

WiMAX – alternative Datenübertragung auf Funkbasis

J. Kaack, Erfstadt

DSL ist die in Deutschland am weitesten verbreitete Methode für den Zugang zum Internet. Nachfolgend wird gezeigt, was Funklösungen ohne Festnetzanschluss leisten und welche Vor- und Nachteile die Technik WiMAX im Vergleich zu anderen Funktechniken bietet.

1 Breitbanddurchdringung in Deutschland steigt

Bei den meisten Anwendern in Deutschland ist Breitbandzugang zum Internet ein Synonym für DSL (Digital Subscriber Line), eine im wesentlichen von der Deutschen Telekom vermarkteten Technik. Alternative Zugangstechnologien wie z. B. die Nutzung des Fernsehkabel-Netzes, Powerline über das Stromverteilnetz und funkgestützte Zugänge spielen bis heute kaum eine Rolle.

Die im europäischen Vergleich trotz steigender Wachstumsraten nach wie vor geringe Versorgung mit Breitbandzugängen von ca. 20 % der Haushalte ist unter anderem auf die schwache Wettbewerbssituation bei alternativen Infrastrukturen zurückzuführen. Die Situation ändert sich allerdings, da alternative Festnetzanbieter (u.a. Arcor, Colt, Citycarrier) verstärkt DSL-Angebote über ihr eigenes Netz auf den Markt bringen. Die Kabelnetzbetreiber haben ihre Netzinfrastruktur so weit aufgerüstet, dass auch DSL-ähnliche Breitbandprodukte und Sprache möglich sind. Einige Netzbetreiber wie z. B. Netcologne treiben im Wettbewerb zum VDSL-Netz der Deutschen Telekom mit bis zu 50 MB/s den Aufbau von eigenen Glasfaser-Anschlussnetzen bis zum Hausanschluss voran. Mit WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) kommt eine weitere Alternativtechnologie auf Funkbasis hinzu (Bild 1).

2 Breitbandzugänge auf Funkbasis

Als Alternative zu den Breitbandzugängen kommt neben der Funktechnik Mobilfunk nach GSM-Standard (z. B. mittels GPRS) ebenso in Betracht wie UMTS. Diese Techniken bieten aber eine deutlich niedrigere und dabei standortabhängige Downloadgeschwindigkeit (derzeit 384 kBit/s, zukünftig bis zu 4 MBit/s) als leitungsgebundene Technologien (derzeit bis 6 MBit/s, in Zukunft bis 100 MBit/s), außerdem sind sie teurer. Ähnliche Nachteile hat

die Nutzung von Satelliten. Allerdings mit dem Vorteil, dass Bandbreiten nicht standortabhängig sind und die Versorgung grundsätzlich flächendeckend gegeben ist.

Unter den Funksystemen wird WLAN (Wireless Local Area Network) als vielversprechend behandelt. Einige Anbieter, allen voran die Mobilfunknetzbetreiber, haben sich vor ein paar Jahren bei der Gewinnung von stark frequentierten Plätzen (Hotels, Flughäfen, Bahnhöfe, Messegelände und Innenstadtlagen) überboten. Jedoch ist die Kundenakzeptanz bislang nicht so hoch wie ursprünglich erhofft und die Euphorie wieder abgeflaut. Die Reichweite der WLAN-Hotspots ist mit kaum 100 m sehr gering. Neue Ansätze in diesem Umfeld sind vernetzte WLAN-Zellen, die so genannten „meshed-networks“ in Ballungsgebieten. Viele Laptops und Smart Phones sind inzwischen mit WLAN-„Chipssets“ ausgestattet, sodass ein separates Modem nicht mehr notwendig ist.

