

Standards drahtloser Übertragung: Von Bluetooth zu IEEE 802.15.4/Zigbee

Seminar Smart Environments SS04
Michael Bürge
1.Juni 2004

Betreuer: Christian Frank



Agenda

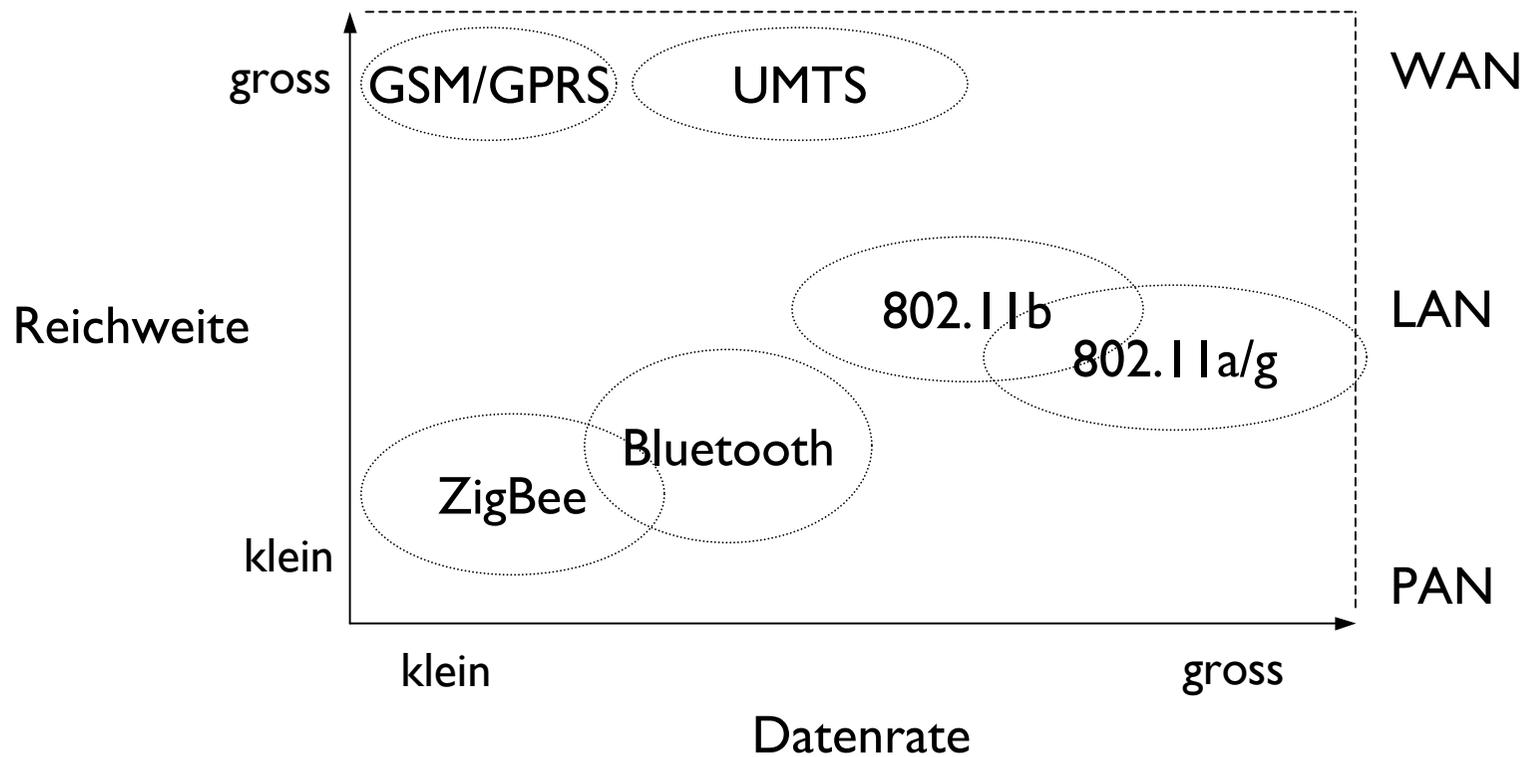
- **Einleitung**
 - Motivation
 - Drahtlose Datenübertragungsverfahren
- **Bluetooth**
- **IEEE 802.15.4 / ZigBee**
- **Abschluss**

