Please quote as: Leimeister, J. M.; Schweiger, A. & Krcmar, H. (2006): Ortsunabhängiges Management von hochpreisigen mobilen medizinischen Geräten im Krankenhaus auf WLAN-Basis. Dresden.

Ortsunabhängiges Management von hochpreisigen mobilen medizinischen Geräten im Krankenhaus auf WLAN-Basis

Jan Marco Leimeister, Andreas Schweiger, Helmut Krcmar

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Technische Universität München
Boltzmannstraße 3
85748 Garching b. München
{leimeister; schweiga; krcmar}@in.tum.de

Abstract: Ziel des vorliegenden Vorhabens ist die Entwicklung einer Lösung zum ortsunabhängigen Medizingerätemanagement im Klinikbetrieb. Standort oder Betriebsbereitschaft der über das gesamte Klinikum verteilten hochpreisigen mobilen medizinischen Geräte sind oftmals unklar. Durch die Schaffung einer geeigneten Infrastruktur können Geräte lokalisiert, ausgewählte Parameter automatisch ausgelesen und aus der Ferne eingespielt werden. Hierdurch lassen sich Ressourcen besser planen, steuern und kontrollieren. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Konzeption und prototypischen WLAN-basierten Implementierung. Anwendungsfeld der Arbeit ist der Bereich der Anästhesiologie in einem Referenzklinikum. Basierend auf einer empirischen Anforderungsanalyse wird ein System zur Lokalisierung und Verwaltung von medizinischen Geräten konzipiert und prototypisch implementiert, das die Standortbestimmung und das automatisierte Auslesen von ausgewählten Parametern bezüglich der Betriebsbereitschaft und des Zustandes von mobilen Geräten und Apparaten im Krankenhaus in Echtzeit realisiert. Dieses System stellt eine erste Ausbaustufe zur Verifikation des Ansatzes dar und dient der Ermittlung von Realisierbarkeit, Funktionalität und potentiellen Problemen. Basierend auf den gewonnenen Erfahrungen wird ein Ausblick gegeben.

1 Einleitung und Problemstellung

Die Gesundheitsbranche steht unter extrem hohem Kostendruck bei gleichzeitig gestiegenen Kundenansprüchen an Umfang und Qualität der Dienstleistungen. Dem kann nur durch neue Prozesse in Kombination mit modernster Technik begegnet werden. Der zunehmende Einsatz von High Tech Hard- und Software in den Krankenhäusern ist extrem investitions- als auch kostenintensiv. Krankenhäuser stehen im Spannungsfeld, hohe Kapazitätsauslastung der teuren Geräte bei gleichzeitig hoher spontaner Verfügbarkeit für den Patienten zu ermöglichen.

Durch die Einführung des neuen Entgeltsystems (DRG) wird eine Kostenträgerrechnung zunehmend notwendig und bedingt die Zuordnung von personellen und apparativen Leistungen sowie des benötigten medizinischen Bedarfs zum individuellen Patienten. Während ein Tracking des personellen Einsatzes noch relativ einfach über konventionelle Verfahren (Stempelkarten, etc.) erfolgen kann, gibt es für viele medizinische Leistungen bislang keine befriedigende Lösung, insbesondere nicht für bewegliche und investiv hochwertige Geräte. Darüber hinaus können der Einsatz und der Zustand der vielen tausend in einem Krankenhaus im Einsatz befindlichen Geräte derzeit nicht in Echtzeit kontrolliert werden.

