

WLAN-Standards im Wandel der Zeit

Wenn Datenraten explodieren, darf die Qualität nicht auf der Strecke bleibenn

Kai-Oliver Detken

Die Entwicklung von Wireless-Techniken schreitet aufgrund der anwachsenden Always-on-Gesellschaft immer weiter voran. Dabei ist es nicht nur wichtig, möglichst nahtlos immerwährend mit dem Internet verbunden zu sein, sondern auch mit einer hohen Datenrate. Den Anwendungsszenarien sind dadurch kaum noch Grenzen gesetzt, da beliebig auf Unternehmensdaten, Youtube-Videos oder aktuelle News zugegriffen werden kann. Daher wird kontinuierlich an der Erhöhung der Datenrate gearbeitet, die aber dadurch auch störanfälliger werden kann. Hinzu kommt, dass die IT-Sicherheit und die Netzqualität im gleichen Maße mitwachsen müssen. Grund genug also, einmal eine aktualisierte Betrachtung der heutigen Standards vorzunehmen.

Die Übertragungsraten haben sich seit der Etablierung des 802.11-Standards kontinuierlich weiterentwickelt. Während sich anfangs allerdings die Datenrate nur allmählich verbesserte, kamen nun in wesentlich kürzeren Abständen neue Standards hinzu. Dies lag auch daran, dass man eine Alternative für das Festnetz etablieren wollte und die eingesetzten Modulationen immer intelligenteren Verfahren zur Erhöhung der Bandbreite ermöglichen.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Standards und deren Modulationsverfahren. Zusätzlich wurden die unterschiedlichen Reichweiten festgehalten, wobei diese durch verschiedenartige Hindernisse variieren können. So ist jeweils sowohl im Innen- als auch im Außenbereich eines Hauses beispielhaft mit einem Wandhindernis gerechnet worden.

Steigerung der Übertragungsraten

In Tabelle 1 sind auch die Nettodatenraten enthalten, die von einem Teilnehmer nur reell genutzt werden können. Dieses ist bei Herstellerangaben normalerweise unüblich, da größere Bandbreiten bzw. Datenraten suggeriert werden sollen. Anhand der Übersicht wird deutlich, dass man sowohl an der Steigerung der Datenrate gearbeitet hat als auch an der Erhöhung der Reichweite. Hier fällt insbesondere der Standard 802.11y auf, der eine Außenreichweite von bis zu 5 km bietet. Der in den USA eingesetzte Stan-

dard verwendet eine Frequenz, die nicht mehr lizenzkostenfrei ist, aber dafür andere Signalstärken einsetzen darf. Daher sind hierüber auch größere Entfernungen überbrückbar. Größere Bedeutung erhielt der Stan-

Standard	Nettodatenrate in Mbit/s	Frequenz in GHz	Modulation	Reichweite
802.11	0,9	2,4	FHSS-GFSK, DSSS-DBPSK/DQPSK	innen: ca. 20 m, außen: ca. 100 m
802.11b	4,3	2,4	DSSS-CCK	innen: ca. 38 m, außen: ca. 140 m
802.11g	19	2,4	OFDM-BPSK/QPSK/QAM	innen: ca. 38 m, außen: ca. 140 m
802.11a	23	5	OFDM-BPSK/QPSK/QAM	innen: ca. 35 m, außen: ca. 120 m
802.11y	23	3,7	OFDM-BPSK/QPSK/QAM	innen: ca. 50 m, außen: ca. 5 km
802.11n	240	2,4/5	MIMO-OFDM-BPSK/QPSK/QAM	innen: ca. 70 m, außen: ca. 250 m

Tabelle 1: Vergleich der unterschiedlichen WLAN-Standards

dard 802.11n, der die Übertragungstechnik Multiple Input Multiple Output (MIMO) verwendet, um entweder die gleiche Datenrate über größere oder höhere Datenrate über geringere Distanzen zu ermöglichen. Die Verbreiterung der Übertragungskanäle von 20 MHz auf 40 MHz und der Einsatz von gleichzeitig bis zu vier Antennen ermöglicht eine höhere Datenrate als bei den Vorgängertechniken. Das heißt, eine Antenne muss eine Bruttodatenrate von 150 Mbit/s unterstützen, damit eine Gesamtbruttodatenrate von 600 Mbit/s über vier Antennen gebündelt zur Verfügung gestellt werden kann. Es gibt auch Beispiele, in denen bereits drei Antennen genutzt werden können, um zwei Datenströme mit je 300 Mbit/s Bruttodatenrate zu etablieren. Um die volle Leistungsfähigkeit des MIMO-Verfahrens ausnutzen zu können, muss es allerdings an Sender und Empfänger implementiert sein. Dieses Verfahren wird auch von anderen Wireless-Techniken genutzt, wie im Wimax-Standard 802.16 oder in aktuellen LTE-Mobilfunknetzen.

