

Indoor-Ortung und -Navigation

Konzept - erste Grundideen

Prof. Dr. Thomas Schwotzer

30. September 2016

Hier sollen nur die grundlegenden ersten Ideen dargestellt werden. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Im Laufe der Prototypentwicklung werden sich zusätzliche eine Menge von Details ergeben. Das ist ein erster grober Überblick. Tippfehler etc. bitte ich zu entschuldigen. Das ist eine Skizze und ohne Lektorat.

1 Intro

Es soll ein System entstehen, das ohne eine satellitengestützte Ortung funktioniert, im folgenden *Indoor* genannt. Ortung ist ein Vorgang das zum Ziel hat, die Position zu ermitteln. Navigation ist ein Vorgang der zum Ziel hat, eine Route zu ermitteln, um von einem Punkt zu einem anderen zu gelangen. Routen können oft bewertet werden. Sie können z.B. *schnell*, *barrierefrei* oder *bequem* sein.

Ortung und Navigation benötigen ein Modell. Dieses Modell soll eine Software auf mobilen Geräten (in der Regel Smartphones) unterstützen, Ortung und Navigation durchzuführen. Das Modell soll *nicht dazu dienen*, eine Visualisierung für Menschen durchzuführen, z.B. zur Unterstützung von Baumaßnahmen.

2 Graphenmodell

Für das System bietet sich ein Graphenmodell¹ an. Dieses Modell ist sehr einfach: Es beinhaltet Knoten und Kanten. Knoten werden markante und für die Fahrgäste relevante Punkte darstellen, z.B. Aus- und Eingänge, Bahnsteige, Service-Punkte, Verkaufstände etc. pp. Kanten symbolisieren Verbindungen zwischen den Punkten, sie stehen für die Wege.

Das folgende Bild 1 stellt eine sehr einfaches Szenario dar.

Es wird ein Bahnhof beschrieben, der über zwei Bahnsteige verfügt. Es gibt außerdem zwei Ausgänge. Zusätzlich gibt es einen Zugang zu einer Treppe und einem Lift. Die Knoten (gelbe Punkte) beschreiben diese Gegebenheiten, die

¹[https://de.wikipedia.org/wiki/Graph_\(Graphentheorie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Graph_(Graphentheorie))

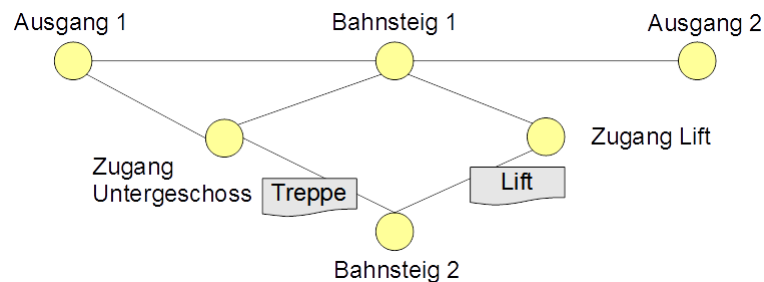


Abbildung 1: Sehr einfaches Beispiel: Graph beschreibt Bahnhof

relevanten Punkte für die Fahrgäste. Die Kanten wiederum (schwarze Striche) beschreiben, welche Punkte voneinander erreichbar sind. Die Ausgänge sind vom Bahnsteig 1 erreichbar, ebenso Treppe und Lift. Vom Bahnsteig 2 sind die Ausgänge nicht direkt erreichbar, sondern nur indirekt über den Bahnsteig 1.

Kanten können beschriftet werden, man spricht dann von *kantenbewerteten* Graphen. Hier sind zwei Kanten beschriftet (Treppe, Lift). Damit soll gezeigt werden, dass im Modell speichern kann, ob ein Weg bspw. barrierefrei ist. Oft werden an den Kanten auch die üblichen Zeiten vermerkt, die zum Passieren des Weges notwendig ist (man spricht oft von den *Kosten* des Weges).

Das soll an der Stelle genügen. Es kann festgehalten werden: Es genügt ein sehr einfaches Modell für die Ortung und die Navigation. Dieses Modell ist problemlos direkt auf Smartphones speicher- und verarbeitbar; es sind keine komplexen Operationen nötig, die gar eine teure Rechnerinfrastruktur benötigen.

3 Ortung

Es gibt unterschiedliche Verfahren der Ortung, die hier *nicht* diskutiert werden sollen. Praktisch stehen W-LAN-Sender und ggf. BTE (Bluetooth Low Energy) Beacons (z.B. iBeacon) zur Verfügung.

Generell gilt: Die Genauigkeit der Ortung wird durch die Dichte der Sender erhöht: Je mehr W-LAN-Router oder Beacons verteilt werden, umso genauer wird die Ortung. Die genutzte Technologie ist eher sekundär relevant, insbesondere was die TCO angeht (notwendiger Austausch von Batterien etc.).

Generell gibt es zwei Ortungsverfahren in diesem Szenario.

