

# Lokationsbasiertes Routing in Ad-hoc Netzen

---

Juan C. Fries

Seminar: Mobile Multimedia Computing  
WS2001/2002



# Übersicht

1. Einleitung
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks (GPSR)
4. Selbstorganisierte Terminodes
5. Geographical Routing Algorithm
6. Zusammenfassung



# Einleitung

- Ad-hoc-Netze
- Probleme
- Anwendungsszenarien



# Ad-hoc-Netze

- Keine Basisstationen
- Keine zentrale Kontrolle
- Multi-hop-fähig
- Kommunikation über Funk
- Mobil



# Probleme

- Kommunikation über nur einen Kanal
- Routing basierend auf unvollständiger Information
- Skalierbarkeit in Knotenanzahl und geographischer Abdeckung gefordert
- ubiquitäre Verfügbarkeit
- Motivierung zur Routingunterstützung



# Beispiele

- Rettungskräfte
- Militär
- Konferenzen und Vorlesungen
- Sensortechnik
- „*Rooftop*“ *networks*



# Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings

- DSDV: ständiger Austausch mit Hilfe Distanzvektoren
- DSR: Sender schreibt vollständigen Pfad in den Header
- ZRP: Kompromiss zwischen DSDV und DSR
  - in wohlbekannten Routingzonen: DSDV
  - außerhalb: DSR



# Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks

- Kenntnis eines Knotens über
  - eigene geographische Position
  - geographische Position des Empfängers
    - ➔ Lokationsregistrierung nötig
- zwei Routingalgorithmen in einem:
  - in lokaler Topologie: Greedy Forwarding
  - über größere Entfernung: Perimeter Forwarding



# Greedy Forwarding

- Routingtabelle enthält Positionen der unmittelbaren Nachbarn
- Routing meist optimal, da Zielposition bekannt
- Kriterien für die Auswahl eines weiterleitenden Knotens:
  - Entfernung zum Ziel minimal
  - innerhalb der Sendereichweite



# Aktualisierung der Routingtabelle

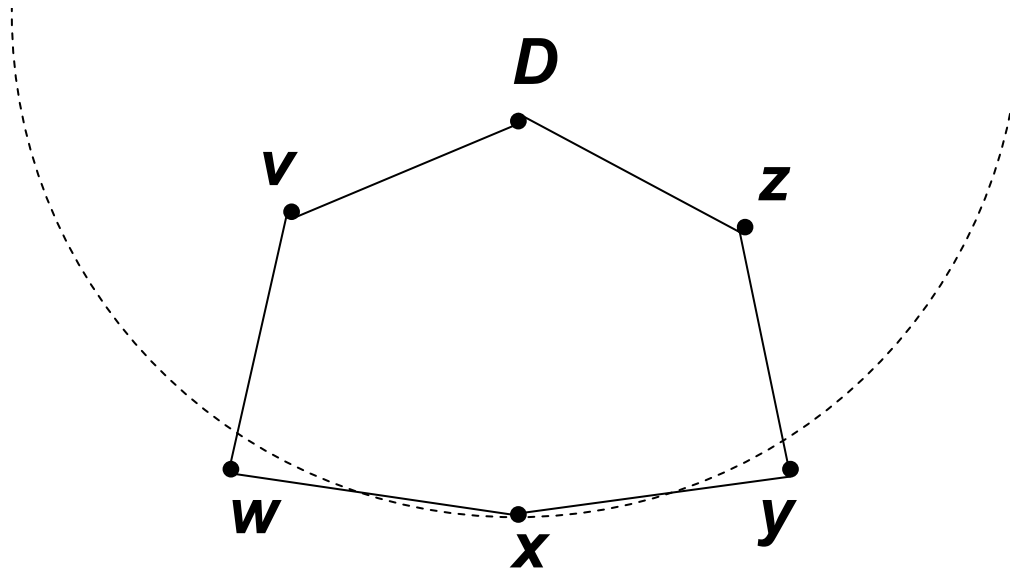
- regelmäßiger Versand von Beacons an Rundfunkadresse
- Beacons enthalten eindeutige Netzkenennung und Ortsangabe
- Ausbleiben eines Beacons führt zur Entfernung des Knotens aus der Routingtabelle



