

Eine neuartige Architektur zur Realisierung von Pervasive Communitys

Enrico Dressler, Raphael Zender, Ulrike Lucke, Djamschid Tavangarian
Universität Rostock, Institut für Informatik, Lehrstuhl für Rechnerarchitektur
vorname.nachname@uni-rostock.de

Abstract: In diesem Artikel wird das Konzept einer Architektur vorgestellt, die Geräte als Ensemble-Mitglieder organisiert. Die eigenen Ressourcen und Fähigkeiten können anderen Mitgliedern in Form von Diensten zur Verfügung gestellt werden. Durch die Architektur werden insbesondere der Kontext der Mitglieder und eine heterogene Mitgliedervernetzung mit Ad-hoc-Charakter betont. Miteinander vernetzte Ensembles bilden so genannte Communitys, in denen Dienste eines Ensembles auch in anderen Ensembles genutzt werden können. Dadurch wird die Bildung von Pervasive Communitys wie einer Pervasive University unterstützt.

1 Motivation

Der anhaltende Fortschritt der Mikroelektronik mit zunehmend kleiner werdenden Geräte-dimensionen führt dazu, dass kleinste, spontan und drahtlos miteinander kommunizierende Geräte in den nächsten Jahren zahlreich vorhanden sein werden und den Nutzer in seinen alltäglichen Aufgaben unterstützen. Die Geräte bieten die technischen Möglichkeiten sich zu vernetzen und miteinander zu kommunizieren. Der Stellenwert derartiger Netzwerke nimmt im Vergleich zu klassischen Netzen mehr und mehr zu, denn sie bieten die Möglichkeit, Umgebungen mit allgegenwärtiger Informationsverarbeitung (*Ubiquitous Computing*) zu realisieren. Im universitären Umfeld ist eine Kombination von eTeaching, eLearning, eScience und eAdministration unterstützt durch Technologien und Architekturen des Pervasive Computings möglich. Weitere Konzepte wie Selbstmanagement und -organisation erlauben die Realisierung von *Pervasive Communitys* wie einer *Pervasive University* [TL06].

Um die erforderlichen Dienste anzubieten, werden Basisdienste und komplexe Dienste zur Kommunikation und Informationsverarbeitung benötigt. Ein Beispiel dafür ist die Teilnahme an entfernten Vorlesungen (TeleTeaching). Die Komponenten einer Infrastruktur müssen in geeigneter Weise kombiniert und erweitert werden. Daher sind Dienste wie die intelligente, spontane und proaktive Kooperation der Geräte in der Umgebung des Nutzers und entfernter Geräte erforderlich. Dabei kann die Kommunikation zwischen den Geräten auf verschiedenen drahtgebundenen und drahtlosen Technologien basieren. Dienste wie die Lieferung von Sensordaten, Authentifizierung und Autorisierung, Zugang zum Internet, verteilter Speicher und gerätespezifische Dienste sollen angeboten werden.

Dieser Artikel stellt ein Architekturkonzept vor, das Geräte in Ensembles organisiert und eine effiziente Nutzung von Diensten und Kontextinformationen bietet.

2 Von Geräten zu Communitys

Geräte können durch unterschiedliche Kommunikationstechnologien untereinander vernetzt sein. Wir bezeichnen lokale Sammlungen homogener vernetzter Geräte als *Zellen*. Zur Vernetzung kommen drahtgebundene und drahtlose Technologien in Frage. Drahtlose Zellen sind dynamischer als drahtgebundene Zellen, da Geräte spontan die Zellreichweite verlassen oder betreten können.

Zellen werden durch Geräte, die mehrere Kommunikationstechnologien verwenden, in *Ensembles* verbunden. *Ensembles* sind lokale Sammlungen heterogener, permanent oder temporär vernetzter Geräte. Die Ensemble-Struktur kann sich unvorhersehbar ändern, da Komponenten spontan hinzugefügt oder entfernt werden können. Dies gilt insbesondere für mobile Geräte. Die Geräte in einem Ensemble stellen ihre Fähigkeiten anderen Ensemble-Mitgliedern als Ressourcen in Form von Diensten zur Verfügung.

