

# **Seminar Mobile Computing**

# **Routing in Ad Hoc Netzen**

Bär Urs

[ubaer@student.ethz.ch](mailto:ubaer@student.ethz.ch)

# Inhalt

---

- Was ist ein Ad Hoc Netz?
- Probleme beim Routing
- Ausgesuchte Routingverfahren
  - Destination Sequenced Distance Vector Routing
  - Dynamic Source Routing
  - Terminode Routing
  - Routing mit Nuglets

# Was ist ein Ad Hoc Netz?

---

- Menge mobiler Knoten
- Knoten: Host + Router
- Drahtlose Kommunikation
- Dynamische Topologie
- Keine Infrastruktur

# Wozu Ad Hoc Netze?

---

- Keine Infrastruktur vorhanden
  - Abgelegenes Gebiet
  - Notfälle/ Katastrophen
  - Spontane Meetings
  - Ubiquitous Computing
- „unbrauchbare“ Infrastruktur
  - Zeit für Zugriff und Registrierung
  - Benutzungskosten
- Grössere Abdeckung mit bestehender Infrastruktur

# Probleme beim Routing

---

- Pfade können nicht funktionieren
- Viele Verbindungen sind redundant
- Periodische Updates verbrauchen Bandbreite
- Periodische Updates verbrauchen Batterien
- Änderungen in der Topologie können zu dynamisch sein

# Overview Routingverfahren

---

- Tabellenorientierte Routingverfahren
  - Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV)
- On-Demand Routingverfahren
  - Dynamic Source Routing (DSR)
  - Terminode Routing
- Routingverfahren auf höherer Ebene
  - Routing mit Nuglets

# Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV)

---

Basiert auf dem Distance Vector Routing im Internet

- Pakete werden aufgrund einer Tabelle gesendet
- Eintrag in Tabelle hat Sequenznummer
  - gerade: normaler Update
  - ungerade: Update der unterbrochenen Link anzeigt
- Periodische Updates „full dump“ = ganze Tabelle
- Updates nach Änderungen  
„incremental“ = nur Änderung

# DSDV - Beispiel

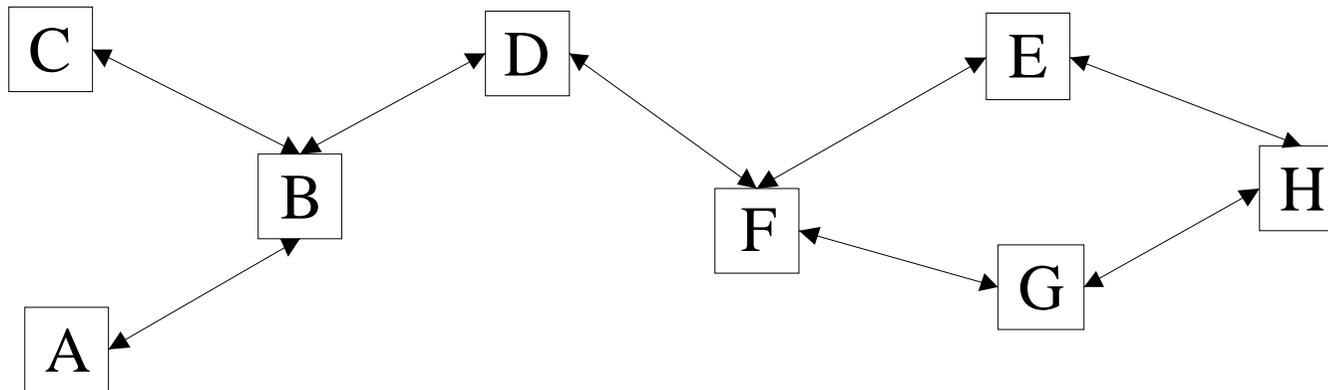


Tabelle für Knoten D

Destaination	NextHop	Metric	Sequenznr	Flags
A	B	2	406_A	
B	B	1	128_B	
C	B	2	564_C	
D	D	0	710_D	
E	F	2	392_E	
F	F	1	076_F	
G	F	2	128_G	
H	F	3	050_H	

