

Interferenzen auf dem 2,45- GHz-Band

Von Robert Schoblick

Wireless LAN und Bluetooth besitzen anscheinend nur wenig Gemeinsamkeiten. Dennoch tanzen beide Technologien auf der gleichen Hochzeit, und zwar im sehr engen Frequenzbereich des 2,45-GHz-Bandes. Störungen sind daher nicht auszuschließen.

Die Einsatzbereiche von Wireless LAN (IEEE 802.11b) und Bluetooth (künftig: IEEE 802.15) sind sehr unterschiedlich. So liegt der Schwerpunkt bei den Wireless-LAN-Systemen (WLAN) auf der drahtlosen Erweiterung bestehender lokaler Netzwerke oder dem völligen Ersatz kleinerer verdrahteter Infrastrukturen. Mit der Technologie lassen sich verschiedene Netzabschnitte auch über größere Distanzen miteinander verbinden. WLAN-Konzepte bieten zudem die Möglichkeit, Ad-hoc-Netze aufzubauen, ohne dass eine stationäre Basisstation notwendig ist. Dabei

werden einige Computer in der nahen Umgebung in einem temporären Funknetzwerk zusammengeschlossen, um beispielsweise Daten miteinander auszutauschen. WLAN ist auf die Überwindung mittlerer Entfernungen ausgelegt: Die Reichweite liegt zwischen 30 Meter innerhalb von Gebäuden und rund 150 Meter im freien Gelände. Brutto lässt sich mit auf dem Markt befindlichen Systemen eine Übertragungsrate von rund elf MBit/s erreichen. Effektive Datenraten liegen allerdings bei ungefähr 4 bis 4,5 MBit/s. Mit IEEE 802.11a und Hiperlan/2 soll es künftig 54-MBit/s-WLAN-Systeme geben, die dann nicht mehr im kritischen 2,45-GHz-Bereich arbeiten.

Bluetooth ist eine digitale Funkchnittstelle für den Nahbereich. In der Standard-Leistungsklasse von 1 mW be-

sitzt diese Technologie eine Reichweite von maximal 10 Meter bei einer Übertragungsrate von rund 1 MBit/s. Die Bluetooth Special Interest Group plant aber auch die Definition einer Leistungsklasse von 100 mW, mit der sich Distanzen bis zu 100 Meter überbrücken lassen.

Zu den Anwendungsgebieten der Bluetooth-Technologie gehört die Anbindung tragbarer Computer und PDAs (Personal Digital Assistant) an Mobilfunkgeräte, aber auch beispielsweise der drahtlose Headset-Anschluss an ein Handy. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der automatischen Authentifizierung mit Hilfe eines funkgestützten Hardware-Token. Dieser übermittelt via Bluetooth beispielsweise die Zugangsinformationen des Anwenders an den PC, noch bevor er an seinem Schreibtisch Platz nimmt. Ad-



hoc-Datennetzwerke mit einem hohen Maß an Datensicherheit lassen sich ebenfalls mit Bluetooth realisieren. So kann mit Bluetooth-tauglichen Endgeräten beispielsweise bei Besprechungen ein Kleinstnetzwerk errichtet werden, um für alle Teilnehmer wichtige Dokumente zur Verfügung zu stellen.

Verschiedene Übertragungstechniken minimieren Störungen

Obwohl Bluetooth und WLAN unterschiedliche Einsatzbereiche besitzen und auf verschiedenen Standards basieren, haben sie eine wesentliche Gemeinsamkeit: Beide Technologien arbeiten im lizenzfreien 2,45-GHz-ISM-Band (Industrial Scientific Medical) und beeinflussen sich gegenseitig. Deshalb standen die Entwickler vor der Herausforderung, Verfahren zu finden, die Kommunikationsprobleme auf Grund von Störeinflüssen minimieren. Eine vollständige Kompensation lässt sich damit allerdings nicht erreichen. So treten bei der Übertragung Bitfehler auf, die zu reduzierten Datenraten führen. Die Verfahren, um die Störeinflüsse zu minimieren, basieren im Wesentlichen darauf, dass pro Verbindung nicht nur ein Kanal genutzt wird, sondern das gesamte Spektrum. Dabei handelt es sich um die Verfahren Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) und Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).

