

XML basierte Middleware für mobile Sensoren

Markus Hillenbrand
Universität Kaiserslautern - FB Informatik
hillenbr@informatik.uni-kl.de

Paul Müller
Universität Kaiserslautern - FB Informatik
pmueller@uni-kl.de

Tom Koenig
Fraunhofer Institut für Experimentelles Software Engineering IESE
koenig@iese.fhg.de

Abstract: Experimente sind in diversen Forschungsbereichen nicht sinnvoll anwendbar, da aufgrund des Einflusses vielfältiger Störfaktoren eine Abbildung der entsprechenden Situation nicht möglich ist. In diesen Bereichen kann die Anwendung von Simulationen auf Basis geeigneter Modelle Abhilfe schaffen. Modelle, die als Basis für eine Simulation dienen, benötigen jedoch eine Datengrundlage um ein realitätsnahes Abbild der jeweiligen Situation zu schaffen.

In diesem Papier wird eine auf XML basierende Middleware vorgestellt, mit der mobile Endgeräte zur Erfassung von Datensätzen verwaltet und angesprochen werden können. Es kann so ein Sensor-Netzwerk aufgebaut werden, das als Datenquelle für Simulationen verwendet werden kann. Datenbeschaffung, Datenhaltung und Datenverteilung bilden dabei die Schwerpunkte.

1. Einleitung

In vielen Forschungsbereichen ist der Einsatz von Experimenten nicht möglich, da die entsprechenden Situationen und vor allem deren Entwicklung auf Grundlage von Einflussfaktoren (Störfaktoren) nicht vorhersagbar sind und somit eine experimentelle Umgebung nicht realistisch modellierbar ist. In diesen Bereichen können jedoch Simulationen auf Basis geeigneter Modelle herangezogen werden, um ein entsprechendes realitätsnahes Abbild zu schaffen und Entscheidungen auf dieser Grundlage zu ermöglichen. Eine Simulation und die der Simulationen zugrunde liegenden Modelle erfordern eine entsprechende Datengrundlage. Ohne Datengrundlage kann keine Modellierung der Situation und keine Simulation erfolgen.

Das in diesem Papier vorgestellte System aus einer Middleware und geeigneten Sensoren ermöglicht es, eine entsprechende Datengrundlage zu schaffen, um somit die

gewünschten Berechnungs- und Simulationsmodelle zu erstellen und anzuwenden. Aufgrund der notwendigen Unterstützung einer großen Vielfalt an Datenquellen wird ein allgemein gültiger Ansatz zur Datenbeschaffung und Datenhaltung bereitgestellt. Als Beispiele für die vielfältigen möglichen Daten seien hier stellvertretend Umweltdaten wie Temperatur, Regenmenge und pH-Wert sowie im Allgemeinen statische Datensätze wie Pläne und Maße von Gebäuden oder Gebieten genannt.

Ein mögliches Anwendungsszenario stellt das Prinzip der "Nachhaltigen Entwicklung" dar, das als zentrales Leitbild der Stadt- und Regionalplanung übernommen wurde. Die zukünftige Entwicklung muss den drei Dimensionen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt Rechnung tragen, die die Grundlage dieses Ansatzes darstellen. Ziel ist es, unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Anforderungen die Möglichkeiten nachfolgender Generationen zu erhalten. Eine Abstimmung dieser drei Dimensionen muss jedem Handeln zugrunde liegen, um so die Umsetzung des Ziels zu ermöglichen. Um ein ökonomisch-ökologisch-soziales Gleichgewicht zu schaffen, muss es vor allem möglich sein, Wechselwirkungen verschiedenster Faktoren aus diesen drei Bereichen zu bestimmen, um so eine Abstimmung dieser Faktoren aufeinander zu ermöglichen. Auf Basis einer entsprechenden Datengrundlage können Simulationen (Modelle) eingesetzt werden, die eine Minimierung dieser Wechselwirkungen erreichen.

Im den nachfolgenden Kapiteln 2 bis 7 werden zunächst geeignete theoretische und praktische Grundlagen vorgestellt, die eine Entwicklung der Middleware und die dazu passenden Sensoren ermöglichen. Kapitel 8 erläutert anschließend die an der Universität Kaiserslautern konzipierte und entwickelte Middleware zur Verwaltung eines Sensor- und Datennetzwerkes in Hinblick auf die theoretischen Möglichkeiten.

2. Informationsquellen

Zum Zwecke der Modellierung und Simulation ist es notwendig, geeignete Daten und Informationen aus zuverlässigen Quellen zu beschaffen. Diese Daten können einerseits statischer Natur sein (beispielsweise Grundrisse oder Pläne von Gebäuden) oder aber dynamisch (Temperaturdaten, pH-Werte von Flüssen oder Windgeschwindigkeiten) [Estrin01].