Die MIMO-Modulation verwendet bei 802.11n eine OFDM-Modulation (Orthogonal Frequency Division Multiplex) als Basismodulation. Dies beinhaltet eine Multi-Carrier-Modulation, die mehrere orthogonale Träger zur digitalen Datenübertragung verwendet. OFDM ist daher eine Sonderform des FDM-Verfahrens, bei dem durch die Orthogonalität der Träger ein Übersprechen zwischen den Signalen reduziert wird. Dies funktioniert, indem die zu übertragende Nutzinforma-

tion kanal hingegen die komplette Datenübertragung unterbinden. Die Einzelträger der OFDM-Modulation werden je nach Qualität der Verbindung bei 802.11n mittels 2-PSK, 4-PSK, 16-QAM oder 64-QAM moduliert.

Qualität wird immer wichtiger

Die Erhöhung der Datenrate steht aber nicht allein bei den neuesten WLAN-Spezifikationen auf der Agen-

bevorzugen und die nicht markierten gegebenenfalls ignorieren, wenn der Datenverkehr zu hoch wird.

Mit dem Standard 802.11e werden Verkehrsklassen eingeführt, durch die den Daten eine unterschiedliche Priorität gegeben werden kann. Dies wurde durch die Hybrid-Coordination-Function (HCF) ermöglicht, die zwei unterschiedliche Zugriffsverfahren unterstützt:

- Enhanced Distributed Channel Access (EDCA): Höher priorisierte Datenpakete werden mit hoher Wahrscheinlichkeit schneller gesendet und mit einer Transmit Opportunity (TXOP) markiert. Dadurch ist ein festes Zeitintervall vorgeschrieben, in dem die Stationen nur senden dürfen. Der Vorteil: Langsame Stationen können das WLAN nicht ausbremsen.
- HCF Controlled Channel Access (HCCA): Erweitert den Kanalzugriff nochmals mit zwei Signalrahmen. Der erste Signalrahmen wird durch den Hybrid Coordinator kontrolliert, während der zweite das EDCA-Verfahren beinhaltet. Dadurch können Übertragungsparameter (Latenz, Jitter usw.) abgefragt und besser koordiniert werden.

Um QoS zu unterstützen, stehen der 802.11e-Spezifikation noch weitere Standards zur Seite. So legt 802.11m die Priorisierung fest, die nach dem Kanalzugriff der Station genutzt werden kann. Das „Fast Roaming“ nach 802.11r ermöglicht den nahtlosen Wechsel eines mobilen Endgeräts, das sich zwischen verschiedenen WLAN-APs bewegt. Zwar wird diese Funktion fälschlicherweise im WLAN-Umfeld als Roaming bezeichnet und nicht als Handover. Die letztere Begrifflichkeit ist aber letztendlich damit gemeint. Das Roaming ist längst noch keine Basisfunktionalität von Standard-WLAN-APs, die teilweise sogar noch Schwierigkeiten haben, eine nahtlose Session-Übergabe nach 802.11f zu ermöglichen.

Ein absolut garantierter QoS kann aber auch durch 802.11e nicht ganz erreicht werden, da die Luftschnittstelle nach wie vor mit anderen Endgeräten geteilt wird (Shared Medium) und eine priorisierte Überbelegung ebenfalls zu Störungen führen kann.

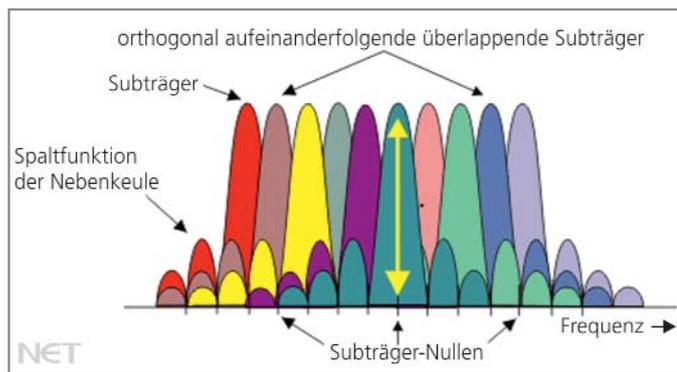


Bild 1: OFDM-Signal mit zehn Trägern

(Quelle: http://wireless.agilent.com/wireless/helpfiles/89600B/WebHelp/Subsystems/wlan-ofdm/Content/ofdm_basicsprinciplesoverview.htm)

tion mit hoher Datenrate auf mehrere Teildatenströme mit niedrigerer Datenrate aufgeteilt wird. Diese Teildatenströme werden jeder für sich mit einem herkömmlichen Modulationsverfahren mit geringer Bandbreite moduliert und anschließend die modulierten HF-Signale addiert. Um die einzelnen Signale bei der Demodulation im Empfänger unterscheiden zu können, ist es notwendig, dass die Träger im Frequenzraum orthogonal (rechtwinklig) zueinander stehen. Das bewirkt, dass die Teildatenströme sich wenig gegenseitig beeinflussen und die Subträger Null ergeben (Bild 1).