# DSDV - Beispiel II

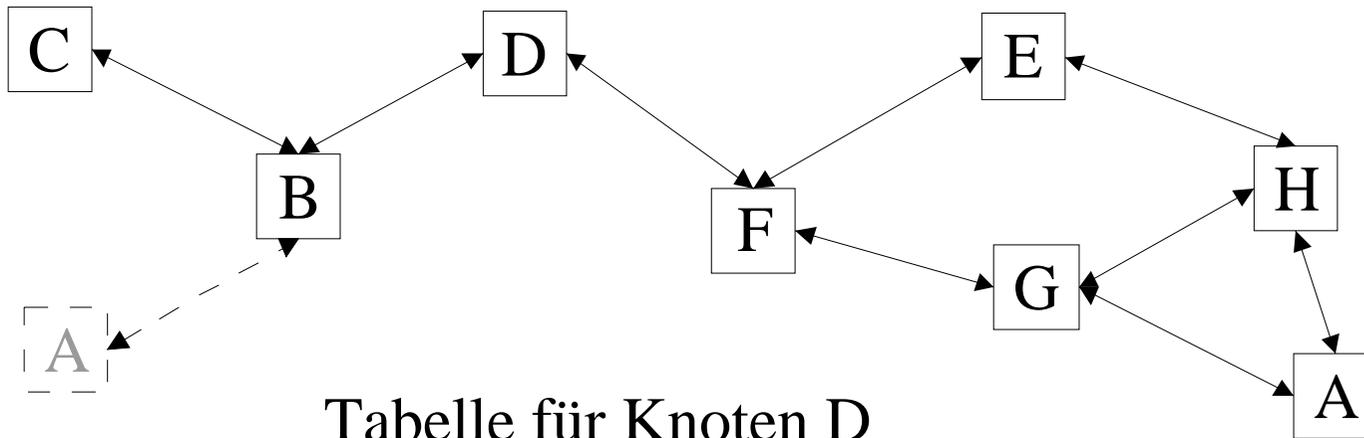


Tabelle für Knoten D

Destination	NextHop	Metric	SequenzNr	Flags
A	F	3	516_A	M
B	B	1	238_B	
C	B	2	674_C	
D	D	0	820_D	
E	F	2	502_E	
F	F	1	186_F	
G	F	2	238_G	
H	F	3	160_H	

# Dynamic Source Routing - DSR

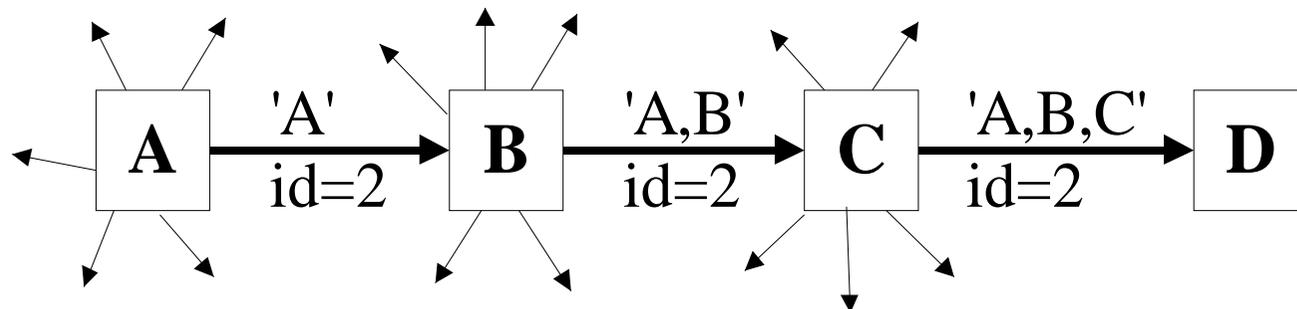
---

- Unterteilung des Routingproblems in zwei Teile
  - *Route Discovery*: Ein Pfad wird erst gesucht, wenn noch keiner vorhanden ist und einer gebraucht wird
  - *Route Maintenance*: Nur während des Gebrauchs wird versucht den Pfad aufrecht zu erhalten
- Eigenschaften des Protokolls:
  - Alle Operationen des Protokolls sind on-Demand
  - Keine Periodischen Routingpackete
  - Änderungen der Topologie beeinflussen nur betroffene Knoten

