

Mobilkommunikation

Kapitel 8: Positionsbestimmung

- 8.1 Verfahren zur Positionsbestimmung
- 8.2 Satellitennavigation
- 8.3 Positionsbestimmung in Gebäuden
- 8.4 Netzwerk-gestützte Positionsbestimmung
- 8.5 Geographische Adressierung



Anwendungen

- Navigation
 - Aktuelle Position verwenden, um den Benutzer zu einem bestimmten Zielort zu führen
- Informationen über die Umgebung
 - Bereitstellung von Informationen über den aktuellen Ort oder die Umgebung
 - Beispiel: elektronischer Touristenführer, Sonderangebote in einem bestimmten Regal
- Notrufsysteme
 - Automatische Hilferuf-Systeme lotsen im Notfall den Arzt zur Position des Patienten
 - Eltern können die Position ihres vermissten Kindes bestimmen
- Verknüpfung mit dem Internet
 - Hyperlinks könnten die aktuelle Position berücksichtigen
 - Beispiel: Ein italienisches Restaurant in der Nähe
 - Versenden von Emails an Personen die sich an einer bestimmten Position befinden
- Optimierung von Kommunikationsstrukturen
 - Routing in Ad hoc Netzen
 - Weiterleitung eines eingehenden Telefonanrufs an den Telefonapparat, der dem Benutzer am nächsten ist
- Militärische Anwendungen
 - Navigation von Flugzeugen, Fahrzeugen, Schiffen und Flugkörpern
 - Einsatzplanung und Logistik



Unterschiedliche Anforderungen an Positionsdaten

- Weltweit eindeutige Positionsdaten
 - Angabe von Längen- und Breitengrad und ggf. Höhe
- Relative Position zu einem gegebenen Punkt
 - Beispiel: Für die Navigation in einem Gebäude reicht die relative Position zu einer Gebäudeecke
- Orientierung im Raum
 - Spezifizierung der Raumrichtung durch drei Winkel (Roll-Pitch-Yaw)
 - Himmelsrichtung
- Geschwindigkeit
 - Bestimmung durch zwei zeitlich versetzte Positionsmessungen
- Messfehler
 - Abhängig vom eingesetzten Verfahren und den jeweiligen Umgebungsbedingungen
- Semantische Position
 - Benutzer ist oft nicht an der Koordinaten sondern an der Bedeutung der aktuellen Position interessiert
 - Beispiel: Bei der Navigation in Gebäuden ist die Angabe von Stockwerk, Flügel oder Raum meist interessanter als die Angabe von x-y-z-Koordinaten



Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and the applications themselves. (Dey, Abowd)

Unterteilung des Begriffes Kontext

- Infrastrukturkontext
 - Kontext, der mit der Kommunikationsinfrastruktur zusammenhängt
 - Wahrnehmung als Netzwerkbandbreite, -verzögerung oder -verlässlichkeit
- Systemkontext
 - Kontext im Rahmen der anderen Systemkomponenten der Anwendung
- Domänenkontext
 - Beziehung zwischen den Geräten und deren Benutzern auf Basis der Anwendungsdomäne
- Physikalische Kontext
 - Berücksichtigung des physikalischen Wesens von Geräten und deren Einsatzbedingungen



Kategorien

- Tracking
 - Position einer Person oder eines Objektes werden von einem Sensornetzwerk bestimmt
 - Benutzer bekommt eine **Marke** (Tag)
 - Ermittelte Position liegt nur im Positionierungssystem vor und muss ggf. über ein drahtloses Netzwerk zum Benutzer übertragen werden
- Positioning
 - Mobiler Benutzer ermittelt die Position selbst
 - System von Sendern oder **Baken** (Beacons)
 - Positionsangabe fällt direkt beim Benutzer an
 - » Keine aufwändigen Sicherungsverfahren nötig



Cell of Origin (COO)

- Positionierungssystem weist eine Zellenstruktur auf
- Aus der Identifikation der Zelle lassen sich Rückschlüsse auf die Position ziehen

Time of Arrival (TOA), Time Difference of Arrival (TDOA)

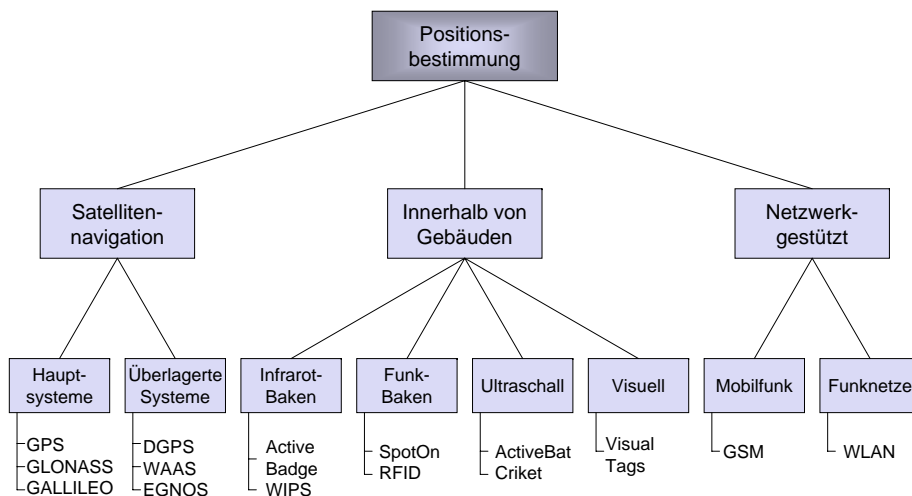
- Elektromagnetische Signale bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit Laufzeit kann mittlerweile präzise bestimmt werden
- Aus Zeitunterschied zwischen Aussenden und Empfangen eines Signals kann die Entfernung zwischen Sender und Empfänger bestimmt werden
- In GSM-Netzwerken wird statt dem Begriff TDOA oft der Begriff Enhanced Observed Time Difference (E-OTD) verwendet

