

Übersicht über Wireless LAN basierte Indoor Positionierungssysteme

Kai Eckert

eckertk@rumms.uni-mannheim.de

Mobile Business Seminar

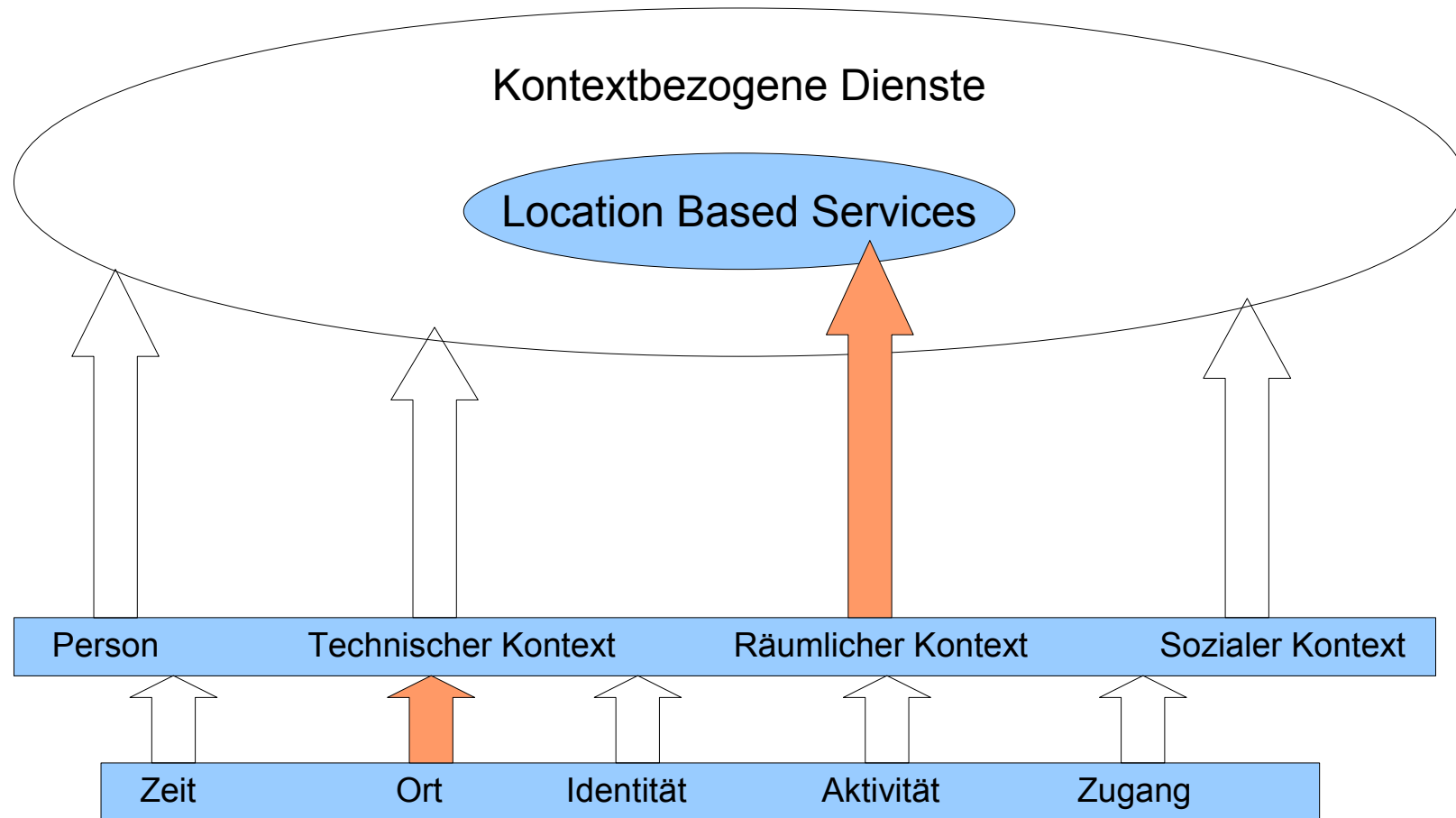
Lehrstuhl für Praktische Informatik IV
Prof. Dr. Wolfgang Effelsberg