3.1 Proximityverfahren

Smartphones können ermitteln, welche W-LAN-Router sie empfangen. Sie können ebenfalls ermitteln, welche Signal am stärksten ist. Das Proximityverfahren (Abstands-Verfahren) ist denkbar einfach: Es sagt: Das Smartphone geht davon aus, dass es sich an der Position des stärksten Senders befindet.

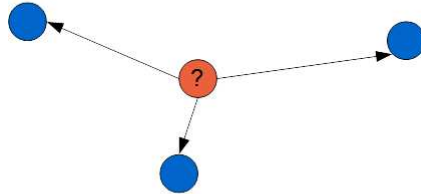


Abbildung 2: Position anhand Abstände zu drei bekannten Punkten ermittelbar

Das ist ein Modell! In diesem Modell springt das Smartphone scheinbar. Es hüpfte scheinbar von einem W-LAN-Router zum anderen, es ist keine Bewegung, es ist ein Springen. Aus der Realwelt gesehen, ist das natürlich Unfug. Wir werden aber sehen, dass das Verfahren für das System einsetzbar ist. Es ist außerdem sehr einfach implementierbar.

3.2 Trilateration

Das soll Thema soll nicht weiter ausgeführt werden, aber erwähnt werden. Kennt man die Position von drei Punkten und kennt man außerdem den Abstand zu diesen Punkten, so ist die eigene Position ermittelbar.

Trilateration ist ein hervorragendes Verfahren, weil es prinzipiell eine beliebig genaue Ortung erlaubt. Die Position der drei Punkte lässt sich in aller Regel auch sehr genau ermitteln. Der Abstand zu den Punkten ist aber ein Problem. Unter Nutzung von W-LAN und Bluetooth (Beacons) wird anhand der Sendeleistung der Abstand ermittelt: Die Sendeleistung nimmt (exponentiell) mit dem Abstand zum Sender ab. *Hat der Sender eine gleichmäßige Leistung und ändert sich der Raum zwischen Sender und dem ortenden Gerät nicht*, so ist eine sehr genaue Messung möglich.

Leider senden viele W-LAN-Sender nicht stabil, was wir in diversen Versuchen feststellen mussten. Im realen Einsatz kommt aber hinzu, dass eine variable Anzahl von Menschen zwischen Smartphone und Sender sein werden. Menschen schirmen das W-LAN-Signal spürbar ab. Diese Abschirmung ist aber deutlich durch das Volumen (Körperumfang) und das Material (Kleidung) beeinflusst. Kurz: Die Abschirmung ist höchst variabel und lässt sich in einem solchen Szenario nicht herausrechnen. Trilateration fällt aus.

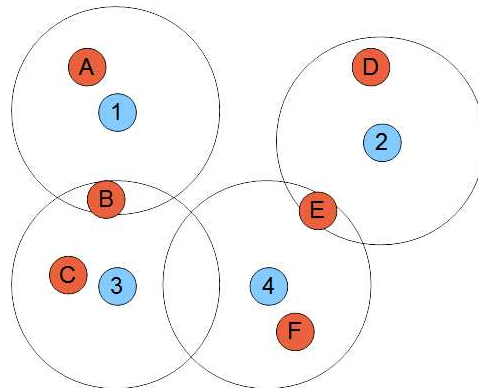


Abbildung 3: Position anhand von Mustern erkennen

3.3 Muster

Eine Variante des Proximity-Verfahrens geht wie folgt: Ein Smartphone wird mehrere W-LAN-Sender empfangen können. Dadurch bilde sich Muster. Die folgende Abbildung 3 soll das Prinzip illustrieren.

Es gibt vier W-LAN-Router (Punkte 1 bis 4). Die Kreise symbolisieren die Sendereichweite. Von einem Smartphone, dass nur den Sender 1 empfängt, kann geschlussfolgert werden, dass es sich innerhalb des Kreise um 1 befindet, aber *nicht* in der Schnittmenge zu 3. Ein Smartphone, dass 1 *und* 3 sieht befindet sich aber genau in der Schnittmenge von 1 und 3 usw. Anhand der willkürlichen Anordnung kann man erkennen, dass sechs Gebiete (A bis F) eindeutig erkannt werden können.

Es ist auch erkennbar, dass eine Ortung dann genauer wird, wenn die Sender enger beieinander liegen²

4 Routing

Routenplaner arbeiten sämtlich auf dem Graphenmodell und nutzen Varianten des Dijkstra-Algorithmus³. Die Implementierung ist einfach und wohl verstanden. Die Planung einer Route ist so gut wie das Modell und die Ortung.

5 Erstellung des Modells

Wie kann ein solches Modell erzeugt werden? Position der W-LAN-Router sind bekannt bzw. lassen sich ermitteln. Das beschriebene Modell ließe sich so erzeugen: Man entwickelt eine Anwendung, die nach W-LAN-Sendern sucht. Mit

²Optimieren lässt sich das Verfahren oft, indem nicht nur die Sender enger gestellt werden, sondern auch die Sendeleistung reduziert wird. Aber das führt hier zu weit.