Angle of Arrival (AOA)

- Durch Antennen mit Richtungscharakteristik kann ermittelt werden aus welcher Richtung ein bestimmtes Signal eintrifft
- Empfänger ist mit Satz von Antennen ausgestattet

Messung der Signalstärke

- Aus der Signalstärke am Empfangsort kann auf den Abstand zum Sender geschlossen werden



Quelle: J. Roth



Die Idee, Satelliten zur Positionsbestimmung einzusetzen, geht bis in die 60er Jahre zurück

Vorteile

- Positionsbestimmung kann überall auf der Erde erfolgen
- Umweltbedingungen wie z.B. das Wetter haben nur geringen Einfluss auf die Positionsbestimmung
- Hohe Genauigkeit

Nachteile

- Erhebliche Kosten zur Installation und Überwachung der Satelliten
- Positionsbestimmung funktioniert nur, wenn die Signale von hinreichend vielen Satelliten empfangen werden
 - Im Inneren von Gebäuden ist keine Positionsbestimmung möglich

Beispiel

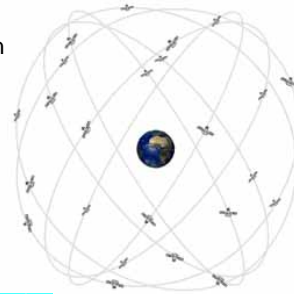
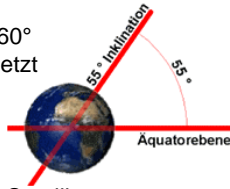
- Global Positioning System (GPS)



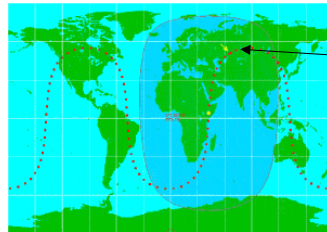
Satelliten umkreisen Erde mit 3,3 km/s; Umlaufzeit: 12 Stunden

GPS-Satellitenbahnen

- 6 Ebenen mit je 4 Satelliten in gleichen Abständen
- Inklination: 55°
- Ebenen jeweils um 60° gegeneinander versetzt



- „Groundtrack“ eines Satelliten



00:00 Uhr



Benutzer benötigt

- Exakte Position des Satelliten s_i
- Exakte Entfernung zu den Satelliten r_i

Zur Positionsbestimmung werden drei Satelliten benötigt

- 1 Satellit
 - Punkt auf einer Kugeloberfläche
- 2 Satelliten
 - Schnitt zwischen zwei Kugeloberflächen (Kreis)
- 3 Satelliten
 - Schnitt zwischen drei Kugeloberflächen (2 Punkte)
 - Einer der beiden Schnittpunkte befindet sich im allgemeinen weit im Weltraum, und kommt somit als Position für einen Benutzer innerhalb der Erdatmosphäre nicht in Frage

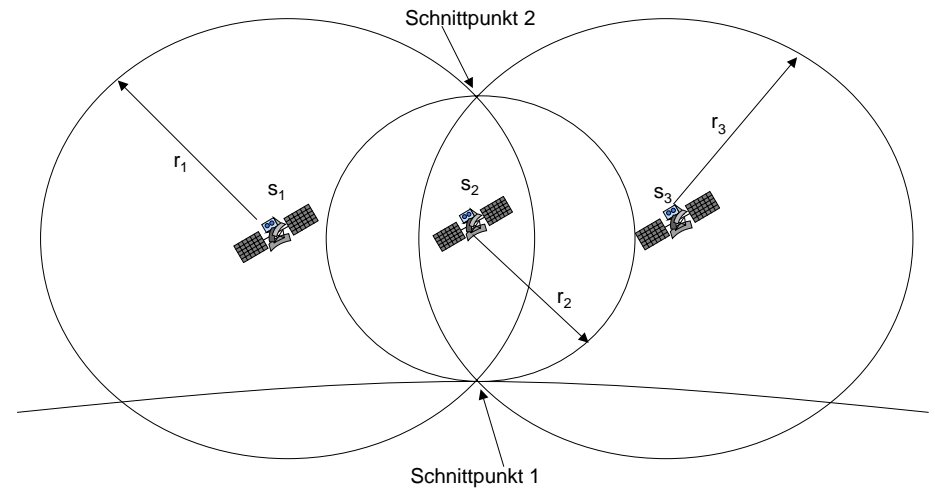
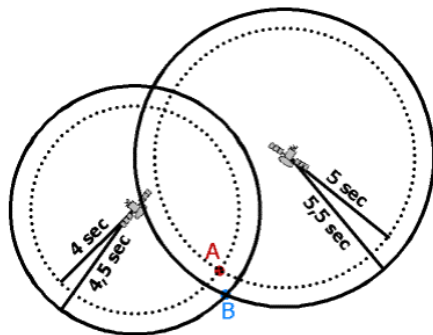
Bestimmung der Position der Satelliten