Dienste eines Ensemble können außerdem in benachbarten Ensembles genutzt werden. Dozenten könnten beispielsweise entfernte Kameras benutzen, um ihre Vorlesungen mit zusätzlichen Präsentationen zu bereichern. Derartige Szenarien erfordern eine Ensemble-Vernetzung, eine so genannte *Community*. In dieser können Ensemble-Mitglieder Dienste von Mitgliedern entfernter Ensembles zu nutzen. Neben den Ensemble-Mitgliedern sind zwei weitere Komponenten in einer Community definiert: *Ensemble-to-Community (E2C)*- und *Community-to-Community (C2C)*-Gateways. E2C-Gateways sind der Übergang vom Ensemble zur Community. Sie bieten Dienste aus dem Ensemble in der Community an. C2C-Gateways ermöglichen die Kooperation zwischen Communitys. Ihre Funktionsweise ist analog zu E2C-Gateways, sie arbeiten jedoch zwischen Communitys. Dadurch ist der Aufbau von Community-Hierarchien möglich. Hier bestehen Analogien zu hierarchischen Netzwerkstrukturen (Clustering) in Sensornetzen. C2C-Gateways sind mit *Cluster Heads* vergleichbar [ABJ⁺05]. Die Hierarchie im vorliegenden Fall dient der Abbildung organisatorischer und örtlicher Strukturen, während in ressourcenarmen Sensornetzen die Reduzierung des Signalisierungsaufwandes im Vordergrund steht. Abbildung 1 zeigt die Beziehungen zwischen Zellen, Ensembles und Communitys.

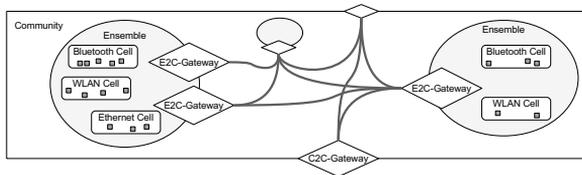


Abbildung 1: Ensembles und Communitys

Das Community-Netzwerk ist statisch im Vergleich zum Ensemble. Zur Vernetzung der Community wird ein Peer-to-Peer-Netzwerk verwendet, welches den Vorteil effizienter Suchalgorithmen für die Lokalisierung entfernter Dienste bietet. Das Ensemble-Netzwerk hat Ad-hoc-Charakter, da Geräte spontan entfernt oder hinzugefügt werden können. Die Realisierung der Dienstlokalisierung im Ensemble ist technologieabhängig (Jini, UPnP, ...). Im Rahmen dieser Architektur werden verschiedene Technologien berücksichtigt.

3 Heterogenes Ad-hoc Netzwerk

Für eine dienstbasierte Architektur wird die Bereitstellung einer flexiblen Gerätekommunikation angestrebt, die einen zuverlässigen und kontextorientierten Datenaustausch durch die Integration von funk- und kabelbundenen Technologien jeglicher Art ermöglicht. Dabei sind Qualitätsanforderungen beim Datenaustausch zwischen den mobilen Geräten und den in der Umgebung befindlichen Sensoren sowie der Kontext einer Anwendung zur Selektion geeigneter Kommunikationskanäle in einer hochgradig heterogenen Netzwerkinfrastruktur (Bluetooth, WLAN, WiMAX, UMTS, GPRS, Ethernet,...) zu berücksichtigen. Ein in Abbildung 2 illustriertes hybrides Netzwerk mit horizontalen und vertikalen Kommunikationsstrukturen stellt den Ausgangspunkt dieser Arbeit dar.

