

Informationsverbreitung in mobilen Ad-hoc Netzen

Hermann Lehner

Betreuer: Kay Römer

Professor: Prof. Dr. F. Mattern

Übersicht

- Motivation
- Eigenschaften von Ad-Hoc Netzwerken
- Anforderungen für Routingalgorithmen
- Das ideale Verfahren
- Realistische Verfahren
- Zusammenfassung

Motivation

- Wir würden gerne die Alltagswelt schlauer machen, und können nicht überall einen Computer mitschleppen.
- Die Computer werden so klein, dass sie überall drangeklebt werden können.
- Diese „Dinger“ haben Sensoren, und können miteinander kommunizieren.

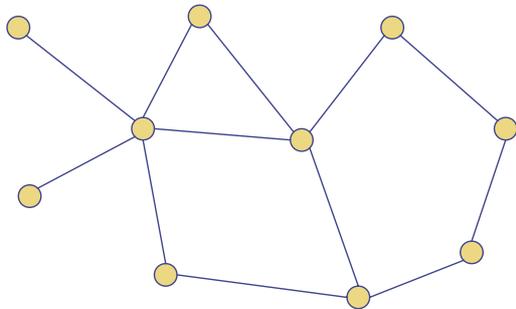
Motivation

- Mit diesen Sensornetzwerken kann die Lücke zwischen der virtuellen und realen Welt geschlossen werden.
- Diese Netze können spontan entstehen, und sich laufend verändern.

Wie kann man nun Informationen zwischen den einzelnen Devices verbreiten?

Motivation

- Sensornetzwerke



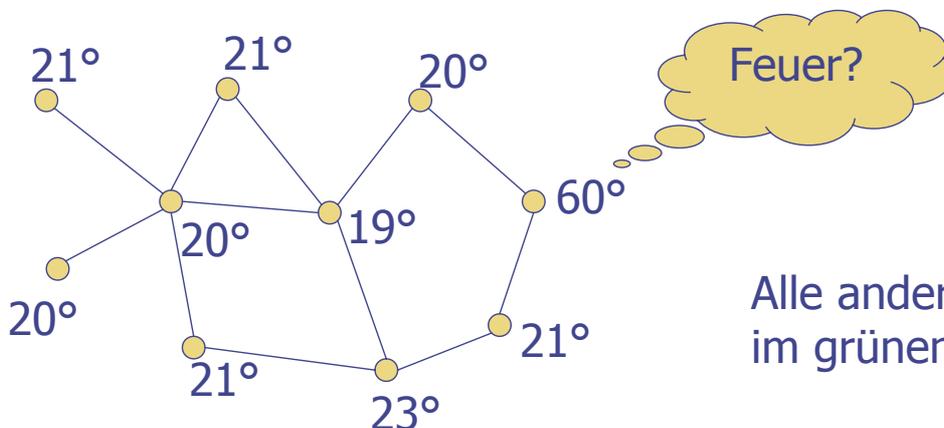
Der einzelne Sensor ist „dumm“

Durch Austausch von Informationen werden die Knoten „schlauer“

Was heisst „dumm“, und was „schlau“?

Motivation

- Konkret: Feuermelder im Wald



Alle anderen Sensoren im grünen Bereich!

➡ Wohl kein Feuer! (?)

Motivation

- Kommunikationsparadigma: Data-Centric
 - Routing **nicht** anhand von Adressen (Address-Centric) wie bei TCP/IP
 - Eine Nachricht wird aufgrund ihres Inhaltes durch das Netz geroutet
 - Die einzelnen Router benötigen nur lokales Wissen. (Nachbarschaftswissen)

Motivation

- Informationsverbreitung ist sinnvoll.
- Wie kann die Information verbreitet werden?
- Welche Verfahren sind „gut“?
- Welche Kriterien sind ausschlaggebend?
- Wo sind die Grenzen? Was ist möglich?
- Was ist sinnvoll?

Eigenschaften von Sensornetzen

- Limitierte Ressourcen
 - Wenig Energie
 - Wenig Speicher
 - Wenig Rechenleistung
 - Kurze Reichweite
- Dynamische Topologie
- Unzuverlässige Kommunikation

Anforderungen an das Routing

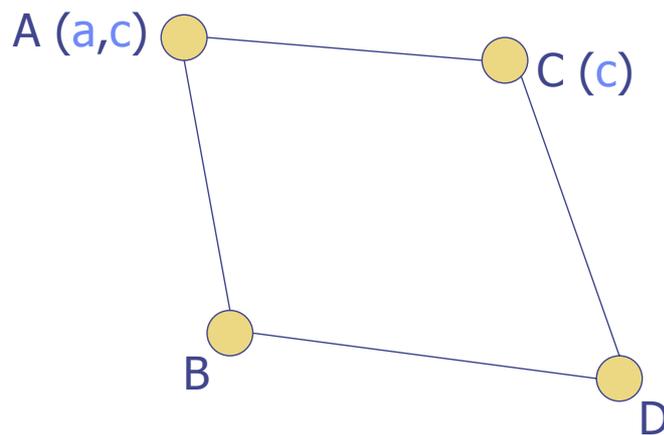
- Energieeffizient
- Robust
- Adaptiv
- Skalierbar
- Nur lokales Wissen
- Leicht berechenbar
- Minimale Bandbreite
- Schnell



Teilweise
konkurrenzieren sich
die Anforderungen

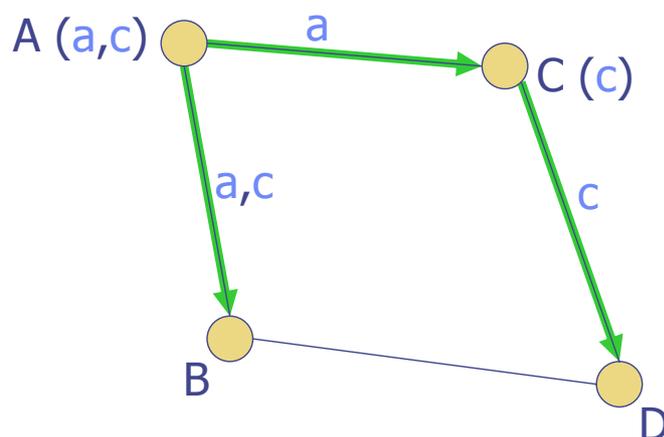
Das ideale Verfahren

- Aufgabe: Alle vier Knoten sollen die beiden Informationen a und c kennen.



