

# Projektgruppenantrag

## 1 Thema

### Solar Doorplate

Energiegewahre Systemsoftware für ubiquitäre Systeme

## 2 Zeitraum

WiSe 2015/16 und SoSe 2016

## 3 Veranstalter

**Alexander Lochmann**, Informatik 12, OH-16, Raum E02, Tel. 6141, alexander.lochmann@tu-dortmund.de

**Markus Buschhoff**, Informatik 12, OH-16, Raum 103, Tel. 6317, markus.buschhoff@tu-dortmund.de

**Olaf Spinczyk**, Informatik 12, OH-16, Raum E01, Tel. 6322, olaf.spinczyk@tu-dortmund.de

## 4 Aufgabe



Abbildung 1: Konzept-Visualisierung: So könnte das geplante Türschild aussehen.

### 4.1 Motivation

Ubiquitäre Systeme und Wireless Sensor Networks (WSNs) sind kleinste eingebettete Systeme, die häufig in großer Anzahl eingesetzt werden, um Messaufgaben durchzuführen oder um Einfluss auf das Lebensumfeld von Menschen zu nehmen. Solche Systeme werden für verschiedene Zwecke eingesetzt, z.B. für die Netzanbindung von „intelligenten“ Waren und Alltagsartikeln (*Internet of Things*), die Identifizierung und Vernetzung von Waren in Produktion und Logistik (*Industrie 4.0*), die Komfort- und Sicherheitssteuerung in Gebäuden (*Smart Home*) und die Überwachung von physikalischen Größen in Geräten, Versorgungsnetzen und Baukonstruktionen (*Cyberphysical Systems*).

Hierbei ist die Energieversorgung oft ein zentrales Problem, da solche Systeme einerseits nicht immer an Versorgungsnetze angeschlossen werden können, z.B. wegen einer Ausbringung im Freien, andererseits aber auch ein Batteriebetrieb oft nicht möglich ist, da ein Batteriewechsel bei einer großen Zahl von Systemen nicht praktikabel ist.

Das Einsparen und Verwalten der Ressource Energie wird hier somit zu einer wichtigen Aufgabe: Der Energieertrag durch Solarzellen oder ähnliche Harvesting-Technologien muss größer sein, als der Energieverbrauch der eingesetzten Komponenten. Dies muss nicht nur bei der Auswahl der Hardware, sondern auch beim Entwurf der Software berücksichtigt werden [SK11]. Die dazu eingesetzten Techniken sind die *Energieüberwachung* durch Hardware, das *Energy-Accounting* [KB09] durch Software und der *verbrauchsorientierte Einsatz* von Systemkomponenten [DBN12]. Dem zugrunde liegen Energiemodelle für Peripherie und Komponenten, die so einfach strukturiert sein müssen, dass sie zur Berechnung des Energieverbrauchs auf dem eingebetteten System verwendet werden können [KPMB08, ZTQ<sup>+</sup>10, BGS12].

Im Bereich der Software strebt man hierbei wiederverwendbare Komponenten an, die im Betriebssystem eines eingebetteten Systems untergebracht werden und dadurch allgemeingültig die Nutzung aller Komponenten überwachen und steuern [BMM13, ZELV02, Bus14].

Neben diesen Punkten muss auch der Umgang mit Daten in einer konkreten Anwendung genauer betrachtet werden. Hier ergeben sich die Fragen, wie häufig Daten erhoben und verarbeitet werden müssen und über welche Kommunikationskanäle Daten ausgetauscht werden. Insbesondere beim Einsatz von energiezehrender Funktechnologie müssen Protokolle und Kommunikationspartner gut auf die Zielsetzung des Energiesparens abgestimmt werden, um sowohl die Verfügbarkeit der Daten als auch die Verfügbarkeit des angestrebten Dienstes zu gewährleisten [PSVP12].

Die hier angerissenen Techniken werfen die Frage auf, wie man Anwendungssoftware und eingebettete Betriebssysteme konzipiert, die diesen Anforderungen gerecht werden und dabei möglichst wenig Overhead erzeugen: Denn neben der Energie sind in solchen Systemen auch Speicher und Rechenkapazität knappe Ressourcen.