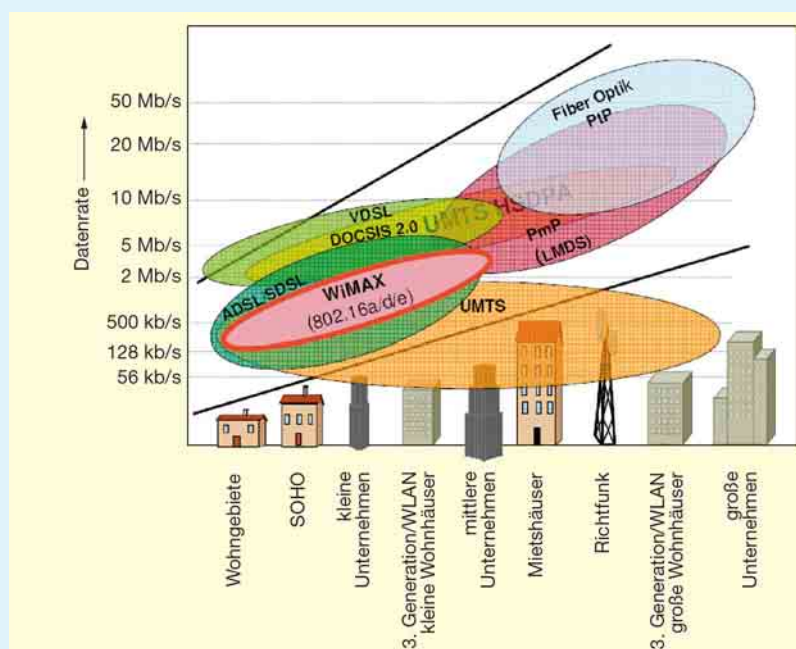
Einige Nischenmärkte in der „Inhouse“-Versorgung (Hotels, Krankenhäuser, von Touristen häufig besuchte Plätze) hat WLAN erfolgreich für sich gewonnen.

Auf höhere Reichweiten als WLAN bringen es die Funktechniken auf der Basis UMTS-TDD und WiMAX. Mit diesen lassen sich Zellen mit Radien von 2 – 7 km, theoretisch sogar bis zu 50 km aufbauen. Es handelt sich um Funk-systeme, die ähnlich komplex sind wie die öffentlichen Mobilfunknetze. WiMAX-Netze sind in Deutschland aufgrund noch fehlender Lizenzen noch Testnetze (z.B. Kaiserslautern, Heidelberg, Rheinbach, Sankt Augustin).

3 Besonderheiten funkgestützter Breitbandzugänge

Die mit einem Funksystem verbundene Fähigkeit zur Portabilität bis hin zur echten Mobilität bietet höhere Flexibilität als das Festnetz. Mit einem Funkanschluss kann beispielsweise ein Laptop an Orten online betrieben werden, die bislang keinen Netzzugang haben. Innerhalb des versorgten Gebietes kann auf diesem Weg auf Internetinformationen und Unternehmensserver zurückgegriffen werden. So lassen sich Unternehmensabläufe beschleunigen und die Effizienz steigern. Portabilität geht von einer niedrigen Geschwindigkeit (Fußgänger) aus und ermöglicht kein so genanntes Handover (Übergabe) bei einem Wechsel zwischen den Funkzellen. Funkzugänge benötigen meistens keine Verkabelung im Haus, dies spart Kosten und ist komfortabel. Wenn das Empfangssignal im Haus zu schwach ist, wird eine zusätzliche Fenster- oder Außenantenne erforderlich, die per Kabel mit dem Funkmodem verbunden wird.

Drahtlose Anschlussnetze sind auch dann eine sinnvolle und wirtschaftliche Alternative, wenn Leitungslängen die Dämpfung für DSL zu hoch werden lassen, z. B. zur Erschließung



1 WiMAX ergänzt andere Übertragungstechnologien

Autor

Dr. rer. nat. Jürgen Kaack ist Geschäftsführer der STZ-Consulting Group, Erfstadt.

ländlicher Gebiete. Ein unmittelbarer Bedarf besteht in solchen Gegenden, in denen Teilnehmeranschlüsse in Lichtwellenleitertechnik (OPAL) ausgeführt wurden. Ab Ende 2006 werden aber diese Gebiete wohl weitgehend umgerüstet sein. Über den im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums erstellten „Breitbandatlas“ (www.breitbandatlas.de) lässt sich prüfen, welche Zugangs-Alternativen am jeweiligen Ort vorhanden sind. DSL-Dienste werden typischerweise zusammen mit dem Telefonanschluss als so genannte gebündelte Leistungen vermarktet. Nicht alle Internetnutzer benötigen aber einen festen Telefonanschluss. Funknetze ermöglichen den Breitbandzugang als entbündelte Leistung ohne Festnetzanschluss, dafür aber je nach Auslegung des Netzes mit einem speziellen Kanal für VoIP (Voice over IP) für die Internettelefonie.

