

RFID IM BAUWESEN UND FACILITY MANAGEMENT

Sebastian Cech¹ Peter Schnitzler² Karsten Menzel²

¹ Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik, Lehrstuhl Softwaretechnologie
(bis 2006 DAAD-Austauschstudent in Cork) sebastian.cech@inf.tu-dresden.de

² University College Cork, Department of Civil and Environmental Engineering,
Information Technology in Architecture, Engineering, and Construction,
p.schnitzler@ucc.ie, k.menzel@ucc.ie

Kurzfassung: Die RFID Technologie hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Bisher haben sich Unternehmen aus Produktion und Logistik als treibende Kräfte dieser Technologie profiliert. Anwendungspotentiale im Bauwesen und Facility Management bleiben bisher weitestgehend ungenutzt. Der vorliegende Beitrag stellt deshalb ausgewählte Anwendungsszenarien für den Einsatz der RFID-Technologie im Bauwesen und Facility Management vor und präsentiert eine prototypische Umsetzung für RFID-gestützte Wartungsszenarien im Bereich des Facility Managements. Mit dem Prototypen wird gezeigt, dass durch die gezielte Verknüpfung von Informations-, Navigations- und Kommunikationssystemen effizientere Inspektions- und Wartungsszenarien realisierbar sind.

1 Einführung und Motivation

Unternehmen im Bereich der stationären Fertigung und der zugehörigen Zuliefer- und Logistiksektoren¹ konnten sich u.a. durch den Einsatz von RFID-Technologie den veränderten Marktanforderungen und stetig wachsenden Wettbewerbsdruck anpassen. Der Einsatz von RFID ermöglicht es, eine stärkere Kundenorientierung, individuell gefertigte Produkte, Steuerung komplexer Lieferketten sowie termingerechte Lieferungen effizienter und durchgängig zu organisieren und umzusetzen.

Auch Unternehmen in den Bereichen des Bauwesens und Facility Managements müssen sich mit derartigen Anforderungen auseinandersetzen, wodurch die Anwendungspotentiale der RFID Technologie vermehrt in den Fokus der Bau- und Facility Management Branche rücken. Wichtige Motivationen für den RFID-Einsatz sind (1) Produkte des Bauwesens sind fast ausschließlich kundenorientierte Lösungen, (2) die

¹ Der Flughafen London Heathrow will seine Gepäcklogistik mit RFID-Technologie abwickeln. Das Einsparpotential wird auf 400 Mio. Pfund-Sterling jährlich abgeschätzt (<http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1394>).

termingerechte Lieferung von Bauteilen und Komponenten ist für die effiziente Abwicklung der Fertigung „vor Ort“ essentiell („just-in-sequence“ Modelle) und (3) eine effiziente Bewirtschaftung erfordert die schnelle und vollständige Verfügbarkeit von technischen Dokumentationen und Performance-Daten.

1.1 Bisherige Arbeiten

Aktuelle Forschungsansätze und praktische Lösungen, die sich mit dem Einsatz von RFID Technologie im Kontext des Bauwesens und Facility Managements beschäftigen, existieren bisher nur vereinzelt. Umfangreiche Untersuchungen zum Einsatz von RFID in der Vorfertigung und im Bereich des Facility Management erfolgten z.B. an der Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA (CMU). Es wurde die Leistungsfähigkeit von RFID Systemen überwiegend auf der Basis experimenteller Untersuchungen in simulierten Einsatzszenarien bewertet [Erge+07]. Die vorgestellten Messergebnisse haben eine große Streuung und korrespondieren teilweise nicht mit den Herstellerangaben. Trotzdem ziehen die Forscher an der CMU insgesamt ein positives Fazit zum Einsatzpotential von RFID im Bauwesen und FM, da der Schwerpunkt der Arbeit insbesondere auf der Bewertung der technischen Machbarkeit lag. Eigene Messungen [Cech06] sowie analytische Untersuchungen bestätigen dies [Deck06]. Eine erste weit reichende Implementierung eines RFID Systems im Bereich des Facility Management wurde am Frankfurter Flughafen vorgenommen. Legner et al. [Legn+06] geben in ihrem Artikel einen ersten kurzen Ausblick über die zumeist positiven Ergebnisse. Der Fokus lag insbesondere auf einer Beschleunigung der Inspektions- und Instandhaltungsprozesse. Zu diesem Zweck wurden alle Brandschutzklappen mit RFID Transpondern ausgestattet. Informationen über die Wartung werden sowohl auf den Transpondern, als auch temporär in den speziell entwickelten Wartungsgeräten gespeichert. Die Synchronisation mit einer zentralen Datenbasis erfolgt dann am Ende eines Arbeitstages. Während die technische Seite und die Prozessvereinfachung in beiden Arbeiten recht umfassend beleuchtet wird, fehlt den Ansätzen die Erweiterung um eine integrative Kommunikations- und Supportlösung auf Basis der gespeicherten Daten.

