

Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

Sven Engelhardt, Elena Chervakova, Wolfram Kattanek, Tobias Rossbach

IMMS gGmbH
Ehrenbergstraße 27
D-98693 Ilmenau
<http://www.imms.de>

Tel.: +49 3677-69 79
Fax.: +49 3677-69 55

E-Mail: sven.engelhardt@imms.de

INSTITUT FÜR MIKROELEKTRONIK- UND MECHATRONISCHE-SYSTEME gGMBH

Standort Ilmenau

In der unmittelbaren Nähe
der TU-Ilmenau



Standort Erfurt

Erfurt-Süd-Ost Zentrum
der Mikroelektronik Thüringens

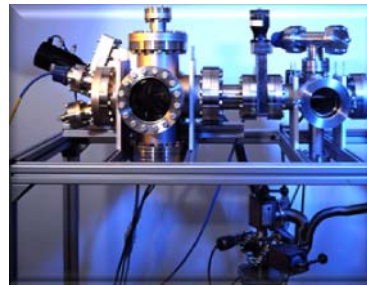


INSTITUT FÜR MIKROELEKTRONIK- UND MECHATRONISCHE-SYSTEME gGMBH



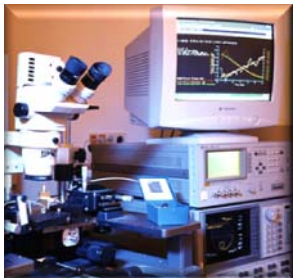
System Design

- modellbasierter Entwurf
- neue Kommunikationstechnologien (drahtgebunden, drahtlos)
- Busse und Vernetzung von Systemen (eingebettete Kommunikation, Sensorvernetzung)
- Sensornähe Signalverarbeitung
- Einsatz freier Betriebssysteme für eingebettete Anwendungen
- Softwarearchitekturen für eingebettete Systeme
- Echtzeitsteuerung von Aktoren



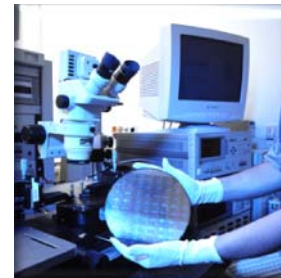
Mechatronik

- Antriebssysteme für höchste Präzision und Vakuumeinsatz
- Analysegeräte und -instrumente
- Systemmodellierung und -simulation
- Steuerung komplexer mechatronischer Systeme



Mikroelektronik

- Innovative Design Methoden
- Präzis. u. Sensor-Interfaces Elektronik
- HF-Schaltungen
- Optoelektronik
- Mixed-Signal Schaltungstechniken
- formale Verifikation
- Ausbeuteoptimierung und robustes Design
- Modellierung und Simulation
- Hochtemperatur-ASICs
- Design-Kits



