

# **BAN – Langzeiterfassung und drahtlose Übertragung von Patientendaten**

Hans-Joachim Mörsdorf

Bildverarbeitung und Medizintechnik (BMT)  
Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS  
Am Wolfsmantel 33  
91058 Erlangen

mdf@iis.fraunhofer.de

**Abstract:** BAN (Body Area Network) beschreibt ein zwei/drei-stufiges Konzept zur drahtlosen Übertragung von Patientendaten. Dabei wird in der ersten Stufe der Körper des Patienten mit einer „Datenaura“ umgeben. Die Funktechniken dieser Stufe sind auf minimale physiologische Influenz hin optimiert. Es schließt sich eine zweite Stufe an, die für größere Reichweiten ausgelegt ist, um dem Patienten ein Höchstmaß an Mobilität zu ermöglichen. Eine optionale Datenverarbeitung kann flexibel innerhalb der verschiedenen Stufen platziert werden.

## **1. Motivation**

Zahlreiche Studien belegen, dass der Therapieerfolg in entscheidendem Maße von der „Mitarbeit“ („Compliance“) des Patienten abhängt. Dabei geht es weniger darum, dass der Patient „Übungen“ macht oder ähnliches, sondern es kommt auf seine seelische Haltung in Bezug auf seinen Genesungsprozess an. Bei Patienten, die an chronischen oder die Mobilität stark einschränkenden Krankheiten leiden, kann häufig Resignation und das Empfinden der eigenen Situation als Opfer beobachtet werden. Dies wirkt sich negativ auf den Heilungsprozess aus. Demgegenüber verläuft die Genesung bei Patienten, die trotz Krankheit ihr Leben aktiv gestalten können, wesentlich zügiger und mit einem besseren Ergebnis. Entscheidende Punkte sind hierbei der Aufenthalt im gewohnten (häuslichen) Umfeld und die persönliche Autonomie, den Tagesablauf ohne ständige Arztbesuche gestalten zu können. Eine kompakte, drahtlose Datenübertragungstechnik offeriert dem Patienten die Möglichkeit, sich je nach eingesetzter Funktechnik uneingeschränkt in seinen eigenen vier Wänden oder gar völlig frei bewegen zu können. Die zahlreichen Kontrollbesuche bei einem Arzt können entfallen, was sich nicht zuletzt auch förderlich auf die angespannte Situation bei den Krankenkassen auswirkt. Darüber hinaus ermöglicht die drahtlose Übertragung von Patientendaten aber auch ganz neue Methoden in der Diagnose und Therapie von Krankheiten wie Schlafapnoe oder dem gefürchteten Kindstod, die bislang mangels einer kostengünstigen und leicht anzuwendenden Möglichkeit zur Langzeiterfassung von Vitalparametern eher zufällig rechtzeitig diagnostiziert wurden.

## 2. Topologie

Das BAN-Konzept beschreibt ein zwei/drei-stufiges Verfahren zur Übermittlung der Patientendaten. Sein Aufbau ist in Abbildung 1 dargestellt.