Zwar finden sich erste wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit Fragen strategischer Anwendungen von IT-Systemen im Gesundheitswesen [RT02, Be04] oder nur rudimentären Grundlagen des Tracking & Tracing beschäftigen [RK05]. Das hinsichtlich der aktuellen Entwicklungen im Gesundheitswesen äußerst relevante Thema Medizingerätemanagement im Klinikbetrieb, dem Tracking und Tracing von Geräten mit darüber hinaus gehender Möglichkeit, Zustände über eine Luftschnittstelle ein- und auslesen zu können, ist jedoch in der Wissenschaft noch kaum näher bearbeitet worden, im Gesundheitswesen und im Krankenhausumfeld sind diese Fragestellungen weder konzeptionell, noch empirisch oder prototypisch adäquat gelöst worden. Insbesondere die Kombination der Konzepte zur Positionsbestimmung und zum Auslesen weiterer Parameter wird bei bisherigen Arbeiten nicht berücksichtigt. Im Praxisumfeld lassen sich zwar erste konzeptionelle Bausteine der Thematik identifizieren (siehe z.B. [Mc05]), wobei auch hier noch keine zufrieden stellende implementierte Lösung vorhanden ist. Als wesentliche Defizite des RFID-Ansatzes [Mc05] werden die zusätzliche Abdeckung durch entsprechende Lesegeräte sowie das fehlende Auslesen von aktuellen Parametern identifiziert. In dem vorliegenden Beitrag werden die genannten Nachteile durch eine WLAN-basierte Lösung aufgearbeitet, welche als Mehrwert die Positionsbestimmung mit dem Auslesen weiterer Daten verknüpft. Die für Zwecke der Informationslogistik und Patientenzufriedenheit installierte WLAN-Infrastruktur [Hö05] kann auch für zusätzliche Zwecke eingesetzt werden und erfordert im Gegensatz zur RFID-Lösung keine zusätzliche Infrastruktur.

Die Bestimmung von Standort und Betriebsbereitschaft von mobilen medizinischen Geräten wird mit zunehmender Größe von modernen Kliniken immer wichtiger. Diese Informationen verfügbar zu haben, ermöglicht eine Beschleunigung der internen Prozessabläufe und fördert die Versorgungsqualität der Patienten sowie die wirtschaftliche Nutzung des Gerätebestandes.

2 Anforderungsanalyse und Technologieauswahl

Durch die Schaffung einer WLAN-Infrastruktur in Verbindung mit entsprechender Hard- und Software sowie einer adäquaten Integration in das existierende Krankenhausinformationssystem ergibt sich die technische Möglichkeit, Geräte zu lokalisieren, ausgewählte Parameter (bspw. deren Einsatzbereitschaft, Wartungsbedarf, etc.) automatisch und in Echtzeit auszulesen und aus der Ferne zu warten. Hierdurch lassen sich vorhandene Ressourcen besser planen, steuern und kontrollieren. Die folgenden Ziele sind durch die zu entwickelnde Lösung zu unterstützen:

- Sofortige Lokalisierung und Identifikation der Einsatzfähigkeit benötigter Geräte und damit Reduktion von Suchzeiten durch das medizinische Personal
- Effizientere Ressourcenplanung und verbesserter Patientenservice durch Zugriffskontrolle der Geräte
- Klare Zuordnung von Geräten zu wichtigen gerätespezifischen Daten (bspw. Beschreibungen, Einweisungen, Wartungsbedarf, etc.)
- Transparenz über Nutzungsmuster und bessere Auslastung der Geräte (über Reporting- und Filterfunktionalitäten)
- Geringere Wartungskosten durch adäquat durchgeführte Wartungszyklen

Im Rahmen der Anforderungsanalyse wird die systematische Erhebung der Anforderungen an eine zu entwickelnde Lösung im Krankenhausumfeld allgemein und im Anwendungsfall eines Referenzklinikums im Besonderen angegangen. Methodisch erfolgt die Orientierung am Needs Driven Approach [SK96], der ausgehend von einer Analyse der Ist-Situation (mittels Interviews, teilnehmenden Beobachtungen und Literaturanalysen) anhand von Aufgaben, Arbeitsprozessen, Interaktionen, sozialen Kooperationsstrukturen, Arbeitsmitteln, Arbeitsräumen und der Technikaneignung Anforderungen an kooperative Systeme ableitet. Auf dieser Grundlage wird anschließend eine Lösung entworfen, implementiert und erprobt. Vor diesem Hintergrund wurde eine Ist-Analyse (vgl. hierzu ausführlich [EW06]) durchgeführt, die die Grundlage für die folgenden Anwendungsfälle für ein System bilden, das für die Lokalisierung und das Management der Geräte eingesetzt werden soll:

- Gerätemanagement
- Qualifikation: Erfassung und Pflege von Qualifikationen der Mitarbeiter
- Finding: Aufgaben des Auffindens von Geräten
- Messaging Event: Verwaltung und Abwicklung von Benachrichtigungen
- Reporting: Abläufe beim Erstellen von Berichten

Die Akteure, die in diesen Anwendungsfällen aktiv werden, sind Ärzte, das Pflegepersonal, die Medizintechnik und die Klinikadministration. Um die Komplexität des zu entwickelnden Systems zu reduzieren, werden in der in diesem Beitrag beschriebenen ersten Ausbaustufe die Funktionalitäten Positionsbestimmung sowie Statusabfrage umgesetzt. Der Prototyp wird modular erweiterbar gestaltet, um in künftigen Arbeiten alle genannten Anforderungen zu erfüllen.

Technologie- und Systemauswahl: Da die zu entwickelnde Lösung Funktechnologie adressiert, ist zusätzlich vorab eine Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) der einzusetzenden Funktechnologien zu prüfen. Geregelt wird diese im deutschen Elektromagnetischen Verträglichkeitsgesetz (EMVG). Aus Vorarbeiten wird deutlich, dass der Einsatz von WLAN (vgl. bspw. [Kr03]) in Kliniken im Gegensatz zu anderen Funktechnologien als weitestgehend unbedenklich betrachtet werden kann. Auch kann die zunehmende Akzeptanz dieser Technologie durch das Personal sowie Patienten beobachtet werden [Hö05]. Weil über das Drahtlosnetzwerk sensitive Daten übermittelt werden, sind entsprechende Sicherheitseigenschaften erforderlich. WLAN mit dem Standard IEEE 802.11i bietet dazu aus heutiger Sicht ausreichende Verschlüsselungsmöglichkeiten. Alternativ dazu könnte die Verschlüsselung mit IPsec oder durch den Einsatz eines VPN-Tunnels auf die IP-Schicht übertragen werden. Bei der Auswahl entsprechen-

der Systeme werden diese Aspekte berücksichtigt. In einem WLAN kommunizieren Endgeräte drahtlos über Empfangsstationen (Access Points) mit dem Netzwerk. Mit speziellen Methoden (z.B. Signalstärkemessung, Messung von Paketlaufzeiten) kann die Position der Endgeräte im Gebäude im einstelligen Meterbereich bestimmt werden. Durch das Anbringen von spezieller Hardware (WLAN-Bridges) oder handelsüblichen Rechnern mit WLAN-Schnittstelle, wie zum Beispiel PDAs oder Notebooks, an den zu trackenden medizinischen Geräten ist sowohl die Ortung als auch die Statusabfrage, z.B. über die serielle Schnittstelle, technisch realisierbar. Diese Rechner werden im Folgenden als Tracking Units bezeichnet. Aktuell erhältliche Medizingeräte verfügen zwar bereits über integrierte WLAN-Schnittstellen. Für Implementierungs- und Testzwecke stellte es sich jedoch als ausreichend heraus, nur die WLAN-Funktionalität der Geräte nachzubilden und das Auslesen des aktuellen Status adäquat zu simulieren. Um auch Medizingeräte ohne WLAN für die Funktionalität zur Positionsbestimmung und zum Parameterauslesen zugänglich zu machen, können Geräte wie Notebooks oder PDAs die proprietäre Schnittstelle der Medizingeräte auslesen und über WLAN verfügbar machen. Die begrenzte Akkulaufzeit stellt dabei kein wesentliches Problem dar, weil Medizingeräte für ihren Betrieb ohnehin eine externe Stromversorgung benötigen. Durch eine permanente und fixierte Verbindung zwischen den mobilen und den Medizingeräte kann Diebstahl vorgebeugt werden.

