



# Ad-hoc Routing

Guoxing Zhang

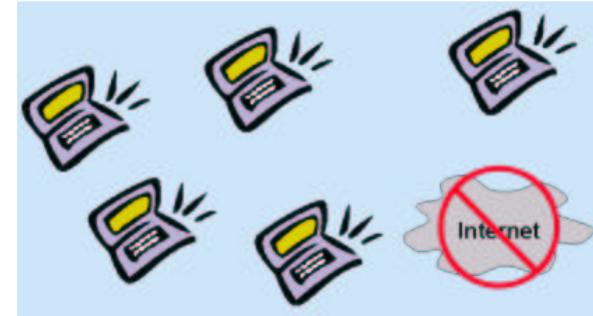


# Inhaltsverzeichnis

- Einführung
  - Ad-hoc-Netz
  - Kategorien der Routingprotokolle
- DSDV(Destination-Sequenced Distance Vector)
- AODV(Ad-Hoc On-Demand Distance Vector)
- Zusammenfassung

# Einführung

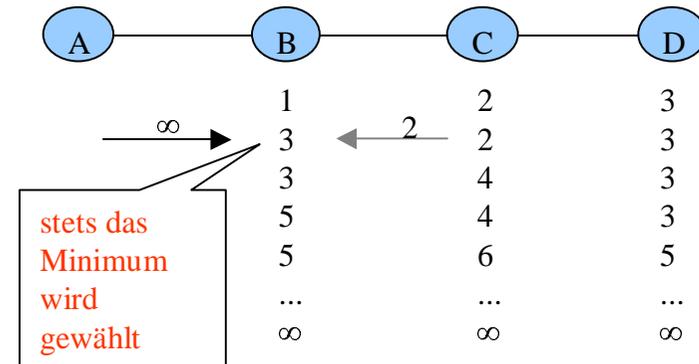
- Ad-hoc-Netze
  - unabhängig von einer Infrastruktur
  - Jeder Knoten dient als Router
- Kategorien der Routingprotokolle
  - Table-driven (Vertreter: DSDV)
    - ✓ ständiger Austausch von Routinginformationen
    - ✓ Routen zu allen Knoten bekannt
  - On-demand (Vertreter: AODV)
    - ✓ Wegentdeckung auf Verbindungswunsch vom Quellknoten
    - ✓ Routen nur zu manchen Knoten bekannt





## DSDV «Distance-Vector Algorithmus»

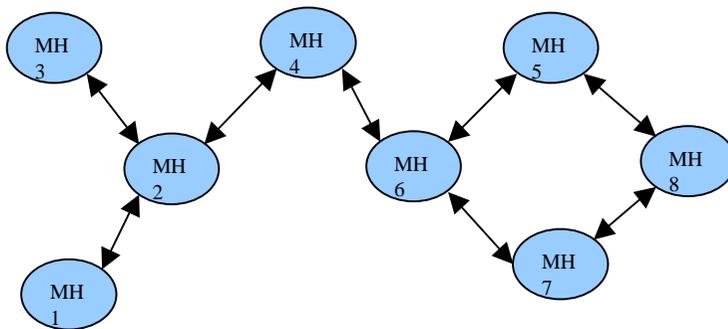
- Distance-Vector Algorithmus
  - Distance-Vector: ein Vektor von Entfernungen zu anderen Knoten
  - Nächster Knoten: führt auf den kürzesten Weg zum Ziel
  - RIP im Festnetz
  - Count-to-Infinity Problem
- Strategie von DSDV
  - Jeder Wegeeintrag mit einer Sequenznummer, damit Vermeidung von Schleifen und Count-to-Infinity Problem
  - Zwei Routingtabellen, eine interne zur Paketweiterleitung, eine zur Verbreitung von Routinginformation





## DSDV «Datenpaketweiterleitung»

- Inhalte der Routingtabelle zur Datenpaketweiterleitung



Routingtabelle zur Datenpaketweiterleitung in MH4

Ziel	Nächster Knoten	Metrik	Sequenznummer	Alter	Stabile Daten
MH1	MH2	2	S406_MH1	T001_MH4	Ptr1_MH1
MH2	MH2	1	S128_MH2	T001_MH4	Ptr1_MH2
MH3	MH2	2	S564_MH3	T001_MH4	Ptr1_MH3
MH4	MH4	0	S710_MH4	T001_MH4	Ptr1_MH4
MH5	MH6	2	S392_MH5	T002_MH4	Ptr1_MH5
MH6	MH6	1	S076_MH6	T001_MH4	Ptr1_MH6
MH7	MH6	2	S128_MH7	T002_MH4	Ptr1_MH7
MH8	MH6	3	S050_MH8	T002_MH4	Ptr1_MH8

