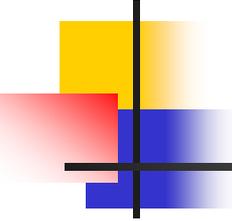


Selbstorganisierte Terminodes

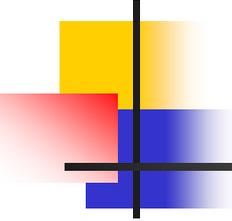
Juan C. Fries <juan.fries@jcf.de>

Lokationsbasiertes Routing in
Ad-hoc-Netzen



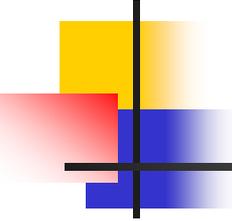
Übersicht

1. Einleitung
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. Paketweiterleitung
4. Mobilitätsmanagement
5. Kooperation
6. Zusammenfassung



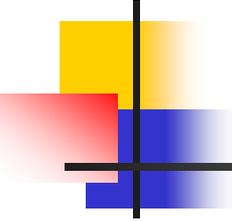
Übersicht

1. **Einleitung**
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. Paketweiterleitung
4. Mobilitätsmanagement
5. Kooperation
6. Zusammenfassung



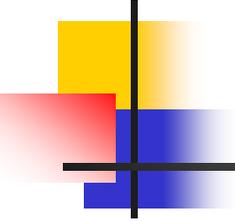
Einleitung

- Ad-hoc-Netze
- Probleme
- „*Terminodes*“
- Anwendungsszenarien



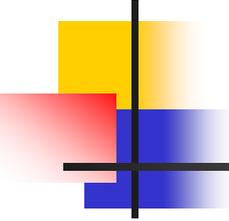
Ad-hoc-Netze

- Keine Basisstationen
- keine zentrale Kontrolle
- multi-hop-Eigenschaft
- Kommunikation über Funk
- mobil



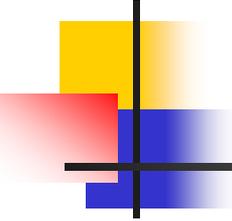
Probleme

- Kommunikation über nur einen Kanal
- Routing mit unvollständiger Information
- wachsende Knotenanzahl und geographische Abdeckung
- ubiquitäre Verfügbarkeit gefordert
- Motivierung zur Routingunterstützung?



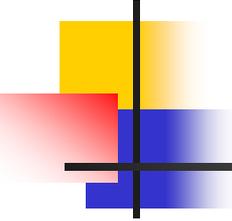
Selbstorganisierte Terminodes

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



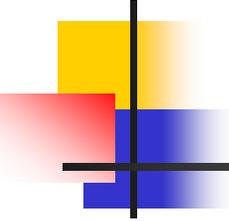
Beispiele

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



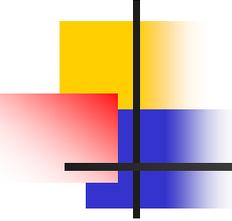
Übersicht

1. Einleitung
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. Paketweiterleitung
4. Mobilitätsmanagement
5. Kooperation
6. Zusammenfassung



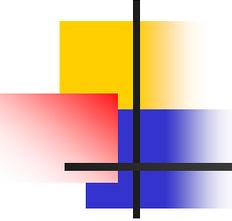
Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings

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



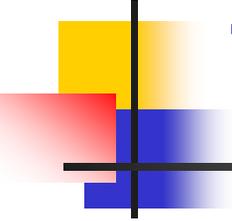
Übersicht

1. Einleitung
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. **Paketweiterleitung**
4. Mobilitätsmanagement
5. Kooperation
6. Zusammenfassung