³<https://de.wikipedia.org/wiki/Dijkstra-Algorithmus>

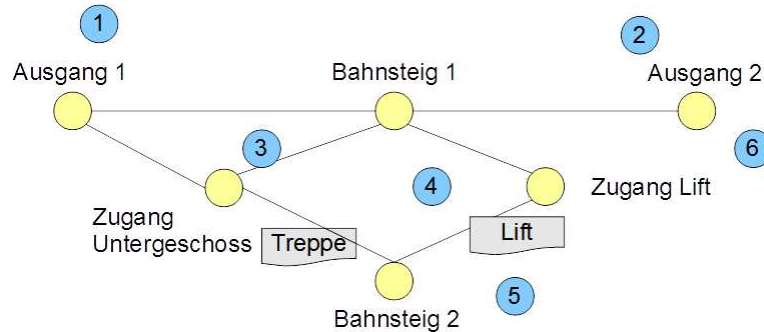


Abbildung 4: Erstellung des Modells

dieser Anwendung schreitet man *alle möglichen Wege* des Gebiets ab.

Das ist an sich wenig dramatisch. Man müsste einmal alle Wege eines Bahnhofs ablaufen. Bei kleinen Bahnhöfen mache ich das täglich auf dem Weg ins Büro.

Steht man vor einem relevanten Punkt (dem Bahnsteig, einem Ausgang etc.) so bleibt man stehen und speichert die Position. Tatsächlich werden die sichtbaren W-LAN-Sender (und ggf. der Sendeleistung) gespeichert.

In der Abbildung 4 soll das Vorgehen skizziert werden.

Die blauen Punkte sollen Router oder Beacons symbolisieren. Die gelben Punkte sind weiter die relevanten Punkte für die Fahrgäste. Die Position der gelben Punkte des Modells werden ermittelt, indem der/die Vermesser/in stehen bleibt und den Ort, wie beschrieben, markiert. Die Kanten, d.h. die Wege ergeben sich automatisch: Es kann davon ausgegangen werden, dass es zwischen zwei Punkten, die gespeichert werden eine direkte Verbindung gibt. Das liegt auch auf der Hand, denn der/die Vermesser/in ist just dort entlang gegangen. Die Anwendung benötigt zusätzlich die Möglichkeit zu beschreiben, um welche Art von Weg es sich handelt (z.B. Treppe).

Das war es schon. So eine Anwendung hat Herr David Hadizadeh⁴ im Rahmen seiner Masterarbeit prototypisch gebaut. Software und Masterarbeit stehen uns zur Verfügung. Das ist nicht kompliziert. Frau Carola Walter arbeitet im Rahmen unserer gemeinsamen Masterarbeit genau an diesem Thema und baut auf seinen Arbeiten auf.

⁴<http://hadizadeh.de/>

6 Ortungs- und Navigationsapp

Die App selber kann, aus aktueller Sicht, das gesamte Modell sämtlicher Bahnhöfe der BVG enthalten. Smartphones haben eine Kapazität von mehreren GByte. Ein Graph wie oben beschrieben liegt deutlich unter der 1kByte-Grenze.

Die App wird eine Ortung wie oben beschrieben mittels einer Variante des Proximityverfahrens durchführen. Zur Navigation wird der Zielpunkt benötigt. Dieser wird am Anfang eingegeben und liegt damit vor. Das Modell liegt ebenfalls vor. Nutzerpräferenzen (z.B. Barrierefreiheit) können in eine Profil gespeichert werden. Es lässt sich, aus aktueller Sicht, eine App schreiben, die Offline arbeiten kann. Lediglich veränderte Modell müssten aktualisiert werden.

Es gibt offline OSM-Apps⁵, die genauso arbeiten. Dort sind weltweite Kartendaten enthalten, die ein mehrfaches der absehbaren Daten dieses Systems beinhalten.

7 Risiken

Ein technisches Risiko besteht in der Genauigkeit der Ortung. Zunächst muss daher ermittelt werden, wie genau eine Ortung sein muss, um die gewünschten Funktionen zu erbringen. Das ist bisher unklar, eine Prototyp-Phase wird hier helfen.

Vermutlich wird in unterirdischen Bahnhöfen kaum ein Kompass funktionieren. Für eine App, die sich an Augmented Reality anlehnt, kann das fatal sein:

Nutzer wollen das Handy in eine Richtung halten und Informationen erhalten. Die Richtung eines Handys wird aber durch den eingebauten Kompass ermittelt. Dieser arbeitet mit dem Erdmagnetfeld. Hier sind Tests nötig.

Das Problem lässt sich nur in der Bewegung lösen. Man könnte davon ausgehen, dass sich Anwender/innen in Sichtrichtung bewegen. In dem Fall kann die Richtung anhand des Bewegungsvektor ermittelt werden.

Die Anwendung würde aber nicht funktionieren, wenn Anwender/innen rückwärts gehen. (Nunja, auch im Auto ignoriert ein Navigator, ob man sich im Rückwärtsgang bewegt. Ich meine, man kann das Problem vernachlässigen.)

Im Stillstand und ohne Erdmagnetfeld würden nur sehr aufwendige alternative Methoden helfen.

⁵<http://www.osmand.de/>