- Satelliten kreisen auf festen Bahnen um die Erde
- Navigationssysteme besitzen Verzeichnisse aller Satelliten, die ständig aktualisiert werden



Pseudorange

- durch ungenaue Uhren verursacht
- Kreise, die sich in B schneiden

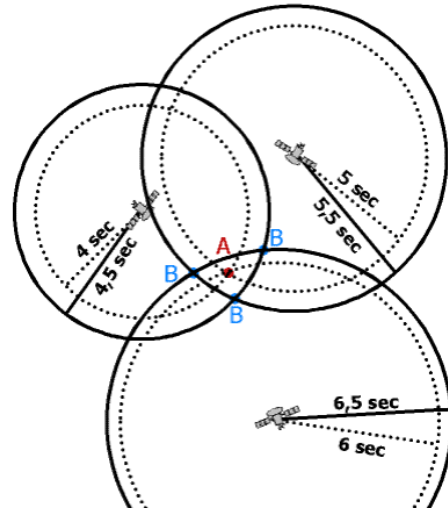


Erde



Korrekturfaktor

- Eigene Uhr wird so lange verändert, bis sich die drei Punkte in A treffen



Verfahren

- Jeder Satellit sendet ein Signal, das den Zeitpunkt des Aussendens exakt kodiert
- Ein Empfänger vergleicht diesen Zeitpunkt mit einer internen Uhr. Aus dem Laufzeitunterschied Δt kann anhand der Formel $r = c \cdot \Delta t$ die Entfernung ermittelt werden ($c = 300000 \text{ km/s}$)

Zeitmessung ist der kritische Punkt

- Messung muss sehr exakt sein
 - Fehler von $1 \mu\text{s}$ führt zu einem Unterschied von 300 m in der Positionsbestimmung
- Systemzeit = exakte Uhrzeit des ganzen Navigationssystems
 - Satelliten sind mit Atomuhren ausgerüstet

Problem

- Synchronisation der Uhren der mobilen Geräte zur Positionsbestimmung mit der Systemzeit
 - Mobile Geräte können aus Kostengründen nicht mit Atomuhren ausgestattet werden

Lösung

- Verwendung eines vierten Satelliten um die Zeitdifferenz zwischen Uhr des mobilen Geräts und der Systemzeit auszugleichen



Geschichte

- 1970: Konzeption von NAVSTAR GPS (Navigation System with Timing and Ranging – Global Positioning System) durch das Department of Defense (DoD)
- 1974: Erste Systemtests
- 1984: Start der ersten GPS-Satelliten
- 1990: 12 Satelliten im Betrieb
- 8.12.1993: Erste Betriebsbereitschaft (Initial Operation Capability, IOC) mit 21 Systemsatelliten und 3 Reservesatelliten
- 17.7.1995: Volle Betriebsbereitschaft (Full Operation Capability, FOC)

Beschreibung

- Globale Abdeckung
- 24 Satelliten auf 6 Bahnen mit jeweils 4 Satelliten pro Bahn
- Abstand der Satelliten zur Erde beträgt ca. 20200 km
 - 12 Stunden Umlaufzeit
- Von jedem Punkt der Erde sind min. 5 und max. 11 Satelliten sichtbar
- Lebensdauer eines Satelliten beträgt 7,5 Jahre
 - Reservesatelliten

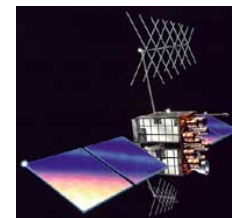


Block I

- zwischen 1978 und 1985 11 Satelliten gestartet – heute keiner mehr im Betrieb

Block II

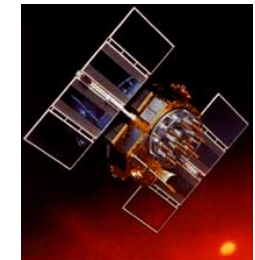
- bis September 1996 9 gestartet
 - 5,1 m Spannweite, Betriebsdauer von 7,5 Jahren



Block IIA



Block IIF



Block IIR

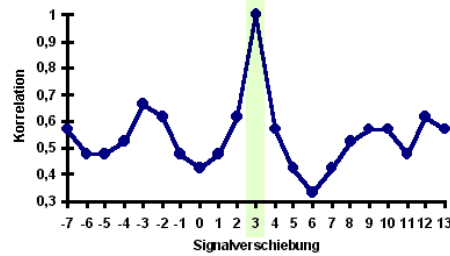


- → Start eines Satelliten kostet ca. \$ 50 Mio.