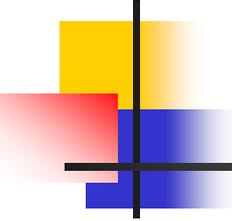
Paketweiterleitung

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



Terminode Local Routing

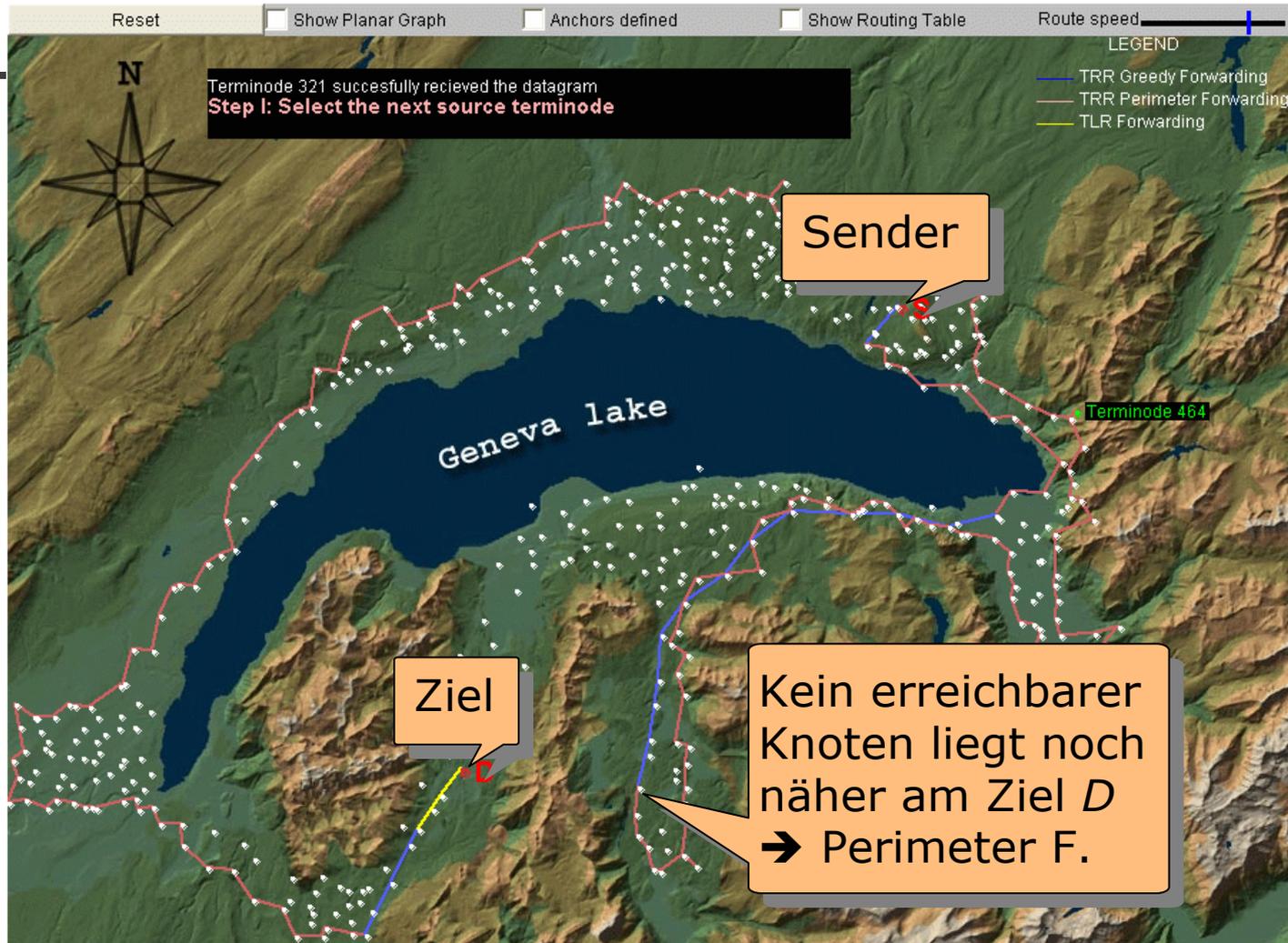
- **Greedy Forwarding**: Paket wird zum Knoten geschickt, der dem Ziel am nächsten ist, sich aber (gerade) noch in Reichweite befindet.
- Routingtabellen
- Maß für die Entfernung: Hops
- Radius eines Knotens gemessen in Hops
- **TLR-erreichbarer Bereich**: alle im Radius befindlichen Nachbarknoten (derzeit 2-Hop-Reichweite)
- EUI alleiniges Weiterleitungskriterium
- Strategie bei gemäßigter Mobilität