Betreuer: Thomas King

Übersicht

- **WLAN Positionierung**
- Die Signal-Stärke
- Ansätze zur Erhöhung der Genauigkeit
- Ausblick

Location Based Services

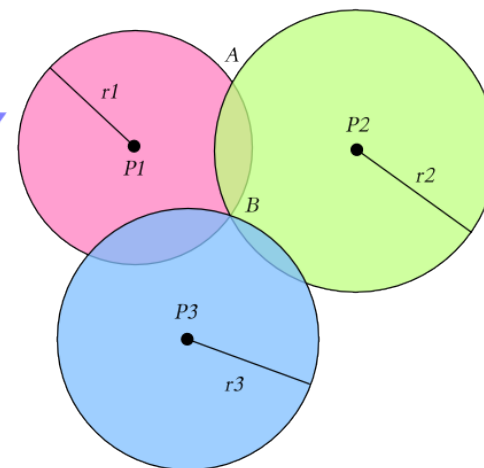
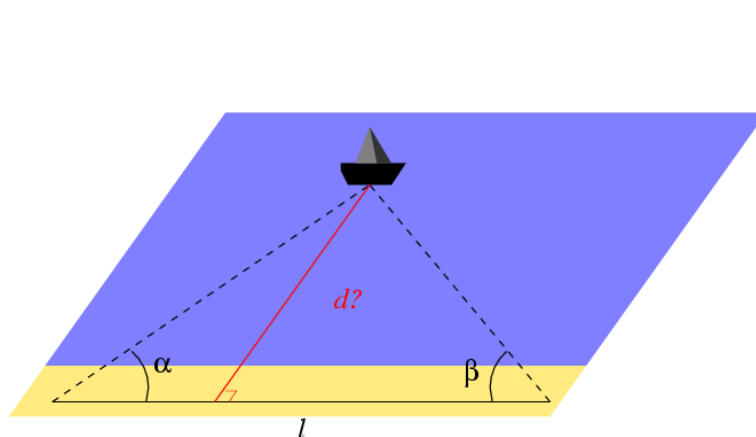


Wieso Positionierung mittels WLAN?

- Keine zusätzliche Hardware für die Infrastruktur
- Viele geeignete Clients schon vorhanden
- Kommunikationsverbindung zusätzlich nutzbar
- Genauigkeit