# DSR - Route Discovery

---

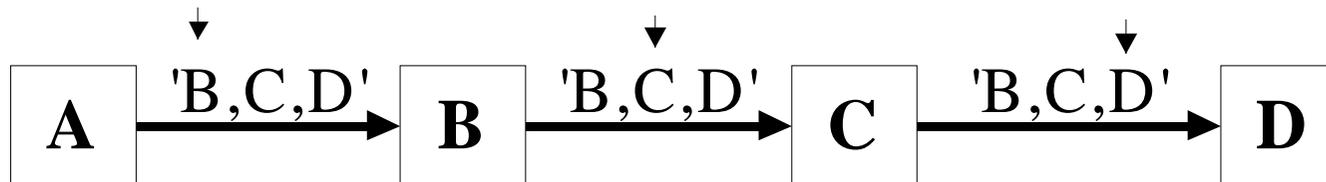
- Broadcast eines *Route Requests* mit einem eindeutigen Identifier
- Beim Erhalten eines Route Requests:
  - Wenn Nachricht an dich, Zurücksenden des Pfades an Initiator mittels *Route Reply*
  - Wenn Request mit dieser id schon gesehen: -
  - Sonst: Anfügen der eigenen Adresse an den Pfad im Route Request und erneuter Broadcast



# DSR - Route Maintenance

---

- Nachdem ein Packet gesendet wurde:
  - Auf per-Hop Acknolegment warten
  - Hören, ob Gegenstation das Packet weiterleitet
  - Im Packet ein Bit setzen, welches ein explizites next-Hop Acknolegment verlangt.



# DSR - Route Maintenance II

---

- Falls ein Problem beim Senden der Nachricht festgestellt wird:
  - Senden eines *Route Error* Packetes an den ursprünglichen Sender
  - Sender entfernt unterbrochenen Link aus seinem Cache
  - Kann andere Pfade in seinem Cache verwenden oder einen neuen Route Request durchführen

# Terminode Routing

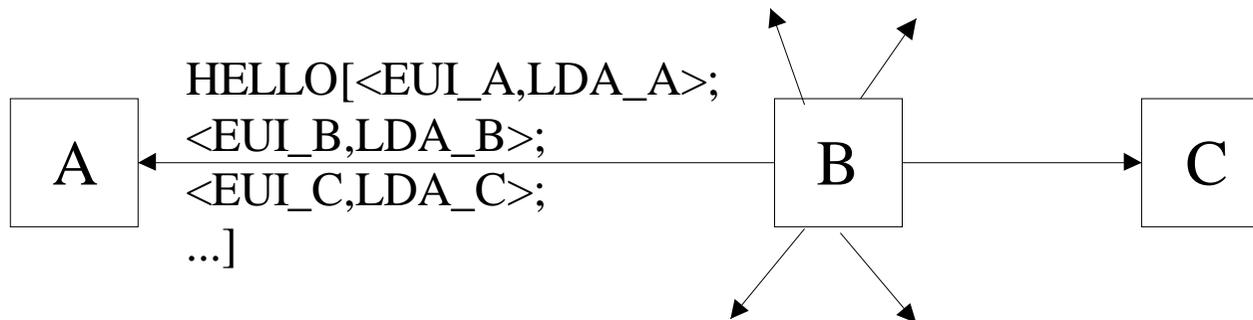
---

- Entwickelt an der EPFL
- Terminode (Terminal + Node):
  - Permanenter End-System Unique Identifier (EUI)
  - Temporäre Location-Dependent Address (LDA)
- Routingverfahren besteht aus zwei Protokollen:
  - Terminode Local Routing (TLR)
  - Terminode Remote Routing (TRR)

# Terminode Local Routing - TLR

---

- Verwendet um Knoten innerhalb eines lokalen Radius zu erreichen (Nachbarschaft)
- Lokaler Radius: einige Hops (momentan 2)
- Braucht nur EUI
- Erkennen der Nachbarn mittels HELLO Nachricht



# Terminode Remote Routing - TRR

---

- Verwendet wenn TLR nicht möglich (  $>2$  Hops)
- TRR verwendet drei Verfahren:
  - Geodesic Packet Forwarding
  - Anchored Geodesic Packet Forwarding (AGPF)
  - Friend Assisted Path Discovery (FAPD)