- Zuteilung der Sequenznummer
  - Gerade Zahlen von Zielknoten
  - Ungerade Zahlen von Zwischenknoten bei Verbindungsabbruch



## DSDV «Verbreitung von Routinginformationen»

- Inhalte der Routingtabelle zur Verbreitung von Routinginformationen
- Periodische oder sofortige Verbreitung durch Rundruf
- Zwei Rundrufarten
  - Vollständig : alle Weginformationen
  - Inkrementell : nur Änderungen
- Aktualisierungskriterien des Wegeintrags
  - Wege mit neuer Sequenznummer sind bevorzugt
  - Bei gleichen Sequenznummern wird der Weg mit besserer Metrik ausgewählt
- Weiterleitung der Weginformation, nachdem die Metrik des ausgewählten neuen Wegs um eins erhöht wird

Routingtabelle zur Verbreitung der Routinginformation in MH4

Ziel	Metrik	Sequenznummer
MH1	2	S406_MH1
MH2	1	S128_MH2
MH3	2	S564_MH3
MH4	0	S710_MH4
MH5	2	S392_MH5
MH6	1	S076_MH6
MH7	2	S128_MH7
MH8	3	S050_MH8

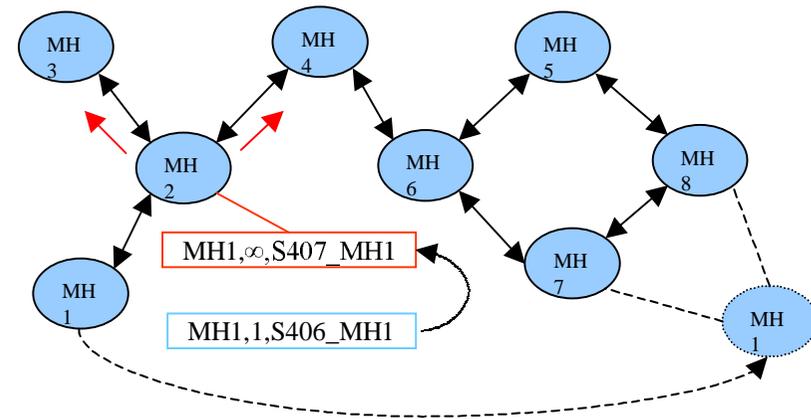
Neue Sequenz#  
bei der Verbreitung





## DSDV «Bewegungen in einem Ad-hoc Netz»

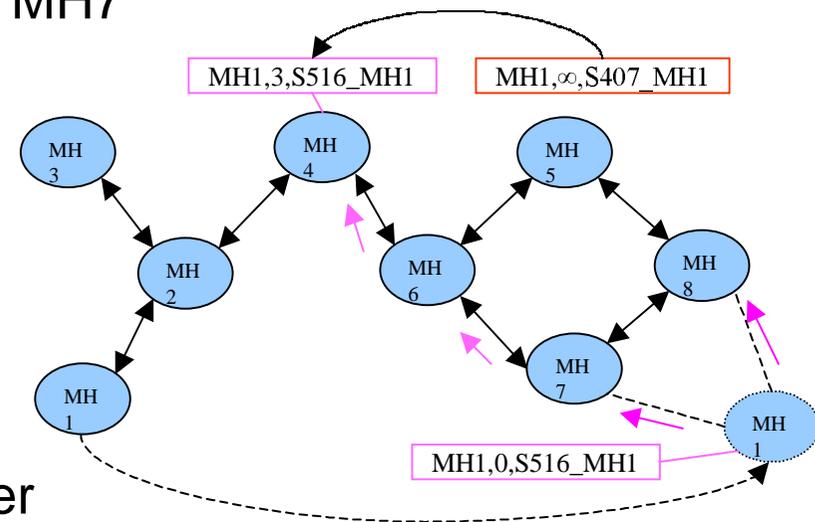
- Bewegung von MH1 weg von MH2 nach MH7
- Verbindungsabbruch
  - Detektierung
    - ✓ Schicht-2 Protokoll
    - ✓ Keine einkommende Rundrufe
  - Beschreibung durch eine Metrik von  $\infty$ , Erhöhung der Sequenznummer um eins (gerade Zahl => ungerade Zahl)
  - Sofortige Verbreitung dieser wichtigen Information von MH2