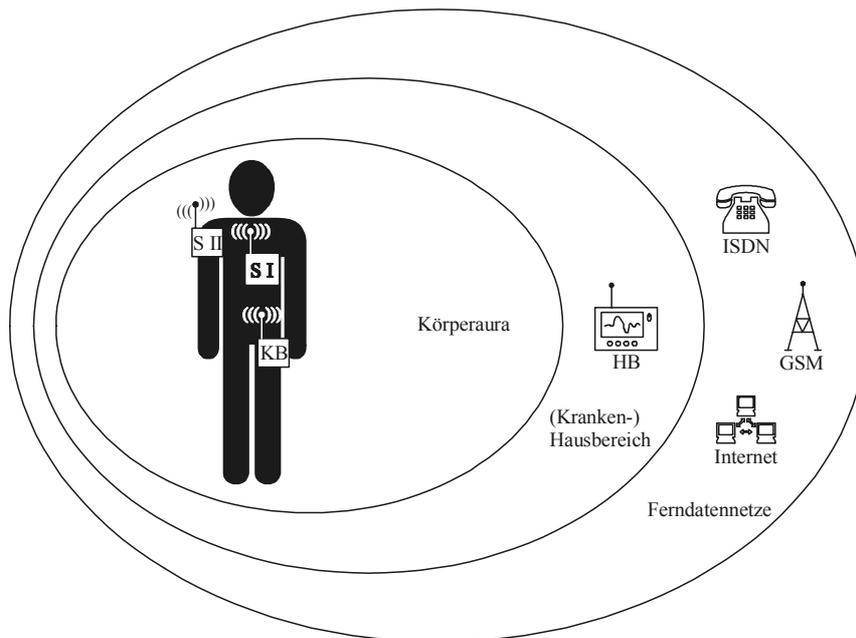


Abbildung 1: Topologie und Anwendungsfälle des BAN-Systems

Im inneren Kreis befinden sich die Sensoren (S I, S II) und eine Körper-Basisstation (KB). Sie umgeben den Körper des Patienten mit einem drahtlosen „lokales Netzwerk“ – Body Area Network. Die Funktechnologien dieser Stufe sind auf geringe physiologische Belastung hin optimiert. In Betracht kommen somit Bluetooth, Transponder und als weitere Option eine bei uns im Haus entwickelte proprietäre Lösung, deren Protokoll an das von DECT angelehnt ist (BAN-DECT).

Die Körper-Basisstation dient als Koppelpunkt zwischen dem Körpernetzwerk und der zweiten bzw. dritten Stufe. Es existieren zwei mögliche Anwendungsfälle:

- Der Patient verfügt nur über einen eingeschränkten Bewegungsradius, wie dies z. B. in den eigenen vier Wänden oder in einem Krankenhaus der Fall ist. Entsprechend kommen bevorzugt Funktechniken mit beschränkter Reichweite zum Einsatz. In Frage kommen Bluetooth und DECT. Im häuslichen Umfeld wird dann noch eine Haus-Basisstation benötigt, die die Daten in ein Ferndatennetz (ISDN, Internet, Ethernet) einspeist. Im Krankenhaus ist diese optional.
- Der Patient kann (und darf) sich völlig frei bewegen. In diesem Fall muss die Körper-Basisstation direkt in Ferndatennetze einkoppeln. Es bietet sich zur Zeit GSM an, später auch UMTS.

BAN bietet die Option, an nahezu jeder beliebigen Stelle der Datenübertragung mit einer Datenauswertungseinheit erweitert zu werden. Dies erlaubt für jede Komponente (Sensor, Basiseinheit) einen idealen Kompromiss zwischen Größe und Performance zu finden. Vorzugsweise ist jedoch die Haus-Basisstation für die Implementierung der Auswertungsalgorithmik vorgesehen.

Wie bereits umrissen, hängt die eingesetzte Ferndatennetztechnik von dem Anwendungsszenario ab. Bei unserem Demogerät setzen wir Linux ein, so dass wir prinzipiell alle Netzwerkprotokolle „fahren“ können.

### **3. Hardware-Komponenten**

#### **3.1 Allgemein**

Um die Mobilität des Patienten nicht durch das „Behängen“ mit Technik unmittelbar wieder einzuschränken, ist Kompaktheit eines der wesentlichen Designkriterien für alle am Körper getragenen Komponenten von BAN.

Ein weiteres wesentliches Kriterium ist der Energieverbrauch der Einheiten. Lange Standzeiten der Batterien erhöhen den Handhabungskomfort. Bei Patienten, die ihre angelegten Sensoren nicht selbstständig warten können, sind lange Wartungsintervalle ein Muss, um die Unkosten durch das Pflegepersonal gering zu halten. Auf dem Energieverbrauch liegt des weiteren ein besonderes Augenmerk durch die Tatsache, dass wir beabsichtigen, flexible Batterien einzusetzen. Diese schmiegen sich den Körperkonturen an, was den Tragekomfort erhöht. Leider besitzen diese Batterien beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung noch eine recht geringe Energiedichte, was eine Senkung des Energieverbrauchs zusätzlich motiviert.

Eher weniger technische Aspekte sind Ergonomie und Bedienbarkeit. Dennoch sind sie wichtige Punkte, wenn ein Produkt von den Patienten – oder Kunden allgemein – akzeptiert werden soll. Natürlich müssen sich dieser Maxime auch medizinische Produkte unterwerfen.

#### **3.2 Sensoren und Körper-Basisstation**

Ein BAN-Sensor besteht aus dem eigentlichen medizinischen Sensor zur Aufnahme des Messwertes, einer Mikrocontroller-Plattform und einer Sendeeinheit. Gegenwärtig evaluieren wir zwei unterschiedliche Konzepte zur Realisierung der Sensoren.

Das erste besteht darin, Transponder einzusetzen, deren Mikrocontroller noch Ressourcen für eine applikationsabhängige Programmierung bereitstellt. Die Vorteile dieser Lösung liegen in der drastischen Miniaturisierung, geringem Stromverbrauch und dem sehr guten Preis-Leistungsverhältnis. Jedoch limitieren die begrenzten Ressourcen die Komplexität der realisierten Applikation.