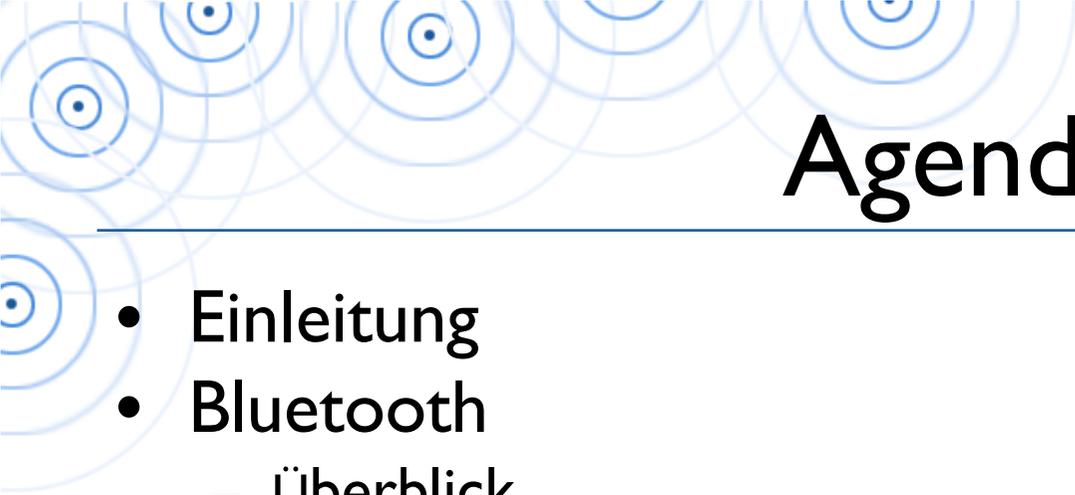
Motivation

- Elektronik wird immer kleiner und billiger
- Alltagsgegenstände werden „smart“
- allgegenwärtiger Trend zur Vernetzung
- existierende Kommunikationsprotokolle für viele Anwendungen unbefriedigend
 - proprietär
 - zu komplex
 - zu teuer

**Grosser Bedarf an geeigneten
Kommunikationsprotokollen!**

Drahtlose Übertragungsverfahren





Agenda

- Einleitung
- Bluetooth
 - Überblick
 - Beispielanwendung
- IEEE 802.15.4/ZigBee
- Abschluss

Bluetooth

- verwendet ISM-Band (2.4GHz)
- 79 Kanäle / Frequency Hopping (1600 hops/s)
- Brutto-Datenrate: 1Mbit/s
- kommunizierende Geräte formieren ein Piconetz
 - ein Master
 - bestimmt Frequenzreihenfolge
 - Adressvergabe
 - verwaltet gesamten Datenverkehr
 - bis zu 7 Slaves
 - kommunizieren nur mit dem Master
- Scatternetze
 - Verbund von mehreren Piconetzen
 - komplexe Implementierung, da Piconetze untereinander nicht synchronisiert

