

# Nicht mehr zahnlos

## Technik und Einsatzgebiete von Bluetooth

Kai-Oliver Detken

**Bluetooth wurde für die Kopplung von beispielsweise PC, Drucker, Scanner und den verschiedenen mobilen Endgeräten wie Handy, PDA oder MP3-Player entwickelt und bildet dabei eine einheitliche Schnittstelle, über die alle Geräte kommunizieren können. Seit 1998 entwickeln IBM, Intel, Ericsson, Nokia und Toshiba als Special Interest Group (SIG) eine Technik für die drahtlose Übermittlung von Sprache und Daten per kurzer Radiowelle. Diese Arbeitsgruppe hat mittlerweile Rahmenbedingungen formuliert und einen allgemein akzeptierten Standard festgelegt, an dem über 1.500 Firmen mitgearbeitet haben.**

Ursprünglich sollte Bluetooth die Computer- und die Welt der Telekommunikation miteinander verbinden, hat sich aber in der Zwischenzeit zu einer Technik entwickelt, die überall dort eingesetzt wird, wo es lästige Kabel zu ersetzen gilt. Die Identifizierung der einzelnen Bluetooth-Komponenten erfolgt durch eine eindeutige Adresse, ähnlich der MAC-Adresse im Ethernet-Netz. Dadurch werden

Rechte, Funktionen und Sicherheit der miteinander kommunizierenden Teilnehmer geregelt. Die Bruttoübertragungsrate beträgt 1 Mbit/s, von denen netto 721 kbit/s für die Daten- und Sprachkommunikation auf 79 Kanälen genutzt werden können. Ausnahmen sind Frankreich, Spanien und Japan, wo nur Teile des Frequenzbandes zur Verfügung stehen und daher nur 23 Kanäle nutzbar sind.

Die Sendeleistung von Bluetooth beträgt 1 mW, wodurch eine Reichweite zwischen 10 cm und 10 m erreicht wird. Mit optionalem Funkmodul kann man die Sendeleistung auf 100 mW erhöhen und somit die Reichweite auf etwa 100 m ausdehnen. Damit Bluetooth kostengünstig und sparsam

im Verbrauch ist, wird eine einfache Modulation verwendet: Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) mit einer maximalen Übertragungsrate von 1 Mbit/s. Zusätzlich bietet Bluetooth verschiedene stromsparende Betriebsarten. Bei Einsatz einer handelsüblichen 600-mAh-Batterie hat ein Blue-

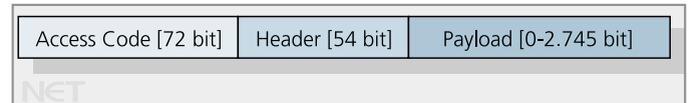


Bild 1: Paketaufbau

tooth-Gerät im Standby-Betrieb (<0,3 mA) eine Lebensdauer von über 3 Monaten, bei Sprachübertragung (8-30 mA) ca. 75 h und bei Datenübertragung (0,3-30 mA, 25 kbit/s) 120 h. Da das ISM-Band weltweit offen ist, müssen Systeme, die in diesem Bereich arbeiten, mit Störungen (z.B. von Mikrowellenherden, Funktelefonen) rechnen. Um dies zu vermeiden, nutzt Bluetooth ein Frequenzsprungverfahren (Frequency Hopping), bei dem Bluetooth schneller als andere Systeme im ISM-Band „hüpft“. Dadurch wird zwar der Verwaltungsaufwand etwas erhöht, bei einer stark gestörten Funkumgebung ist dieses Verfahren aber ökonomischer. Zusätzlich schützt die Forward Error Correction (FEC) den Paket-Header vor Zerstörung.

Der Header (*Bild 1*) hat eine feste Länge von 54 bit und enthält Informationen für Paketbestätigungen, Paketnummern, Automatic Repeat Request (ARQ), d.h. Informationen, ob das Paket beschädigt ist und erneut gesendet werden muß, Flußkontrolle, Adresse des Slave und Fehlerkorrektur. Das Payload kann bis zu 2.745 bit an Nutzdaten enthalten. Diese können Sprache und/oder Daten sein.

Das Signal, mit dem sich Bluetooth-Geräte verständigen, enthält neben den mitzuteilenden Daten auch Informationen zum sendenden Gerät

### Das Thema in Kürze

Bei Bluetooth handelt es sich um eine Nahbereichsfunktechnik, die dem am PC herrschenden Kabelsalat ein Ende bereiten soll. Inzwischen ist ihr Einsatzbereich aber nicht mehr nur auf die 10 m rund um den Computer begrenzt, sondern weitet sich auf spezialisierte Industrielösungen und kommerzielle Umgebungen aus. Der Beitrag beleuchtet den Stand der Dinge und zeigt auf, wo die Entwicklung noch hingehen kann.

