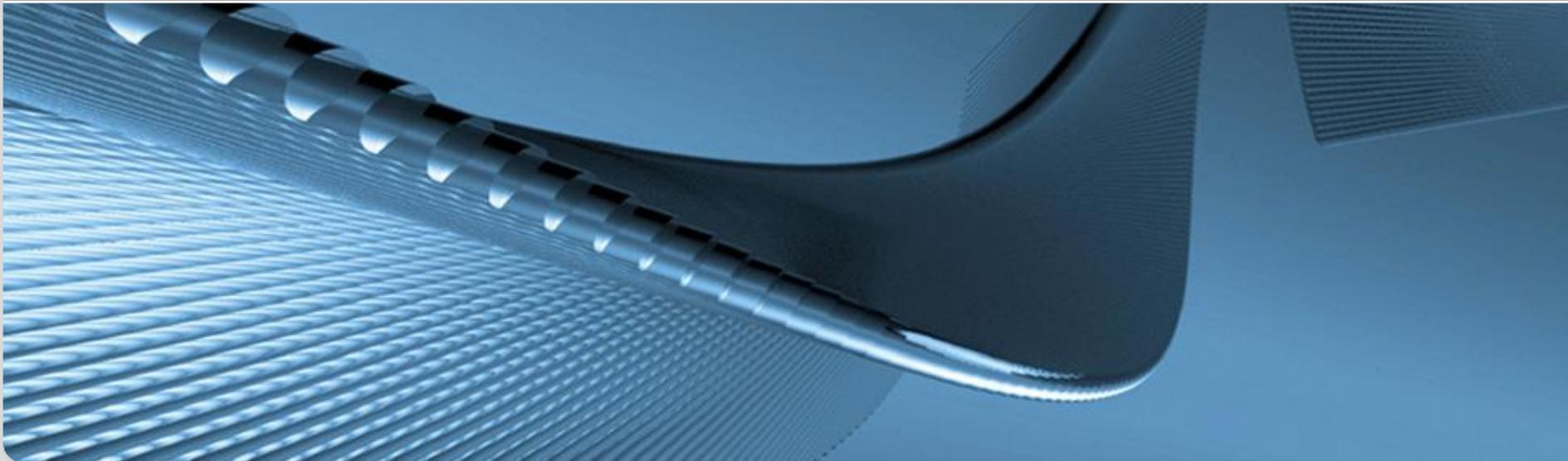


Datenschutz und Privatheit in vernetzten Informationssystemen

Kapitel 7: Lokationsbasierte Dienste

Erik Buchmann (buchmann@kit.edu)

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



Inhalte und Lernziele dieses Kapitels

- Einführung: Lokationsbasierte Dienste
 - Methoden der Positionsbestimmung, LBS-Anwendungen
 - Datenschutzprobleme
- Verschleiern von Positionsangaben
- Verfahren zum Datenschutz
 - zentrale Verfahren
 - dezentrale Verfahren
 - Datenselbstschutz
- Abschluss

- Lernziele
 - Sie können die besonderen Herausforderungen erläutern, die Systeme mit Ortsbezug an den Datenschutz stellen.
 - Sie können je nach den Erfordernissen einer LBS-Anwendung geeignete Datenschutzmechanismen vorschlagen und diskutieren.

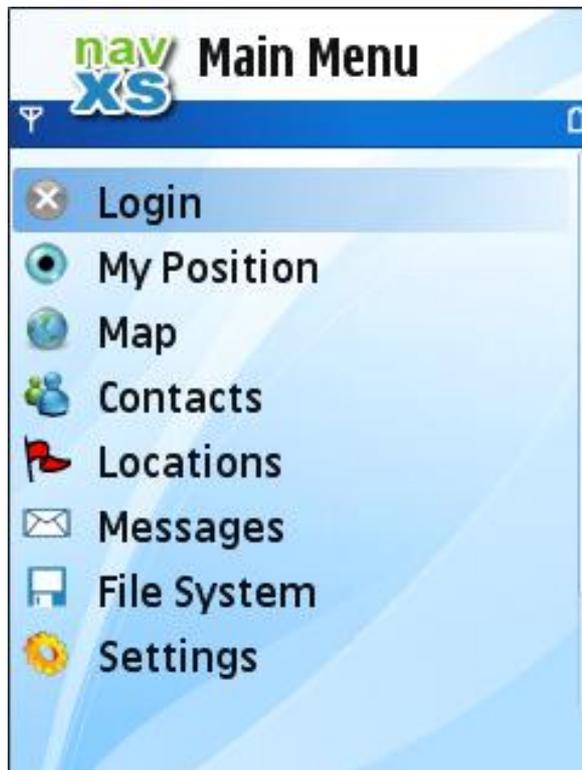
Lokationsbasierte Dienste

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



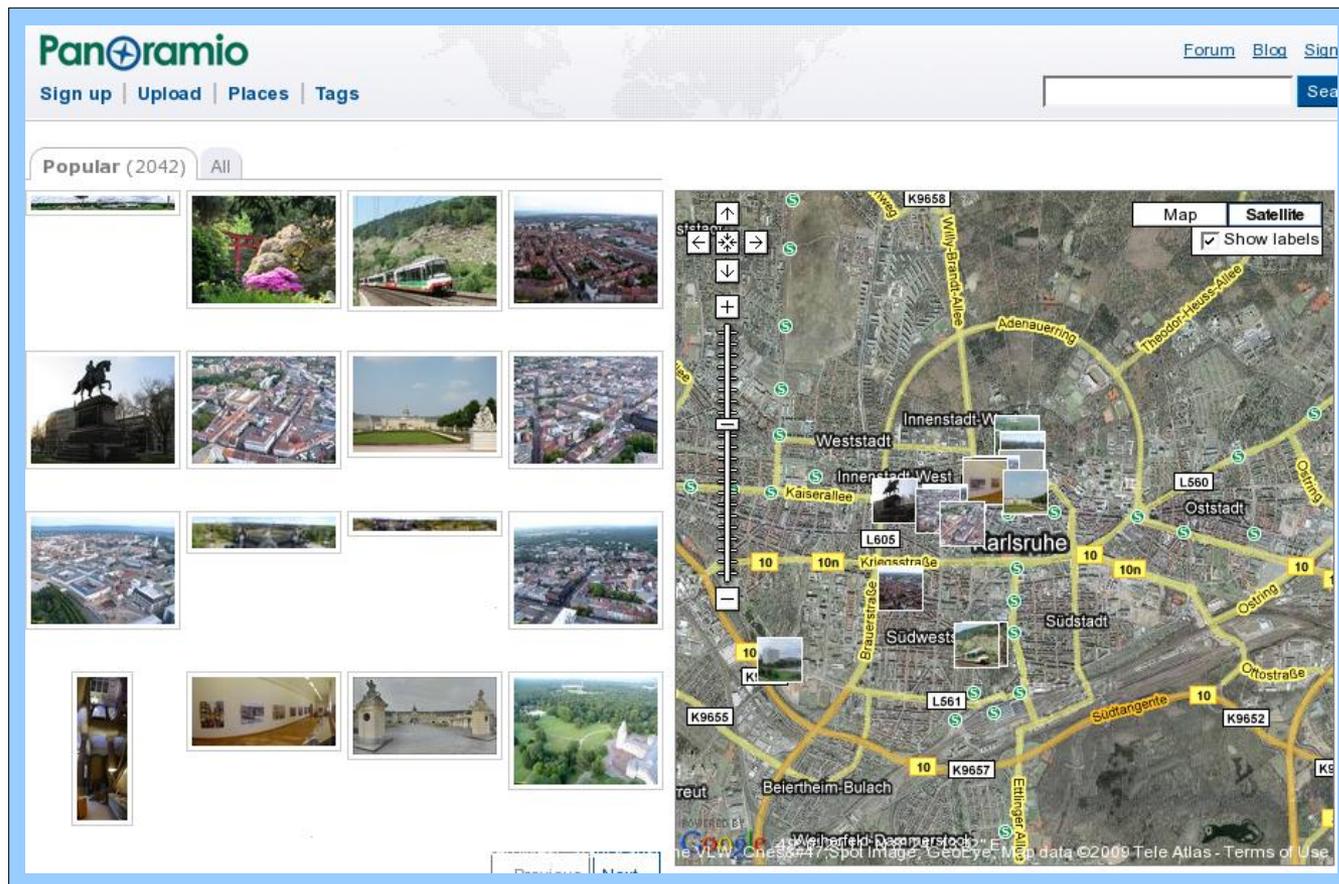
Beispiel: NavXS

- einfacher Austausch von Ortsinformationen
 - vergleichbar mit Instant Messaging, z.B. Skype, ICQ
- läuft auf Mobiltelefonen mit GPS