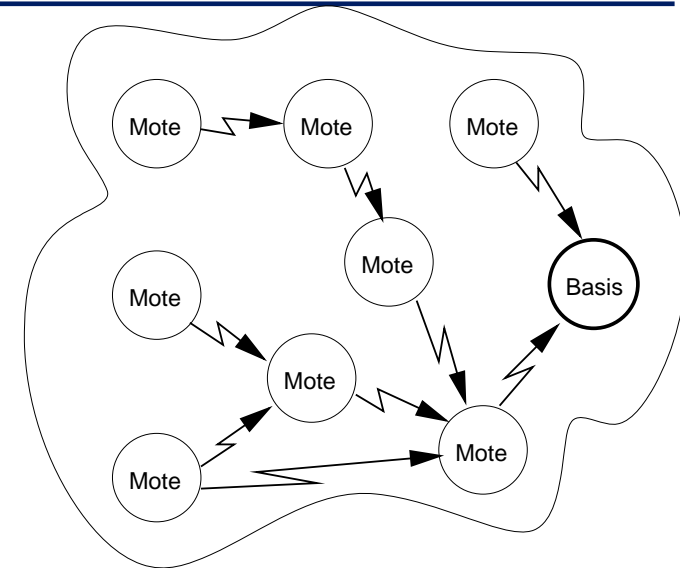
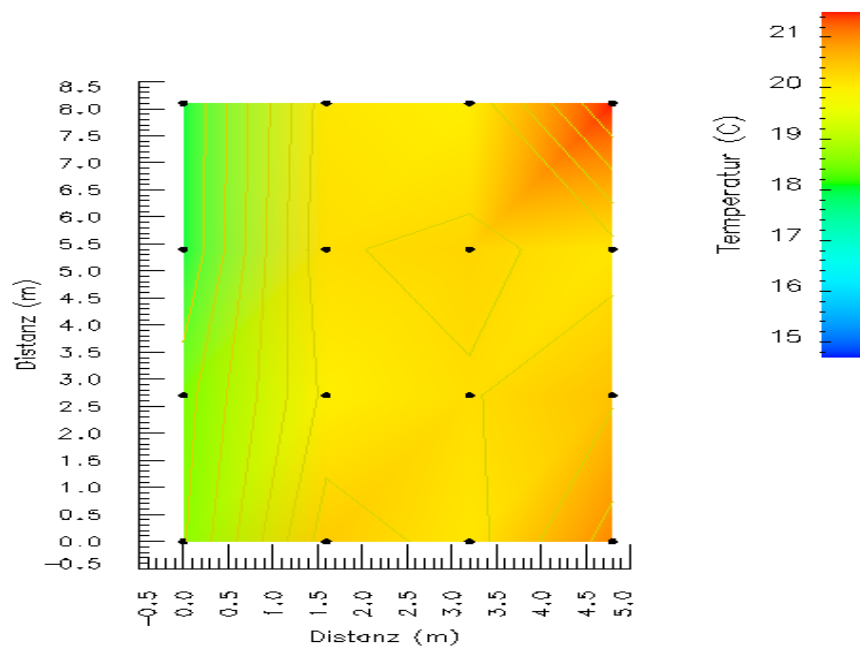
Industrielle Elektronik und Messtechnik

- Testmethodik (HF, OPTO)
- HF-Charakterisierung
- HF-Test (ASICs)
- Optotest (PDICs, Fotodioden)
- Smart Power Systeme

Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

Zunehmende Bedeutung

- Industrieautomation
- Maschinendiagnose
- Hausautomation
- Umwelttechnik
- Medizintechnik
- Landwirtschaft



drahtloser Sensornetzwerke (WSN)

- Ersatz drahtgebundener Lösungen
- neuartige Anwendung
- große Anzahl von Messpunkten
- Vielzahl von Messgrößen
- Möglichkeiten der Lokalisierung
- Sensorsignalvorverarbeitung im Netz
- Selbstorganisation
- Ad-hoc-Fähigkeit
- einfache Installation

Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

Funkknoten

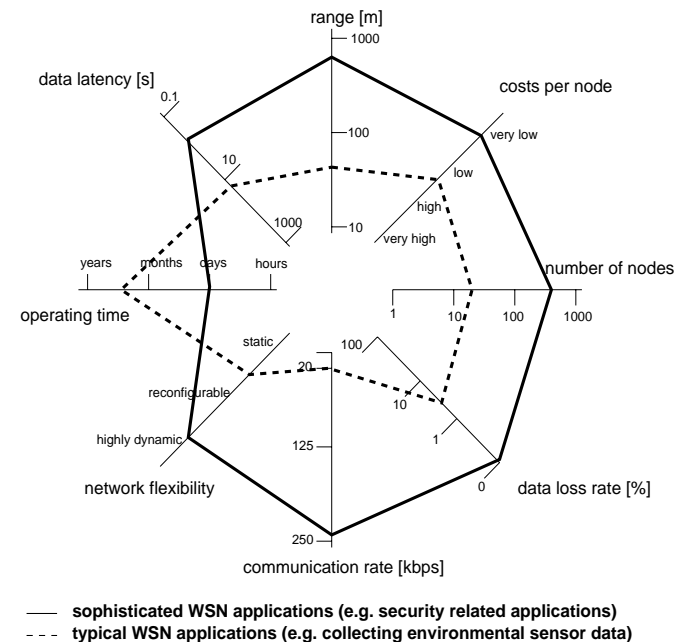
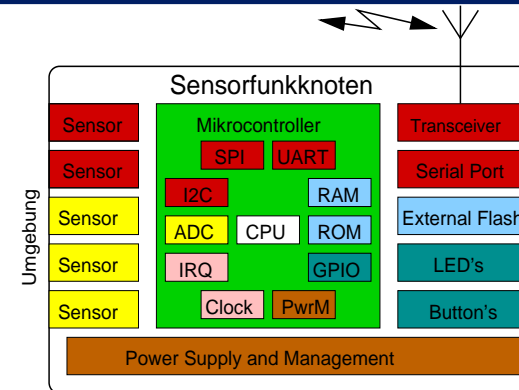
- Mote (engl. Stäubchen, Staubkorn)
- Smart Tust -> intelligenter Staub
- kleinste Einheit eines drahtlosen Sensornetzwerkes
- ein gemeinsames Kommunikationsmedium (ISM-Bänder)