Grundlagen der Positionierung

- Triangulierung
- Lateration



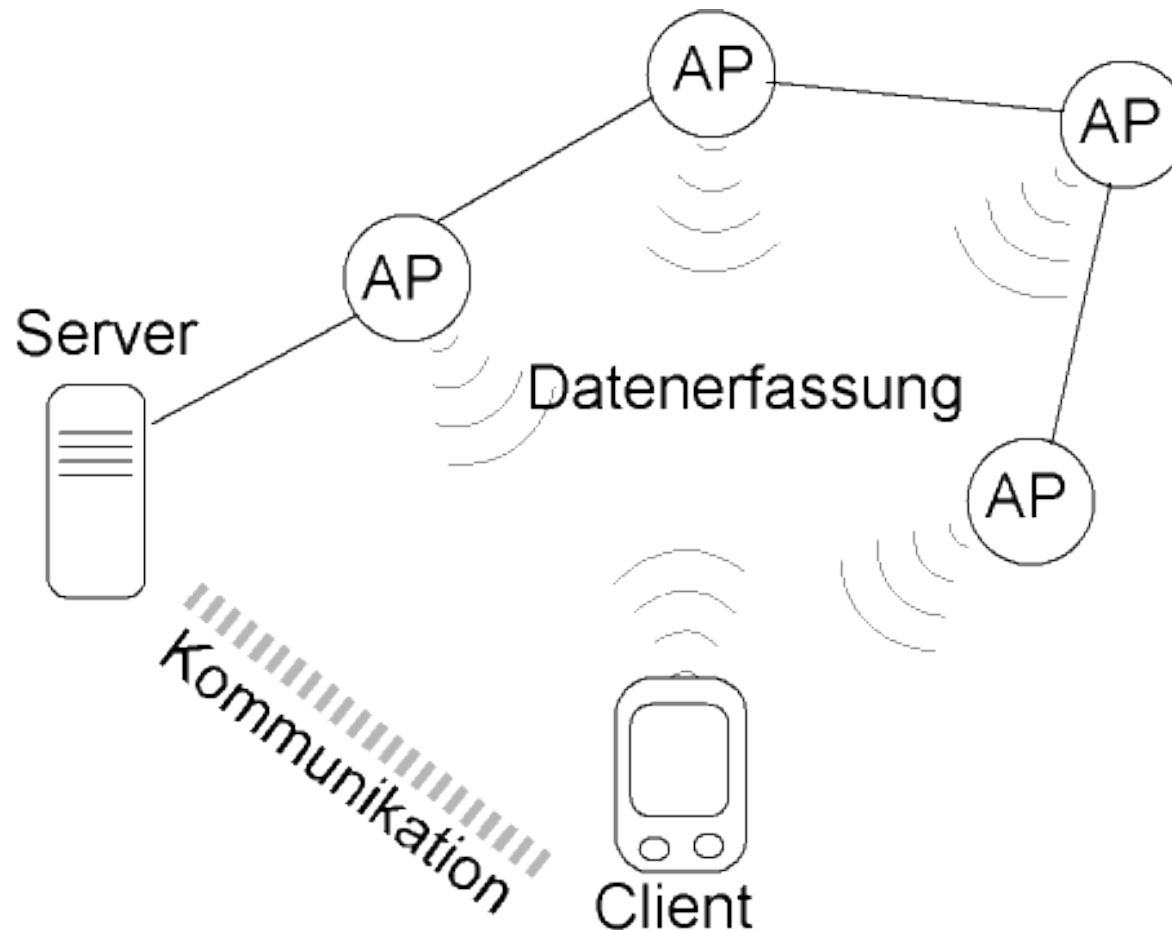
- **Fingerprinting**

- Nutzung von vorhandenem Wissen
- Ähnlich dem Orientierungssinn des Menschen
- Techniken der Mustererkennung

Wireless LANs

- IEEE 802.11 Standards
- Infrastruktur Modus
- Treiber liefert Signalstärke und Signal-To-Noise Ratio
- Zusätzlich Identität der erreichbaren Access Points (AP)
- Einfache Lokalisierung über Proximity Sensing
- **Radio-Signale im VHF Bereich (2,4 GHz)**
- Ausbreitung der Signale
 - Multipath Problem
 - Aliasing
- Hohe Variabilität der Signalstärke