## DSDV «Wiederaufbau einer Verbindung»

- Nach dem Umzug von MH1 nach MH7
  - inkrementelle Verbreitung der Routinginformationen von MH1
  - Aktualisierung der Routing-Information in MH4
  - Inkrementelle Verbreitung der neuen Weginformation von MH4. zuerst der Weg zu selbst, dann der Weg mit Metrikänderung



aktualisierte Routingtabelle zur Datenpaketweiterleitung in MH4

Ziel	Nächster Knoten	Metrik	Sequenznummer	Alter	Stabile Daten
MH1	MH6	3	S516_MH1	T810_MH4	Ptr1_MH1
MH2	MH2	1	S238_MH2	T001_MH4	Ptr1_MH2
MH3	MH2	2	S674_MH3	T001_MH4	Ptr1_MH3
MH4	MH4	0	S820_MH4	T001_MH4	Ptr1_MH4
MH5	MH6	2	S502_MH5	T002_MH4	Ptr1_MH5
MH6	MH6	1	S186_MH6	T001_MH4	Ptr1_MH6
MH7	MH6	2	S238_MH7	T002_MH4	Ptr1_MH7
MH8	MH6	3	S160_MH8	T002_MH4	Ptr1_MH8

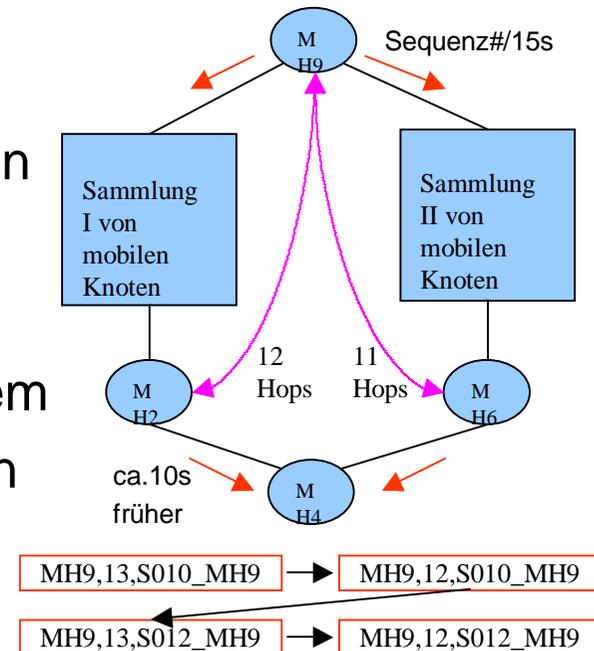
aktualisierte Routingtabelle zur Verbreitung der Routinginformation in MH4

Ziel	Metrik	Sequenznummer
MH4	0	S820_MH4
MH1	3	S516_MH1
MH2	1	S238_MH2
MH3	2	S674_MH3
MH5	2	S502_MH5
MH6	1	S186_MH6
MH7	2	S238_MH7
MH8	3	S160_MH8



## DSDV «Schwankungen und ihre Behandlung»

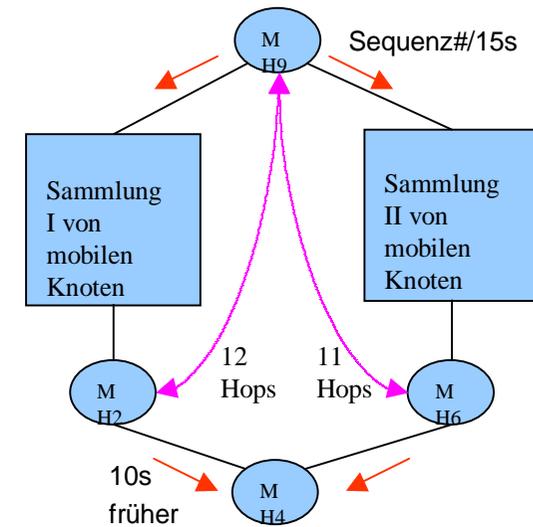
- Ursache der Schwankungen
  - zwei Kriterien bei der Auswahl von neuen Wegen: Sequenznummer, Metrik
- Szenario
  - zwei Sammlungen von Knoten mit einem gemeinsamen Knoten MH9, viele Knoten in der Sammlung II verbreiten ihre neue Weginformationen
  - häufige Wechsel des nächsten Knotens zum MH9 in MH4 bei der Verbreitung einer neuen Sequenznummer von MH9