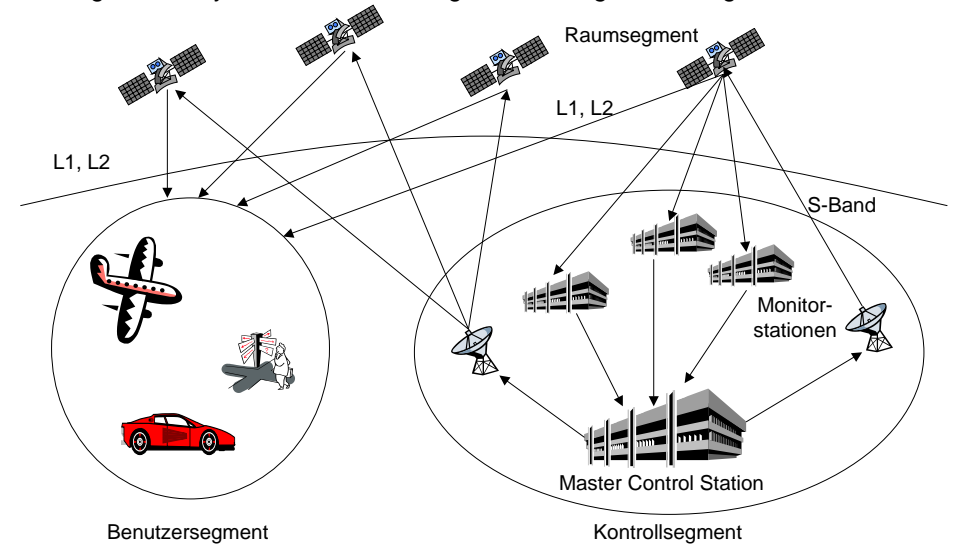


Korrelationswerte

- für Verschiebung von -7 bis 13



Das gesamte System wird in drei sogenannte Segmente aufgeteilt



Benutzersegment umfasst die GPS-Empfänger

- Ständige Miniaturisierung und Preisverfall

Möglichkeiten

- Positionsbestimmung
- Messung der Geschwindigkeit
 - Möglichkeiten
 - Zwei Positionsbestimmungen kurz hintereinander
 - Nutzung des *Doppler-Effekt*
 - » Frequenzverschiebung bewegter Objekte als Maß für die eigene Geschwindigkeit
- Messung der Uhrzeit
 - Uhrzeit kann weltweit exakt empfangen werden
- Es ist *nicht* möglich, über das GPS-System den aktuellen Winkel eines Gerätes zu ermitteln



Raumsegment

- Besteht aus den Satelliten

Kontrollsegment

- Verwaltung der Satelliten
 - Korrektur der Satelliten-internen Daten (Systemzeit, Position, Bahndaten)
- Monitorstationen
 - Ständiges passives Abhören der Satellitensignale
 - Präzise, bekannte, feste Position
 - Atomuhren, die mit der Systemzeit synchronisiert sind
 - Berechnung von Korrekturdaten
- Master Control Station (MCS)
 - Befindet sich in Colorado Springs (USA)
 - Aufgaben
 - Sammeln der Korrekturdaten von den Monitorstationen
 - Berechnung von Korrekturinformationen für die Satelliten
 - Übertragung von Bahn- und Positionsinformationen an die Satelliten
 - Korrektur der Atomuhren in den Satelliten
 - Einrichten neuer Satelliten
 - Kommunikation zwischen MCS und Satelliten über spezielles Frequenzband (S-Band)



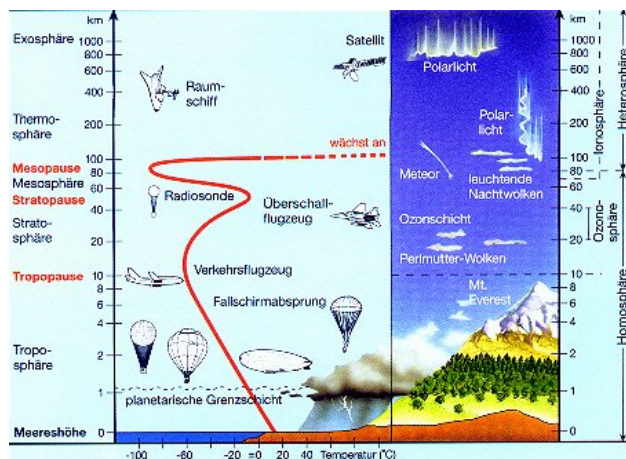
Master-Controll Station
4 weitere Monitorstationen



Fehlerquellen bei der Positionsbestimmung

- Uhrenfehler
 - Ungenauigkeiten der Uhren
 - Fehler: ca. 1,5 m
- Schwankungen der Umlaufbahn
 - Störungen durch die Gravitationskräfte der Sonne und des Mondes
 - Fehler: ca. 2,5 m
- Störungen der Atmosphäre
 - Druck- und Wetterverhältnisse stören die Signalausbreitung
 - Fehler: ca. 0,5 m
- Störungen der Ionosphäre
 - Geladene Teilchen stören die Signalausbreitung
 - Fehler: ca. 5,0 m
- Multipath-Fehler
 - Reflektierte Signale in der Umgebung des Empfängers
 - Fehler: ca. 0,6 m

Die genannten Abweichungen sind nicht konstant, sondern können variieren!



Häufig kann die gewünschte Genauigkeit der Positionsbestimmung nicht mit GPS erreicht werden

Differential GPS (DGPS) kann die Genauigkeit entscheidend verbessern

Prinzip:

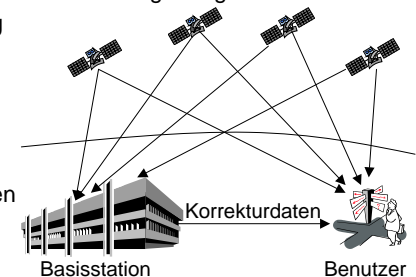
- Basisstationen/Korrektursender mit fester, präzise, bekannter Position führt eine Positionsbestimmung mit GPS durch
- Aus der Differenz von tatsächlicher und gemessener Position werden Korrekturdaten bestimmt
- Übermittlung der Korrekturdaten an Benutzer in der Umgebung
- Korrekturdaten fließen in die Berechnung der Position beim Benutzer ein

Anforderungen

- Entfernung zwischen Basisstation und Benutzer ist nicht zu groß
- Korrekturdaten werden zeitnah übertragen

Genauigkeit wird durch DGPS auf ca.