In der folgenden Arbeit werden Anwendungsszenarien für integrative, RFID-basierte Kommunikations- und Supportlösung im Bauwesen und Facility Management vorgestellt; in Kapitel 2 und 3 erfolgt zunächst die Darstellung der technischen Grundlagen der RFID-Technologie, in Kapitel 4 werden fünf Anwendungsfälle entwickelt und deren Umsetzbarkeit bewertet, Kapitel 5 beschreibt den implementierten Prototypen und Kapitel 6 schließt die Ausführungen mit einer Bewertung des erreichten Arbeitsstandes ab.

2 Technische Grundlagen von RFID-Systemen

RFID-Systeme zählen zu der Gruppe der Auto-ID-Systeme, wobei die Besonderheit solcher Systeme darin liegt, dass der Identifikationsvorgang mittels funkbasierter Kommunikation realisiert wird. Der allgemeine Aufbau eines RFID-Systems besteht aus den folgenden grundlegenden Komponenten:

- *Transponder* dienen zur Kennzeichnung realer Objekte, wodurch Letztere durch IT-Systeme identifizierbar werden.
- *Reader* stellen technische Basis für die funkbasierte Kommunikation mit dem Transponder zur Verfügung und sind somit für den Identifikationsvorgang verantwortlich.
- *Hintergrundsysteme* haben die Aufgabe Informationen der realen Welt mit weiteren, meist existierenden, Anwendungen zu koppeln. Deshalb stellen sie einen wesentlichen Integrationspunkt dar.

3 Anforderungen an RFID-Systeme im Bauwesen

Aus den Wirkprinzipien der Komponenten von RFID Systemen ergibt sich eine Vielzahl von Anforderungen die bei der Planung und Nutzung von RFID-Systemen im Bauwesen in Betracht gezogen werden müssen.

3.1 Hardwaretechnische Anforderungen

Die Anforderungen aus hardwaretechnischer Sicht können in zwei Komplexe untergliedert werden: (1) den Funktionsumfang der verwendeten Transponder und (2) die Kommunikationsstandards der verwendeten Reader.

Transponder werden typischerweise in mehrere Klassen unterteilt. Passive Transponder dienen meist ausschließlich Speicherzwecken. Dabei wird die Energieversorgung für Kommunikation und Speicherzugriff durch den Reader realisiert. Hierfür existiert bereits eine Vielzahl verbreiteter Standards (z.B. ISO 15693, ISO 18000). Aktive Transponder verfügen hingegen über eine eigene Energiequelle, die zur Kommunikation und Versorgung zusätzlicher elektronischer Komponenten verwendet wird, auf denen beliebig komplexe Funktionen implementiert werden können („embedded systems“). Der Nachteil aktiver Transponder ist, dass diese Lösungen hinsichtlich verwendeter Kommunikationsprotokolle meist herstellerspezifisch sind und die integrierte Energiequelle nur über eine begrenzte Lebensdauer verfügt. Semiaktive Transponder vereinen die Vorteile der zuvor genannten Arten, d.h. zusätzliche elektronische Komponenten werden durch die eigene Energiequelle versorgt, die Kommunikation mit dem Reader erfolgt hingegen passiv unter Nutzung standardisierter Schnittstellen. Während für den Bereich der Logistik fast ausschließlich passive Transponder relevant sind, bie-