Die Verwendung kleiner autonome Geräte zur Messung der Daten mittels geeigneter Sensoren und die weitere Datenhaltung ist eine praktikable Möglichkeit zur Erfassung der Umweltdaten. Diese Geräte können stationär angebracht sein oder aber sich im mobilen Einsatz¹ befinden. Für die erste Art der Verwendung ließe sich an ein in oder an einem Gebäude befestigtes System zur Bereitstellung der Gebäudepläne denken.

Im mobilen Fall kann man sich ein Gerät vorstellen, das pH-Wert Messungen in einem Fluss durchführt und dabei durch die Strömung dem Verlauf des Flusses folgt. Ein Gerät zur Messung der Verkehrsdichte ließe sich zu unterschiedlichen Tageszeiten an mehreren Verkehrsknotenpunkten einsetzen.

¹ Die Problematik der Stromversorgung solcher Geräte wird in diesem Papier nicht betrachtet, da der Fokus auf der Software für die Middleware und dem Datenaustausch liegt.

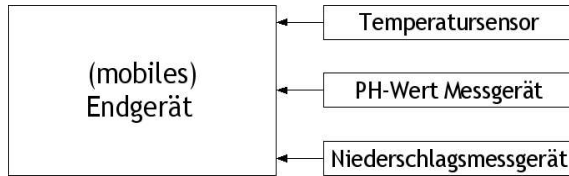


Abbildung 1: Mobiles Endgerät mit Sensoren

Die Verwendung dieser Geräte und die Wahl geeigneter Sensoren bleibt letztendlich dem Anwender vorbehalten. Die notwendigen (informations-) technischen Randbedingungen werden in folgenden erläutert und auf ihre Einsetzbarkeit in diesem Szenario untersucht.

3. Lokalisierung

Soll sich eines der autonomen Geräte im mobilen Einsatz befinden, so ist die Frage nach der Positionsbestimmung [Sav00] des Gerätes zu lösen. Bei stationären Geräten ist die Position durch die Montage bereits fest vorgegeben. Im mobilen Fall ist die Frage der Lokalisierung beispielsweise durch die Verwendung des Global Positioning System (GPS) zu lösen. Inzwischen gibt es die Möglichkeit, GPS-Chips direkt in Geräte einzubauen oder aber durch die Verwendung von GPS-Mäusen² an die Ortsinformationen des aktuellen Standortes zu gelangen.

Ein GPS-Chip liefert dabei über eine Triangulierung mit im Orbit um die Erde befindlichen Satelliten die (theoretisch) genaue Position im Raum (geographische Länge, Breit und Höhe). Dazu wird eine Verbindung zu mindestens drei von mehreren zur gleichen Zeit erreichbaren Satelliten im Orbit um die Erde aufgebaut (vier Satelliten bieten eine bessere Fehlerkorrektur). Das amerikanische GPS, das zurzeit verwendet werden kann, bietet eine Genauigkeit zwischen 1 und 15 Metern³.

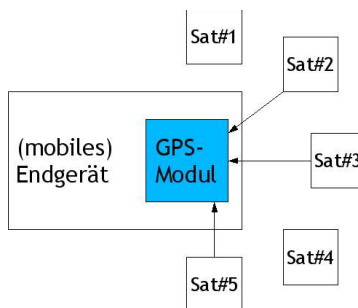


Abbildung 2: GPS zur Lokalisierung

² Dies sind spezielle Geräte, die über eine Schnittstelle wie USB oder PS/2 angeschlossen werden können und nur die Aufgabe haben, GPS Informationen zu liefern. Oft haben diese Geräte eine Form wie Computermäuse und werden deshalb GPS-Mäuse genannt.

³ Bei eingeschalteter „Selective Availability“ reduziert sich die Genauigkeit auf 15 bis 100 Meter.

Bei der Verwendung von Differential GPS werden zusätzliche Bodenstationen dazu genutzt, eine Fehlerkorrektur durchzuführen. Damit ist eine Genauigkeit von 1 bis 10 mm möglich. Das hauptsächliche Einsatzgebiet hierfür ist die Landvermessung; es ist allerdings nicht flächendeckend vorhanden, und die Endgeräte sind im Gegensatz zu normalen GPS-Empfängern teuer, weil eine zusätzliche Funkverbindung zu einer Bodenstation nötig ist.

Ab 2008 wird das europäische GALILEO⁴ einsatzbereit sein, das im wesentlichen auf eine zivile Nutzung zielt und dabei bessere Leistungsmerkmale als das amerikanische GPS oder das russische GLONASS haben wird.