Aufbau eines WLAN Positionierungssystems



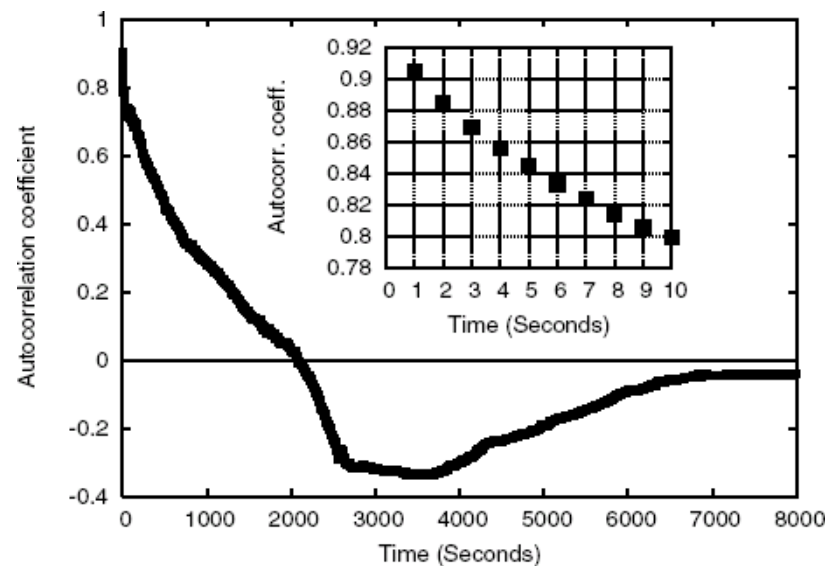
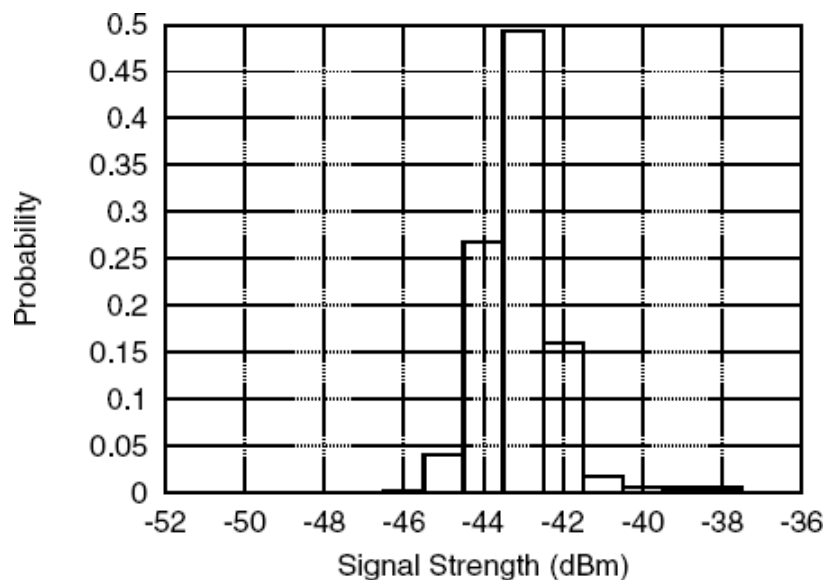
Infrastruktur- oder Endgerätebasiert?

- **Infrastrukturbasiert:** Zumindest die Berechnungen erfolgen auf einem zentralen Server. Auch die Messungen können an den APs erfolgen.
- **Endgerätebasiert:** Die Berechnungen erfolgen auf dem Client.
- Skalierbarkeit
- Anforderungen an die Hardware
- Verteilung der Trainingsdaten
- Wahlfreiheit bei allen Verfahren (außer NearMe)

Übersicht

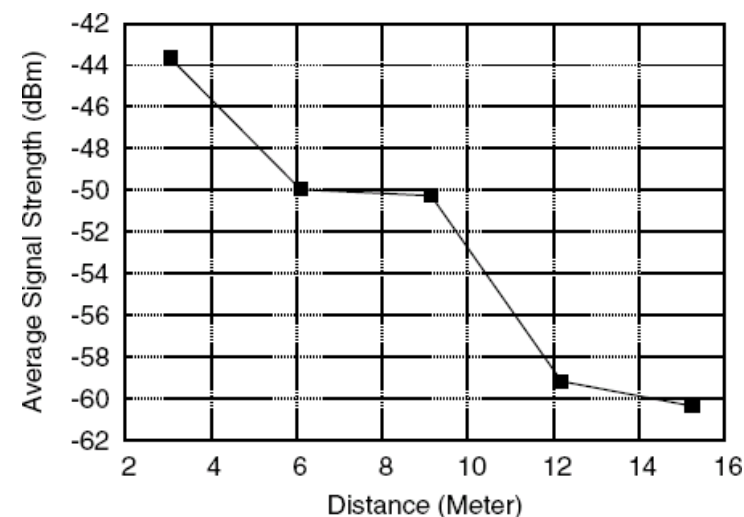
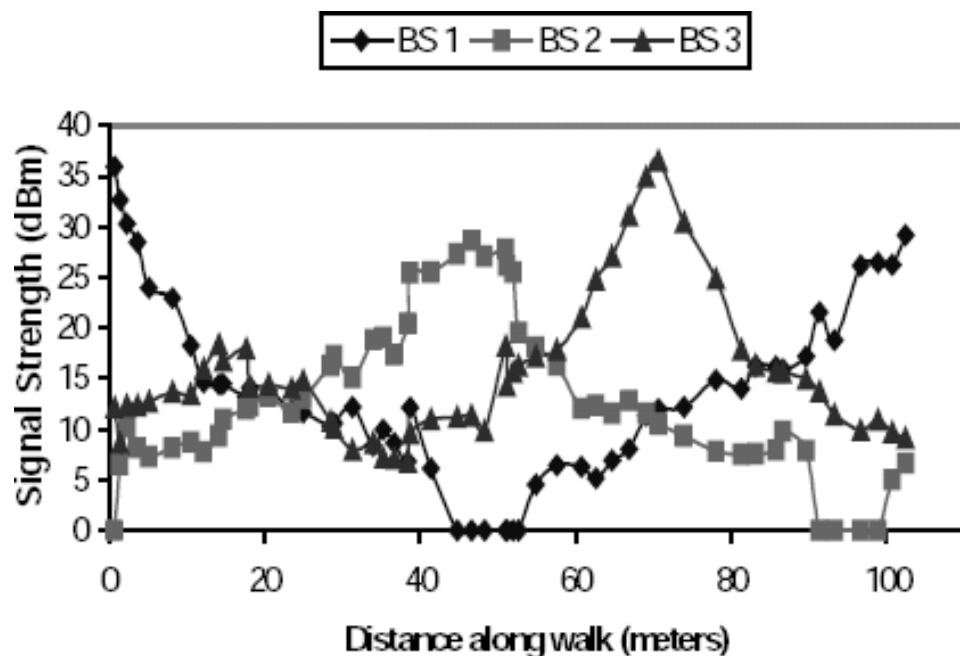
- WLAN Positionierung
- **Die Signal-Stärke**
- Ansätze zur Erhöhung der Genauigkeit
- Ausblick

