen sind einfach verkehrt und tragen zum Missmut der Anwender bei, wenn eine solche Netzleistung dann zwar erwartet, aber nicht erreicht wird.

Zusätzlich sollte bedacht werden, dass die Nettogeschwindigkeit ausschlaggebend ist, und die hängt nach wie vor davon ab, wie weit der Anwender von einem WLAN-AP entfernt ist, ob sich Hindernisse zwischen ihm und dem AP befinden und wie viele Teilnehmer gerade auf diesen zugreifen. Denn nach wie vor ist die WLAN-Technik eine Shared-Medium-Technik, die von der Anzahl ihrer Nutzer leistungstechnisch sehr abhängt.

Dass man aber noch nicht bei der Leistungsgrenze angekommen ist, zeigt der Standard 802.11ad. Er bietet eine Möglichkeit, künftig noch weniger Kabel nutzen zu können, wie beispielsweise HDMI, Display-Port und USB, um dabei gleichzeitig noch höhere Datenraten zu unterstützen – Beamforming macht's möglich und Scotty lässt grüßen – auch wenn 802.11ad nur maximal 10 m überbrücken kann. Man darf daher gespannt sein, wohin die WLAN-Reise noch gehen wird. Es wird schließlich nicht nur an höheren Datenraten gearbeitet. (bk)

Standard	Thema
802.11mc	802.11-2012 + aa, ac, ad, ae & af, Verabschiedung für Dezember 2015 als 802.11-2015 erwartet
802.11ah	Sub 1 GHz License exempt Operation: Sensor Network, Smart Metering (ca. März 2016)
802.11ai	Fast Initial Link Setup (ca. November 2015)
802.11aj	China Millimeter Wave (ca. Juni 2016)
802.11ak	General Links (ca. Mai 2016)
802.11aq	Pre-Association Discovery (ca. Juli 2016)
802.11ax	High Efficiency WLAN (HEW): Erweiterung der 802.11ac-Norm (ca. Mai 2018)

Tabelle 2: Neue WLAN-IEEE-Spezifikationen

den letzten Jahren enorm gestiegen sind und die Fehleranfälligkeit geringer einzustufen ist.

Die IEEE-Arbeitsgruppe 802.11 bleibt daher weiterhin sehr aktiv; ein Ende ist nicht abzusehen. Im März 2012 wurde z.B. die Priorisierung von Managementrahmen nach 802.11ae spezifiziert, im Februar 2014 die TV-White-Space-Spezifikation nach 802.11af. Als White-Space werden TK-Frequenzen bezeichnet, die zwar einem Rundfunkservice zugeordnet sind, aber lokal nicht genutzt werden. Dies ist möglich geworden, weil das analoge Fernsehen durch DVB-T ersetzt wurde, wodurch wieder Bandbreite (Spektrum) für andere Nutzungen frei geworden ist. Dieser Umstand ist aufgrund knapper Frequenzspektren als sehr positiv zu bezeichnen.

Die sich momentan in Bearbeitung befindlichen Standards zeigt *Tabelle 2*. Die Entwickler der 802.11ax-Technik streben im Übrigen eine Vervierfachung des Durchsatzes gegenüber dem 802.11ac-Standard an. Mittel- und langfristig möchte man sogar Spitzenraten von 30 Gbit/s über das 60-GHz-Band und Mobilfunk-Picozellen auch als Backhaul-Technik anbieten. Der Standard 802.11ai wird sich um den beschleunigten WLAN-Verbindungsaufbau kümmern, indem bereits eine IP-Adresse bei der Anmeldung am Access Point bereitgestellt wird. Dadurch wird das DHCP-Hand-

Ethernet-Segmente miteinander verbinden.

802.11aq arbeitet an einer Technik, die Interessenten über die im WLAN und LAN angebotenen Dienste umgehend informieren soll – eine Art schnelles Service Discovery. 802.11ah soll den Wireless-Standard hingegen auch unterhalb von 1 GHz etablieren, um beispielsweise Sensoren und Smart Meter ansprechen zu können. Hier wird versucht, mit WLANs in den Bereich des „Internet der Dinge“ vorzudringen – ein weiteres neues Anwendungsgebiet.

Fazit

Der sich ankündigende enorme Sprung der Datenraten im WLAN wird den Hunger auf neue Anwendungen weiter steigern und die konventionelle Nutzung infrage stellen. So wird der neue Leistungszuwachs, der durch höhere Kanalbandbreiten, effizientere Modulationsverfahren und Erhöhung der maximalen Zahl der Sender- und Empfangseinheiten entsteht, für neue Anwendungen in kürzester Zeit auch genutzt werden. Der neue Standard 802.11ac ermöglicht eine Bruttoübertragungsgeschwindigkeit von 433 Mbit/s pro Antenne, so dass ein WLAN-AP mit 3x3-MIMO-Technik bereits einen Gesamtbruttodurchsatz von 1,3 Gbit/s erreichen kann. Dieser wird aber nur von leistungsstarken