

Replikation im mobilen Pflegeassistenzsystem MARIKA

Martin Düffer, Andre Peters

Universität Rostock
Institut für Informatik
{martin.dueffer, andre.peters}@uni-rostock.de

Zusammenfassung Mit dem derzeitigen demografischen Wandel nimmt auch die Bedeutung der häuslichen Gesundheitspflege stark zu. Professionelle Pflegedienste unterliegen dabei einer gesetzlichen Dokumentationspflicht. Die Dokumentation von Pflegeaktivitäten ist eine sehr zeitaufwendige Tätigkeit und nimmt bis zu 40% der täglichen Arbeitszeit in Anspruch. Durch automatische Dokumentation ist es möglich das Pflegepersonal zu unterstützen, so dass letztendlich mehr Zeit für die eigentlichen Pflegetätigkeiten bleibt.

Das in dieser Arbeit vorgestellte Projekt MARIKA beschäftigt sich mit der Entwicklung einer globalen Pflegedokumentations- und Koordinationsplattform. Diese soll das Pflegepersonal durch automatische Aufzeichnung der erbrachten Pflegetätigkeiten unterstützen. Durch Rückschlüsse aus der Analyse und Auswertung dokumentierter Tätigkeiten kann die Planung täglicher Arbeitsabläufe verbessert und die Auslastung vorhandener Ressourcen optimiert werden.

Ein Kernbestandteil des Systems bilden Geräte für den ambulanten mobilen Pflegeeinsatz. Nach Aufzeichnung der erbrachten Pflegetätigkeiten werden die aufgezeichneten Daten zwischen den Komponenten des Systems repliziert. Für den Einsatz in verteilten Datenbanksystemen mit mobilen Teilnehmern werden spezielle Replikationsverfahren vorgestellt.

1 Einleitung

Der „Landesforschungsschwerpunkt Mobile Assistenzsysteme“ [1] beschäftigt sich mit der Entwicklung neuer IT-Konzepte und Produkte u.a. in den Bereichen Gesundheit und intelligente Umgebungen unter dem Leitthema der mobilen Assistenz.

Höhere durchschnittliche Lebenserwartungen durch medizinische Fortschritte und rückläufige Reproduktionsraten [2] lassen die Menschheit zunehmend altern. Ein Phänomen, das sich auch im internationalen Vergleich widerspiegelt. Körperliche und geistige Funktionsverlagerungen mit zunehmendem Alter gipfeln nicht selten in späteren Aktivitätseinschränkungen. Gewohnte Tätigkeiten fallen mit steigendem Alter schwerer oder können nicht mehr ausgeübt werden. Ältere Menschen werden dann nicht selten zu Hilfe- oder Pflegebedürftigen. Die Bevölkerungsschicht der älteren Menschen ist die zur Zeit am stärksten wachsende.

Wissenschaft und Industrie stehen vor großen Herausforderungen neue Lösungsansätze für den Umgang mit dem demografischen Wandel zu entwickeln. Häusliche Pflege älterer und kranker Menschen stellt nicht selten eine beträchtliche Belastung für die Angehörigen dar. Bis zu einem Drittel der Aufnahmen in Pflegeheimen sind dem sogenannten „Pflege Burnout“ geschuldet.

Ziel neuer Technologien ist es, Angehörige zu entlasten und betroffenen Personen einen hohen Grad an Selbstständigkeit zu erhalten, damit sie so lange als möglich in ihrer gewohnten Umgebung und in ihrem gewohnten sozialen Umfeld verbleiben können. Ist eine Pflege durch Angehörige nicht möglich, besteht in vielen Fällen, alternativ zur stationären Pflege, die Möglichkeit professionelle ambulante Pflege in Anspruch zu nehmen. Ein professioneller Pflegedienstleister unterliegt einer gesetzlichen und sehr genau geregelten Dokumentationspflicht bei der Durchführung von Pflegeaktivitäten.

Der Dokumentationsprozess nimmt dabei nach Angaben des projektbegleitenden Pflegedienstes bis zu 40% der Arbeitszeit in Anspruch. Dokumentationen werden in der Regel handschriftlich erstellt und sind nicht selten ungenau, da ein straffer Pflege- bzw. Dienstplan die Anfertigung einiger Teile der Dokumentation erst zu einem späteren Zeitpunkt zulässt.

Neuheitliche Lösungen sind gefordert, die einen begleitenden, fehlerfreien, korrekten und weitestgehend automatisierten Dokumentationsprozess gewährleisten. Eine durchgehende digitale Verarbeitung kann ebenfalls helfen, Informationsbrüche zu vermeiden und durch geeignete Schnittstellen eine hohe Interoperabilität sicherzustellen. Das so unterstützte Personal bekommt damit mehr Zeit für eigentliche Pflegetätigkeiten und wird bei der täglichen Arbeit zudem durch geeignete Funktionalitäten, wie Erinnerungsfunktionen oder Entscheidungshilfen unterstützt.

Nach einer kurzen Vorstellung des MARIKA Projekts in Abschnitt 2 werden im Abschnitt 3 die Problemfelder skizziert und in Abschnitt 4 erste Überlegungen zur deren Lösung aufgezeigt. Am Schluss gibt Abschnitt 5 eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf weitere Forschungsvorhaben.

2 Das MARIKA Projekt

Die gesundheitliche Forschung ist ein enormer Wachstumsmarkt und besitzt sehr viel Potential für Innovationen. Eine große Anzahl Veröffentlichungen bestätigt diesen Trend. Wichtige Schlüsselfunktionen nehmen Koordinations- und Kommunikationsplattformen in der ambulanten Gesundheitspflege ein [3,4]. Diese gestatten den am Pflegeprozess beteiligten Parteien eine verbesserte Organisation und Koordination ihrer Arbeitsabläufe und fördern die korrekte Verbreitung von Informationen untereinander.

Ziel des Projekts MARIKA [1] (**M**obile **A**ssistenz für **R**outen**I**nformation und **K**ranken**A**kte) ist, verschiedenste Technologien für eine weitestgehend automatische Dokumentation des Pflegeprozesses bereitzustellen. Entwicklungen im Projekt erstrecken sich auf folgende Bereiche:

- Sensorbasierte Aktivitätserkennung mittels statistischer Modelle
- Sprachverarbeitung
- Datensicherheit und Datenschutz
- Indoor/Outdoor Lokalisierung (Routeninformation)
- E-Learning Aspekte
- Mobile Datenverwaltung
- Daten- und Funktionsintegration
- Kontext- und Wissensmanagement

Ein Kernbereich des Projekts ist der Informationsaustausch. Dieser beschäftigt sich zum Einen mit der Integration verschiedenster heterogener Datenquellen, zum Anderen mit dem Datenaustausch zwischen verschiedenen Komponenten bzw. Akteuren des Gesamtsystems. Im Abschnitt 4 wird näher auf verwendete Techniken aus dem Bereich der mobilen Replikation eingegangen.

Die von uns fokussierte Pflegeplattform hat zum Ziel, die Kosten im Pflegeprozess zu senken und Dienstleister effizient bei der Koordination und Planung alltäglicher Arbeitsabläufe zu unterstützen. Hohe Interoperabilität ist eine gewichtige Forderung des MARIKA Systems.

Vorerst wird sich der Datenaustausch primär auf die unmittelbaren Komponenten des Pflegesystems beschränken. In weiteren Entwicklungen sind zusätzliche Verflechtungen mit Systemen externer Einrichtungen, wie Krankenhäusern und Arztpraxen denkbar.

Durch die enge Zusammenarbeit mit einem ortsansässigen ambulanten Pflegedienst kann auf einschlägige Erfahrungen aus alltäglichen Arbeitsabläufen zurückgegriffen werden. Das erleichtert die Entwicklung geeigneter Modelle und Komponenten. Ebenso erleichtert es das Testen dieser unter realen Bedingungen in häuslichen Umgebungen mit tatsächlich Pflegebedürftigen und entsprechend ausgebildetem Pflegepersonal.

3 Problemstellung

Der Dokumentationsprozess im medizinischen Sektor, insbesondere im Umfeld ambulanter Pflege, erfolgt meist handschriftlich und weist oftmals an mehreren Stellen Informationsbrüche auf. Das Gesamtkonzept MARIKA muss die resultierenden Probleme lösen. Der Kernpunkt dieser Arbeit liegt dabei im Bereich der mobilen Datenverwaltung und der damit verbundenen Replikation. Im Folgenden soll ein alltäglicher Tagesablauf skizzieren, wie wir uns ein ambulantes Pflegeszenario in Zukunft vorstellen und aufzeigen mit welchen Problemfeldern wir uns konfrontiert sehen.

In einem zentralen Datenmanagementsystem existieren zu jedem Pflegebedürftigen eine Pflegedokumentation (Krankenakte) und ein vertraglich festgelegter Pflegeplan. Je Pflegekraft wird unter Berücksichtigung patientenbezogener persönlicher Vorlieben, bestimmter zeitlicher Abfolgen, bestimmten festgesetzten Terminen und voraussichtlicher Dauer der beim Patienten zu verrichtenden Pflegetätigkeiten ein täglicher Einsatzplan erstellt. Dieser legt fest, welcher Patient wann und wie versorgt werden muss. Resultierende Routeninformationen werden automatisch erstellt und zusammen mit weiteren erforderlichen Dokumenten auf mobile Geräte repliziert.

Gewöhnlich fährt die Pflegekraft dann die ihr zugeteilten Pflegebedürftigen mit dem Auto ab und verrichtet die im Pflegeplan enthaltenen Tätigkeiten beim Patienten. Die Dokumentation der Tätigkeiten erfolgt automatisch, z.B. durch sensorbasierte Aktivitätserkennung oder Sprachsteuerung. Ist der Pflege- und Dokumentationsprozess beendet, werden die entsprechenden Daten sowohl auf das zentrale Datenmanagementsystem, wie auch auf einen separaten Datenspeicher beim Patienten übertragen. Im zentralen Datenmanagementsystem stehen diese zeitnah für Berechnungen, Analysen und Planungsaktivitäten zur Verfügung. Der separate Datenspeicher erlaubt es, Angehörigen und Einsatz- und Rettungskräften ohne Zugang zum zentralen System Einblick in den derzeitigen Stand der Pflegeaktivitäten zu gewähren. Treten spontane Änderungen im Tagesablauf einer oder mehrerer Pflegekräfte auf, werden die benötigten Daten automatisch auf den mobilen Geräten angepasst bzw. benötigte Daten auf diese übertragen.

Als Geräte für den mobilen Einsatz bei Pflegediensten sind TabletPCs, PDAs und Smartphones denkbar. Im Projekt selbst werden Geräte präferiert, die auf Intels Referenzarchitektur für *Mobile Clinical Assistant* (MCA)[5] basieren. Geräte dieser Architektur bringen eine Vielzahl an integrierten Features, wie Barcode Scanner, RFID Scanner, Fingerprint Sensor, Kamera und verschiedene drahtgebundene wie drahtlose Netzwerk- und Kommunikationseinrichtungen mit. Erste prototypische Anwendungen im Projekt wurden bereits auf dieser Architektur entwickelt. Ein im Einsatz befindliches elektronisches Fahrtenbuch und ein digitales Logbuch liefern ebenfalls erste verwertbare Ergebnisse über benötigte Laufzeiten, Dauer von Behandlungen und zurückgelegten Entfernungen.

Durch einen hohen Grad an Mobilität, den Umgang mit personenbezogenen Daten und der Autonomie beteiligter Komponenten und Mitglieder am Pflegesystem, sehen wir uns ebenso mit Datenschutzerfordernungen, wie auch Anforderungen einfacher Handhabung, Portabilität und Adaptivität konfrontiert. Entsprechend sind Daten zu klassifizieren und ein zuverlässiges und einfach zu handhabendes Zugriffsrechtssystem zu implementieren.

Basis für Abrechnungen im Pflegeumfeld sind die sogenannten Servicekataloge, in denen alle Pflegeaktivitäten in spezielle Pflegestufen untergliedert sind. Diese Kataloge beschreiben exakt die Durchführung, das Ausmaß und die abrechenbaren Kosten für alle Pflegeaktivitäten.

Pflegedokumentation und Pflegeplan enthalten eine Vielzahl unterschiedlicher Dokument- und Datentypen, wie Sensordaten, Daten zu repräsentativen Pflegeaktivitäten, Text und Multi-Mediadaten, wie Fotos, Videos und Sprachnachrichten und Daten aus zeitlichen und räumlichen Loggingaktivitäten. Diese Daten und Dokumente sind Grundlage für Abrechnungen und Fragestellungen, wie: „Bei welchem Patienten wurden welche Tätigkeiten wie lange durchgeführt? Traten Besonderheiten auf?“. Verschiedene Informationen sind zeitkritisch. Dokumente und Daten müssen klassifiziert und durch intelligente Vorauswahl entsprechend repliziert werden.

4 Replikation in MARIKA

Im Abschnitt 3 wurde ein zukünftiger alltäglicher Arbeitsablauf geschildert. Bei dem von uns fokussierten System handelt es sich um ein verteiltes Datenbanksystem mit mobilen Teilnehmern, bestehend aus einem zentralen stationären Datenbanksystem, mobilen Datenbanken auf den mobilen Geräten der Pflegekräfte, sowie eingebetteten Datenbanken auf den Geräten der Patienten, welche hauptsächlich die Bestandteile der persönlichen Pflegedokumentation verwalten.

Nach dem Zielkonflikt der Replikation [6] widersprechen sich die beiden Forderungen des Projekts MARIKA nach maximaler Verfügbarkeit des Gesamtsystems und strikter Konsistenz aller Replikate.

Für weitere Betrachtungen wird im Folgenden auf die Bereiche Kopie-Update-Strategien und Fehlerbehandlung der aus [7] eingeführten „Diskussion von Replikationsverfahren“ eingegangen. Im Gegensatz zu statischen Knoten verteilter Datenbanken, sind mobile Teilnehmer fast ausschließlich vom Netzwerk getrennt. Klassische Verfahren, wie *Read-One-Write-All* sind im mobilen Umfeld ungeeignet, da sie durch Sperrverfahren die Verfügbarkeit aller Replikate für den fehlerfreien Einsatz voraussetzen. Primär-Kopie-Verfahren hingegen führen Änderungen auf der Masterkopie durch und propagieren diese.

Bezüglich des Verhaltens bei Netzpartitionierungen untersucht [7] konservative und progressive Verfahren. Der Fokus progressiver Verfahren liegt dabei auf der Verfügbarkeit des Gesamtsystems. Im unverbundenen Zustand kann auf den mobilen Klienten uneingeschränkt weitergearbeitet werden. Gegebenenfalls auftretende temporäre Inkonsistenzen werden bei diesem Verfahren in Kauf genommen. Bei konservativen Verfahren hingegen liegt der Fokus auf der strikten Erhaltung der Konsistenz. Bei diesem Verfahren kann es ggf. zur temporären Nichtverfügbarkeit des Systems kommen.

Gemäß den Anforderungen des Projekts werden im weiteren die Primär-Kopie-Verfahren und die progressiven Verfahren als Grundlage für Replikationstechniken in mobilen Datenbanken angesehen und eingehender betrachtet.

Die Zwei-Schichten-Replikation [8] oder auch provisorische Transaktion [6] ist ein erweitertes Primär-Kopie-Verfahren [9] und bietet die Möglichkeit, auch beim Arbeiten im lokalen offline-Modus die Integrität des Gesamtsystems zu wahren. Ein Vorteil provisorischer Transaktionen ist, dass beliebig viele lokale Transaktionen ausgeführt werden können, bevor diese auf einem Datenbankserver eingebracht werden. Lange offline-Phasen erhöhen allerdings die Wahrscheinlichkeit von Einbringungskonflikten. Im verbindungslosen Betrieb entstehende Daten sind ebenso wie die durchgeführten Transaktionen selbst zunächst nur provisorisch. Sogenannte Bereichsregeln definieren den Gültigkeitsbereich dieser Transaktionen und sichern damit bestimmte Bedingungen ab.

Bei der nächsten Übertragung zum Datenbankserver wird versucht, unter Beachtung des definierten Gültigkeitsbereiches die Transaktionen auszuführen. Ergebnisse werden an den mobilen Klienten propagiert. Ist es nicht möglich die Transaktionen in Basistransaktionen zu überführen, wird eine entsprechende Fehlermeldung generiert.

Das aus dem Xerox PARC's Bayou Project [10] hervorgegangene Bayou-System verwendet ebenfalls provisorische Transaktionen. [11] beschreibt die Erweiterungen *per-write dependency checks* und *per-write merge procedures* als Verfahren zur verbesserten Konflikterkennung bzw. Konfliktlösung. [12] beschreibt ein einfaches und sehr flexibles *Anti-Entropie-Protokol* für die Update Propagation zwischen schwach konsistenten Replikaten auf Basis von paarweisem Ausgleich, welches zudem das Arbeiten in verschiedensten Netzwerkumgebungen unterstützt.

In der Pflegedokumentation kann zwischen zeitkritischen und zeitunkritischen Daten unterschieden werden. Zeitkritische Daten nehmen einen hohen Stellenwert ein, da sie bestimmte Handlungsverläufe bedingen oder direkt beeinflussen. Die vorgestellten Verfahren sind dahingehend zu untersuchen und zu erweitern, als dass sie die Forderungen nach zeitnaher Replikation und Konsistenz aller Replikate zumindest für den Teil der „wichtigen“ Daten erfüllen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Projekt MARIKA befasst sich hauptsächlich mit der Unterstützung ambulanter Pflegekräfte bei der automatischen Dokumentation von Pflegeleistungen. Eines der Ziele ist die Bereitstellung einer Pflegedokumentations- und Koordinationsplattform. Das fokussierte System soll zusätzlich zur Dokumentation die Pflegekräfte durch geeignete Funktionalitäten in Planung und Durchführung von Pflegeleistungen unterstützen. Dadurch ist eine verbesserte Koordination von Arbeitsabläufen, eine höhere Ressourcenausnutzung und eine Senkung der Kosten im Pflegebereich zu erwarten.

Datenreplikation ist im Projekt MARIKA für die systemweite Bereitstellung von Informationen ein wichtiger Aspekt. Mobile Klienten arbeiten üblicherweise im unverbundenen Zustand. So sind Replikate nicht immer erreichbar. Klassische ROWA Techniken sind damit in verteilten Datenbanksystemen mit mobilen Teilnehmern nicht anwendbar. Erweiterte Primär-Kopie-Verfahren können auch in mobilen Umgebungen zur Propagation von Änderungen genutzt werden. Die Fehlerbehandlung nach Netzpartitionierungen wird durch den Einsatz progressiver Techniken vollzogen und bildet die Grundlage für spätere Synchronisationsverfahren.

Die Forderungen nach maximaler Verfügbarkeit des Gesamtsystems bei gleichzeitiger maximaler Konsistenz der Replikate stehen im Widerspruch zueinander [6]. Weiterführende Untersuchungen müssen zeigen, wie Konflikte durch geeignete Erweiterungen der vorgestellten Techniken minimiert werden können. In diesem Zusammenhang muss aus dem Kontext der Pflegedokumentation heraus eine Klassifizierung der Daten nach Kriterien geforderter Konsistenz bzw. vordergründiger Verfügbarkeit erarbeitet werden.

Literatur

1. Uni Rostock: Landesforschungsschwerpunkt. <http://marika.lfs-ma.de> (2008) [Online].
2. Krüger-Brand, H.E.: VDE-Positionspapier: Potenziale von Ambient Assisted Living. *Deutsches Ärzteblatt* **46** (2008)
3. Bricon-Souf, N., Anceaux, F., Bennani, N., Dufresne, E., Watbled, L.: A distributed coordination platform for home care: analysis, framework and prototype. *International Journal of Medical Informatics* **74** (2005) 809–825
4. Karopka, T., Bruder, I., van den Berg, N., Hoffmann, W., Heuer, A.: Ict architecture for a community medicine nurse project. In: *HEALTHINF* (2). (2008) 26–30
5. Intel: Products and solutions for health and healthcare, mobile clinical assistant (MCA). <http://www.intel.com/healthcare/ps/mca/> (2008) [Online].
6. Mutschler, B., Specht, G.: *Mobile Datenbanksysteme : Architektur, Implementierung, Konzepte*. Springer (2004)
7. Dadam, P.: *Verteilte Datenbanken und Client/Server-Systeme – Grundlagen, Konzepte, Realisierungsstrukturen*. Springer-Verlag, Berlin (1996)
8. Gray, J., Helland, P., O’Neil, P.E., Shasha, D.: The dangers of replication and a solution. In: *SIGMOD Conference*. (1996) 173–182
9. Stonebraker, M.: Concurrency control and consistency of multiple copies of data in distributed ingres. *IEEE Trans. Softw. Eng.* **5**(3) (1979) 188–194
10. Xerox Palo Alto Research Center: Xerox PARC’s Bayou Project. <http://http://www2.parc.com/cs1/projects/bayou/> (1993–1997) [Online].
11. Terry, D.B., Theimer, M.M., Petersen, K., Demers, A.J., Spreitzer, M.J., Hauser, C.H.: Managing update conflicts in bayou, a weakly connected replicated storage system. In: *SOSP ’95: Proceedings of the fifteenth ACM symposium on Operating systems principles*, New York, NY, USA, ACM (1995) 172–182
12. Petersen, K., Spreitzer, M.J., Terry, D.B., Theimer, M.M., Demers, A.J.: Flexible update propagation for weakly consistent replication. In: *SOSP ’97: Proceedings of the sixteenth ACM symposium on Operating systems principles*, New York, NY, USA, ACM (1997) 288–301