1-3 m verbessert



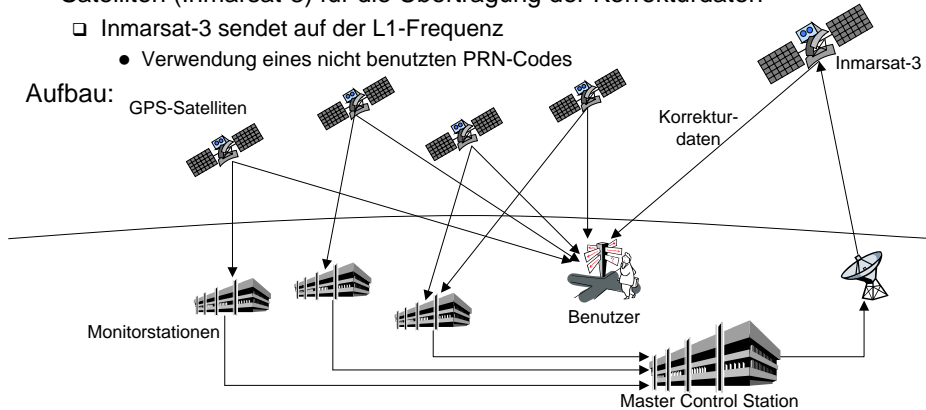
Funktionsweise ähnelt DGPS

- Monitorstationen mit fester Position berechnen Korrekturdaten
- Korrekturdaten werden an Benutzer versendet

Das Wide Area Augmentation System (WAAS) verwendet einen geostationären Satelliten (Inmarsat-3) für die Übertragung der Korrekturdaten

- Inmarsat-3 sendet auf der L1-Frequenz
 - Verwendung eines nicht benutzten PRN-Codes

Aufbau:



Das russische Satellitennavigationssystem

- GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)
- Ging 1996 mit 24 Satelliten in Betrieb
- 2 Frequenzen
 - Keine Verschlüsselung
- Finanzierungsprobleme
 - 2000 waren nur noch 10 Satelliten aktiv → keine globale Abdeckung mehr

Europäische Satellitennavigationssysteme

- Bis 2002: Stufe 1
 - European Geostationary Navigation Overlay System (EGNOS)
 - WAAS ähnliches System
 - » Sendet Korrekturdaten für GPS und GLONASS Satelliten
 - Soll bis 2002 fertiggestellt sein
- Bis 2008: Stufe 2
 - GALILEO
 - Von GPS und GLONASS autonomes System
 - 3 Dienste: kostenloser Dienst, verschlüsselter Dienst für staatliche Seite und verschlüsselter Dienst gegen Bezahlung



Satellitennavigation stellt eine bequeme, genaue und für den Endbenutzer kostengünstige Positionsbestimmung zur Verfügung

- Aber: eingesetzte Signale können solides Mauerwerk nur ungenügend durchdringen
 - Nicht in Gebäuden einsetzbar

Zur Positionsbestimmung in Gebäuden sind zusätzliche Installationen unumgänglich

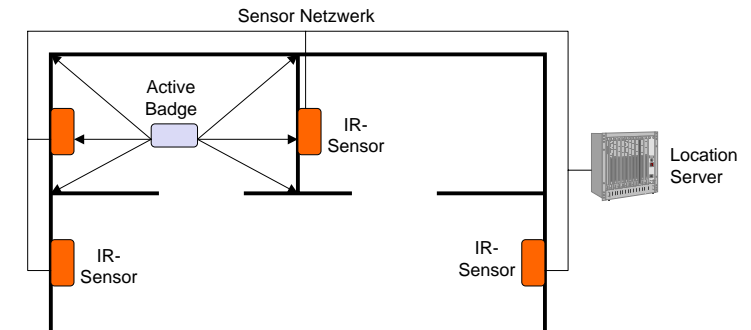
Verfahren

- Infrarot-Baken
 - Active Badge
 - WIPS
- Funk-Baken
 - SpotON
 - RFID
- Ultraschall-Verfahren
 - ActiveBat
 - Cricket
- Visuelle Positionsbestimmung
 - Visual Tags



Active Badge

- Jeder Benutzer trägt einen kleinen Infrarotsender (Active Badge) offen sichtbar an der Kleidung
 - Alle 15 sec sendet der Active Badge für ca. 0.1 sec ein Infrarotsignal in dem die Benutzererkennung kodiert ist
 - Infrarotsensoren empfangen die Signale und leiten sie an den Location Server weiter
 - Location Server sammelt die Informationen der Sensoren



