

– Vortragsskript –

# **Werkzeuge für die Modellierung und Simulation in drahtlosen Netzwerken**

© Dipl.-Inf. Marco Günther (TU Chemnitz)

5. Mai 2003

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
1.1	Motivation . . . . .	3
1.2	Welche Arten von Werkzeugen existieren? . . . . .	4
1.3	Anforderungen an eine Simulationsumgebung? . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Animationen</b>	<b>6</b>
2.1	Ad-Hoc Network Simulator (ANSim) . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Netzwerksimulatoren</b>	<b>8</b>
3.1	Global Mobile Information Systems Simulation Library (GloMoSim) . . . . .	8
3.2	Network Simulator 2 (NS2) . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Simulationsumgebungen</b>	<b>13</b>
4.1	Ptolemy Classic . . . . .	13
4.2	Ptolemy II . . . . .	14
4.3	SimPy . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>16</b>
<b>A</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>17</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Motivation

### Probleme

- Zufällig auftretende Ereignisse
- Begrenzte Ressourcen

### Denkbare Szenarien

- "Was passiert wenn ... ?"
- Risikoabschätzung bei Veränderungen
- Ausbildung
- Prüfung zukünftiger Technologien

## 1.2 Welche Arten von Werkzeugen existieren?

- Animationen:
  - ANSim
- Netzwerksimulatoren:
  - GlomoSim
  - NS2
- Simulationsumgebungen:
  - Ptolemy Classic
  - Ptolemy II
  - SimPy

## 1.3 Anforderungen an eine Simulationsumgebung?

- Flexibel erweiterbar:
  - Open-Source
  - Standard Programmiersprache
- Discret-Event-Model
- Unterstützung mobiler Netzelemente:
  - Umgebungsmodelle
  - Ausbreitungsmodelle
  - Mobilitätsmodelle
- Visueller Modeller
- Visualisierungs-Werkzeuge

## 2 Animationen

### 2.1 Ad-Hoc Network Simulator (ANSim)

- Vollständig in Java realisiert
- Primär auf Visualisierung ausgelegt
- Netzwerk wird von oben betrachtet
- Prüft ob Verbindungen möglich sind (Dijkstras)
- Ergebnis der Simulation:
  - Verbindungs-Wahrscheinlichkeit
  - Entfernung
  - Anzahl erreichbarer Nachbarn
  - Mittlere Anzahl Hops von der Quelle zum Ziel
- Keine Implementation von Protokollstacks
- Kein Routing!
- Exportschnittstellen für Ptolemy, GlomoSim
- Mobilitätsmodelle:
  - Random Direction
  - Random Waypoint (/, indirekt, Gauß)
- Keine Ausbreitungsmodelle (feste Reichweite)