Das zweite Konzept trennt die einzelnen Komponenten Sensoreinheit, Mikrocontroller und Sendeeinheit. Der Vorteil liegt in der Konfigurierbarkeit der BAN-Sensor-Gesamtmole durch die freie Auswahl der einzelnen Komponenten. Dadurch lässt sich

die Verfügbarkeit an Ressourcen, insbesondere auch im Hinblick auf die Mikrocontroller-Plattform quasi frei gestalten, was auch komplexere Applikationen einschließlich einer (eher einfachen) Auswertearithmetik erlaubt. Denkbar ist z.B. auch die temporäre Pufferung von Daten für den Fall, dass die Datenverbindung abreißt. Nachteilig sind bei dieser Realisierung der erhöhte Strombedarf und Preis.

Welche der beiden Varianten im Einzelfall vorzuziehen ist, hängt von dem bestmöglichen Kompromiss der erwähnten Parameter in Bezug auf den konkreten Anwendungsfall ab.

Für die Körper-Basisstation gelten im Prinzip die gleichen Kriterien wie für die Sensoren, jedoch steht hier generell etwas mehr Volumen zur Verfügung. Dies ist auch notwendig da für die distanz-orientierten Funktechniken mehr Energie aufzuwenden ist und der Mikrocontroller im Stande sein muss, die Netzwerkprotokolle abzuarbeiten.

### **3.3 Haus-Basisstation**

Die Haus-Basisstation hat zwei wesentliche Aufgaben: sie dient zum einen der Interaktion mit dem Patienten und zum anderen bildet sie die Schnittstelle zur Außenwelt, d. h. sie stellt die Verbindung in eines der Ferndatennetze her.

Die Benutzerschnittstelle der Haus-Basisstation sollte im Design an den Bedürfnissen eventuell körperlich und/oder geistig eingeschränkter Patienten ausgerichtet werden. In unserem Demogerät verwenden wir eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) und ein Farbdisplay mit Touchscreen.

Um die Compliance des Patienten weiter zu verbessern, lassen sich die ausgewerteten Daten des Ist-Zustandes für den Patienten in Form eines „Tipp des Tages“ aufbereiten. Er wird somit aktiv in seine Therapie eingebunden, was ihn aus der Opferrolle herauslöst, indem er konkrete Hinweise bekommt, wie er seine Heilung selbst unterstützen kann.

Erkennt die Haus-Basisstation bei der Auswertung einen bevorstehenden kritischen Zustand, so kann sie automatisch Verbindung mit dem behandelnden Arzt aufzunehmen. Die Möglichkeit einer Langzeitaufzeichnung von Vitalparametern erlaubt es, Therapiefortschritte zu dokumentieren und den Patienten durch diese Rückmeldung weiter zu motivieren.

## **4. Funktechniken**

Da BAN im Wesentlichen ein Konzept zur Datenübertragung darstellt, ist es von einer konkreten Technik unabhängig zu sehen. Diese Flexibilität wurde bereits in Bezug auf die verschiedenen denkbaren Anwendungsfälle dargestellt.

Im Einzelnen evaluieren wir gegenwärtig die Funktechnologien Bluetooth, BAN-DECT, Standard-DECT und GSM. Bei BAN-DECT handelt es sich um eine Entwicklung des Fraunhofer IIS, dessen Protokoll an Standard-DECT angelehnt ist, jedoch für den Einsatz im Umfeld des menschliche Körpers optimiert wurde. Eine Gegenüberstellung der einzelnen Funktechniken findet sich in Tabelle 1.

Funktechnik	Datenrate	Frequenz	Leistung	Reichweite	Optimiert für
BAN-DECT	120 kbps	400 MHz	25 $\mu$ W	< 5m	Geringen Stromverbrauch und physiologische Belastung
Bluetooth	723 kbps	2,4 GHz	1 mW 100 mW	< 10m < 100m	Plug'n'Play-Netzwerk Ger. Stromverbrauch
DECT	96 kbps	1,9 GHz	250 W	< 300m	Abhörsicherheit
GSM	9,6 kbps	900/1800 MHz	2 W	1,5 km	Abhörsicherheit, Verbindungsstabilität
Transponder	76,8 kbps	300 – 1000 MHz	10 mW	k. A.	Stromverbrauch, Kompaktheit

Tabelle 1: Übersicht über die konkret angedachten Funktechniken

Im Körperbereich ist auf eine möglichst geringe Sendeleistung in einem physiologisch unbedenklichen Frequenzbereich zu achten, da die Verbindung zwischen Sensoren und Körper-Basisstation im Großen und Ganzen permanent besteht. Weitere Kriterien sind der Energiebedarf und die Interferenzen beim Einsatz mehrerer Sender (Sensoren). In Frage kommen dadurch BAN-DECT, Bluetooth und Transponder-Lösungen. Im Fernbereich, d. h. vom Körper weg, wird die Funktechnik größtenteils vom jeweiligen Anwendungsfall diktiert. Im (Kranken-) Hausbereich besteht eine Wahlmöglichkeit besteht zwischen Bluetooth und Standard-DECT. Unser aktuelles Demogerät ist um die Standard-DECT-Technik herum aufgebaut, während die anderen Techniken aktuell nur in Evaluierungsimplementierungen vorliegen.

## 5. Datensicherheit und Übertragungsprotokolle

Ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Übertragung persönlicher Daten ist der Datenschutz und damit die Frage, wie die Datensicherheit gewährleistet werden kann. Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Frage, wie die Interaktion von Geräten verschiedener Hersteller gewährleistet werden kann.

Die gegenwärtig eingesetzten Funktechniken gewährleisten die Datensicherheit per se, d.h. sie gelten als abhörsicher, abgesehen von den Transpondern. Wir haben darüber hinaus noch keine weiteren Implementierungen vorgenommen.

Um die Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller zu ermöglichen, existieren bereits seit längerem Standards. Jedoch setzen diese (z. B. HL7 und DiCOM) meist auf höheren Ebenen der Kommunikation auf und ermöglichen lediglich einen Austausch der Befunde.

Aktuelle Bestrebungen gehen jedoch zunehmend in die Richtung, die Interoperabilität auf unterster Ebene herzustellen. Auch „Plug'n'Play“-Funktionalität wird angestrebt,

was im Hinblick auf den Klinikalltag sicher erstrebenswert ist. Die auf dieser Ebene „gesprochenen“ Protokolle sind Vital [VITAL] und POCT [POCT].

Da Vital ein recht umfangreiches Protokoll ist, das auch noch nicht endgültig durch ISO als Standard fixiert wurde, vollzieht sich die Marktdurchdringung recht zögerlich. Viele Hersteller schrecken noch davor zurück, medizinische Massenmessgeräte mit einem Datenprotokoll auszustatten, das sich durch seine Komplexität auf den Preis niederschlägt.

POCT tut sich da schon leichter. Da das Protokoll wesentlich simpler – pragmatischer – aufgebaut ist, lässt es sich preiswerter in medizinische Messgeräte implementieren. Im Gegensatz zu Vital stellt POCT auch zunehmend eine Muss-Forderung großer Kliniken dar, so dass hier mit einer wesentlich forcierteren Marktdurchdringung zu rechnen ist.

Unseren Planungen nach sollen die BAN-Module das eine oder andere – gegebenenfalls beide – Protokolle „sprechen“. Eine solche Auslegung der Komponenten würde es auch mittelständischen Betrieben ermöglichen in diese Technik einzusteigen.

## **6. Demonstrator**

Unser BAN-Demonstrator [BAN] zeigt die Verbindung von zwei Sensoren, Blutdruck und EKG, mit einer Körper-Basisstation, die die Messdaten ihrerseits an eine Haus-Basisstation weiterleitet. Ein in die Haus-Basisstation integrierter Web-Server macht die Daten „weltweit“ über eine TCP/IP-Verbindung in einem Standard-Browser verfügbar und visualisiert sie dort mittels eines Applets. Das EKG wurde beispielhaft für alle Sensoren mit hohen Datenraten gewählt. Wir verwendeten Standard-DECT in beiden Stufen der Datenübertragung. Leider zeigte sich, dass die Standard-DECT-Module einen recht hohen Energieverbrauch aufweisen und auch unseren Vorstellungen an die Kompaktheit in keiner Weise Rechnung tragen. Festzuhalten ist aber, dass es sich bei unserem Gerät um einen Demonstrator und nicht um ein fertiges Produkt handelt. Aktuell arbeiten wir an einer neuen Version für die Haus-Basisstation, die die genannten Forderungen nach Ergonomie und Bedienerführung erfüllen soll. Als Betriebssystem kommt hier Linux zum Einsatz.

## **Literaturverzeichnis**

- [VITAL] ENV13734/ENV13735: Health Informatics Vital signs information representation, 1999  
[POCT] NCCLS Point-of-Care Connectivity – Approved Standard POCT-1A,  
<http://www.nccls.org>  
[BAN1] [http://www.iis.fraunhofer.de/medtech/med\\_com/monitoring/index\\_d.html](http://www.iis.fraunhofer.de/medtech/med_com/monitoring/index_d.html)