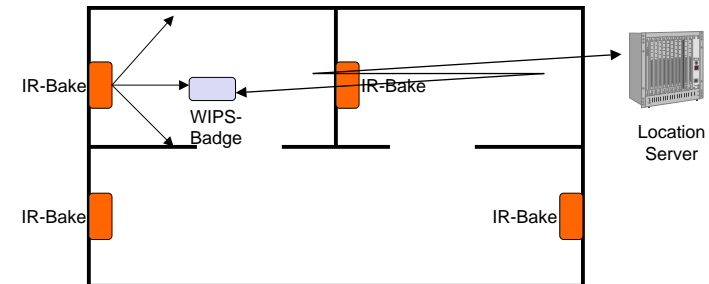
- Vorteile der im Vergleich zur Wartezeit sehr kurzen Impulsdauer von 0.1 s
 - Geringer Batterieverbrauch
 - Active Badge kann bis zu einem Jahr ohne Batteriewechsel auskommen
 - Wahrscheinlichkeit von Kollisionen sehr gering
 - Durch geringe Abweichungen in der Periodendauer von 15 s wird versucht Kollisionen zu vermeiden
- Bedarf für eine Zwei-Wege-Kommunikation
 - Signal der Active Badges kann durch andere Signalquellen imitiert werden
 - Authenticated Badges können über Challenge-Response-Verfahren eindeutig identifiziert werden
 - Verwendung der Active Badges um Informationen anzuzeigen
 - Erweiterte Version eines Active Badges mit zwei Lämpchen und einem Lautsprecher
 - Bei der Verwendung der Zwei-Wege-Kommunikation verfügt das System über folgende Server:
 - Location Server
 - » Sammelt die Informationen der Sensoren
 - Name Server
 - » Verwaltet Datenbank aller Benutzer und deren Badge-Adressen
 - Message Server
 - » Koordination der Weiterleitung der Nachrichten an die Active Badges
 - Exchange Server
 - » Hierarchischer Zusammenschluss mehrere Teilsysteme zu einem Gesamtsystem



Hauptnachteil von Active Badges besteht darin, dass die Ortsinformationen zwar beim Location Server aber nicht beim Benutzer vorliegen

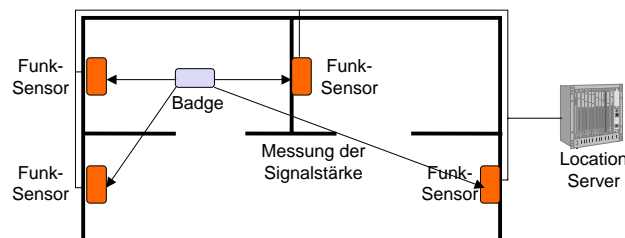
Wireless Indoor Positioning System (WIPS)

- Im Vergleich zu Active Badges umgekehrtes Verfahren
 - IR-Sender sind fest installiert und nicht vernetzt
 - Badges empfangen das Signal der Baken und geben die entsprechende Ortsinformation an den Location Server über WLAN weiter
 - Location Server bereitet die Daten auf und sendet sie über WLAN an die Badges zurück



SpotON

- Verwendung von Funksignalen
 - Können im Gegensatz zu Infrarot Wände durchdringen
 - Signalstärke ein Maß für den Abstand zwischen Sender und Empfänger
- Wie bei Active Badge geht das Signal vom Benutzer aus
- Sensoren empfangen Signale
 - Übermittlung der Signalstärken an einen Server
 - Suchen nach Position, zu der alle gemessenen Signalstärken passen
 - Signalstärke ist u.a. auch abhängig von Hindernissen
- Mit SpotON konnte eine Genauigkeit von 3 m erzielt werden



RFID - Radiofrequenz-Identifikation

- RFID-Transponder (Radiofrequenz-Identifikation)
 - Kleine Systeme mit Prozessor, Speicher und Antenne
 - Ohne eigene Stromversorgung
 - Notwendige Energie zum Arbeiten aus den Funksignalen
- An Transponder gerichtetes Signal wird als Befehl interpretiert
 - Neue Daten werden in den Speicher geladen, oder
 - Daten aus dem Speicher werden zurückgefunkt
- Abstand von max. 1 m
- Einsatzgebiet
 - Verfolgung von Objekten
 - Transport
 - Produktion
- Mit RFID-Transpondern wird keine Positionsbestimmung durchgeführt
 - Überprüfung, ob ein Objekt bestimmte Wegpunkte passiert hat



Mit Ultraschall kann der Abstand zwischen Sender und Empfänger wesentlich genauer ermittelt werden als mit Funk

- Zeit die ein Ultraschallsignal benötigt ist proportional zur überbrückten Entfernung

ActiveBat

- Genauigkeit von 10 cm
- Benutzer trägt ein Gerät (Bat)
 - Sendet auf Anforderung eines Servers einen kurzen Ultraschallimpuls
 - Anforderung wird vom Server über Funk an das Bat übertragen
- Ultraschallempfänger sind in einem Raster von 1,2 m an der Decke angebracht
 - Übertragung der Informationen an Location Server über drahtgebundenes Netzwerk
 - Positionsberechnung ähnelt der Berechnung bei der Satellitennavigation

Cricket

- Fest installierte Systeme (Baken) senden den Ultraschallimpuls aus
 - Zeitgleich mit dem Ultraschallsignal wird ein Funksignal ausgesendet
- Mobile Geräte empfangen
- Keine Server
- Ziel
 - Bei Betreten eines Raumes, bekommt der Benutzer mitgeteilt, dass bestimmte Dienste (z.B. Druckdienst) vorhanden sind



