

EVALUIERUNG EINES PATIENTEN-TERMINALS BASIEREND AUF MOBILFUNK- UND NEAR FIELD COMMUNICATION TECHNOLOGIE

Morak J¹, Kastner P¹, Hayn D¹, Kollmann A¹, Schreier G¹

Kurzfassung

Die Aufzeichnung von Gesundheitsdaten durch und beim Patienten dient zur Therapieoptimierung von chronisch kranken Patienten. Hierbei wird vermehrt auf das Mobiltelefon zurückgegriffen, das dem Patienten als Terminal dient, um die Daten zu erfassen und über eine Gesundheitsdaten-Zentrale dem Arzt zur Verfügung zu stellen. Diese Arbeit demonstriert eine neue Methode der Datenerfassung mittels Mobiltelefon basierend auf Near Field Communication Technologie. Ein System zur einfachen Erfassung des Blutdruckes wurde entwickelt, prototypisch implementiert und mit existierenden Lösungen verglichen. Die Ergebnisse zeigen ein erhebliches Potential dieser Technologie für den Einsatz in Homemonitoring-Applikationen.

1. Einleitung

Ein wesentlicher Bestandteil der Therapie von Patienten mit chronischen Erkrankungen, wie Hypertonie, Diabetes oder Herzinsuffizienz, ist das tägliche Festhalten von indikationsspezifischen Gesundheitsparametern. Durch die Aufzeichnung dieser Parameter wie Blutdruck, Puls, Körpergewicht oder Blutzucker, aber auch Wohlbefinden und Medikation, ist der behandelnde Arzt in der Lage, den Therapieverlauf besser zu überblicken als auf der Basis von Einzelmessungen im Zuge von unregelmäßigen Praxisbesuchen. Diese regelmäßig erhobenen Daten zeigen Trends im Krankheitsverlauf und erleichtern die Entscheidung für individuelle Therapieanpassungen [1]. Durch die bedarfsorientierte Medikamentenverschreibung kann der Patient besser in Richtung des bestmöglichen Gesundheitszustands geführt werden.

1.1. Tele/Homemonitoring-System

Unter Tele- bzw. Homemonitoring versteht man den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien zur Fernüberwachung bzw. -diagnose von Patienten durch ihren Arzt. Ein typisches Homemonitoring-System besteht aus den folgenden Komponenten:

- *Arzt-Terminal:* Der behandelnde Arzt verwendet einen Personal Computer (PC) mit Internetanbindung und greift mittels Browser und gesicherter Internetverbindung auf das Portal der Gesundheitsdaten-Zentrale zu.

¹ Austrian Research Centers GmbH – ARC / eHealth systems, Graz

- *Gesundheitsdaten-Zentrale*: Ein Web-basiertes Monitoring-System dient als Datendrehscheibe zwischen Patient und Arzt und beinhaltet neben einer Datenbank auch diverse Services zur automatischen Datenverarbeitung.
- *Patienten-Terminal (PT)*: Ein informationstechnisches Gerät mit Internetanbindung, wie ein PC, ein Personal Digital Assistant (PDA) oder das Mobiltelefon (MT), dient zur Erfassung und Übertragung von gesundheitsrelevanten Parametern sowie zum Empfang und zur Darstellung von Feedback-Nachrichten.

1. 2. Mobiltelefon als Patienten-Terminal

Die ubiquitäre Verfügbarkeit von verschiedenen Mobilfunknetzen und die uneingeschränkte Mobilität von Mobiltelefonen sind Argumente für den Einsatz des Mobiltelefons in Home-Monitoring-Applikationen. Wachsende Rechenleistung, die Fähigkeit mit Web-basierten Systemen zu interagieren, diverse Funkstandards sowie das Standard-Benutzerinterface (Display und alphanumerisches Tastenfeld) sind weitere Eigenschaften, die für den Einsatz des MTs als PT sprechen [2]. Grundsätzlich gibt es zwei Ansätze, Daten einzugeben und zu übertragen:

- *Mobiler Browser*: Der integrierte Web- oder WAP- (Wireless Application Protocol) Browser des MTs erlaubt den Zugriff auf das entsprechende Portal der Gesundheitsdaten-Zentrale [3]. Nach Authentifizierung tippt der Benutzer seine Messwerte und weitere gesundheitsrelevante Parameter in dafür vorgesehene Eingabefelder ein.
- *Client-Applikation*: Eine lokal installierte Software-Anwendung mit optimiertem Benutzerinterface, ermöglicht neben der manuellen Dateneingabe auch den Einsatz von Bluetooth für den automatischen Datenaustausch zwischen Messgerät und Mobiltelefon [4]. Diese Lösung ermöglicht eine Offline-Datenerfassung, da die eingegebenen Parameter lokal abgespeichert und gesammelt mit der Zentrale synchronisiert werden können [5].