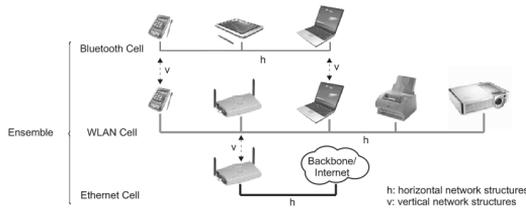


Abbildung 2: Horizontale und vertikale Netzwerkstrukturen

Horizontale Strukturen werden dabei als eine Kommunikationsplattform innerhalb einer Zelle von Knoten mit homogenen Netzwerkschnittstellen gesehen. So können Bluetooth-fähige Geräte ein gemeinsames Scatternetz aufbauen. Gleichzeitig können WLAN-fähige Geräte untereinander ein Ad-hoc-Netzwerk bilden, das eine eigene horizontale Struktur darstellt. Geräte, die Schnittstellen in verschiedenen horizontalen Strukturen besitzen, können für den Aufbau *vertikaler Strukturen* verwendet werden. Einzelne homogene Zellen werden so zu einem heterogenen Ensemble erweitert.

Mit dem Konzept einer Architektur für Heterogeneous Context Based Routing (HCBR) wird eine derartige Kommunikation ermöglicht. Die Komponenten dieser Architektur sind in Abbildung 3 dargestellt.

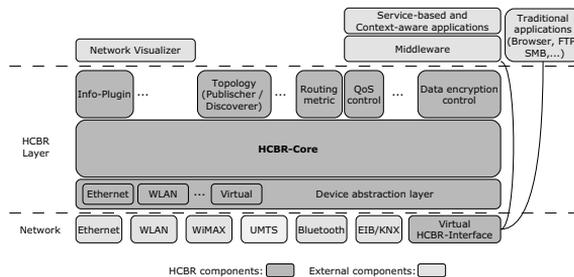


Abbildung 3: Aufbau der HCBR-Architektur

Die HCBR-Architektur basiert auf Geräten mit mehreren Netzwerkschnittstellen. Jede dieser Schnittstellen nutzt eine andere Technologie zur Kommunikation in ihrer homogenen Zelle. Das Gerät als ganzes stellt so ein General Purpose Netzwerkinterface dar, das mit den Mitgliedern aller beteiligten Zellen kommunizieren kann. Durch Hinzufügen vertikaler Strukturen können horizontale Strukturen mit Hilfe eines Overlays zu einem Ensemble kombiniert werden.

Die Grundlage dieser Architektur wird durch einen HCBR-Kern gebildet, der alle wichtigen Informationen beispielsweise über Nachbarn, Links, Topologie, Routing, Network Address Translation und QoS-Anforderungen enthält und die modulare Erweiterung der Architektur durch ein Plugin-Konzept unterstützt. Der HCBR-Kern wird durch *Device-Plugins* und *HCBR-Plugins* individuell ergänzt.

Device-Plugins dienen der leichten Erweiterbarkeit der Architektur für die Unterstützung neuer Netzwerkschnittstellen. Für jede neue Technologie wird ein Device-Plugin benötigt, das die speziellen Merkmale beim Verbindungsaufbau und -abbau sowie beim Datentransport berücksichtigt und als Zwischenschicht zur Abstraktion der im Betriebssystem verfügbaren Schnittstellen dient. Damit traditionelle Anwendungen von der Komplexität des heterogenen Netzwerks abstrahieren und die Funktionalität der HCBR-Architektur nutzen können, wird eine virtuelle Netzwerkschnittstelle benötigt.

Zur Erweiterung des HCBR-Kerns mit neuer Funktionalität werden HCBR-Plugins verwendet, die beispielsweise den Austausch von Topologie- und Routing-Informationen zwischen den Geräten im Netzwerk organisieren oder eine für heterogene Netzwerke geeignete Routing-Metrik realisieren. Denkbar sind aber auch Funktionen zur geeigneten Verteilung der Frequenzkanäle in einem WLAN zur autonomen und adaptiven Netzwerkanpassung abhängig vom aktuellen Kontext, Gateway-Funktionalität, MobileIP zur Unterstützung der Mobilität und Funktionen zur Verschlüsselung der Datenübertragung. Weiterhin werden Info-Plugins benötigt, die die Informationen des HCBR-Kerns an eine grafische Benutzerschnittstelle weitergeben können, um eine Untersuchung des realen Netzwerkverhaltens zu ermöglichen.