Die über GPS ständig aktualisierten Ortsinformationen müssen nach dem Empfang und der Verarbeitung durch geeignete Mechanismen bereitgestellt werden. Dies kann einerseits auf Protokollebene (z.B. IP v6) oder aber auf Applikationsebene erfolgen. Die Bereitstellung der Ortsinformationen auf Protokollebene ist im vorliegenden Fall jedoch nicht anwendbar, da die Ortsinformationen nicht dem Gerät zugeordnet werden müssen (was auf Protokollebene beim Absenden eines Datenpaketes geschehen würde), sondern dem an einem bestimmten Ort erfassten Datensatz. Es muss also zu jedem gemessenen Datum eine entsprechende Ortsinformationen mit gespeichert werden.

4. Kommunikation

Damit die gesammelten Informationen nicht per Hand eingesammelt werden müssen, sollten die abgespeicherten Daten online über das Internet abgerufen werden können. Hierzu muss zuvor durch das Endgerät eine Verbindung ins Internet aufgebaut werden. Es gibt hier mehrere Möglichkeiten: eine Draht gebundene Lösung kann nur im stationären Fall verwendet werden, während eine nicht Draht gebundene Variante in beiden Fällen anwendbar ist. Eine Draht gebundene Lösung wird hier nicht näher betrachtet; die Varianten einer nicht Draht gebundenen Lösung sind jedoch vielfältig. Nachfolgend werden einige Möglichkeiten mit Ihren Eigenschaften aufgeführt und bewertet.

Der Einsatz einer *Funk-LAN Anbindung* lässt sich nur in eng angegrenzten Bereichen in der Nähe eines oder mehreren Access-Points möglich. Das grenzt die Mobilität natürlich sehr stark ein. Aber die Datenübertragungsrate ist mit beispielsweise 54 MBit/s bei IEEE 802.11a resp. 11 MBit/S bei IEEE 802.11b ein wesentlicher Vorteil.

Das *GSM-Netz (Global System for Mobile Communications)* bietet neben Telefonie auch noch Möglichkeiten zur Datenübertragung. CSD (Circuit Switched Data), HSCD (High Speed CSD) und GPRS stellen den aktuellen Stand der Übertragungstechniken dar. Es ergeben sich verschiedene maximale Übertragungsgeschwindigkeiten:

⁴ http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/

		1 Kanal	4 Kanäle	8 Kanäle
CSD		9,6 kBit/s	nicht möglich	nicht möglich
HSCSD		14,4 kBit/s	57,6 kBit/s	115,2 kBit/s
GPRS	CS 1 ⁵	9,05 kBit/s	36,2 kBit/s	72,4 kBit/s
GPRS	CS 2	13,4 kBit/s	53,6 kBit/s	107,2 kBit/s
GPRS	CS 3	15,6 kBit/s	62,4 kBit/s	124,8 kBit/s
GPRS	CS 4	21,4 kBit/s	85,6 kBit/s	171,2 kBit/s

Tabelle 1: Übertragungsgeschwindigkeiten bei CSD und GPRS

HSCSD mit 8 Kanälen sowie GPRS CS 2 und CS 3 sind in Deutschland jedoch nicht verfügbar. Somit liegt die zurzeit mögliche maximale Datenübertragungsrate bei 57,6 kBit/s oder 7,2 kByte/s (HSCSD) resp. 107,2 kBit/s oder 13,4 kByte/s (GPRS CS 2).

Außerdem ergeben sich unterschiedliche Kostenstrukturen der verschiedenen Anbieter (in Deutschland), die natürlich auch zu berücksichtigen sind:

	Abrechnungsverfahren	Kosten pro MB
HSCSD	Zeitabrechnung	1-8 €
GPRS	Volumenabrechnung	5-30 €

Tabelle 2: Kosten für HSCSD und GPRS

Als weitere Randbedingung sollte natürlich auch die Art der Verbindungsherstellung angesprochen werden: Bei (HS)CSD kann man sich über eine Wählverbindung in ein beliebiges Netz einwählen, also beispielsweise eine gesicherte Verbindung in ein Firmennetz herstellen. Bei GPRS ist dies nicht möglich. Hier wird immer eine direkte Verbindung ins öffentliche Internet über das Gateway des (Telefon-) Providers hergestellt. Um eine sichere Verbindung zu erhalten, muss über ein VPN (Virtual Private Network) selbst dafür Sorge getragen werden.

