ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

## Random Waypoint ist gefährlich

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

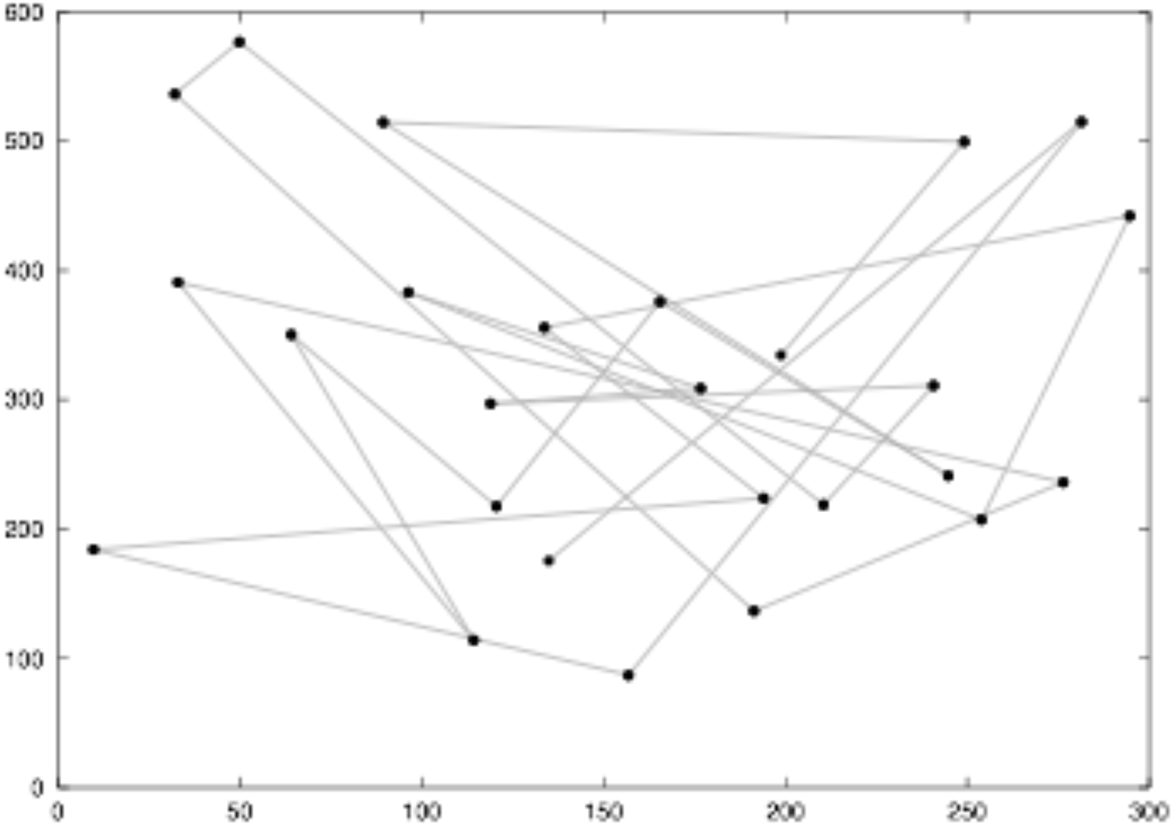
CoNe Freiburg

IIF
INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

# Random Waypoint Mobility Model

- **Wähle zufälliges Ziel in Rechteck**
- **Wähle zufällig Geschwindigkeit aus einem Intervall [$V_{min}$, $V_{max}$]**
- **Bewege auf gerader Linie zum Ziel**
- **Stillstand für eine gegebene Zeit**
- **Gehe zu 1.**

