

Please quote as: Mauro, C.; Leimeister, J. M. & Krcmar, H. (2011): Medizintechnik goes SOA. In: Wirtschaftsinformatik und Management, Ausgabe/Number: 2, Erscheinungsjahr/Year: 2011. Seiten/Pages: 24-29.

Medizintechnik goes SOA



Die Integration medizinischer Geräte in Krankenhausinformationssysteme stellt noch immer eine große Herausforderung dar. Komplexe proprietäre Geräteschnittstellen erschweren die Umsetzung einer optimalen Prozessunterstützung durch die IT. Das noch junge Konzept der serviceorientierten Geräteintegration kann helfen, diese Hürden zu überwinden. Statt über proprietäre Schnittstellen kann der Zugriff auf die Geräte über Services erfolgen, die auf existierenden technischen und semantischen Standards basieren.

Von Dipl.-Inf. (Univ.) Christian Mauro, Prof. Dr. Jan Marco Leimeister und Prof. Dr. Helmut Krcmar

Krankenhäuser stehen vor der Herausforderung der Integration aller an den administrativen und medizinischen Prozessen beteiligten Informationssysteme. Dies soll die Vision des „Seamless Healthcare“ ermöglichen, bei der vertikal und horizontal durchgängige Prozesse, Daten und Informationstechnologien es ermöglichen, dass jeder Akteur die richtige Information zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort, in der richtigen Qualität und Quantität erhält. Insbesondere im Kontext medizinischer Geräte ist man von der Realisierung dieser Vision jedoch weit entfernt. Komplexe proprietäre Geräteschnittstellen verhindern eine einfache und schnelle Integration der von den Geräten erzeugten Daten in Krankenhausinformationssysteme.

Im Gesundheitswesen ist ein Trend hin zu serviceorientierten Architekturen (SOA) zu beobachten. Das prominenteste Beispiel ist die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte; die zugehörige Telematikinfrastruktur ist als SOA konzipiert. Ein noch junges Forschungsgebiet versucht, diesen Ansatz für die Integration medizinischer Geräte zu adaptieren. Das grundlegende Konzept, Geräte als Services zu kapseln, ist in der Literatur auch unter der Bezeichnung SODA (Service Oriented Device Architecture) bekannt [1].

In der Folge wird gezeigt, wie das vom Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der Technischen Universität München entwickelte SODA@Med-Framework, das auf dem SODA-Konzept

basiert, helfen kann, die Integration medizinischer Geräte im Krankenhaus zu vereinfachen.

Die Folgen fehlender Geräteintegration

Im Zuge der Entwicklung des SODA@Med-Frameworks wurden zur Anforderungserhebung mehrere Fallstudien an zwei Universitätskliniken durchgeführt. Eine der Fallstudien betrachtete die Abläufe im intensivmedizinischen Bereich. Wie sich zeigte, sind die dort genutzten medizinischen Geräte nicht in die IT-Landschaft des Krankenhauses integriert. Als Konsequenz erfolgt die Intensivdokumentation papierbasiert, wobei pro Patient vier verschiedene DIN-A3-Bögen verwendet werden, die meist für einen Tag ausgelegt sind. Diese Vorgehensweise hat eine Reihe von Medienbrüchen zur Folge. Der erste Medienbruch entsteht, da medizinische Daten, die elektronisch vorliegen (z. B. in Geräten), manuell in die Papierakte abgeschrieben werden. Ein weiterer Medienbruch entsteht, da einige dieser Daten zu einem späteren

» Probleme bei der Integration von IT-Systemen beschränken sich nicht auf Geräte – auch der reine Software-Bereich ist oft betroffen. «

Zeitpunkt wieder elektronisch benötigt werden (z. B. für Abrechnungszwecke) und folglich manuell in das jeweilige Software-System eingegeben werden müssen. Eine Hochrechnung bezogen auf eine Intensivstation mit der vereinfachten Annahme der Vollaustattung aller 14 Betten ergab, dass in einem Jahr 16 380 Papierbögen entstehen. Darüber hinaus wurde ermittelt, dass ein einzelner Datenwert, der zweimal pro Stunde erfasst wird, in einem Jahr 245 280-mal abgeschrieben werden muss. Bei Daten, die elektronisch benötigt werden und demnach aus der Papierakte manuell in Software-Systeme eingegeben werden müssen, sind sogar doppelt so viele manuelle Übertragungen notwendig. Führt man sich vor Augen, dass es nicht einen, sondern viele solcher Datenwerte gibt, und berücksichtigt man die Tatsache, dass es in einem Universitätsklinikum nicht eine, sondern mehrere Intensivstationen gibt, wird das Ausmaß der Problematik deutlich.