Zeitliche Veränderung der Signalstärke



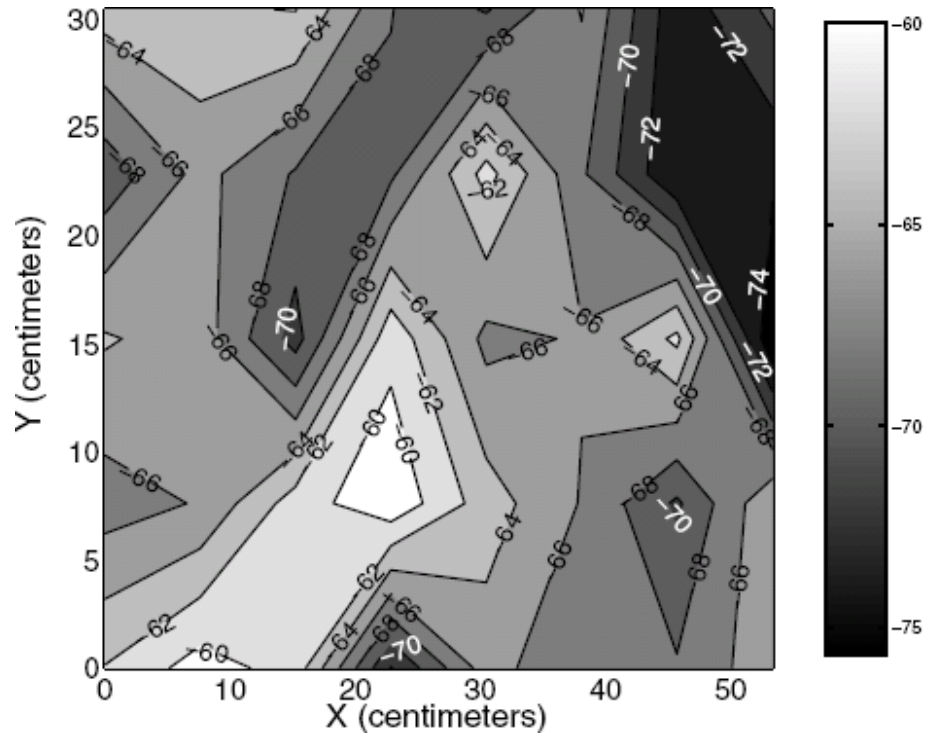
- Hohe Variabilität der Signalstärke über längere Zeiträume
- Relativ konstante Signalstärke innerhalb eines kurzen Zeitraums.