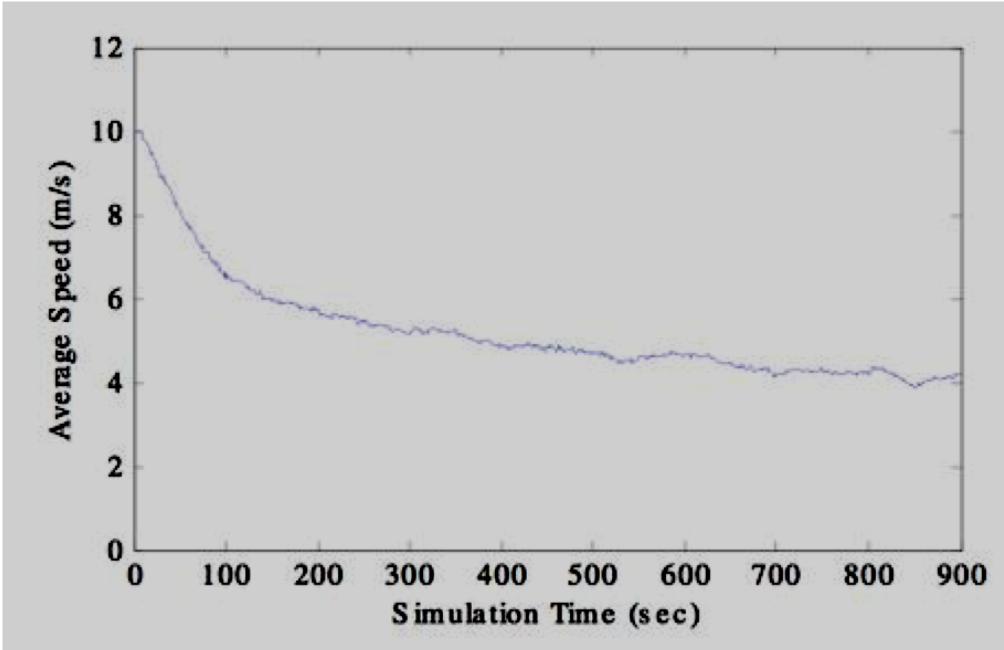
[Camp et al. 2002]




Broch, J; Maltz DA, Johnson DB, Hu Y-C, and Jetcheva J (1998). "A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols" in P*roceedings of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom98), ACM, October 1998*

# Random Waypoint Considered Harmful

- **Yoon, Liu, Noble**
  - Random Waypoint Considered Harmful, INFOCOM 2003, S. 1312-1321
- **Beobachtung**
  - Falls $v_{min}$=0 dann verringert sich die Durchschnittsgeschwindigkeit fortwährend während der Simulation



# Random Waypoint Considered Harmful

- **Random Waypoint ($V_{min}$,$V_{max}$, $T_{wait}$)-Model**
  - Alle Teilnehmer starten mit zufählliger Position (x,y) in [0,1]x[0,1]
  - Alle Teilnehmer $i \in \{1,...,n\}$ wiederholen forwährend:
    - Wähle gleichwahrscheinlich (x',y') in [0,1]x[0,1]
    - Wähle gleichwahrscheinlich $v_i$ aus ($V_{min}$, $V_{max}$]
    - Gehe von (x,y) zu (x',y') mit Geschwindigkeit $v_i$
    - Warte bei (x',y') für Zeit $T_{wait}$.
    - $(x,y) \leftarrow (x',y')$

