

• layouts in perfection

CONSULTANCY & CONTRACTING

**Mentor
Graphics**

Board Station® / Expedition®

cādence[™]
ALLEGRO

Altium Designer · **EAGLE**

Ingenieurbüro Cieluch

Am Taubenfeld 12-1 · 69123 Heidelberg

Telefon 0 62 21-83 05 18

markus@cieluch.de · www.cieluch.de



in-house-service
team-service



ORGAN DER FACHVERBÄNDE



ZVEI:



DVS



PRODUKTION VON

LEITERPLATTEN

UND

SYSTEMEN

+ BAUELEMENTE

+ DESIGN

+ BESTÜCKUNG

+ PACKAGING

**+ FORSCHUNG &
TECHNOLOGIE**

3

MÄRZ 2012

SEITEN 473-704

BAND 14

ISSN 1436-7505

B 49475

Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik

110 Jahre Eugen G. Leuze Verlag KG · 1902 – 2012 · www.leuze-verlag.de

Verteilte Ereigniserkennung in drahtlosen Sensornetzen überwacht Zaun-, Reha- und Sportanwendungen

Norman Dziengel, Marco Ziegert, Stephan Adler, Zakaria Kasmi, Martin Seiffert, Jochen Schiller, FU Berlin

Die Umwelt, menschliche Aktivitäten und sicherheitsrelevante Areale sollen nach Bedarf intelligent überwacht werden können. Überwachungssysteme bestehend aus Kameras und Wachpersonal versprechen lückenlose Überwachung die jedoch häufig nicht realisierbar und oft gesellschaftlich nicht erwünscht ist. Spezifische Ereignisse, wie kritisches Frequenzauftreten an Brücken, Einbrüche in geschützte Areale aber auch schädigende oder besonders relevante Bewegungsabläufe in der Rehabilitation oder beim Sport können definiert und von einer verteilten Sensorik intelligent gefiltert und nachfolgend netzintern evaluiert werden. Wir stellen Anwendungen vor, die mit der von uns entwickelten verteilten Ereigniserkennung für drahtlose Sensornetze umgesetzt werden können und damit eine Ergänzung aber auch eine Alternative zur klassischen Überwachungstechnik bieten.

We want to monitor our environment or security relevant areas for specific and critical events. Surveillance solutions often promise complete surveillance by introducing cameras or guards. That kind of strict surveillance has often proven to be complex and is socially not accepted. In contrast to this, it is possible to pre-specify such events and to detect them by applying distributed sensor nodes with intelligent filter techniques followed by an in-network evaluation. Our novel approach enables detecting events such as critical frequencies arising at a bridge, intrusion into a restricted area, as well as harmful or particularly relevant movements during rehabilitation or sport. We present four different applications that implement our distributed event detection. Furthermore, our approach has the potential to support or possibly to replace common surveillance systems.

1 Einleitung

In drahtlosen Sensornetzen werden die mit Sensoren erfassten Umgebungsdaten per Funk an den Anwender gesendet. Die erfassten Daten müssen unter Einsatz der netzbildenden Sensorknoten an eine Basisstation außerhalb des Sensornetzes versendet werden. Energetisch optimal ist es dafür möglichst geringe Datenmengen zu versenden, um den Transceiver selten einsetzen zu müssen. Idealerweise wird nur eine Entscheidung übertragen die auf den bereits netzintern ausgewerteten Rohdaten basiert. Systeme die Entscheidungen durch Kooperationen fällen können, sind zudem autark einsetzbar und gewinnen damit an praktischem Nutzen. Wir stellen eine verteilte Ereigniserkennung vor, die eine netzinterne Auswertung der Sensordaten mittels einer für eingebettete Systeme angepassten Mustererkennung ermöglicht und damit netzinterne Kapazitäten und Algorithmen nutzt, um Sensornetze langlebig einsetzen zu können.

2 Verwandte Arbeiten

Ghasemzadeh et al. zeigen in [1] eine Bewegungserkennung innerhalb eines Wireless Body Area

Network. Sie zerlegen dafür die Bewegung der Versuchsperson in Segmente und überführen diese in Buchstaben um einen Stringmatching-Ansatz einsetzen zu können. Ihre Implementierung wurde jedoch nicht auf echten Sensorknoten realisiert, sondern mit MATLAB simuliert. Typische Ansätze zur Ereigniserkennung, wie beispielsweise das Zaunüberwachungssystem von Kim et al. in [2], nutzen eine Schwellwtererkennung, um Umgebungsveränderungen wahrzunehmen. Konkrete Ereignisse werden nicht erkannt. Im Szenario einer Kohlenminenüberwachung von Li et al. [3] zur Erkennung von Gaslecks, wurden die Rohdaten auf einer Basisstation gesammelt und ausgewertet. Zur Datenflussoptimierung wurden Plausibilitätsprüfungen im Sensornetz realisiert.

Die Anwendungsbereiche für ereigniserkennende Sensornetze sind vielfältig und haben das Ziel die Umgebung autark zu überwachen, Ereignisse zu erkennen und damit Transparenz in einen kontinuierlich schwer zu beobachtenden Bereich zu bringen. Die hier vorgestellte verteilte Ereigniserkennung ermöglicht Langlebigkeit für batteriebetriebene Sensorknoten mit präziser Ereigniserkennung. Mittels

einer netzinternen Datenauswertung, die auf charakterisierenden Merkmalen basiert, können Ereignisse erkannt und die zu versendenden Daten erheblich reduziert werden. Die Realisierung der verteilten Ereigniserkennung ist in der Praxis vollständig auf den Sensorknoten erfolgt.

3 Verteilte Ereigniserkennung

Grundlegend und motivierend für die Entwicklung der verteilten Ereigniserkennung ist die begrenzte Lebensdauer von drahtlosen Sensorknoten. Bestehend aus einer MCU, dem Speicher, unterschiedlicher Sensorik, einem Transceiver und einer Energieversorgung sind diese Komponenten eines Sensorknotens aufgrund der geringen gewünschten Baugröße in ihrer Rechenleistung und Lebensdauer stark limitiert. Das Ziel der Forschung ist es diese Grenzen zu verschieben und damit die praktischen Einsatzbereiche von drahtlosen Sensornetzen zu erweitern beziehungsweise zu ermöglichen. Typische Ansätze zur Optimierung der Kommunikationslast konzentrieren sich auf eine optimierte Routenbildung, wodurch die Kommunikationswege stabil und kurz gehalten werden. Alternativ oder zusätzlich dazu kann das Energy-Harvesting die benötigte Energie aus der Umgebung gewinnen. Diese Ansätze lösen jedoch nicht das Grundproblem, dass die erfassten Daten zentralisiert zu einer Senke gesendet werden müssen (Abb. 1). Durch diesen zentralisierten Ansatz wird insbesondere die Energieversorgung von Sensorknoten nahe der Senke in Mitleidenschaft gezogen, da sie die Daten aus entfernteren Regionen des Sensornetzes an die Senke weiterleiten.

Ansätze zur Verringerung der auftretenden Daten sind verlustfreie und verlustbehaftete Kompressionsalgorithmen. Die Kompressionsraten der verlustfrei-

en Kompression sind limitiert und applikationsabhängig. Für Sensornetze mit großen Datenmengen, wie sie beispielsweise bei der Arealüberwachung an Zäunen auftreten (z. B. Beschleunigungswerte, Video- und Audiodaten) ist die verlustfreie Kompression nur begrenzt einsetzbar. Verlustbehaftete Kompressionsalgorithmen können bei deutlich reduziertem Datenumfang aber auch verringerter Auflösung der Messwerte einen Kompromiss für drahtlose Sensornetze darstellen. Eine netzinterne Evaluierung hingegen mit anschließender Versendung einer modellbasierten Entscheidung nutzt die Idee der verlustbehafteten Kompression und minimiert die zu versendende Datenmenge. Der hier vorgestellte Ansatz der verteilten Ereigniserkennung nutzt im Kontext der Ereignisüberwachung den kooperativen Austausch von ereignisbeschreibenden Charakteristika, so genannten Merkmalen, um im Sensornetz Ereignisse zu klassifizieren.

