

Contextual Computing

ursprünglich als „Forschung für die Praxis“-Projekt im Jahr 2014 bewilligt

Jörg Schäfer

Frankfurt University of Applied Sciences
Fachbereich 2: Informatik und Ingenieurwissenschaften
Nibelungenplatz 1, Raum 1-217, +49(0)69-1533-3679
D-60318 Frankfurt am Main
jschaefer@fb2.fra-uas.de

<https://www.informatik.fb2.frankfurt-university.de/~jschaefer/>

1 Forschungsgruppe Mobile & Contextual Computing

1.1 Kontext

Die allumfassende Verfügbarkeit von Computern – Stichwort “Ubiquitous Computing” –, ist im Begriff, unser Leben zu revolutionieren. Ein wesentlicher Faktor dabei sind Smartphones, die einerseits Hardware, die für Berechnungen jeglicher Art geeignet ist, dem Nutzer permanent und preisgünstig zur Verfügung stellen, andererseits mit ihren Sensoren auch eine Quelle von z.T. neuartigen Daten darstellen, die – intelligent ausgewertet – die Grundlage für neue Dienstleistungen (Services) sind. Die Forschungsgruppe *Mobile & Contextual Computing* wurde im Jahr 2014 vom Autor gegründet und erforscht die Möglichkeiten, die in der permanenten Verfügbarkeit von Smartphones und anderen Sensordaten – Stichwort Internet of Things (IoT) – liegen.

1.2 Historie

Basierend auf Vorarbeiten [6] wurde ein Lokalisierungsdienst im Gebäude 2 der Frankfurt University of Applied Sciences realisiert, der WLAN Signale auswertet und die Raumerkennung ermöglicht. 2014 wurde ein Antrag FfDP zum Thema “Ubiquitous Computing” gestellt, der zum Ziel hatte, genauere Lokalisierungsverfahren zu entwickeln und andere Arten des *Kontextes* auszunutzen – ein (erster, kleiner) Schritt hin zum sogenannten “invisible computing”, ganz der Vision Mark Weisers folgend:

“The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.”
– Mark Weiser

Darüber hinaus soll eine Basis geschaffen werden, um Mobiles Crowd Sensing zu ermöglichen und so weitere Dienste und Forschungsaktivitäten zu unterstützen. Das Fernziel ist es, durch intelligente Art der Verknüpfung von Sensor- und Kontextinformationen eine bessere Benutzbarkeit (englisch “User Experience”) zu erreichen; für eine aktuelle Arbeit dazu s. z. B. [4].

2 Lokalisierungskontext mit RSSI

2.1 Lokalisierungsdienste

Die Lokalisation basiert auf der Auswertung der Signalstärke (engl. Received Signal Strength oder RSSI) von WiFi Signalen, die z. B. Smartphones von W-LAN Routern empfangen. Die Auswertung geschieht u.a. mithilfe von Techniken des Maschinellen Lernens:

- KNN
- Support Vector Machines
- (Naive) Bayes
- Sequential Monte Carlo (SMC) Methoden (einschl. Particle Filter)

Im Gebäude 1 sind mehr als 150 W-LAN Router sichtbar, was zu einem *hoch-dimensionalen* Feature-Raum führt. Daher wurde u. a. Principal Components Analysis (PCA) sowie verschiedene Datenverarbeitungs- und Dimensionsreduktionsverfahren eingesetzt.

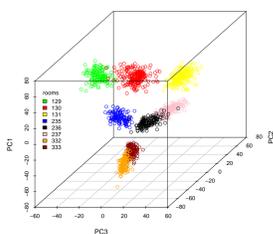


Abbildung 1: Principal Components Analyse

Wie sich zeigt, sind nach diesen Verarbeitungsschritten die Daten sogar im wesentlichen *linear* trennbar, siehe dazu Abb. 1.

	median(e_b)	max(e_b)	median(e_r)	min(p)	min(r)	min(f)
SVM	0.008	0.016	NA	0.857	0.846	0.917
KNN	0.004	0.024	2.773	0.909	0.846	0.917
Bayes	0.020	0.047	NA	0.833	0.727	0.842

Tabelle 1: Vergleich Verfahren

Auf dieser Basis konnte mit verschiedenen Verfahren des Maschinellen Lernens eine weitgehend raumgenaue Auflösung erzielt werden [1], vergleiche Tabelle 1.