Basiert auf der Auswertung von Video-Aufnahmen

- Spezielle Etiketten die der Benutzer an der Kleidung trägt
 - Auswertung kann signifikant vereinfacht werden

Visual Tags

- Leicht zu erkennende Muster aus roten und grünen Quadraten
 - Anordnung der Quadrate erlaubt die Kodierung einfacher Informationen
- Größe der Marken
 - Entfernung zur Kamera kann berechnet werden
 - Ausrichtung des Benutzers im Raum kann bestimmt werden



Aufbau eines Systems zur Positionsbestimmung bedeutet eine nicht unerhebliche Investition

Nutzung eines bereits vorhandenen drahtlosen Netzwerkes zur Positionsbestimmung

- Zellulare Netzwerke
 - Grobe Positionsbestimmung
 - Bestimmung der Funkzelle, Cell of Origin (COO)
 - Genauere Eingrenzung
 - Verfahren zur Laufzeitmessung, Time of Arrival (TOA)
 - Winkelmessung, Angle of Arrival (AOA)



MPS – Mobile Positioning System

- Entwickelt von Ericsson
- Arbeitet mit Standard-GSM-Systemen
 - Bei Installation nur minimale Änderungen an der Kommunikationsinfrastruktur
- Keine Modifikation an den Endgeräten
- Kann durch GPS aufgewertet werden
- CGI - Cell Global Identity
 - Identifikation der Zelle des mobilen Teilnehmers
 - Genauigkeit einige hundert Meter (Stadt) bis zu 35 km (Land)
- TA - Timing Advance
 - Signallaufzeit zwischen Endgerät und Basisstation
 - Bestimmung der Entfernung
 - Genauigkeit ca. 550 m
- UL-TOA – Uplink Time of Arrival
 - Mobiler Teilnehmer in Reichweite von mindestens vier Basisstationen
 - Berechnung ähnelt Positionsberechnung bei Satellitennavigation
 - Genauigkeit ca. 50 – 150 m
- Optional GPS
 - Zeitbestimmung der Basisstationen bei UL-TOA
 - Ggf. im Endgerät des Empfängers



Vorhandene WLAN-Infrastruktur mit Basisstationen

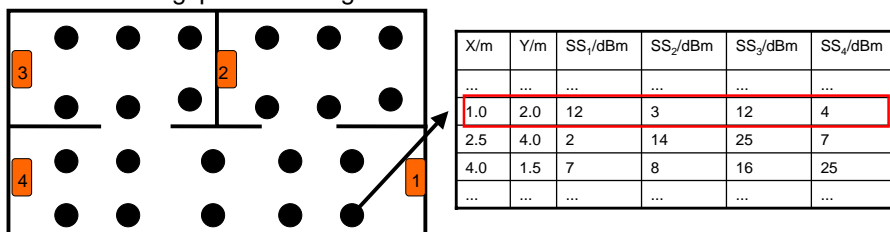
Trainingsphase

- Messungen an einigen Wegpunkten
 - Signalstärke zu mehreren Basisstationen
- Eintragen der Messergebnisse in einer Tabelle

Zur Positionsbestimmung wird der ähnlichste Wert der Tabelle gesucht

Genauigkeit der Positionsbestimmung hängt von der Anzahl der in der Trainingsphase verwendeten Wegpunkte ab

Nach Änderungen (z.B. Neupositionierung der Basisstationen) muss eine neue Trainingsphase durchgeführt werden



Idee

- Verwendung von geographischen Adressen anstelle von Netzwerk-spezifischen Adressen (z.B. IP-Adresse)

Beispiel

Alle Rechner, die sich im Umkreis von 2 km um das Rechenzentrum der Uni Karlsruhe befinden.

Mögliche Anwendungen

- Warnung vor bestimmten Naturereignissen an die betroffenen Personen
- Suche eines Kunden nach einem bestimmten Geschäft im näheren Umkreis seiner Wohnung
- Supermärkte können Sonderangebote an Kunden in einem bestimmten Umkreis versenden
- Stauwarnungen können genau an die Autofahrer gesendet werden, die sich auf einen Stau zubewegen
- Elektronische Schaufenster können Informationen an alle Benutzer verschicken, die sich z.B. bis auf 3 m nähern
- Ein Unternehmer zur Ermittlung von Heizkosten in Mietwohnungen könnte alle Messfühler in einem bestimmten Gebäude adressieren



Probleme bei der Realisierung

- Kodierung der Zielkoordinaten benötigt eine bestimmte Adressgröße
 - Genauigkeit von 160 m → 8 Byte
 - Genauigkeit von 1,8 m → 10 Byte
 - IPv4 Adressen haben nur 4 Byte
 - Lösung
 - IPv6-Adressen
- Rechner, die geographisch adressierbar sein sollen, müssen ihre Position kennen
 - Lösung
 - Satellitennavigation außerhalb von Gebäuden
 - Andere Verfahren (z.B. WIPS) innerhalb von Gebäuden
- Aktuell eingesetzte Netzwerke benutzen eine Adressierung, die die Topologie des Netzwerkes widerspiegelt, nicht jedoch die geographische Lage
 - Aktueller Netzwerktopologie muss eine logische Topologie überlagert werden, die Positionsinformationen berücksichtigt
 - Lösung
 - Geo-Routing-Ansatz
 - Multicast-Ansatz
 - Geographische Adressierung mit Hilfe von Domain Name Server