Durch die fehlende Geräteintegration in Verbindung mit der papierbasierten Dokumentation ergeben sich neben den offensichtlichen Aufwänden, die durch das Abschreiben von Werten entstehen, zwei wesentliche Probleme. Zum einen entstehen aufgrund der großen Anzahl manueller Übertragungen unvermeidlich Fehler, die zu einer nicht optimalen Datenqualität führen. Zum anderen ist es praktisch unmöglich, aus den unzähligen Papierbögen wichtige Informationen und Zusammenhänge zu

extrahieren. Als Beispiel sei ein realer Fall genannt, bei dem sich der Gesundheitszustand eines Patienten kontinuierlich verschlechterte, ohne dass der Grund dafür ermittelt werden konnte. Nur durch Zufall wurde noch rechtzeitig erkannt, dass ein bestimmtes Medikament für den Umstand verantwortlich war. Nach Meinung eines behandelnden Arztes hätte sich dieser Zusammenhang im Falle elektronisch verfügbarer und entsprechend grafisch aufbereiteter Daten sofort erschlossen.

Von SOA zu SODA

Probleme bei der Integration von IT-Systemen beschränken sich nicht auf Geräte. Auch im reinen Software-Bereich sieht man sich oftmals mit komplexen Integrationsproblemen konfrontiert. Zur Überwindung dieser Hürden kann die Anwendung serviceorientierter Konzepte helfen. Beispielsweise können Legacy-Systeme (wie alte Mainframe-Systeme) als Services gekapselt werden. Der Zugriff auf Legacy-Systeme über Services ist stark vereinfacht, da diese auf standardisierten Technologien (meist Webservices) basieren und die zum Servicezugriff nötigen Software-Komponenten automatisiert aus der Servicebeschreibung generiert werden können. Diese Aufwertung der Schnittstellen von Legacy-Systemen ist auch unter dem Begriff „Application Modernization“ bekannt. Produkte zur Umsetzung dieses Konzepts sind seit geraumer Zeit auf dem Markt verfügbar.

Geräte können aus Integrationsicht als Legacy-Systeme betrachtet werden. Sie kommen meist auf langsamer Hardware zur Ausführung, die die Verwendung moderner Kommunikations-Frameworks unterbindet. Darüber hinaus sind Geräteschnittstellen, analog zu den Schnittstellen von Legacy-Systemen, meist komplex, proprietär und können nicht angepasst werden. Aus diesem Grund gibt es seit wenigen Jahren Bestrebungen, serviceorientierte Konzepte auch für die Integration von Geräten zu nutzen (SODA). In Analogie zu Legacy-Systemen werden Geräte als Services (sogenannte Geräteservices) gekapselt, was einen vereinfachten Zugriff auf die Funktionalitäten der Geräte erlaubt. Darüber hinaus können Geräteservices flexibel genutzt werden und beispielsweise Bestandteil von Service-Kompositionen sein, die einen bestimmten Geschäftsprozess abbilden. Diese Vorteile ließen sich unter anderem im Bereich der industriellen Automatisierung anhand prototypischer Entwicklungen nachweisen [2].

Das in der Folge vorgestellte SODA@Med-Framework versucht, das SODA-Konzept auf den Medizintechnikbereich zu übertragen, um eine einfachere und bessere Integration medizinischer Geräte im Krankenhaus zu ermöglichen.

