

BMWi-Projekt BASUMA: Body Area Systems for Ubiquitous Multi Media Applications

The BMWi¹ project BASUMA: Body Area Systems for Ubiquitous Multi Media Applications

Prof. Dr.-Ing. Rolf Kraemer, IHP, Frankfurt (Oder), kraemer@ihp-microelectronics.com

Extended Abstract

Kurzfassung

Das BASUMA-Projekt ist ein durch das BMWi gefördertes Projekt zur Untersuchung von Body Area Networks im medizinischen Bereich. Nach kurzer Beschreibung des Konsortiums und der Aufgaben der Partner wird der technische Kern dargestellt und beschrieben. Insbesondere wird die RPC-Kommunikation zwischen den Funktionsobjekten der verteilten Knoten hervorgehoben, die viele Details der Verteiltheit verbirgt und so die Anwendungsprogrammierung stark vereinfacht.

Abstract

The BASUMA project is a BMWi supported research project on "Body Area Network" for medical applications. After a short introduction of the consortium and the role of the participating organisations the technical core of the project will be described. Especially the RPC communication mechanism between the sensor nodes will be highlighted that hides many details of the distributed nature of the system and allows the simplification of application programming.

Einleitung

Die Vision des "Ubiquitous Computing" erfordert die Entwicklung von verteilten Systemen, die überall vorhanden sind und uns rund um die Uhr umgeben ohne dabei aufdringlich zu sein. Solche intelligenten Systeme setzen sich sowohl aus fest in der Umgebung eingebauten als auch ständig am Körper getragenen Elementen zusammen, die untereinander über ein drahtloses Netzwerk miteinander kommunizieren können. Ein körpernahes System stellt dabei besonders hohe Anforderungen an die Entwickler, da es aus Benutzersicht zwar möglichst klein und unauffällig sein sollte, andererseits aber leistungsstarke Anwendungen mit großer Funktionalität gewünscht werden, die über mehrere Tage oder Wochen hinweg ohne Batteriewechsel durchlaufen sollen. Trägt man dem verständlichen Wunsch nach möglichst hoher Miniaturisierung Rechnung, muss man zwangsläufig Abstriche bei der Leistungsfähigkeit und Energiespeicherkapazität der einzelnen Bestandteile eines körpernahen Systems machen. Um dem Benutzer dennoch leistungsfähige intelligente Anwendungen anbieten zu können, ist das Ausnutzen aller verfügbaren Ressourcen von essentieller Bedeutung. Die Applikation läuft dann als verteiltes System, bei dem die nötige Funktionalität durch das Zusammenwirken mehrerer Systemelemente erbracht

wird. Wenn immer möglich sollten Verarbeitungskapazitäten in der Umgebung genutzt werden, da diese typischerweise über eine feste Stromversorgung und hohe Verarbeitungskapazitäten verfügen. Dennoch müssen auch Entscheidungen lokal, das heißt im körpernahen Netz, eventuell sogar im Sensorknoten selbst erfolgen, damit nicht durch ständiges Übertragen von redundanten Daten der Energieverbrauch zu hoch wird. Da wir im Laufe eines Tages häufig unseren Aufenthaltsort wechseln, ändert sich die nähere Umgebung eines Benutzers entsprechend oft. Verteilte Anwendungen müssen sich daher flexibel an sich laufend ändernde Gegebenheiten anpassen können.

Anwendungen für BASUMA sind in der direkten Patientenüberwachung zu Hause und im Krankenhaus geplant. Ein weiteres attraktives Anwendungsfeld ist das „Ambient Assisted Living“, bei dem mittels Sensortechnologien Zustände und Szenarien erfasst werden und intelligente Unterstützung der Benutzer erteilt werden kann. Viel weitere telemedizinische Anwendungen können auf der Basis des BASUMA-Netzansatzes erstellt werden.

BASUMA entwickelt die Basistechnologien für körpernahe, verteilte, sich selbst organisierende und energieeffiziente Systeme, und fügt sie zu einer homogenen

¹ The BMWi is the German Ministry for Economy

Plattform zusammen. Dazu sind beträchtliche Fortschritte auf den Gebieten der drahtlosen körpernahen Funktechnologien, der Kommunikationsprotokolle, der verteilten Datenverarbeitung sowie der Anwendungsunterstützung erforderlich. Die Verifikation der erarbeiteten Plattform durch eine realisierte Referenzanwendung schafft die Voraussetzung für eine schnelle und gezielte Entwicklung derartiger Systeme und Produkte. Durch die koordinierte Definition von Schnittstellen und Protokollen sowie deren Verankerung in den relevanten Standards soll die Interoperabilität zwischen drahtlos kommunizierenden körpernahen Systemen verschiedener Hersteller gewährleistet werden und ein breiter Markt für entsprechende Systeme entstehen.