4 Middleware

Damit dienstbasierte und kontextbezogene Anwendungen auf Ensemble-Mitgliedern realisiert werden können, wurde eine dienstbasierte und kontextbezogene Middleware konzipiert. Deren Einordnung in die Gesamtarchitektur ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Middleware ermöglicht Anwendungen sich mit einem Ensemble zu verbinden, angebotene Dienste zu nutzen, zu kombinieren und eigene Dienste anzubieten.

Kontextinformationen werden von den Lieferanten (z.B. Sensoren) ebenfalls in Form von Diensten zur Verfügung gestellt. Dabei werden sowohl direkter Kontext, wie Sensormessungen, Informationen über weitere verfügbare Dienste, die eigene Position und die aktuelle Uhrzeit, als auch indirekter Kontext, wie beispielsweise Nutzerintentionen, berücksichtigt. Die Middleware abstrahiert von den Kontextdiensten, so dass deren Nutzung für kontextbezogene Anwendungen transparent ist.

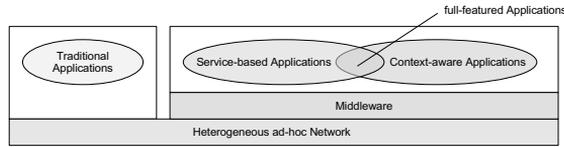


Abbildung 4: Übersicht der Gesamtarchitektur

5 Verwandte Arbeiten

In heterogenen Netzwerken einer Pervasive University bieten sich folgende Ansätze an:

Das SPiDeR-System [SGA⁺05] nutzt Distributed Hash Tables, um effizient Dienste in einem auf Chord [Sto01] basierenden Peer-to-Peer-Netzwerk zu adressieren. Eine effizientere und robustere Vorgehensweise als Chord bietet beispielsweise Kademia [MM02]. Für die Verwendung zur Dienstadressierung in Pervasive Communitys müssen die unterschiedlichen Konzepte verglichen werden. Basierend auf den Ergebnissen des Vergleichs wird eine, für die vorliegende Architektur geeignete, Technik ausgewählt.

Die kontextbezogene Middleware *Wings* [LBB⁺06] basiert ebenfalls auf Diensten. Allerdings fehlen Konzepte zur einheitlichen Dienstnutzung, der Dienstorganisation in hierarchischen Communitys und zum optimierten Routing in heterogenen Ad-hoc Netzen.

Im WLAN-Bereich haben sich Wireless Mesh Networks, die auf handelsüblicher IEEE 802.11-Hardware basieren, als vielversprechende Technologie für eine Vielzahl von mobilen Applikationen etabliert. Kommerzielle 2,4GHz- und 5GHz-Frequenzbänder bieten genug Bandbreite zur gleichzeitigen Nutzung mehrerer Kanäle, die man mit Hilfe einer intelligenten Zuteilung durch feste Zuordnung [RC05], Umschalten [RC05] oder Kombination beider Varianten [CKV06][KV06] zur Erhöhung von Konnektivität und Netzkapazität verwenden kann. Derartige Ansätze bieten sich zusammen mit QoS-Anforderungen zur Erhöhung der Netzkapazität und zur Bestimmung optimaler Übertragungskanäle je nach Kontext einer Anwendung an und werden durch das vorgestellte System kombiniert.

6 Zusammenfassung

In diesem Artikel wird eine neue Architektur für Pervasive Communitys vorgestellt, die verschiedene Komponenten wie Zellen, Ensembles und ein System zum heterogenen kontextbasierten Routing (HCBR) enthält.

Das HCBR-System unterstützt eine flexible Gerätekommunikation, die einen zuverlässigen und kontextorientierten Datenaustausch zwischen Komponenten ermöglicht. Dabei werden Qualitätsanforderungen sowie der Anwendungskontext zur Selektion horizontaler und vertikaler Kommunikationskanäle in einer hochgradig heterogenen Netzwerkinfrastruktur berücksichtigt.