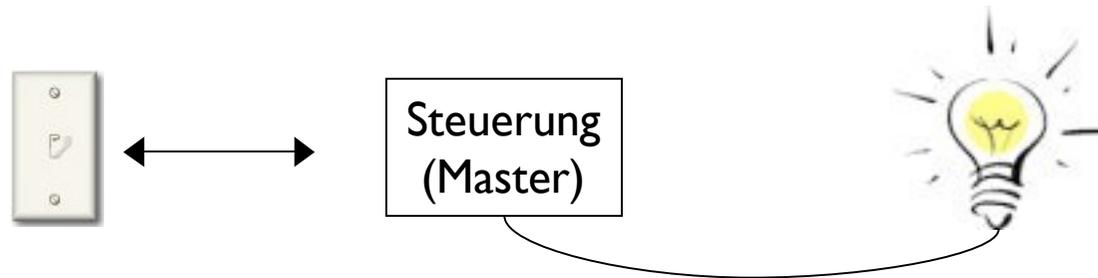


Bluetooth

- Finden von Kommunikationspartnern
 - Inquiry: doppelte Hop-Rate
 - Inquiry Scan: sehr langsame Hop-Sequenz (alle 1.28s)
 - Dauer: >3s (typisch: 10s)
- Verbindungsaufbau: Paging
 - ähnlich wie Inquiry
- Eigenschaften typischer Bluetooth-Anwendungen
 - Punkt-zu-Punkt
 - kurzzeitige Verbindung
 - nutzen Bandbreite aus

Beispielanwendung

Ein batteriebetriebener drahtloser Lichtschalter



Variante 1: Schalter partizipiert ständig im Piconetz

- Latenzbedingung erfüllt
- schlechte Energieeffizienz
 - ständige Aktivität erforderlich, um mit Master synchronisiert zu bleiben

Variante 2: Bei Betätigung verbindet sich der Schalter mit dem Master

- nicht praktikabel, da Latenz viel zu hoch (Inquiry nötig)



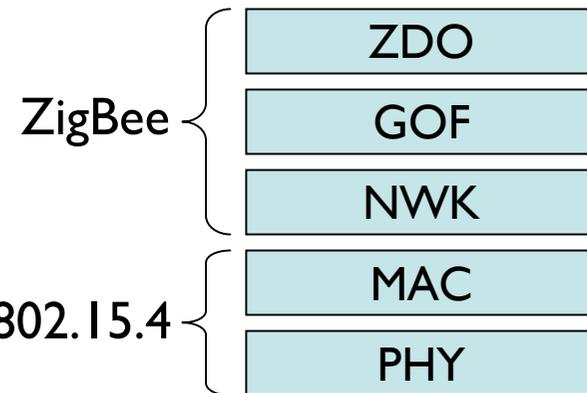
Agenda

- Einleitung
- Bluetooth
- IEEE 802.15.4/ZigBee
 - Abgrenzung
 - Positionierung und Ziele
 - Überblick
 - IEEE 802.15.4 - PHY
 - IEEE 802.15.4 - MAC
 - Multihop-Netzwerke
 - Funktionsweise am Beispiel
 - Abschliessende Betrachtungen
- Abschluss

Abgrenzung

IEEE 802.15.4

- spezifiziert PHY und MAC
- wurde Anfang Mai ratifiziert



ZigBee Alliance

- Industriellianz
 - Phillips, Motorola, Samsung, Honeywell, Mitsubishi Electric, ...
- definiert die höheren Protokollschichten
- Draft-Spezifikation wurde Anfang 2004 fertiggestellt
 - **leider nur für Allianzmitglieder zugänglich**
 - finale (öffentliche) Version für Q4 2004 angekündigt

Positionierung und Ziele

- Eigenschaften der anvisierten Anwendungen:
 - geringer duty-cycle (<0.1%)
 - geringe Bandbreiten

- Energieeffizienz
- Einfachheit
- geringe Kosten

- Anwendungen
 - Controlling and Monitoring
 - Heim- und Industrieautomation
 - Fernbedienungen
 - PC-Peripherie (Maus, Tastatur, ...)
 - ...

