



# Unterbrechungstolerante drahtlose Sensornetze $\mu$ DTN

Georg von Zengen

# Gliederung

Einleitung

Umsetzung

Evaluation

Zusammenfassung

# Gliederung

Einleitung

Umsetzung

Evaluation

Zusammenfassung

# Ziele

- Grundfunktionen eines unterbrechungstoleranten Netzes
- Kompatibilität zum Bündelprotokoll aus RFC5050
- Modularer Aufbau des Systems
- Implementierung für Contiki
- Evaluierung des Systems

# Motivation

- WSNs übertragen Daten oft zu einem zentralen Punkt
- Ende-zu-Ende Verbindung kann nicht gewährleistet werden
- TCP/IP kann mit langen Unterbrechungen nicht umgehen

# Bündelprotokoll nach RFC5050

## Bündelschicht

- Ende-zu-Ende Schicht
- Kann auf jede Schicht aufgesetzt werden
- Ersetzt Schichten bis zur Anwendungsschicht
- Store-and-Forward-Modell

## Bündel

- Ein Primärblock, ein Nutzdatenblock, mehrere weitere Blöcke
- **Primärblock:** Header
- **Nutzdatenblock:** Enthält Nutzdaten für Anwendungen
- **Weitere Blöcke:** Sind nicht weiter spezifiziert

# Compressed bundle header encoding

- Bündelprotokoll Adressiert über Strings
- Adressierungsstrings werden durch Zahlen ersetzt
- `dtn://node/service` → `42:23`
- Kleinerer Primärblock
- Kein Dictionary

# Gliederung

Einleitung

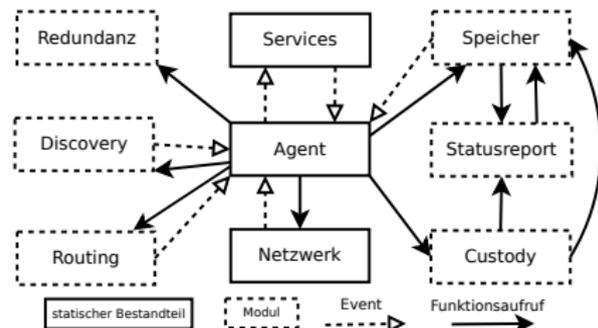
**Umsetzung**

Evaluation

Zusammenfassung

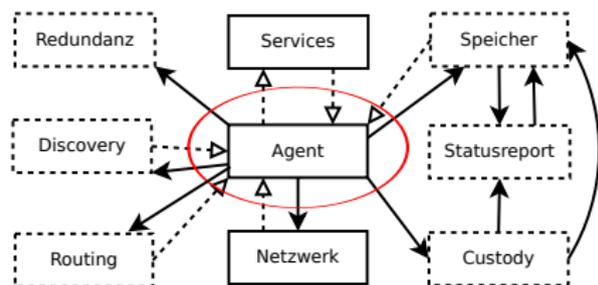
# Architektur

- Modular
- Kern ist fester Bestandteil
- Kern läuft als Prozess
- Modul übernimmt spezifizierten Aufgabenbereich
- Module durch eigene Implementierungen ersetzbar
- Speichereffizienz wichtiger als Geschwindigkeit



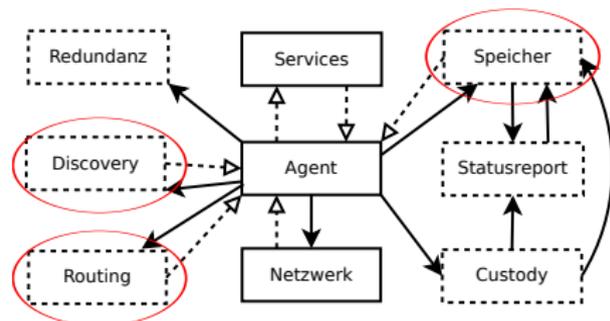
# Agent

- Koordiniert die Module
- Events informieren über Ereignisse der Module
- Steuert Module über Funktionsaufrufe
- Stellt Interface für Services
- Kommuniziert mit der MAC-Schicht



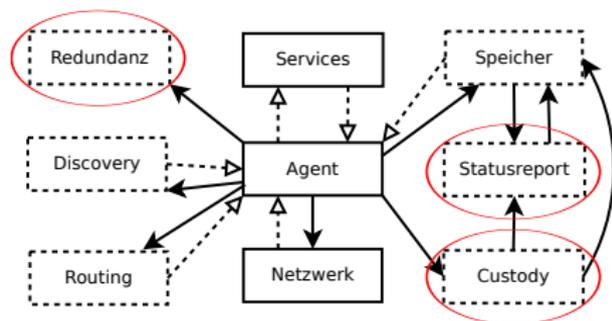
# Module

- **Discovery:** Sucht nach Knoten in Reichweite
- **Routing:** Entscheidet welche Bündel an welche Knoten gesendet werden
- **Speicher:** Speichert Bündel und vergibt interne Bündel-ID



# Module 2

- **Redundanz:** Verhindert mehrfache Auslieferungen
- **Statusreport:** Verarbeitet Statusreports
- **Custody:** Verwaltet Custody-Transfer für Bündel