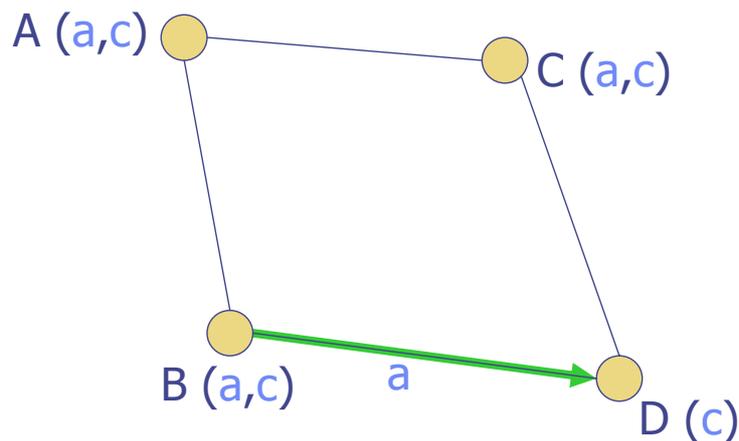
Das ideale Verfahren

- A schickt kein c an C
 - C schickt kein c an A
- } Voraussetzungen?



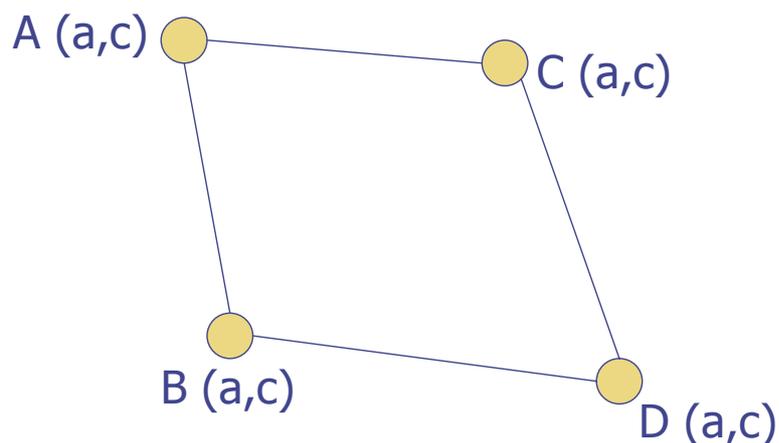
Das ideale Verfahren

- Nur noch D vermisst Information a
- B oder C muss a schicken (entweder oder)



Das ideale Verfahren

- Fertig! 2 Zeiteinheiten, 5 Nachrichten



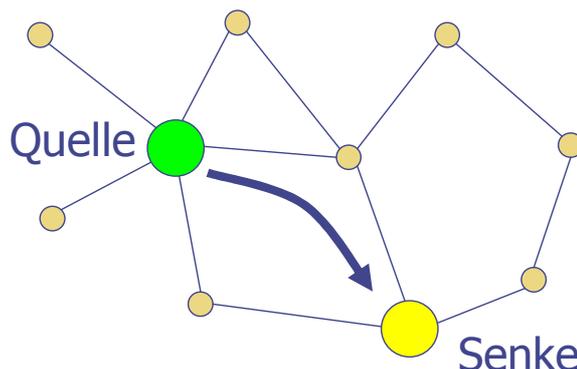
Realistische Verfahren

- Nicht jeder Knoten kennt jeden.
- Kürzeste Pfade sind nicht a priori bekannt.
- Ein Erzeuger von Information weiss nicht a priori, wer daran interessiert ist.

Aufgrund dieser Feststellungen kann man einen ersten Routing-Algorithmus entwerfen...

Kurzes Intermezzo...

- Fallbeispiel, welches uns nun auf der Suche nach einem geeigneten Algorithmus begleitet:



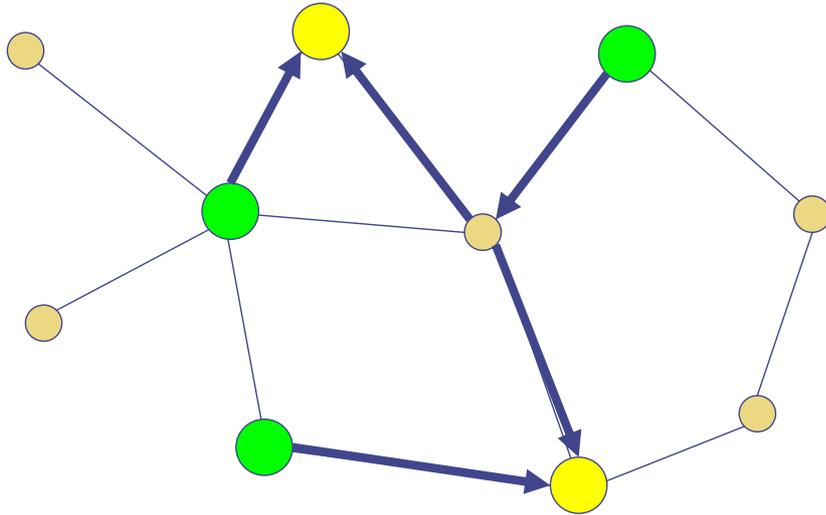
Wobei:

Quelle := Knoten, welcher Informationen anbietet

Senke := Knoten, welcher an einer bestimmten Information interessiert ist

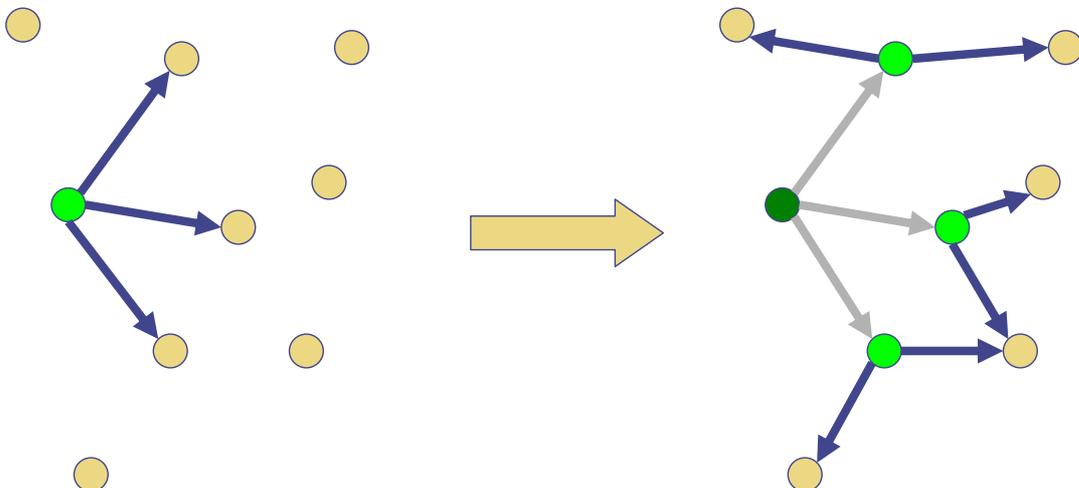
Kurzes Intermezzo...

- Aber: Normalerweise haben wir mehrere Quellen und Senken!



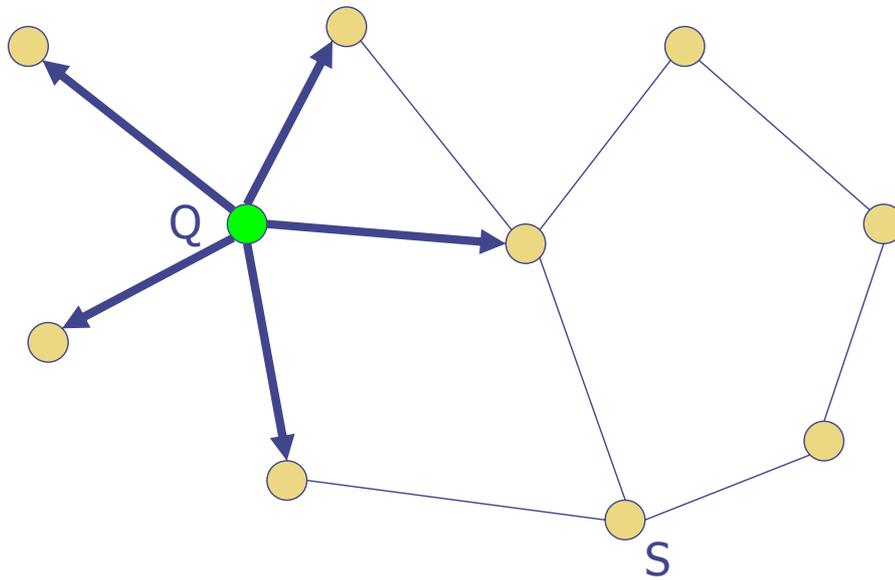
Classic Flooding

- Funktionsweise: (trivial)

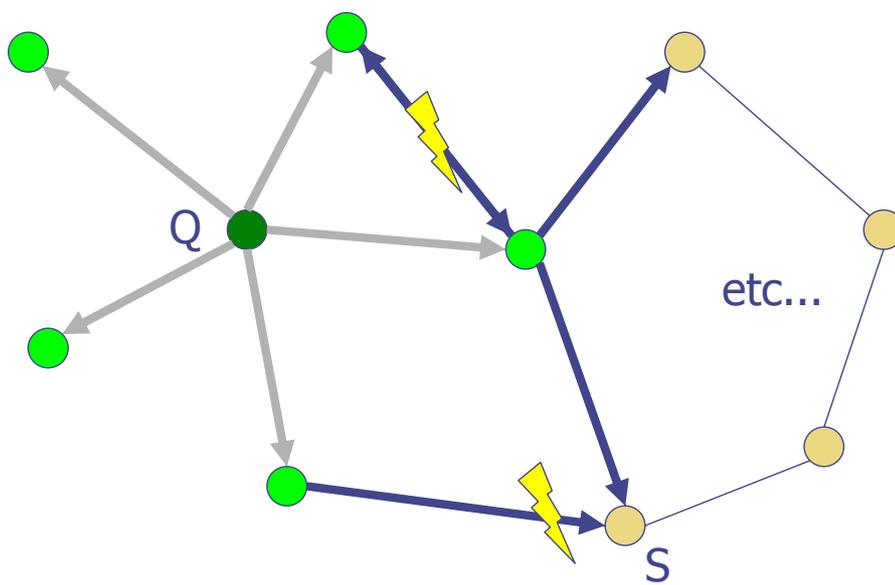


- Nachricht an alle Nachbarn.
- Ist ein Knoten bereits Grün, ignoriert er einkommende Nachrichten.