## DSDV «Schwankungen und ihre Behandlung»

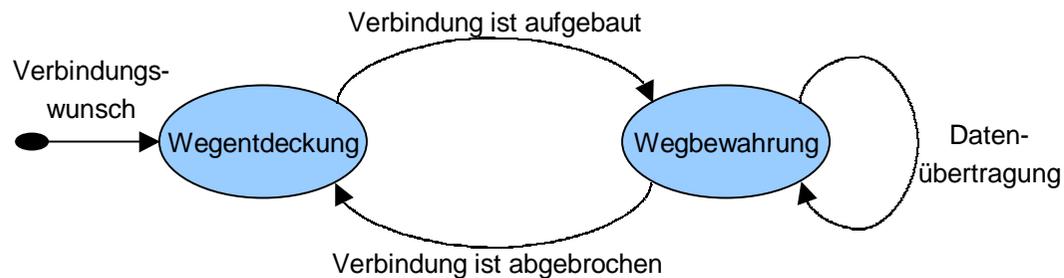
- Dämpfung der Schwankung
  - Settling-Time: MH4 verfolgt das Intervall zwischen der Ankunftszeiten von zwei Routinginformationen mit gleichen Sequenznummern aus MH2 und MH6
  - Die Weginformation aus MH2 wird sofort in der Routingtabelle zur Paketweiterleitung eingetragen, aber nicht in der Routingtabelle zur Verbreitung der Routinginformation eingetragen, sondern verzögert um  $2 \cdot$  (durchschnittliche Settling-Time)
  - Damit keinen Einfluss auf das gesamte Netz





## AODV «Charakter des Algorithmus»

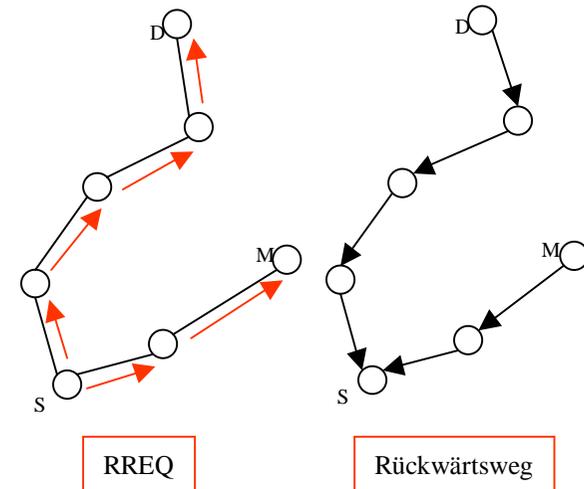
- Zwei Prozeduren
  - Wegentdeckung und Wegbewahrung



- Sequenznummer
  - Um Schleifen zu vermeiden wie bei DSDV
- Unterscheidung zwischen lokaler und globaler Verbindlichkeit

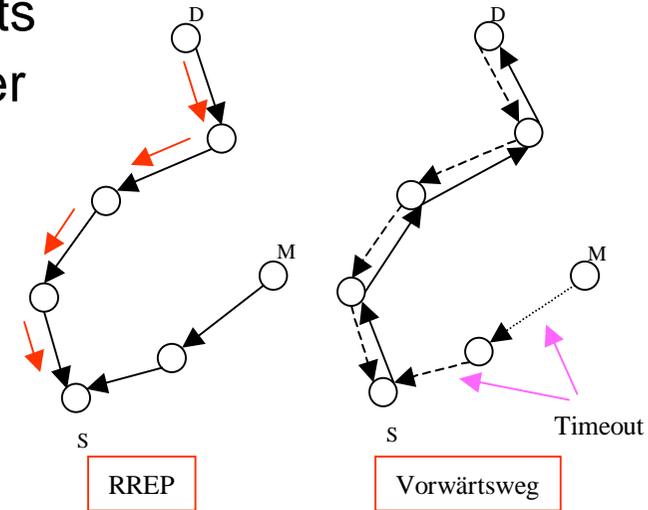
## AODV «Wegentdeckung»