Der OFDM-Vorteil besteht darin, dass man damit die Datenübertragung auf Störungen bzw. Einschränkungen eines Übertragungskanals (z.B. Funkkanal) durch feine Granulierung anpassen kann. Kommt es innerhalb des gesamten OFDM-Signalspektrums zu einer schmalbandigen Störung, können von der Störung betroffene Träger von der Datenübertragung ausgenommen werden. Die gesamte Datenübertragungsrate sinkt damit nur um diesen kleinen Teil. Bei einer breitbandigen Quadraturamplitudenmodulation mit nur einem Träger könnte eine schmalbandige Störung im Übertra-

da. Zwar wird gerade an den Standards 802.11ac und 802.11ad gearbeitet, die Datenraten im Gigabit-Bereich versprechen, aber es stehen auch zunehmend andere Eigenschaften (wie z.B. IT-Sicherheit, Signalstärke, QoS) für den Betrieb von WLANs im Vordergrund. Auf der einen Seite wird so durch die weiteren Entwicklungen eine Konkurrenz zum Festnetzbetrieb geschaffen, auf der anderen Seite werden ganz neue Funktionen angeboten, um einen Mehrwert für Wireless-Netze zu schaffen. Tabelle 2 zeigt eine Auswahl von IEEE-WLAN-Standards.

Ein besonderes Augenmerk wird neben der Datenratenerhöhung auf die Einführung der Quality of Service (QoS) im WLAN-Umfeld gelegt. Dieser Mechanismus war bisher immer nur den Festnetztechniken vorbehalten, ist aber durch die Einführung von Voice over IP (VoIP) und Nutzung von zeitkritischen Diensten inzwischen auch in Drahtlosnetzen relevant. Der Standard 802.11e arbeitet dabei nach dem DiffServ-Prinzip (Differentiated Service), indem WLAN-Pakete vor dem Senden markiert bzw. priorisiert werden. Der WLAN-AP (AP – Access Point) soll dabei nur die markierten Pakete

Standard	Thema	Beschreibung
802.11c	Supplement to Bridge Standard	spezifiziert das MAC-Layer-Bridging nach dem 802.11d-Standard für die drahtlose Kopplung zweier Netze über ein WLAN
802.11d	Regulatory Domain Updates	Standard für die Anpassung von WLAN-Geräten in Ländern mit unterschiedlichen Frequenznutzungsvorschriften; dazu gehört u.a. die Wahl der Funkkanäle
802.11e	MAC Enhancement	Definition von Verfahren, mit denen dem Anwender Quality of Service (QoS) zur Verfügung gestellt werden kann; insbesondere wichtig für Voice over WLAN (VoWLAN) und für das Echtzeitverhalten in Feldbussen
802.11f	Inter Access Point Protocol (IAPP)	Protokoll, über das WLAN Access Points (AP) miteinander kommunizieren können, beispielsweise zum Austauschen von Roaming-Informationen und zum Abhalten von Sessions mobiler Endgeräte
802.11i	802.11i Framework	Der Sicherheitsrahmenstandard hat das WEP-Protokoll abgelöst und die WLAN-Kommunikation auf eine sichere Basis gebracht. Teile von 802.11i sind bereits in der WiFi Protected Architecture (WPA) veröffentlicht worden. Der Initialisierungsvektor (IV) wurde von 24 auf 128 bit erhöht, wodurch der Sicherheitsgrad stark verbessert wurde.
802.11k	RF Measurement	ermöglicht bessere Planungsmöglichkeiten für Funkparameter (z.B. die Signalstärke) und Messmethoden
802.11m	Priority	definiert die Priorisierung von VoWLAN gegenüber Datenverkehr
802.11	Wireless Access for Vehicular Environment (WAVE)	Für die drahtlose Auto-zu-Auto-Kommunikation, um z.B. andere Fahrzeuge vor Staus oder Unfällen direkt zu warnen; auch unter Dedicated Short Range Communication (DSRC) bekannt
802.11q	Virtual WLAN	unterstützt virtuelle LANs (VLAN) im Wireless-Umfeld
802.11r	Fast Roaming	Der Wechsel zwischen WLAN Access Points (AP) verursacht bei der drahtlosen Telefonie hörbare Unterbrechungen, die sich bei Authentifizierung auf Port-Basis noch verlängern. Durch diesen Standard wird der Vorgang effizienter.
802.11s	Wireless Mesh Network (WMN)	Durch das Thema Mesh-Netze werden neue Netzstrukturen behandelt, bei denen die WLAN-APs funktionsmäßig miteinander zu einem Maschennetz verbunden sind; die typische Hub-Struktur wird aufgelöst
802.11t	Wireless Performance Prediction (WPP)	legt u.a. Leistungsmetriken, Messmethoden und Testverfahren fest, um die Leistungsfähigkeit von WLAN-Komponenten messen und hinsichtlich der Anwendung besser vorherzusagen zu können
802.11u	Wireless Interworking with external Networks	regelt das Zusammenspiel von 802.11-Netzen mit nicht-802-konformen Netzen, wie z.B. UMTS, EDGE und LTE
802.11v	Wireless Network Management	definiert Netzmanagementfunktionen für WLANs
802.11w	Protection of Management Frames	regelt den Schutz von Managementpaketen bzw. -verbindungen
802.11z	Direct Link Setup (DLS)	für direkte Verbindungen zwischen WLAN-Clients ohne den Umweg über die Basisstation, um Kapazitätsengpässe an WLAN-APs umgehen und kürzere Direktwege ausnutzen zu können
802.11aa	Robust Streaming of Audio Video Transport Streams	erweitert das für VoWLAN eingeführte QoS in IEEE 802.11e, um Funktionen für die Videoübertragung (Video Transport Stream - VTS)
802.11ac	Very High Throughput	physische Schicht zum Erreichen eines Datendurchsatzes von ca. 1 Gbit/s
802.11ad	Gigabit-WLAN	In einem solchen 2-GHz-Band sollen mit Quadraturamplitudenmodulation (QAM64) Datenraten von bis zu 6,7 Gbit/s realisiert werden können.
802.11ae	QoS Management	QoS-Management und Priorisierung von Management-Frames