tet das Bauwesen und Facility Management interessante Anwendungsfälle für semiaktive und aktive Transpondertypen. Einhergehend mit der Wahl der Anwendung müssen gleichzeitig die Lese-Schreib-Distanzen spezifiziert und beachtet werden, um geeignete Transponder und Reader auswählen zu können. Die Lese-Schreib-Distanz korrespondiert i.d.R. mit der Frequenz der drahtlosen Datenübertragung zwischen Tag und Reader. In unserem Beispiel kommen so genannten HF und UHF-Systeme zum Einsatz. HF-Tags haben geringe Lesereichweiten und erzwingen somit einen „engen Kontakt“ zur Identifikation; im Gegensatz dazu ermöglichen die größeren Lesereichweiten der UHF-Systeme die Datenerfassung von mehreren Tags durch einen Reader.

RFID Reader sind prinzipiell als stationäre und mobile Variante für das Bauwesen und Facility Management interessant. Stationäre Reader werden fest installiert und können so vor allem Logistikprozesse im Bauwesen unterstützen. Für das Facility Management sind eher mobile Reader (z.B. in PDA's integriert) interessant, welche unter anderem die Kollaboration zwischen mehreren Beteiligten unterstützen.

3.2 Softwaretechnische Anforderungen

Für die Kommunikation zwischen RFID-Transponder and Reader existieren derzeit eine Vielzahl unterschiedlicher Lösungen; herstellerepezifische Kommunikationsprotokolle, Industriestandards und internationale Standards. Die daraus resultierende hochgradig heterogene Systemlandschaft muss deshalb über Middleware integriert werden, um konsistente Kommunikationsmechanismen für höher gelagerte Applikationen anbieten zu können. Die Steuerung der einzelnen Hardwarekomponenten in RFID-Systemen ist eine weitere Aufgabe, die über Middlewarekomponenten integriert werden muss.

Für die Ebene des Informationsmanagement ist die Entwicklung einer einheitlichen Datenrepräsentation und Semantik erforderlich, um einen durchgängigen und koordinierten Informationsfluss zwischen RFID-Transpondern, die reale Objekte eindeutig identifizierbar machen und IT-Systemen, die Objekte der realen Welt detailliert spezifizieren, zu gewährleisten.

4 Anwendungsfälle im Bauwesen und Facility Management

Die RFID Technologie bietet zahlreiche Potentiale zur Optimierung bestehender Geschäftsprozesse im Bauwesen und Facility Management. Insbesondere die lebenszyklusorientierte Betrachtung von potentiellen Einsatzszenarien scheint sinnvoll und notwendig, da durch den phasenübergreifenden Einsatz der RFID-Technologie ein hoher Grad an Wiederverwendung von Informationsinhalten erreicht werden kann.

4.1 Anwendungsfälle für das Bauwesen

Für die Anwendung passiver RFID ergeben sich einerseits Anwendungen im Bereich der Baulogistik, die aus bereits bekannten und wohl erprobten Szenarien in anderen Branchen entwickelt werden können. Andererseits können mit Hilfe aktiver Transponder weitere potentielle Einsatzgebiete für RFID, insbesondere zur Qualitätssicherung im Montagebau, entwickelt werden. Im Folgenden wird ein vollständiges Szenario von der Fertigung bis hin zum Einbau von Betonfertigteilen betrachtet.

Die Produktion von (kundenspezifischen), vorgefertigten Elementen im Bauwesen erfolgt stationär. Im Falle des Betonbaus werden die Bauteile nach ausreichender Aushärtung (Lagerung) zum Einbau auf die Baustelle geliefert. Der Einsatz der passiven RFID-Technologie ermöglicht eine bessere Steuerung der Produktion und eine Optimierung des Lagermanagements durch die eindeutige Identifikation der Bauteile und trägt damit zur effizienten Fertigung kundenspezifischer Bauteile bei. Aktive RFID's mit Sensorik können zusätzlich den Produktionsprozess überwachen (z.B. den Temperaturverlauf während der Aushärtung von Betonfertigteilen) und so eine hohe Produktqualität gewährleisten.