Überblick

- **Eckdaten:**
 - 27 Kanäle auf 3 Frequenzbändern
 - maximale Datenrate: 250Kbps
- **kommunizierende Geräte auf gleichem Kanal bilden ein PAN**
 - wird von einem Koordinator verwaltet
 - Anzahl Teilnehmer: 2^{16}
- **Gerätetypen:**
 - FFD: Full Function Device
 - RFD: Reduced Function Device
- **Anforderung an Geräte**
 - gesamter ZigBee-Protokollstack: <32KB
 - ein RFD soll mit 4-8KB auskommen
 - Koordinatoren benötigen extra RAM

IEEE 802.15.4 - PHY

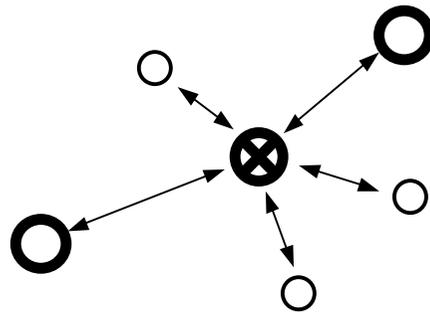
- Frequenzbänder

Frequenz	Kanäle	Datenrate	Verfügbarkeit
868MHz	1	20Kbps	Europa/Asien
915MHz	10	40Kbps	Amerika
2.4GHz	16	250Kbps	weltweit

- Leistungsregelung
- Leistungsaufnahme der Radioeinheit vergleichbar mit Bluetooth (im 2.4GHz-Band)
 - bessere Energieeffizienz ergibt sich erst durch das MAC-Protokoll

IEEE 802.15.4 - MAC

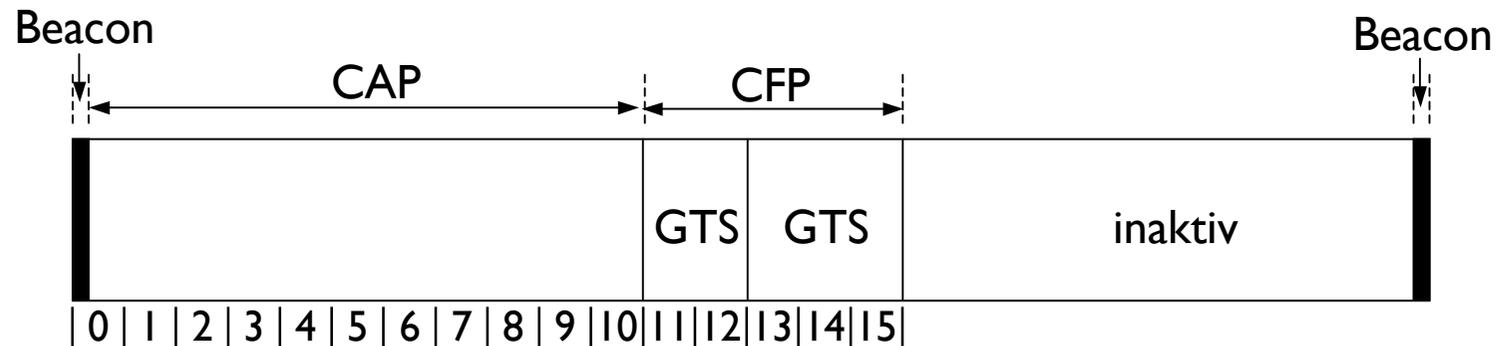
- Basistopologie: Stern



- zwei Medienzugriffsverfahren
 - non-beacon Netzwerk (unslotted)
 - Standard ALOHA CSMA-CA Verfahren
(Carrier Sensing Multiple Access - Collision Avoidance)
 - beacon-enabled Netzwerk (slotted)
 - Superframe-Struktur

IEEE 802.15.4 MAC (2)

- Superframe-Struktur
 - periodische Beacons (Intervall: 15ms - 252s)
 - aktive und inaktive Phase
 - 16 Slots
 - Contention Access Period (CAP)
 - slotted CSMA-CA
 - Contention Free Period (CFP)
 - garantierte Timeslots (GTS)