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) wird in naher Zukunft neben neuen Diensten im Telefon- und Kommunikationsbereich auch eine verbesserte und schnellere Anbindung ans Internet bieten. Da diese neue Technologie aber zurzeit nur in wenigen Testgebieten nutzbar ist, wird sie im Weiteren nicht berücksichtigt. Dennoch wird eine zukünftige Nutzung dieser Technologie weitere Vorteile für die mobile Datenerfassung bringen. Denkbar ist hier zum Beispiel die Bereitstellung von Video und Ton als Datenmaterial.

5. Datenformate und –übertragung

Datenformate und die Art der Datenübertragung stellen einen wichtigen Aspekt beim Ansprechen der mobilen Endgeräte dar. Im Zuge der aktuellen Entwicklungen im

⁵ CS = Coding Scheme
(Kodierverfahren für die übertragenen Daten)

Informations- und Kommunikationsbereich ist es sinnvoll als Datenformat eine XML-Darstellung zu wählen. XML ist durch die breite Unterstützung durch Forschung und Wirtschaft ein zukunftssicheres Datenformat, das durch Standardisierungen immer weiter voran schreitet.

Als Datenformat bietet XML neben der schnell zu implementierenden Datenverarbeitungsalgorithmen mittels standardisierter Werkzeuge wie SAX⁶ und DOM⁷ Parser auch noch eine durch den Menschen lesbare Form sowie aussagekräftige Auszeichnungselemente. Ein Nachteil liegt in der zusätzlich zu übertragenden Menge an Zusatzinformationen und der zwar nicht notwendigen, aber im Sinne einer optimalen Nutzung gerechtfertigten Erstellung und Bereitstellung von XML-Schemata, die den Inhalt von XML-Dateien beschreiben.

Bei einer HTTP-basierten Übertragung der XML-Dateien kann durch die Verwendung von Kompressionsalgorithmen wie GZIP eine Reduktion der zu übertragenden Datenmenge erfolgen; die für die Übertragung notwendige Zeit verringert sich. Im Falle einer drahtlosen Übermittlung der Daten kann nach [BaAs03] zusätzlich auch ein erheblicher Anteil an Energie gespart werden, was im Bereich mobiler Geräte eine sehr wichtige Rolle spielt.

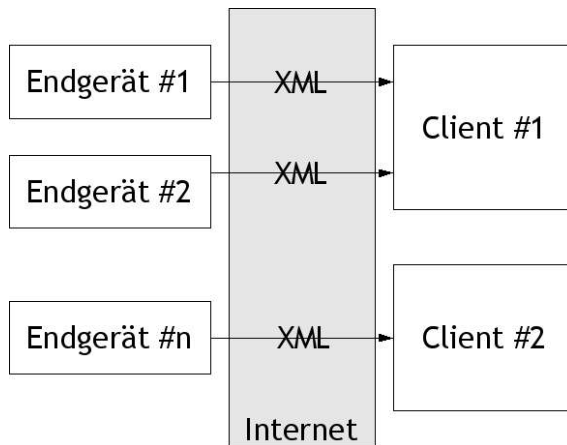


Abbildung 3: Datenübertragung per XML

Die Entwicklung standardisierter XML-Schemata [W3C01] [HaKu02] erlaubt, die Daten verschiedenster Sensoren-Daten und anderer Informationen zu übermitteln. Durch die bereits erwähnten Standardwerkzeuge und die Unterstützung von XML in den verschiedenen Programmiersprachen ist die Verwendung und Verarbeitung dieser Daten dann zügig implementiert.

⁶ Simple API for XML

⁷ Document Object Model

6. Sicherheit

Die Regelung des Zugriffes auf erfasste und gespeicherte Daten und eine eventuelle Verschlüsselung der Daten während der Übertragung (so dass ein „Mitlesen“ unterbunden werden kann) sind weitere wichtige Aspekte beim Einbinden von mobilen Endgeräten.

Die Internet Engineering Task Force (IETF⁸) spricht in diesem Zusammenhang von AAA [IETF03]: Authentisierung, Autorisierung und Accounting, die eine immer größere Bedeutung gewinnen, weil die Vernetzung von Geräten und Diensten ein immer größeres Ausmaß annimmt. Die beiden ersten Schlagworte werden in diesem Kapitel näher erläutert, während das Accounting (Abrechnung) im nächsten Kapitel behandelt wird.

In diesem Themenbereich spielen also zunächst Begriffe wie Verschlüsselung, Authentifizierung und Autorisierung eine wichtige Rolle. Durch eine *Verschlüsselung* der Datenübertragung wird es einem potenziellen „Mithörer“ erschwert oder gar (mit reeltem Aufwand) unmöglich gemacht, die übertragenen Daten mitzulesen. Durch *Authentifizierungsmechanismen* wird ein Benutzer (bzw. ein Zugriff durch ein Programm auf ein System) identifiziert und einer Rolle zugeordnet, die mit bestimmten Rechten ausgestattet ist. Durch die *Autorisierung* schließlich wird einem authentifizierten Benutzer der lesende und schreibende Zugriff auf bestimmte Daten aufgrund seiner Rolle gestattet oder verwehrt.