Nach Abschluss des Produktionsprozesses ist ein Transport der Bauteile zur Baustelle notwendig. Anders, als in der konventionellen Logistik, wo Just-in-Time Liefermodelle zur Verringerung notwendiger Lagerkapazitäten dienen, sind im Bauwesen Just-in-Sequence Liefermodelle erforderlich, da selten ausreichende Lagerkapazitäten auf der Baustelle zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, dass die sich unmittelbar an die Lieferung von Fertigteilen der Einbau anschließen muss. Deshalb müssen konsistente und kontinuierliche Liefersequenzen sowohl definiert als auch praktisch sichergestellt werden. Die Kombination der RFID-Technologie mit GPS und GSM ermöglicht ein detailliertes Tracking der Lieferung und unterstützt damit nachhaltig so genannte Just-in-Sequence Liefermodelle. Optimierungspotentiale liegen in der Minimierung von Ausfallzeiten durch termingerechte Lieferungen und der optimierten Nutzung der Lagerflächen.

Eine weitere Konsequenz der Individualfertigung sind hoch spezialisierte Montageabläufe. Bisher existieren notwendige Montageanleitungen auf der Baustelle in Form Technischer Zeichnungen oft nur in Papierform; deren Verfügbarkeit und Aktualität meist eingeschränkt sind. Durch die Markierung von Montageschnittstellen mittels RFID-Transpondern und den Einsatz mobiler Reader wird ein korrekter Montageprozess nachhaltig unterstützt. In der Zukunft sollte die Speicherung zusätzlicher Informationen auf dem Transponder die Übermittlung detaillierter Montagehinweise (z.B. per Video oder Bilderfolgen) an das Baustellenpersonal ermöglichen. Schlussendlich können hohe Folgekosten, die aus der fehlerhaften Montage entstehen, vermieden werden.

4.2 Anwendungsfälle im Facility Management

Im Facility Management sind grundsätzlich zwei große Einsatzgebiete für RFID Systeme denkbar: (1) Unterstützung der Inventarerfassung und -verwaltung und (2) die Nutzung von „intelligenten“ Sensoren im Bereich der Haustechnik bzw. Gebäudeautomatisierung.

Für die Unterstützung der Inventarerfassung und -verwaltung ist die Integrationsfähigkeit der Technologie von entscheidender Bedeutung. Passive RFID-Transponder sind platzsparend. Im Gegensatz zu Bar-Code Tags können RFID einfacher gelesen werden; sie sind dauerhafter und deshalb weniger fehleranfällig. Viele RFID-Transponder sind multifunktional, da Informationsinhalte ergänzt und angepasst werden können. Das zu erwartende Wachstum der Speicherkapazität wird die Flexibilität und das Einsatzspektrum weiter vergrößern.

Der herausragende Vorteil des RFID-Einsatzes ist, dass die Daten digital, präzise und vollständig erfasst und weiterverarbeitet werden können. Dabei ermöglichen passende Middlewarekomponenten einen homogenen Zugriff auf verschiedene RFID- und Backendsysteme. Aus Anwendersicht muss die Homogenität durch einheitliche und konsistente Nutzerschnittstellen realisiert werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Datenerfassung und Speicherung sowohl dezentral als auch zentral organisieren zu können. Sie kann damit den verschiedenen Geschäftsmodellen (in-house, outsourcing, PPP, usw.) flexibel angepasst werden.

Im oben erwähnten Praxisbeispiel am Frankfurter Flughafen konnten Effizienzvorteile in der Organisation von Inspektions- und Wartungsprozessen aufgezeigt werden. Unberücksichtigt bleiben aber bisher die Möglichkeiten einer Qualitätsverbesserung durch die Kombination von RFID mit Computer Supported Cooperative Work. Diese sollen deshalb näher im nächsten Kapitel betrachtet werden.

