

ScatterNetz-Routing (SNR) — Multihopkommunikation für medizinische Bluetooth Ad Hoc Netzwerke

Andreas Kuntz, Moritz Gmelin, Martin Schönegg, Armin Bolz

Institut für Biomedizinische Technik, Universität Karlsruhe (TH)

kuntz@ibt.uka.de

Abstract — *Umfassendes und kontinuierliches Monitoring von physiologischen Patientendaten kann neue diagnostische Möglichkeiten eröffnen. Jedoch büßen viele Bestrebungen zum drahtlosen Patientenmonitoring einen großen Teil ihrer potentiellen Leistungsfähigkeit durch die in Bluetooth fehlende Unterstützung für Multihopkommunikation ein. Daher soll hier eine Architektur zur Multihopkommunikation in Bluetooth Ad hoc Netzwerken vorgestellt werden, welche speziell auf die Charakteristik medizinischer Sensornetze zugeschnitten ist. Eine Implementierung bestätigt die Leistungsfähigkeit der Architektur. Abschließend werden wichtige Evaluationsergebnisse kurz vorgestellt.*

Keywords — *Multihopcommunication, Bluetooth, Routing*

Einleitung

Ein Problem in medizinischen Funknetzen sind Verbindungsausfälle durch temporäre Abschattungen und Reichweitebeschränkungen. Diese können bei Single Hop Kommunikation nicht kompensiert werden. Ein Patient ist dadurch deutlich in seiner Bewegungsfreiheit eingeschränkt, da er sich immer in Funkreichweite einer Basisstation befinden muss.

In dieser Arbeit soll eine Lösung zur Bluetooth [1] Multihopkommunikation für medizinische Sensor-Aktor-Netzwerke vorgestellt werden. Dabei wurde besonderen Wert auf die nahtlose Integration in die bluetootheigenen Konzepte zur Kommunikation und Dienstadressierung sowie eine plattformunabhängige Lösung gelegt. Neben dem zur Multihopkommunikation unbedingt notwendigen Routing wurden die Aspekte der Autokonfiguration, Topologiekontrolle, Datenweiterleitung, Multihop-Dienstsuche und Behandlung von Verbindungsausfällen betrachtet und umgesetzt.

SNR Systemüberblick

Es wurde ein verbindungsorientierter Ansatz verfolgt, in dem jedes kommunikationswillige Paar von Endsystemen einen exklusiven Datenkanal aufbaut. Die Signalisierung erfolgt Out-of-Band, wodurch auf Paketköpfe in den Datenpaketen verzichtet werden konnte.

Zur Wegfindung wird ein AODV [2] ähnlicher Signalisierungsmechanismus eingesetzt. Ein Knoten flutet eine Verbindungsaufbaunachricht so weit in das Netzwerk, bis sie auf aktuelle Pfadinformationen trifft. Ab diesem Punkt wird die Anfrage unter Ausnutzung der Pfadinformationen unicast zum Zielknoten weitergeleitet. Im Gegensatz zu AODV darf ein Verbindungsaufbauwunsch ausschließlich vom gesuchten Zielknoten beantwortet werden, da parallel zum Weiterleiten der Antwortnachricht der dedizierte Datenpfad für den späteren Austausch der Nutzdaten aufgebaut wird.

Während des Signalisierungsprozesses werden erreichbare Bluetoothgeräte miteinander verbunden. Nicht benötigte Verbindungen werden nach Ablauf eines Timeouts gelöst, wodurch sich langfristig eine exakt auf die Kommunikationsbedürfnisse zugeschnittene Topologie ergibt.

Ein Knoten kann mehrere unterschiedliche Dienste anbieten, sowie ein bestimmter Dienst von unterschiedlichen Knoten im Netz zur Verfügung gestellt werden kann. Jeder Dienst ist durch einen Dienstidentifikator referenzierbar. Zur Dienstsuche wird in die Verbindungsaufbaunachricht anstatt der Geräteadresse des Zielknotens der Identifikator des gesuchten Dienstes eingetragen. Eine solche Anfrage darf von jedem Knoten im Netz beantwortet werden, der den gesuchten Dienst anbietet. Solange eine Anfrage keine Zieladresse enthält, muss sie in das Netz geflutet werden. Um im Netz vorhandene Pfadinformationen ausnutzen zu können,

hält jeder Knoten eine Liste bekannter Dienste und die Adresse des zugehörigen Dienstbringers aktuell. Eine Verbindungsaufbaunachricht zur Dienstsuche darf von jedem Zwischenknoten um die Adresse des Dienstbringers ergänzt werden. Anschließend kann die Nachricht unicast zum Dienstbringer weitergeleitet werden.