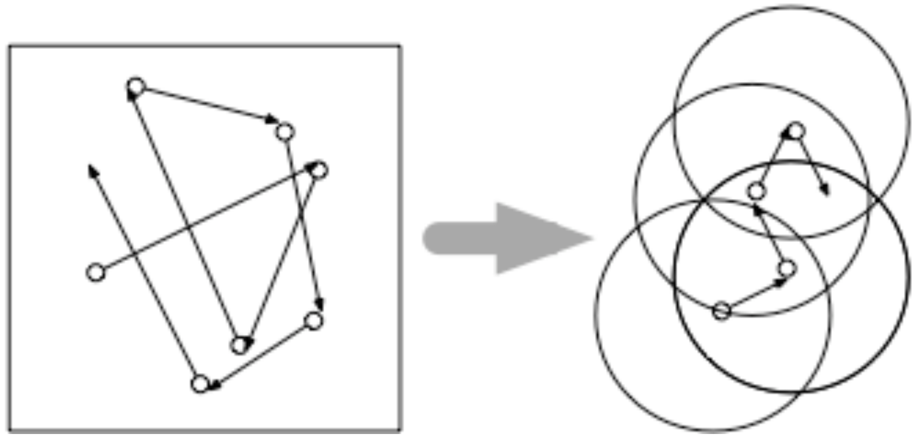
# Random Waypoint Considered Harmful

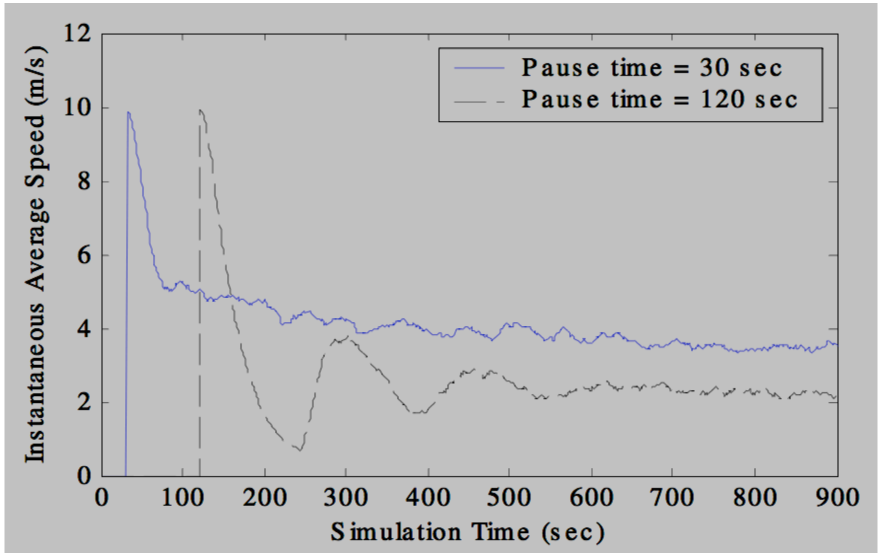
- **Intuition**
  - Durchschnittsgeschwindigkeit $(V_{min} + V_{max})/2$
  - Jeder Punkt wird mit der selben Wahrscheinlichkeit gewählt
  - Das System stabilisiert sich sehr schnell
- **Diese Intuition ist falsch!**

- **Realität**
  - Die Durchschnitts-geschwindigkeit ist kleiner
  - Für $V_{min} = 0$ konvergiert sie immer gegen 0
  - Die Ortswahrscheinlichkeits-verteilung ist ungleichmäßig
  - Das System stabilisiert sich sehr langsam
  - For $V_{min} = 0$ stabilisiert es sich nie

# Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner als erwartet

- **Annahmen für vereinfachte Analyse**
- **Annahme:**
  - Rechteckumgebung wird durch unbeschränkte Ebene ersetzt
  - Nächste Position ist gleichwahrscheinlich in einem Kris mit Radius $R_{max}$ mit der Startposition als Mittelpunkt
- **Weitere Annahme**
  - Pausenzeit ist 0: $T_{wait} = 0$
  - Dies erhöht die Durchschnittsgeschwindigkeit





# Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner als erwartet

- **Wahrscheinlichkeitsverteilung der Geschwindigkeit**

$$V_{\min} \leq v \leq V_{\max}$$

- **gegeben durch**

$$f_V(v) = \frac{1}{V_{\max} - V_{\min}}$$

- **da $f_V(v)$ konstant ist und**

$$\int_{v=V_{\min}}^{V_{\max}} f_V(v)\ dv = 1$$

# Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner als erwartet

- **Wahrscheinlichkeitsverteilung der Distanz r**

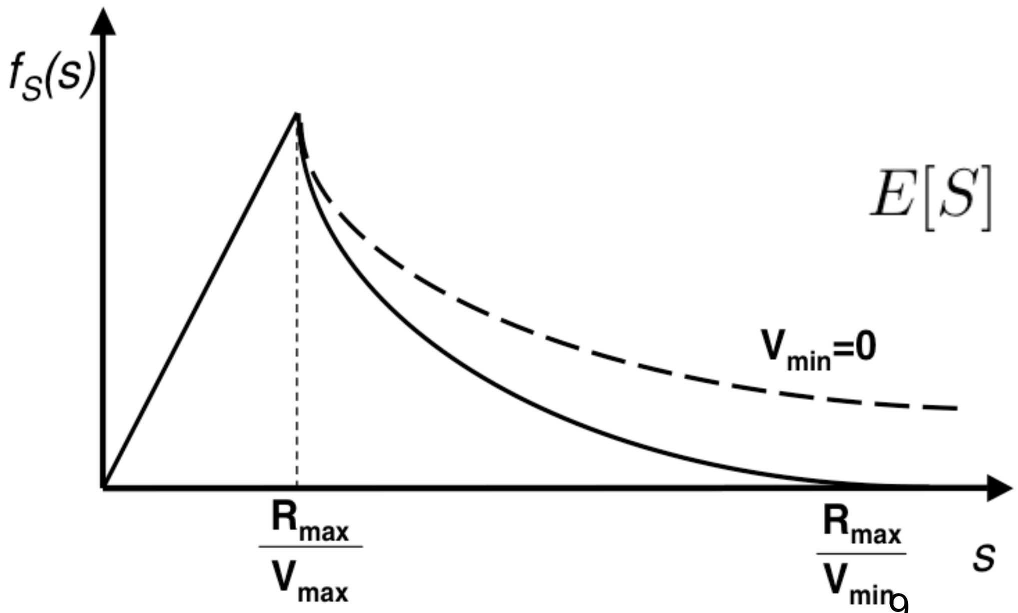
$$f_R(r) = \frac{2r}{R_{\max}^2} \qquad \text{for } 0 \leq r \leq R_{\max}$$