Systemeinheit

- Sensor(en)
- Mikrocontroller
- RF-Transceiver
- Energieversorgung- und Management

Anforderungen

- hohe Datenübertragungsrate
- geringe Latenzzeit
- hohe Reichweite
- geringe Datenverluste
- hohe Reichweite
- große Anzahl von Sensoren
- geringe Herstellungskosten
- hohe Flexibilität bzw. Ad-hoc-Fähigkeit
- robuste Kommunikation
- lange Lebensdauer



Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

Mikrocontroller

- umfangreiche Peripherie zum Anschluss von Sensoren (AD-Wandler, Timer, Unterstützung von Bussen wie I2C, SPI, UART)
- leistungsfähiger Befehlssatz zur Signalvorverarbeitung, Datenreduktion mit geringen Energieverbrauch pro Rechenoperation
- ausreichend Speicher (ROM/RAM)
- genaue Zeitbasis für das Auslesen der Sensoren und die Kommunikation
- Powermanagement-Funktionen, um je nach Bedarf den Energieverbrauch zu senken

	MSP430F1611	ATmega1281
Architecture	16-Bit RISC	8-Bit RISC
Instruction Set	51 (3 formats and 7 address modes)	135 (mostly single clock cycle execution)
Register Set	16 x 16-Bit	32 x 8-Bit
HW-Multiplier	1	1
ROM/EEPROM	48KB+256B/-	128KB/4KB
RAM	10KB	8KB
DMA-Channel	3	-
8-/16-bit T/C	-/2	2/4
RTCOUNTER	-	1
8-bit PWM	-	4
progr. PWM	-	6
ADC	8x 12-Bit	8x 10-bit
DAC	2x 12-Bit	-
progr. USART	2	2
SPI/I2C	USART0,USART1/USART0	1/1
WDT	yes	yes
Analog Comp.	1	1
Interrupt and Wake-up on Pin	yes	yes
BOD	yes	yes
Sleep Modes	0.2 µA	0.25µA