Das Projekt besteht aus zwei Hauptteilen:

1. Entwicklung der generischen Sensorplattform, seiner Netzknotten, Protokolle und Anwendungen
2. Untersuchung und Entwicklung verschiedener Sensortechnologien zum Einsatz in körpernahen Netzen.

Das Konsortium unter der Leitung des IHP umfasst folgende Partner:

- Philips Forschungslaboratorien Aachen als wesentlichen industriellen Entwickler medizinischer Geräte
- TES (Technology Electronic Solutions), Stuttgart, als Entwickler der RF-Frontends für die Sensorknoten
- ABS (Gesellschaft für Automatisierung, Bildverarbeitung und Software mbH), Jena, als Entwickler für spezielle Geräuschsensoren und Aufgaben der digitalen Signalverarbeitung
- IHP GmbH - Innovations for High Performance Microelectronics, Frankfurt (Oder), als Entwickler des generischen Sensorknotens und der spezifischen Zugriffsprotokolle mit den Unterauftragnehmern:
 - Technische Universität Hamburg-Harburg, Lehrstuhl Prof. Rohling, für die Untersuchung zukunftsweisender neuer Basisbandverfahren in funkbasierten Sensornetzen
 - AOK Brandenburg, Kosten-Nutzen-Analyse
- Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie, Leitung von Prof. Scheller, für die Weiterentwicklung biochemischer Sensoren wie z. B. (Lactat-Sensor, NO-Sensor, etc.) für den Einsatz zusammen mit den BASUMA-Modulen; Definition geeigneter medizinischer Anwendungsszenarien und Erprobung an einem ausgewählten Patientenkollektiv in einer ersten Testphase mit den Unterauftragnehmern:
 - BST Biosensor Technologie GmbH, Berlin
 - Brustzentrum Charité Universitätsmedizin Berlin, Dr. Winzer
 - DHZ Deutsches Herzzentrum, Berlin, Dr. Müller.

Das Projekt wurde vom BMWi finanziell für seine Arbeiten unterstützt.

Im Folgenden wird die Basisarchitektur des BASUMA-Sensornetzes dargestellt sowie auf einige Ergebnisse der Untersuchungen und Entwicklungen verwiesen. Der medizinische Teil der Sensorentwicklung wird an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

BASUMA: Eine verteilte Sensornetzarchitektur

Sensornetze lassen sich auf verschiedene Weisen realisieren. Dabei kann grundsätzlich zwischen verteilten und zentralisierten Ansätzen unterschieden werden. Welcher Ansatz der bessere ist hängt weitgehend von der Anwendung ab. Die BASUMA-Architektur ist eine verteilte Architektur, die aus identischen Netzknotten besteht. **Abbildung 1** zeigt den generischen BASUMA-Knoten. Jeder Knoten besteht aus einem eingebetteten Mikroprozessor sowie einem Kommunikationsmodul und einem Ein-/Ausgabemodul. Der Mikroprozessor stellt die autonome Intelligenz des Knotens dar und realisiert gleichzeitig den Austausch von Informationen mit den Nachbarknoten. Dazu benutzt er den vom Kommunikationsmodul bereitgestellten RPC (Remote Procedure Call) Service. Eine I/O-Einheit erlaubt die lokale Kommunikation mit den Sensoren und bietet zusätzlich eine Vorverarbeitungsmöglichkeit für die erfassten Daten an.