Übertragungsverfahren für Wireless LAN und Bluetooth

Beim FHSS-Verfahren (Frequency Hopping-Spread-Spectrum) wird die Sendefrequenz in regelmäßigen Intervallen gewechselt. Ist eine der verwendeten Frequenzen gestört, dann verursacht dies einen Bitfehler, der von höheren Protokollschichten durch eine erneute Übertragung kompensiert wird. Damit reduziert sich bei einem gestörten System zwangsläufig die Performance. Allerdings ist das FHSS-Verfahren sehr sparsam im Umgang mit der verfügbaren Bandbreite, da andere Frequenzen nicht durch den schmalbandigen Sendevorgang belegt werden. Auf diese Weise können andere Systeme parallel auf den freien Kanälen senden. Durch den permanenten Wechsel der Sendefrequenz wird auch bei einer teilweisen Störung des Frequenzbandes noch immer eine Kommunikation gewährleistet. Die Auswirkungen einer Störung hängen allerdings im Wesentlichen davon ab, wie viele der verwendeten Frequenzen gestört sind.

Bluetooth setzt auf den FHSS-Standard. Die 79 Kanäle werden nach einem individuellen Schlüssel, der zwischen den beteiligten Stationen bekannt ist, in sehr schnellen Intervallen gewechselt, wobei jeder Kanal eine Bandbreite von 1 MHz besitzt. Innerhalb einer Sekunde erfolgen zirka 1.600 Frequenzsprünge. Damit verteilen sich die zu übertragenden Informationen sehr

schnell über das Frequenzband, wodurch Bluetooth ein sehr stabiles System darstellt. Darüber hinaus kalkuliert Bluetooth durchaus auch Datenverluste ein. Das ARQ-Verfahren (Automatic Retransmission Query) gewährleistet, dass verlorene Daten erneut übertragen werden. Dazu übergibt der Empfänger im Antwortpaket einen Fehlercode. Allerdings erfolgt eine wiederholte Aussendung nur bei reiner Datenkommunikation. Da bei Bluetooth 64 Kanäle für die Sprachübertragung reserviert sind – beispielsweise für den Einsatz von Headsets, werden verlorene Informationen bei Sprachübertragungen nicht beachtet. Unter

Umständen führt dies in unmittelbarer Nähe zu einem WLAN-Sender zu leichten Tonstörungen.

Wird eine Information auf einem Funkkanal übertragen, der möglicherweise gestört ist, weil ein anderer Sender ebenfalls auf dieser Frequenz sendet, dann besteht das Risiko, dass die Information verloren geht. Infolgedessen nimmt die Applikation einen Bitfehler zur Kenntnis und überträgt die Information erneut. Während sich das bei einem System mit wechselnden Frequenzen nur in einer Reduzierung der Performance auswirkt, kommt es bei einem System mit starrer Frequenzbelegung zum Totalausfall.

Mit dem Direct-Sequence-Spread-Spectrum-Verfahren (DSSS) lässt sich die Reduzierung der Performance bereits im Vorfeld weitgehend eliminieren. Erkauft wird diese Performance-Sicherheit mit einem hohen Bandbreitenbedarf: Das DSSS-Verfahren übersetzt eine Grundinformation (ein Bit) in einen Code aus 11 Bits (0 = 11001100100, 1 = 00110011011). Diese Informationen werden nun parallel auf verschiedenen Frequenzen übertragen. Auf Grund der definierten Struktur der beiden verwendeten Bitmuster, die als Chip bezeichnet werden, lassen sich die ursprünglichen Daten sehr einfach wieder herstellen. Dabei ist eine Redundanz gegeben, die bei einem Verlust von bis zu fünf Teilinformationen die Wiederherstellung der ursprünglichen Informationen sicherstellt. Durch die Verteilung der gesendeten Informationen über das gesamte Frequenzband erscheinen die übertragenen Bitmuster in einem Spektrumanalyzer wie ein breitbandiges Rauschsignal.

DSSS ist das favorisierte Verfahren in WLAN-Systemen, denn es bietet die Möglichkeit, sehr schnelle Netzwerke aufzubauen. Allerdings ist die Anzahl der Geräte im Parallelbetrieb auf Grund des hohen Bandbreitenbedarfs von DSSS begrenzt.