3.1 Eignung eines Funkdienstes

Für viele Anwendungen, z. B. in Städten, ist eine direkte Sichtverbindung (LOS – Line of Sight) zum Sender nicht möglich. Ob ein Funkdienst für einen NLOS- (Non Line of Sight) Einsatz geeignet ist, hängt wesentlich von der eingesetzten Frequenz und Technologie ab. Die Ausbreitung der Funkwellen erfolgt umso Lichtähnlicher, je höher die Frequenz ist. Mit dem für WLAN genutzten 2,4 GHz-Band ist eine NLOS-Anwendung ebenso möglich wie mit der für UMTS-TDD lizenzierten 2,6 GHz-Frequenz – mit dem für WiMAX vorgesehenen 3,5 GHz-Band ist diese Anwendung gerade noch möglich. Bei noch höheren Frequenzen ist eine Sichtverbindung zum Sender unumgänglich.

4 WiMAX

WiMAX eignet sich für den Aufbau bzw. die Integration in Unternehmensnetze und VPNs (Virtual Private Networks), da eine „getunnelte“ Verbindung die erforderliche Sicherheit bietet. Auch sind beispielsweise Anwendungen in Verbindung mit der Wohnungswirtschaft im Bereich Telematik oder Gebäudesicherheit möglich. Die für spezielle Anwendungen (z. B. Videoübertragung) notwendigen „Qualities of Service“ (QoS) sind vorgesehen. Grenzen in der Anwendung ergeben sich bei einem Bandbreitenbedarf über 4 MBit/s. Echte Lösungen für ein „TriplePlay“ (Internet, TV, Sprache) benötigen mindestens 25 MBit/s. und sind für eine Übertragung über WiMAX-Netze nicht geeignet.

4.1 Standardisierung

WiMAX ist ein relativ junger Standard und die Standardisierungsbemühungen sind noch nicht endgültig abgeschlossen. Die für den portablen Einsatz wichtige Festlegung für die Schnittstelle zum Endgerät steht noch aus. Somit arbeiten alle bisherige Installationen

mit herstellerspezifischen Techniken für das Funkmodem. Bezüglich der Sende- und Empfangstechnik wird die WiMAX-Technik derzeit mit vier Standards beschrieben und festgelegt.

- Der ursprüngliche Standard IEEE 802.16

10 GHz und nur für direkte Sichtverbindung (LOS) vorgesehen. Die Reichweite liegt bei ca. 1,5 bis 5 km bei einem Durchsatz von 32 Mbit/s (theoretisch 134 Mbit/s) und Bandbreiten von 20, 25 oder 28 MHz. Diese Version ist nur als Netzinfrastruktur-Komponente einsetzbar.

- Die für die Frequenzbereiche unter 11 GHz vorgesehenen Standards IEEE 802.16a von 2003 und IEEE 802.16 Rev.d aus 2004 (auch bekannt als IEEE 802.16-2004) beziehen sich ebenfalls auf feste Stationen. Der für NLOS und Inhouse-Versorgung ausgelegte Standard erlaubt abhängig von Frequenz, Sendeleistung, Antennengewinn und Turmhöhe Reichweiten von 5 bis 8 km, bei direkter Sicht (LOS) und Hochgewinnantennen auch bis 50 km. Der Durchsatz liegt bei 75 MBit/s mit 20 MHz.
- Auf begrenzte Mobilität mit Geschwindigkeiten unter 120 km/h und „Roaming“, aber ohne Handover, bezieht sich der aktuelle Standard IEEE 802.16e für Frequenzen unter 6 GHz. Die NLOS-Reichweite beträgt bis 7 km, der Durchsatz beträgt maximal 15 Mbit/s bei 5 MHz Bandbreite.
- Der unbegrenzt mobile Einsatz mit Handover zwischen den Funkzellen könnte 2008 mit dem Standard IEEE 802.20/21 festgelegt werden.

Die Abhörsicherheit ist bei WiMAX größer als bei den meisten WLAN-Installationen. Wie beim öffentlichen Mobilfunk kann eine SIM-Karte (Subscriber Identification Module) mit Passwort-Schutz zur Personalisierung verwendet werden.

4.2 Zugang zum Funknetz

Bei den bekannten Angeboten von Funkzugängen nach WiMAX- oder UMTS-TDD-Standard nähert sich der Preis von oben demjenigen der DSL-Dienste an. Es sind Flatrate-Angebote absehbar, deren Höhe beispielsweise von der gewählten Übertragungsgeschwindigkeit abhängt. Da das Datenvolumen für die Auslegung der Netzkapazität kritisch ist, wird die Flatrate wohl auch künftig mit einer Volumenbegrenzung angeboten, um sicherzustellen, dass die Mehrzahl der Nutzer keine Engpässe durch ausgedehnte „Peer-to-Peer“-Kommunikation erleidet.