# Ersatz für Beacons

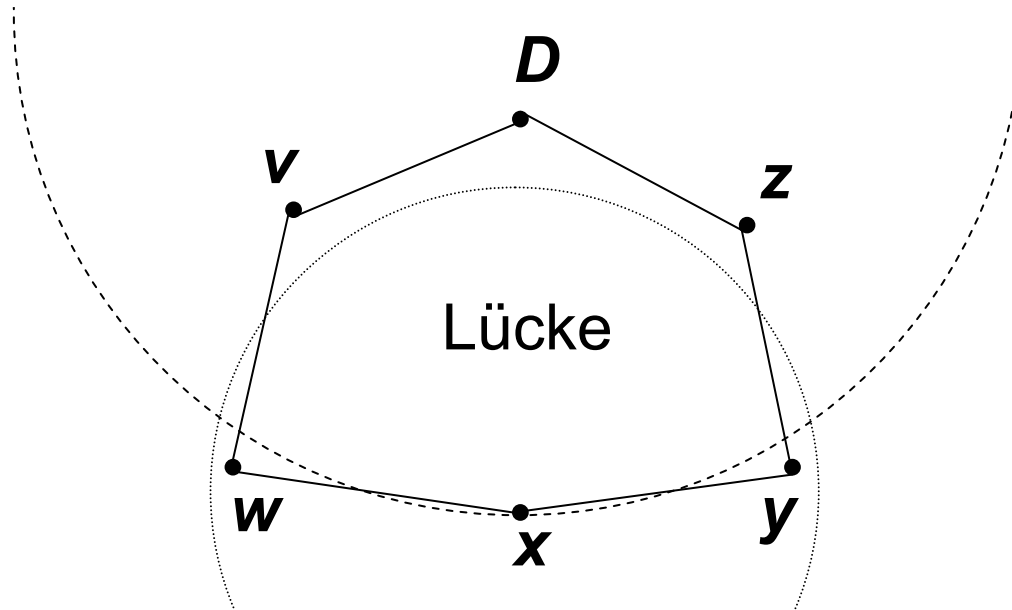
- Hohe Mobilitätsrate führt zu ungenauen Routinginformationen
- regelmäßige Beacons nicht ausreichend
- *Jedem* Datenpaket wird die aktuelle Position beige packt
- *Jeder* Knoten hört den gesamten Datenverkehr ab

# Versagen des Greedy Forwardings



Empfänger  $x$  im Reichweitenmaximum

# Versagen des Greedy Forwardings



Lücke von Knoten  $x$  bezüglich Ziel  $D$



# Perimeter Forwarding

- bei Versagen des Greedy Forwarding (Flag-Markierung)
- Routing um den Umkreis eines Knotens
- Ein Paket wird niemals in derselben Richtung über dieselbe Verbindung gesendet



# Selbstorganisierte Terminodes

- Terminodes = Terminal + Nodes
- wesentliche Eigenschaften
  - autoritätenfrei (evtl. Regulierung)
  - weit und unregelmäßig verteilt
  - kooperativ



# Paketweiterleitung

- Jeder Terminode hat
  - eine permanente eindeutige Endsystemkennnummer (EUI)
  - eine ortsabhängige Adresse (LDA), mit geographischer Länge, Breite und Höhe
- Mehrwegrouting als Kombination aus:
  - Terminode Local Routing (TLR)
  - Terminode Remote Routing (TRR)



# Terminode Local Routing

- Hops Maß für die Entfernung
- Radius eines Knotens gemessen in Hops
- TLR-erreichbarer Bereich: alle im Radius befindlichen Nachbarknoten
- EUI alleiniges Weiterleitungskriterium