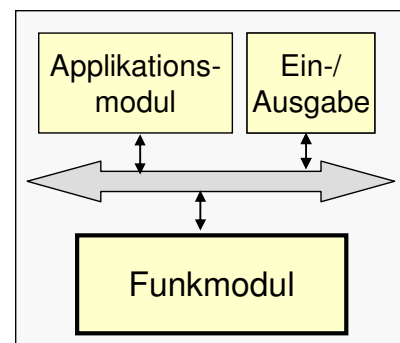


Abbildung 1 BASUMA-Netzknotten

Das Funkmodul beinhaltet alle Zugriffsprotokolle sowie die notwendigen Komponenten zur Versendung von Nachrichten an andere Knoten im BASUMA-Funknetz. Zusätzlich sorgt das Funkmodul für die geeignete Verschlüsselung der Datenübertragung, da bei medizinischen Anwendungen die Sicherheitsaspekte stark berücksichtigt werden müssen. Der Prozessor braucht von der Verteiltheit der Anwendung nichts zu wissen, da das Funkmodul schon eine RPC-Abstraktion vornimmt. Diese Schnittstelle unterscheidet den BASUMA-Ansatz von vielen anderen Sensornetzansätzen, die gegenwärtig diskutiert werden. Eine Schnittstelle auf RPC-Ebene erlaubt dem Anwendungsentwickler den einfachen Aufruf

von Komponenten ohne von ihm zu verlangen, sich mit den Details der verteilten Architektur auseinanderzusetzen. Insbesondere in der Medizintechnik ist dies von großem Nutzen, da die Anwendungen durch medizinische Fachkräfte erstellt werden sollen.

In **Abbildung 2** ist ein BASUMA-Funknetz aus mehreren Knoten dargestellt. Bei unseren Arbeiten betrachten wir gegenwärtig nur Single-Hop-Kommunikation, da bei körpernahen Netzen von sehr kleinen Reichweiten ausgegangen werden kann. Dies bringt Vereinfachungen insbesondere beim Routing. Der BASUMA-Ansatz ist aber nicht prinzipiell auf Single-Hop-Netze beschränkt, sondern kann bei Benutzung entsprechender Protokollerweiterungen auf Multi-Hop-Netze und vermaschte Netze ausgedehnt werden.

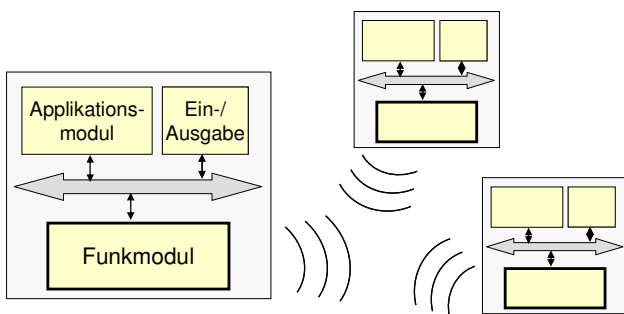


Abbildung 2 Ein BASUMA-Funknetz

Die einzelnen Funkmodule führen direkt nach dem Einschalten eine Inquiry-Prozedur aus und erkennen andere BASUMA-Knoten. Die Authentisierungsphase erlaubt eine Konfiguration der Knoten zu einem Netz, das danach als geschlossenes Netz betrachtet wird. Es kann also grundsätzlich nur zwischen BASUMA-Knoten kommuniziert werden. Dazu wird ein entsprechender Schlüssel allen Modulen mitgegeben. Zur Erweiterung des Netzes muss in den Konfigurationsmodus zurückgeschaltet werden. Die Kommunikation mit anderen BASUMA-Netzen oder mit der Umgebung erfolgt über Gateway-Knoten, die speziell für externe Kommunikation eingerichtet sind. Dies können beispielsweise Knoten sein, die neben dem BASUMA-Funkmodul auch ein GSM-Modul besitzen und darüber ins Internet oder direkt zu Anwendungsservern kommunizieren können.

Das BASUMA-Funkmodul verwendet ein auf dem IEEE802.3 beruhenden Funkverfahren. Die Datenrate des Moduls kann bis zu 22 Mb/s betragen. Die Wahl für IEEE802.3 wurde getroffen, da auch multimediale Kommunikation unterstützt werden sollte. Für die Sensordatenübertragung allein ist diese hochratige Kommunikation nicht notwendig. Weiterhin wurde die Verwendung von pulsbasierten UWB-Verfahren untersucht, die heute nach dem IEEE802.15.4a-Verfahren standardisiert sind. Im Rahmen des Projektes wurde diese Entwicklung des zweiten Funkverfahrens allerdings nicht mehr abgeschlossen. Pulsbasiertes UWB ist wegen seiner extrem geringen Energieverbräuche für die lange Lebensdauer

der Batterie extrem hilfreich. Weiterhin können UWB-Systeme durch eine zusätzliche Ranging-Anwendung die Entfernung zum Kommunikationspartner mit hoher Genauigkeit feststellen und somit zusätzliche Sicherheit der Kommunikation ermöglichen.