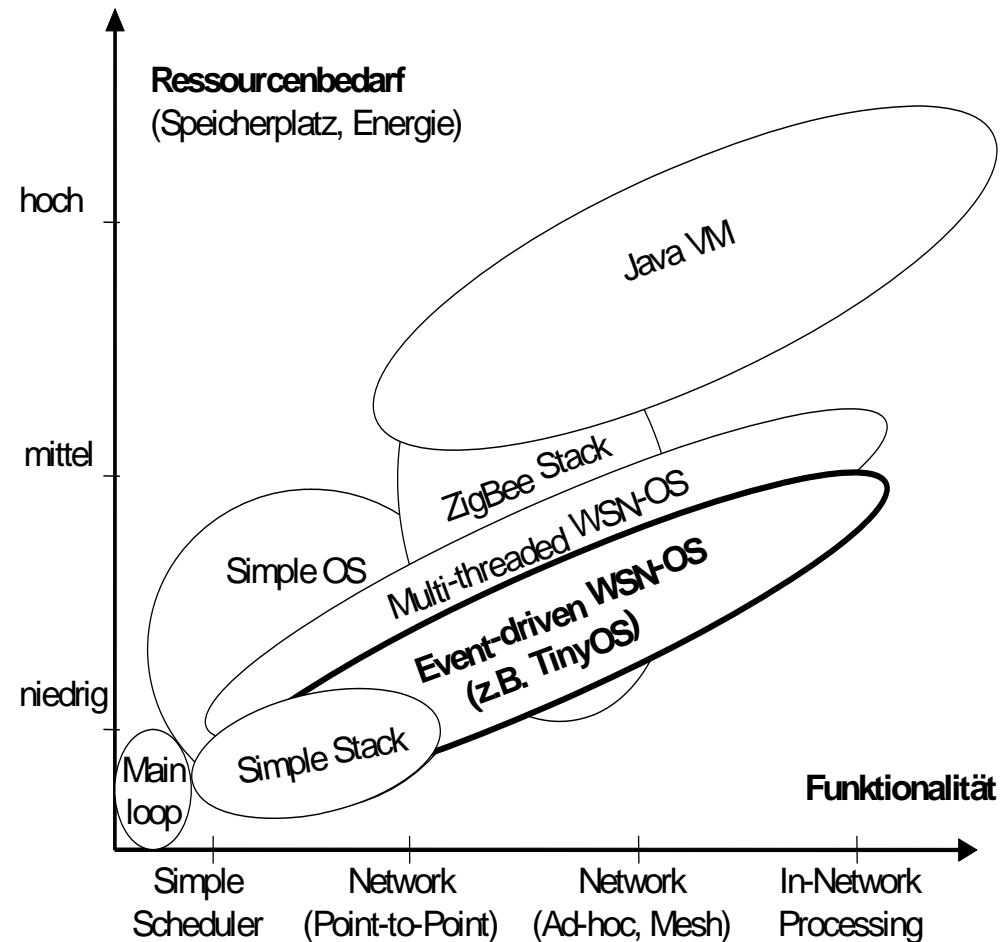
Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

WSN - Betriebssysteme

- frei Wahl des Zugriffs auf das Übertragungsmedium Funk (MAC-Protokoll) und des Routingverfahrens
- freie Kombination von verschiedenen Energieoptimierungen durch Nutzung der Möglichkeiten der Hardware und spezieller Kommunikationsprotokolle
- freie Wahl der verwendeten Transceiver und damit auch des genutzten Frequenzbandes und Modulationsverfahrens

Software-/Hardware-Stacks

- einen geringeren Implementierungsaufwand der Applikationen
- die Möglichkeit, dass der Hersteller die Konformität zu Standards gewährleistet
- die Zulassung der Module entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen



Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

TinyOS

- Einsatz in vernetzten eingebetteten Systemen
- Open Source, <http://www.tinyos.net>
- verschiedene Hardwareplattformen
- optimiert für knappe Systemressourcen

TinyOS - Architektur

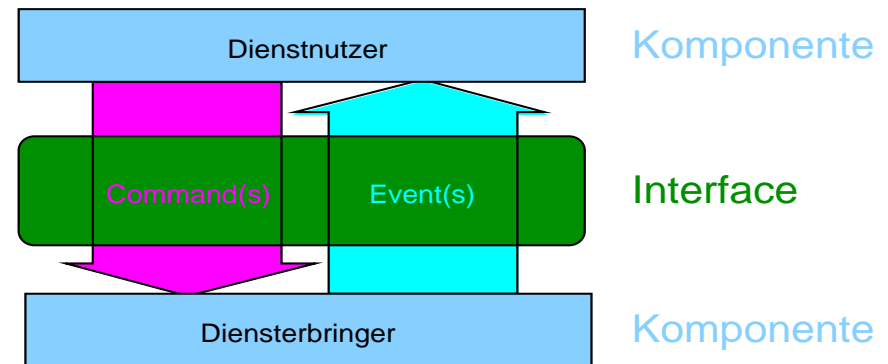
- komponentenbasiert
- ereignisgesteuertes Ausführungsmodell
- Aufgaben werden so schnell wie möglich abgearbeitet
- Idle-Mode → Power-Down der Hardware
- keine Prioritäten im Standard-Scheduler (alternativer Scheduler möglich)