# TRR - Geodesic Packet Forwarding

---

- Braucht LDA des Zielknotens
- S will eine Nachricht an D schicken
  - S sendet Nachricht an X, wobei X am nächsten bei D
  - X schaut nach ob D mittels TLR erreichbar
  - wenn nicht: X sendet Nachricht wie oben weiter
- Problem: Knotenfreie Zonen  
(Es gibt keinen Knoten der näher bei D ist => Nachricht bleibt hängen)

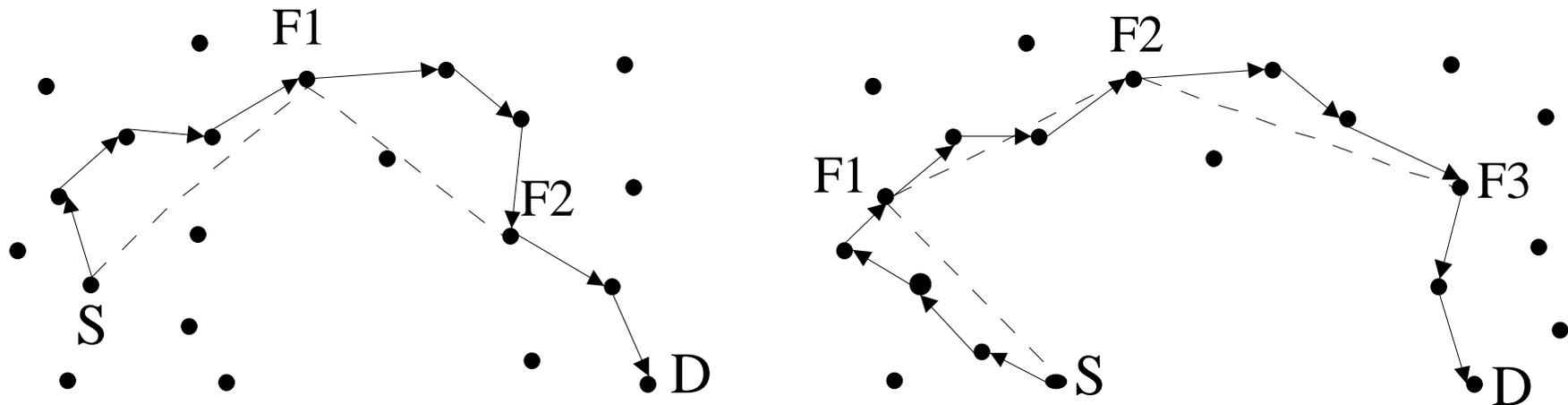


# TRR - FAPD

---

- FAPD wird verwendet um Anker zu finden
- B ist Freund von A wenn
  - A einen guten Pfad zu B hat
  - B ist in der Liste der Freunde von A
- Jeder Terminode hat
  - eine Menge TLR erreichbare Freunde
  - einige entferntere Freunde, zu denen er einen Pfad unterhält

# TRR - FAPD II



- Nachricht wird an Freund geschickt, der am nächsten am Ziel ist
- Wenn kein Freund näher am Ziel: „taboo mode“
  - Packet kann an einen Freund geschickt werden, der weiter vom Ziel weg ist als der sendende Knoten
- Freunde können als Anker gebraucht werden

# Aus der Forschung

---

- Annahme der bisherigen Routingverfahren:  
Knoten kooperieren
- Bei alltäglichem Einsatz der Knoten ist  
Kooperation nicht immer erwünscht
  - Verbraucht Batterie
  - Verbraucht Bandbreite
  - Bringt keinen direkten Nutzen