Aus einer Vielzahl existierender Tracking-Lösungen ist ein adäquater Ansatz auszuwählen, der die beschriebenen Anforderungen erfüllt. Einige Anbieter entfallen, da sie spezielle Hardware für das Tracking verwenden und diese proprietäre Hardware die Integration in eine bestehende Infrastruktur verhindern kann. Alternativ wird eine Software eingesetzt, die auf einer Tracking Unit installiert wird. Nach eingehender Analyse existierender Lösungsansätze (vgl. [EW06]) wird für dieses Vorhaben das Open Source MagicMap-System[1] eingesetzt.

3 Prototypische Lösung

3.1 Fachkonzept

Benutzer sollen mit dem neu zu entwickelnden T&T-Client (Tracking & Tracing) in bereitgestellten Gerätestammdaten nach Geräten suchen. Als Ergebnis soll eine Liste von Geräten sowie eine grafische Darstellung von Position und Status der gefundenen Geräte geliefert werden (vgl. Abbildung 1). Das System ist modular aufgebaut, wodurch der Austausch von Teilkomponenten mit gleicher Schnittstelle ermöglicht wird. So kann z.B. eine Anbindung an eine SAP-Gerätestammdatenverwaltung realisiert werden. Besonderer Wert wird auf Plattformunabhängigkeit gelegt. Der Einsatz der Programmiersprache Java gewährleistet die leichte Übertragbarkeit der Software auf diverse mobile Clients und schafft einen breiten Entscheidungsspielraum bei Hardware-Neuanschaffungen und der Auswahl der Tracking Units. Ein denkbares Szenario, bei dem die Plattformunabhängigkeit eine wichtige Rolle spielt, ist der Abruf von Gerätestandort und Gerätestatus z.B. via PDA. Abbildung 2 zeigt den Datenfluss zwischen der Tracking Unit und dem T&T-System.

---

[1] vgl. hierzu http://www2.informatik.hu-berlin.de/rok/MagicMap/

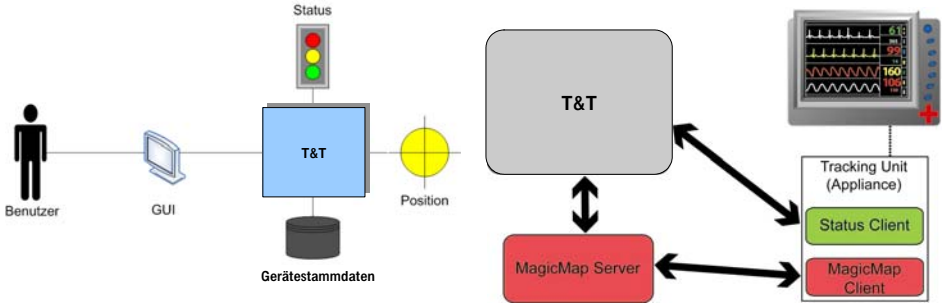

Abbildung 1 & 2: Aufbau des Gesamtsystems und Datenfluss zwischen Tracking Unit und T&T (Quelle: [BDM06])

3.2 Implementierung

Abbildung 3 stellt die T&T-Systemarchitektur grafisch dar. Die Middleware, implementiert auf einem Apache Tomcat Server, agiert als Datendrehscheibe des Gesamtsystems. Hier laufen aktuelle Positionsdaten, Gerätestammdaten und aktuelle Statusinformationen der medizinischen Geräte zusammen. Die Middleware selbst untergliedert sich in einzelne Module, wobei jedes davon für die Verwaltung und Anbindung einer externen Komponente zuständig ist. Die Funktionalität der einzelnen Module, mit Ausnahme der grafischen Benutzeroberfläche, ist mittels Java Interface Klassen genau spezifiziert, um den Ersatz einer externen Komponente und gegebenenfalls dessen Modul in der Middleware zu ermöglichen. Die Kommunikation zwischen Middleware und der grafischen Benutzeroberfläche des T&T-Systems (T&T-Client) sowie zwischen Middleware und der Statusabfrage (T&T-StatusClient) erfolgt über einen von der Middleware bereitgestellten Web Service. Die Anbindung des MagicMap-Systems zur Positionsbestimmung geschieht über einen von MagicMap bereitgestellten Web Service. Die Anbindung der Stammdatenbank wird mittels JDBC realisiert. Als Web Service-Technologie wird hierbei SOAP mittels Apache Axis verwendet.