- Initiierung von Quellknoten bei Bedarf
- Broadcast eines RREQ (Route Request)-Pakets
  - Inhalt:  $\langle \underline{\text{Quelleadresse}}, \text{Quellesequenz\#}, \underline{\text{Rundruf\_id}}, \text{Zieladresse}, \text{Zielsequenz\#}, \text{Hop\_cnt} \rangle$
  - Quelleadresse und Rundruf\_id identifizieren ein RREQ-Paket
  - Bei der Weiterleitung von RREQ wird Hop\_cnt von jedem Zwischenknoten um eins erhöht
  - Aufbau des Rückwärtswegs während der Verbreitung von RREQ



## AODV «Wegentdeckung»

- Unicast eines RREP(Route Reply) -Pakets
  - Antwort auf RREQ aus symmetrischer Verbindung
  - von dem Zielknoten oder einem Zwischenknoten mit einem aktuellen Weg zum Ziel (Zielsequenz#  $\geq$  Zielsequenz# in RREQ)
  - Inhalt:  $\langle$ Quelleadresse, Zieladresse, Ziel\_Sequenz\_#, Hop\_cnt, Lebenszeit  $\rangle$
  - Weiterleitung des erstmals erhaltenen RREP-Pakets oder des weiteren erhaltenen RREP-Pakets mit kleinerer Hop\_cnt
- Aufbau des Vorwärtswegs während der Verbreitung von RREP
- Löschen der Rückwärtswege, die nach Ablauf von ACTIVE\_ROUTE\_TIMEOUT keinen RREP erhalten haben





## AODV «Verwaltung der Routingtabelle»

- Routingtabelle
  - Inhalt: Zielknoten, Nächster Knoten, Metrik, Zielsequenznummer, Aktive Nachbarn, Ablaufzeit für diesen Wegeintrag
  - Aktualisierung beim Empfang eines neuen RREP-Pakets(für Vorwärtsweg) oder RREQ-Pakets(für Rückwärtsweg) mit größerer Zielsequenznummer oder kleinerer Hop-cnt
- Einige Begriffe
  - aktiver Nachbar: ein Nachbarn, der innerhalb der Active-Timeout mindestens ein Paket für den Zielknoten erzeugt oder weitergeleitet hat.
  - aktiver Eintrag : ein Wegeintrag, der von einem aktiven Nachbarn benutzt wird.
  - aktiver Weg : ein Weg, der den aktiven Wegeinträgen folgt.



## AODV «Wegbewahrung»

- Einfluss der Bewegungen von Knoten
  - nicht aktiver Nachbarn : keinen Einfluss
  - Quellknoten : neuer Entdeckungsvorgang
  - Zielknoten oder Zwischenknoten : spezielles RREP-Paket
- Verbindungsabbruch
  - Detektierung durch Hallo-Nachrichten oder LLACKS(link-layer acknowledgement)
  - Verbreitung eines speziellen RREP-Pakets mit einer neuen Sequenznummer und einer Metrik von  $\infty$  an den aktiven Nachbarn
  - neuer Entdeckungsvorgang von Quellknoten nach Empfangen des speziellen RREP-Pakets



## AODV «Verwaltung der lokale Verbindlichkeit»

- Broadcast von Hallo-Nachricht (periodisch)
  - TTL (Time-to-live) = 1
  - Erkennung einer symmetrischen Verbindung
    - ✓ Verschicken einer Liste von Knoten in Hallo-Nachricht, von denen er eine Hallo-Nachricht erhalten hat.
  - Erkennung eines Verbindungsabbruchs
    - ✓ keine einkommende Hallo-Nachrichten für Allowed-Hello-Loss Perioden



# Zusammenfassung

- Vorstellung der Routingprotokolle DSDV und AODV
  - Die beiden Verfahren basieren auf Distance-Vector Algorithmus und benutzen Sequenznummer, um Schleifen zu vermeiden
  - andere Aspekte

Parameter	DSDV	AODV
Verfügbarkeit der Routen	immer verfügbar unabhängig von Datenverkehrsmustern	verfügbar nur auf Verbindungswunsch
Periodische Wegaktualisierung	erforderlich	nicht erforderlich
Behandlung der Mobilität	andere Knoten werden informiert, um eine konsistente Routingtabelle zu bewahren	lokale Wegentdeckung
Signalisierungsverkehr	größer als AODV, von allem bei wenigen Datenverkehr	steigt mit zunehmende Mobilität von aktiven Knoten