Applikation (inkl. Plattform)	ROM	RAM
Blink (Tmote Sky mit MSP430 und CC2420)	2960	40
Blink (MicaZ mit ATmega128L und CC2420)	1630	48
Oscilloscope (Tmote Sky)	9230	345
Oscilloscope (MicaZ)	7004	319
IMMS-Sensorapplikation (Tmote sky)	28562	6659

Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

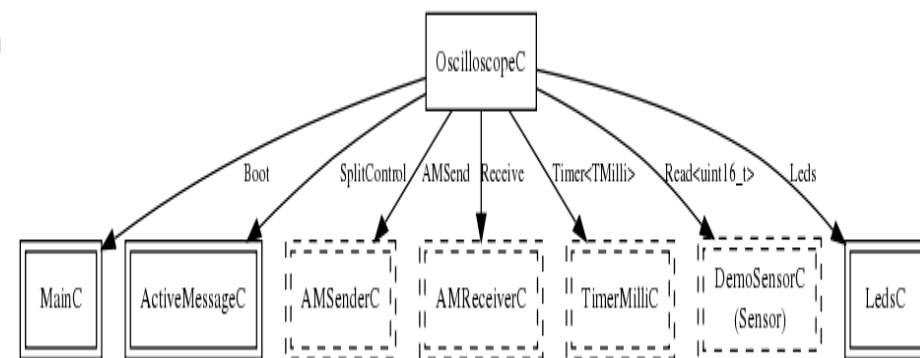
TinyOS - Programmierung

- nesC
- Verknüpfung von Komponenten zu komplexen Anwendungen
- *modules* und *configurations*
- *interfaces* mit *commands* und *events*
- *task* zur Realisierung von Nebenläufigkeiten
- plattformunabhängige Datentypen



TinyOS - Entwicklungsumgebung

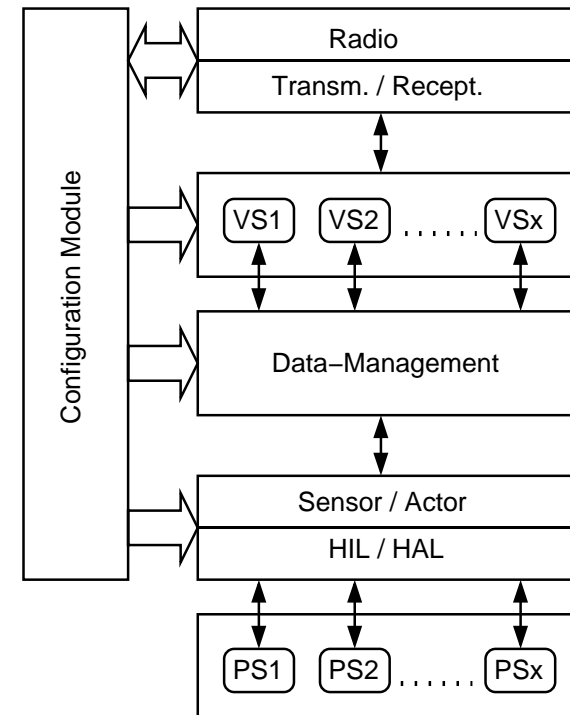
- nesC (Pre)-Compiler mit GCC - Toolchain
- TinyOS Betriebssystemkern
- unterschiedliche Editoren
- Hardware- und Netzwerksimulatoren
- Tools für die Hostapplikation



Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

ConSAS

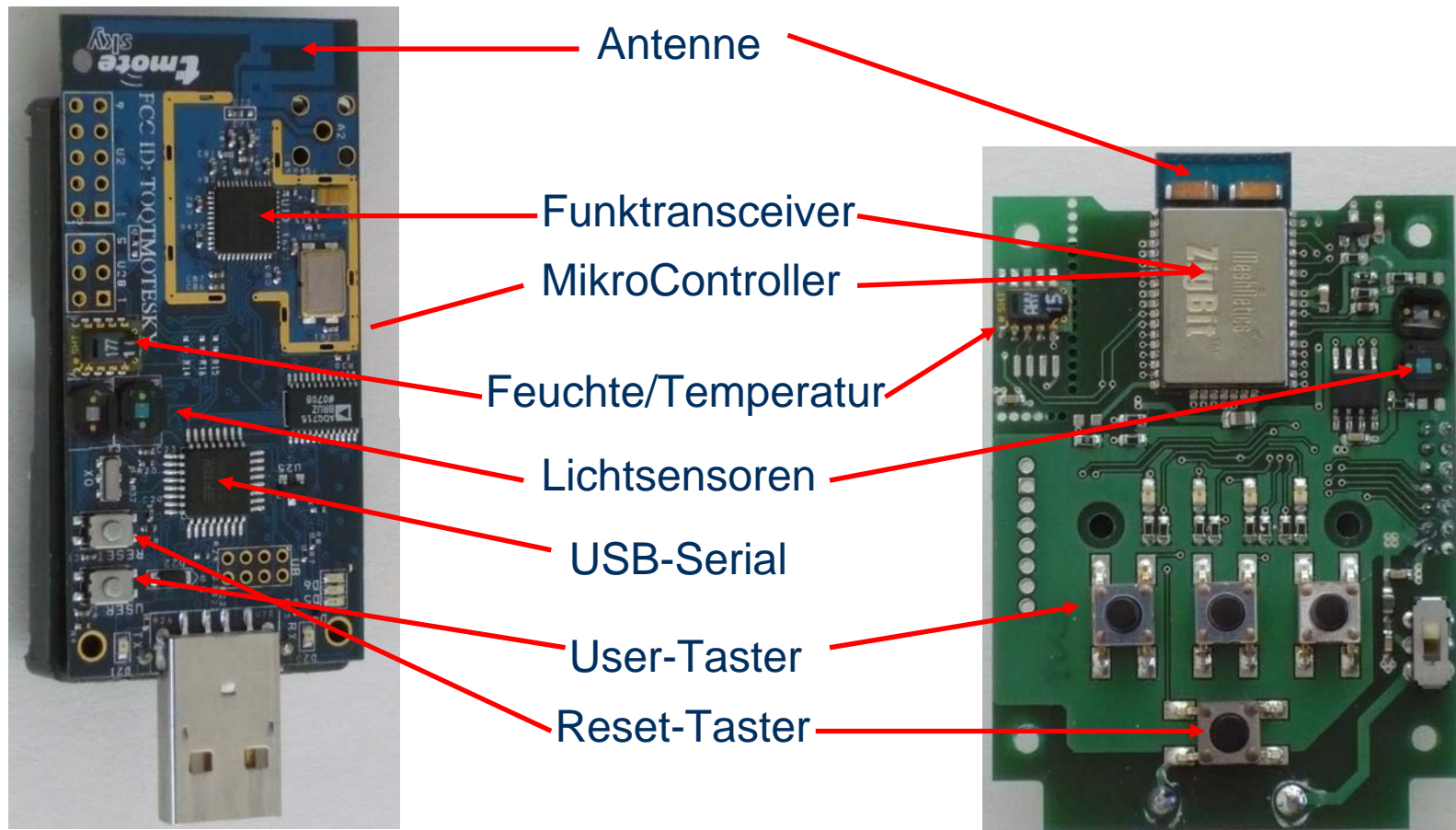
- ConSAS – Configurable Sensor and Actor System
- Unterstützung von verschiedenartigen Typen von Motes und Sensoren
- leichte Integration von neuen Sensoren und Motes und deren eindeutige Identifikation
- verschiedene Datentypen
- Daten variabler Länge und Datenkomprimierung
- Vorverarbeitung von Sensordaten im Knoten
- Reduktion des Datenaufkommens durch verteiltes Rechnen
- Realisierung virtueller Sensoren
- Einfügen (Injection) von Algorithmen in das Sensornetzwerk



PS – Physical Sensor
VS – Virtual Sensor
HIL – Hardware Implementation Layer
HAL – Hardware Abstraction Layer

Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

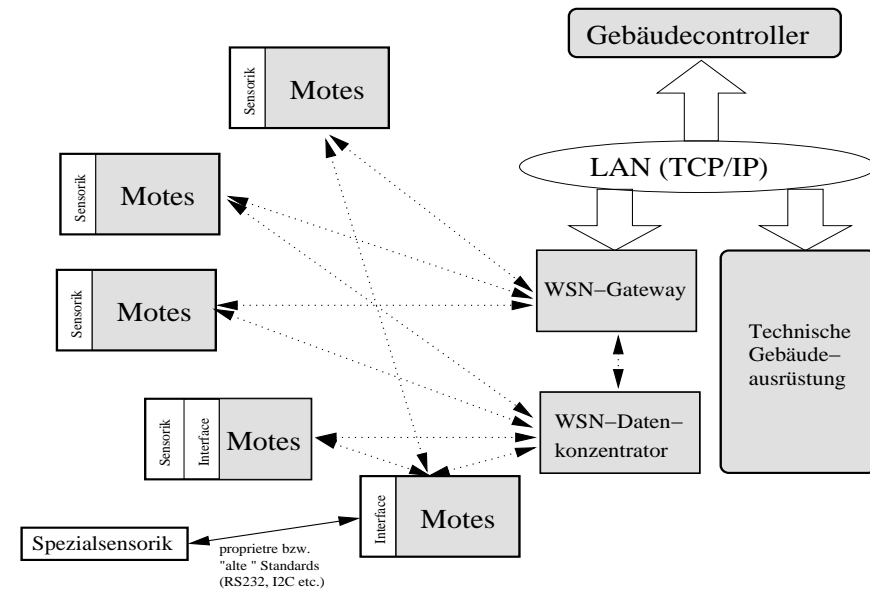
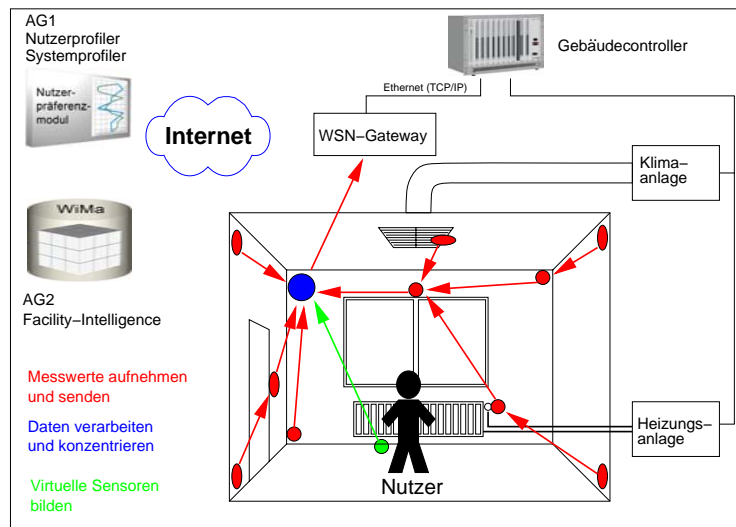
Hardware-Plattformen



Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

Konkrete WSN - Applikation

- unterschiedliche Teilkomponenten
- Kommunikationskanäle und -medien
- Anbindung an übergeordnete Ebene



CBS – Customer Bautronic System

- Einsatz im Gebäudekontext
- virtuelle Sensorik
- Zusammenarbeit mit Gebäudeleittechnik

Modulare Systemplattform für drahtlose Sensornetzwerke

Ausblick

- weitere Entwicklung auf der Ebene der Applikationen
- weitere Entwicklung der Hardware (SoC zB. CC430, ATmega 128RF)
- weitere Entwicklung der Sensorik
- weitere Ansätze zur Datenverarbeitung im Sensornetzwerk
- weitere Entwicklung auf dem Gebiet Energieeffizienz und -autarkie
- weitere Entwicklung TinyOS
- weitere Entwicklung der Protokolle auf MAC- und Routingebene (6lowpan usw.)

Dank

Teile der hier vorgestellten Arbeiten wurden finanziell durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen BMBF-03WKBD3C unterstützt.