Die Ziele des SODA@Med-Frameworks

Ausgangspunkt für das SODA@Med-Framework war die durch eine State-of-the-Art-Analyse erlangte Feststellung, dass zwar vereinzelt prototypische Umsetzungen für die serviceorientierte Integration ausgewählter medizinischer Geräte zu finden sind, jedoch kein verallgemeinertes Software-Framework existiert, das

eine automatisierte serviceorientierte Integration beliebiger Gerätetypen und -modelle erlaubt. Auch konnte keine Arbeit identifiziert werden, die die Besonderheiten medizinischer Geräteservices untersucht, aus denen sich die spezifischen Anforderungen an ein solches Framework ableiten lassen. Dies sind Aspekte wie die notwendige Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen, die sich insbesondere aus einer EU-Richtlinie, der Medical Device Directive, ergeben. Die Analyse solcher Charakteristika medizinischer Geräteservices wird in [3] adressiert. Aus den auf diese Weise identifizierten Anforderungen ergab sich das Ziel der Entwicklung eines Frameworks, das

- zur Laufzeit dynamisch verfügbare medizinische Geräte erkennt und automatisiert zugehörige Geräteservices bereitstellt und im Netzwerk bekannt gibt,
- erweiterbar hinsichtlich der Unterstützung weiterer Gerätetypen und -modelle ist,
- die gesetzlichen Rahmenbedingungen adäquat berücksichtigt und
- relevante Übertragungsarten (wie ereignisbasierte Kommunikation, Streaming oder die Übertragung großer Datenmengen) unterstützt.

In der Folge werden drei wichtige Aspekte des Frameworks erläutert: Das Konzept der Gerätekonzentratoren, die dezentrale Servicefindung sowie das Devices Profile for Web Services. Für weitere Informationen zum Design und zur technischen Umsetzung von SODA@Med sei auf [4] verwiesen.

Das Konzept der Gerätekonzentratoren

Gerätenetze sind im Krankenhaus aus Sicherheitsgründen meist vom restlichen Krankenhausnetzwerk getrennt. Aus die-

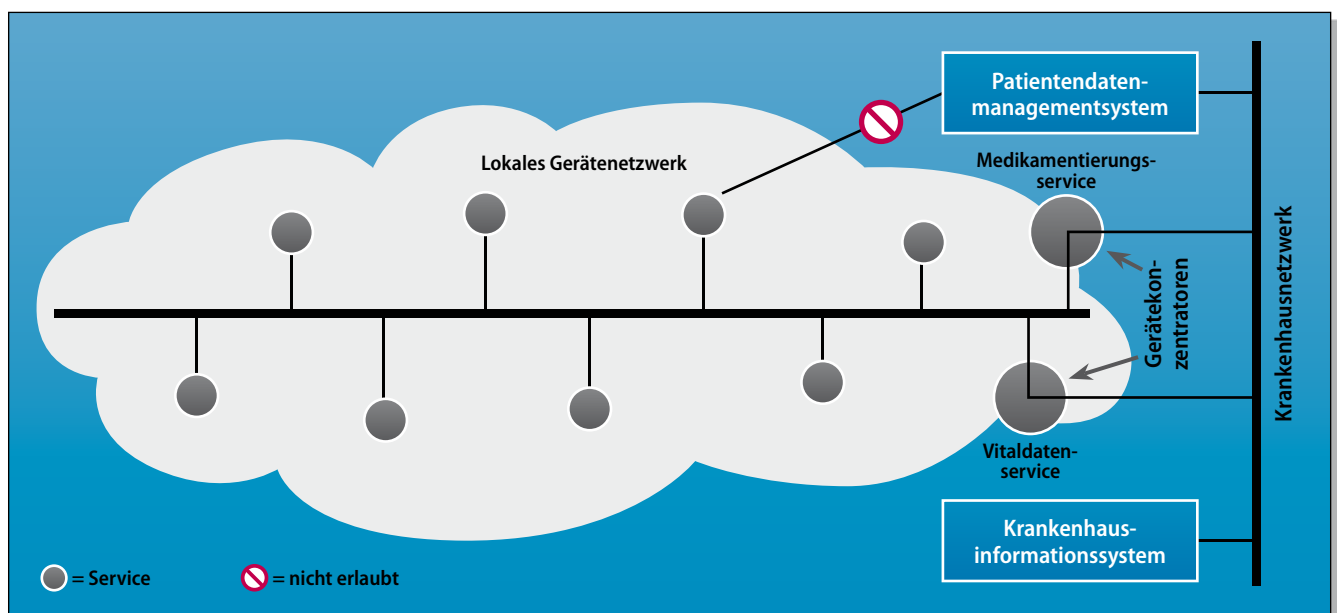
sem Grund sieht das SODA@Med-Framework keinen direkten Zugriff auf Geräteservices von außerhalb des lokalen Netzwerks vor. In vielen Fällen würde ein solcher Zugriff indes nicht zielführend sein. Man stelle sich ein System vor, das regelmäßig die aktuelle Medikamentierung von Intensivpatienten erfragen möchte. Um diese Aufgabe zu bewältigen, müsste dieses System zunächst alle Geräteservices der für den jeweiligen Patienten relevanten Infusionspumpen finden und anschließend von jedem einzelnen Service die Daten erfragen. Darüber hinaus müsste das System für die weiteren Zugriffe die Verfügbarkeit der Geräte-