## 4.2 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Projektgruppe soll von den Studierenden exemplarisch für die oben angesprochene Klasse von Systemen bzw. Anwendungen ein Netzwerk aus intelligenten Türschildern konzipiert und prototypisch realisiert werden. Folgende Nutzungsszenarien sind dafür angedacht: Die Türschilder sollen über ein Display Auskunft über die aktuelle Raumbelugung geben. Bei Büros wird die Anwesenheit der jeweiligen Mitarbeiter oder der aktuelle Aufenthaltsort angezeigt. Ist ein Mitarbeiter beispielsweise gerade abwesend, kann ein Besucher durch Einstecken der UniCard einen Vermerk mit der Bitte um Kontaktaufnahme hinterlassen. Beim Einsatz für einen Seminarraum wird auf dem Display die aktuelle Veranstaltung sowie die Dauer der Belegung angezeigt. Ein Raumadministrator soll über eine geeignete Schnittstelle die Raumbelugung verändern können. Die Änderungen werden dann über ein Gateway an die verschiedenen Türschilder weitergegeben.

Eine vergleichbare Funktionalität wurde von der Universität Augsburg bereits im Rahmen eines Forschungsprojektes namens „Smart Doorplate“ entwickelt. Dabei lag der wissenschaftliche Schwerpunkt jedoch auf den möglichen Nutzungsszenarien. Im Rahmen unserer Projektgruppe soll es stattdessen primär darum gehen, eine funktionierende Plattform zu konzipieren und zu realisieren, die vollkommen *energieautark* auf Basis von Solarzellen<sup>1</sup> arbeitet. Dabei sollen allgemeine Erkenntnisse über Struktur und Funktionsweise energiegehaltiger Systemsoftware gewonnen werden.

Als technische Basis für den ersten Prototypen ist das *inBin*<sup>2</sup> [ERBtH12] vorgesehen. Es handelt sich dabei um eine Entwicklung des Fraunhofer Instituts für Materialfluss und Logistik (IML), mit dem wir im Rahmen eines Forschungsprojekts kooperieren und das seine Unterstützung für die Projektgruppe auf der Ebene der Hardware-Plattform zugesagt hat. Das *inBin* bezieht seine Energie aus einem Kondensator, der über eine Indoor-Solarzelle geladen wird. Die Systemsoftware muss den Energieverbrauch sowohl von einzelnen Hardware- als auch einzelnen Softwarekomponenten abschätzen können, um so die verbleibende Energie, und daraus resultierend die Restlaufzeit, ermitteln zu können. Anhand solcher Informationen können beispielsweise die Funkparameter dynamisch gewählt werden oder optionale „Komfortfunktionen“ deaktiviert werden, um den Energieverbrauch situationsabhängig zu reduzieren.

Je nach Umgebungsbedingungen ist es jedoch nicht vermeidbar, dass die Versorgungsspannung unter einen kritischen Pegel fällt. Für diesen Fall muss die Systemsoftware imstande sein, das System wieder in einen betriebsbereiten Zustand zu bringen, sobald wieder hinreichend Energie verfügbar ist. In erster Instanz ist z.B. ein vollständiger Neustart des Systems denkbar. Es können aber auch komplexere Mechanismen wie *Checkpointing* oder persistente Objekte in Erwägung gezogen werden.

Als Ausgangspunkt für die Software-Entwicklung soll das eingebettete Betriebssystem KRATOS dienen, das derzeit von unserer Arbeitsgruppe entwickelt wird [Bus14].

<sup>1</sup>Zum Einsatz kommen sollen Solarzellen, die speziell für den Betrieb im Innenraumbereich geeignet sind.

<sup>2</sup>[http://www.ims.fraunhofer.de/en/fields\\_of\\_activity/automation\\_embedded\\_systems/Products/InBin.html](http://www.ims.fraunhofer.de/en/fields_of_activity/automation_embedded_systems/Products/InBin.html)

Die Systemsoftware soll insbesondere auch einen energiegewahren Netzwerkprotokollstapel einschließen. Wie bereits erwähnt, werden die Türschilder über Änderungen bei der Raumbelegung durch das Gateway informiert. Es muss sichergestellt werden, dass jeder Knoten über ihn betreffende Modifikationen des Belegungsplans informiert wird. Hierbei muss die besondere Anordnung der Türschilder berücksichtigt werden. Unter Umständen sind nicht alle Knoten direkt vom Gateway erreichbar. Da jedoch die Türschilder stationär sind, können einige beispielsweise als *Relay*-Station fungieren, um die Weiterleitung von Daten zu realisieren. Das Kommunikationsverhalten kann sich z.B. an dem Tag-Nacht-Zyklus oder an der Position eines Knotens innerhalb des Flures orientieren, um so die Energiepotentiale effizient auszunutzen. Gleichmaßen können die Kommunikationsparameter an die aktuelle bzw. zu erwartende Versorgungssituation angepasst werden.

Bei Interesse kann in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut eine erweiterte Hardwareplattform konzipiert und prototypisch realisiert werden. Hier sind beispielsweise die Anbindung eines *SmartCard*-Lesegerätes oder anderer Eingabemöglichkeiten denkbar.

## 5 Teilnahmevoraussetzungen

### 5.1 Voraussetzung

- Kenntnisse aus der Vorlesung „Betriebssystembau“, „Software ubiquitärer Systeme“ oder einer vergleichbaren, nachgewiesen durch erfolgreiche Prüfung oder Übungsteilnahme (einschließlich der laufenden Veranstaltung „Software ubiquitärer System“).
- Verständnis englischsprachiger Artikel und Handbücher

### 5.2 Wünschenswert

- Unix-/Linux-Kenntnisse
- Programmierkenntnisse C/C++
- Hardwarenahe Programmierung

## 6 Minimalziele

- Realisierung einer einfachen Türschildanwendung auf Basis von KRATOS auf der *inBin*-Plattform
- Funktionierende Kommunikation zwischen intelligenten Türschildern und Gateway innerhalb eines Raumes mit einer starken Lichtquelle (einfaches Routing und Anwendungsprotokoll)
- Erstellung der wichtigsten Energiemodelle (Solarzelle/Energiespeicher, Funk, Display) und Bereitstellung in der Systemsoftwareplattform
- Realisierung einer einfachen Schnittstelle für die Bedienung durch einen Raumadministrator

## 7 Literatur

- [BGS12] Markus Buschhoff, Christian Günter, and Olaf Spinczyk. A unified approach for online and offline estimation of sensor platform energy consumption. In *8th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, pages 1154–1158, August 2012.
- [BMM13] Nicolas Berthier, Florence Maraninchi, and Laurent Mounier. Synchronous programming of device drivers for global resource control in embedded operating systems. *ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS)*, 12(1s):39:1–39:26, March 2013.
- [Bus14] Markus Buschhoff. Kratos - a resource aware, tailored operating system. In Katharina Morik and Wolfgang Rhode, editors, *Technical report for Collaborative Research Center SFB 876 - Graduate School*, number 10. December 2014.
- [DBN12] Soumya Kanti Datta, Christian Bonnet, and Navid Nikaein. Android power management: Current and future trends. In *Enabling Technologies for Smartphone and Internet of Things (ETSIoT), 2012 First IEEE Workshop on*, pages 48–53. IEEE, 2012.
- [ERBtH12] J Emmerich, Moritz Roidl, Tobias Bich, and Michael ten Hompel. Entwicklung von energieautarken, intelligenten Ladehilfsmitteln am Beispiel des inBin. *Logistics Journal*, 2012, 2012.

- [KB09] Simon Kellner and Frank Bellosa. Energy accounting support in tinyos. *PIK-Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 32(2):105–109, 2009.
- [KPMB08] S. Kellner, M. Pink, D. Meier, and E.-O. Blass. Towards a realistic energy model for wireless sensor networks. In *Fifth Annual Conference on Wireless on Demand Network Systems and Services*, pages 97–100, January 2008.
- [PSVP12] U. Prathap, D.P. Shenoy, K.R. Venugopal, and L.M. Patnaik. Wireless sensor networks applications and routing protocols: Survey and research challenges. In *Cloud and Services Computing (ISCOS), 2012 International Symposium on*, pages 49–56, Dec 2012.
- [SK11] S. Sudevalayam and P. Kulkarni. Energy harvesting sensor nodes: Survey and implications. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 13(3):443–461, Third 2011.
- [ZELV02] Heng Zeng, Carla S Ellis, Alvin R Lebeck, and Amin Vahdat. Ecosystem: Managing energy as a first class operating system resource. *ACM SIGPLAN Notices*, 37(10):123–132, 2002.
- [ZTQ<sup>+</sup>10] Lide Zhang, Birjodh Tiwana, Zhiyun Qian, Zhaoguang Wang, Robert P Dick, Zhuoqing Morley Mao, and Lei Yang. Accurate online power estimation and automatic battery behavior based power model generation for smartphones. In *Proceedings of the eighth IEEE/ACM/IFIP international conference on Hardware/software codesign and system synthesis*, pages 105–114. ACM, 2010.

## 8 Rechtlicher Hinweis

Die Ergebnisse der Projektarbeit und die dabei erstellten Software sollen der Fakultät für Informatik und dem Sonderforschungsbereich SFB-876 uneingeschränkt für Lehr- und Forschungszwecke zur freien Verfügung stehen. Darüber hinaus sind keine Einschränkungen der Verwertungsrechte an den Ergebnissen der Projektgruppe und keine Vertraulichkeitsvereinbarungen vorgesehen.