In WLAN-Systemen sind 13 Kanäle im Bereich von 2,412 GHz bis 2,474 GHz definiert. Die Kanäle besitzen dabei einen Abstand von jeweils 5 MHz. Allerdings treten starke Wechselwirkungen zu den unmittelbaren Nachbarkanälen auf, sodass im Parallelbetrieb nur jeder vierte Kanal für ein eigenes System belegt wird.

Kanal-Frequenz-Zuordnung im WLAN

WLAN-Kanal	Frequenz in GHz
1	2,412
2	2,417
3	2,422
4	2,427
5	2,432
6	2,437
7	2,442
8	2,447
9	2,452
10	2,457
11	2,462
12	2,467
13	2,474

Bluetooth-Systeme arbeiten im Bereich von 2,402 GHz bis 2,480 GHz. Somit ist der Überlappungsbereich aus der Sicht eines Bluetooth-Systems gering. WLAN-Systeme beeinflussen im Betrieb neben dem eigenen Sendekanal auch die unmittelbaren Nachbarkanäle und damit zirka 22 Prozent des gesamten Bluetooth-Spektrums

Bild: Artem



Das Unternehmen Artem beweist mit seinem Wireless-LAN-Konzept, dass sich zwei verschiedene Funksysteme auch miteinander vertragen können: Durch Modulwechsel lässt sich Kompatibilität mit verschiedenen Standards erreichen

Die FHSS-Methode nutzt die verfügbare Bandbreite sehr gut aus. Der Grund: Die Informationen werden in einem definierten Zeitintervall nur auf einer Frequenz gesendet. Nach Ablauf des Zeitintervalls wechselt das System die Frequenz, um die nächste Information auf der neuen Frequenz zu übertragen. Anders sieht es beim Direct-Sequence-Spread-Spectrum-Verfahren aus: Die Daten werden in Codes übersetzt und die einzelnen Teilinformationen parallel auf verschiedenen Frequenzen gesendet. Die Codes selbst sind redundant und damit beim Ausfall einer Frequenz regenerierbar. Der Nachteil der DSSS-Methode besteht im höheren Bandbreitenbedarf, da jedes Bit mit einem 11-Bit-Code dargestellt wird.

Für Wireless-LAN-Systeme spezifiziert der Standard IEEE 802.11b die Möglichkeit, beide Verfahren zu nutzen. Aller-

dings sind nur Systeme zueinander kompatibel, die nach dem gleichen Prinzip arbeiten. Für moderne 11-MBit/s-Systeme kommt mittlerweile meist das DSSS-Verfahren zum Einsatz. Bei Bluetooth hingegen setzen die Hersteller ausschließlich auf das Frequency Hopping, wobei 79 Kanäle mit jeweils 1 MHz Bandbreite zur Verfügung stehen.

Bluetooth-Frequenzen überlappen WLAN-Band

Unumstritten ist, dass WLAN- und Bluetooth-Systeme, wenn sie in unmittelbarer Nachbarschaft betrieben werden, mit der Belegung der Frequenzen im „gleichen Teich fischen“ und es somit zu Überschneidungen kommen kann. Allerdings belegt ein WLAN-System nicht alle Frequenzbereiche, und so kommt es nur in ungünstigen Fällen überhaupt zu Problemen. Es überschneiden sich also nur wenige der 79 Bluetooth-Frequenzen mit den Kanälen von Wireless LAN. Aus der Sicht des Bluetooth-Nutzers bedeutet dies, dass er in der Nähe eines WLAN-Systems schlimmstenfalls mit einer Reduzierung seiner Bandbreite von zirka 22 Prozent zu rechnen hat. Für das WLAN könnte eine hohe Dichte von Bluetooth-Geräten in unmittelbarer Nähe jedoch zu einem ernsthaften Problem werden.