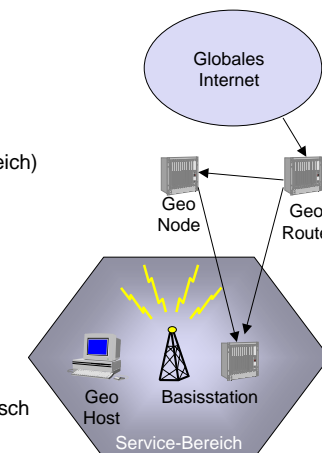


Geographische Adressierung der Eroberfläche in zwei Dimensionen

- Zieladresse eines Netzwerkpakets ist ein geschlossenes Polygon oder ein Kreis mit Mittelpunkt und Radius

Komponenten

- GeoRouter
 - Rechner, die Pakete in Netzwerk anhand der geographischen Adressen weiterleiten
 - Verwaltet eine bestimmte Fläche (Service-Bereich)
 - Hierarchisch angeordnet
- GeoNodes
 - Zwischenspeicherung von Paketen
 - Periodische Versuche Pakete im Service-Bereich zuzustellen
 - Pakete besitzen Lebenszeit
- GeoHosts
 - Mobile oder stationäre Rechner, die geographisch adressierbar sind



Das Routing-Verfahren

- Hierarchisches Verfahren
 - Z.B. Einteilung in die Ebenen Stadt, Region und Land
 - Skalierbarkeit
 - Jeder Router verbindet hierzu die Flächen der untergeordneten Router zu einem größeren Service-Bereich

Ablauf

- GeoHost versendet Paket
- GeoRouter schneidet Zielfläche mit seinem Service-Bereich
 - Schnitt leer
 - Weiterleiten an nächsthöheren Router
 - Schnitt nicht leer
 - Schnitt mit allen Service-Bereichen der tiefer liegenden Routern
 - » Weiterleiten an alle Router mit nicht leerem Schnitt
 - Zielbereich nicht vollständig in Service-Bereich
 - » Weiterleiten an nächsthöheren Router
 - Weiterreichen an mehrere Router möglich
- Basisstation leitet Paket an GeoHosts weiter
- GeoHost überprüfen, ob sie im Zielbereich liegen, da die Reichweite der Basisstation möglicherweise zu groß ist



IP-Multicast um Ziele geographisch anzusprechen

Begriffe

- Atome
 - Kleinste Flächen die adressierbar sind
- Partitionen
 - größere geographische Bereiche wie z.B. Stadtteile, Städte oder Länder
 - Partitionen bestehen aus Partitionen oder Atomen

Grundidee

- Jedes Atom und jede Partition ist durch eine eigene Multicast-Gruppe zu adressieren
- Atome und Partitionen sind komplett in der nächst größeren Einheit eingebettet
 - Partition oder Atom kann nicht an einer Partitions-grenze geschnitten werden
- Eine Basisstation wird Mitglied aller Multicast-Gruppen, die zu Atomen und Partitionen gehören, die in der Reichweite liegen, bzw. die die Reichweite schneiden



Vorgehen auf der Senderseite

- Sender ermittelt Zielpolygon
- Ermitteln der kleinsten Partition, in der das Zielpolygon vollständig eingebettet ist
- Paket wird an die der Partition zugeordneten Multicast-Gruppe gesendet
 - Jede Basisstation erhält das Paket
 - Paket enthält die genaue Beschreibung des Zielpolygons
 - Basisstationen, die nicht betroffen sind, werfen das Paket
 - Empfänger überprüfen, ob sie sich in der Zielfläche befinden

Skalierbarkeit des Ansatzes

- Adressgröße
 - Bei IPv4 sehr große Atome
 - 10 Bit fester Anteil der Multicast-Adresse
 - 6 Bit: Adresse des Landes
 - 6 Bit: Adresse der Region im Land
 - 10 Bit: Adresse des Atoms in der Region
 - Bei IPv6 können sehr kleine Atome definiert werden
- Geringe Akzeptanz von IP-Multicast



Domain Name Server erlauben im Internet eine Zuordnung von symbolischen Namen zu den zugehörigen IP-Adressen

Zusätzliche Informationen zu einem Rechner können hinterlegt werden

- Geographische Position

Verwendung von geographischen Domänen

Probleme

- Bisher pro DNS-Anfrage genau eine IP-Adresse
 - Liste von IP-Adressen nötig
 - DNS müsste abgeändert werden
 - Auswirkung auf alle bisherigen Internet-Anwendungen
- Zuordnung von geographischen Domänen zu den entsprechenden Rechneradressen unklar



- 8.1 Erklären Sie die Funktionsweise von GPS!
- 8.2 Durch welche Faktoren wird die Genauigkeit der Positionsbestimmung mit GPS beeinflusst? Wie kann die Genauigkeit erhöht werden?
- 8.3 Warum kann GPS nicht in Gebäuden verwendet werden? Welche Möglichkeiten gibt es zur Positionsbestimmung in Gebäuden?
- 8.4 Was ist der prinzipielle Unterschied zwischen Active Badge und WIPS?
- 8.5 Welche Probleme treten bei der geographischen Adressierung auf?



- [8.1] J. Roth, "Mobile Computing", dpunkt-Verlag, 2002
- [8.2] www.kowoma.de/gps/