Tabelle 2: Auswahl von IEEE-WLAN-Standards

Bei ausreichender Dimensionierung und bei Einsatz erweiterter Verfahren kann aber eine hinreichend gute Qualität erzielt werden. Über 802.11q kann man z.B. den Datenverkehr voneinander isolieren und trennen, ähnlich wie dies bei Ethernet über die VLAN-IDs der Fall ist. Zudem ermöglicht 802.11z eine direkte Verbindung zwischen zwei Stationen, wenn der WLAN-AP zu stark belastet oder zu weit entfernt ist (Bild 2). Der Standard 802.11aa erweitert den 802.11e-Standard zusätzlich um die robuste Videoübertragung, so dass im Grunde die gleiche Qualität wie im Festnetzbetrieb ermöglicht werden kann.

Ausblick

Die WLAN-Spezifikationen werden immer ausgefeilter und bieten inzwi-

schen eine ähnliche Qualität und Geschwindigkeit wie das Festnetz. Allerdings sind nicht alle hier erwähnten Standards endgültig spezifiziert oder in allen WLAN-APs verfügbar. Zudem bringen vor der Verabschiedung der Standards die WLAN-Hersteller meistens bereits Geräte auf den Markt, die sich nicht interoperabel verhalten. Daher sollte man bei der Entscheidungsfindung für eine neue

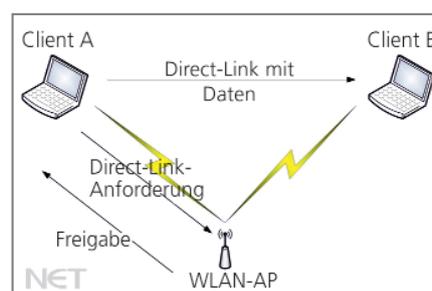


Bild 2: Direct-Link-Funktionalität nach 802.11z

WLAN-Infrastruktur im Unternehmensbereich unbedingt folgende Punkte beachten:

- unterstützte Funktionen der WLAN-APs bezogen auf die eigenen Anforderungen;
- standardkonforme Umsetzung der angebotenen Funktionsvielfalt;
- Interoperabilität mit anderen Herstellern;
- zentrale Managementbarkeit für Signalstärke, QoS, Firmwareupdates usw.

Beherzigt man bei der Auswahl die genannten Punkte, steht anschließend ein Wireless-Netz zur Verfügung, das flexibler als ein Festnetz genutzt werden kann und diverse neue Anwendungen ermöglicht. Und da die Entwicklung weitergehen wird, werden auch künftig weitere Anwendungsfälle hinzukommen. (bk)