*Dr.-Ing. Kai-Oliver Detken ist Senior IT Consultant der Detken Consultancy & Internet Technologies e.K. sowie Dozent und freier Autor in Grasberg*

selbst. Dadurch können unterschiedliche Endgeräte wie ein PDA und ein Mobiltelefon sich gegenseitig zu erkennen geben und ihre jeweiligen Fähigkeiten übertragen. Diese Kommunikation erfolgt über das sog. Ser-

die Authentifizierung verwendet. Er wird zwischen zwei oder mehreren Bluetooth-Einheiten ausgetauscht und stellt die Basis für alle gesicherten Transaktionen dar. Bis zu acht Geräte können so Daten austauschen, wobei

drahtlosen Technologie für den Kommunikationseinsatz. Im Bereich der Sprachanwendungen kommt unter anderem die Telefonie über Bluetooth zum Einsatz. Hier stellt ein Bluetooth Access Point (BAP) die Basisstation. Als Telefon eignet sich dabei jedes Handy oder Mobilteil mit dem Bluetooth-Telefonprofil CTP oder dem ISDN-Profil CIP. Das ISDN-Profil CIP ist von dem Herstellerkonsortium Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) auf die Versionsnummer 1.0 angehoben worden und gilt so als vollständig gültiger Bluetooth-Standard. Das ISDN-Profil organisiert die CAPI-Kommunikation via Bluetooth. Sämtliche ISDN-Verfahren und Leistungsmerkmale beim B- und D-Kanal stehen so zur Verfügung (z.B. 1- bzw. 2-Kanal-Internet-Access mit Datenkompression, Farbfax-Übertragung, 2-Kanal-Videotelefonie nach H.320, Versand von Festnetz-SMS und MMS über Bluetooth). Zusätzlich können bestimmte Telefone zusätzlich mit einem Bluetooth-Modul erweitert werden. Dadurch sind Nutzer im Büro und auf dem Firmengelände durch ein Bluetooth-Handset bis zu einer Reichweite von 100 m mobil (*Bild 2*). Ein Bluetooth-Link am Systemtelefon eröffnet weitere Kommunikationsmöglichkeiten. Mit einem marktüblichen Bluetooth-Headset können sich Mitarbeiter im Büro frei bewegen und über einen Bluetooth-fähigen PDA ihr Telefon steuern. Geht ein Anruf ein, werden die Anruferdaten auf dem PDA angezeigt. Das Gespräch kann dann angenommen und über das Headset geführt oder abgewiesen werden. Außerdem kann direkt aus



*Bild 2:  
Ein Bluetooth-Modul im Systemtelefon Integral T3 ermöglicht völlig neue Kommunikationsmöglichkeiten im Büro*

(Foto: Tenovis)

vice Discovery Protocol (SDP). Dabei besitzt jedes Gerät seine eigene Registry, welche die allgemeinen Informationen zum Gerätetyp und spezielle Angaben zu seinen Features enthält.

## Sicherheit

Da Bluetooth auf einer Funkverbindung aufbaut, ist es grundsätzlich verwundbarer als eine Verbindung über ein festes Kabel. Seine Entwickler haben deshalb Sicherheitsmechanismen auf verschiedenen Ebenen (Verbindungs- oder Dienstebene) entwickelt. Dabei werden verschiedene Zahlenwerte und Schlüsselarten verwendet. Diese müssen zuvor erzeugt und initialisiert werden. Zur Aufrechterhaltung der Sicherheit vor einem Abhören der Verbindung und einer unberechtigten Nutzung des Gerätes, werden auf der Verbindungsebene verschiedene Sicherheitsparameter definiert (siehe *Tabelle 1*).

Die Bluetooth-Geräteadressen sind für jedes Gerät einmalig und allgemein bekannt. Sie können über Interaktionen mit dem Gerät beschafft werden. Die geheimen Schlüssel werden während der Initialisierungsphase abgeleitet. Der Chiffrierschlüssel (Encryption Key) wird im allgemeinen in der Authentifizierungsphase aus dem Verbindungsschlüssel (Link Key) abgeleitet. Der Verbindungsschlüssel ist eine 128-bit-Zufallszahl und wird für

eines als Master festgelegt wird und die restlichen sieben als Slaves angeschlossen sind. Zusammen bilden sie ein sogenanntes Piconet.

## Anwendungsgebiete und Produkte

Die Anwendungsfelder von Bluetooth sind vielfältig. So können Headsets schnurlos mit dem Mobiltelefon gekoppelt werden. Man kann schnurlose Verbindungen zwischen Mobiltelefon und Laptop oder PDA zur Datenübertragung, E-Mail oder Internet aufbauen. Ebenso können digitale Kameras ihre Daten direkt an den PC mit Bluetooth-Schnittstelle schicken. Weiterhin können bei einem Geschäftsmeeting alle Teilnehmer leicht mit allen relevanten Daten versorgt werden. Bluetooth könnte auch zum bargeld-

Name	Größe	Erklärung
BD_ADDR	48 bit	Geräteadresse, die weltweit einmalig ist
Private Link Key	128 bit	geheimer Schlüssel für Authentifizierung
Private Encryption Key	8 bis 128 bit	geheimer Schlüssel für die Nutzdatenverschlüsselung
RAND	128 bit	Zufallszahl

*Tabelle 1: Sicherheitsparameter*

losen Bezahlen mittels PDA eingesetzt werden. Bluetooth entwickelt sich heute immer stärker zu einer universellen

den Kontaktdaten des Organizers heraus eine Nummer gewählt werden. Diese Lösung erweitert den Arbeitsplatz im Büro um bis zu 10 m. Verfügt

ein Nutzer über ein IP-Telefon, kann er über den PDA auf das Intranet, Internet und Dateien im Firmennetz zugreifen. Das IP-Telefon wird dabei durch das LAN Access Profile in einen Access Point verwandelt, der über Funk Zugang zum LAN bietet. Dies ist beispielsweise für Besprechungsräume interessant.

Bei der Datenkommunikation kommen Produkte im Umfeld Wireless-DSL-over-Bluetooth erstmals zum Einsatz. Der Access Point ist dabei in der Lage, bis zu sieben Geräten kabellos über ISDN und DSL anzusteuern. Im Bluetooth-Netz werden die DSL-Daten über das Netzprofil PAN übertragen. So ist der Einsatz des Kompressionsverfahrens IPComp (RFC-2393) möglich, das die Übertragungsgeschwindigkeit auf über 1 Mbit/s erhöht. Neben PC und Notebook können auch Organizer, Videokamera oder andere Bluetooth-Geräte auf den Access Point zugreifen. Innerhalb des PAN-Profiles kann je nach Anwendung IP

oder PPPoE eingesetzt werden. Bluetooth-Geräte, die das PAN-Profil noch nicht unterstützen, wie einzelne Organizer oder Handhelds, wählen sich

*Bild 3: Im neuen Audi A8 steckt eine von Motorola entwickelte Kommunikationsplattform, bei der der Bediener schnurlos über Bluetooth an das Kommunikationssystem des Autos angebunden ist*



(Foto: Motorola)

über das Modem-Profil DUN mit DSL-Geschwindigkeit ins Internet ein. Weiterhin kann man inzwischen durch Bluetooth Firmengelände vollständig abdecken. Dabei können sowohl Sprache als auch Daten übertragen

werden. Über Bluetooth-fähige Endgeräte wie PDA, Handy und Handset gelangen Nutzer ins Ethernet – unabhängig davon, wo sie sich auf dem Fir-

mengelände gerade bewegen. Weitere Anwendungen sind in mobilen Szenarien denkbar, wie unter anderem auf Reisen, in Flugterminals und im Hotel. So könnte man sich am Flughafen über sein Handy nach ver-

## Bluetooth-Netze halten Einzug

Bluetooth, anfangs nur als universeller Ersatz für Kabelverbindungen entworfen, hat sich mittlerweile viel Beachtung als potentielle Technik für drahtlose Netzanwendungen erworben. Eine Analyse von Frost & Sullivan ([www.wireless.frost.com](http://www.wireless.frost.com)) bestätigte, daß Bluetooth längst vielseitiger eingesetzt wird und seine Einsatzgebiete auf spezialisierte Industrielösungen und kommerzielle Umgebungen ausweitet. Dazu eine Einschätzung von Michal Wall, Bluetooth Spezialist bei Frost & Sullivan: „Wir gehen davon aus, daß es ein kräftiges Wachstumspotential für den Markt von Bluetooth-Netzinfrastruktur geben wird. Angesichts der allgegenwärtigen Präsenz von Bluetooth-Geräten, ..., wird sich der Fokus auf die Software-Entwicklung und den Service verlagern.“ Hardware-Bauteile wie Access Points und spezielle Controller bleiben aber auch weiterhin ein wichtiger Teil des Marktes. Die Entscheidung der Bluetooth Special Interest Group (SIG), die Bandbreitenkapazität der nächsten

Generation auf über 2 Mbit/s zu erhöhen, wird die Implementierung von Bluetooth als Netztechnik deutlich zunehmen lassen. So sagt Frost & Sullivan beachtlichen Umsatz und Verkauf voraus. Die Schätzung für das Jahr 2006 geht dabei von 200.000 verkauften Access-Point-Systemeinheiten aus, die einen Umsatz von mehr als 40 Mio. US-\$ darstellen, bzw. vom Verkauf von über 11.000 Systemeinheiten von Access Controllern und Serverprodukten mit einem Umsatz von mehr als 11 Mio. US-\$. Das Geschäftspotential der drahtlosen Netztechnik liegt in der besseren Wertschöpfung, wie etwa erhöhte Arbeitnehmerproduktivität und flexible Arbeitsformen, die auf der kabellosen Kommunikation aufsetzen. Im Unternehmensbereich wird der Bluetooth-Markt voraussichtlich durch Nischenprodukte vorangetrieben, wobei die Netze individuell auf die Bedürfnisse der Kunden angepaßt werden. Viel verspricht man sich dabei von der Entwicklung besser zuge-

schnittener Anwendungen, wie z.B. Bluetooth-basierte drahtlose Telefonnebenstellenanlagen (PBX).

In der Automobilindustrie und der Produktion wird Bluetooth zunehmend als Kommunikationsart wahrgenommen, die auf drahtlosem Weg Diagnosesysteme, sensorbezogene Monitorsysteme und Kontrollfunktionen steuern kann. Momentan erforscht die Automobilindustrie, ob Bluetooth als Diagnosesystem sowohl im Auto wie auch in der Werkstatt plaziert werden kann.

Ebenso wird Bluetooth für den Home-Gateway-Bereich immer wichtiger. Access Points, die mit Kabelmodems kompatibel sind, sind heute schon erhältlich. Nach der Analyse wird es voraussichtlich noch in diesem Jahr die ersten Set-Top-Boxen oder Kabelmodems geben, die das Bluetooth-Subsystem direkt integrieren, so daß sich separate Access Points erübrigen. Basisstationen, die sowohl als Data Access Point wie als schnurloses Telefonendgerät dienen, erlauben dem Benutzer beides: drahtlose Anbindung für Ton und Daten mit Hilfe eines Produktes.

günstigen Standby-Flügen erkunden oder einfach unterwegs noch eine E-Mail abschicken. Das Handy kommuniziert dann mit einem BAP im Flughafen und gibt alle nötigen Informationen weiter oder stellt eine schnelle Verbindung zu einem Fax



Bild 4: Mit dem schwenkbaren USB-Adapter wird jeder PC mit USB-Schnittstelle Bluetooth-fähig. Er entspricht der Spezifikation 1.1 und unterstützt die neuesten Profile

(Foto: Anycom)

oder Modem her. Auch das Einchecken am Flugterminal würde einfacher werden: Über Bluetooth kann die Hostess alle Daten auslesen und weiter verarbeiten.

## Ausblick

Die meisten Bluetooth-Chips werden in Handys eingebaut, was auch in den nächsten fünf Jahren so bleiben dürfte. An zweiter Stelle folgen Zusatzgeräte wie PC-Karten, deren Bedeutung jedoch durch die fortschreitende Integration der Chips in die Geräte selbst zurückgehen wird. Verbesserte Licht- und Hitzebeständigkeit der Chipsätze ermöglichen verstärkt ihren Einsatz in Industrie und Fahrzeugbau (Bild 3). Darüber hinaus bergen vor allem Benutzerschnittstellen wie Tastatur, Maus und Peripheriegeräte wie Drucker, Digitalkameras das Potential zu hohen Stückzahlen (Bild 4).

Die Sicherheit von Bluetooth ist für kleine Ad-hoc-Netze, zum Surfen im Internet oder für den Austausch von nichtsensitiven Daten völlig ausreichend. Keine Kommunikationsmethode ist aber hundertprozentig sicher. Bluetooth in der aktuellen Version kann einem Großteil von Angriffen widerstehen. Trotzdem sind für große Ad-hoc-Netze, bargeldlose Zahlungen oder die Übertragung sensibler Daten die Sicherheitsmerkmale noch nicht

Anwendung	Anbieter/Hersteller	Produkte
Bluetooth-Headsets	Motorola (www.motorola.de) Nokia (www.nokia.de) Sony (www.sony.de)	Bluetooth-Headsets für Mobiltelefone; Funktionsumfang: Bluetooth 1.1, geringes Gewicht (ca. 30 g), hoher Tragekomfort, spezielles Material für klaren Klang, Lithium-Polymer-Akku, LED-Statusanzeige sowie eigene Abheben-Auflegen-Taste, Reichweite bis zu 10 m.
Telefonieren über Bluetooth	AVM (www.avm.de)	BlueFritz!: Das kabellose Telefonieren über einen Access Point wird ermöglicht. BlueFritz! unterstützt dabei die Bluetooth-Profile für ISDN, Netz, serielle Schnittstelle, Modem und Schnurlostelefon.
Wireless DSL over Bluetooth	AVM (www.avm.de)	BlueFritz! AP-X DSL: BlueFritz! AP-X DSL kombiniert DSL, ISDN und Bluetooth in einem Gerät. Durch die Integration einer DSL- und einer ISDN-Karte kann der BAP direkt mit dem DSL- und ISDN-Netz verbunden werden. Zusätzlich bietet der BlueFritz!-Access-Point Anschlussmöglichkeiten für einen PC über USB und für zwei analoge Endgeräte wie Fax oder Telefon. Über das Netzprofil PAN vernetzt BlueFritz! bis zu sieben PCs drahtlos mit 100 m Radius. Alle PCs haben Zugang zu DSL und ISDN.
Erweiterung eines Telefons um kabellose Technologie	Tenovis (www.tenovis.de)	Bluetooth-Modul Blue Link und Bluetooth-Handset Blue Voice: Blue Link stellt eine Erweiterung des Systemtelefons Integral T3 dar. Mit Blue Voice sind Nutzer im Büro und auf dem Firmengelände mobil; Reichweite bis zu 100 m. Blue Voice wurde für den Einsatz im Industrieumfeld entwickelt und ist staub- und spritzwassergeschützt.
Mobiltelefon Timeport 270	Motorola (www.motorola.de)	Mit einer entsprechenden PC-Karte kann der Anwender sein Telefon drahtlos als portables Modem, mobiles Faxgerät oder einfach zum Übertragen von Daten auf oder von PCs und PDAs verwenden. Das Timeport 270 hat ein großes Display für Internetservice und E-Mail sowie einen Navigation-Key-Joystick zur einfachen Bedienung.
„Three-in-one-Phone“	Ericsson (www.ericsson.de)	Das All-in-One soll im Büro wie ein Intercom-Telefon funktionieren, zu Hause die Stelle des drahtlosen Telefons übernehmen und auf der Straße ein Handy sein.
Nokia 6210	Nokia (www.nokia.de)	Das Mobiltelefon Nokia 6210 wird über ein Connectivity Pack für Bluetooth tauglich gemacht, das aus einer zusätzlichen Batterie für das Handy und einer Connectivity-Karte zusammen mit einem PC-Karten-Adapter besteht. Über die Zusatzbatterie wird die Bluetooth-Verbindung vom Handy zu anderen Geräten hergestellt. Für derzeitige Besitzer des Nokia 6210 gibt es ein Software-Upgrade.
Automobile Wireless Internet Access Development Kit und CD-Receiver	Kenwood (www.kenwood.co.jp)	Geräte in Form handelsüblicher Autoradios werden an das 12-V-Netz im Auto angeschlossen und können via Bluetooth mit anderen Geräten wie PDAs, Handys oder Notebooks kommunizieren.
Wireless Car Kit	Nokia (www.nokia.de)	Freisprechfunktionalität in Kraftfahrzeugen, ohne daß eine physische Kabelverbindung hergestellt oder eine Telefonhalterung am Armaturenbrett montiert werden muß.

Tabelle 2: Eine Produktauswahl

ausreichend. Es gibt unsichere Bereiche bei der Art der Zufallszahlgenerierung, der PIN und der Anwendung des Geräte- als Verbindungsschlüssel sowie durch die Einschränkung der Schlüsselgröße auf 128 bit, auch könnten Piconet-Verbindungen theoretisch überwacht werden. Um ein höheres Sicherheitsniveau zu erreichen, kann man Sicherheitsfunktionen auf Anwendungsebene implementieren. Mit über tausend verschiedenen Bluetooth-Produkten hat sich diese relativ

junge Funktechnik beim Anwender etabliert. Neben den bisher bekannten Möglichkeiten (siehe auch Tabelle 2) wird zukünftig eine Vielzahl weiterer Bluetooth-Anwendungen entstehen. Neben neuen individuellen Anwendungen kann man für das kommende Jahr auch die Vorstellung des neuen Bluetooth-Standards 2.0 erwarten, der beispielsweise eine weitere Erhöhung der Bandbreite auf voraussichtlich bis zu 10 Mbit/s vorsieht. (bk)