» *Gerätenetze sind im Krankenhaus aus Sicherheitsgründen meist vom restlichen Netzwerk getrennt.* «

services überwachen sowie in Betracht ziehen, dass neue relevante Geräteservices jederzeit verfügbar werden können. Beispielsweise könnte eine Infusionspumpe abgeschaltet oder eine zusätzliche Pumpe aktiviert werden.

Das Konzept der Gerätekonzentratoren erleichtert das Abrufen von Daten einer Gruppe von Geräten und ermöglicht zudem eine saubere Zugriffskontrolle auf fachlicher statt auf Geräteebene. Auch wird ein Zugriff auf Geräte von außerhalb des loka-

Abb. 1 Beispielhafte Gerätekonzentratoren



len Gerätenetzwerks ermöglicht. Ein Gerätekonzentrator ist ein fachlicher Service, der am Rand eines Gerätenetzwerks platziert ist und für eine Gruppe von Geräten zuständig ist (siehe Abb. 1). Das genannte Beispiel aufgreifend könnte dies ein Medikamentierungsservice sein, der die aktuelle Medikamentierung von Patienten zurückgibt. Intern übernimmt dieser Service die Aufgabe, relevante Geräteservices im Gerätenetzwerk zu suchen und die entsprechenden Daten zu konsolidieren. Systeme, die Zugriff auf Medikamentierungsdaten benötigen, können diese demnach durch einen einzigen fachlichen Serviceaufruf erfragen, sofern entsprechende Berechtigungen (wie das Innehaben einer bestimmten Rolle sowie das Vorhandensein eines Behandlungszusammenhangs) vorliegen.

Dezentrale Servicefindung statt zentraler Registry

Services werden in einer SOA üblicherweise in einer zentralen Service Registry publiziert. Service-Konsumenten können in dieser Registry gezielt nach benötigten Services suchen, die zugehörigen Metadaten abfragen und anschließend den Service aufrufen. Im Kontext medizinischer Geräteservices ist die Verwendung einer zentralen Registry jedoch nicht zielführend. Zum einen stellt diese einen Single Point of Failure dar, der im sicherheitskritischen medizinischen Umfeld vermieden werden sollte. Zum anderen kann von außerhalb des lokalen Gerätenetzwerks kein direkter Zugriff auf die Geräteservices erfolgen (vgl. vorheriger Abschnitt). Somit ist es ausreichend, wenn Geräteservices nur innerhalb des lokalen Gerätenetzwerks gefunden werden können.