Die Wahl eines Verschlüsselungsverfahrens (Stichworte: Symmetrie, Schlüssellänge) stellt verschiedene Ansprüche an ein Endgerät hinsichtlich Speicherplatz und Rechenzeit. Wird ein symmetrisches Verfahren mit einer kleiner Schlüssellänge ausgewählt, reicht eine einfache Hardware aus, um Datenströme in Echtzeit zu verschlüsseln, während bei der Wahl eines asymmetrischen Verfahrens mit einer großen Schlüssellänge einerseits einen größeren Aufwand beim Verbindungsaufbau erfordert (Handshake) und andererseits auch wesentlich mehr Rechenleistung bedarf, um eine Verschlüsselung in Echtzeit zu garantieren („Asymmetrische Algorithmen benötigen für eine adäquate Sicherheit bedeutend längere Schlüssel als symmetrische Verfahren und damit auch eine längere Rechenzeit.“ [Büsch97]).

Hier sollte also eine Variante gewählt werden, die auf der einen Seite den Anforderungen an die Sicherheit und andererseits den Möglichkeiten eines spezifischen Endgerätes gerecht werden. Eine möglichst offene Architektur erlaubt es natürlich, die Verfahren bei Weiterentwicklungen der Technologie zu verändern bzw. zu wechseln.

7. Abrechnung

Eine Abrechnung der entstandenen Kosten im Laufe der Datenerfassung und -speicherung kann durch geeignete Softwarekomponenten und Mechanismen bereit gestellt werden, die es erlauben den jeweiligen gespeicherten oder abgerufenen

Datensätzen einen Preis zuzuordnen, der an entsprechender Stelle in Rechnung gestellt werden kann.

Hierbei sind verschiedene Preis-Modelle denkbar. Die Frage, ob es eine einmalige (Anmelde-)Pauschale oder einen zeitbasierten (beispielsweise monatlich oder pro Zugriff) Beitrag geben soll sind ebenso anwendungsabhängig zu klären wie die Frage nach einer monetären Obergrenze, die bezahlt werden kann.

Durch die Anbindung entsprechender Rechnungssysteme (z.B. Chablis⁹, GSAX¹⁰) kann dann völlig automatisiert eine Rechnung an die Nutzer der Informationen gestellt werden.

Es bleibt jedoch einer konkreten Anwendung vorbehalten, die gewünschten Mechanismen zu benennen; eine offene Systemarchitektur mit definierten und standardisierten Schnittstellen bietet die Flexibilität, hier das Gewünschte einzubinden.

⁹ <http://chablis.informatik.tu-muenchen.de>

¹⁰ <http://www.ggf.org>

8. Realisierung

In diesem Kapitel wird nun eine in der Arbeitsgruppe Integrierte Kommunikationssysteme an der Universität Kaiserslautern durchgeführte Konzeption und Realisierung des beschriebenen Szenarios vorgestellt. Es werden zunächst die eingesetzten mobilen Endgeräte kurz vorgestellt und danach die entwickelte Middleware mit ihren Komponenten erläutert.

8.1 Mobile Endgeräte

Als mobile Endgeräte kommen Chips der Firma Beck¹¹ zum Einsatz (Typ IPC@Chip SC 12), die zusammen mit einem GPS Empfänger der Firma μ -Blox¹² (Typ GPS-MS1 E) auf einer selbst hergestellten Platine mit Umweltsensoren ausgestattet wurden.

Die technischen Daten der eingesetzten Hardware sind relativ gering (512 kByte Daten- und Arbeitsspeicher, Intel 1x86 Prozessor mit 16 Bit Wortbreite), aber durch den geringen Stromverbrauch durchaus gerechtfertigt.

Eine Anbindung an das Internet ist zurzeit nur über das Festnetz möglich, in einer weiteren Entwicklungsphase wird dies aber auf eine Mobilkommunikation umgestellt.

8.2 XML-Datenaustausch

Die Anforderungen an die zu speichernden Informationen und somit auch die Anforderungen an die XML-Schemata ergeben sich aus den in Kapitel 2 und 3 skizzierten Verwendungszwecken der Informationsquellen.