Evaluation

Zur Evaluation des Ansatzes wurde eine Implementierung in Java erstellt, die unter [3] als 'Open Source' Projekt zur Verfügung gestellt ist. Zur Wahrung der Plattformunabhängigkeit baut die Lösung auf der JSR-82 Spezifikation auf.

Der hier vorgestellte Teil der Evaluation wurde auf einer kettenförmigen Topologie von bis zu acht Bluetoothgeräten durchgeführt. Darauf wurde der Durchsatz (in kBit/sec), die Paketumlaufzeit (RTT, in ms) und die Latenz beim Verbindungsaufbau (in ms) über eine Pfadlänge von 1 – 7 Hops untersucht.

Beim Verbindungsaufbau wurden zwei Fälle unterschieden. 1. Kaltstart: kein Knoten verfügt über Routinginformationen bzw. hat Signalisierungsverbindungen zu einem Nachbarknoten aufgebaut. 2. Warmstart: sämtliche notwendigen Routinginformationen und Signalisierungsverbindungen sind bereits in allen Zwischenknoten vorhanden.

Diskussion

Neben den gemittelten Messwerten sind Fittinggeraden eingetragen. Deutlich zu sehen ist, dass der Durchsatz beim Übergang von Single- auf Multihopkommunikation um etwa zwei Drittel sinkt. Dies liegt an den Piconetz-Wechseln, welche durch Multihop notwendig werden. Innerhalb des Multihop-Bereichs sinkt der Durchsatz weit weniger stark mit nur 0,34kbit/sec pro Hop. Die Umlaufzeit für einzeln verschickte Datenpakete kann über dem gesamten untersuchten Bereich mit etwa 165 ms pro Hop approximiert werden. Für die beiden Verbindungsaufbau-Szenarien ergaben die Messungen Mittelwerte von 1400 ms pro Hop im Falle eines Kaltstartes und 450 ms pro Hop im Falle eines Warmstartes. Ein Warmstart ist also etwa um den Faktor drei schneller als ein Kaltstart. Realistische Werte sind zwischen den beiden gemessenen Extremen zu erwarten, da Kalt- und Warmstart in Rein-

form nur selten auftreten und stattdessen Mischformen die Regel sind. Weiter ist zu beachten, dass die hier untersuchten Pfadlängen mit dem erwarteten Netzdurchmesser und nicht mit der Gesamtzahl der am Netz beteiligten Knoten korrespondiert.

SNR überwindet die Beschränkungen von Bluetooth Piconetzen und ermöglicht es Bluetooth Netze weit über die Funkreichweite eines einzelnen Knotens auszudehnen. Darüber hinaus kompensiert SNR die Auswirkungen von Dynamik und Mobilität im Netz in einer für den Benutzer transparenten Weise.

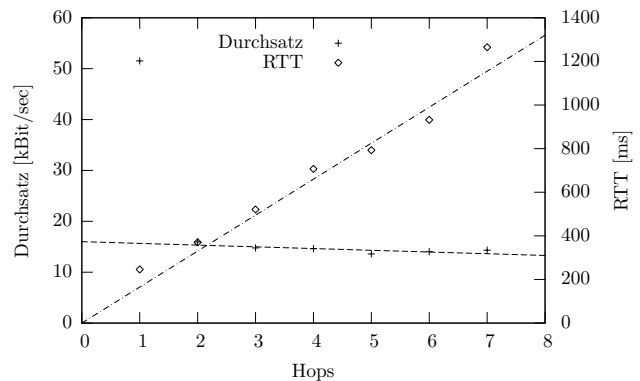


Abbildung 1: Durchsatz und RTT

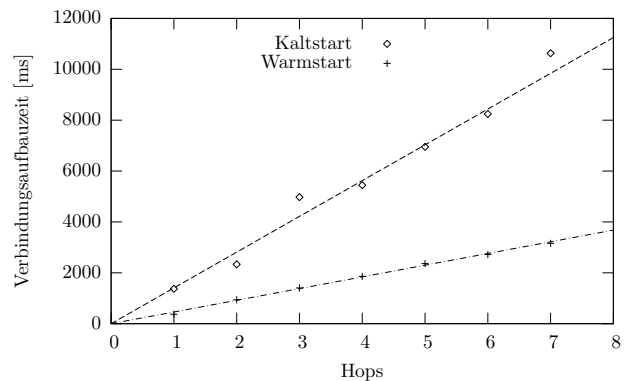


Abbildung 2: Latenz beim Verbindungsaufbau

Literatur

- [1] Bluetooth SIG. *Specification of the Bluetooth System — Version 2.0*, 4. November 2004. <http://www.bluetooth.org>.
- [2] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. RFC 3561 (Experimental), July 2003.
- [3] www.sourceforge.net/projects/jsr82-routing/.