Statt einer zentralen Service Registry wird aus diesen Gründen ein dezentraler Mechanismus zur Servicefindung genutzt. Servi-

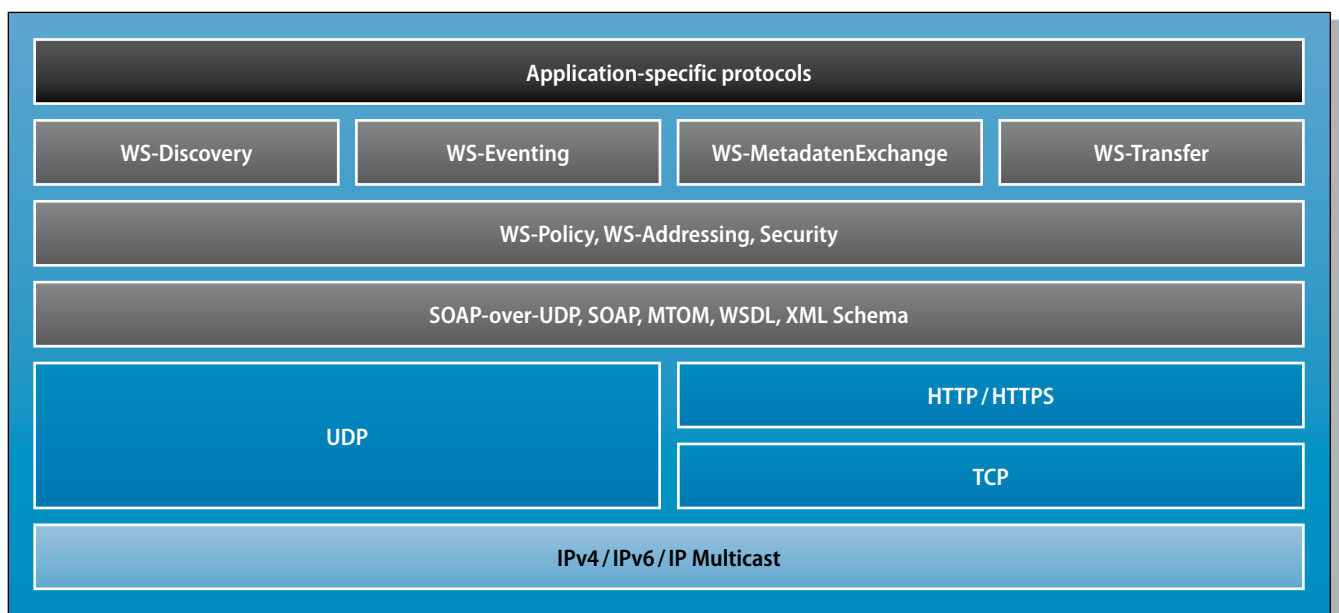
ces geben ihre Existenz beim Eintritt ins Netzwerk bekannt beziehungsweise kündigen das Verlassen des Netzwerks an. Darüber hinaus können im lokalen Gerätenetzwerk Suchnachrichten versendet werden. Geräteservices, die den Suchkriterien entsprechen, senden selbstständig eine entsprechende Rückmeldung an den Suchenden. Im Umfeld der Webservice-Technologien wurde dieses Konzept der dezentralen Servicefindung bereits in einer Spezifikation manifestiert: dem WS-Discovery-Standard. Im Wesentlichen basiert dieser Standard auf dem Versand von SOAP-Nachrichten via IP Multicast (SOAP-over-UDP).

Das Devices Profile for Web Services

Die technische Umsetzung des SODA@Med-Frameworks basiert auf dem DPWS-Standard, dem Devices Profile for Web Services (siehe Abb. 2). DPWS ist für den Einsatz von Webservice-Technologien auf eingebetteten Systemen konzipiert. Als Profil kombiniert es existierende Standards, wie beispielsweise WS-Discovery oder WS-Eventing, und definiert deren Verwendungsweise. Die erste Version von DPWS wurde im Februar 2006 von Microsoft veröffentlicht und ist integraler Bestandteil von neueren Microsoft-Betriebssystemen wie Windows Vista. DPWS-fähige Geräte lassen sich dort direkt mit dem Windows-Netzwerk-Explorer suchen. Ein typisches Einsatzszenario ist das Suchen von Netzwerkdruckern. Einige Druckerhersteller unterstützen hierzu den DPWS-Standard. Die Nachfolgerversion (DPWS 1.1) ist seit Juni 2009 als OASIS Standard publiziert.