Eine Sonderrolle spielen bei den funkgestützten Diensten Funkmodems. Während DSL-Modems in der Basisversion häufig kostenlos (subventioniert durch den Netzbetreiber) angeboten werden, sind die Funkmodems aufgrund der geringen Stückzahlen noch teuer und werden als separate Modems mit eigener Stromversorgung und Anbindung über USB oder als PCMCIA-Karten angeboten. Eine deutliche

Preisreduktion ist erst dann zu erwarten, wenn die Modems als Chip-Sets in Geräte integriert werden können – wie heute schon bei WLAN. Für WiMAX ist ab 2008 mit ersten Chip-Sets zu rechnen.

5 Lizenzen müssen noch vergeben werden

Die erste Ausschreibung der WiMAX-Frequenzen endete im Februar 2006 mit über 100 Antragstellern und 1.221 Lizenzanträgen. Bei der Vielzahl der Anträge konnte keine Zuteilung erfolgen, da nur 3-4 Anbieter an einem Ort parallel Frequenzen nutzen können. Im Juli wurden die Eckpunkte für ein Auktionsverfahren veröffentlicht, in deren Rahmen 16 Regionen mit jeweils zwei Frequenzbänder zu 21 MHz und einem Band mit 28 MHz vorgegeben werden sollten. Aufgrund von Einwänden könnten letztlich aber 28 Regionen mit je 4 Frequenzbändern zu 21 MHz vorgegeben und somit 112 Lizenzen vergeben werden. Diese immer noch großflächigen Lizenzgebiete erschweren örtlichen Dienstleistern und anderen Unternehmen den Einsatz von WiMAX als Instrument zur lokalen oder begrenzten regionalen Ergänzung des DSL-Ausbaus. Es ist derzeit offen, wie viele Unternehmen sich tatsächlich an der Ausschreibung beteiligen werden. Vermutlich werden neben der T-Com die Deutsche Breitbanddienste GmbH, Inquam Broadband und ViMAX teilnehmen, auch einige Regionalversorger könnten für ausgewählte Regionen mitsteigern. Die Teilnahme von Kabel Deutschland scheint dagegen wieder offen.

6 Fazit

Aufgrund der ungeschickten Vorgehensweise der Bundesnetzagentur steht zu befürchten, dass ein tatsächlich großflächiger Netzaufbau nur sehr langsam und nicht vor Anfang 2007 erfolgen wird. Der Breitbandzugang über Funksysteme ist eine ausgereifte und in vielen Fällen wirtschaftlich interessante Alternative zu leitungsbundenen Zugängen. Die verfügbaren Bandbreiten reichen für viele Anwendungen aus, sind aber deutlich niedriger als bei leitungsbundenen Anschlüssen. Funkspezifische Probleme wie Schwankungen in der Versorgungsqualität und Funklöcher z. B. durch Abschattung kommen hinzu. Die entscheidende Stärke der WiMAX-Anschlüsse liegt in der Portabilität des Anschlusses und in der Entbündelung der Leistungen, so dass ein breitbandiger Internetzugang nicht zwangsläufig mit einem Telefonanschluss gekoppelt sein muss. Ein weiterer Vorteil für den Anwender ist die nur beim Einsatz von Fensterantennen erforderliche Innenraum-Verkabelung.

Literatur

[1] Kaack, J.: WiMAX, UMTS, WLAN + Funk als Alternative zu DSL, www.mittelstandsblog.de

Akustische Prüftechnik in der Fertigung

M. Kiefer, Pfinztal

Akustische Prüfmethoden haben sich in der Fertigung etabliert, die vielfach noch durchgeführte subjektive Prüfung von Baugruppen und Komponenten wird immer weiter automatisiert. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Einsatzgebiete anhand konkreter Beispiele von der klassischen Geräuschprüfung an Elektromotoren, über die berührungslose Drehzahlberechnung unzugänglicher rotierender Teile bis hin zu innovativen Verfahren zur Rissprüfung von Tondachziegeln in der laufenden Produktion.