Terminode Remote Routing

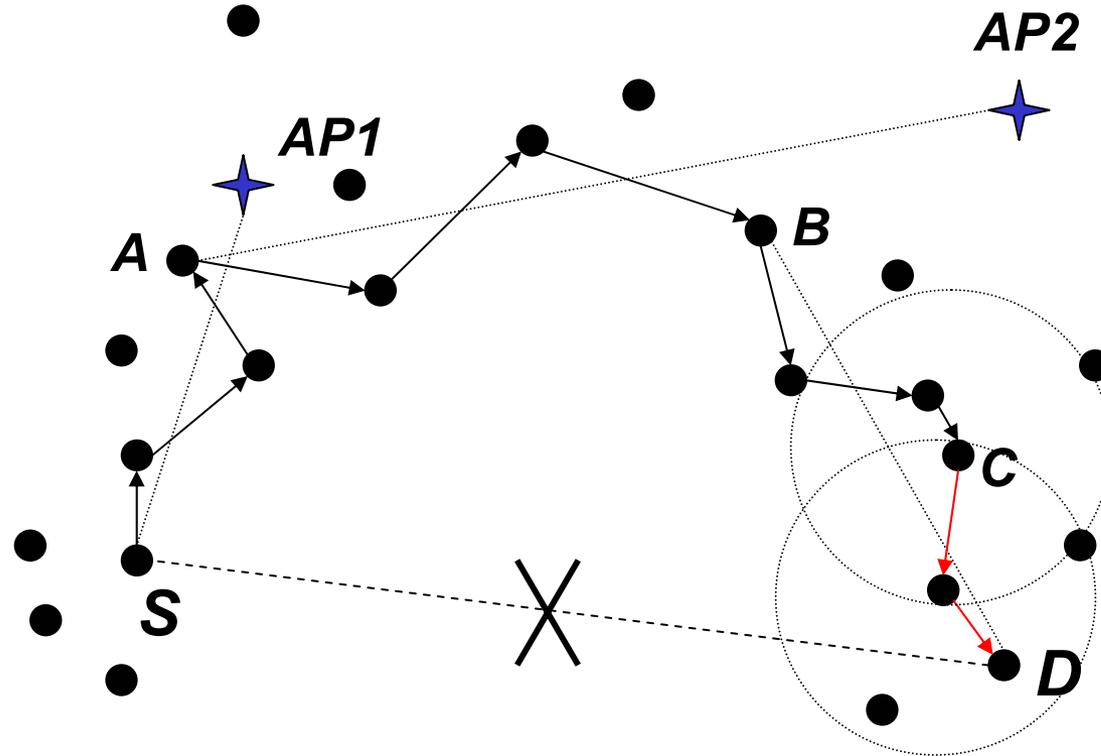
- TRR verbindet weit entfernte TLR-Zonen
- TRR Bit wird gesetzt, wenn ein Empfänger nicht mit TLR erreichbar ist
- nach TLR kein erneutes TRR → Zyklenfreiheit
- Zwei Routingverfahren
 - Geodesic Packet Forwarding (GPF)
 - **Perimeter Forwarding**
 - Routing um den Umkreis eines Knotens
 - Ein Paket wird niemals in derselben Richtung über dieselbe Verbindung gesendet
 - Anchored Geodesic Packet Forwarding (AGPF)
 - positionsbasiert: Wegwahl berücksichtigt nur aktuelle Position (LDA) eines Terminodes
 - bedarfsgesteuert: Pfadermittlung mit Hilfe von Ankern

Geodesic Packet Forwarding (GPF)



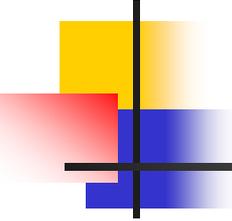
Anchored Geodesic Packet Forwarding (AGPF)

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



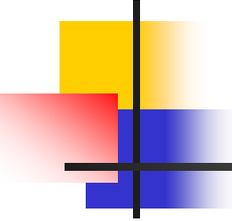
Anchored Geodesic Packet Forwarding





Friend Assisted Path Discovery (FAPD)

- Pfaderkundung mit Unterstützung der Freunde und Freundesfreunde
- Friends Management (FM)
 - Terminode unterhält Liste von Freunden
 - Wahl der Freunde basierend auf
 - Zuverlässigkeit der Verbindungen über einen längeren Zeitraum
 - örtliche Nähe
 - „Freunde meiner Freunde sind auch meine Freunde.“ (Schutz vor Betrügern)

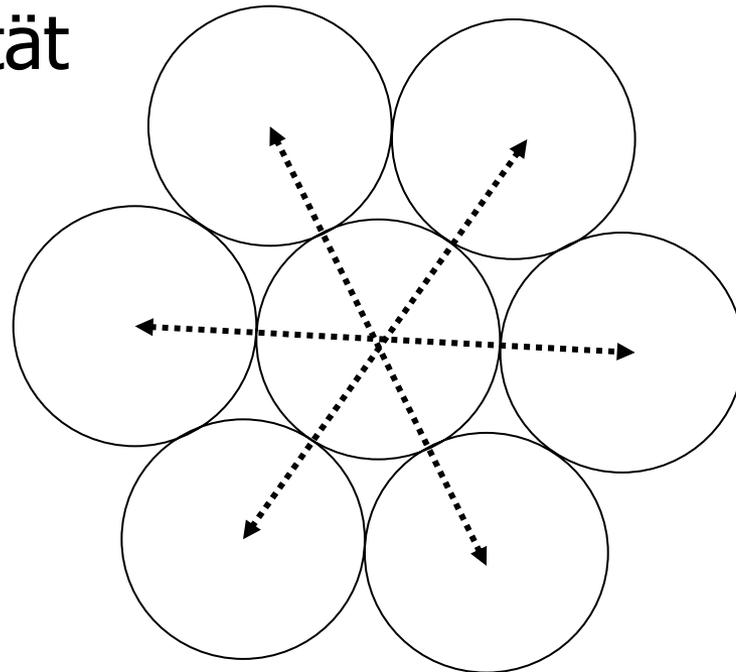


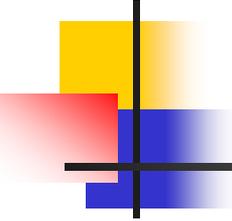
Pfaderkundung mit FAPD

- (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“

Restricted Local Flooding

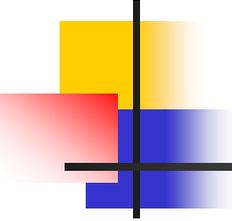
- Gezielte Flutung im lokalen Bereich
- zwischen Wechsel von TRR zu TLR
- bei hoher Mobilität





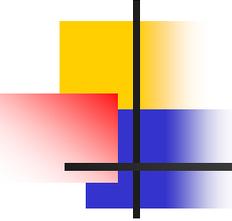
Übersicht

1. Einleitung
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. Paketweiterleitung
4. **Mobilitätsmanagement**
5. Kooperation
6. Zusammenfassung



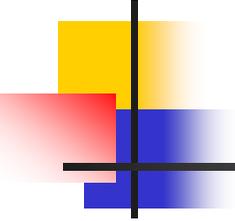
Mobilitätsmanagement

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



Virtual Home Regions

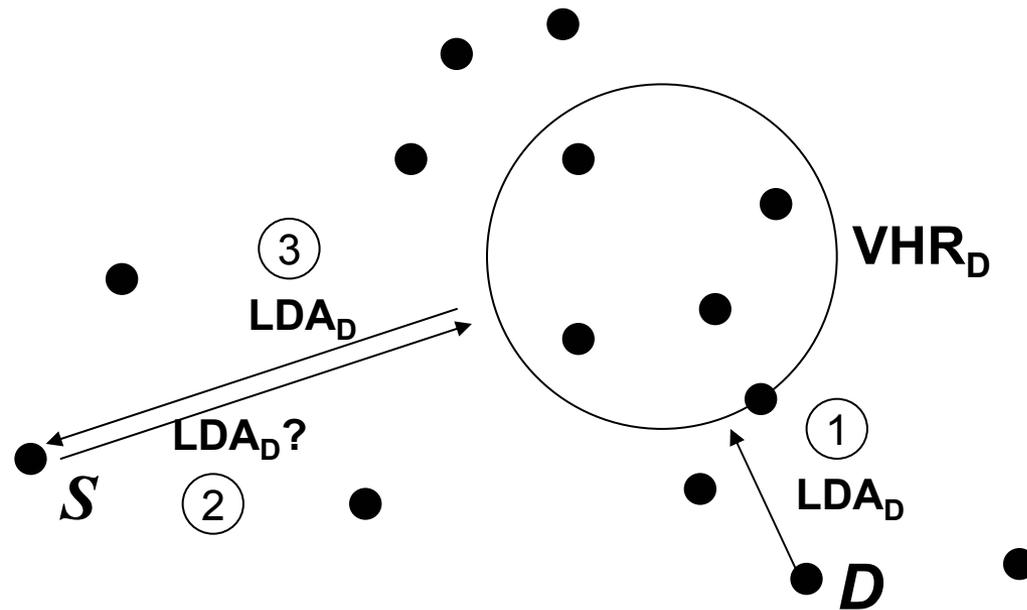
- fester Mittelpunkt C_{VHR}
- variabler Radius
- quasi konstante Knotenanzahl
- Hash-Funktion $H(VHR)$ berechnet Mittelpunkte der VHR
- Jedem Knoten wird eine VHR zugeordnet

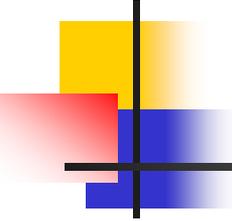


Lokalisierung mit VHR

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

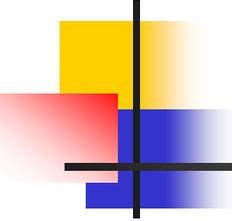
VHR-Positionsabfrage





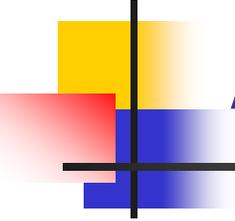
GPS-freie Positionsbestimmung

- 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: schnelle Ortsänderungen führen zu schlechterer Routingperformance



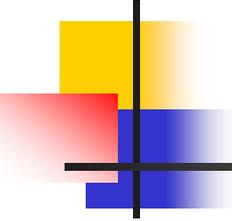
Übersicht

1. Einleitung
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. Paketweiterleitung
4. Mobilitätsmanagement
5. Kooperation
6. Zusammenfassung



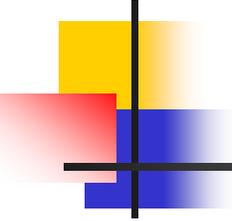
Ansporn zur Kooperation

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



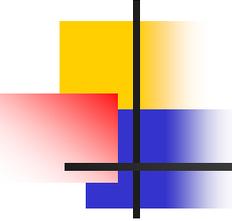
Packet Purse Model

- Sender gibt dem Paket eine Geldbörse mit Nuglets mit
- Paket bezahlt jeden 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 Nuglets unterwegs
- Knoten betreiben Pakethandel
- weitergebende Knoten verkaufen Pakete kostendeckend
- „Marktwert“ eines Paket entspricht den Transportkosten
- Vorteil: einfache Multicast-Kommunkation
- Nachteile:
 - mangelnder Schutz vor Datenüberflutung
 - Knoten bleibt auf seinen Kosten sitzen, wenn der Empfänger nicht für den Marktwert des Pakets aufkommen kann



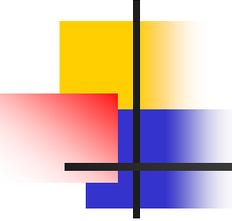
Sicherheit

■ Gefahren

- korrumpierte Hardware (Eigentum der individuellen Benutzer)
- Fälschung von Nuglets
- Manipulation der „Geldbörse“
- unfaire (oder fiktive) Verkäufe

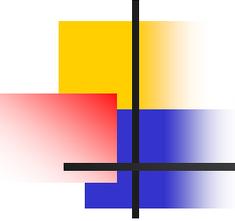
■ Schutzmaßnahmen

- abgesicherte Hardware-Komponenten
- Verschlüsselung



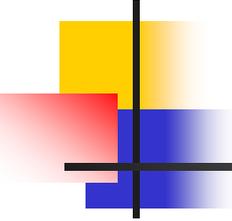
Übersicht

1. Einleitung
2. Frühere Versuche des lokationsbasierten Routings
3. Paketweiterleitung
4. Mobilitätsmanagement
5. Kooperation
6. Zusammenfassung



Zusammenfassung

- Kombination aus zwei Routingprotokollen
- Verwendung geographischer Information
- robust gegenüber örtlicher Ungenauigkeit
- skalierbar
- symmetrische Verbindungen im TLR
- Aspekte der Sicherheit noch nicht umfassend gelöst
- *Nuglets* neue virtuelle Währung



Literatur

- Ljubica Blazevic, Jean-Yves Le Boudec und Silvia Giordano: A Scalable Routing Method for Irregular Mobile Ad Hoc Networks, <http://www.terminodes.org> [Stand 10/2002]
- Ljubica Blazevic, Silvia Giordano und Jean-Yves Le Boudec: Self Organized Routing in Wide Area Mobile Ad-hoc Network, IEEE Symposium on Ad-hoc Wireless Networks (Globecom 2001), San Antonio, Texas, November 2001
- 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
- Guoxing Zhang: Ad-hoc Routing. ITM-Seminar Ubiquitäre Systeme, Dezember 2001
- Qi Chen: Informationssysteme in ad-hoc Netzwerken, IPD-Seminar Informationszugriff in mobilen Umgebungen, Frühjahr 2002