DPWS sieht vor, dass ein Gerät mehrere Services hosten kann. Dies ist auch im Kontext medizinischer Geräte sinnvoll. Beispielfähig erwähnt seien Infusionspumpen, für die einerseits ein Ser-

Abb. 2 Der DPWS Stack (in Anlehnung an [5])



vice bereitgestellt wird, um verschiedene Parameter (wie die aktuelle Medikation) abzufragen, und andererseits ein Service, über den sich die Dosis des Medikaments ändern lässt. Über DPWS lassen sich gezielt alle Geräte finden, die je nach Bedarf einen oder beide dieser Services anbieten.

Implementierungen des DPWS Stacks gibt es für verschiedene Einsatzbereiche, beispielsweise das auf C basierende uDPWS, welches speziell für die Verwendung im Kontext von Sensornetzwerken konzipiert wurde. Im Rahmen des SODA@Med-Frameworks wird der Java Multi Edition DPWS Stack (JMEDS) verwendet. JMEDS wurde vom Lehrstuhl für Rechnernetze und verteilte Systeme der Technischen Universität Dortmund sowie der MATERNA Information & Communications GmbH entwickelt. SODA@Med nutzt JMEDS, um herkömmliche medizinische Geräte automatisiert als DPWS-fähige Geräte bereitzustellen. Für Drittsysteme ist somit nicht erkennbar, ob ein Gerät von sich aus DPWS-fähig ist oder ob diese Fähigkeit über das SODA@Med-Framework bereitgestellt wird. Dies erlaubt den Mischbetrieb sowie Interoperabilität von herkömmlichen medizinischen Geräten sowie zukünftigen DPWS-fähigen Modellen.

Anwendungsbeispiel

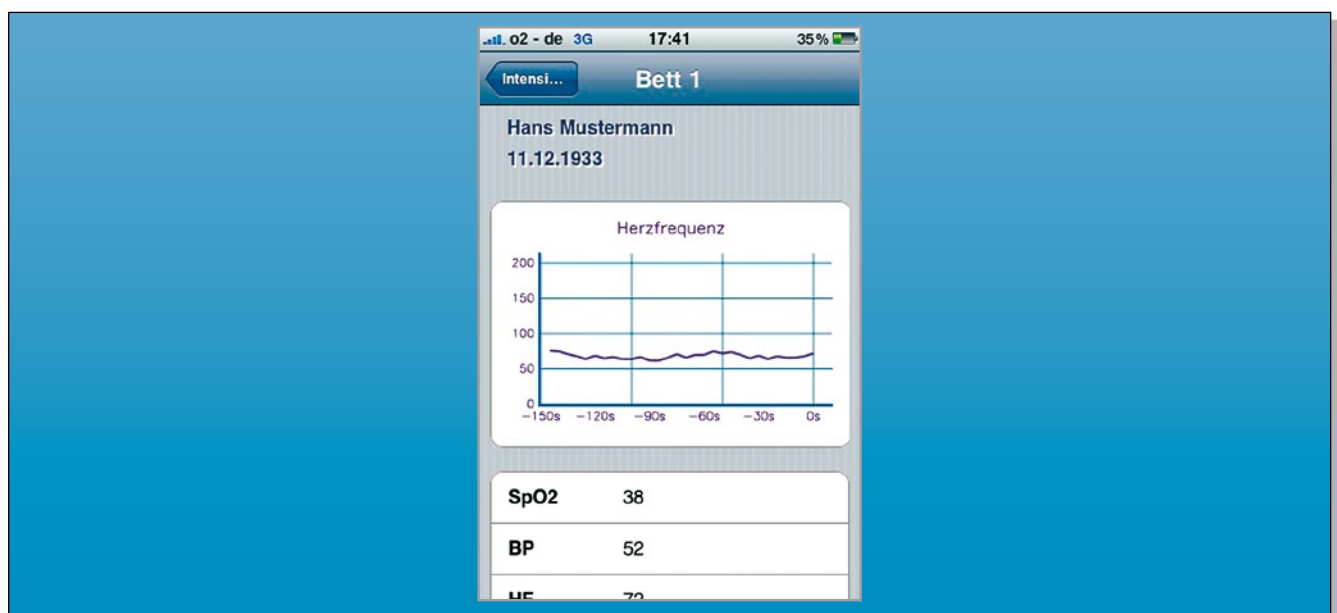
Das folgende Anwendungsbeispiel soll die Funktionsweise von SODA@Med erläutern und die Brücke zur anfänglich beschriebenen Problemstellung schlagen. Gegeben sei eine Intensivstation, bei der pro Bett mindestens folgende Geräte zur Verfügung stehen: Ein Patientenmonitor, ein Beatmungsgerät sowie eine bestimmte Menge an Infusions- und Spritzenpumpen. Das SODA@Med-Framework sucht automatisch an vorher zu defi-