## 2 Animationen

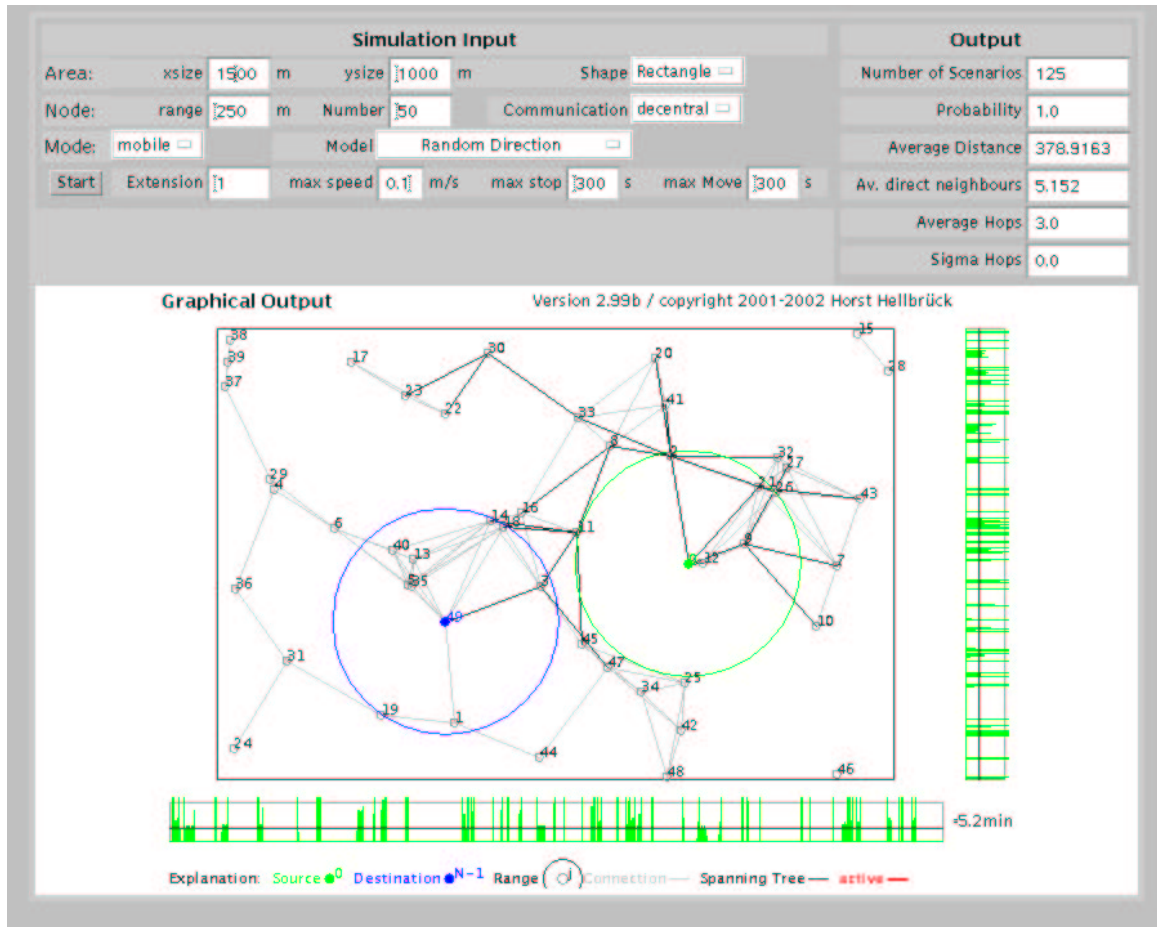


Bild 2.1-1

Vertiefung:

<http://www.i-u.de/schools/hellbrueck/ansim/>

## 3 Netzwerksimulatoren

### 3.1 Global Mobile Information Systems Simulation Library (GloMoSim)

- Skalierbare Simulationsumgebung für drahtgebundene und drahtlose Netzwerke
- University of California (UCLA Parallel Computing Laboratory)
- Nachfolgeprojekt von Maisie
- Basiert auf **Parallel Simulation Environment for Complex systems (PARSEC)**, einer C-ähnlichen Programmiersprache

### 3 Netzwerksimulatoren

```
message ClearedToSend {};
message MACPacket {IP dest; byte buffer[PACKET_SIZE];};
message NetworkPacket {IP dest; byte
buffer[PACKET_SIZE];};
message RadioPacket {IP dest; byte buffer[PACKET_SIZE];};
message RequestClearToSend {IP dest;};

entity MAC_Protocol (IP myIP) {
  bool transmitting;
  enum radio, network;
  message MACPacket macPacket;

  while (true) {
    receive (NetworkPacket np) when (!transmitting) {
      transmitting = true;
      push(np, buffer);
      send RequestClearToSend {np.dest} to radio;
    }
    or receive (ClearedToSend cts) {
      macPacket = buildPacket(pop(buffer));
      send macPacket to radio;
      hold(TRANSMISSION_DELAY);
      transmitting = false;
    }
    or receive {RadioPacket rp) {
      send rp to network;
    }
  }
}
```

- Raum-Zeit-Modell
- Frei verfügbar für Forschung und Bildung (auf Anfrage)
- Komerzielle Version von QualNet
- Tannenbaum'sches 5-Schichten-Modell, API's für jede Schicht
- Umfangreiche Auswahl an Komponenten:

### 3 Netzwerksimulatoren

Layers	Protocols
Mobility	Random waypoint, Random drunken, Trace based
Radio Propagation	Two ray and Free space
Radio Model	Noise Accumulating
Packet Reception Models	SNR bounded, BER based with BPSK/QPSK modulation
Data Link (MAC)	CSMA, IEEE 802.11 and MACA
Network (Routing)	IP with AODV, Bellman-Ford, DSR, Fisheye, LAR scheme 1, ODMRP, WRP
Transport	TCP and UDP
Application	CBR, FTP, HTTP and Telnet

- Konfiguration über eine Konfigurationsdatei
- GloMoSim Visualisation Tool
- PARSEC Visual Environment

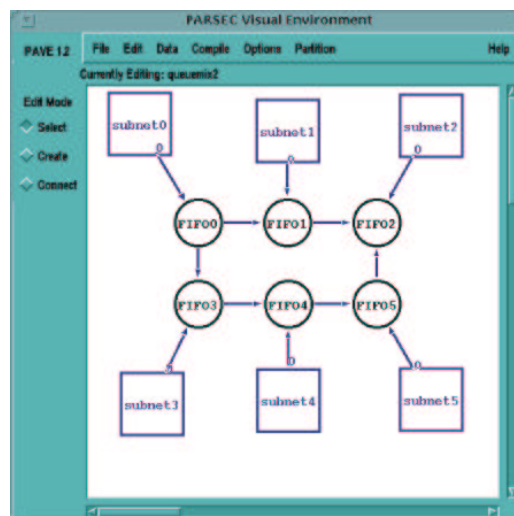


Bild 3.1-1

---

#### Vertiefung:

<http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim/>

<http://pcl.cs.ucla.edu/projects/parsec/>

<http://www.scalable-networks.com/>

## 3.2 Network Simulator 2 (NS2)

- Projekt der University of Southern California (seit ca. 1989)
- Diskret Ereignisgesteuerter Simulator
- Für die Untersuchung von Netzwerken
- C++-basiert mit OTcl-Frontend

ns-simple.tcl [[ns-simple.txt](#)]

- Komponenten:

Layers	Protocols
Mobility	extern
Radio Propagation	Free space, 2-Ray-Ground
Data Link (MAC)	CSMA, IEEE 802.11 etc.
Network (Routing)	Nahezu alle erdenklichen Protokolle
Transport	UDP, TCP, RTP, SRM
Application	CBR, FTP, HTTP and Telnet

- Keine Umgebungsmodelle
- Parallelisierung:

<http://www.cc.gatech.edu/computing/compass/pdns/index.html>

- Riesige Entwicklergemeinde:

<http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-contributed.html>

- Routing
  - Mobility, Wireless, Satellite
  - Topology and Traffic Generators
  - Multicast
- Network Animator (NAM)

### 3 Netzwerksimulatoren

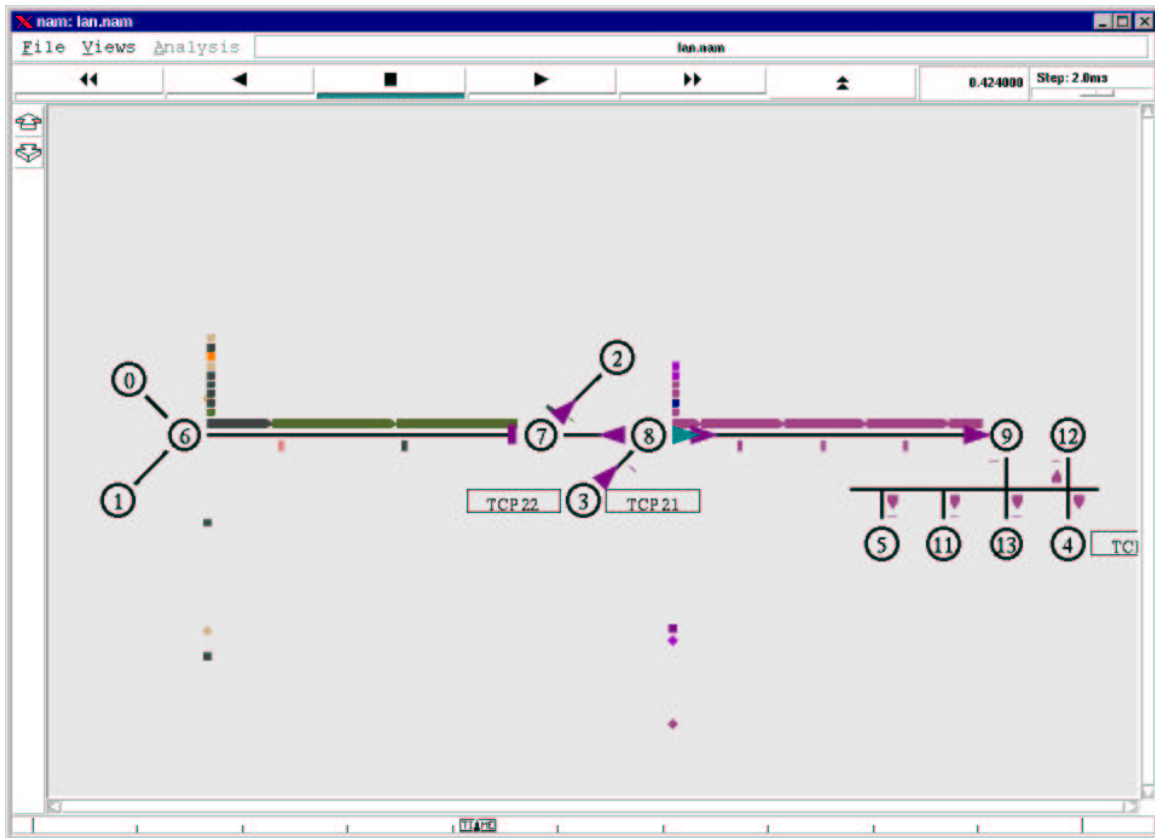


Bild 3.2-1

**Vertiefung:**

<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

# 4 Simulationsumgebungen

## 4.1 Ptolemy Classic

- Kein reiner Netzwerksimulator
- Heterogene Simulations- und Entwurfsumgebung
- Unterstützt verschiedene Berechnungsmodelle:
  - **Continuous Time (CT)**
  - **Discrete Event (DE)**
  - **Synchronous Dataflow (SDF)**
  - **Dynamic Dataflow (DDF)**
  - **Boolean Dataflow (BDF)**
  - **Process Networks (PN)**
  - **Synchronous Reactive (SR)**
  - **Finite State Machine (FSM)**
  - u.v.m.
- C++ basiert mit TCL-Frontend (GUI pigi)
- Letzte stabile Version 0.7.1 (06/1998)
- Komponentenbasierter Ansatz
- Viele Erweiterungen von Dritten:
  - WiNeS - Wireless Network System Simulator  
[http://www.ifn.et.tu-dresden.de/MNS/forschung/projects\\_wines\\_3.html](http://www.ifn.et.tu-dresden.de/MNS/forschung/projects_wines_3.html)
- Dateiformat: binär (.oct)

---

### Vertiefung:

<http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/>

<http://www.ifn.et.tu-dresden.de/MNS/>

## 4.2 Ptolemy II

- Aktuelle Version: 2.0.1 (08/2002)
- Basiert weitestgehend auf den Ansätzen von Ptolemy Classic
- Ist aber vollständig in Java implementiert
- Benötigt unbedingt Java 1.3!
- Umfabreiche Möglichkeiten zur Visualisierung
- Unterstützt Java3D (1.2.1!)
- Berechnungsmodelle:
  - Die von Ptolemy Classic bekannten
  - **Distributed Discrete Event (DDE)**
  - **Communicating Sequential Processes (CSP)**
  - **Timed Multitasking (TM)**
  - **3D-Grafik (GR)**
- Grafische benutzerschnittstelle Vergil
- 01/2003 HyVisual 2.2 - Hybrid Systems Visual Modeler
- Dateiformat: MoML

---

### Vertiefung:

<http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/ptolemyII/index.htm>

<http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/ptolemyII/ptII2.0/ptII2.0.1/doc/index.htm>

## 4.3 SimPy

- Aktuelle Version: 1.0.1 (12/2002)
- Basiert auf Python 2.2
- Co-Routinen (Python's generators)
- Drei Basismodule Prozeß/ Resource/ Monitor
- Discrete-Event-Model

---

**Vertiefung:**

<http://simpy.sourceforge.net/>

<http://www-106.ibm.com/developerworks/linux/library/l-pycon>

# 5 Fazit

- Animationen:
  - Gut geeignet zur Demonstration in der Lehre
- Netzwerksimulatoren:
  - Sowohl GloMoSim als auch NS2 sind hervorragende Umgebungen für die Simulation von Vorgängen in Rechnernetzwerken oberhalb der physikalischen Ebene
  - Vorteile für NS2 da es sich um Open-Source handelt
- Simulationsumgebungen:
  - Ptolemy Classic und Ptolemy II sind ausgereifte Umgebungen zur Simulation und Visualisierung jedes erdenklichen physikalisch, technischen Vorganges
  - SimPy ist ein interessantes Python-Modul, welches man weiter beobachten sollte, die verfügbare Funktionalität ist aber noch weit entfernt von z.B. Ptolemy

# A Abkürzungen

<b>BDF</b>	Boolean Dataflow
<b>CSP</b>	Communicating Sequential Processes
<b>CT</b>	Continuous Time
<b>DDE</b>	Distributed Discrete Event
<b>DDF</b>	Dynamic Dataflow
<b>DE</b>	Discrete Event
<b>FSM</b>	Finite State Machine
<b>GR</b>	3D-Grafik
<b>PARSEC</b>	Parallel Simulation Environment for Complex systems
<b>PN</b>	Process Networks
<b>SDF</b>	Synchronous Dataflow
<b>SR</b>	Synchronous Reactive
<b>TM</b>	Timed Multitasking

# Index

3D-Grafik, 14

Boolean Dataflow, 13

Communicating Sequential Processes, 14

Continuous Time, 13

Discrete Event, 13

Distributed Discrete Event, 14

Dynamic Dataflow, 13

Finite State Machine, 13

Parallel Simulation Environment for Complex systems, 8

Process Networks, 13

Synchronous Reactive, 13

Synchronous Dataflow, 13

Timed Multitasking, 14