Bisherige Lösungen von Patienten-Terminals basierend auf MT werden bereits erfolgreich eingesetzt, haben jedoch noch Optimierungsbedarf in Bezug auf die Benutzerfreundlichkeit. Manuelle Methoden, egal ob Browser- oder Client-basiert, aber auch der Einsatz von Bluetooth fordern einen hohen Interaktionsaufwand über das kleine Display und das Tastenfeld.

1. 3. Near Field Communication Technologie

Near Field Communication (NFC) Technologie ist eine Funktechnologie, die auch im MT verfügbar ist und in Home-Monitoring-Applikationen angewendet werden kann [6]. NFC ist eine kontaktlose Kommunikationstechnologie für den Austausch von kleineren Datenmengen über eine Distanz von weniger als 20 Zentimetern. NFC kombiniert die Vorteile der passiven Radio Frequenz Identification (RFID) Technologie mit jenen anderer Funktechnologien. Die Point2Point Datenübertragung erfolgt im ISM Band von 13,56MHz und ermöglicht eine Datenrate von 106, 212, oder 424kBit/s. Durch die geringe Reichweite und der Begrenzung auf nur zwei Kommunikationspartner ergibt sich das „Bring-in-Touch“ Paradigma. Bringt man zwei NFC-fähige Geräte nahe genug aneinander, so werden diese automatisch gekoppelt, worauf die Daten automatisch übertragen werden [7]. Ein MT mit NFC ist in der Lage, abhängig von den empfangenen Daten, einen Prozess automatisch zu starten.

2. Methoden

2.1. Prototyp mit NFC Technologie

Um das Potential dieser Technologie für Home-Monitoring-Applikationen zu erörtern, wurde ein prototypischer Demonstrator auf Basis des Mobiltelefons Nokia 3220 NFC (Nokia Corporation, Helsinki, Finnland) (*Abbildung 1a*) implementiert. Eine eigene Applikation musste nicht entwickelt werden, da die bereits vorinstallierte J2ME Software mit der Bezeichnung Service Discovery verwendet werden konnte. Diese Applikation startet automatisch den am MT installierten Browser, wenn ein RFID Tag mit einem darauf gespeicherten URL-Shortcut berührt wird. Um diese Applikation zu nutzen, wurde ein Blutdruckmessgerät (BMG) mit NFC ausgestattet, das dem Mobiltelefon einen URL-Shortcut übergibt, in dem die gemessenen Werte enthalten sind. Dafür wurde auf das handelsübliche BMG vom Typ UA-767PBT (A&D Company, Tokyo, Japan) (*Abbildung 1b*) zurückgegriffen, das über eine serielle Schnittstelle verfügt. Über diese Schnittstelle wurde ein NFC Modul angekoppelt, das speziell für die Integration in medizinische Messgeräte entwickelt wurde. Nach jeder erfolgreichen Messung empfängt das NFC Modul an der seriellen Datenleitung ein Datenpaket. Die Firmware des Moduls extrahiert die darin enthaltenen Messwerte und hängt diese an einen Web-URL an, der via NFC an das MT übergeben wird, sobald dieses in unmittelbare Nähe gehalten wird.



Abbildung 1: prototypisches Demonstrator-System für Blutdruck-Monitoring bestehend aus dem NFC-fähigen Mobiltelefon Nokia 3220 (a) und dem Blutdruckmessgerät UA 767 (b) mit integriertem NFC-Modul

Der Ablauf der Datenerfassung und -übertragung beschränkt sich bei diesem Demonstrator auf das physikalische Zusammenführen von BMG und MT. Dadurch wird am MT die Applikation Service Discovery gestartet und in Folge die URL (mit den angehängten Parametern) im integrierten Browser geöffnet. Abhängig vom Zielsystem wird eine entsprechende Antwort im Browser dargestellt. Lediglich der Aufbau der Internetverbindung muss durch einen Tastendruck bestätigt werden.

2.2. Gesundheitsdaten-Zentrale

Dieser Prototyp wurde an eine bestehende Gesundheitsdaten-Zentrale angebunden, die gemeinsam mit klinischen Partnern entwickelt wurde. Dieses System entspricht einer dreischichtigen Server-Architektur bestehend aus den folgenden OpenSource-Komponenten:

Der Web Server (Tomcat, Apache Software Foundation, Wilmington, Delaware) empfängt die Daten vom PT und stellt die verarbeitete Information in einer Webseite dem behandelnden Arzt wieder zur Verfügung.

Der Applikation Server (Zope 6.1, ZOPE Corporation, Fredericksburg, Virginia) verwaltet die Daten und die dazugehörigen Benutzer und berechnet die Grafiken und Statistiken für die Darstellung.

Die Datenbank (Interbase 6.1, Borland, Cupertino, Kalifornien) speichert alle vom Patienten erhaltenen sowie vom System verarbeiteten Daten persistent.

Dieses System wurde bereits im Vorfeld für die Durchführung der CardioMemory Studie eingesetzt, wobei Patienten mittels J2ME Applikation oder WAP Seite nach Eingabe von Benutzername und Kennwort ihren Blutdruck erfasst und übertragen haben.

2.3. Evaluierung des Prototypen

Um die Benutzerfreundlichkeit und Anwendbarkeit der prototypisch implementierten NFC-Demonstrators zu evaluieren, wurden Studenten eines Health Care Engineering Studienganges gebeten, ihren Blutdruck zu ermitteln und an die Gesundheitsdaten Zentrale zu übertragen. Die Aufgabe bestand darin, alle drei Methoden zur MT-basierten Datenerfassung (NFC, J2ME und WAP) anzuwenden und vergleichend zu bewerten. Diese Evaluierung wurde in einer kontrollierten Umgebung nach folgendem Protokoll durchgeführt:

- *Vorbereitung des MTs zur Verwendung als PT:* Im Falle von WAP musste die entsprechenden URL als Startseite gespeichert werden. Die J2ME Variante erforderte den Download über eine entsprechende Webseite und die Installation der Applikation. Im Falle der NFC-basierten Methode musste keine Vorbereitung getroffen werden.
- *Blutdruck messen:* Anlegen der Manschette am Oberarm und Starttaste drücken
- *Messwert am PT erfassen:* Im Falle der manuellen Methode musste entweder der WAP Browser oder die J2ME Applikation gestartet werden und in Folge die Personenkennung (Benutzername und Kennwort) eingetragen werden. Systole, Diastole und Herzrate wurden dann in die entsprechenden Felder eingetragen. Bei Anwendung des NFC-Demonstrators musste das MT and das BMG herangeführt werden. Die Applikation Service Discovery startet automatisch und übernimmt die gemessenen Werte.
- *Übertragung an die Gesundheitsdaten-Zentrale:* Zur weiteren Übertragung der Daten musste bei allen der drei Varianten abschließend eine Taste (OK) gedrückt werden. Darauf hin wurde eine Bestätigung angezeigt, dass die Daten in die Datenbank übernommen worden sind.

Jeder Student musste pro Variante mindestens einen Satz an Messwerten übertragen und anschließend eine Bewertung nach 20 vordefinierten Quantifizierungsparametern vornehmen. Diese Parameter wurden zu Beginn nach eigener Einschätzung in ihrer Wichtigkeit bewertet, wobei „0“ keine Relevanz und „100“ hohe Wichtigkeit des Parameters bedeuten. Diese Gewichtungsfaktoren wurden daraufhin auf eine Summe von 100% normalisiert. In Folge wurde bewertet, inwieweit jeder der 20 Parameter auf die drei getesteten Methoden zutrifft. Die Quantifizierung mit „1“ bedeutete schwache Übereinstimmung, während mit „5“ volle Übereinstimmung attestiert wurde. Die Bewertung mit „0“ bedeutete, dass diese Eigenschaft nicht erfüllt wurde.

Schlussendlich wurden diese 20 Parameter zu den sieben wichtigsten Anforderungen eines idealen Patienten-Terminals zusammengefasst. Die daraus resultierende Bewertung der jeweiligen Methode ergab sich durch Multiplikation der gemittelten Gewichtswerte mit den gemittelten Bewertungsnoten. Die Ergebnisse wurden als Mittelwert +/- Standardabweichung dargestellt. Zur Ermittlung der statistischen Signifikanz über Unterschiede der Methoden wurde der Friedmann-Test angewandt. Hierbei wurde ein p-Wert von $p < 0,05$ als statistisch signifikant festgelegt.

3. Ergebnisse

An diesem Versuch haben 14 Studenten (davon 6 weiblich, Alter 23,2 +/- 4,9 Jahre) teilgenommen. Davon haben 13 Studenten eine Bewertung über die MT-basierte Datenerfassung mittels WAP, J2ME und NFC abgegeben, die zur folgenden Auswertung (Tabelle 1) führte. In der Prioritätsskala für die verschiedenen Anforderungen wurde die Benutzerfreundlichkeit mit 33 % am höchsten eingestuft. Darauf folgen Verfügbarkeit des Service mit 21% an zweiter- und Zuverlässigkeit (der Datenübertragung) mit 15% an dritter Stelle.

Tabelle 1: Überschriften und Zeilenabstände

Anforderungen	Gewichtung [%]	Bewertung			p-value
		WAP	J2ME	NFC	
Benutzerfreundlichkeit	33	99,6 +/-23,6	128,6 +/-21,0	138,6 +/-37,9	< 0,01
Verfügbarkeit (Service)	21	59,5 +/-13,1	80,8 +/-14,3	78,1 +/-23,4	< 0,01
Zuverlässigkeit	15	32,7 +/-11,6	48,2 +/-11,6	58,5 +/-15,5	< 0,01
Integrierte Lösung	12	35,0 +/-12,0	31,6 +/- 7,4	38,9 +/-10,0	n.s.
Niedrige Kosten	11	41,0 +/-13,1	36,9 +/- 9,9	33,3 +/-12,9	n.s.
Feedback-Fähigkeit	5	16,1 +/- 4,8	11,5 +/- 5,3	12,3 +/- 8,1	n.s.
Sicherheit	3	5,8 +/- 2,6	9,2 +/- 2,9	10,2 +/- 2,4	< 0,01
in Summe	100	289,7 +/- 40,4	346,7 +/- 38,1	369,9 +/- 82,8	< 0,01

In Summe wurde die NFC-basierte Methode der Datenerfassung vor J2ME und WAP als am besten geeignet bewertet. Vergleicht man die Bewertungen der Methoden für die unterschiedlichen Anforderungen, so konnte sich der NFC-Demonstrator vor allem in den Punkten Benutzerfreundlichkeit, Zuverlässigkeit, integrierte Lösung und Sicherheit behaupten.

Die J2ME Applikation wurde in Punkto Verfügbarkeit am besten bewertet. Für die WAP Technologie sprechen die niedrigen Kosten und die einfache Darstellung von Feedback.

4. Diskussion

Der Einsatz des Mobiltelefons als Patienten-Terminal in verschiedenen HomeMonitoring-Anwendungen hat gezeigt, dass die Akzeptanz gegenüber dieser Form der Datenerfassung zum größten Teil gegeben ist [5]. Ältere und technisch weniger versierte Anwender zeigen sich manchmal bei der Hantierung des Mobiltelefons zur Eingabe von Gesundheitsdaten überfordert. Diese Situation wurde von den Testpersonen durch die hohe Bewertung der Benutzerfreundlichkeit berücksichtigt. Sowohl die Methode via WAP Browser als auch die J2ME Applikation setzen voraus,

dass der Anwender mit der grundlegenden Funktionalität eines Mobiltelefons vertraut ist. Die abwechselnde Eingabe von Text und numerischen Werten über das Q9 Tastenfeld führt leicht zu Tippfehlern. Die Folge sind Fehlermeldungen oder fehlende bzw. unvollständige Daten.

Der Einsatz von NFC-Technologie erlaubt eine wesentlich einfachere Gestaltung der Datenerfassung, da keinerlei manuelle Interaktion vom Anwender gefordert wird. Diese Tatsache minimiert auch den Schulungsaufwand für die Patienten, weshalb die NFC-basierte Lösung in Bezug auf die Benutzerfreundlichkeit am besten bewertet wurde. In Bezug auf die Zuverlässigkeit der Daten konnte die NFC-basierte Methode ebenfalls punkten, da durch den automatischen Datenaustausch unbeabsichtigte Fehleingaben ausgeschlossen sind.

Ein weiterer technischer Vorteil, der laut Testanwender für die NFC-Technologie spricht, ist die Möglichkeit einer integrierten Lösung, die durch die Kompatibilität von NFC mit RFID Tags geboten wird. Einerseits können verschiedene Messgeräte (Personenwaage, Blutzuckermessgerät,...) mit dem NFC Modul ausgestattet werden und andererseits RFID Tags eingesetzt werden, um weitere Parameter (Wohlbefinden, Medikation,...) zu erfassen. Diese integrierte Lösung kann nur von einer Software Applikation (in J2ME) abgedeckt werden, die verschiedene Daten über die NFC Schnittstelle entgegen nimmt, lokal abspeichert und gesammelt an die Gesundheitsdaten-Zentrale übermittelt. In Kombination mit kontaktlosen Smartcards zur Personenidentifikation bietet diese Applikation des Weiteren ein erhöhtes Maß an Sicherheit.

In Bezug auf die Kosten wurde für die NFC-basierte Methode in Vergleich zu WAP und J2ME eine negative Bewertung abgegeben, da diese Technologie noch nicht weit verbreitet und somit noch recht teuer ist. In Zukunft soll die NFC-Technologie im MT zur bargeldlosen Bezahlung und für verschiedene Ticketing-Applikationen eingesetzt werden. Dies ist Grund zur Annahme, dass in Folge NFC-fähige MT zu adäquaten Preisen am Markt erhältlich sein werden.

5. Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser eingeschränkten Untersuchung haben gezeigt, dass der tägliche Prozess der Erfassung und Übertragung von Gesundheitsparametern mit dem Mobiltelefon durch den Einsatz von NFC-Technologie wesentlich vereinfacht werden kann. Die intuitive Form der Datenerfassung durch das beinahe Berühren von Messgeräten birgt einen hohen Grad an Benutzerfreundlichkeit und bedeutet somit einen wesentlichen Schritt in Richtung des idealen Patiententerminals. Die aufgezeigten Vorteile gegenüber existierenden Lösungen animieren uns zur weiteren Auseinandersetzung mit dieser Technologie und Entwicklung darauf basierender Applikationen. Hierbei soll die erwähnte Kombination von J2ME und NFC die Vorteile beider Ansätze vereinen und neben NFC-fähigen Messgeräten auch die Datenerfassung durch passive RFID Tags mit einbeziehen. Ziel dieser Strategie ist die Entwicklung eines einfach zu bedienenden Patienten-Terminals, bei dem die Technik weitgehend im Hintergrund steht und mit dem selbst ältere und technisch weniger versierte Patienten ihre Daten erfassen und dem behandelnden Arzt zur Verfügung stellen können.

6. Literatur

- [1] HOLMAN H, and LORIG K., Patients as partners in managing chronic diseases, British Medical Journal 2002: vol. 320: 526 – 527.
- [2] TRIPPLE TREE ANALYSIS, Telemedicine 2.0: Connecting medical devices, patients and providers to improve health, last visit: February 2008, available at: <http://www.abl.org/Online/2007/050307/5-3%20TripleTree.pdf>

[3] SALVADOR CH, CARRASCO MP, de MINGO MAG, CARRERO AM, MONTES JM, MARTIN LS, et al, Airmed-cardio: a GSM and Internet services-based system for out-of-hospital follow-up of cardiac patients. IEEE Trans Inf Technol Biomed 2005; 9: 73-85.

[4] LOGAN AG, McISAAC WJ, TISLER A, IRVINE MJ, SAUNDERS A, DUNAI A, et al, Mobile phone-based remote patient monitoring system for management of hypertension in diabetic patients, Am J Hypertens. 2007 Sep;20(9):942-8.

[5] KOLLMANN A, RIEDL M, KASTNER P, SCHREIER G, and LUDVIK B., Feasibility of a Mobile Phone-Based Data Service for Functional Insulin Treatment of Type 1 Diabetes Mellitus Patients, J Med Internet Res. 2007 Dec 31;9(5):e36.

[6] STRÖMMER E, KAARTINEN J, PÄRKKÄ J, YLISAUKKO-OJA J, and KORHONEN I. Application of Near Field Communication for Health Monitoring in Daily Life. Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference New York City, Aug 30-Sept 3, 2006

[7] NXP. Near Field Communication. Online, last visit: February 2008, available at: <http://www.nxp.com/products/identification/nfc/>