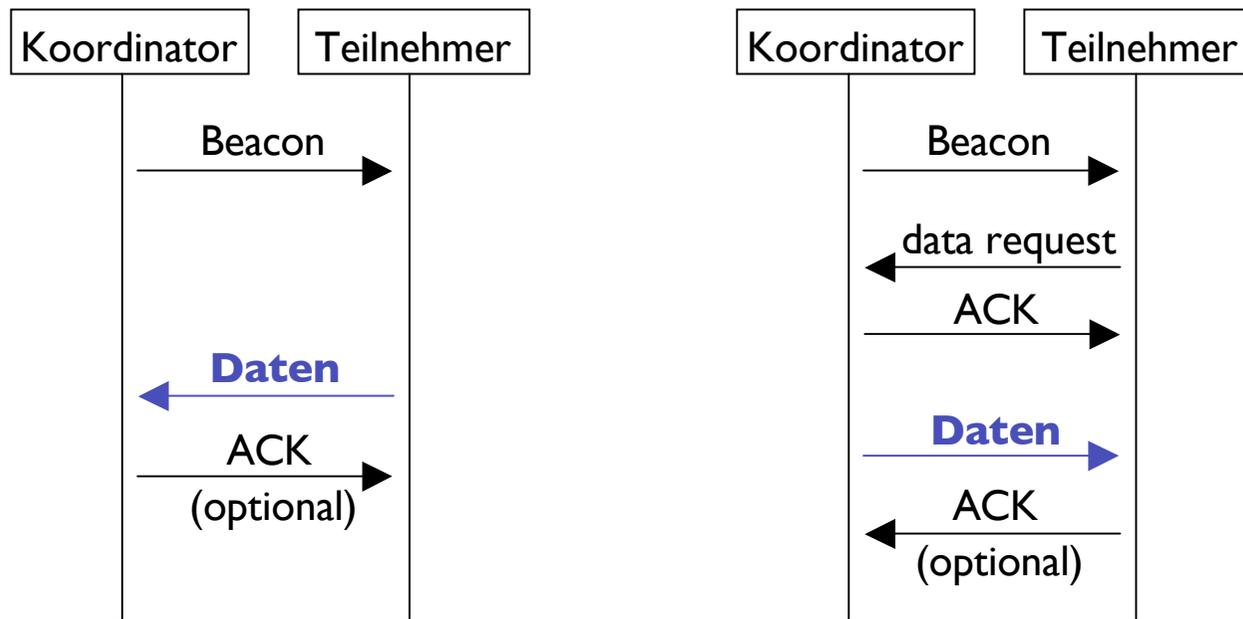


IEEE 802.15.4 - MAC (3)

- **Device-Discovery**
 - active Scan
 - Versenden eines beacon request commands
 - für RFDs optional
 - passive Scan
 - Zuhören bis Beacon empfangen
 - mittlere Dauer (pro Kanal): halbes Beaconintervall
- **Association/Disassociation**
 - association/disassociation request an Koordinator senden
 - ~30ms (bei kleinstem Beaconintervall)

IEEE 802.15.4 - MAC (4)