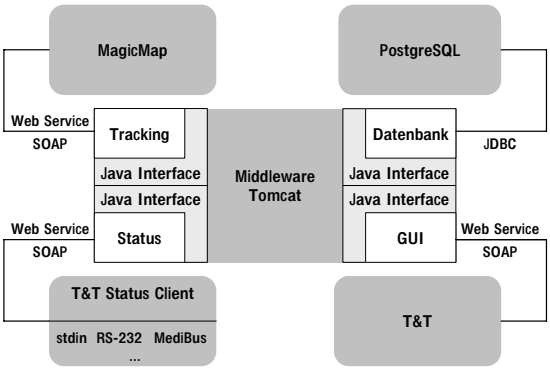

Abbildung 3: T&T-Systemarchitektur (Quelle: In Anlehnung an [BDM06])

Eine Veranschaulichung zentraler implementierter Funktionalitäten aus Benutzersicht liefern Abbildungen 4 und 5. Der T&T-Client dient der Benutzerinteraktion, verbindet sich mit der Middleware und erhält von dieser die benötigten Gerätestammdaten, Statusinformationen und Positionen über Web Service-Aufrufe. Die Gebäudepläne bezieht der Client von einem zentralen Webserver über eine HTTP-URL. Wenn der Verbindungsaufbau zu diesem Server erfolgreich war, wird das Hauptfenster des T&T-Clients (siehe Abbildung 3.1) angezeigt, Abbildung 3.2 verdeutlicht die Ausgabe eines gesuchten betriebsbereiten Geräts.

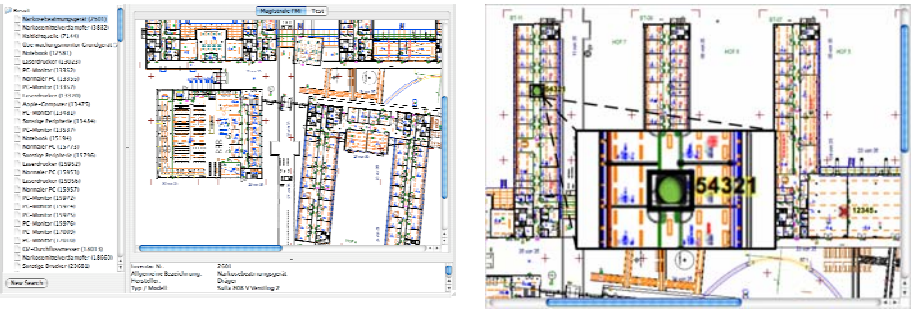

Abbildung 4 & 5: Graphische Oberfläche: Hauptfenster mit Geräte-Suchergebnis & grafische Gerätedarstellung (Quelle: [BDM06])

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die implementierte Lösung wurde im Rahmen der Evaluierung einem Betriebstest unterzogen, der zeigt, dass das System grundsätzlich in der Lage ist, die Anforderungen zu erfüllen und Geräte mittels WLAN im Inneren eines Gebäudes auf wenige Meter genau zu lokalisieren. Wesentliches Alleinstellungskriterium gegenüber anderen Ansätzen stellt die Kombination der Positionsbestimmung mit dem Aus- und Einlesen von zusätzlichen Parametern dar, durch welche die erwünschte Verbesserung des Gerätemanagements im Klinikbetrieb erzielt werden kann.

Für eine hohe Genauigkeit der Lokalisierung ist es erforderlich, dass genaue Anforderungen an die WLAN-Infrastruktur bzgl. Anzahl, Verteilung und Erfassung der Accesspoints erfüllt werden. Die Anbindung des Systems an eine Datenbank mit Gerätestammdaten hat sich als sinnvoll erwiesen, da sie dem Benutzer mit Hilfe der Suchfunktion ein adäquates Mittel zur Auswahl und Anzeige der gewünschten Geräte liefert. Eine zentrale klinikweite Gerätestammdatenbank, auf die das T&T-System zugreifen kann, kann eine bessere Aktualität und Konsistenz der Gerätedaten gewährleisten.