Classic Flooding



Classic Flooding

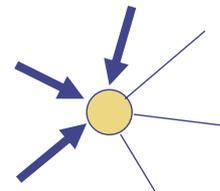


Classic Flooding

- Was haben wir benötigt:
 - Zeiteinheiten: 2 (synchroner Fall)
 - Nachrichten: > 10
- Was ist gut gelaufen?
 - Zeitkomplexität optimal (Voraussetzung: Fehlerfreie Kommunikation)
 - Hohe Zuverlässigkeit (Redundanz)

Classic Flooding

- Was ist schlecht gelaufen?
 - Viele unnütze Nachrichten (Energie!)
 - Auftreten von „Implosionen“
 - Hohe Wahrscheinlichkeit für Übertragungsfehlern aufgrund von Überlagerungen

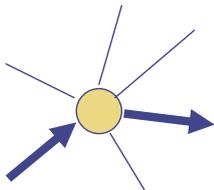


Verbesserungsideen?

Verbesserungsideen

- Hauptanliegen: weniger Nachrichten verschicken (Energieersparnis)

Wie wärs mit etwas Zufall:

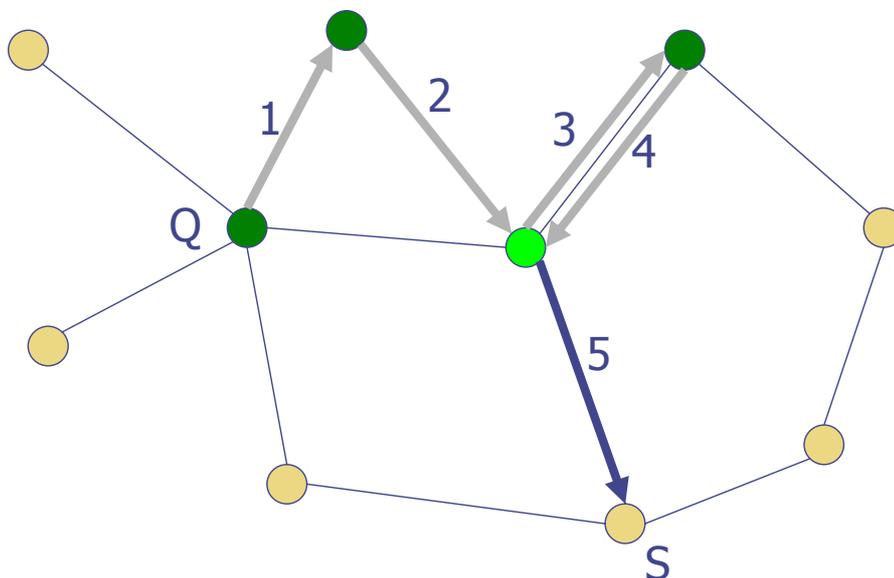


Nur einem Nachbar weiterleiten (z'fällig)

→ Gossiping (Tratschen)

Ist das sinnvoll?

Gossiping



Gossiping

- Was haben wir benötigt:
 - Zeiteinheiten: 5
 - Nachrichten: 5

Ist das typisch?

- Minimal:
 - Zeiteinheiten: 2
 - Nachrichten: 2
- Maximal:
 - Zeiteinheiten: ∞
 - Nachrichten: ∞

Gossiping

- Vorteile:
 - Anzahl Nachrichten viel kleiner als beim Fluten. (Erwartungswert* = ?)
 - Energieverbrauch viel kleiner (generell?)
 - Wohl weniger Störungen durch Überlagerungen.

* hat jemand lust, das auszurechnen?

Gossiping

- Nachteile:
 - Langsame Nachrichtenverbreitung
 - Keine obere Schranken für Zeit- und Nachrichtenkomplexität. (Problematisch?)
 - Nicht deterministisch.

Verbesserungsideen?

Verbesserungsideen

- Ein Knoten merkt sich, welche Nachrichten er schon wo geschickt hat.

Funktioniert das?

Eigentlich möchten wir, dass ein Knoten weiss, an welche(n) seiner Nachbarn er eine Nachricht schicken soll...

Wie kann dieses Wissen aufgebaut werden?

Verbesserungsideen

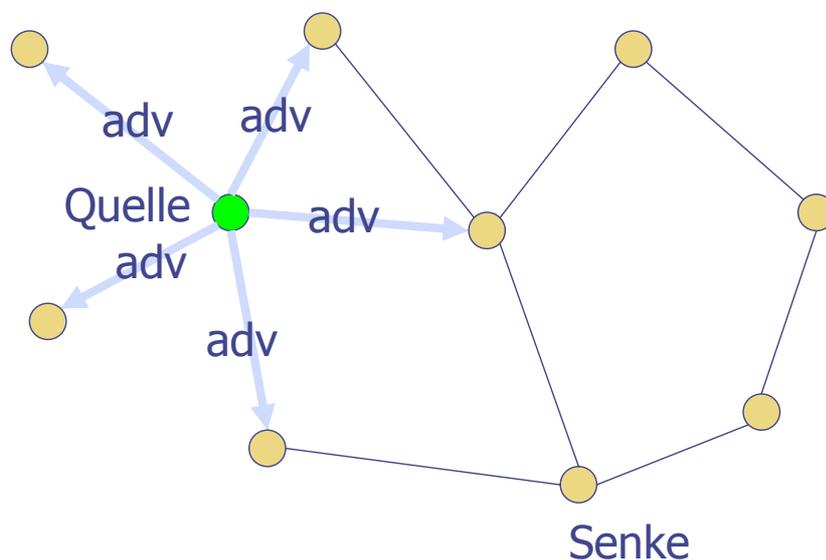
- Idee: Vor der eigentlichen Nachricht werden Advertisements (ADV) und Requests (REQ) versandt. (Handshake)

ADV gibt Auskunft über den Typ der angebotenen Information

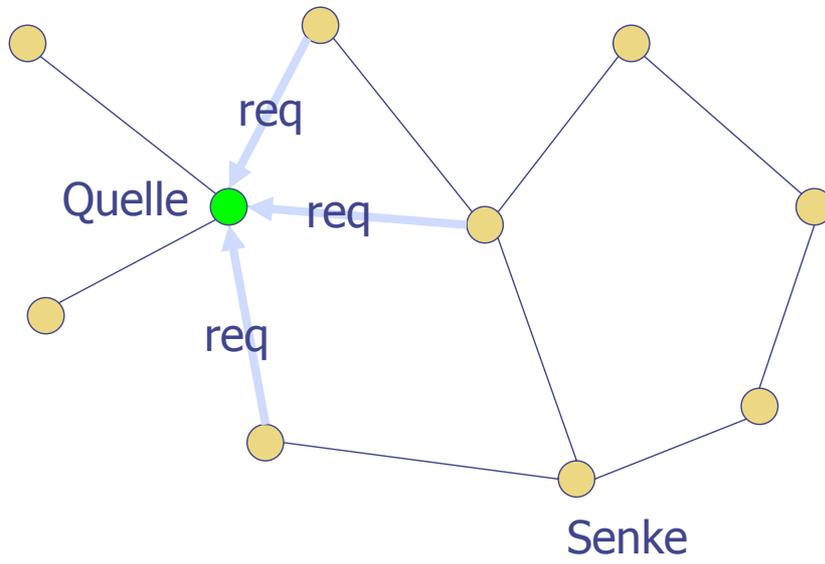
REQ bedeutet, dass der Empfänger an der von ADV beschriebenen Information interessiert ist

Daraus entsteht....

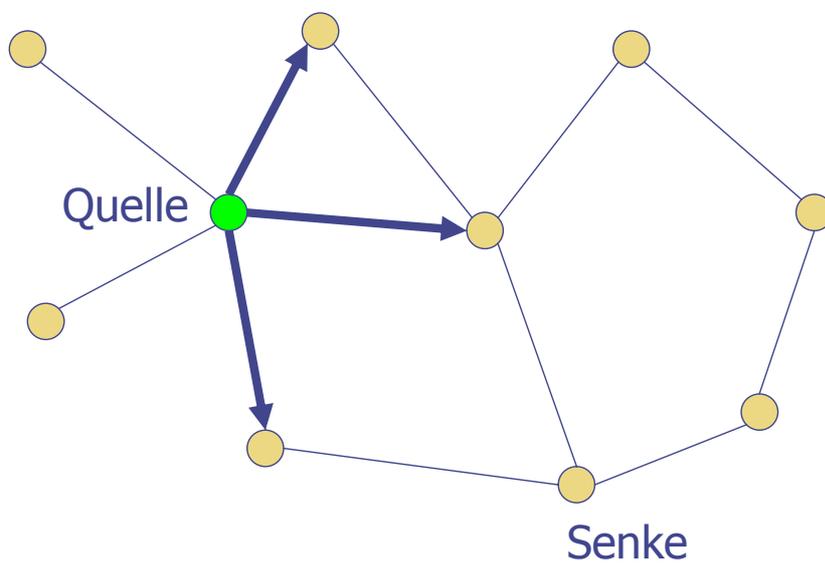
SPIN-1



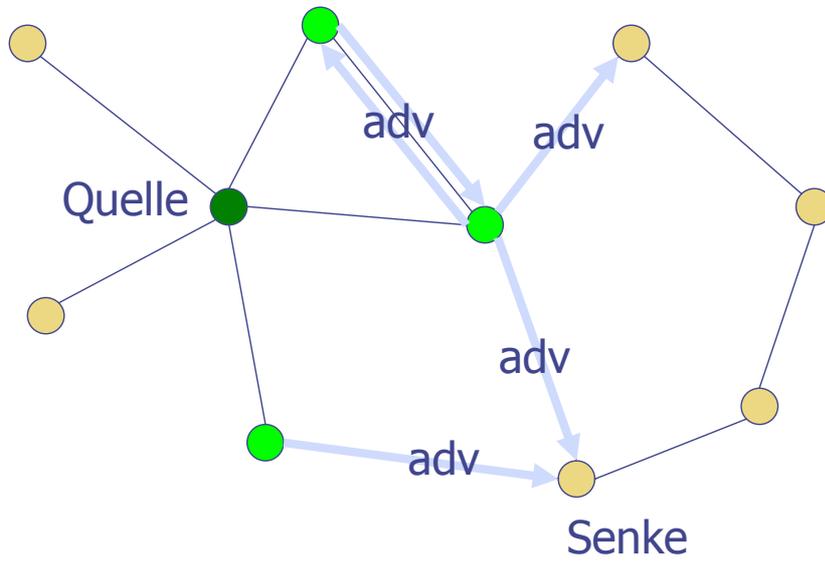
SPIN-1



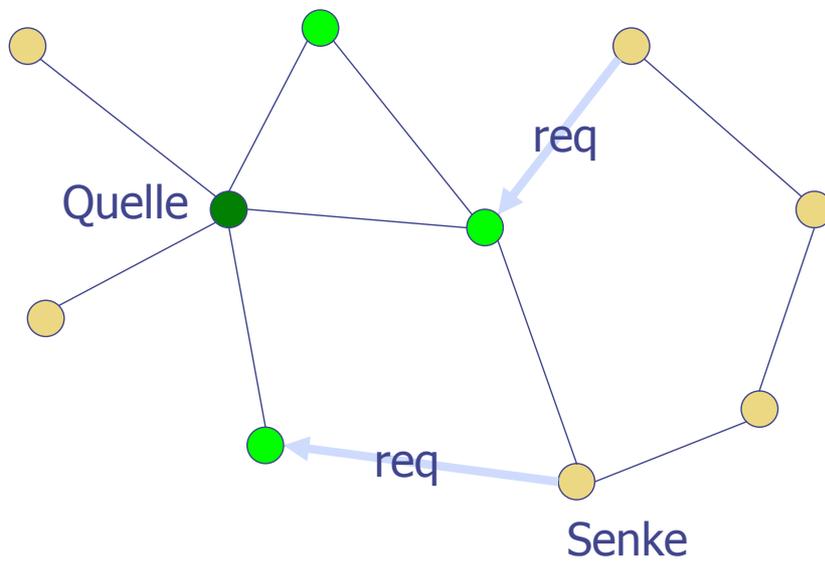
SPIN-1



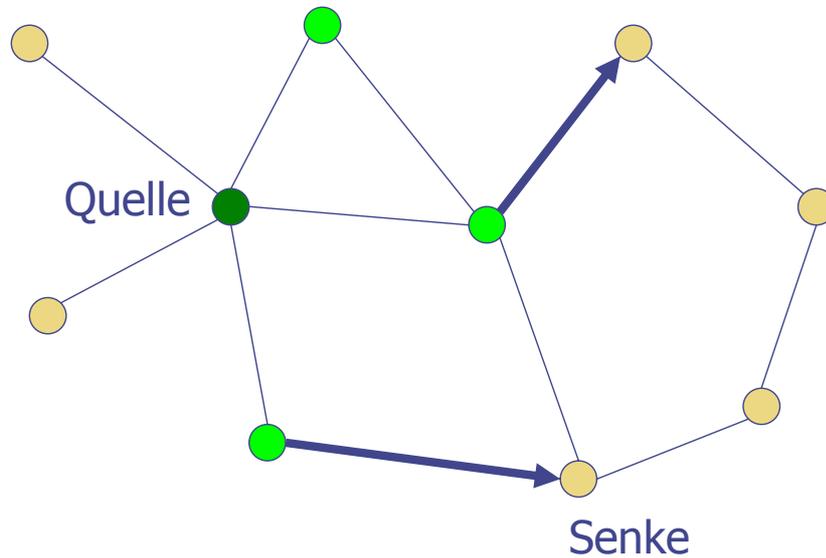
SPIN-1



SPIN-1



SPIN-1



SPIN-1

- Was haben wir benötigt:
 - Zeiteinheiten: 6
 - Nachrichten: 5
 - Handshake-Nachrichten: 16

Das Verfahren ist nur sinnvoll, wenn der Energieverbrauch, um eine Handshake zu schicken, bedeutend kleiner ist als für eine normale Nachricht.

SPIN-1

- Vorteile:
 - Keine Kollisionen, keine doppelten Nachrichten
 - Trotzdem robust (durch redundante Wege)
 - Besonders effizient bei einer Quelle und vielen Senken (Extremfall: Fluten)

SPIN-1

- Nachteile
 - Bei jeder Nachricht zuerst ADV senden und REQ erwarten. (Grosser Overhead)
 - Nicht optimal für wenig Senken.
 - Handshake über drei Phasen, was, wenn zwischendurch Energie ausgeht?

Lösung für den Punkt drei:

→ SPIN-2

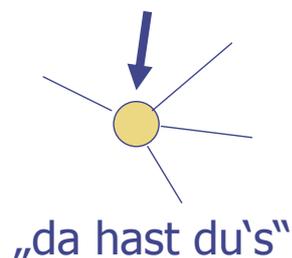
SPIN-2

- Einziger Unterschied zu SPIN-1:
 - Ressourcen-Awareness



Verbesserungsideen?

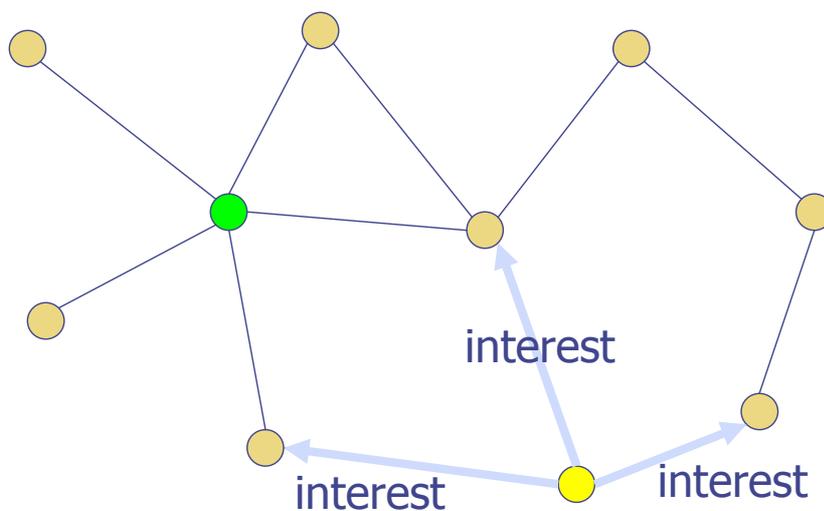
- Overhead reduzieren, Wissen erhöhen.
 - Wenn Sensor periodisch abgefragt wird, nur einmal den Weg suchen.
 - Senke muss Aktiv werden, und Interesse bekunden.



Directed Diffusion

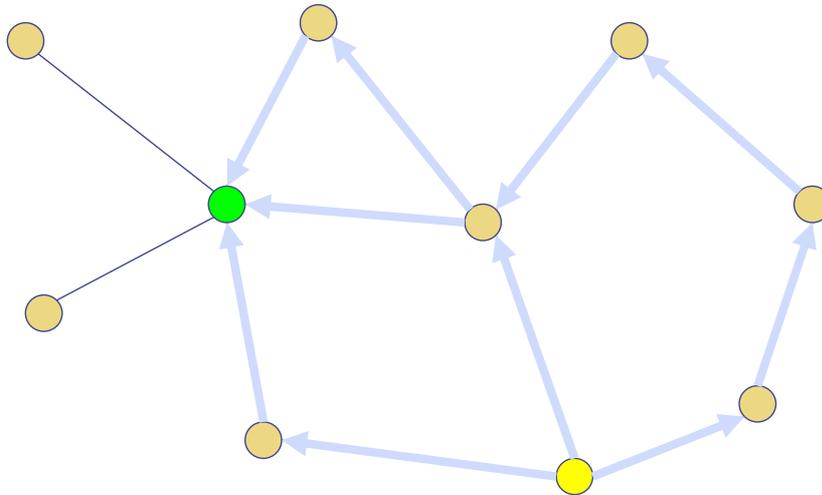
- Senken verschicken „interest“
Nachrichten mit folgendem Inhalt:
 - Name der Information, die gewünscht ist.
 - Intervall: Wie oft soll gesendet werden.
 - Duration: Wie lange soll gesendet werden.

Directed Diffusion

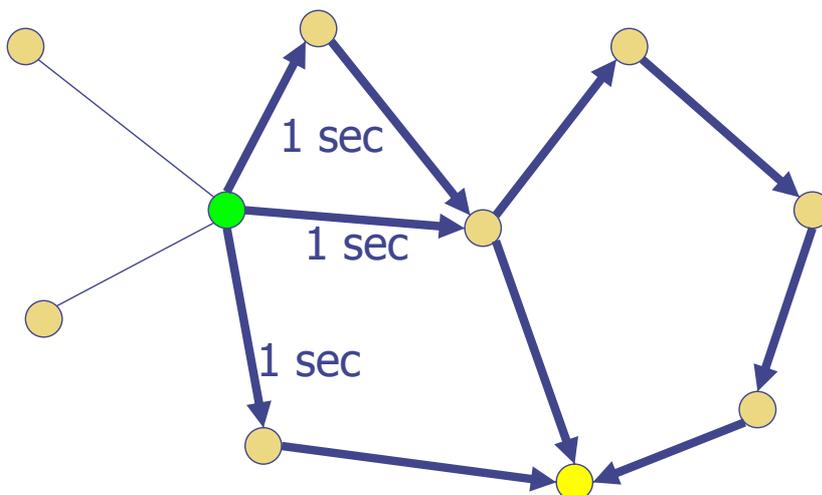


Interests bilden „retour“ gelesene Pfade für die Information der Source. Diese Pfade heissen „Gradienten“

Directed Diffusion

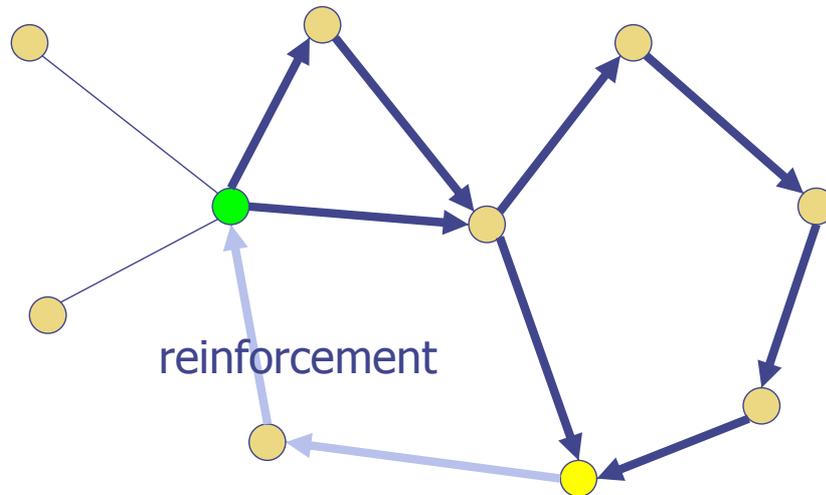


Directed Diffusion



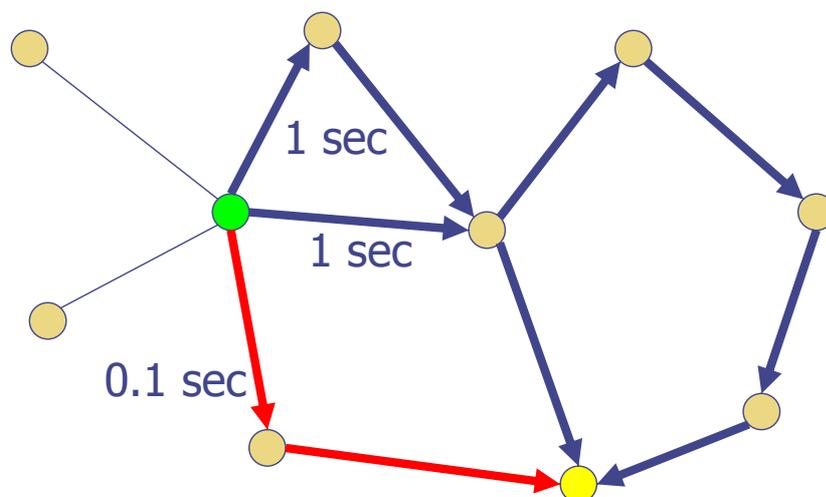
Über diese Gradienten werden in einem langsamen Intervall die Informationen von der Quelle zur Senke geroutet.