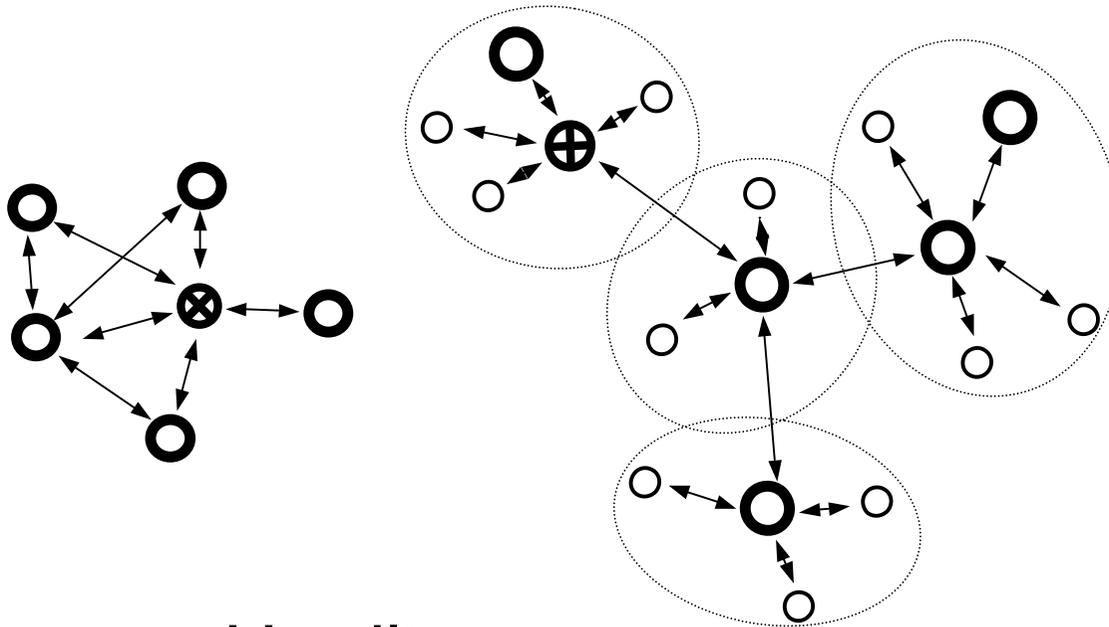
- Datentransfer
 - beacon-enabled network:



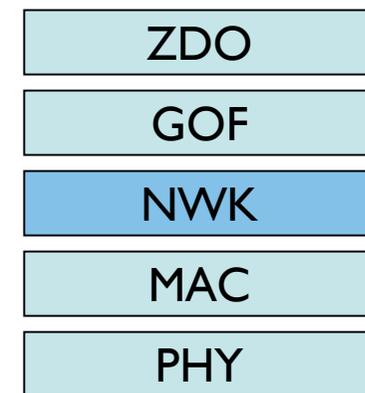
- non-beacon network: unslotted CSMA-CA

ZigBee Network Layer (NWK)

- Packet Routing / Route Management
- Topologien: Mesh, Peer-to-Peer, Cluster-Tree

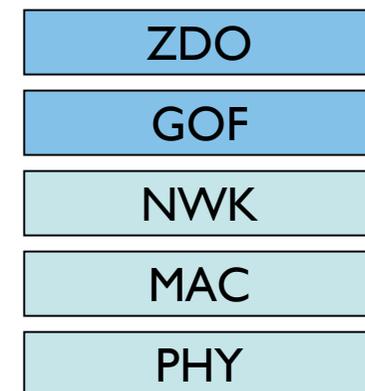


- Security Handling
 - Schlüsselverteilung



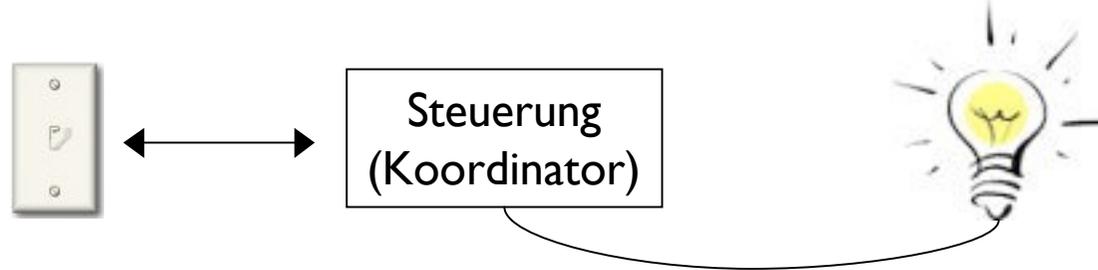
ZigBee Upper Layers

- **General Operational Framework (GOF)**
 - endpoint multiplexing
- **ZigBee Device Objects (ZDO)**
 - Fragmentierung von Datenpaketen
 - Implementation von Profilen
 - Applikationsobjekte



Funktionsweise am Beispiel

Ein batteriebetriebener drahtloser Lichtschalter



- Superframe-Struktur mit kurzem Beaconintervall
- Schalter partizipiert nur kurzzeitig mit dem PAN
 - non-tracking mode
 - Sende-/Empfangseinheit nur aktiv, wenn nötig
 - Ablauf:
 - Benutzer betätigt Schalter
 - Einschalten des Empfängers, warten auf Beacon
 - Versenden der Nutzdaten
 - Latenz: ~15ms

Funktionsweise am Beispiel (2)

Eine drahtlos geschaltete Lampe



- Zeitpunkt des Schaltkommandos unbekannt
 - ständige Präsenz im PAN (beacon-tracking mode)
- kurzes Beaconintervall erforderlich
 - sonst wird Latenz zu gross

Bestimmender Faktor für die Batterielaufzeit eines Gerätes das Nachrichten empfangen muss ist die Latenzanforderung der Anwendung!

Abschliessende Betrachtungen

- Einfache drahtlose Sensoren
 - anvisierte mehrjährige Batterielaufzeit möglich
- PAN-Koordinatoren, Router-Nodes
 - längere Aktivitätsphasen erforderlich
 - mögliche Batterielaufzeiten schwer abschätzbar
 - wohl meist vom Stromnetz gespiesen



Agenda

- Einleitung
- Bluetooth
- IEEE 802.15.4/ZigBee
- Abschluss
 - ZigBee vs. Bluetooth
 - Fazit/Ausblick

ZigBee vs. Bluetooth

Konkurrenzieren sich die beiden Standards?

IEEE 802.15.4/ZigBee	Bluetooth
kleinste Datenmengen in grossen Netzen	grössere Datenmenge in kleinen Netzen
vorwiegend statische Netzwerke	Ad-hoc Netzwerke
Steuerung, Automation, Sensoren	Dateiübertragung, Audio

Die beiden Standards wurden für verschiedene Zwecke entwickelt!



Fazit/Ausblick

- **Bluetooth**
 - etablierte Technologie
 - Einsatzmöglichkeiten noch nicht ausgeschöpft

- **ZigBee**
 - hat einige interessante Eigenschaften zu bieten
 - Hoffnungen der ZigBee-Alliance:
 - Ablösung von proprietären Lösungen
 - Generierung eines milliardenschweren Marktes
 - erste Produkte: frühestens Mitte 2005

Referenzen

- Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.): *IEEE Standard for Information technology – Telecommunication and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*. IEEE Computer Society, New York, NY, USA, October 2003
- Patrick Kinney ZigBee Technology: *Wireless Control that Simply Works*. www.zigbee.org/resources, October 2003
- Chris Evans-Pughe: *Bzzzz zzz – ZigBee wireless standard*. IEE Review, Vol. 49 No. 3, pp. 28 -- 31, March 2003

Referenzen (2)

- E. Callaway, P. Gorday, L. Hester, J.A. Gutierrez, M. Naeve, B. Heile, V. Bahl: *Home networking with IEEE 802.15.4: a developing standard for low-rate wireless personal area networks*. IEEE Communications Magazine, Vol. 40 No. 8, pp. 70--77, August 2002
- J.A. Gutierrez, M. Naeve, E. Callaway, M. Bourgeois, V. Mitter, B. Heile: *IEEE 802.15.4: a developing standard for low-power low-cost wireless personal area networks*. IEEE Network, Vol. 15 No. 5, pp. 12-19, 2001
- M. Gaalev: *Home Networking with ZigBee*. April 2004
<http://www.us.design-reuse.com/articles/article7675.html>
- J. Bray, C. Sturman: *Bluetooth 1.1 - Connect Without Cables*. Prentice Hall, ISBN 0-13-066106-6, 2002.