Endgeräte bestehen aus mehreren Sensoren, über die eine Datenerfassung möglich ist. Die an den Sensoren vorliegenden Daten werden in regelmäßigen Abständen abgerufen und gespeichert, um stets einen Zugriff auf die aktuellen Daten zu gewährleisten. Pro Sensor werden mehrere Datensätze vorgehalten, um eine längere Zeit ohne Verbindung zur Middleware überbrücken zu können.

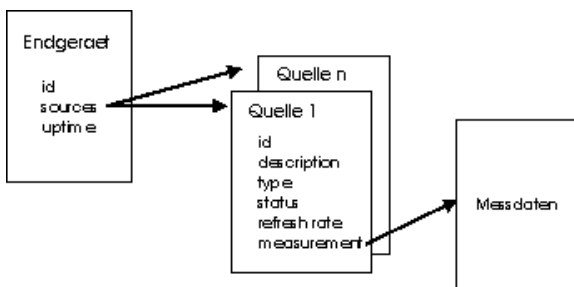


Abbildung 4: Informationseinheiten

Abbildung 4 veranschaulicht die Informationseinheiten und deren Beziehungen untereinander; sie werden in entsprechende XML-Schemata umgesetzt, welche so die

¹¹ <http://www.beck-ipc.com>

¹² <http://www.u-blox.de>

XML-Dateien definieren, die schlussendlich die Messwerte der Datenquellen und Informationen über die Geräte enthalten. Es ergeben sich demnach also drei XML-Schemata:

- ein *Endgerät-Schema* definiert alle Eigenschaften eines (mobilen) Endgerätes,
- ein *Sensor-Schema* führt alle Eigenschaften eines Sensors auf und
- ein *Messwert-Schema* schließlich definiert einen einzelnen Messwert.

Das Endgerät-Schema ist ebenso wie das Sensor-Schema darauf ausgelegt, allgemeine i.d.R. statische Informationen über ein Endgerät resp. Sensor zu definieren (z.B. Typ, Beschreibung oder Status), während das Schema für die Messwerte möglichst allgemein gültig gehalten werden muss, um flexibel eine Einbindung unterschiedlichster Sensortypen und damit auch vielfältiger Messwerte zu erlauben.

Unter der Prämisse, dass Endgeräte mobil und damit auch ihre Messungen ortsabhängig sein können, muss das Messwert-Schema auch eine Ortsinformation enthalten, die für die spätere Verarbeitung der Daten genutzt werden kann. Das verwendete Messwert-Schema enthält damit die in Tabelle 3 aufgeführten Informationen. Da die Angaben sehr generisch sind, können vielfältigste Sensoren und Datentypen ohne Änderungen des Schemas eingebunden und über die Middleware weiter verteilt werden.

Information	Beschreibung
type	Typidentifikation des Messwerts
datatype	Datentyp des Messwerts
unit	Einheit des Messwerts
datetime	Zeitstempel
position	Aktuelle GPS-Position, an der der Wert gemessen wurde.

Tabelle 3: Notwendige Informationen für Messdaten

Die Ortsinformationen werden jeweils beim Erfassen eines Messwertes vom GPS-Chip geholt und zusammen mit dem Messergebnis in die entsprechende XML-Datei geschrieben.

8.3 Middleware

Die entwickelte Middleware dient als (zentrale) Verwaltungs- und Steuerungsinstanz für die mobilen Endgeräte und ihre angeschlossenen Sensoren sowie die darauf zugreifenden Klienten. Abbildung 5 zeigt das Zusammenspiel von Sensoren, der Middleware und den Clients im Überblick.

Die mobilen Endgeräte melden sich nach der Inbetriebnahme bei dieser in Java geschriebenen Middleware an, die nun Datenverwaltung und außerdem die Kommunikation mit möglichen Clients übernimmt. Die Middleware speichert alle verfügbaren Informationen über Geräte, Sensoren und Messergebnisse in einer



Abbildung 5: Gesamtsystem im Überblick

relationalen Datenbank persistent ab, so dass auf alle erfassten Daten beliebig lange zugegriffen werden kann.

Abbildung 6 zeigt die Architektur der entwickelten Middleware im Überblick und den Informationsfluss der einzelnen logischen Komponenten innerhalb der Middleware. Diese logischen Komponenten werden im Folgenden näher erläutert.

Durch die *Anmeldungs-Komponente* werden (mobile) Endgeräte in der Middleware registriert; es wird ein Prozess der *Update-Komponente* angestoßen, der die vom Endgerät bereit gestellten Informationen in regelmäßigen, durch die beschreibende XML-Datei des Endgerätes und seiner Sensoren definierten Abständen abrufen. Die Kommunikation der Middleware zu den mobilen Endgeräten läuft dabei zum größten Teil über HTTP (nur der initiale Kontakt eines Endgerätes geschieht aus Gründen der Vereinfachung über eine einfache Socketschnittstelle). Die Endgeräte stellen im laufenden Betrieb ihre gemessenen Daten als XML-Dateien auf dem dort eingebauten (einfachen) Webserver zur Verfügung, und diese werden in regelmäßigen Abständen von der Middleware abgeholt und in die Datenbank übernommen, wo sie persistent gespeichert werden.

Eine Authentifizierung der Middleware am mobilen Endgerät selbst ist aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten der Beck-Chips nur über relativ einfache Mechanismen möglich. Genutzt werden hier eine Access Control Liste (ACL, realisiert über IP-Adressen) und (zurzeit statische) Passwörter. Beim Einsatz von leistungsfähigeren mobilen Geräten lassen sich jedoch weitere Mechanismen ohne großen Aufwand einbauen. Eine passende Modularisierung der Middleware sorgt hier für Flexibilität.

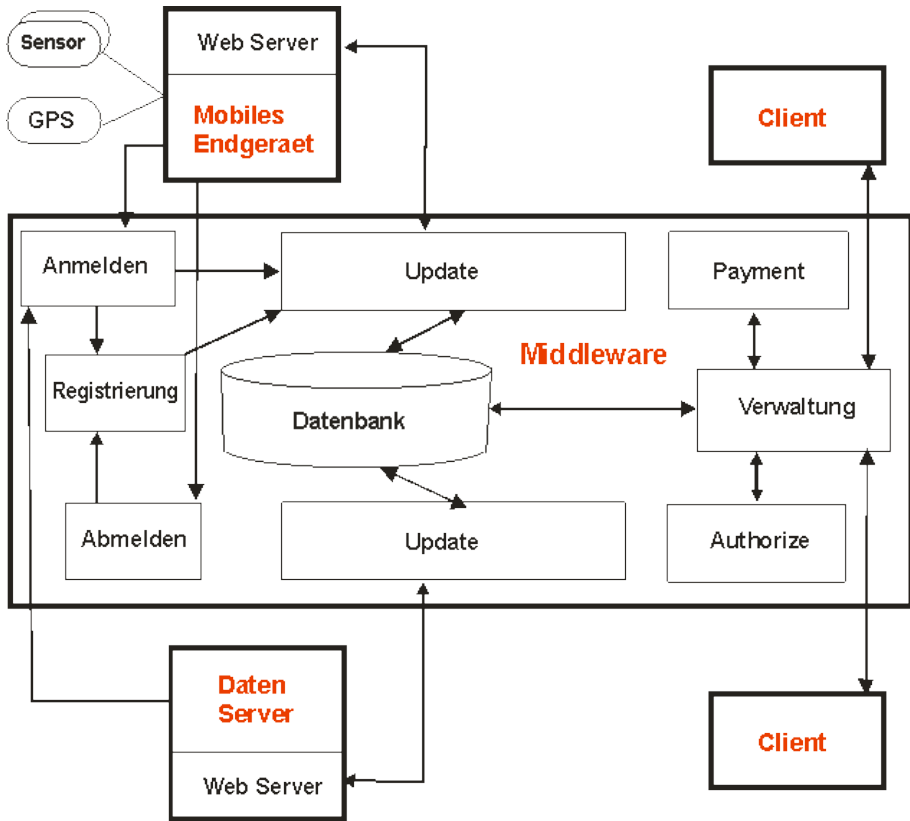


Abbildung 6: Architektur der Middleware im Überblick

Auf der Seite der Clients, die Dienste der Middleware nutzen möchten, bietet die Middleware durch die *Verwaltungs-Komponente* eine Web Service-Schnittstelle [CuDu02] an, die mit SOAP [SOAP00] über HTTP angesprochen werden kann. Die Schnittstelle selbst ist durch eine entsprechende WSDL-Datei [WSDL01] beschrieben und bietet somit einen Plattform unabhängigen Zugriff auf die gespeicherten Daten. Die angebotenen Dienste umfassen alle Operationen, die für das Abrufen von Sensordaten notwendig sind. Die Informationen können jeweils gerätebezogen, zeitbezogen oder ortsbezogen angefordert werden. Weiterhin können hier alle Mechanismen zur Absicherung der Datenkommunikation eingesetzt werden (Verschlüsselung, Zertifikate, etc.), da alle auf dieser Seite befindlichen Geräte leistungsfähige Rechner (PC, Workstation, PDA, etc.) sein können. Dem Ersteller und Anbieter von Client-Software wird hier also keine Beschränkung auferlegt. Eine auf Java basierende komfortable Programmierschnittstelle erlaubt es auf einfache Weise, die implementierten Web Services in eigenen Java Programmen zu benutzen. Durch die Verwendung von Web Services ist neben der einfachen Handhabung auch eine einfach zu realisierende Erweiterbarkeit für künftige Anforderungen gegeben [Stie02].