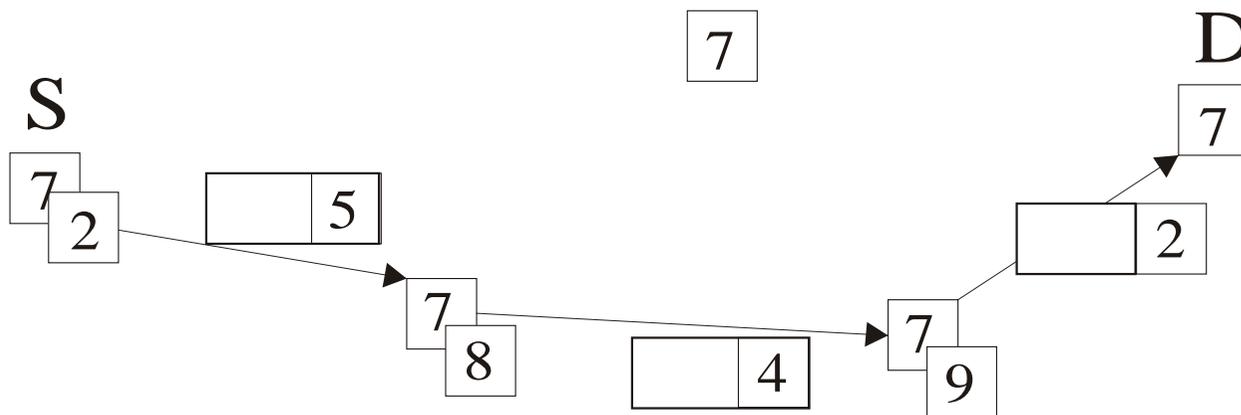
# Routing mit Nuglets

---

- Idee: Entweder Sender oder Empfänger zahlt für das Routing
- Virtuelle Währung: Nugget
- Zwei Modelle:
  - Packet Purse Model (Sender bezahlt)
  - Packet Trade Model (Empfänger bezahlt)

# Packet Purse Model (PPM)

- Sender zahlt für Packetweiterleitung
  - Sender läd Packet mit genügend Nuglets
- Jeder Knoten der Packet weiterleitet entnimmt Nuglets entsprechend seinen Kosten



# Packet Purse Model II

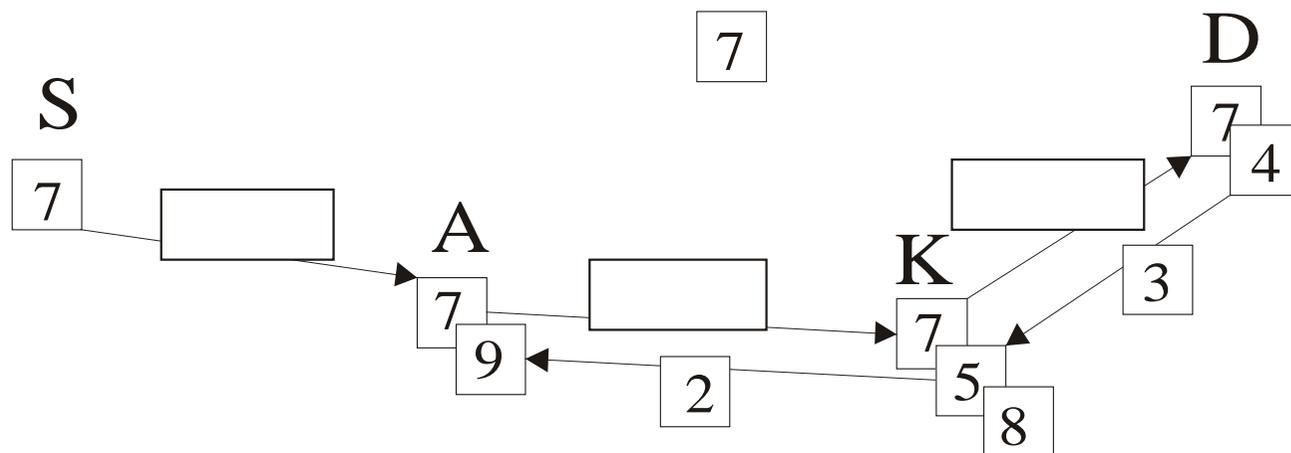
---

- Noch zu lösende Probleme:
  - Fälschung der Nuglets
  - Raub der Nuglets
  - Garantiertes Weiterleiten der Packete

# Packet Trade Model (PTM)

---

- Ziel zahlt das Weiterleiten der Nachricht
- Knoten K kauft Nachricht von seinem Nachbar A
- K verkauft Nachricht an seinen Nachbar D



# Packet Trade Model II

---

- Vorteile:
  - Sender braucht die Kosten nicht zu kennen
  - Zwischenknoten sind daran interessiert die Packete weiter zu leiten
  - Bezahlung bei Multicast ist einfacher als bei PPM

# Zusammenfassung

---

- Ad Hoc Netze werden in der ubiquitären Umgebung wichtig
- Routingprotokoll unterliegt in Ad Hoc Netzen grösseren Anforderungen als im Internet
  - Mobilität der Knoten
  - Stromverbrauch, Zahl der gesendeten Nachrichten ...