Während der Lebensdauer eines BASUMA-Netzes müssen nicht immer alle Knoten gleichzeitig anwesend sein. Ist ein Knoten nicht länger im Netz verfügbar, so wird lediglich seine spezifische Funktionalität nicht mehr zur Verfügung stehen. Alle weiteren Funktionen stehen weiterhin uneingeschränkt zur Verfügung. Damit hat das Funknetz keine „Single-Point of Failures“ und unterstützt ein „graceful degradation“ Verhalten. Sind die Knoten wieder in Funkreichweite, werden sie ganz normal weiter bedient. Die Prozessoren jedes Knotens spannen ein verteiltes Middleware-System auf, das die verfügbare Funktionalität jederzeit kennt. Vorteil dieses Ansatzes ist die Möglichkeit, selten benutzte externe Knoten mit zu benutzen ohne die Mobilität des Anwenders zu beeinträchtigen. So sind beispielsweise Wagen, Thermometer, Blutzuckermessgeräte in ein BASUMA-Netz leicht zu integrieren.

Der BASUMA-Knoten wurde im Rahmen des Projektes prototypisch realisiert. **Abbildung 3** zeigt das Blockschaltbild des Knotens. Der Knoten besteht im Wesentlichen aus einem LEON-2-Prozessor, der auf einem AMBA-Bus arbeitet. Das Funkmodul ist über den Protokollbeschleuniger an den AMBA-Bus angebunden. Zusätzlich arbeitet ein Memory Controller und eine AMBA-Bridge auf dem AMBA-Bus. Der Memory Controller verbindet mit externem Speicher während die AMBA-Bridge den Zugriff auf Peripheriegeräte erlaubt.

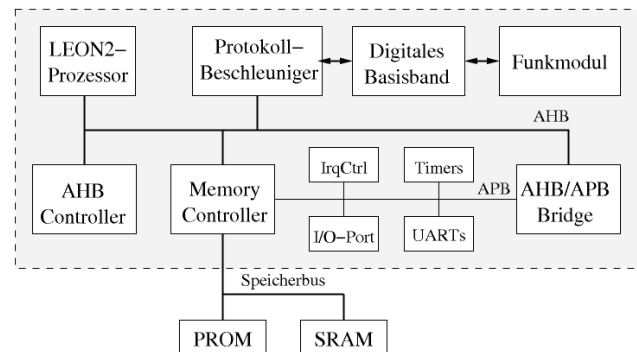


Abbildung 3 BASUMA-Netzknotten

So kann beispielsweise über die UART-Schnittstelle ein GSM-Modul angeschlossen werden. Der Protokollbeschleuniger beinhaltet wesentliche Teile des MAC-Protokolls. Die Hardware-Implementierung wurde gewählt um den Energieverbrauch des Knotens zu reduzieren. Im Rahmen des Projektes konnte die Chipentwicklung nicht vollständig abgeschlossen werden. Die Demonstrator-Hardware basiert auf einem FPGA, das alle digitalen Komponenten enthält. Das RF-Frontend wurde als separates PCB angeschlossen. Der LEON-Prozessor ist ein leistungsfähiger 32-bit-Prozessor der für viele

Anwendungen überdimensioniert erscheint. Deshalb wurde nach Projektabschluss noch ein weiterer Knoten auf der Basis eines MSP-430-Prozessors entwickelt. Mit dieser Familie von Knoten können aber sehr viele Anwendungen abgedeckt werden.

Zusammenfassung

Im Rahmen des BASUMA-Projektes wurden verteilte körpernahe Sensornetze untersucht und entwickelt. Auch wenn nicht alle Teilaspekte fertig gestellt werden konnten, so sind die Ergebnisse dennoch sehr viel versprechend für zukünftige Anwendungen. Die Architektur des BASUMA-Ansatzes erlaubt es, sehr einfach Anwendungen zu erstellen und zu erweitern. Das Vermeiden von zentralen Komponenten führt zu einem sehr robusten Verhalten und erlaubt auch die temporäre Einbeziehung von externen Knoten ohne zusätzlichen Konfigurationsaufwand.

Auf der Basis des BASUMA-Ansatzes wurden neue Projekte aufgebaut, die im Rahmen der AVS-Initiative weiter verfolgt werden.