Räumliche Veränderung der Signalstärke



- Gute Differenzierbarkeit bei großen Bewegungen

Räumliche Veränderung der Signalstärke



- Hohe Variabilität der Signalstärke bei kleinen Bewegungen

Übersicht

- WLAN Positionierung
- Die Signal-Stärke
- **Ansätze zur Erhöhung der Genauigkeit**
- Ausblick

Überblick Positionierungssysteme

- RADAR (Microsoft Research)
 - Empirischer Ansatz
- Rice (Rice University)
 - Probabilistischer Ansatz
- Horus (University of Maryland)
 - Probabilistischer Ansatz mit vielen Erweiterungen
- NearMe (Microsoft Research)
 - Nur als Ausblick, da keine absolute Positionierung

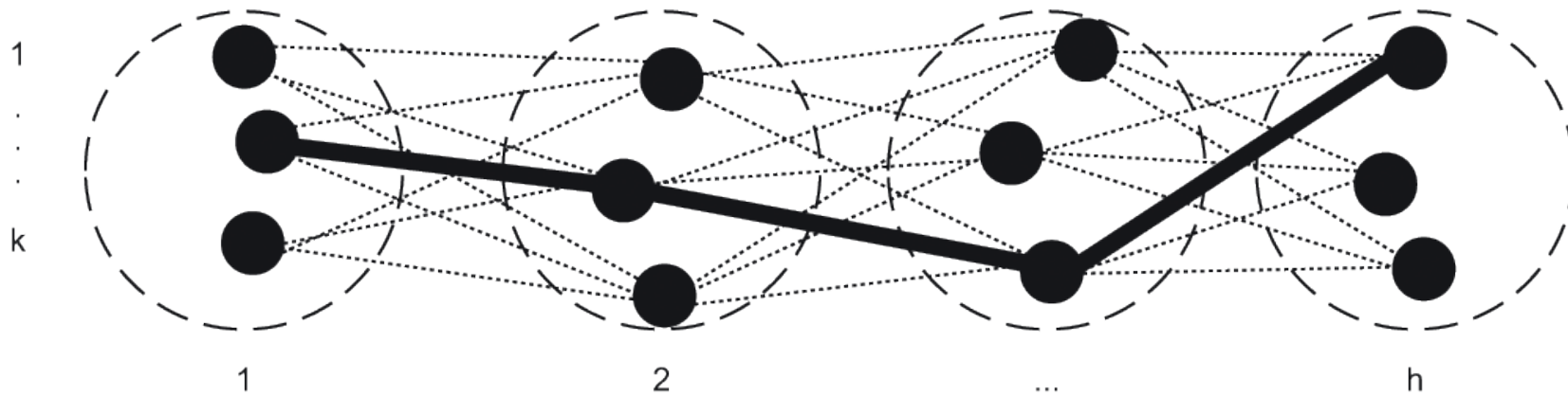
Allgemeines zu den Verfahren

- **Sample:** Sammlung von Messungen der Signalstärken aller erreichbaren Access Points für den Client
- **Trainingsdaten:** Im Vorfeld gesammelte Samples, deren zugehöriger Ort bekannt ist.
- Gesucht ist immer der **Ort des Clients**.
- Die Bestimmung erfolgt durch **Analyse der Samples**, die der Client oder oder die Access Points messen.
- Der **Signalraum** ist der Vektorraum, der über allen verfügbaren Samples aufgespannt wird.
- Der **reale Raum** beschreibt die tatsächliche Umgebung in 2D (symbolisch oder absolut).

Empirische Methode

- Besonderheit der Trainingsdaten: Die Richtung wird mit erfasst, in der die Samples aufgenommen wurden.
- Mehrere Samples pro Ort und Richtung.
- Bestimmung des nächsten Nachbarn im Signalraum durch Abstandsbestimmung.
- Position dieses Nachbarn als Schätzung für die Position des Clients.
- Genauigkeit: 2 – 3 Meter für stationäre Clients, 3.5 Meter für mobile Clients

Tracking mit Viterbi-Ansatz



- Speicherung der k besten Schätzungen für aufeinanderfolgende Positionsbestimmungen
- Bestimmung des kürzesten Pfades im realen Raum zwischen den einzelnen Sets.
- Der Anfang dieses Pfades wird als aktuelle Schätzung verwendet.
- Verbesserung der Genauigkeit um 29% für mobile Clients.