Directed Diffusion



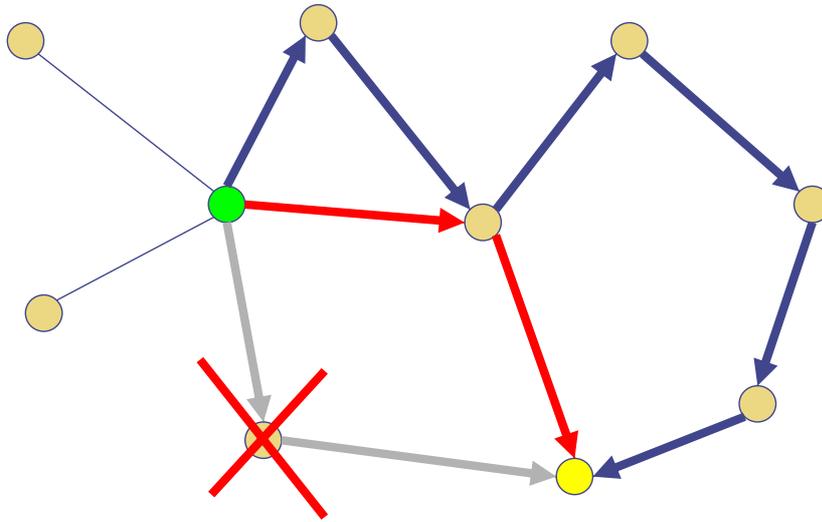
Mithilfe von „reinforcement“ werden die Intervalle für bestimmte Pfade verkürzt. (nach welchen Kriterien?)

Directed Diffusion



Die roten Pfade haben viel kleinere Intervalle → die blauen bleiben aber erhalten, werden weniger häufig benutzt.

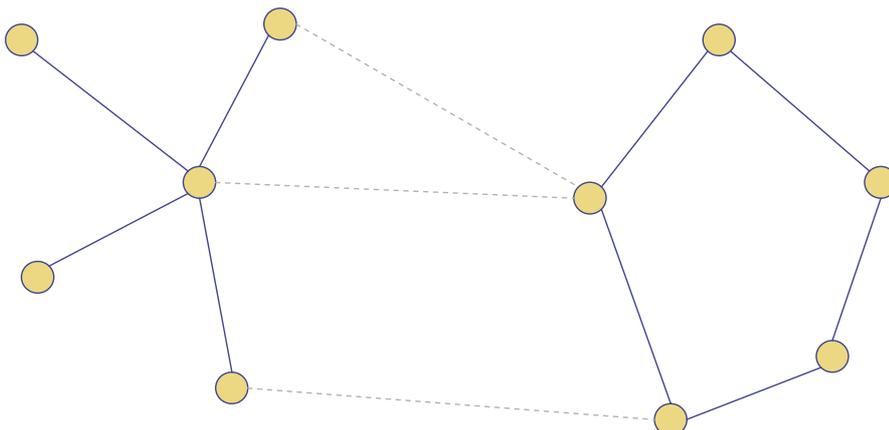
Directed Diffusion



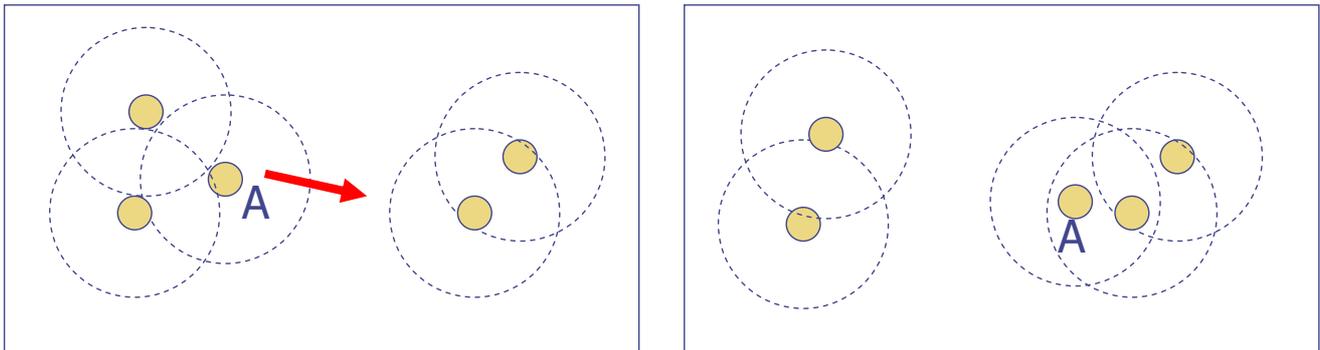
Bei Ausfall von „schnellen“ Pfaden werden neue „reinforcement“ versendet, und ein anderer guter Pfad gesucht.

Wenn das Netz aufbricht...

- Mobile Netzwerke können in mehrere Regionen zerfallen, die einander nicht mehr erreichen (zeitweise)



Epidemic Routing



- Knoten „A“ sammelt die Nachrichten, und beim Antreffen neuer Knoten werden evtl. Nachrichten ausgetauscht. (falls erforderlich)

...im wesentlichen...

Zusammenfassung

- Eigenschaften von Mobilten Ad-Hoc Netzwerken stellen neue Anforderungen an Routingverfahren
 - Energieeffizienz, Robustheit, Adaptiv....
- Data-Centric Routing VS Address-Centric
 - Wie weiss ein Router, welcher Nachbar eine Eintreffende Information gerne hätte?

Zusammenfassung

- Es gibt kein „bestes“ Verfahren.
 - Unterschiedliche Verfahren eignen sich für unterschiedliche Anforderungen.
 - z.B Energieeffizienz vs Zeitkomplexität
 - Beim Design eines Ad-Hoc Netzes muss man sich den Anforderungen bewusst werden

Quellen

- W. Heinzelman, J. Kulik, H. Balakrishnan: "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks", MobiCom 99, Seattle, WA.
- C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin: "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", MobiCom 2000, Boston, MA.
- D. Braginsky, D. Estrin: "Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks", submitted to ICDCS 2002.
- A. Vahdat, D. Becker: "Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks", Technical Report CS-200006, Duke University, 2000.
- B. Xu, O. Wolfson, S. Chamberlain: "Spatially Distributed Databases on Sensors", ACM GIS 2000, Washington DC.