2.2 Apps

Auf Basis dieses Dienstes wurden einige Mobile Apps entwickelt, so u.a. *Smartclick*, siehe Abb. 2 – ein Audience Response System.



Abbildung 2: SmartClick

3 Kontext mit Channel State Information (CSI)

3.1 Grundlagen

Die Entwicklung von Multiple-Input und Multiple-Output (MIMO), bei der mehrere Antennen eingesetzt werden, ermöglicht eine bessere Erkennung des Kontextes durch eine wesentlich feinere Aufnahme der Signale. So werden anstelle der Signalstärke eines W-LAN Routers für z. B. 3 Antennen und 30 Unterkanäle insgesamt $3 \times 30 = 90$ Daten erhoben¹. Diese sind als sogenannte Channel State Information in einer komplexen Matrix $\mathbf{h}^{(l)}$ verfügbar:

$$\mathbf{h}^{(l)} = \mathbf{U}(\varphi, \tau) \boldsymbol{\gamma}^{(l)} + \mathbf{w}^{(l)} \\ = \sum_{q=1}^Q \mathbf{u}(\varphi_q, \tau_q) \gamma_q^{(l)} + \mathbf{w}^{(l)} \in \mathbb{C}^{MN \times 1}. \quad (1)$$

Eine Zerlegung der sog. Kovarianzmatrix liefert dann:

$$\mathbf{R} = \mathbf{U}(\varphi, \tau) \mathbf{R}_\gamma \mathbf{U}(\varphi, \tau)^H + \sigma^2 \mathbf{I}_{MN},$$

wobei die Noise Eigenvektoren orthogonal zum Signal sind:

$$\mathbf{U}(\varphi, \tau) \perp \mathbf{E}_{MN}.$$

$\mathbf{U}(\varphi, \tau)$ beinhaltet Information über den Winkel und die Laufzeit des empfangenen Signals, siehe Abb. 3.

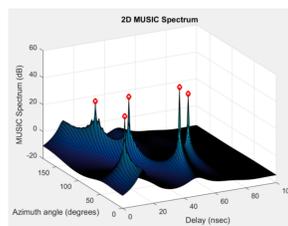


Abbildung 3: AoA

Damit kann man das Signal zerlegen und so mithilfe von Super-Resolution Verfahren wie MUSIC Informationen über den Winkel und die Laufzeit des empfangenen Signals erhalten, siehe Abb. 4.

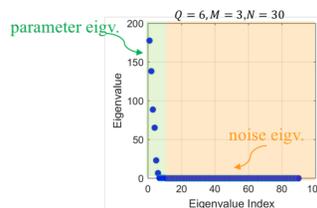


Abbildung 4: MUSIC

Diese Informationen wiederum können zur Lokalisierung eingesetzt werden – mit Machine Learning Verfahren – oder mithilfe klassischer Triangulierung, wie Abb. 5 verdeutlicht, s. [3].

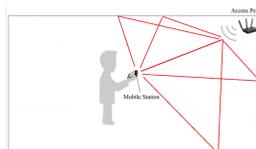


Abbildung 5: Triangulation

3.2 Aktivitätserkennung

Aktivitätserkennung oder Human Activity Recognition (HAR) bezeichnet die – möglichst automatisierte – Erkennung (menschlicher) Aktivitäten durch Computer mithilfe von Sensoren. Obschon die Verbreitung von WLAN-Routern, Smartphones, Smartwatches eine ungeheure Datenfülle liefert, sind diese Geräte z. T. nicht “invisible”. Die (All-) Verfügbarkeit von WiFi auf der anderen Seite, insbesondere von 802.11n (MIMO), ermöglicht Aktivitätserkennung *ohne* jegliche Form zusätzlicher Sensoren. Wie in [5] und [2] gezeigt wurde, kann man mithilfe von CSI verschiedene Aktivitäten wie WALK, RUN, SIT mit großer Genauigkeit überwachen.