Beispiel: Panoramio

- Geotagging
 - Annotieren von Positionen mit Fotos und Texten



Weitere Beispiele

- Routenplanung
 - *Wie komme ich von hier nach Heidelberg?*
- Points-of-Interest
 - *Wo ist das nächste griechische Restaurant?*
- Track-your-Child
 - *Wo ist der Nachwuchs gerade?*
- Flottenmanagement
 - *Wo befinden sich die Firmenwagen?*
- Abrechnung der Straßenmaut
 - *Fahrzeuge melden gefahrene Strecken an Zentrale.*

Möglichkeiten zur Positionsbestimmung

- Im Freien
 - GPS
 - Triangulierung von Funkbaken

- Im Freien und innerhalb von Gebäuden
 - Datenbank von WLAN- und/oder Mobilfunkstationen (z.B. Google Latitude)

- Innerhalb von Gebäuden
 - Infrarot-Baken (z.B. Active Badge)
 - Ultraschall (z.B. Active Bat)

GPS

- seit 1995 in Betrieb
- 31 (min.24) Satelliten 20km über dem Erdboden
- Ortung durch Empfang von mindestens 4 Satelliten
 - Genauigkeit: besser als 10m in 90% aller Messungen
- Verwendete Funkfrequenzen können Wasser oder Beton nicht durchdringen
 - kein Inneneinsatz
 - Probleme bei (starkem) Unwetter



Bild: www.gpsmagazine.com

- WLAN-Triangulation, Beispiel: Google Geolocation API
 - Google Street View-Fahrzeuge bauen Datenbank auf
 - WLAN-Feldstärke, MAC-Adresse des Routers, GPS-Position des Fahrzeugs
 - Mobiltelefon sendet Feldstärken und MAC-Adressen von sichtbaren WLAN-Routern an Server
 - Server führt Triangulation der Nutzerposition nach bekannten MAC-Adressen und Standorten durch, schickt Position an Mobiltelefon
- Ortung über Mobilfunkzellen
 - Mobilfunkanbieter hat Datenbank von Antennen und Ausrichtungen
 - Ortung über Signalstärke oder Funkzelle
 - Genauigkeit bestenfalls 200m

Google latitude



Fred wants to hang out with his friends, and checks to see where they are.

See where your friends are right now

Enjoy Google Latitude on your phone, computer, or both.

Start using it on your phone

See your friends' locations and status messages and share yours with them.

Enter your number or visit google.com/latitude on your mobile web browser.

United States

Send a link to my phone

▶ [Will it work with my phone?](#)

Active Bat

- Person trägt Ultraschallsender
- System von Ultraschall-Sensoren im Gebäude
 - Sensoren messen Entfernung zum Ultraschallsender
- 720 Sensoren decken 1000qm auf 3 Gebäudeetagen ab
- Auflösung 3cm, 75 Objekte pro Sekunde
- mit mehreren Sendern pro Person kann auch Ausrichtung im Raum (Blickrichtung) bestimmt werden

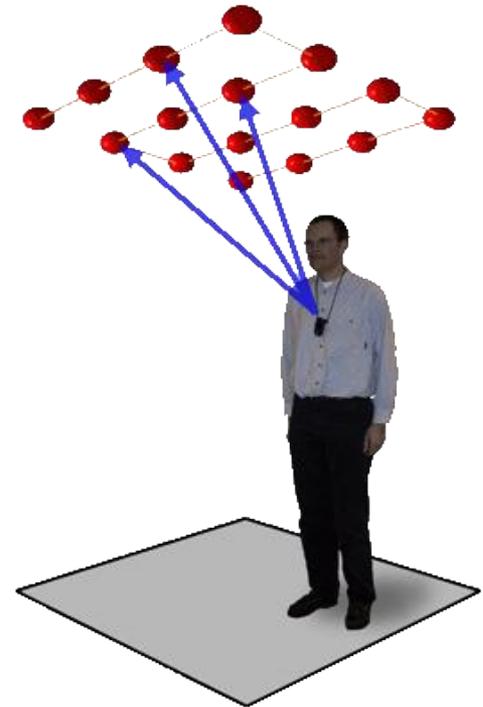


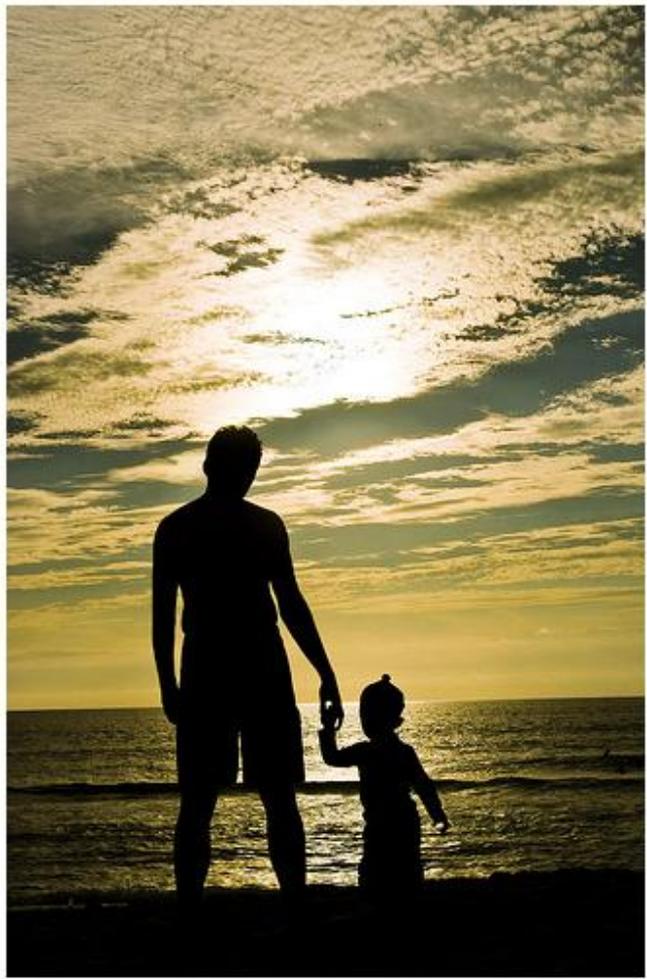
Bild: <http://www.cl.cam.ac.uk>

Beispiel: Private Informationen mit Ortsbezug

flickr® von YAHOO!

Angemeldet   [Hilfe](#) [Abmelden](#)

[Startseite](#) [Sie](#) [Organisieren](#) [Kontakte](#) [Gruppen](#) [Entdecken](#) [Suchen](#)



father and son [1]

 Hochgeladen am 19. August 2008
von [Gilzee](#)

Fotostream von [Gilzee](#)

  338 Uploads

durchsuchen

Tags

- hossegor
- france
- summer
- holidays
- sunset
- clouds
- sea
- yellow
- blue
- silhouette
- father
- son
- love

Weitere Informationen

-    Bestimmte Rechte vorbehalten
- Jeder kann dieses Foto sehen
- Aufgenommen in [Landes, Aquitanien \(Karte\)](#)
- Aufgenommen mit [Canon EOS 400D Digital](#)
- [Weitere Eigenschaften](#)
- Aufgenommen am 10. August 2008
- 3.109-mal angesehen

My childhood friend Pierre-Emmanuel and his two-years old son Mathieu, staring at the sun hidden behind a curtain of clouds, Hossegor beach, south of France.

Welche Daten werden vom LBS verwendet?

■ Einzelkoordinaten

- einzelne Anfragen nach POI (z.B. nächste Tankstelle)

■ Tracks

- Aufzeichnung des GPS-Datenstroms
- Sequenzen von aufeinanderfolgenden Einzelanfragen, z.B. nach aktuellen Staumeldungen

■ Dienstbezogene Inhalte

- Anfragen, Annotationen beim Geotagging, etc.

■ Metadaten

- Nutzer, Zeit der Aufzeichnung
- Dienstbezogene Metadaten, z.B. EXIF-Informationen in Fotos

- Erlauben Rückschlüsse auf
 - aktuellen bzw. vergangenen Aufenthaltsort,
z.B. das eigene Haus, Treffpunkt mit Freunden, Urlaubsziele
 - persönliche Vorlieben
z.B. Restaurant, Kino, Sehenswürdigkeiten
 - Lebensumstände
z.B. Arbeitgeber, Medizinische Einrichtungen
 - soziale Kontakte
z.B. Analyse, ob sich unterschiedliche Personen zur gleichen Zeit an gleichen Koordinaten aufhalten

- Erlauben (zusätzlich zu den Einzelkoordinaten) Rückschlüsse auf
 - Reiseverlauf
 - Geschwindigkeit
wichtig z.B. bei Verkehrsregeln
 - Reiseziel
z.B. durch extrapolierten der Route
 - Gewohnheiten
z.B. immer wiederkehrende Routen wie den Arbeitsweg

- Beispiel Panoramio:
Wer und was wurde fotografiert?
 - Rückschlüsse auf
 - Lebensumstände
 - soziale Kontakte
 - Interessen, Hobbies
 - Fähigkeiten (gute vs. schlechte Bilder)
 - etc.

- generisch, z.B. Zeit der Anfrage, Nutzer
 - generieren von Bewegungsprofilen möglich
- anwendungsspezifisch
 - Beispiel: Fotos in Panoramio speichern EXIF-Daten
 - Aufnahmezeit (kann sich von der Zeit der Dienstnutzung unterscheiden)
 - Kamera-Modell (teure Kamera?)
 - Aufnahmeparameter (unfähiger Fotograf?)

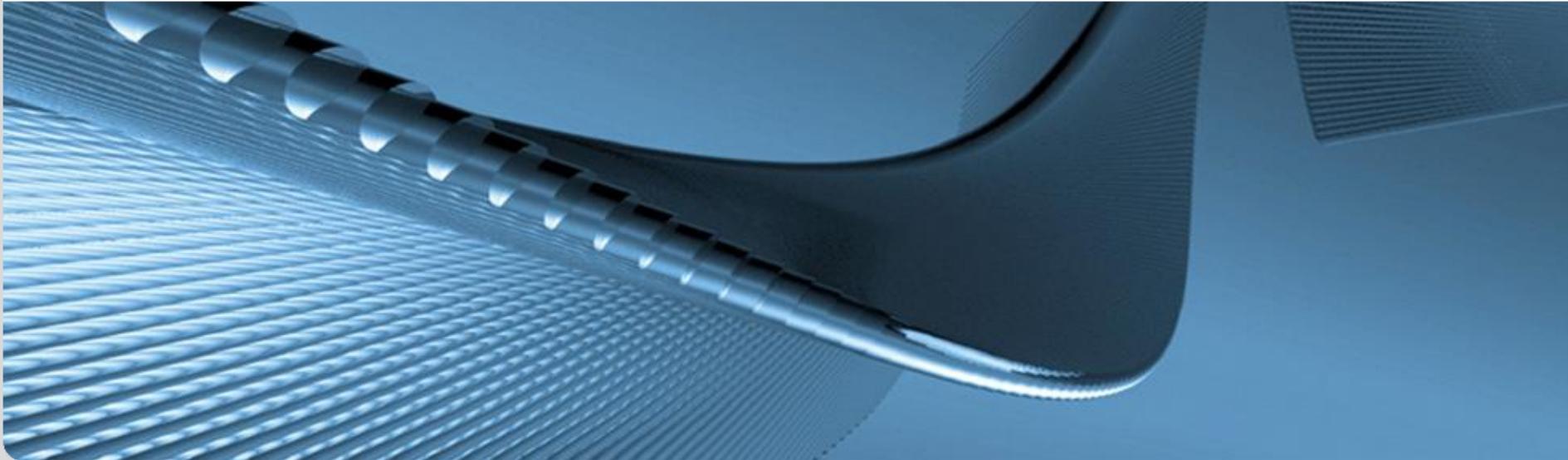
- Metadaten können als Quasi-Identifizierer dienen, d.h. Fingerabdruck, der Anwenderverhalten pseudonym nachverfolgbar macht

- Inhalte und Metadaten meist nicht zu vermeiden
- Tracks durch Anfragefolgen ebenfalls oft unvermeidlich
- Je ungenauer die Position, desto schlechter die Dienstqualität
 - grobe Ortsposition
 - Dienste geben ungenaue Ergebnisse zurück
 - Privatheit des Anwenders sichergestellt
 - genaue Ortsposition
 - hohe Dienstgüte
 - Standort des Anwenders wird Dritten kenntlich gemacht

- Zwei zentrale Herausforderungen für den Datenschutz
 - Genauigkeit der Positionsinformationen
 - Zuordnbarkeit der Daten zur Person

Genauigkeit der Positionsangaben

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



- Exaktheit der Daten beeinflusst deren Sensitivität
 - Granularität der Positionsinformation spielt eine Rolle
{N 49.013, E 8.420} → Karlsruhe → Bad.-Württ. → Deutschland → Europa → Erde
 - Wo befinde ich mich? Wo befinde ich mich **genau**?
- Datenqualität von der eingesetzten Sensorik abhängig
 - GPS: häufig 10m Ortsauflösung
 - Cell-ID von Mobilfunkmasten: 1-3km Ortsauflösung innerstädtisch
- Zentrale Frage:
 - **Gegeben die Genauigkeit der Sensoren und eine Nutzerpräferenz zur Ortsauflösung, wie müssen die Sensordaten verändert werden?**

C.A. Ardagna, M. Cremonini, E. Damiani: Location Privacy Protection Through Obfuscation-based Techniques. In: Proceedings of the 21st IFIP Conference on Data and Applications Security, 2007

Beispiel



■ gemessene Positionsangabe

- Fläche mit durch Sensorauflösung gegebenem Radius: $Area(r, x_c, y_c)$
- die tatsächliche Position (x_u, y_u) des Nutzers liegt in dieser Fläche: $P((x_u, y_u) \in Area(r, x_c, y_c)) = 1$.
- Annahme: wahrscheinliche Nutzerposition ist gleichverteilt in Fläche:

$$f_r(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\pi r^2} & \text{if } x, y \in Area(r, x_c, y_c) \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

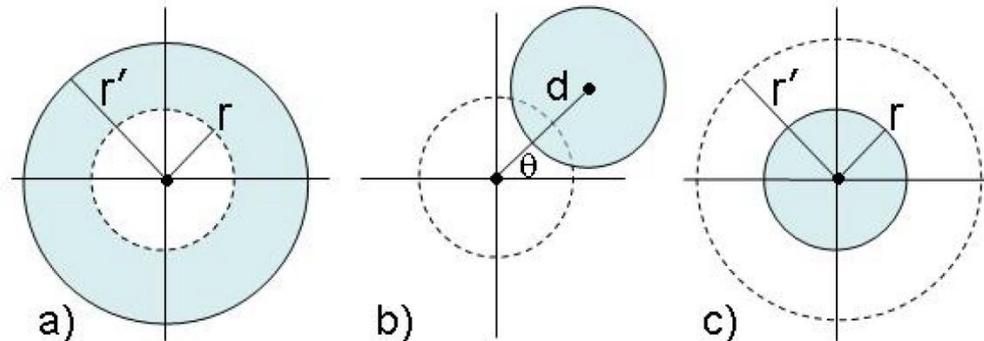
- Präferenz des Nutzers: eine minimale Kreisscheibe mit Radius r_{\min}
- Gegeben von der Sensorik: eine Kreisscheibe r_{meas}

→ **erforderliche Verringerung der Datenqualität λ**

$$\lambda = \frac{\max(r_{\text{meas}}, r_{\min})^2 - r_{\text{meas}}^2}{r_{\text{meas}}^2} = \frac{\max(r_{\text{meas}}, r_{\min})^2}{r_{\text{meas}}^2} - 1$$

Anm.: $\lambda = 0$ wenn Sensorgenauigkeit = Nutzerwunsch

- Ziel dabei: $0 < P((x_u, y_u) \in Area(r, x_c, y_c)) \leq 1$
- Drei grundlegende Möglichkeiten:
 - Fläche vergrößern a)
 - Mittelpunkt der Fläche verschieben b)
 - Fläche verkleinern c)



- Obfuscation-Techniken sind kombinierbar
- Wie das Ausmaß der verschiedenen Obfuscation-Schritte festlegen?

Relevanz einer Angabe

- dimensionsloses Maß für die Genauigkeit einer Positionsangabe mit reduzierter Genauigkeit: $\mathcal{R} \in (0, 1]$

- \mathcal{R}_{Init} : bestmögliche Relevanz gegeben eine Sensortechnologie mit bestimmter Auflösung r_{opt}

$$\mathcal{R}_{Init} = \frac{r_{opt}^2}{r_{meas}^2}$$

- \mathcal{R}_{Final} : vom Nutzer gewünschte Relevanz

$$\mathcal{R}_{Final} = \frac{\mathcal{R}_{Init}}{\lambda + 1}$$

- *Wichtige Eigenschaft der Relevanz:*
erlaubt das Kombinieren von mehreren Obfuscation-Techniken!

- $\mathcal{R}_{Final} = \mathcal{R}_n * \dots * \mathcal{R}_1 * \mathcal{R}_{Init}$

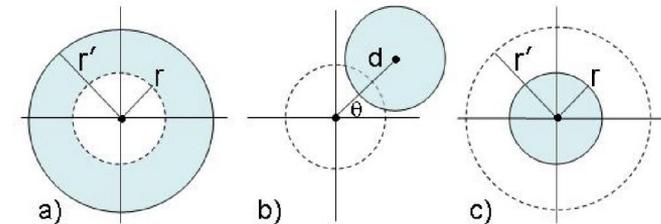
Radius vergrößern und verkleinern

- Vergrößern a) $\mathcal{R}' = \frac{P((x_u, y_u) \in Area(r', x, y))}{P((x_u, y_u) \in Area(r, x, y))} \cdot \mathcal{R} = \frac{r'^2}{r^2} \cdot \mathcal{R}, \quad \text{with } r' > r$
- Verkleinern c) $\mathcal{R}' = \frac{P((x_u, y_u) \in Area(r', x, y))}{P((x_u, y_u) \in Area(r, x, y))} \cdot \mathcal{R} = \frac{r'^2}{r^2} \cdot \mathcal{R}, \quad \text{with } r' < r$

■ Beispielrechnung für a)

- gegeben $r_{meas} = 0.5 \text{ km}$
 $r_{min} = 1 \text{ km}$
 $r_{opt} = 0.4 \text{ km}$

- Radius $\mathcal{R}_{Init} = \frac{r_{opt}^2}{r_{meas}^2} = 0.64$
 $\lambda = \frac{\max(r_{meas}, r_{min})^2}{r_{meas}^2} - 1 = 3$
 $\mathcal{R}_{Final} = (\lambda + 1)^{-1} \mathcal{R}_{Init} = 0.16$
 $r' = r_{meas} \sqrt{\lambda + 1} = 1 \text{ km}$

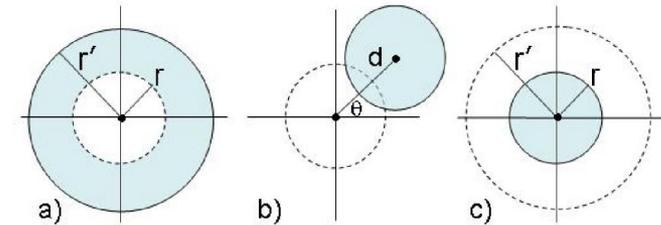


Mittelpunkt verschieben

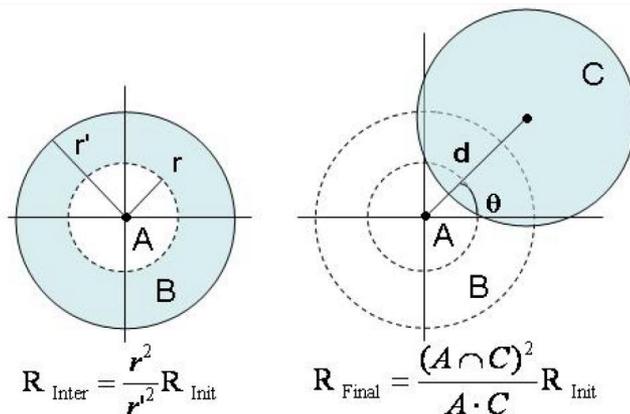
■ Verschieben des unscharfen Positionsbereichs b)

$$\mathcal{R}' = P((x_u, y_u) \in Area_{Init \cap Final}) \cdot P((x, y) \in Area_{Init \cap Final}) = \frac{Area_{Init \cap Final}}{Area(r, x_c, y_c)} \cdot \frac{Area_{Init \cap Final}}{Area(r, x_c + \Delta x, y_c + \Delta y)} = \frac{Area_{Init \cap Final}^2}{Area(r, x_c, y_c)^2} \cdot \mathcal{R}$$

- Anmerkung: neuer und alter Bereich müssen eine Überlappung aufweisen, sonst $P = 0!$



■ Beispiel für Kombination: Radius vergrößern, Mittelpunkt verschieben



Beispiel vom Anfang



Obfuscated Area
(1st example)

Shift:
 $d = 0,464$ km
 $R_{\text{Inter}} = 0.4$
Enlarge:
 $r' = 2$ km
 $R_{\text{Final}} = 0.2$

Location
Measurement

$r_{\text{opt}} = 0.895$ km
 $r_{\text{meas}} = 1$ km
 $r_{\text{min}} = 2$ km
 $R_{\text{Init}} = 0.8$

Obfuscated Area
(2nd example)

Reduce:
 $r' = 0.707$ km
 $R_{\text{Inter}} = 0.4$
Shift:
 $d = 0.679$ km
 $R_{\text{Final}} = 0.2$

Zuordnbarkeit der Positionsangaben

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



- Wiederholung: k-Anonymität
 - *Eine Person ist k-Anonym, wenn sie von k-1 anderen nicht unterschieden werden kann.*
- Auf Koordinaten
 - ändere die Koordinaten von k Nutzern so, dass
 - sie ununterscheidbar werden
 - die Dienstqualität nur minimal sinkt
 - keine Zuordnung zu exakten Koordinaten möglich ist
- Methoden (Auswahl)
 - Koordinaten runden oder durch Region ersetzen
 - Zufallswerte addieren
 - Positionen durch Landmarken ersetzen

- Für uns relevant: Angreifer möchte an die Positionsdaten des Nutzers gelangen
 - fremden Dienst übernehmen oder eigenen Dienst anbieten, der Positionsdaten sammelt
 - unbemerktes Mithören der Kommunikation, z.B. als man-in-the-middle
 - Angriff auf eventuell vorhandenen Anonymisierungsdienst
 - selbst als Anonymisierungsdienst ausgeben, z.B. in Peer-basierten Verfahren
 - sich ins Anonymity Set einschleusen, z.B. als einer der k Mitglieder bei k -Anonymity

- technisch
 - Angriffsmöglichkeiten
 - Skalierbarkeit
 - Kommunikationsaufwand
 - Rechenaufwand
 - für Anonymisierung erforderliche Mindest-Nutzerdichte
 - Anwendbarkeit auf Anfragefolgen
- nicht-technisch
 - benötigtes Hintergrundwissen, Komplexität des Verfahrens
 - mentaler Aufwand, Aufmerksamkeit

Im Folgenden

- Zentralisierte Verfahren
 - CliqueCloak
 - Mix-Zones
- Dezentrale Verfahren
 - Peer-to-Peer Anonymisierung
- Verfahren zur Selbstanonymisierung
 - Anonymisierung durch Dummies

Zentralisierte Datenschutzansätze für LBS

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



- Zentralisiertes Verfahren, das zwischen Nutzer und Dienstanbieter geschaltet wird (Trusted Third Party)
- Algorithmus zum effizienten anonymisieren
- Eingaben:
 - *Positionen* (Anfragen) vieler Teilnehmer
 - *Minimaler Grad an Anonymität*, d.h., mindest-k für k-Anonymity
 - *Minimale räumlich-zeitliche Auflösung*, die an einen Dienst weitergegeben wird
- Ausgabe:
 - Spatio-temporal Cloaking Box (SCB) mit k Nutzern

B. Gedik, L. Liu: *Location Privacy in Mobile Systems: A Personalized Anonymization Model*. ICSCS'05

Anforderungen an CliqueCloak

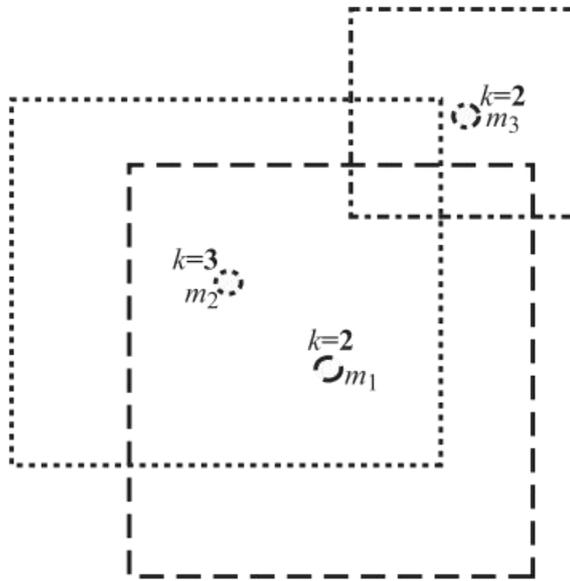
- Spatial Containment
 - SCB muss die Position des Nutzers beinhalten
- Spatio-temporal Resolution
 - SCB darf nicht größer sein als vom Nutzer vorgegeben → Dienstgüte
- Content Preservation
 - der Inhalt einer Anfrage oder Eingabe darf nicht verändert werden

- Menge von Nachrichten $m = \langle u_{id}, r_{no}, \{t,x,y\}, k, \{d_t, d_x, d_y\}, C \rangle$
 - C: Inhalt der Nachricht
 - u_{id}, r_{no} : Nutzer-ID, Nachrichten-ID
 - $\{t,x,y\}$: Zeit, Koordinaten
 - $\{d_t, d_x, d_y\}$: Toleranzen für die Constraint Box
 - Rückgabe soll nicht mehr als $\pm d/2$ vom tatsächlichen Wert abweichen
 - k: minimale Zahl von Personen in Constraint Box

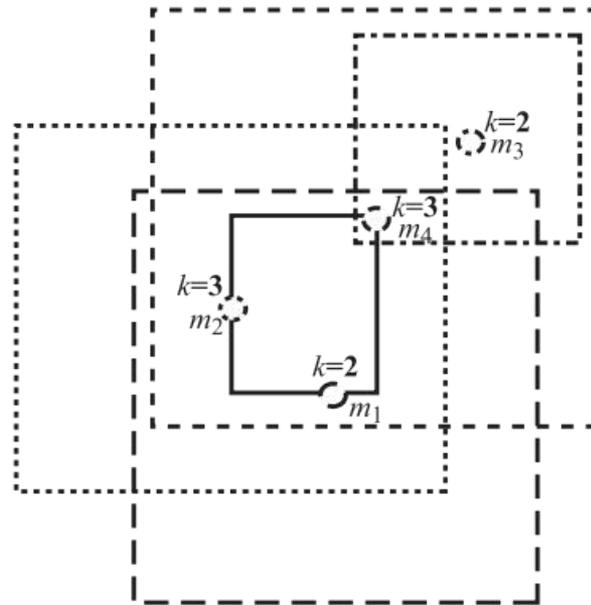
- Ziel: *Finde in der Menge der Nachrichten die Minimale Constraint Box für jeden Nutzer*

- füge jede Nachricht als Knoten in einen *Constraint-Graphen* ein
 - Kante von Knoten A zu Knoten B, wenn A innerhalb der Toleranzgrenzen $\{d_t, d_x, d_y\}$ von B liegt oder umgekehrt
- für jede Nachricht
 - suche im Constraint-Graphen eine Clique mit Kardinalität k
 - entferne die Clique aus dem Graphen
 - ersetze $\{t, x, y\}$ durch das Minimum Bounding Rectangle der Clique
- wenn d_t abgelaufen bevor Clique gefunden, informiere Nutzer und lösche Knoten aus Constraint Graph

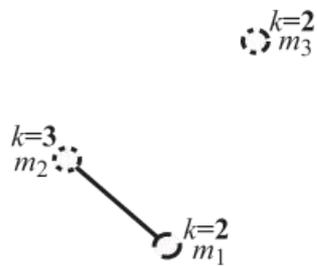
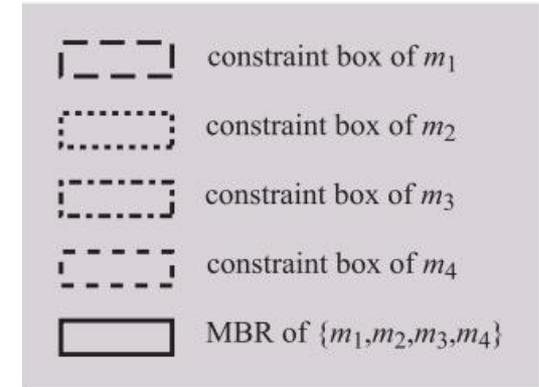
Beispiel



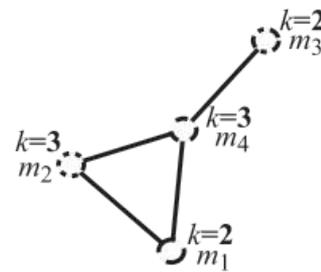
(a) spatial layout I



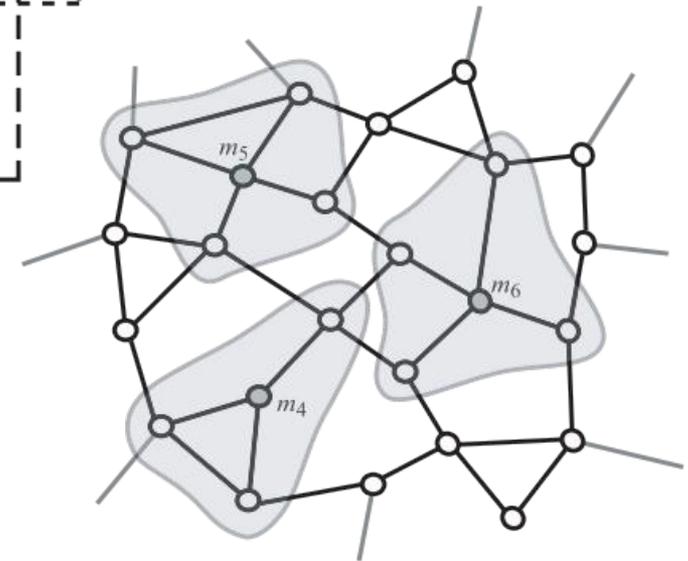
(b) spatial layout II



(c) constraint graph I



(d) constraint graph II



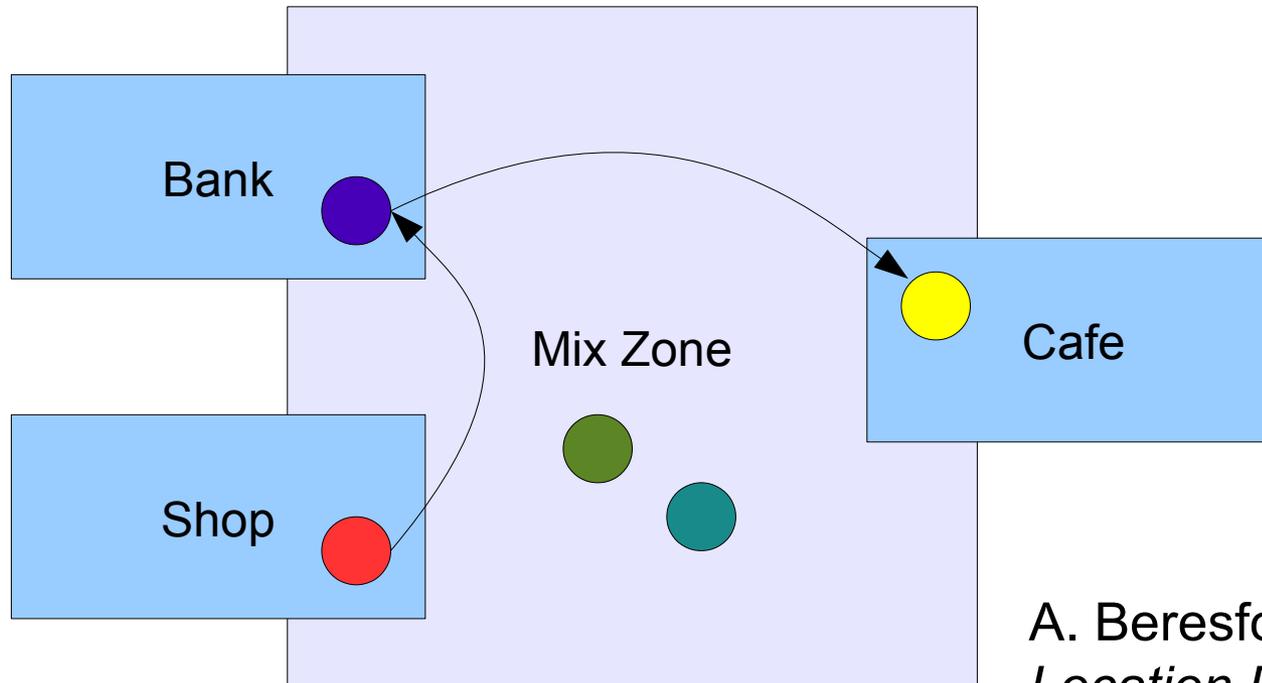
(e) constraint graph

- Feingranulare Einstellung der Privatheit
- Single Point of Failure
- Cliques-Suche ist sehr teuer
 - Verfahren skaliert schlecht
- bekannte Schwächen der k-Anonymität
 - z.B. alle k Nutzer an der gleichen Position
- Parametrisierung erfordert genaue Kenntnis der eigenen Privatheitsbedürfnisse → schwierig
- bei geringer Nutzerdichte Kompromisse bei k oder $\{d_t, d_x, d_y\}$ erforderlich
- Funktioniert nicht bei Abfragesequenzen

- Szenario: Anfragesequenzen, pseudonym nutzbare LBS
 - Beobachtung: Anonymisierung nützt nichts, wenn der Nutzer z.B. bis zu seinem Haus oder seiner Arbeitsstelle nachverfolgt werden kann
- Idee:
 - Positionsdaten werden nicht kontinuierlich, sondern mit zeitlichem Abstand (Update Period)
 - zwischen den Updates wechseln Nutzer ihr Pseudonym in sogenannten *Mix Zones*
 - viele pseudonyme Personen gehen hinein, andere pseudonyme Personen gehen heraus
 - Nutzer interagieren mit Diensten in *Application Zones*

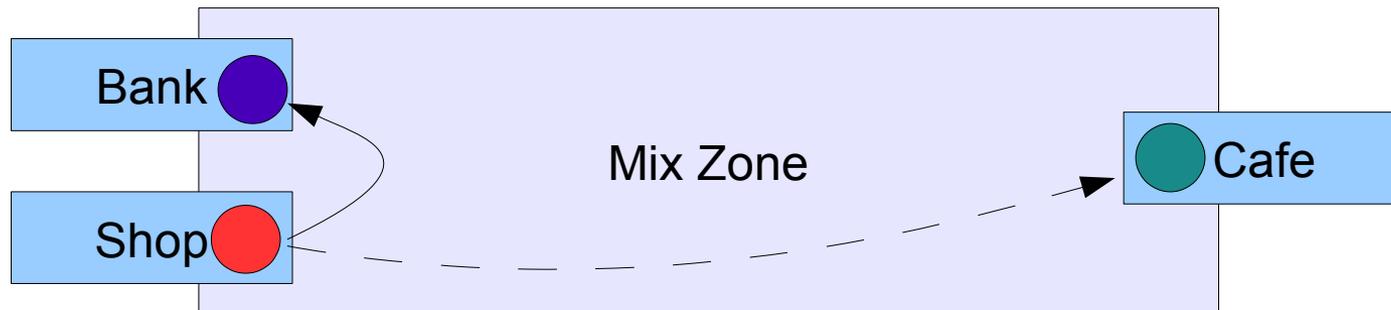
Beispiel

■ Application Zones: Shop, Bank, Cafe



A. Beresford, F. Stajano
*Location Privacy in
Pervasive Computing,*
Pervasive 2003

- Abhängig von der Update Period
 - wenn Updates von Positionen in zu rascher Folge, können Nutzer Mix Zone nicht durchqueren, bleiben trotz anderem Pseudonym verfolgbar
- Abhängig von der Raumaufteilung
 - bei ungünstiger Ausgestaltung Wechsel der Application Area zwischen Updates unmöglich



- funktioniert auch mit Anfragefolgen
- Skalierbar, wenig Rechenleistung und Kommunikation
- einfaches, verständliches Verfahren

- Single Point of Failure
- Starke Abhängigkeit von externen Faktoren
 - Raumaufteilung
 - Anzahl und Bewegung der Nutzer
 - Update Period
- statistische Angriffe möglich
 - wenn es unwahrscheinlich ist dass jemand bestimmte Orte nacheinander aufsucht
 - wenn Gehgeschwindigkeit der Personen bekannt

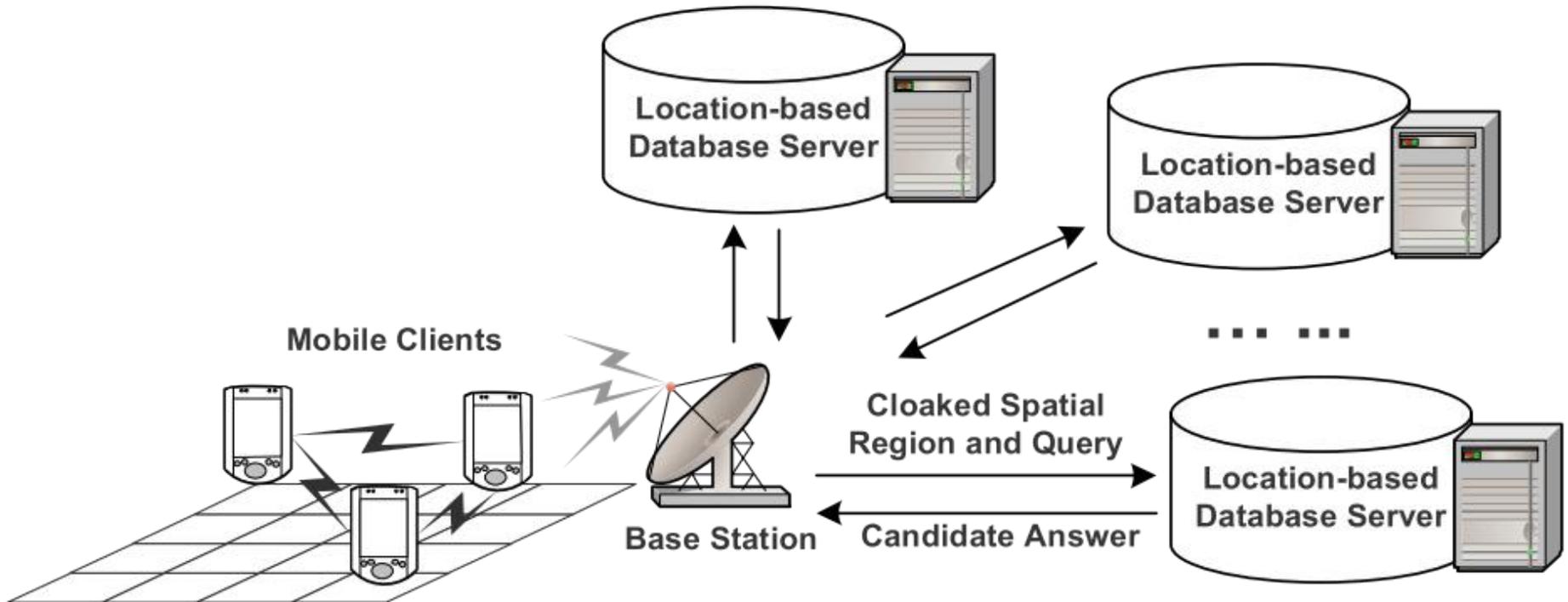
Dezentrale Datenschutzansätze für LBS

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“

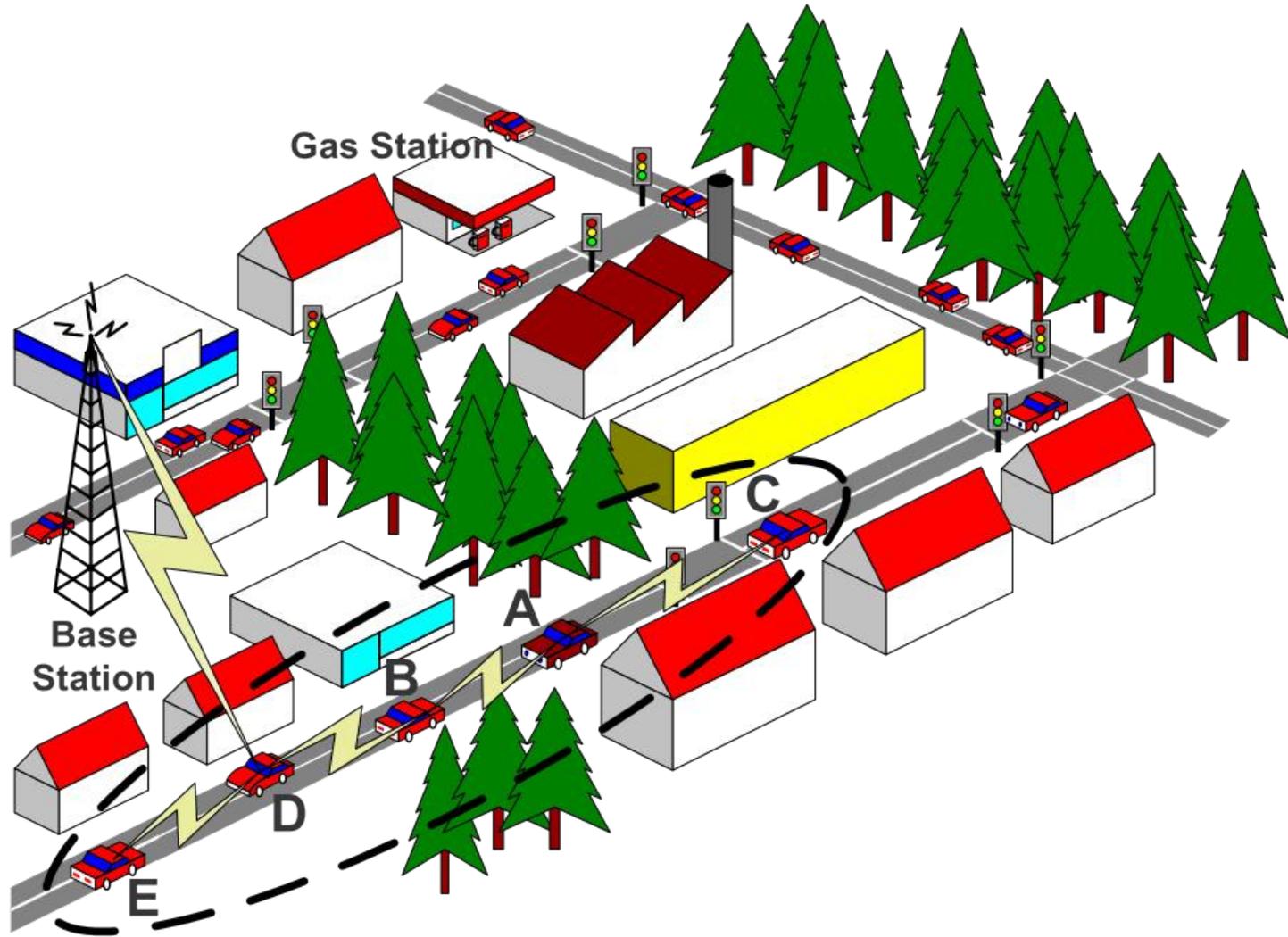


- Szenario: mobile Anwender, die über Ad-Hoc-Netze kommunizieren und Geodaten an Dienste schicken
- Gruppen von Nutzern anonymisieren ihre Positionsdaten gegenseitig
 - Anonymisierungsmenge besteht aus den Nutzern, die grade in Funkreichweite sind
 - Dienst erhält bereits anonymisierte Daten, keine vertrauenswürdige 3. Partei erforderlich
- Eingabe:
 - k für Größe der Anonymisierungsmenge
 - A_{\min} als kleinstmögliche Anonymisierungsregion

C. Chow, M. Mokbel, X. Liu: *A peer-to-peer spatial cloaking algorithm for anonymous location-based service*. GIS 2006

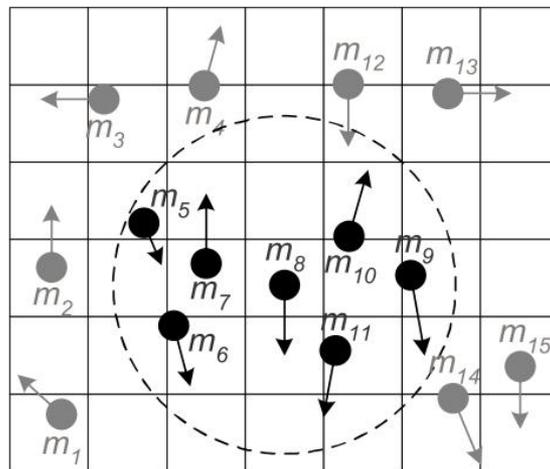


Beispiel

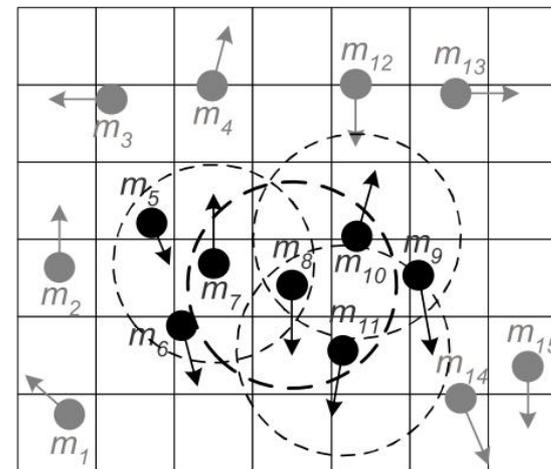


Verfahren (1/2)

- Suche Teilnehmer in direkter Funkreichweite (Abb. a)
- Berechne Bewegungsvektoren, um Teilnehmer zu finden die in die gleiche Richtung unterwegs sind
 - Overhead durch Neuberechnung sparen
- Wenn weniger als $k-1$ Teilnehmer gefunden werden, suche multi-hop (Abb. b)



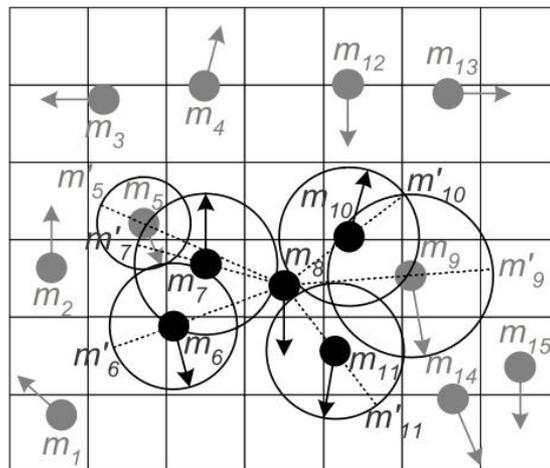
(a) Single-hop peer searching



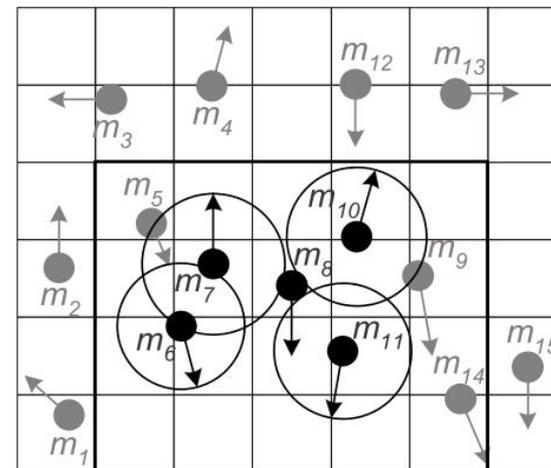
(b) Multi-hop peer searching

Verfahren (2/2)

- Wenn $k-1$ Teilnehmer gefunden, bilde Anonymisierungsregion (Rechteck in Abb. d)
 - wähle Region so, dass kein Teilnehmer den Bereich während der Anfrage verlässt, selbst wenn er sich mit Maximalgeschwindigkeit (Kreise in Abb. c) direkt vom Anfrager entfernt (gestrichelte Linien in Abb. c)



(c) Location adjustment



(d) Cloaked spatial region

- dezentrales Verfahren, kein Single Point of Failure
- skaliert gut, da durch jeden Peer neue Ressourcen hinzukommen
- intuitiver Ansatz

- hoher Kommunikationsaufwand
- Peer Group muss vertrauenswürdig sein
(andererseits muss sich Angreifer beim Opfer befinden, kennt dessen Position also sowieso)
- Nutzerdichte ist problematisch, k Teilnehmer in direkter Funkreichweite erforderlich
- Wenn sich die Nutzer oft auseinanderbewegen, können einzelne Teilnehmer durch Abfragesequenzen identifiziert werden

Selbstanonymisierungsverfahren für LBS

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



Anonymisierung durch Dummies

- Szenario: Sequenzen von Geo-Anfragen an einen Dienst
- Idee: Selbstanonymisierung durch das Generieren von $k-1$ 'gefälschten' Nutzern
 - Dienst erhält k unterschiedliche Koordinaten
 - eine echt, $k-1$ künstlich generiert
 - Dienst antwortet mit k Ergebnissen
 - nur Anwender weiß, welche Koordinate 'echt' ist, und kann das korrekte Anfrageergebnis
- Problem: realistische Dummies

H. Kido et al., *An Anonymous Communication Technique using Dummies for Location-based Services*, ICPS'05

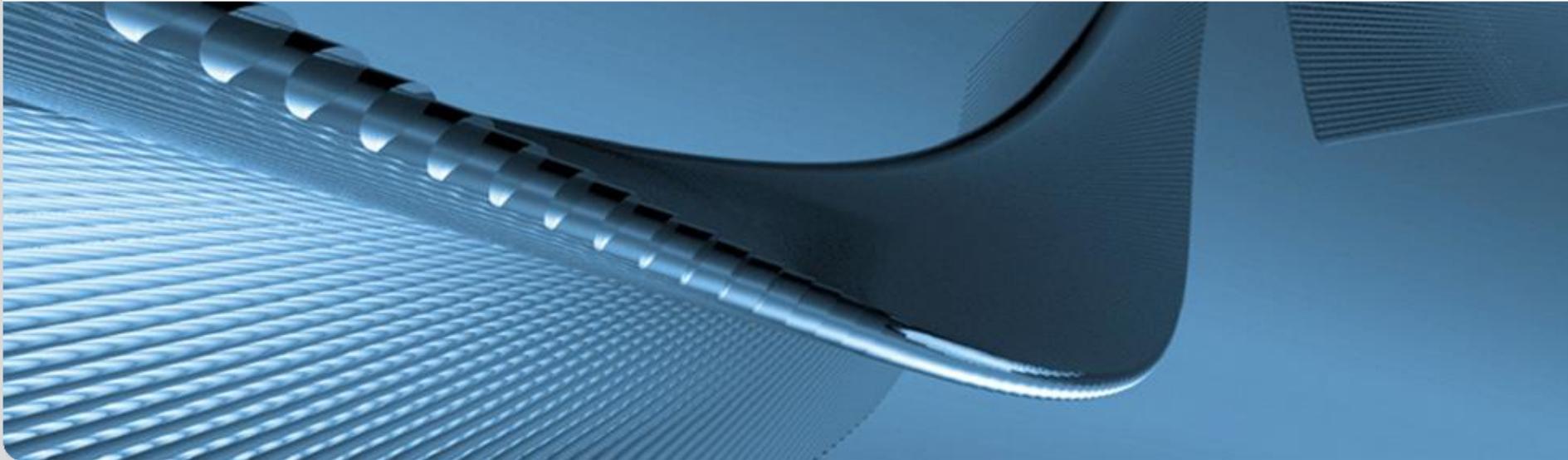
- Dummies nicht von echten Daten unterscheidbar
 - Autos fahren nicht, wo keine Straßen sind
 - realistische Bewegungsprofile
- *Moving in a Neighborhood*
 - nächste Position eines Dummies in Nachbarschaft zuvorheriger Position
- *Moving in a Limited Neighborhood*
 - nächste Position eines Dummies in Nachbarschaft zuvorheriger Position
 - zusätzlich: Dummies, die in einem zu dicht besetzten oder ungeeigneten Gebiet generiert werden, werden verworfen und durch neue ersetzt

- verteiltes Verfahren, da von jedem Nutzer selbst durchzuführen
- funktioniert auch mit Anfragefolgen
- skaliert linear, da nur $k-1$ zusätzliche Anfragen je Nutzer gestellt werden

- hoher Rechen- und Kommunikationsoverhead auf dem Mobilgerät
- sehr schwierig, realistische Dummies zu erzeugen die sich nicht statistisch herausfiltern lassen
→ nicht intuitiv *sicher* anwendbar

Abschluss

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



- Lokationsbasierte Dienste sind eine der attraktivsten Ubiquitous-Computing-Anwendungen
 - Aber: Datenschutzprobleme unvermeidlich
 - Kompromiss zwischen Positionsgenauigkeit und Dienstgüte
 - Kompromiss zwischen Zuordnbarkeit und Dienstgüte
- Besonders problematisch: Tracks und Anfragefolgen, die das Erstellen von Tracks erlauben
 - Nutzer lassen sich 'herausmitteln', wenn jede Anfrage ein anderes Anonymity Set generiert
- Vorgestellte Verfahren
 - formales Modell für Verschleierung der Position
 - zentrale Ansätze
 - dezentrale Ansätze
 - Methode zum Datensebstschutz

- [1] Jürgen Czerny, *Datenschutz in lokationsbasierten Diensten*, Seminararbeit am IPD, 2007
http://dbis.ipd.uni-karlsruhe.de/img/content/SS07Czerny_DatenschutzLBS.pdf

- [2] C.A. Ardagna, M. Cremonini, E. Damiani: *Location Privacy Protection Through Obfuscation-based Techniques*. In: Proceedings of the 21st IFIP Conference on Data and Applications Security, 2007