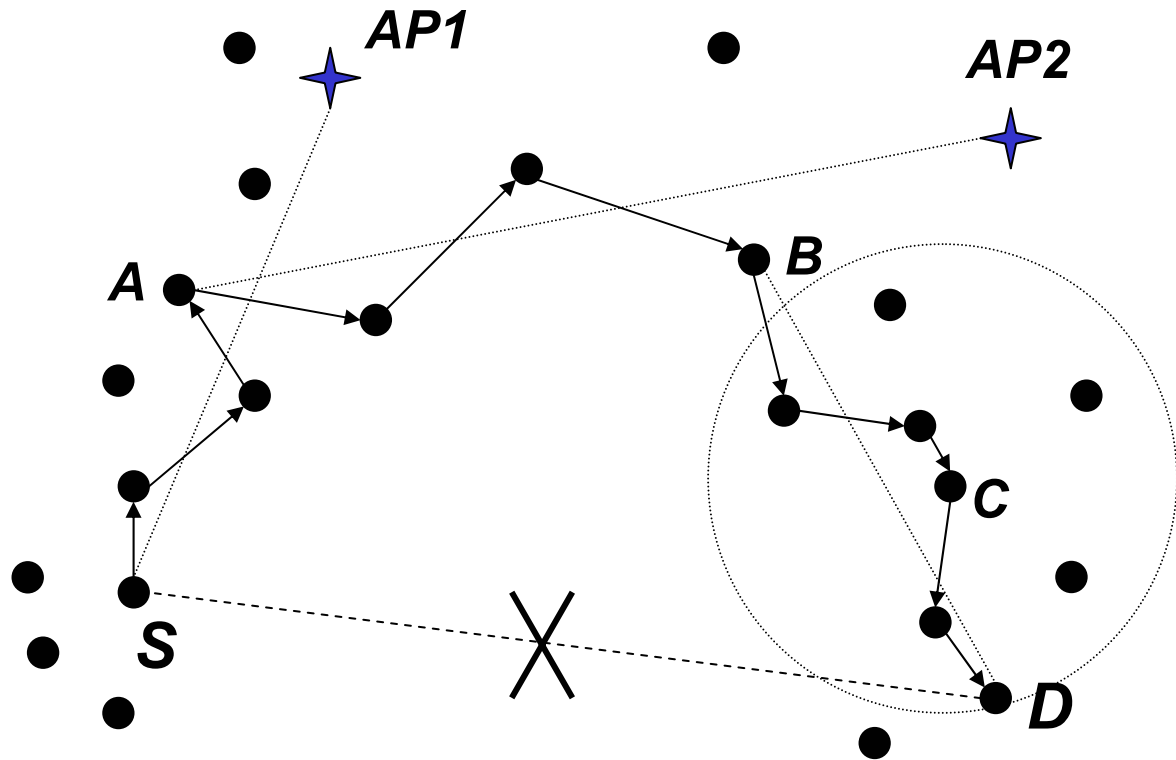


# Terminode Remote Routing

- TRR verbindet TLR-Zonen
- TRR Bit wird gesetzt, wenn ein Empfänger nicht über TLR erreichbar ist
- Anchored Geodesic Packet Forwarding (AGPF)
  - Routingwegwahl berücksichtigt nur die aktuelle Adresse LDA eines Terminodes
  - Pfadermittlung mit Hilfe von Ankern

# Anchored Geodesic Packet Forwarding

- S setzt Ankerpunkte in Pfadvektor
- A entfernt AP1
- B entfernt AP2
- D ist für C TLR-erreichbar





# Friend Assisted Path Discovery

- Terminode unterhält Liste von Freunden
- Wahl der Freunde basierend auf
  - zuverlässigen Verbindungen über einen längeren Zeitraum
  - örtliche Nähe
- Pfaderkundung mit Unterstützung der Freunde und Freundesfreunde



# Pfaderkundung mit FAPD

- (1) Knoten A möchte ein Paket an C senden
- (2) A bittet Freund B um Hilfe
- (3) B fragt wiederum seine Freunde
- (4) B erhält eine positive Antwort
- (5) B gibt den Pfad an A weiter
- (6) A bedankt sich mit „Nuglets“



# Mobilitätsmanagement

- Management der Ortsangaben
  - dynamisch
  - skalierbar
  - sicher
  - fair
  - TLR-genau
- Virtuelle Heimregionen (VHR)



# Virtual Home Regions

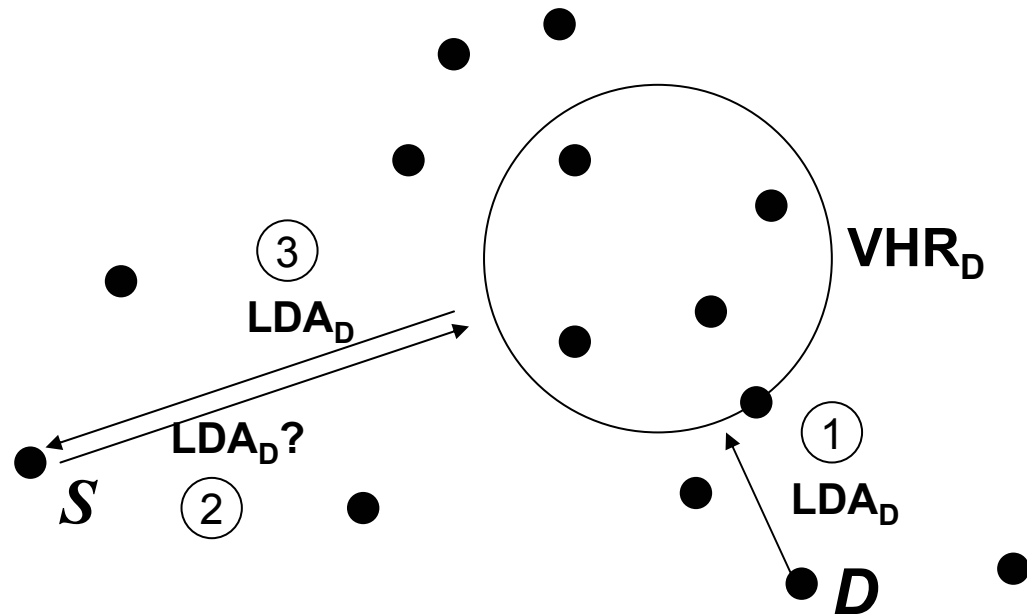
- fester Mittelpunkt  $C_{VHR}$
- variabler Radius
- quasi konstante Knotenanzahl
- Hash-Funktion  $H(VHR)$  berechnet Mittelpunkte der VHR
- Jedem Knoten wird eine VHR zugeordnet



# Lokalisierung mit VHR

- Jeder Knoten übermittelt seine aktuelle geographische Position an seine VHR
- in VHR lokal befindliche Knoten managen die Positionsangaben der VHR-Mitglieder
  - ➔ Lokationsregistrierung

# VHR-Positionsabfrage





# GPS-freie Positionsbestimmung

- GPS-Empfang nicht immer möglich
- Self Positioning Algorithm (SPA)
  - Terminodes erstellen eigene lokale Koordinatensysteme (LCS)
  - Terminode mit dichtester Nachbarschaft bildet Lokationsreferenzgruppe und bestimmt das Netzkoordinatensystem (NCS)
  - Terminodes berechnen ihre Position im NCS
  - Nachteil: hohe Geschwindigkeiten führen zu Verlangsamung der Weiterleitung



# Motivation zur Kooperation

- Jedes Paket wird auf Kosten anderer Knoten weitergeleitet
- Jedes Paket stellt seine Ressourcen anderen Knoten zur Verfügung (z. B. Energie, CPU-Leistung)
  - ➔ Entschädigung nötig (in der virtuellen Währung „Nuglets“)
- verschiedene Bezahlmodelle vorstellbar:
  - Packet Purse Model
  - Packet Trade Model



# Packet Purse Model

- Sender gibt dem Paket eine Geldbörse mit Nuglets mit
- Paket zahlt jedem Knoten für seinen Transport
- Pakete mit zu wenigen Nuglets werden verworfen
- Vorteil: Abschreckung gegenüber Ressourcenverschwendung
- Nachteil: nicht kalkulierbarer Kostenaufwand



# Packet Trade Model

- Gebühr zahlt Empfänger
- Pakete ohne Nuggets unterwegs
- Knoten betreiben Pakethandel
- weitergebende Knoten verkaufen Pakete kostendeckend
- „Marktwert“ eines Paket entspricht den Transportkosten
- Vorteil: praktisch bei Multicast-Kommunikation
- Nachteile:
  - mangelnder Schutz vor Datenüberflutung
  - Knoten bleibt auf seinen Kosten sitzen, wenn der Empfänger nicht für den Marktwert des Pakets aufkommen kann



# Geographical Routing Algorithm (GRA)

- Knoten müssen ihre geographische Position kennen
- Standorte anderer Knoten können mit dem Geographical Location Service (GLS) ermittelt werden
- optimale Sendeleistung der Knoten stufenlos einstellbar, so dass das drahtlose Netz einen ungerichteten verbundenen Graphen



# Pfaderkundung

- Knoten S sendet ein Paket an D an den Knoten, der laut seiner Routingtabelle D am nächsten ist
- Ist ein übermittelnder Knoten A bereits der nächste zu D, D aber nicht in seiner Routingtabelle, bleibt das Paket hängen
  - A startet den Pfaderkundungsalgorithmus
  - Alle auf dem gefundenen Pfad liegenden Knoten tragen einen Pfad von ihnen zu D in ihre Routingtabelle ein
  - A kann das Paket weiterleiten



# Eigenschaften des GRA

- Routingalgorithmus mit Voronoi-Zellen
- keine Trennung zwischen lokalem und entferntem Routing
- Routinggraph ist zyklensfrei
- durchschnittliche Größe der Routingtabelle:

$O(\bar{L} \log n)$        $\bar{L}$  durchschnittliche Anzahl von Hops  
zwischen zufällig ausgewählten Knoten

$n$  Anzahl der Knoten



# Zusammenfassung

- noch viel Detailarbeit nötig
- noch nicht praxistauglich
- Aspekte der Datensicherheit weitgehend unberücksichtigt
- Ausblick auf zukünftige Lösungen



# Literatur

- Srdjan Capkun, Maher Hamdi und Jean-Pierre Hubaux: GPS-free positioning in mobile Ad-Hoc networks. Proceedings of the 34th HICSS, Januar 2001
- Jinyang Li u. a.: A Scalable Location Service for Geographic Ad Hoc Routing, MobiCom 2000
- Silvia Giordano, Jean-Pierre Hubaux und Jean-Yves Le Boudec: Self-Organizing in Mobile Ad-Hoc Networks: the Approach of Terminodes. IEEE Communications Magazine, Juni 2001. Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Schweiz
- Brad Karp und H. T. Kung. GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks. 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2000), 2000
- Raja Sengupta Rahul Jain, Anuj Puri. Geographical Routing Using Partial Information for Wireless Ad Hoc Networks. IEEE Personal Communications, Februar 2001
- Guoxing Zhang. Ad-hoc Routing. ITM-Seminar Ubiquitäre Systeme, Dezember 2001