3.3 Sturzerkennung (AAL)

Laut World Health Organization (WHO) ereignen sich tödliche Stürze etwa 646 000 mal im Jahr – in den meisten Fällen Menschen betreffend, die älter sind als 60 Jahre. 37.3 Millionen Fälle von Stürzen erfordern jährlich medizinische Nachsorge. Ein wichtiges Problem als Teilbereich von Ambient Assisted Living (AAL) ist die zuverlässige Erkennung von Stürzen für alleinlebende Menschen, so dass umgehend und zuverlässig Hilfe organisiert werden kann.

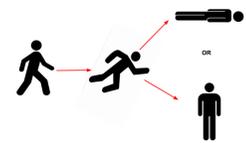


Abbildung 6: Sturz

Obschon es Geräte gibt, die Stürze erkennen, erfordern diese im Regelfall, dass die Geräte am Körper getragen werden. Wie in [2] gezeigt wurde, kann man mithilfe von CSI Daten zuverlässig Stürze erkennen, ohne dass die verunfallten Personen dazu irgendwelche Geräte tragen müssen – für die Compliance/Akzeptanz ein großer Vorteil. Die Tabelle 2 zeigt die zugehörige Konfusionsmatrix an.

Tabelle 2: Confusion Matrix

Predicted	Actual					
	Walking	Standing Up	Sitting Down	Empty	Fall	False Alarm
Walking	0.95	0	0.1	0	0	0
Standing Up	0	1	0.05	0	0	0
Sitting Down	0	0	0.55	0	0	0
Empty	0	0	0	1	0	0
Fall	0.05	0	0.3	0	1	0
False Alarm	0	0	0	0	0	1

Literatur

- [1] Fabio Aversente, David Klein, Schekeb Sultani, Dmitri Vronski, and Jörg Schäfer. Deploying Contextual Computing in a Campus Setting. *11th International Network Conference 2016 (INC2016)*, July 2016.
- [2] Neena Damodaran, Elis Haruni, Muyassar Kokhkharaova, and Jörg Schäfer. Device Free Human Activity and Fall Recognition using WiFi Channel State Information (CSI). Technical report, Frankfurt University of Applied Sciences, October 2019.
- [3] Elpiniki Tsakalaki and Jörg Schäfer. On Application of the Correlation Vectors Subspace Method for 2-Dimensional Angle-Delay Estimation in Multipath OFDM Channels. In *WiMob 2018 – The 14th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, volume 14. IEEE, October 2018.
- [4] Jörg Schäfer Fabio Aversente. What You See is Where You Are – Localize a Mobile Device with its Camera and WiFi. In *2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*. IEEE, June 2018.
- [5] Neena Damodaran and Jörg Schäfer. Device Free Human Activity Recognition using WiFi Channel State Information. In *16th IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC 2019), 5th IEEE Smart World Congress, Leicester*, volume 16. IEEE, August 2019.
- [6] Jörg Schäfer. Practical Concerns of Implementing Machine Learning Algorithms for W-LAN Location Fingerprinting. In *Proceedings of ICUMT 2014, 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications, St. Petersburg*, pages 410–417. IEEE Computer Society, October 2014.

Danksagung

Der Autor bedankt sich für die Unterstützung für einen Teil der vorgestellten Arbeiten durch das Programm Forschen für die Praxis (FfDP) des HMWK in den Jahren 2014–2015.

¹Da diese komplexe Zahlen darstellen, entspricht das sogar 180 “normalen”, d.h. reellen Daten!