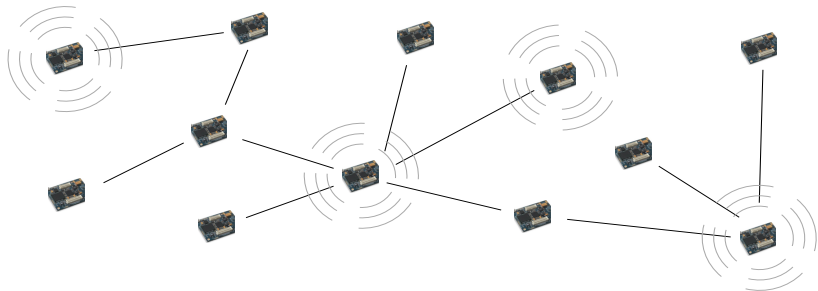


Algorithmen für Ad-hoc- und Sensornetze

VL 13 – Der Schluss

Fabian Fuchs | 21. Jan. 2016 (Version 1)

INSTITUT FÜR THEORETISCHE INFORMATIK - LEHRSTUHL FÜR ALGORITHMIK (PROF. WAGNER)



- Modellüberblick
- Exkurs
 - Dynamik / Mobilität
- Prüfungen
 - Allgemeine Bemerkungen
 - Themen & Beispiele

- Verbindungsmodelle
- Verteilungsmodelle
- Interferenzmodelle
- Berechnungsmodelle
- Energiemodelle
- Dynamik und Mobilität

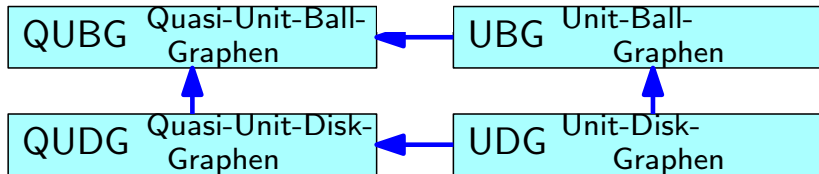
Welche strukturellen Eigenschaften kann ich bei einem Sensornetzwerk annehmen?

UDG Unit-Disk-
Graphen

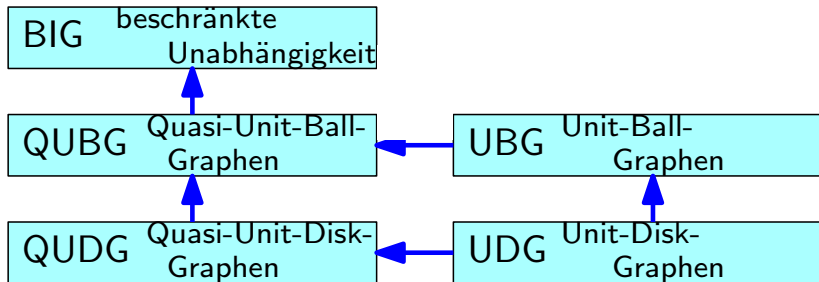
Welche strukturellen Eigenschaften kann ich bei einem Sensornetzwerk annehmen?



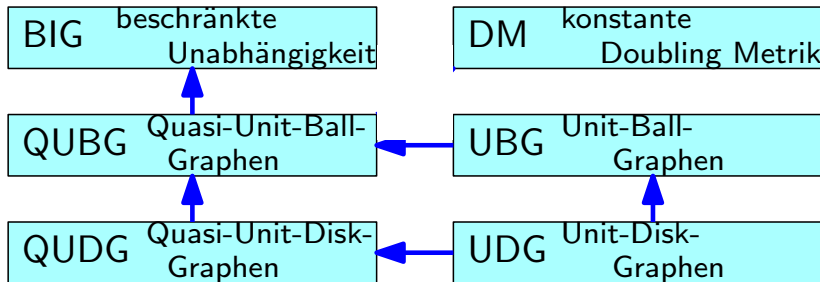
Welche strukturellen Eigenschaften kann ich bei einem Sensornetzwerk annehmen?



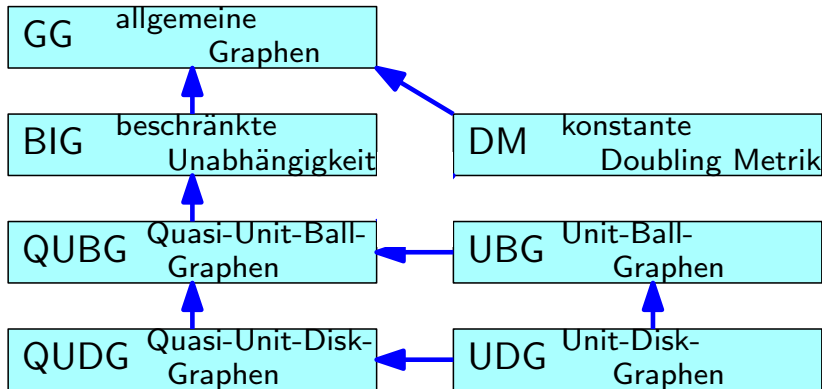
Welche strukturellen Eigenschaften kann ich bei einem Sensornetzwerk annehmen?



Welche strukturellen Eigenschaften kann ich bei einem Sensornetzwerk annehmen?



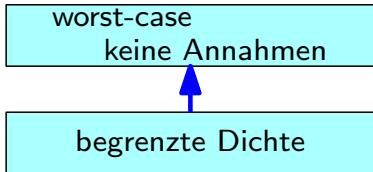
Welche strukturellen Eigenschaften kann ich bei einem Sensornetzwerk annehmen?



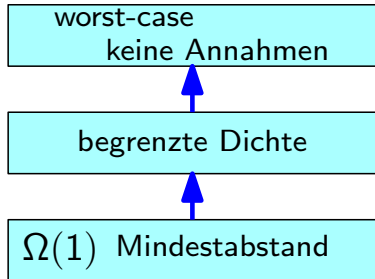
Welche Annahmen habe ich darüber, wie die Knoten verteilt sind?

worst-case
keine Annahmen

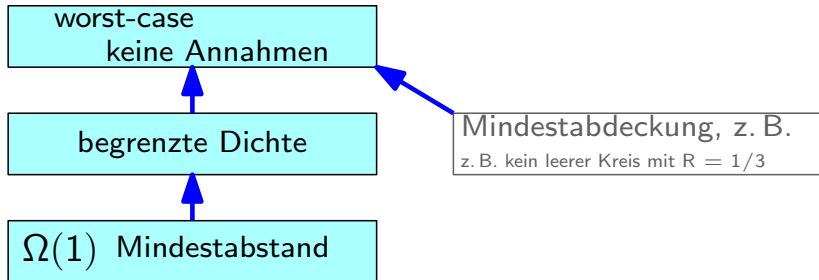
Welche Annahmen habe ich darüber, wie die Knoten verteilt sind?



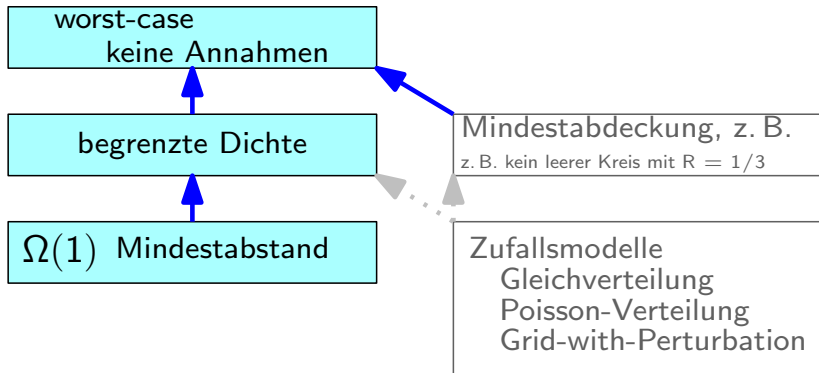
Welche Annahmen habe ich darüber, wie die Knoten verteilt sind?



Welche Annahmen habe ich darüber, wie die Knoten verteilt sind?



Welche Annahmen habe ich darüber, wie die Knoten verteilt sind?



Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?

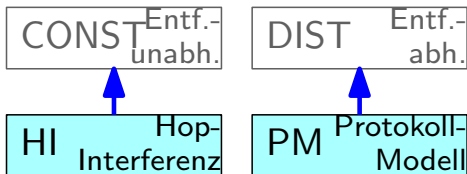
HI Hop-
Interferenz

Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?

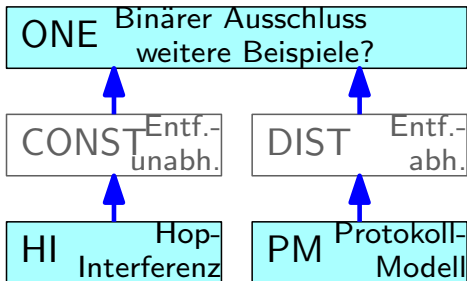
HI Hop-
Interferenz

PM Protokoll-
Modell

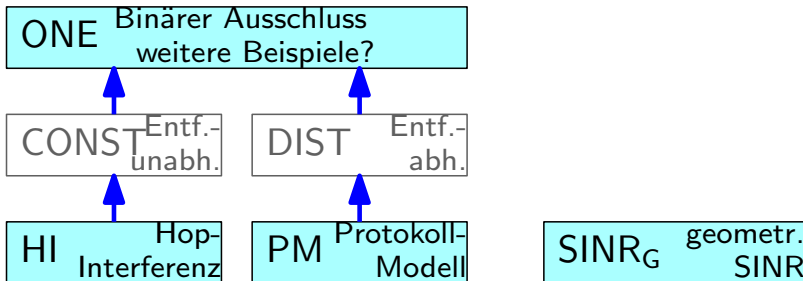
Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?



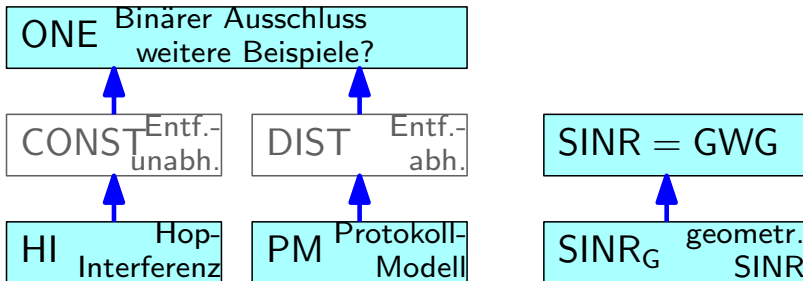
Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?



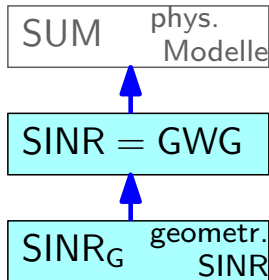
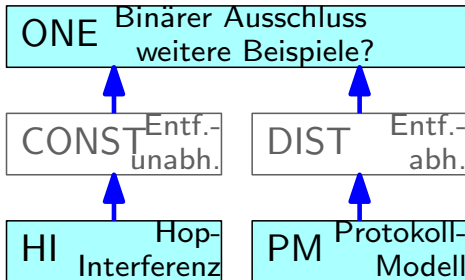
Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?



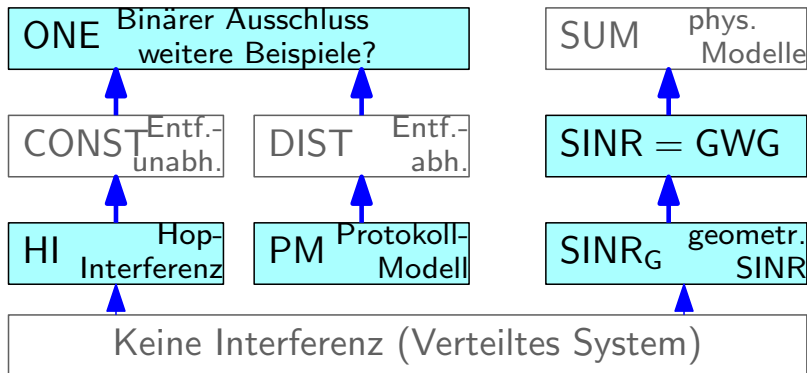
Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?



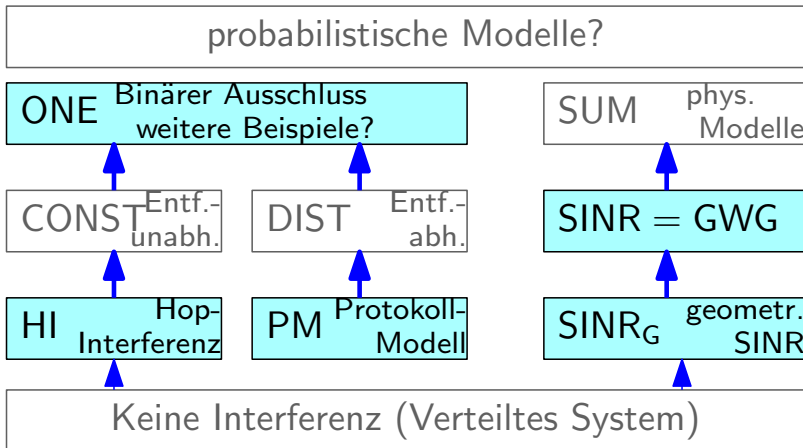
Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?



Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?



Wie beeinflussen sich gleichzeitige Übertragungen?



Welche Voraussetzungen bringen Knoten mit?

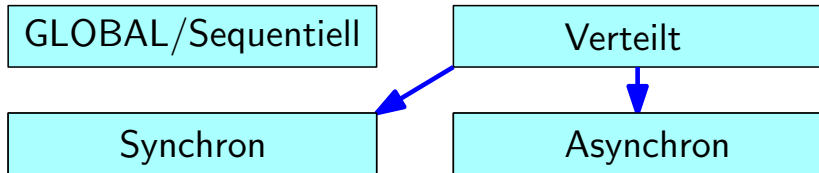
GLOBAL/Sequentiell

Welche Voraussetzungen bringen Knoten mit?

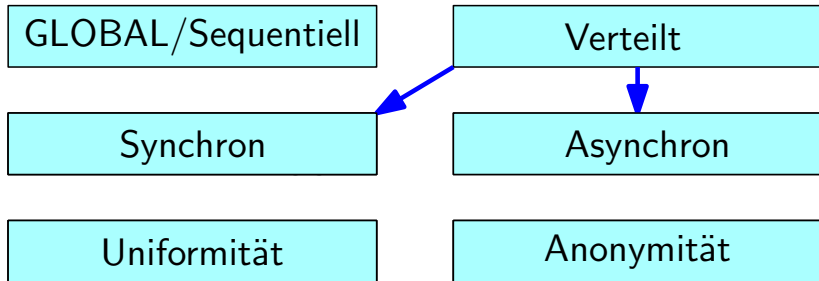
GLOBAL/Sequentiell

Verteilt

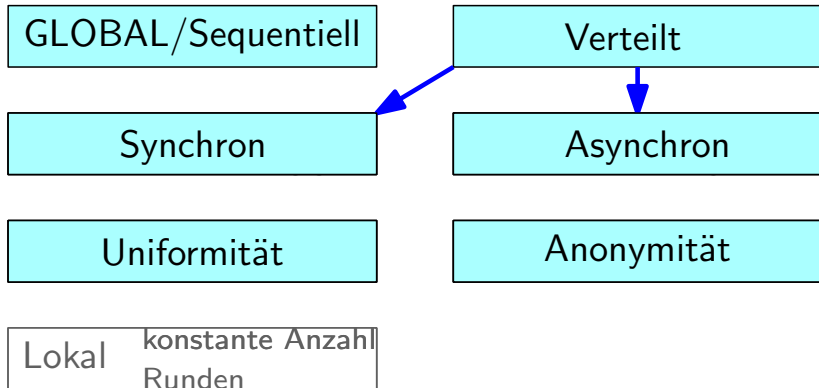
Welche Voraussetzungen bringen Knoten mit?



Welche Voraussetzungen bringen Knoten mit?



Welche Voraussetzungen bringen Knoten mit?



- Modellüberblick
- Exkurs
 - Dynamik / Mobilität
- Prüfungen
 - Allgemeine Bemerkungen
 - Themen & Beispiele

Wie analysiert man, wie sich Algorithmen in dynamischen Szenarien verhalten?

- Kanten unterliegen Störungen
- Knoten verschwinden oder kommen hinzu
- Knoten bewegen sich

Wie analysiert man, wie sich Algorithmen in dynamischen Szenarien verhalten?

- Kanten unterliegen Störungen
 - Knoten verschwinden oder kommen hinzu
 - Knoten bewegen sich
-
- viele Simulationen, aber wenig anerkannten Modelle

Wie analysiert man, wie sich Algorithmen in dynamischen Szenarien verhalten?

- Kanten unterliegen Störungen
 - Knoten verschwinden oder kommen hinzu
 - Knoten bewegen sich
-
- viele Simulationen, aber wenig anerkannten Modelle
 - wenige belastbare Aussagen, z.B.:
 - Routen in dichten Netzen bei fester Maximalgeschwindigkeit garantiert (Location Service, VL03)

Wie analysiert man, wie sich Algorithmen in dynamischen Szenarien verhalten?

- Kanten unterliegen Störungen
- Knoten verschwinden oder kommen hinzu
- Knoten bewegen sich

- viele Simulationen, aber wenig anerkannten Modelle
- wenige belastbare Aussagen, z.B.:
 - Routen in dichten Netzen bei fester Maximalgeschwindigkeit garantiert (Location Service, VL03)

Wie macht man eine worst-case-Abschätzung, wenn im worst-case fast alles passieren kann? **Damit tut sich die Algorithmik schwer!**

Wie analysiert man, wie sich Algorithmen in dynamischen Szenarien verhalten?

- Kanten unterliegen Störungen
- Knoten verschwinden oder kommen hinzu
- Knoten bewegen sich

- viele Simulationen, aber wenig anerkannten Modelle
- wenige belastbare Aussagen, z.B.:
 - Routen in dichten Netzen bei fester Maximalgeschwindigkeit garantiert (Location Service, VL03)

Wie macht man eine worst-case-Abschätzung, wenn im worst-case fast alles passieren kann? **Damit tut sich die Algorithmik schwer!**

- Algorith. Lösung: Topologie wird von Adversary bestimmt.
- Sonst: Ist sinnvolle Experimentelle Evaluation möglich?

Kann man wenigstens für Simulationen vernünftig beschreiben, wie sich Knoten bewegen könnten?

Kann man wenigstens für Simulationen vernünftig beschreiben, wie sich Knoten bewegen könnten?

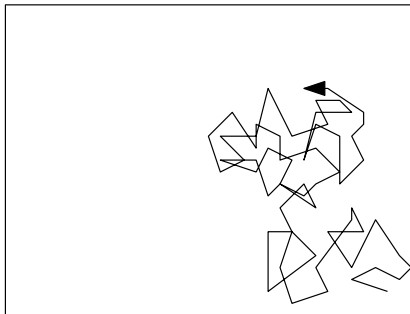
- Sinnvoller Zufall statt worst-case!

Kann man wenigstens für Simulationen vernünftig beschreiben, wie sich Knoten bewegen könnten?

- Sinnvoller Zufall statt worst-case!

Random Walk

Jeder Knoten wählt alle k Zeiteinheiten eine Richtung und eine Geschwindigkeit aus einem Intervall $[0, v_{\max}]$.



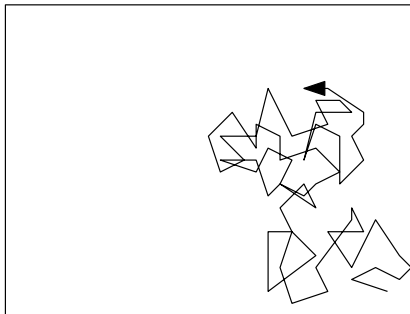
Kann man wenigstens für Simulationen vernünftig beschreiben, wie sich Knoten bewegen könnten?

- Sinnvoller Zufall statt worst-case!

Random Walk

Jeder Knoten wählt alle k Zeiteinheiten eine Richtung und eine Geschwindigkeit aus einem Intervall $[0, v_{\max}]$.

- an den Grenzen wird reflektiert



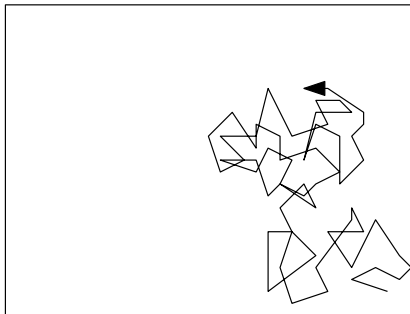
Kann man wenigstens für Simulationen vernünftig beschreiben, wie sich Knoten bewegen könnten?

- Sinnvoller Zufall statt worst-case!

Random Walk

Jeder Knoten wählt alle k Zeiteinheiten eine Richtung und eine Geschwindigkeit aus einem Interval $[0, v_{\max}]$.

- an den Grenzen wird reflektiert
- + einfach genug?



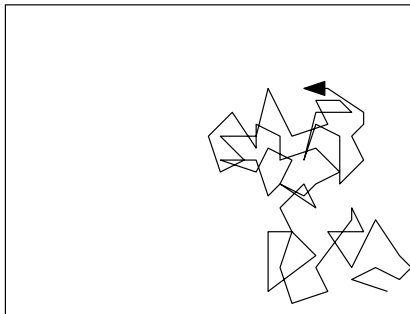
Kann man wenigstens für Simulationen vernünftig beschreiben, wie sich Knoten bewegen könnten?

- Sinnvoller Zufall statt worst-case!

Random Walk

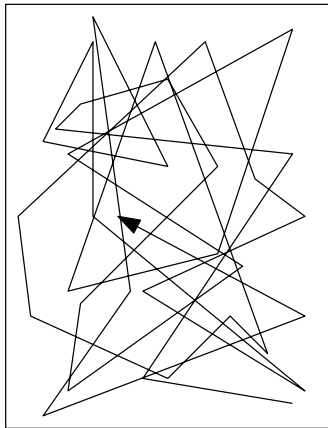
Jeder Knoten wählt alle k Zeiteinheiten eine Richtung und eine Geschwindigkeit aus einem Intervall $[0, v_{\max}]$.

- an den Grenzen wird reflektiert
- + einfach genug?
- sehr wirre Bewegungen



Random Waypoint

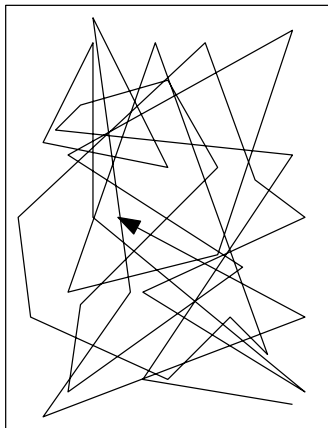
Jeder Knoten wählt zu Beginn einen Zielpunkt und eine Geschwindigkeit aus einem Intervall $[v_{\min}, v_{\max}]$. Kommt er dort an, wählt er die beiden Parameter neu.



Random Waypoint

Jeder Knoten wählt zu Beginn einen Zielpunkt und eine Geschwindigkeit aus einem Intervall $[v_{\min}, v_{\max}]$. Kommt er dort an, wählt er die beiden Parameter neu.

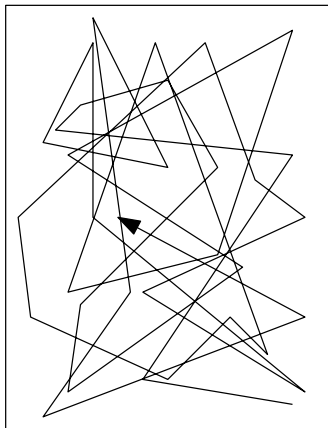
- + bildet zufällige Bewegungen von echten Aktoren besser ab



Random Waypoint

Jeder Knoten wählt zu Beginn einen Zielpunkt und eine Geschwindigkeit aus einem Intervall $[v_{\min}, v_{\max}]$. Kommt er dort an, wählt er die beiden Parameter neu.

- + bildet zufällige Bewegungen von echten Aktoren besser ab
- hat gemeine Tücken in der Analyse! (Welche?)



Tücke 1: Knotendichte

Egal, wie man die Knoten zu Beginn platziert, nach einiger Zeit ist die Dichte der Knoten überall gleich hoch, oder?

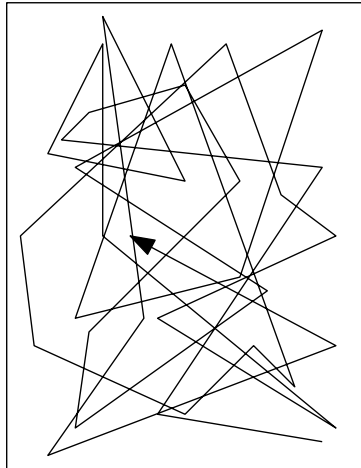


Bild: Bettstetter/Wagner

Tücke 1: Knotendichte

Egal, wie man die Knoten zu Beginn platziert, nach einiger Zeit ist die Dichte der Knoten überall gleich hoch, oder?

- das stimmte beim Random Walk, aber hier nicht!

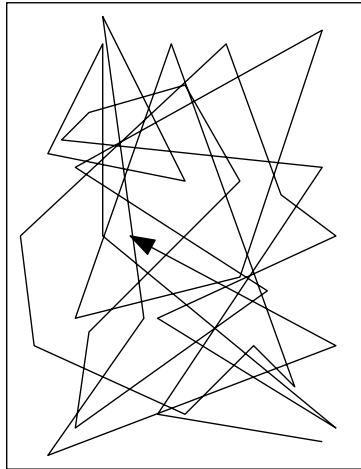


Bild: Bettstetter/Wagner

Tücke 1: Knotendichte

Egal, wie man die Knoten zu Beginn platziert, nach einiger Zeit ist die Dichte der Knoten überall gleich hoch, oder?

- das stimmte beim Random Walk, aber hier nicht!

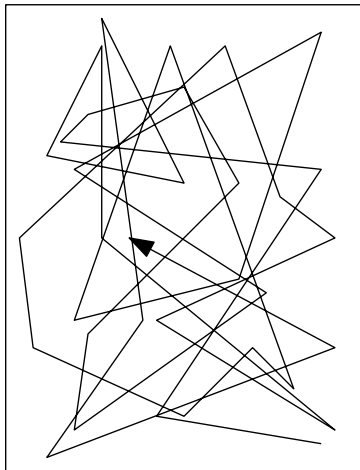
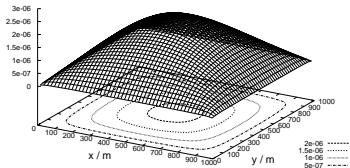
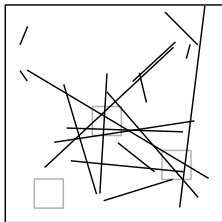


Bild: Bettstetter/Wagner

Tücke 1: Knotendichte

Egal, wie man die Knoten zu Beginn platziert, nach einiger Zeit ist die Dichte der Knoten überall gleich hoch, oder?

- das stimmte beim Random Walk, aber hier nicht!



Beobachtung

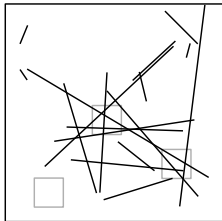
Zu einem beliebigen (späten) Zeitpunkt ist jeder Knoten auf dem Weg zwischen zwei Punkten A und B .

Bild: Bettstetter/Wagner

Tücke 1: Knotendichte

Egal, wie man die Knoten zu Beginn platziert, nach einiger Zeit ist die Dichte der Knoten überall gleich hoch, oder?

- das stimmte beim Random Walk, aber hier nicht!



Beobachtung

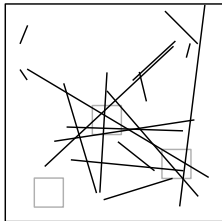
Zu einem beliebigen (späten) Zeitpunkt ist jeder Knoten auf dem Weg zwischen zwei Punkten A und B .

- die sind nicht gleichverteilt, höhere Entfernungen sind wahrscheinlicher

Bild: Bettstetter/Wagner

Egal, wie man die Knoten zu Beginn platziert, nach einiger Zeit ist die Dichte der Knoten überall gleich hoch, oder?

- das stimmte beim Random Walk, aber hier nicht!



Beobachtung

Zu einem beliebigen (späten) Zeitpunkt ist jeder Knoten auf dem Weg zwischen zwei Punkten A und B .

- die sind nicht gleichverteilt, höhere Entfernungen sind wahrscheinlicher
- schon bei gleichverteilten A, B ist die Wahrscheinlichkeit einer Fläche im Zentrum deutlich höher, überschritten zu werden!

Bild: Bettstetter/Wagner

Tücke 2: $v_{\min} = 0$

Was passiert, wenn wir Geschwindigkeit auch nur aus Intervall $(0, v_{\max}]$ wählen? Dann sollten sich Knoten im Schnitt etwa mit Geschwindigkeit $v_{\max}/2$ bewegen, oder?

Tücke 2: $v_{\min} = 0$

Was passiert, wenn wir Geschwindigkeit auch nur aus Intervall $(0, v_{\max}]$ wählen? Dann sollten sich Knoten im Schnitt etwa mit Geschwindigkeit $v_{\max}/2$ bewegen, oder?

- direkt nach dem Start: $v_{\max}/2$ (alles im grünen Bereich!)

Tücke 2: $v_{\min} = 0$

Was passiert, wenn wir Geschwindigkeit auch nur aus Intervall $(0, v_{\max}]$ wählen? Dann sollten sich Knoten im Schnitt etwa mit Geschwindigkeit $v_{\max}/2$ bewegen, oder?

- direkt nach dem Start: $v_{\max}/2$ (alles im grünen Bereich!)
 - und ab dann nimmt sie ab!

Tücke 2: $v_{\min} = 0$

Was passiert, wenn wir Geschwindigkeit auch nur aus Intervall $(0, v_{\max}]$ wählen? Dann sollten sich Knoten im Schnitt etwa mit Geschwindigkeit $v_{\max}/2$ bewegen, oder?

- direkt nach dem Start: $v_{\max}/2$ (alles im grünen Bereich!)
 - und ab dann nimmt sie ab!
- intuitive Begründung:
 - je langsamer sich ein Knoten bewegt, um so länger tut er das wahrscheinlich!

Tücke 2: $v_{\min} = 0$

Was passiert, wenn wir Geschwindigkeit auch nur aus Intervall $(0, v_{\max}]$ wählen? Dann sollten sich Knoten im Schnitt etwa mit Geschwindigkeit $v_{\max}/2$ bewegen, oder?

- direkt nach dem Start: $v_{\max}/2$ (alles im grünen Bereich!)
 - und ab dann nimmt sie ab!
- intuitive Begründung:
 - je langsamer sich ein Knoten bewegt, um so länger tut er das wahrscheinlich!
- man kann sogar zeigen, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit gegen 0 geht

Tücke 2: $v_{\min} = 0$

Was passiert, wenn wir Geschwindigkeit auch nur aus Intervall $(0, v_{\max}]$ wählen? Dann sollten sich Knoten im Schnitt etwa mit Geschwindigkeit $v_{\max}/2$ bewegen, oder?

- direkt nach dem Start: $v_{\max}/2$ (alles im grünen Bereich!)
 - und ab dann nimmt sie ab!
- intuitive Begründung:
 - je langsamer sich ein Knoten bewegt, um so länger tut er das wahrscheinlich!
- man kann sogar zeigen, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit gegen 0 geht
 - selbst in Einreichungen auf größeren Konferenzen unterläuft Autoren dieser Fehler

- Modellüberblick
- Exkurs
 - Dynamik / Mobilität
- Prüfungen
 - Allgemeine Bemerkungen
 - Themen & Beispiele

- Bitte Termine frühzeitig ausmachen
 - bis Ende Februar prüfen Prof. Wagner und ich
 - danach prüft Prof. Wagner, evtl. unterstützt durch Roman Prutkin
 - Achtung: VL fand letzmalig statt und wird daher nur begrenzt geprüft!
 - Je früher desto besser :-)
- Termine:
 - Di. 9. Februar 2016, ab 9:00 Uhr (ca. 2,5 Wochen)
 - Fr. 19. Februar 2016, ab 9:00 Uhr (morgen in 4 Wochen)

- Bitte Termine frühzeitig ausmachen
 - bis Ende Februar prüfen Prof. Wagner und ich
 - danach prüft Prof. Wagner, evtl. unterstützt durch Roman Prutkin
 - Achtung: VL fand letzmalig statt und wird daher nur begrenzt geprüft!
 - Je früher desto besser :-)
- Termine:
 - Di. 9. Februar 2016, ab 9:00 Uhr (ca. 2,5 Wochen)
 - Fr. 19. Februar 2016, ab 9:00 Uhr (morgen in 4 Wochen)
- Sollte kein Termin passen:
 - Mit groben Terminvorstellungen per Mail melden
 - Bis Ende Februar bei mir ab März bei Prof. Wagner

- im Allgemeinen sollten die VL-Folien zum Lernen ausreichen
 - Folien aus der Übung aber oft hilfreich!
 - Was auf den Folien nicht angesprochen wird, ist nicht relevant für die Prüfung
 - Aussagen ohne Beweise sollte man trotzdem kennen(!)
- Weiterlesen ist nicht verboten
 - im Buch: einige Kapitel entsprechen fast direkt der Vorlesung
 - in Referenzen: bei Unklarheiten
- Fehler auf Folien bitte melden!
 - Korrekturen an Folien werden *ab heute* auf der VL-Seite explizit aufgeführt
- bei Fragen stehe ich per Email oder im Büro zur Verfügung
 - `fabian.fuchs@kit.edu` oder Raum 317
 - bis Ende Februar, dann `mail [@] fabianfuchs [.] com`
 - **Bevorzugt:** Fragen bis Anfang/Mitte Februar abklären!

- Erklärung von Grundbegriffen
 - Begriffe verteilte Algorithmen
 - Komplexität, Anonymität
 - Unterschied proaktive / reaktive Routingprotokolle
 - ...
- Fragen nach Modellen (durch ganze VL)
 - Was für Modelle haben wir kennengelernt für...
 - Vernetzung, Interferenz, ...
 - wofür sind sie gut?
- Beschreibung Link-Reversal-Algorithmus
 - generell: Algorithmen sollte man skizzieren können!
 - Aussagen zu Korrektheit und Laufzeit
 - Beweisidee skizzieren

- Welche grundlegenden Varianten von Georouting haben wir behandelt?
 - Greedyrouting / Facettenrouting
 - Vorteile/Nachteile

- Welche grundlegenden Varianten von Georouting haben wir behandelt?
 - Greedyrouting / Facettenrouting
 - Vorteile/Nachteile
- Welche Modelle sind Voraussetzung für Facettenrouting?
 - Was braucht man für Korrektheit, was für Laufzeitanalyse?

- Welche grundlegenden Varianten von Georouting haben wir behandelt?
 - Greedyrouting / Facettenrouting
 - Vorteile/Nachteile
- Welche Modelle sind Voraussetzung für Facettenrouting?
 - Was braucht man für Korrektheit, was für Laufzeitanalyse?
- Welche Ideen sind über die Zeit ins FR eingeflossen und warum?
 - was leistet jede Verbesserung gegenüber Vorgänger?
 - warum sind wir mit dem Ergebnis zufrieden?

- Welche grundlegenden Varianten von Georouting haben wir behandelt?
 - Greedyrouting / Facettenrouting
 - Vorteile/Nachteile
- Welche Modelle sind Voraussetzung für Facettenrouting?
 - Was braucht man für Korrektheit, was für Laufzeitanalyse?
- Welche Ideen sind über die Zeit ins FR eingeflossen und warum?
 - was leistet jede Verbesserung gegenüber Vorgänger?
 - warum sind wir mit dem Ergebnis zufrieden?
- zu welchen anderen Themen gibt es Bezüge?

Beispielfragen VL03 – Location Services

- Was ist ein Location Service?
 - was für Eigenschaften haben Netze, in denen solche Dienste Sinn ergeben?

Beispielfragen VL03 – Location Services

- Was ist ein Location Service?
 - was für Eigenschaften haben Netze, in denen solche Dienste Sinn ergeben?
- Welche Ziele verfolgen wir?
 - warum leisten einfache Lösungen das nicht? Beispiele?

Beispielfragen VL03 – Location Services

- Was ist ein Location Service?
 - was für Eigenschaften haben Netze, in denen solche Dienste Sinn ergeben?
- Welche Ziele verfolgen wir?
 - warum leisten einfache Lösungen das nicht? Beispiele?
- was unterscheidet die Ansätze von GLS/MLS voneinander?
 - Was leisten/fordern sie jeweils?
 - Grundzüge der Verfahren skizzieren
 - Erklären, welche Punkte für Korrektheit/Laufzeit wichtig sind

Beispielfragen VL04 – Topologiekontrolle

- Welche Ziele kann man mit Topologiekontrolle verfolgen?

Beispielfragen VL04 – Topologiekontrolle

- Welche Ziele kann man mit Topologiekontrolle verfolgen?
- Welche Mittel kann man einsetzen?

Beispielfragen VL04 – Topologiekontrolle

- Welche Ziele kann man mit Topologiekontrolle verfolgen?
- Welche Mittel kann man einsetzen?
- Wofür haben wir Minimale Spannbäume ausgenutzt?
 - Was haben wir erreicht? Wie?

Beispielfragen VL04 – Topologiekontrolle

- Welche Ziele kann man mit Topologiekontrolle verfolgen?
- Welche Mittel kann man einsetzen?
- Wofür haben wir Minimale Spannbäume ausgenutzt?
 - Was haben wir erreicht? Wie?
- Was sind wichtige Eigenschaften von geometrischen Graphen?
 - Welche sind relevant? Wofür noch?

Beispielfragen VL04 – Topologiekontrolle

- Welche Ziele kann man mit Topologiekontrolle verfolgen?
- Welche Mittel kann man einsetzen?
- Wofür haben wir Minimale Spannbäume ausgenutzt?
 - Was haben wir erreicht? Wie?
- Was sind wichtige Eigenschaften von geometrischen Graphen?
 - Welche sind relevant? Wofür noch?
- was hat Topologiekontrolle mit Interferenz zu tun?

- Algorithmen sollte man beschreiben können
 - und darauf zeigen können, welche Ideen wichtig für Korrektheit/Laufzeit sind

Gibt es noch Fragen?

- Algorithmen sollte man beschreiben können
 - und darauf zeigen können, welche Ideen wichtig für Korrektheit/Laufzeit sind
- Voraussetzungen sollte klar sein
 - einzelne Themen haben sehr unterschiedliche Sichten!

Gibt es noch Fragen?

- Algorithmen sollte man beschreiben können
 - und darauf zeigen können, welche Ideen wichtig für Korrektheit/Laufzeit sind
- Voraussetzungen sollte klar sein
 - einzelne Themen haben sehr unterschiedliche Sichten!
- Definitionen und Kernaussagen sollten bekannt sein

Gibt es noch Fragen?

- Algorithmen sollte man beschreiben können
 - und darauf zeigen können, welche Ideen wichtig für Korrektheit/Laufzeit sind
- Voraussetzungen sollte klar sein
 - einzelne Themen haben sehr unterschiedliche Sichten!
- Definitionen und Kernaussagen sollten bekannt sein
- Längere Beweise muss man nicht im Detail vorführen können
 - aber die wesentlichen Zutaten sollte man im Kopf haben
 - was ist der entscheidende Kniff?

Gibt es noch Fragen?

Vielen Dank

- für das regelmäßige Erscheinen
- für die Aufmerksamkeit
- für die Mitarbeit

Vielen Dank

- für das regelmäßige Erscheinen
- für die Aufmerksamkeit
- für die Mitarbeit

Schöne Semesterferien und viel Erfolg bei der Vorbereitung auf die Prüfungen!

- 1 S. Schmid, R. Wattenhofer: *Algorithmic Models for Sensor Networks*. In: *14th International Workshop on Parallel and Distributed Real-Time Systems (WPDRTS)*, 2006
- 2 C. Bettstetter, C. Wagner: *The Spatial Node Distribution of the Random Waypoint Mobility Model*. In: *Mobile Ad-Hoc Netzwerke, 1. deutscher Workshop über Mobile Ad-Hoc Netzwerke WMAN*, 2002
- 3 J. Yoon, M. Liu, B. Noble: *Random waypoint considered harmful*. In: *IEEE In Proceedings of the 22nd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM)* **2**, 2003