nierenden Ports nach diesen Geräten und stellt entsprechende Services im Netzwerk bereit. Auch wird die Verfügbarkeit der Geräte im Netzwerk durch entsprechende Multicast-Nachrichten gemäß dem WS-Discovery-Standard bekanntgegeben. Wird ein Gerät abgeschaltet, werden auch die zugehörigen Services deaktiviert und dieses Ereignis wird im Netzwerk bekanntgegeben.

Nachdem die identifizierten Geräte durch das SODA@Med-Framework als Services gekapselt wurden, ist die Anbindung dieser Geräte trivial, da DPWS auf gängigen Webservice-Technologien basiert. Als Beispiel soll eine Anwendung dienen, die es ermöglicht, aktuelle Daten aus Patientenmonitoren und Pumpen auf dem iPhone anzuzeigen (siehe Abb. 3). Normalerweise würde die Entwicklung einer solchen Applikation einige Tage in Anspruch nehmen, da die Implementierung der proprietären Geräteschnittstellen sehr zeitaufwendig ist. Dank der Kapselung der Geräte als Services ließ sich diese Anwendung in weniger als einem Tag umsetzen. Ausschlaggebend hierfür ist der Umstand, dass sich die für den Servicezugriff benötigten Software-Komponenten mit gängigen Webservice Tools generieren lassen.

Neben einem reinen Monitoring lassen sich solche Geräteservices für vielfältige weitere Zwecke nutzen. Beispielsweise lässt sich automatisiert die (oft unbekannte) Lokalität von Geräten identifizieren, die gewartet werden müssen. Auch die Komposition mehrerer Services zu komplexen Abläufen ist möglich (vgl. [5]). Aktuell in Umsetzung ist ein Projekt, das die Services für eine Teilautomatisierung der Intensivdokumentation nutzt. Medienbrüche und umständliches manuelles Abschreiben von Werten werden somit vermieden. Die Möglichkeit zur schnellen

Abb. 3 *Mobiles Monitoring*



Entwicklung solcher Applikationen ist eines der größten Potenziale des SODA-Konzepts und des SODA@Med-Frameworks.

Semantische Interoperabilität und weitere Herausforderungen

Unter Anwendung des SODA@Med-Frameworks wird herkömmliche Medizintechnik mit komplexen proprietären Schnittstellen zu einfach zu integrierenden DPWS-fähigen Geräten. Dies ermöglicht sowohl technische als auch syntaktische Interoperabilität. Um Sicherheit über die Semantik der übertragenden Daten zu erhalten und auch um die automatisierte Kommunikation zwischen Geräten zu ermöglichen, ist die Realisierung einer semantischen Interoperabilität ein anzustrebendes Ziel. Hierzu ist das Konzipieren von Geräteprofilen nötig. Diese beinhalten die Servicedefini-

» Neben einem reinen Monitoring lassen sich Geräteservices für vielfältige weitere Zwecke nutzen. «

tionen sowie das Datenmodell für bestimmte Gerätetypen. Da Geräte des gleichen Typs von unterschiedlichen Herstellern nicht die gleichen Funktionalitäten anbieten, erscheint es sinnvoll, für einen Gerätetyp ein erweiterbares Basisprofil zu erstellen, das die grundlegenden Funktionalitäten des Geräts definiert. Auch wenn Hersteller unterschiedliche Erweiterungen anbieten, bleibt eine vollständige Interoperabilität zumindest auf Grundlage des Basisprofils bestehen.