5 Prototyp für CSCW im Facility Management

In dem hier vorgestellten Beispiel, welches im Rahmen einer Studienarbeit am University College Cork [Schni07] entstanden ist, werden CSCW und RFID Technologien integriert, um Wartungsarbeiten vor Ort besser durch „remote-Personal“ unterstützen zu können (vgl. Abbildung 1). Motivation für die Erstellung der Software war die Überlegung, dass es Situationen bei der Wartung vor Ort gibt, die nicht ohne zusätzliche Hilfe gelöst werden können. Durch die RFID-basierte Identifikation des zu wartenden Bauteils selbst und der Akteure in der Arbeitsumgebung können verfügbare Informationen (z.B. Handbücher, Informationen über bisherige Wartungen und Support) als auch Performance-Daten von einem - räumlich entfernten - Experten einfacher ermittelt, einbezogen und zur Problemlösung herangezogen werden.

19. Forum Bauinformatik in Graz

Bei der in Abbildung 1 rechts dargestellten mobilen Lösung wählt der Arbeiter vor Ort den gewünschten RFID Transponder aus und diese Auswahl steuert dann den Informationsfluss. Auf diese Art wird dem Supportmitarbeiter am Desktop Interface (Abbildung 1 links) mitgeteilt, wo sich der Arbeiter gerade befindet und beide bekommen Dokumente wie Handbücher, Wartungsvorfälle in der Vergangenheit usw. angezeigt. Als zusätzliche Informationsquelle sind im Desktop Interface noch zwei Kameras eingebettet.

Der mobile Arbeiter kann, nachdem er den Wartungsvorgang beendet hat, einen Kommentar bzw. eine Bestätigung über die durchgeführte Wartung eintragen, welche dann der richtigen Komponente zugeordnet und in der Datenbank gespeichert wird.

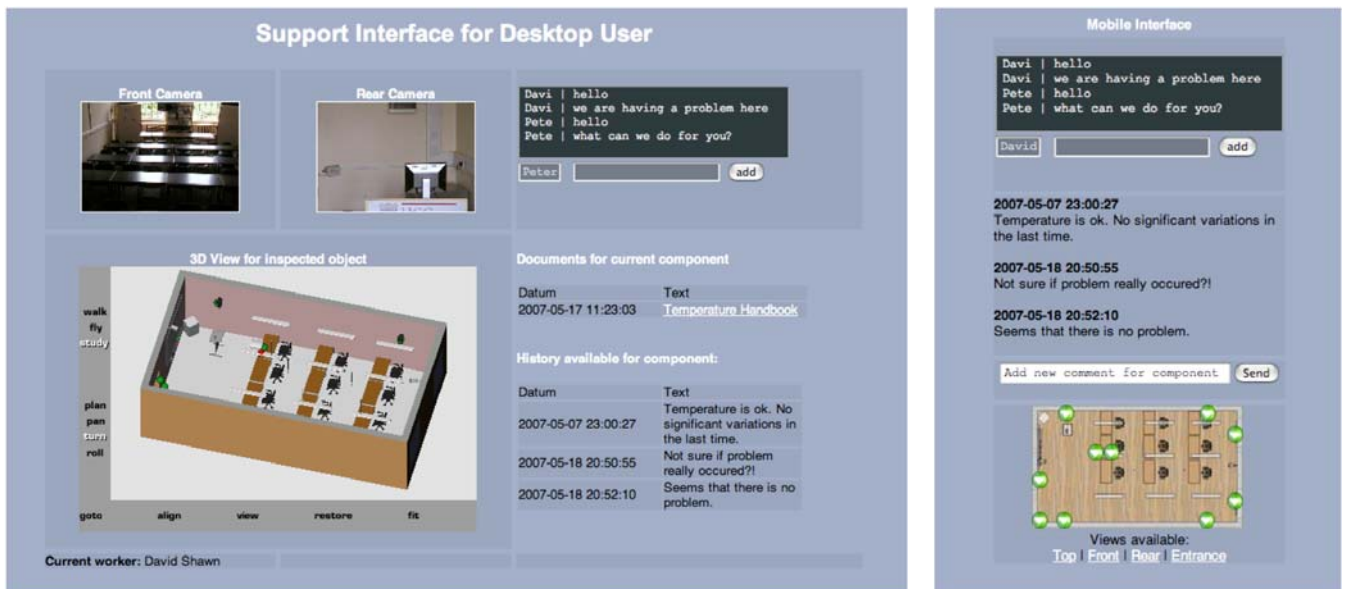


Abb. 1: Nutzeroberflächen RFID-basiertes Wartungsmanagement

Als Testumgebung wurde in einem ersten Schritt ein Seminarraum am University College Cork mit RFID Sensoren ausgestattet. Zum Einsatz kommen: (1) passive RFID (HF) mit mobilem Reader zur Inventarverwaltung (vor allem die Möglichkeit der eindeutigen Identifizierung ist von Bedeutung), (2) aktive RFID (UHF) mit Temperatursensoren zur Kontrolle der Raum- und Gerätetemperatur und (3) passive RFID (UHF) in Verbindung mit stationären Readern (Gate) zur Eingangskontrolle des Raumes.

6 Zusammenfassung

Die RFID-Technologie verfügt über große, bisher ungenutzte Einsatzpotentiale im Bauwesen und Facility Management. Es wurde gezeigt, dass wesentliche Rationalisierungspotentiale sich aber nur dann erschließen lassen, wenn integrierte Lösungen entworfen und implementiert werden. Im oben dargestellten Prototypen wurden insbesondere Aspekte des einheitlichen Interface-Design [Held+06], soziale Einflussmöglichkeiten auf die Kommunikation in Virtuellen Umgebungen [Slat et al.] und der Einfluss technischer Faktoren auf CSCW-Umgebungen [Goeb+01] untersucht.

19. Forum Bauinformatik in Graz

Am University College Cork ist beabsichtigt, in den nächsten Arbeitsschritten das Untersuchungsspektrum kontinuierlich zu erweitern, um eine bessere Praxisrelevanz der Forschungsarbeiten zu erreichen.

Literaturverzeichnis

- [Cech06] Cech, S.: Ad-hoc Vernetzung im Bauwesen und Facility Management unter Nutzung von RFID: gemeinsame Diplomarbeit TU Dresden / University College Cork, Dresden, Juli 2006.
- [Deck06] Deckarm, H.: Einsatz von RFID im Bauwesen: gemeinsame Diplomarbeit TU Dresden / University College Cork, Dresden, Oktober 2006. (prämiert vom Sächsischen Bauindustrieverband im Juni 2007).
- [Erge+07] Ergen E., Akinic B., East B., Kirby J.: Tracking Components and Maintenance History within a Facility Utilizing Radio Frequency Identification Technology, *Journal of Computing in Civil Engineering (ASCE)*, January/February 2007
- [Goeb+01] Goebbels G., Lalioti V.: Co-Presence and Co-Working in Distributed Collaborative Virtual Environments, *AFRIGRAPH*, Capctown, 2001
- [Held+06] Haldal I., Spante M., Connell M.: Are Two Heads Better than One? Object-focused Work in Physical and in Virtual Environments, *VRST'06 (ACM)*, 2006
- [Legn+06] Legner C., Thiesse F.: RFID-Based Maintenance at Frankfurt Airport, *Pervasive computing, IEEE CS and IEEE ComSoc*, 1536-1268, 2006
- [Slat+98] Slater M., Sadagic A., Usoh M., Schroeder R.: Small Group Behaviour in a Virtual and Real Environment: A Comparative Study, 1998
[<http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/M.Slater/Papers/inhabit-pres-rev.pdf>]
- [Schni07] Schnitzler, P., Supporting Co-operative work scenarios in Facilities Management through decentralised information management using RFID-technology, University College Cork, Ireland, 2007