Eine in der Middleware verankerte (aber dennoch austauschbare) *Abrechnungs-Komponente* sieht vor, dass eine Abrechnung von Datenzugriffen bis auf das einzelne Datum hinab modelliert werden kann. Sie zählt die Zugriffe auf Datensätze, berechnet

die entstandenen Kosten und erstellt am Ende eine Rechnung in Form einer PDF-Datei, die dem zugreifenden Benutzer dann in Verbindung mit einer *Payment-Komponente* zugestellt werden kann.

9. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte Middleware zur Anbindung und Verwaltung von mobilen Endgeräten mit Sensorausstattung und anderen ortsabhängigen Daten stellt eine flexible Plattform zur Verfügung, um eine Datengrundlage für Anwendungsszenarien wie Simulationen und Modellrechnungen zu schaffen.

Durch die Verwendung von XML-Datensätzen lassen sich flexibel mobile Endgeräte zur Erfassung von Messwerten und anderen Informationen einsetzen, die persistent in einer Datenbank zur weiteren Verwendung gespeichert werden. Die einzelnen in der Middleware verankerten Komponenten wie Anmeldung, Abmeldung, Aktualisierung und Verwaltung sowie Authentifizierung, Autorisierung und Abrechnung spiegeln die einzelnen für Endgeräte und Clients notwendigen Funktionalitäten wider und bieten werden entweder als einfache XML basierte Schnittstelle oder als WebService angeboten.

Bei der Entwicklung und Implementierung hat sich gezeigt, dass insbesondere durch die Einschränkungen durch den Beck-Chip viele Ideen nicht umgesetzt und viele aktuelle Techniken nicht verwendet werden können. Die gefundenen Lösungswege sind zwar praktikabel, aber sehr spezifisch für das jeweilige Gerät und sehr arbeitsaufwändig. Die Realisierung der Middleware hingegen basiert auf den neuesten Entwicklungen im Bereich der WebServices und bietet durch ihre Modularisierung einerseits eine übersichtliche Struktur und andererseits eine schnelle und flexible Erweiterbarkeit bzw. Änderbarkeit.

Durch die ständige Weiterentwicklung und Miniaturisierung der Computer- und Messtechnologie wird es mittelfristig möglich sein, umfangreichere Anwendungen auf mobilen Geräten und Messstationen laufen zu lassen, die die in den ersten Kapiteln dieses Papiers erwähnten Techniken zur Sicherheit und standardisierten Datenhaltung vereinfachen. Dies wird zu einer besseren und einfacheren (weil weniger speziellen) Einbindung solcher Geräte in das Szenario der mobilen Datenerfassung ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- [BaAs03] K. Barr und K. Asanovic, Energy Aware Lossless Data Compression, MobiSys-2003, San Francisco, USA, 2003
- [Büsch97] Hans E. Büschgen, Entwicklungen im elektronischen Zahlungsverkehr, Chipcards/Zahlungsverkehr im Internet, Bad Homburg, Deutschland, 1997
- [CuDu02] Francisco Curbera, Matthew Duftler et al: Unraveling the Web Services Web, IEEE Internet Computing Nr. March/April 2002, 86-93, 2002
- [Estrin01] D. Estrin, L. Girod, G. Pottie, M. Srivastava, Instrumenting the World with Wireless Sensor Networks, ICASSP2001, Salt Lake City, USA, 2001

- [HaKu02] Matthias Hansch, Stefan Kuhlins, Martin Schader: XML-Schema, Informatik Spektrum Nr. 17, 363-366, 2002
- [IETF03] IETF: AAA-Charter, 2003, <http://www.ietf.org/html.charters/aaa-charter.html>
- [Sav00] A. Savvides, F. Koushanfar, A. Boulis et. al.: Location discovery in ad hoc wireless networks, Networked and Embedded Systems Laboratory, UCLA, Juni 2000
- [SOAP00] W3C: SOAP, 2000, <http://www.w3.org/TR/SOAP/>
- [Stie02] Oliver Stiemerling: Web-Services als Basis für evolvierbare Softwaresysteme, Wirtschaftsinformatik Nr. 44, 435-445, 2002
- [W3C01] W3C: XML Schemata, 2001, <http://www.w3.org/TR/xmlschema-0/>
- [WSDL01] W3C: WSDL Spezifikation, 2001, <http://www.w3.org/TR/wsdl>