Insbesondere durch die Domäne Gesundheitswesen ergeben sich zusätzliche Herausforderungen, an denen aktuell in verschiedenen Projekten geforscht wird. Erwähnenswert ist hierbei das Schaffen eines Standards, der das Aushandeln von Streaming-Kanälen über Webservice-Technologien erlaubt. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist Sicherheit. Dies betrifft zum einen den Schutz sensibler Patientendaten vor nicht autorisiertem Zugriff. Zum anderen muss eine unverfälschte Datenübertragung garantiert werden. Dies gilt im Besonderen für Szenarien, in denen Geräte über Services gesteuert oder beeinflusst werden. Beispielsweise könnte im Kontext von Infusionspumpen ein falsch übertragener Wert beim Ändern der Dosis den Gesundheitszustand des Patienten stark negativ beeinflussen. Für diese Fälle gilt es, Sicherheitskonzepte zu entwickeln, die eine Gefährdung des Patienten ausschließen.

Die SODA-Community in Deutschland

Der Einsatz serviceorientierter Konzepte für die Integration medizinischer Geräte ist ein noch sehr junges Forschungsgebiet. Die Anzahl der Projekte, die sich mit der Thematik befasst, ist ent-

sprechend klein. Neben dem in diesem Beitrag vorgestellten SODA@Med-Projekt des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik der Technischen Universität München seien insbesondere die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekte FUSION (Future Environment for Gentle Liver Surgery Using Image-Guided Planning and Intra-Operative Navigation) und orthoMIT (Minimal-Invasive Orthopädische Therapie) erwähnt. Diese gliedern sich in die BMBF-Leitvision „Schonendes Operieren mit innovativer Technik (SOMIT)“ ein und adressieren auf technischer Ebene das SODA-Konzept. Weitere wichtige Projekte sind TeKoMed (Technologische Kompatibilität in der Medizintechnik durch serviceorientierte Architekturen, Universität zu Lübeck) sowie smartOR (Innovative Kommunikations- und Netzwerkarchitekturen für den modular adaptierbaren integrierten OP-Saal der Zukunft, RWTH Aachen), die die Anwendung von SODA im OP betrachten.

Als allgemeine Informationsquelle (losgelöst von der Domäne Gesundheitswesen) sei die vom Institut für Angewandte Mikroelektronik und Datentechnik der Universität Rostock betriebene Informationsseite www.ws4d.org (Web Services for Devices) empfohlen. Dort lassen sich Informationen und Tools zum Themenbereich der serviceorientierten Geräteintegration auf Basis von DPWS finden. Zukünftig sollen dort auch eine Sammlung aller bekannten SODA-Projekte sowie eine Auflistung aller bekannten DPWS-fähigen Geräte zu finden sein.

Literatur

- [1] de Deugd, Scott et al.: SODA: Service Oriented Device Architecture, *Pervasive Computing* 5 (3), 2006, S. 94-96.
- [2] Gilart-Iglesias, Virgilio et al.: Normalization of Industrial Machinery with Embedded Devices and SOA, *Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 2006.
- [3] Mauro, Christian et al.: The Nature of Medical Device Services. A Multiple-case Study, *Proceedings of the International Conference on Biomedical Electronics and Devices*, Rom, 2011, S. 250-255.
- [4] Mauro, Christian et al.: SODA@Med – Ein Framework zur serviceorientierten Integration medizinischer Geräte in Krankenhausinformationssysteme, *Proceedings of the 10th International Conference on Wirtschaftsinformatik*, Volume 1, Zürich, 2011, S. 150-159.
- [5] Bohn, Hendrik: *Web Service Composition for Embedded Systems: WS-BPEL Extension for DPWS*, Sierke Verlag, Göttingen, 2009.

Autoren

Dipl.-Inf. (Univ.) Christian Mauro

ist seit 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der Technischen Universität München.

Prof. Dr. Jan Marco Leimeister

ist seit 2008 Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik der Universität Kassel.

Prof. Dr. Helmut Krcmar

ist seit 2002 Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik der Technischen Universität München.