Die verteilte Ereigniserkennung wird im Detail in [4] beschrieben, hier wird eine zusammenfassende Darstellung gegeben. Um Entscheidungen im Sensornetz mittels erfasster Sensordaten treffen zu können, wird basierend auf der klassischen Mustererkennung [5] das System in die Kernkomponenten des Trainings und der Erkennung zerlegt. Während des Trainings wird das Sensornetz den zu erkennenden Ereignissen ausgesetzt. Die Sensorknoten berechnen aus einem gegebenen aber erweiterbaren Pool von Merkmalen zunächst alle Merkmale und senden diese an eine Trainingsstation. Auf der Trainingsstation werden die Trainingsdaten für jede Klasse mittels einer auf Vorwärts-Rückwärtssuche basierenden Leave-one-out Cross Validation [6] klassifiziert. Die Merkmalskombination mit der höchsten Erkennungsrate stellt für jede Klasse einen individuellen Prototypvektor dar. Diese Prototypvektoren werden zurück auf die Sensorknoten übertragen.

Das Auftreten eines Ereignisses löst auf den Sensorknoten die Datenverarbeitung mit anschließender Klassifizierung aus (Abb. 2).

Zunächst werden die Rohdaten vorverarbeitet. Während der Vorverarbeitung werden Filterfunktionen eingesetzt, die die Rohdaten glätten und das Hintergrundrauschen entfernen. Die nachfolgende Segmentierung bestimmt mittels Hysterese den Ereignisanfang und das Ereignisende innerhalb der Rohdaten. Nachfolgend werden die Rohdaten auf die Merkmale

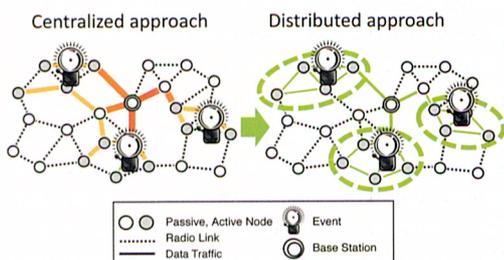


Abb. 1: Zentralisierte Datenauswertung (links), neuer Ansatz: verteilte Ereigniserkennung (rechts)

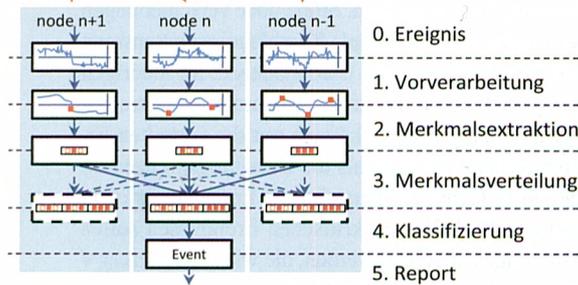
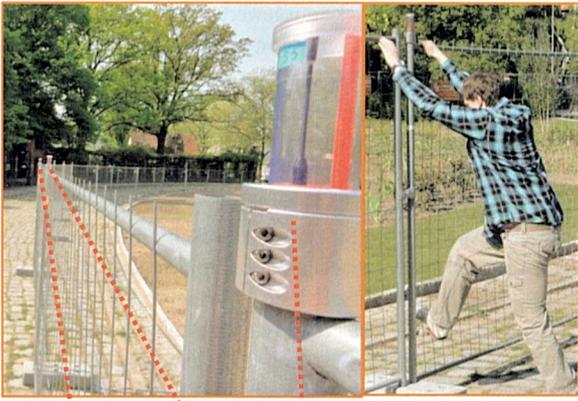


Abb. 2: Von der Datenaufnahme bis hin zur Datenverarbeitung in der verteilten Ereigniserkennung

reduziert, die im Training durch die Referenzvektoren festgelegt wurden. In unseren Anwendungen kamen dabei beispielsweise Histogramm-, Intensitäts-, Orientierungs-, Nullstellen und FFT-Merkmale zum Einsatz. Die Merkmale selber können in verschiedenen Detailgraden über das Muster hinweg aufgelöst erzeugt werden, somit wird beispielsweise der zeitliche Verlauf eines Musters präzise konfigurierbar. Die am Ereignis beteiligten Sensorknoten senden nach Auftreten eines Ereignisses die berechneten Merkmale mittels Broadcast in ihre 1-Hop-Nachbarschaft. Der Prototypklassifikator [7] nutzt den euklidischen Abstand zur Bestimmung des Ereignisses. Zusätzlich können die Merkmalskombinationen wahlweise unter Berücksichtigung der Topologie gewichtet werden, wobei die Topologie die relative Lage der Sensorknoten zum Ereignis ausdrückt [8]. Bei erfolgreicher Klassifizierung kann das Ereignis kontextbedingt als Alarm eingestuft und zur Basisstation gesendet werden. Liegt das Ereignis außerhalb aller Klassifizierungsregionen, wird es zurückgewiesen [4].

4 Anwendungen

Nachfolgend werden Anwendungen vorgestellt die unter Einsatz der verteilten Ereigniserkennung bereits realisiert wurden [9] oder im aktuellen BMBF-geförderten VIP-Projekt VIVE der Freien Universität Berlin als *Work in Progress* deklariert sind.

4.1 Zaunüberwachung

Auf Baustellen werden im Allgemein Zäune eingesetzt, um den Zugang zum Baugelände zu sichern. Da diese mehr eine psychologische als eine physische Barriere darstellen, kommt es im Baustellenbereich zu jährlichen Diebstahlschäden im mehrstelligen Millionenbereich. Daraus ergibt sich der Bedarf, digitale Systeme zur Zaunüberwachung zu erforschen. Wir haben die verteilte Ereigniserkennung für die Anwendung einer Baustellenüberwachung im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes AVS-Extrem realisiert. Jedes Zaunelement wird hierzu mit Sensorknoten ausgestattet, so dass ein möglichst präzises Abbild von Überwindungs- und Erschütterungsereignissen direkt am Zaun erstellt werden kann. Dies impliziert das Design eines Sensorknotens mit Beschleunigungssensorik, Energieversorgung und Gehäuse derart, dass dieser in den Zaun integriert werden kann (Abb. 2 und [9]). Der Aspekt der verteilten Ereigniserkennung an Zaunelementen nutzt insbesondere die multiple Sicht auf ein Ereignis aus, die hier durch die Kopplung der Zaunelemente ($2\text{ m} \times 3,5\text{ m}$) ermöglicht wird [4]. Eine Schwingung oder Erschütterung eines Zaunelementes wird innerhalb des Zaunes mechanisch übertragen. Wir betrachten vier unterschiedliche Ereignisse: Schütteln, Lehen, Treten und das Klettern. Die Sensorknoten werden in den das Baustellengebiet umfassenden Zaun eingebracht. Die Sensorknoten erfassen, wie in *Abschnitt 2* beschrieben, die Bewegung des Zauns, extrahieren Merkmale, fusionieren diese und senden das erkannte Ereignis über Multihop-Routen zu einer Leitstelle. An der Leitstelle kann geschultes Sicherheitspersonal die erkannten Ereignisse kontextabhängig bewerten. So ist die Aussagekraft von Einbruchsmeldungen tagsüber bei aktivem Baustellenbetrieb nicht als relevant zu bewerten. Abends hingegen werden Überkletterereignisse als relevant und kritisch eingestuft.

Das Erkennungssystem leistet an der Baustelle mit einer Erkennungsgenauigkeit von durchschnittlich 87 % [4] eine hohe Erkennungsrate. Voraussetzung

ist ein homogener Zaunaufbau und die Vermeidung von Gegenständen die an den Zaun gelehnt sind oder dämpfende Eigenschaften haben, wie beispielsweise Sandberge [4]. Die Energieversorgung ermöglicht dem Sensorknoten mit insgesamt 18 Ah eine Lebensdauer von etwa 250 Tagen unter Annahme einer Häufigkeit von fünf Ereignissen pro Stunde und dem Versand von fünf Keep-Alive Nachrichten pro Stunde. Im Vergleich zur zentralisierten Datenauswertung wird durch die verteilte Ereigniserkennung eine Lebensdauererweiterung um den Faktor vier erzielt (Abb. 3).

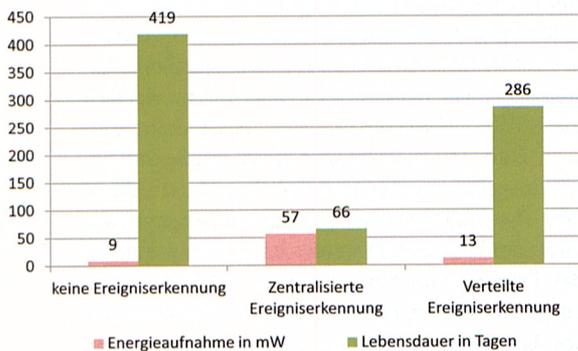


Abb. 3: Energieaufnahme der verteilten Ereigniserkennung im Vergleich zur zentralisierten Ereigniserkennung

4.2 Brückenüberwachung

In der Bauwerksüberwachung ist es besonders wichtig, ein langlebiges System ausbringen zu können, um die Gesamtkosten nicht mit Wartungskosten zu belasten. Ein sensibles System mit einer netzinternen Ereignisauswertung kann bereits vor Ort entscheiden, ob überhaupt Daten energieaufwendig verschickt werden müssen oder nicht. Aufgrund der optimierten Energienutzung in der verteilten Ereigniserkennung wird in dem Szenario der Brückenüberwachung die nötige Langlebigkeit gewährleistet. Aufgrund der drahtlosen Kommunikation lassen sich derartige Systeme auch nach Fertigstellung eines Gebäudes ausbringen und schützen Kulturgüter und Bauten, deren technische Unzulänglichkeiten unter Umständen erst zu späterer Zeit hervortreten. Durch die Zusammenarbeit der Sensorknoten wird beispielsweise das Bild einer auftretenden Schwingung präzisiert oder Spannungsänderungen nicht mehr nur punktuell, sondern

global direkt an der Brücke ausgewertet und gegebenenfalls ein gebäudeeigener Alarm ausgelöst.

Ein im BMBF-gefördertes VIP-Projekt VIVE zu validierender Ansatz ist die verteilte Ereigniserkennung an Brücken zur globalen Überwachung von Ereignissen. Mit Hilfe von Sensoren sollen Eigenfrequenzen klassifiziert und bei kritischen Frequenzen Alarm ausgelöst werden. Die Statik von Brücken wird regelmäßig überprüft, zwischen diesen Prüfvorgängen besteht jedoch kein aktualisiertes Wissen über den Zustand der Brücke. Das Projekt soll es ermöglichen, dass die Sensorknoten an Brücken selbständig und kooperativ nach dem Prinzip der verteilten Ereigniserkennung Schwingungen, Stöße oder Verschiebungen auswerten können. Mittels Beschleunigungssensoren zur Schwingungs- und Modellanalyse im niedrigen Frequenzbereich als auch Dehnmessungstreifen zur Spannungsanalyse können mit der verteilten Ereigniserkennung erstmals die Belastungsgrenzen im gesamten Gebäude übersteigende Ereignisse erkannt werden. Im Falle von kritischen Ereignissen sollen Warnungen abgesetzt werden, die wie in *Abbildung 4* dargestellt über ein GSM-Modul die Klassifizierung an die Leitstelle senden. Die verteilte Ereigniserkennung soll die visuelle Überwachung der Statik ergänzen und verbessern.

Die Überwachung von Dämmen oder Pipelines könnte sich ähnlich gestalten und dazu beitragen Spannungen, Korrosion und Manipulationen zu erkennen.

4.3 Trainingssystem zum Erlernen der Stockführung

Sportler können ihre Fähigkeiten verbessern, indem sie Trainingsgeräte mit integriertem Feedback einsetzen. Durch das Feedback erhält ein Sportler der in Abwesenheit des Trainers trainiert Hinweise bezüglich der Qualität oder der Korrektheit des Trainings. Somit können sich beispielsweise einschleichende Fehler in Bewegungsabläufen vermieden beziehungsweise früher erkannt werden. Die verteilte Ereigniserkennung erlaubt aus den eingesetzten Sensoren alle Daten bereits in dem Sportgerät zu fusionieren und zu bewerten, womit der Einsatz vollständig unabhängig von jeglicher Infrastruktur möglich ist.

Ein beispielhaftes System zur Unterstützung beim Erlernen komplexer Sportarten wie der Stockführung ist in *Abbildung 5* aufgezeigt. Im Bereich des Kampfsportes ist es besonders wichtig die Bewegun-

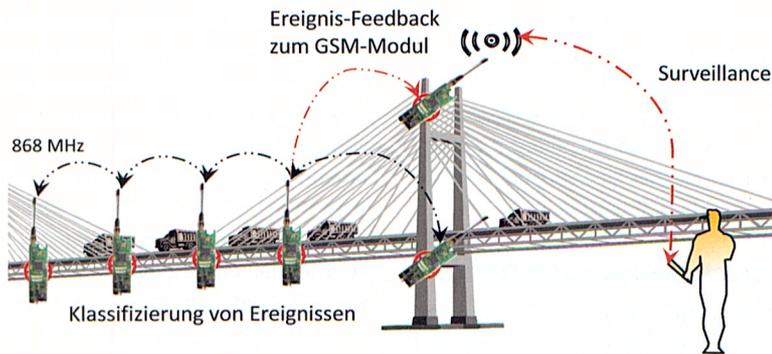
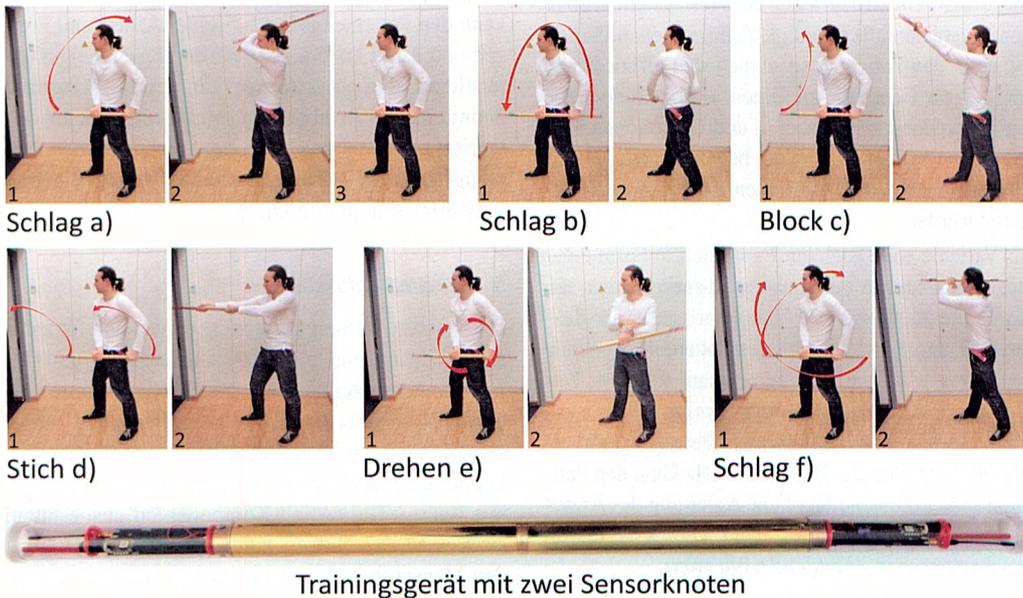


Abb. 4: Intelligentes Sensornetz erzeugt Feedback an Brücken



Trainingsgerät mit zwei Sensorknoten

Abb. 5: Trainingsgerät mit zwei Sensorknoten erlaubt Training mit Feedback per LED direkt am Gerät

gen des Lehrers exakt nachzuempfinden. Mit dem in [10] vorgestellten Gerät ist es möglich Technikabfolgen wie beispielsweise die Techniken aus den *Abbildung 5a* bis *5f* nach dem Prinzip der verteilten Ereigniserkennung zu trainieren.

Es werden folglich ebenfalls Referenztechniken erzeugt und deren Merkmalsbeschreibung in dem Trainingsgerät gespeichert. Nachfolgend kann mit dem Gerät trainiert werden. Üblicherweise wird das

Trainingsgerät von einer lehrenden Person trainiert und einer lernenden Person eingesetzt. Wird eine erwartete Technik korrekt durchgeführt leuchtet eine grüne LED auf, wird die erwartete Technik nicht oder falsch durchgeführt leuchtet eine rote LED auf. Wird die Technikfolge korrekt abgeschlossen leuchtet eine blaue LED. Bei Abwesenheit des Trainers ermöglicht diese individualisierte Trainingsform eine aktive Auseinandersetzung mit der eigenen Technik.

Multiple Sensorknoten helfen die Verlässlichkeit des Trainingsgerätes zu verbessern. Die drahtlose Kommunikation bietet zudem hohe Flexibilität bei mehrteiligen Geräten wie beispielsweise Doppelkurzstock oder Ski. So wäre es hier technisch problemlos möglich die Sensoren der Gerätes zu entkoppeln und sie einzeln zu führen, wie in [10] angedeutet.

4.4 Sensorgestützte Bewegungsrehabilitation

Nach einem Schlaganfall oder einem Unfall mit längerer Immobilität als Folge müssen Patienten Bewegungen wieder erlernen und benötigen dafür eine intensive Betreuung. Zwischen den Terminen bei Therapeuten und Ärzten ist der Patient jedoch auf sich gestellt und hat kaum Möglichkeiten seinen Trainingsfortschritt zu beurteilen oder festzustellen, ob er sich gegebenenfalls schädigt. Ziel der Rehabilitation soll sein, den Patienten so schnell und effizient wie möglich zur Genesung zu führen. Hierzu können die mit Beschleunigungssensoren und Gyroskopen ausgestatteten Sensorknoten vom behandelnden Arzt an den Gliedmaßen der betroffenen Körperbereiche befestigt werden.

Als Variante wäre auch ein Exoskelett in Form einer Jacke denkbar, das mit Sensoren ausgestattet ist, um die stabile und korrekte Wiederanbringung der Sensoren zu garantieren. Die für den Patienten zu übende Bewegung wird zunächst gemeinsam trainiert. Das Trainingsmodul der verteilten Ereigniserkennung erlernt hierbei die zu trainierende Bewegung und ermittelt die Merkmale. Das Sensornetz kann den Patienten später ohne die fachliche Anleitung des Arztes bei seinen Übungen unterstützen. Dieses Verfahren ist schematisch in *Abbildung 6* illustriert.

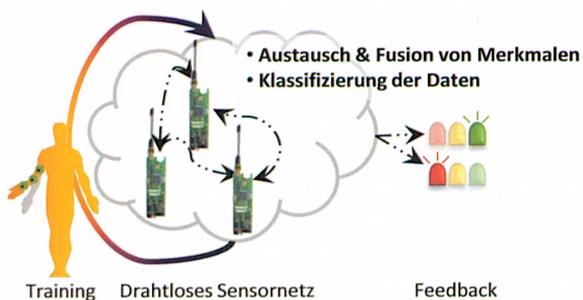


Abb. 6: Bewertung der Bewegung als Unterstützung bei Rehabilitationen

Außerdem wäre es dem behandelnden Arzt aufgrund einer detaillierten kooperativen Analysefähigkeit des Sensornetzes möglich den nachfolgenden Übungsverlauf des Patienten jederzeit aus der Ferne zu überwachen. Das beschriebene Verfahren hat mehrere Vorteile gegenüber dem Stand der Technik: Der Patient ist beim Üben von Bewegungsabläufen nicht mehr nur auf sein Erinnerungsvermögen beziehungsweise die Kontrolle durch einen Spezialisten angewiesen. Aus dem direkten Feedback resultieren zweckmäßiger ausgeführte Bewegungsabläufe. Zudem könnten erstmals Analysedaten für weiterführende Untersuchungen gesammelt werden. Der Patient ist dabei unabhängig von einer verkabelten Installation und benötigt keine stationäre Auswertungseinheit. Eine so in den Alltag integrierbare Rehabilitationseinheit kann den Patienten während seiner Arbeit und Freizeit und damit außerhalb von Trainingseinheiten unterstützen aber auch warnen. Ein Feedbackinterface könnte in eine Armbanduhr mit einem Funkchip integriert sein, wodurch der Ansatz dem Patienten eine alltagstaugliche Lösung ohne eine örtliche Bindung oder Infrastruktur ermöglicht.

5 Zusammenfassung

Die verteilte Ereigniserkennung eignet sich für zahlreiche Anwendungen, welche von der Areal- und Gebäudeüberwachung bis hin zu vielfältigen Sport- und gesundheitsfördernden Anwendungen reichen. Insbesondere wenn die Sensorknoten in Zukunft noch stärker miniaturisiert werden können und standardmäßig mit Energy-Harvesting-Komponenten ausgestattet sind, wird der Nutzen einer verteilten Intelligenz den Mensch im Alltag überraschen. Die hier vorgestellten, mit drahtlosen Sensornetzen möglichen Anwendungen zeigen auf, dass nicht zwangsläufig eine lückenlose und oft kritisierte Überwachung nötig und sinnvoll ist. Der bewusste Einsatz sensorgestützter und intelligenter Datenfilter (hier: verteilte Ereigniserkennung) mit integrierter Evaluierung erlaubt diesen Netzen hingegen selbständig und autark kritische Ereignisse erkennen zu können ohne die Rohdaten an eine verarbeitende Senke senden zu müssen.

Literatur

[1] H. Ghasemzadeh, V. Loseu, and R. Jafari: Collaborative signal processing for action recognition in body sensor networks: a distributed classification algorithm using motion transcripts, in Proc. of 9th ACM/IEEE Int. Conf. on IPSN, Stockholm, 2010

- [2] Y. Kim, J. Kang, D. Kim, E. Kim, P. Chong, and S. Seo: Design of a fence surveillance system based on wireless sensor networks, in *Autonomics*, A. Manzalini, Ed., 2008
- [3] M. Li, Y. Liu, L. Chen: Non-threshold based event detection for 3d environment monitoring in sensor networks, in *Proc. of the 27th Int. Conf. on Distributed Computing Systems*, ser. ICDCS Washington: IEEE Computer Society, 2007
- [4] G. Wittenburg, N. Dziengel, C. Wartenburger, J. Schiller: A System for Distributed Event Detection in Wireless Sensor Networks, in *Proc. of 9th ACM/IEEE Int. Conf. on IPSN*, Stockholm, 2010
- [5] H. Niemann. *Klassifikation von Mustern*. Springer, 1st edition, July 1983
- [6] R. Kohavi. A Study of Cross-validation and Bootstrap for Accuracy Estimation and Model Selection. In *Proc. of 14th Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI '95)*, San Mateo, USA, 1995
- [7] A. Kalton, P. Langley, K. Wagsta_, J. Yoo. Generalized Clustering, Supervised Learning, and Data Assignment. In *Proc. of 7th ACM Intl. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining*, San Francisco, CA, USA, 2001
- [8] Georg Wittenburg, Norman Dziengel, and Christian Wartenburger. Verfahren und Sensornetz zur Merkmalsauswahl für eine Ereigniserkennung. German patent DE 10 2009 006 560 B4 (WO 2010/086325 A1), June 2011
- [9] Norman Dziengel, Marco Ziegert, Stephan Adler, Zakaria Kasmi, Stefan Pfeiffer and Jochen Schiller. Energy-Aware Distributed Fence Surveillance for Wireless Sensor Networks. In *Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP '11)*, Adelaide, Dec. 2011
- [10] Norman Dziengel, Marco Ziegert, Martin Seiffert, Georg Wittenburg, and Jochen Schiller. Integration of Distributed Event Detection in Wireless Motion-Based Training Devices. In *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE '11)*, Berlin, September 2011

Kontakt

Norman Dziengel, Fachbereich Mathematik und Informatik, Freie Universität Berlin, dziengel@inf.fu-berlin.de, <http://cst.mi.fu-berlin.de>

Erfassung von Lötprofilen

Methodik, Fehlerquellen, Messtoleranzen

Von Prof. Dr. Armin Rahn. Erste Auflage 2008. 112 Seiten.

ISBN 978-3-87480-250-5. Preis € 64,- inkl. 7% MwSt. und Versand in Deutschland.

Der Übergang von der bleihaltigen zur bleifreien Löttechnik in der Elektronik hat eine Reihe von Fragen aufgeworfen, mit denen sich alle in die Prozesskette involvierten Stellen auseinandersetzen müssen. Das beginnt beim Bauteilhersteller und dem Leiterplattendesigner, betrifft den Produzenten von Lot, Paste und Flussmittel, beeinflusst Design und Qualität der Lötanlage, erfordert angepasste Temperaturmessmethoden zur Prozesssicherung und Optimierung des Temperaturprofils der Lötanlage und hat Auswirkungen auf die Reparatur- bzw. Nachlötplätze.

Diesen komplexen Themenkreis behandelt Prof. Dr. Armin Rahn in seinem neuen Buch, in dem er wissenschaftlich fundierte und sehr konkrete Hinweise und Ratschläge für die Arbeit in der Produktion gibt. Großer Platz wird den versteckten Fehlerquellen und den praktisch anwendbaren Temperaturmessmethoden eingeräumt.

Dieses Werk dürfte sich schon dann vielfach bezahlt machen, wenn nur eine einzige zusätzliche fehlerfreie Baugruppenserie die Lötanlage verlässt.

Eugen G. Leuze Verlag KG

Karlstraße 4 · D-88348 Bad Saulgau · Tel. 07581/4801-0 · Fax 07581/4801-10
buchbestellung@leuze-verlag.de · www.leuze-verlag.de