1 Grundlagen der akustischen Fehlererkennung

Grundsätzlich lässt sich die akustische Prüfung in zwei Bereiche unterteilen:

- **Geräusch- oder Schwingungsprüfung**
- **Resonanz- oder Klanganalyse.**

In beiden Fällen wird die Qualität des Prüflings aufgrund seiner akustischen Eigenschaften bewertet, um Fehler an Bauteilen oder im Prozess zu erkennen. Ob ein Geräusch „schön“ klingt, lässt sich bisher nicht in Bewertungskriterien fassen, da dies wesentlich von persönlichen Erfahrungen abhängt.

Der erste Schritt für eine erfolgreiche Umsetzung akustischer Prüftechnik ist immer, sich mit dem Produkt auseinander zu setzen und es möglichst umfassend zu verstehen. Nur so ist es möglich, eine Geräuschanalyse (FMEA: Failure Mode and Effects Analysis; Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) durchzuführen und aufgrund der Erkenntnisse über das Produkt auf die akustischen Eigenschaften Rückschlüsse zu ziehen.

Der zweite Schritt ist die Betrachtung der Fertigungsumgebung und des Prozesses. Sind diese nicht bekannt oder nicht beherrscht, so führen sie zu einem instabilen Prüfprozess, der keine reproduzierbaren Ergebnisse liefert.

2 Geräusch- oder Schwingungsprüfung

Bei der Geräuschprüfung werden Bauteile untersucht, die im Betrieb Schwingungen erzeugen und damit Geräusche, die auf der einen Seite beim Menschen störend empfunden werden, auf der anderen Seite Rückschlüsse auf Produktionsfehler zulassen. Das einfachste Beispiel ist die Überwachung der Unwucht eines Elektromotors. Der Motor regt sein Gehäuse mit der Frequenz seiner Dreh-

zahl zu Schwingungen an. Diese können in einem begrenzten Frequenzband gemessen und bewertet werden. So lässt sich aus einer Vielzahl von Frequenzkomponenten auf bestimmte Fehlerursachen und sogar Bauteile schließen. Wurden diese Methoden zuerst hauptsächlich in der Automobilindustrie eingesetzt, so hat sich in den letzten Jahren die akustische Prüftechnik ausgeweitet, beispielsweise auf die Haustechnik bei Jalousie-, Tür- und Toröffnern, auf die Medizintechnik bei Gehhilfen wie motorisierten Rollstühlen oder Prothesen und auch auf exotische Bereiche wie der Papierprüfung oder das Kratzverhalten von Schreibfedern.

Um das komplexe Organ des menschlichen Gehörs besser abbilden zu können, werden zur klassischen Frequenzanalyse neue Verfahren wie Rauigkeit oder Schärfe eingesetzt, die das Empfinden des Menschen besser abbilden können. Dies lässt sich sehr gut anhand der Amplitudenmodulation zeigen. Bei der Amplitudenmodulation wird eine Trägerfrequenz mit einer zweiten Frequenz überlagert. Dies führt beispielsweise bei einem Elektromotor unter Belastung zu einem leiernden Geräusch. Insbesondere bei einer Modulationsfrequenz zwischen 20 Hz und 250 Hz ergibt sich eine wahrnehmbare Rauigkeit. Die größte Rauigkeit wird bei einer Modulationsfrequenz von 70 Hz empfunden. Bei einer Amplitudenmodulation zwischen 1 und 20 Hz spricht man auch von „Grummelgeräuschen“. Das menschliche Gehör reagiert bei einer Modulationsfrequenz von 4 Hz besonders sensibel. Das liegt vermutlich daran, dass die bevorzugte Modulationsfrequenz menschlicher Sprache, die Silbenfrequenz, ebenfalls bei 4 Hz liegt (Plomb 1983, Fastl 1984).

Um brauchbare Ergebnisse zu erzielen, muss die Prüfung unter möglichst realistischen Bedingungen, nahe der späteren Einbausituation durchgeführt werden. Dazu ist eine Entkopplung von Störgrößen wie Luft- und Trittschall zwingend notwendig. Die Befestigung des Prüflings muss an den späteren Befestigungspunkten vorgenommen werden, um dem Bauteil die Möglichkeit zur Schwingung zu geben (Bild 1). Meist wird eine berührende Mes-

Autor

Dipl.-Inform. (FH) Michael Kiefer ist Geschäftsführer der Fa. RTE Akustik + Prüftechnik, Pfinztal.