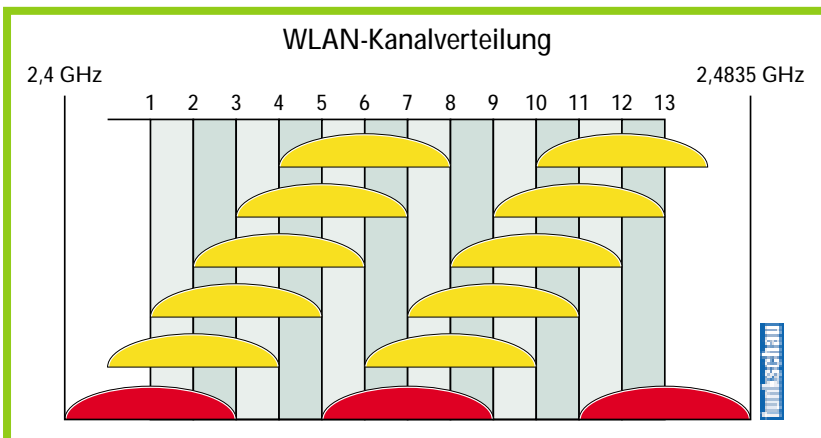
Zu erwarten ist allerdings, dass die potenziellen Beeinträchtigungen relativ gering bleiben. So dürfte ein PC-Nutzer, dessen Computer über ein Wireless LAN an einen Access Point angebunden ist und der sich mit Hilfe eines Bluetooth-Hardware-Tokens authentifiziert, unter Umständen leichte Performance-Einbußen hinzunehmen haben. Allerdings treten diese auch dann auf, wenn mehrere WLAN-Nutzer gleichzeitig auf einen

Access Point zugreifen. Bisher ist die Beeinträchtigung von WLAN- und Bluetooth-Systemen ein hypothetisches Problem, was insbesondere daran liegt, dass es im Grunde genommen noch kaum Bluetooth-Produkte am Markt gibt. WLAN-Systeme dagegen sind schon sehr weit verbreitet. Es bleibt daher abzuwarten, wie sich die Situation letztlich entwickelt, wenn nicht nur schlüsselanhängergroße Security-Token und Handys mit einem Bluetooth-Headset, sondern womöglich verschiedene Fernwirk- und Fernschalt-Applikationen auf Bluetooth-Basis auf engstem Raum neben WLAN-Komponenten betrieben werden. Ob allerdings Grund zu Pessimismus besteht, ist zweifelhaft, denn bei der WLAN-Technologie steht ein Generationswechsel an: Die künftigen Systeme mit Brutto-Transferaten von bis zu 54 MBit/s arbeiten im 5-GHz-Frequenzband und kommen somit Bluetooth nicht mehr ins Gehege. Damit lösen sich alle Probleme quasi von selbst, die durch den Parallelbetrieb von WLAN- und Bluetooth-Systemen entstehen können.

WLAN-Systeme beeinträchtigen sich gegenseitig

Während ein WLAN im DSSS-Betrieb durchaus „freundschaftlich“ neben einem Bluetooth-System agieren kann, tauchen wesentlich größere Probleme auf, wenn in unmittelbarer Nähe verschiedene WLAN-Systeme arbeiten. Von den 13 Kanälen für das WLAN lässt sich nur jeder vierte Kanal in einer unmittelbaren räumlichen Nachbarschaft nutzen. In der Regel werden die Kanäle eins, sechs beziehungsweise sieben und 13 belegt, um eine möglichst breite Nutzung zu ermöglichen. Das ist dadurch begründet, dass WLAN-Systeme sehr starke Wechselwirkungen auf die unmittelbaren Nachbarkanäle ausüben. In der Praxis lässt sich diese Problematik nur durch eine saubere Planung der WLAN-Zellen in den Griff bekommen, die in erster Linie durch den Aufstellungsort der Access Points und durch die Form der Antennen bestimmt werden. Komplizierter wird es, wenn beispielsweise in einem Gewerbepark oder in einem Bürogebäude verschiedene kleine Unternehmen auf engstem Raum Flächen anmieten und gleichzeitig Wireless-LAN-Systeme nutzen wollen. Auf Grund der Reichweite, die auch in Gebäuden durchaus mehr als 30 Meter betragen kann, kommt es bei solchen Konstellationen leicht zu Beeinträchtigungen. Störungen durch Bluetooth-Applikationen spielen im Vergleich dazu eine untergeordnete Rolle. (SW)

Bild: Gabi Schoblick



Beim Wireless LAN sind im DSSS-Betrieb die Kanäle sehr weiträumig belegt: Erst nach jedem vierten Kanal kann eine Frequenz für ein neues System vergeben werden