- **Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zeit s**

$$f_S(s) = \begin{cases} \frac{2s}{3R_{\max}^2}(V_{\max}^2 + V_{\min}^2 + V_{\max}V_{\min})\ , & 0 \leq s \leq \frac{R_{\max}}{V_{\max}} \\ \frac{2R_{\max}}{3(V_{\max} - V_{\min})}\frac{1}{s^2} - \frac{2V_{\min}^3}{3R_{\max}^2(V_{\max} - V_{\min})}s\ , & \frac{R_{\max}}{V_{\max}} \leq s \leq \frac{R_{\max}}{V_{\min}} \\ 0 & s \geq \frac{R_{\max}}{V_{\min}}\ . \end{cases}$$

# Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner als erwartet

$$f_S(s) = \begin{cases} \dfrac{2s}{3R_{\max}^2}\left(V_{\max}^2 + V_{\min}^2 + V_{\max}V_{\min}\right) \ , & 0 \leq s \leq \frac{R_{\max}}{V_{\max}} \\[2ex] \dfrac{2R_{\max}}{3(V_{\max} - V_{\min})}\dfrac{1}{s^2} - \dfrac{2V_{\min}^3}{3R_{\max}^2(V_{\max} - V_{\min})} s \ , & \frac{R_{\max}}{V_{\max}} \leq s \leq \frac{R_{\max}}{V_{\min}} \\[2ex] 0 & s \geq \frac{R_{\max}}{V_{\min}} \ . \end{cases}$$




$$E[S] = \frac{2R_{\max}}{3(V_{\max} - V_{\min})} \ln\left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}}\right)$$

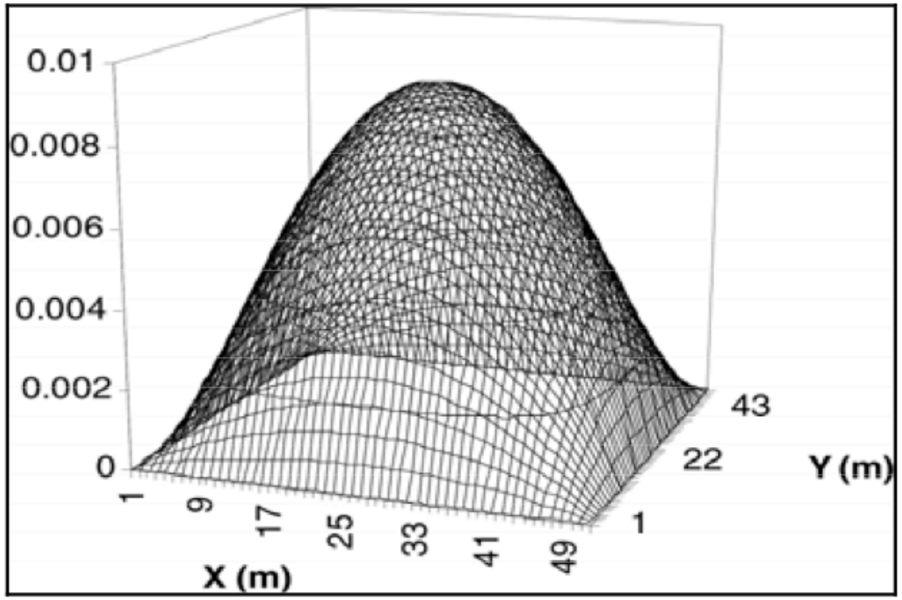
# Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner als erwartet

- **Durchschnitts-geschwindigkeit eines Knoten**

$$
\begin{aligned}
\bar{V} &= \lim_{T \longrightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T v(t)dt \\
&= \lim_{T \longrightarrow \infty} \frac{\sum_{k=1}^{K(T)} r_k}{\sum_{k=1}^{K(T)} s_k} \\
&= \lim_{T \longrightarrow \infty} \frac{\frac{1}{K(T)} \sum_{k=1}^{K(T)} r_k}{\frac{1}{K(T)} \sum_{k=1}^{K(T)} s_k} \\
&= \frac{E[R]}{E[S]} = \frac{V_{max} - V_{min}}{\ln\left(\frac{V_{max}}{V_{min}}\right)}.
\end{aligned}
$$

# Weiteres Problem von Random Waypoint

- **In the limit werden nicht alle Positionen mit gleicher Wahrscheinlichkeit erreicht**
- **Falls die Startposition gleichwahrscheinlich sind**
  - dann verändert sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Positionen mit der Zeit
- **Lösung**
  - Beginne mit der Endwahrscheinlichkeitsverteilung



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

CoNe Freiburg

IIF
INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG