

# Entwurf und Implementierung eines kabellosen Sensornetzwerkes zur Überwachung von Patienten in einem MANV-Szenario

Marcel Noe    Jan Tepelmann

Institut für Biomedizinische Technik (IBT)  
Karlsruher Institut für Technologie

# Überblick

- 1 Motivation
- 2 Analyse
- 3 Lösung
- 4 Ergebnisse
- 5 Diskussion und Ausblick

# Motivation: Massenanfall von Verletzten



- Ereigniss mit einer großen Anzahl von Verletzten
- z.B. Verkehrsunglück, Brand, Naturkatastrophe oder Krankheit
- Teilweise Zusammenbruch (lokaler) Infrastruktur
- Knappe Ressourcen (Hilfsmittel, Helfer, Medikamente, Transportkapazität)
- Hohe Belastung für Helfer
- Unübersichtliche Lage (Beispiel: Teneriffa 1977)

# Motivation: Triage

- Triage: Einteilung von Patienten in Gruppen nach Behandlungsdringlichkeit.
- Grund: Beschränkte Ressourcen: Transportmittel, Medikamente, Helfer
- Einfachste Hilfsmittel: "Sehen, hören, fühlen", Anhängenkärtchen, etc.
- Aber: Werden alle Patienten korrekt zugeordnet? Was passiert bei Verschlechterung des Zustands nach Triage?
- Fehlerquellen: Zeitdruck, zu wenig Personal, Psychische Belastung der Helfer

Beleg für Krankenhaus

Beleg für Rettungsmittel

STD 0601 \*

DIAGNOSE \_\_\_\_\_

THERAPIE \_\_\_\_\_

STD 0601 *	STD 0601 *	STD 0601 *
STD 0601 *	STD 0601 *	STD 0601 *

**IV** **IV**

**I** **I**

**II** **II**

**III** **III**

STD 0601 \*

⇒ **Technische Hilfsmittel können Fehler verringern.**

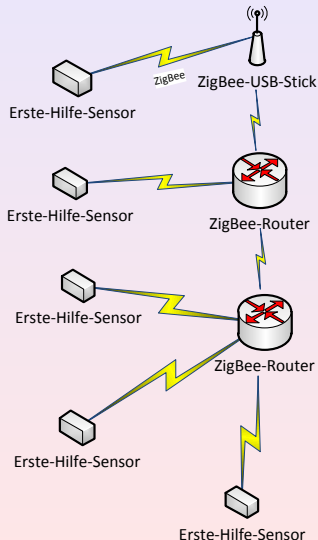
# Stand der Technik: Hilfsmittel für MANV-Einsatz

- Tragbare EKG-Geräte, insbesondere in Defis  
→ Schwer, groß, teuer, pro Patient ein Gerät nötig
- Monitore mit Bluetooth-Technologie  
→ Maximal 8 aktive Geräte pro Netzwerk
- Monitore mit WLAN-Technologie  
→ störungsanfällig, hoher Stromverbrauch, teuer, kein Roaming.
- Herstellerspezifische Lösungen (z.B. Z-Wave oder Polar)  
→ Proprietär, teuer
- ZigBee Healthcare, Bluetooth Low Energy (WiBree)  
→ Bisher noch keine Geräte auf dem Markt
- $I^2C$  basiertes Sensornetz  
→ Benötigt viele Kabel

# Anforderungen

- Skalierbar in Anzahl der Patienten **und** Helfern
- Überwachung des Patientenzustands (z.B. Puls & Atmung) durch Sensoren
- Senden von Befehlen (z.B. Alarm aus, manueller Alarm) an Sensoren
- Schnelle Einsatzfähigkeit: Je weniger Kabel desto besser.
- Kostengünstig
- Niedriger Stromverbrauch
- Robust
- Einfache Bedienbarkeit
- Erweiterbar

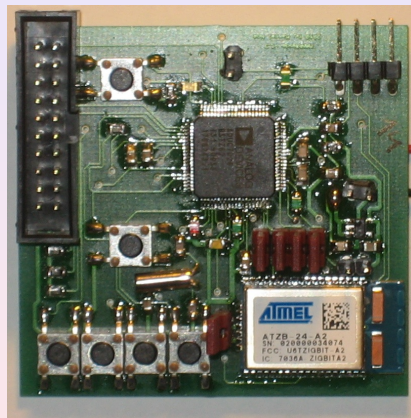
# Funknetzwerk: ZigBee



- Über 500 Teilnehmer möglich
- Mesh-Netzwerk: Durch Router erweiterbar
- Bis 50m (Klasse 2 Gerät) bzw. über 500m (Klasse 1 Gerät) Reichweite **pro Router!**
- Stromverbrauch: nur 1,8mA bei Einsatz von Energiesparmodus (Bluetooth: 16,6mA, WLAN: 180mA).
- Stückpreis unter 15€

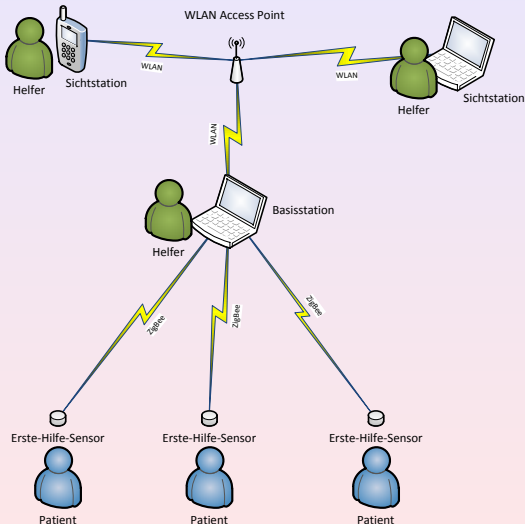
# Hardware: MANVNode

- Entwicklungsplatine zum Entwerfen und Testen von Firmware
- JTAG-Schnittstelle für Debugging
- ADuC-Mikroprozessor (vgl. Erste-Hilfe-Sensor)
- Testpunkte für Strommessung
- Programmierbare Taster und LEDs
- Piezzo-Summer
- Batterie- und Netzteilbetrieb (3V-16V)





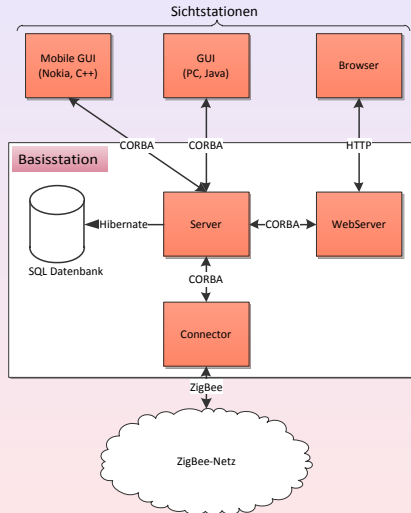
# Software: Logische Sicht



- Basisstation: kennt den Zustand des Sensornetzes
- An eine Basisstation können beliebig viele weitere Sichtstationen angeschlossen werden
- Sichtstation: zeigt Zustand der Patienten, kann Befehle an Sensoren senden
- Verbindung über WLAN, Ethernet oder UMTS

# Software: Technische Sicht

- Kapselung von Zuständigkeiten in Komponenten
- Connector: Kommunikation mit Sensornetz
- Server: Speichern des Netzzustandes
- GUIs: Zustand des Netzes grafisch anzeigen
- Komponenten unabhängig voneinander austauschbar



# Software: Zusammenfassung

## Schnittstellen zur Anbindung externer Software

- CORBA (Industriestandard!)
- Datenbankzugriff: SQL-Schnittstelle
- Webservices: SOAP und JSON (Web 2.0!)

## Skalierbarkeit

- Anbindung beliebig vieler Sichtstationen
- ZigBee unterstützt über 500 Teilnehmer.
- Lauffähig auf allen Standardbetriebssystemen durch Einsatz von Virtualisierung
- Weboberfläche für alle gängigen Browser und Handytypen

# Praktische Vorführung



# Ergebnisse auf einen Blick

- 1,8mA Stromverbrauch bei Einsatz von Energiesparmodus
- Über 50m Reichweite pro Router
- Durch Router praktisch beliebig erweiterbar
- Laut Standard über 500 Teilnehmer möglich.
- Stabilität durch geringe Bandbreite und Frequenzspreizung
- Software durch CORBA-Schnittstelle schnell an neue Anforderungen anpassbar.
- Größe wie Erste-Hilfe-Sensor. Demoplatine hat Format 50x56mm.
- Preis: Erste-Hilfe-Sensor + maximal 15€ für ZigBee-Modul

# Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik

- Keine Kabel mehr notwendig
- Kostengünstiger als alle existierenden Lösungen
- Stromsparender als alle existierenden Lösungen
- Mehr Teilnehmer als in allen existierenden Lösungen
- Hohe Reichweite durch Einsatz von Repeatern erreichbar
- Flexible und Erweiterbare Software
- Herstellerunabhängig: Hardware-/Softwareschnittstelle austauschbar
- Unabhängig von lokaler Infrastruktur

# Ausblick

## Optimierung der Hardware

- Einsatz von Klasse 1 Modulen und Antennen ( $\Rightarrow$  Reichweite)
- Tests von Modulen anderer Hersteller ( $\Rightarrow$  Kosten)

## Überarbeiten der ZigBit-Firmware

- Verwendung von AES-Verschlüsselung
- Verringerung der Latenz
- Erhöhung der Datenübertragungsrate

## Erweiterung der Software

- Erweiterung der Weboberfläche
- Verbesserung der Benutzerführung

# AAL-Kongress: Posterbeitrag

**VDE**



## Altersgerechte Assistenzsysteme – Aus der Forschung in den Markt

4. Deutscher AAL-Kongress mit Ausstellung  
25.-26. Januar 2011, Berlin

[www.aal-kongress.de](http://www.aal-kongress.de)

Wegweisende  
Anwendungsbeispiele



Technische  
Forschung  
für morgen



Wie rechnet sich AAL?

Organisation:



**VDE|VDE|IT**

- Sensornetzwerk kann auch zur Unterstützung von älteren Patienten im Alltag eingesetzt werden
- Veröffentlichung im Themengebiet "Wegweisende Anwendungsbeispiele"
- 25. - 26. Januar 2011 in Berlin



# Fragen?