Topologische Lokalisierung

Rice

- Aufteilung der Umgebung in Zellen unter topologischen Gesichtspunkten.
- Einzelne Zellen für normale Räume.
- Mehrere Zellen für Gänge und große Räume.
- Ziel: Bessere Lokalisierung aus praktischen Gesichtspunkten.
- Nachteil: Geringere absolute Genauigkeit, nur die aktuelle Zelle wird geschätzt.

Markov Lokalisierung

- Probabilistischer Ansatz nach Bayes

$$P(x|s) = \frac{P(s|x)P(x)}{P(s)}$$

- $P(s|x)$ aus dem Histogramm der Trainingsdaten
- Markov Modell: Einsatz der Wahrscheinlichkeit der letzten Schätzung als a priori Wahrscheinlichkeit $P(x)$.
- Genauigkeit: 1.4 bis 2 Meter in 90%, bzw 95% aller Fälle.
- Rice: Korrekte Raumzuordnung in 95% aller Fälle

Schätzen der Verteilung

- Statt des Histogramms der Trainingsdaten wird eine Gauss-Verteilung angenommen.
- Bestimmung von Mittelwert und Standardabweichung aus den Trainingsdaten, Verbesserung durch Schätzung der Autokorrelation.
- Höhere Genauigkeit, vor allem in kritischen Bereichen.
- Weniger Referenzpunkte und weniger APs notwendig.
- Geringerer Speicherbedarf für die Trainingsdaten

Mittelung mehrerer Schätzungen

- Die k besten Schätzungen werden gemittelt.
- Bei probabilistischem Ansatz Gewichtung durch die Wahrscheinlichkeit der jeweiligen Schätzung.
- Übergang von einem diskreten zu einem kontinuierlichen realen Raum!
- Verbesserung bis zu 28%.

Kompensation der Variabilität bei kleinen Bewegungen

Horus

- Detektion der Schwankungen: Distanzberechnung zwischen zwei Schätzungen und kompensieren bei Überschreiten eines Schwellwerts.
- Kompensation durch Perturbation der Samples und Auswahl der am nächsten gelegenen Position.
- Verbesserung der Genauigkeit: 25%

Inkrementelles Clustering

- Dient nur der Verringerung des Berechnungsaufwands.
- Wichtig für mobile Endgeräte.
- Aufteilung der Umgebung nach Abdeckungen durch Access Points.
- Durchsuchung des Signalraums nur für Positionen, die vom stärksten AP abgedeckt werden.
- Abbruch, wenn der wahrscheinlichste Ort deutlich wahrscheinlicher ist als der zweitwahrscheinlichste.
- Ansonsten weiter mit dem zweitstärksten AP, nur Überschneidungsgebiet durchsuchen.
- Reduzierung des Aufwands auf 10%!

Übersicht

- WLAN Positionierung
- Die Signal-Stärke
- Ansätze zur Erhöhung der Genauigkeit
- **Ausblick**

NearMe

- Keine absolute Positionierung, lediglich Aussagen über Entfernungen
- WLAN Signatur: **GUID, Zeit, MAC-Adressen und Signalstärken aller erreichbaren Access Points.**
- Zentraler Server, speichert WLAN Signaturen, die mit Personen oder Orten verknüpft sind.
- Nahbereichsliste: Orte und Personen, die einen gemeinsamen AP mit dem Client haben.
- Entferntere Objekte: Orte oder Personen, die durch überlappende APs erreicht werden können.
- Genauere Entfernungsangaben durch Zeitmessung und paarweise Analyse der Signaturen.

Fazit

- Durch Einsatz der unterschiedlichen Techniken Lokalisierung mit einer Genauigkeit von unter einem Meter.
- Faszinierende Anwendungsmöglichkeiten durch die gleichzeitige Verfügbarkeit einer Netzverbindung.
- Durch die geringen Anschaffungskosten (im Idealfall gar keine) nahezu überall einsetzbar.