Ziel des Projekts war es, ein exemplarisches System zu entwickeln, um die Machbarkeit, Funktionalität, möglicherweise auftretende Probleme und weitere Anwendungsszenarien zu explorieren. Bevor ein Realeinsatz im laufenden Klinikbetrieb stattfinden kann, sind eingehende Feldtests unter realen Bedingungen erforderlich.

Im Rahmen des Projekts wurde deutlich, dass der Einsatz einer WLAN gestützten Tracking- und Tracing-Lösung im Krankenhaus noch eine Vielzahl weiterer Anwendungen finden kann. Für die Umsetzung der im Folgenden genannten Szenarien konnte in der in diesem Beitrag beschriebenen Implementierung eine wesentliche Grundlage gelegt werden, weil diese auf der Positions- und Parameterbestimmung basieren:

- Historienerstellung durch Aufzeichnung der Gerätepositionen und des Gerätestatus über einen längeren Zeitraum: Überblick über die Auslastung der Geräte mit der Option zur optimalen Belegungs- und Bedarfsplanung
- Einrichtung von Sicherheitszonen: Auslösen von Warnungen beim unberechtigten Ein- oder Ausführen von Geräten
- Visuelle Verknüpfung der Bedienqualifikationen in der Benutzeroberfläche mit den entsprechenden Geräten zur Erleichterung der Auswahl der benötigten Geräte
- Erweiterungen hinsichtlich einer automatisierten Kostenträgerrechnung durch entsprechende Anbindung z.B. an elektronische Patientenakten

Literaturverzeichnis

[BDM06] Badi Ulmer, P.; Dollinger, A.; Maier, G.: Tracking, Tracing & Parameterabfrage von hochpreisigen beweglichen Geräten und Apparaten im Krankenhaus, Interdisziplinäres Projekt, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Technische Universität München, 2006.

[Be04] Beyer, M.; Kuhn, K. A.; Meiler, C.; Jablonski, S; Lenz, R.: Towards a Flexible, Process-Oriented IT Architecture for an Integrated Healthcare Network. In: Proceedings of the 2004 ACM Symposium on Applied Computing; S. 264-271.

[EW06] Esch, S.; Weyde, F.: Konzeption und Marktanalyse für ein System zum Gerätemangement und -lokalisierung mit WLAN im Klinikumfeld, Systementwicklungsprojekt, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Technische Universität München, 2006.

[Hö05] Höffken, K.: Schneller gesunden mit WLAN. In: Krankenhaus-IT Journal, Ausgabe 02/05, S. 36-37.

[Kr03] Krüger-Brand, Heike E.: Basiswissen: Wireless Local Area Network (WLAN) – Nutzungsrisiken ausschließen, Deutsches Ärzteblatt 100, Ausgabe 45, S. 14, Supplement: Praxis Computer, 2003.

[Mc05] McKelvin, Jr., M.L.; Williams, M.L.; Berry, N.M.: Integrated Radio Frequency Identification and Wireless Sensor Network Architecture for Automated Inventory Management and Tracking applications. In: Proceedings of the 2005 Conference on Diversity in Computing, S. 44-47.

[RK05] Rerrer, U.; Kao, O.: Suitability of Positioning Techniques for Location-based Services in Wireless LANs. In: Proceedings of the 2005 International Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC), S. 51-56.

[RT02] Raghupathi, W.; Tan, J.: Strategic IT applications in health care. In: Communications of the ACM, Vol. 45 (2002) Nr. 12, S. 56-61.

[SK96] Schwabe, G.; Krcmar, H: Der Needs Driven Approach: Eine Methode zur Gestaltung von Telekooperation. In (Krcmar, H; Lewe, H; Schwabe, G. Hrsg.): Herausforderung Telekooperation - Einsatzerfahrungen und Lösungsansätze für ökonomische und ökologische, technische und soziale Fragen unserer Gesellschaft. Springer, 1996.