Für die Bereitstellung und Nutzung einfacher sowie komplexer Dienste wird eine dreistufige Middleware beschrieben. Geräte, die in einem homogenen Netzwerk kommunizieren, werden in Zellen organisiert. Zellgruppierungen werden zu Geräte-Ensembles verbun-

den und zu Pervasive Communitys vernetzt. Eine Universität ist ein gutes Beispiel für die Anwendung der Architektur, wobei die Universität selbst eine Pervasive Community darstellt. Universitäten beinhalten verschiedene Orte wie Labore, Bibliotheken, Vorlesungs- und Arbeitsräume. Diese haben ihre eigene Infrastruktur und bieten Nutzern kontextbezogene Dienste. Die Kommunikation wird durch drahtgebundene und drahtlose Kommunikationssysteme realisiert. Studenten, Lehrer und Verwaltungsangestellte gehören zu den Nutzern der universitären Umgebung. Zur Realisierung einer Pervasive University werden Ensembles in den genannten Orten gebildet und mit Hilfe unserer Architektur zu einer Pervasive University kombiniert. Eine derartige universitäre Umgebung ermöglicht dem Nutzer verfügbare Dienste an jedem Ort und zu jeder Zeit zu nutzen.

Literatur

- [ABJ⁺05] D.P. Agrawal, R. Biswas, N. Jain, A. Mukherjee, S. Sekhar und A. Gupta. Sensor Systems: State of the Art and Future Challenges. In *Book Chapter in Handbook on Theoretical and Algorithmic Aspects of Ad hoc and Sensor Networks*, Seiten 317–346. Auerbach, August 2005.
- [CKV06] C. Cherred, P. Kyasanur und N.H. Vaidya. Design and Implementation of a Multi-Channel Multi-Interface Network. In *Proceedings of the second international workshop on Multi-hop ad hoc networks*, Seiten 23–30. ACM Press, Mai 2006.
- [Erl06] T. Erl. Service-oriented architecture : concepts, technology, and design. In *Prentice Hall PTR*, August 2006.
- [KV06] P. Kyasanur und N.H. Vaidra. Routing and Link-layer Protocols for Multi-Channel Multi-Interface Ad hoc Wireless Networks. In *Mobile Computing and Communications Review*, Seiten 10(1): 31–43. ACM Press, Januar 2006.
- [LBB⁺06] E. Loureiro, F. Bublitz, N. Barbosa, A. Perkusich, H. Almeida und G. Ferreira. A Flexible Middleware for Service Provision Over Heterogeneous Pervasive Networks. In *Proceedings of the 2006 International Symposium on World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*, Seiten 609–614. IEEE Press, 2006.
- [MM02] P. Maymounkov und D. Mazieres. Kademlia: A peer-to-peer information system based on the XOR metric. In *Proceedings of IPTPS02*, Seiten 53–65. Springer-Verlag, März 2002.
- [RC05] A. Raniwala und T. Chiueh. Architecture and Algorithms for an IEEE 802.11-Based Multi-Channel Wireless Mesh Network. In *Proceedings of IEEE Infocom 2005*, Seiten 2223–2234. IEEE Press, März 2005.
- [SGA⁺05] O.D. Sahin, C.E. Gerede, D. Agrawal, A. Abbadi, O.H. Ibarra und J. Su. SPiDeR: P2P-Based Web Service Discovery. In *Proceedings of International Conference of Service-Oriented Computing*, Seiten 157–169, 2005.
- [Sto01] I. Stoica. Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications. In *Proceedings of the 2001 ACM SIGCOMM Conference*, Seiten 149–160, 2001.
- [TL06] D. Tavangarian und U. Lucke. Pervasive University: Implementierung und Einsatz des Pervasive Computing in der Hochschule. In *Informatik 2006 - Informatik für Menschen, GI-LNI P-93*, Seiten 45–49. Köllen Verlag, Oktober 2006.