# Gliederung

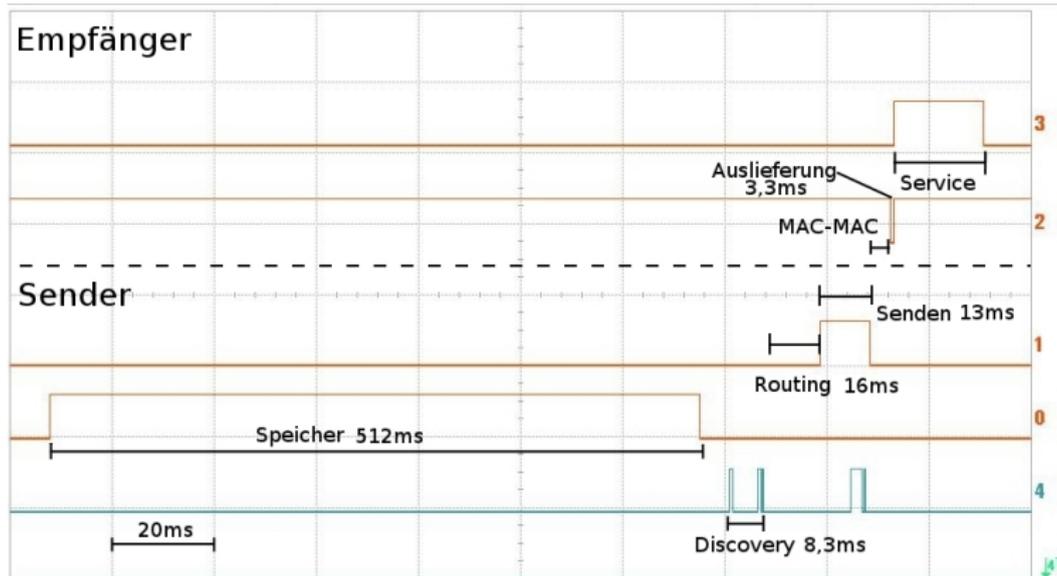
Einleitung

Umsetzung

**Evaluation**

Zusammenfassung

# Zeitbedarf der Verarbeitung



angegeben sind die durchschnittlichen Zeiten

# Speicher

## Problem

- Speichern benötigt mehr Zeit als die restliche Verarbeitung

## Lösung

- RAM-Speichermoduls
- Löscht ältestes Bündel
- RAM-Speichermoduls benötigt 4ms zum Speichern eines Bündels

# Discovery

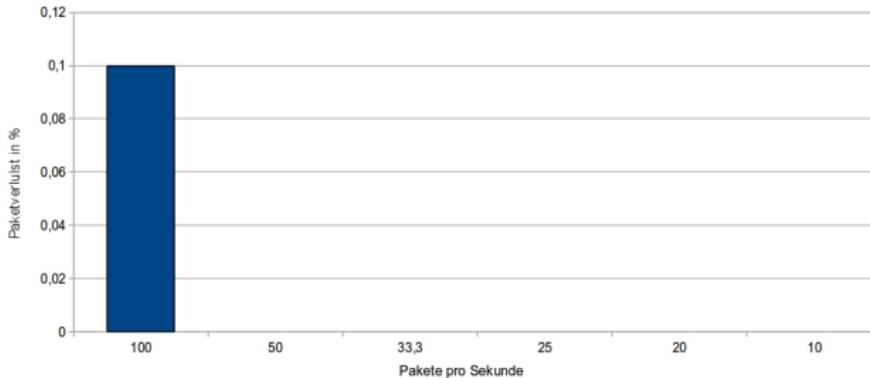
## Problem

- Direkte Übertragung in Multihop-Versuchen

## Lösung

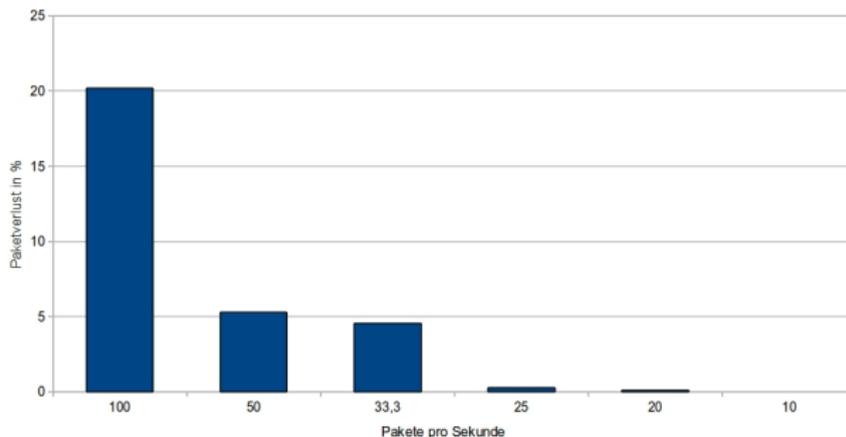
- Statisches Discovery
- Gibt direkt fest einprogrammierte Adresse zurück
- Auch in Singlehop-Versuchen verwendet

# Bündelverlust Singlehop



- 0,1% Bündelverlust durch Kollisionen
- Bündel können nicht erneut übertragen werden, da sie überschrieben wurden

# Bündelverlust Multihop



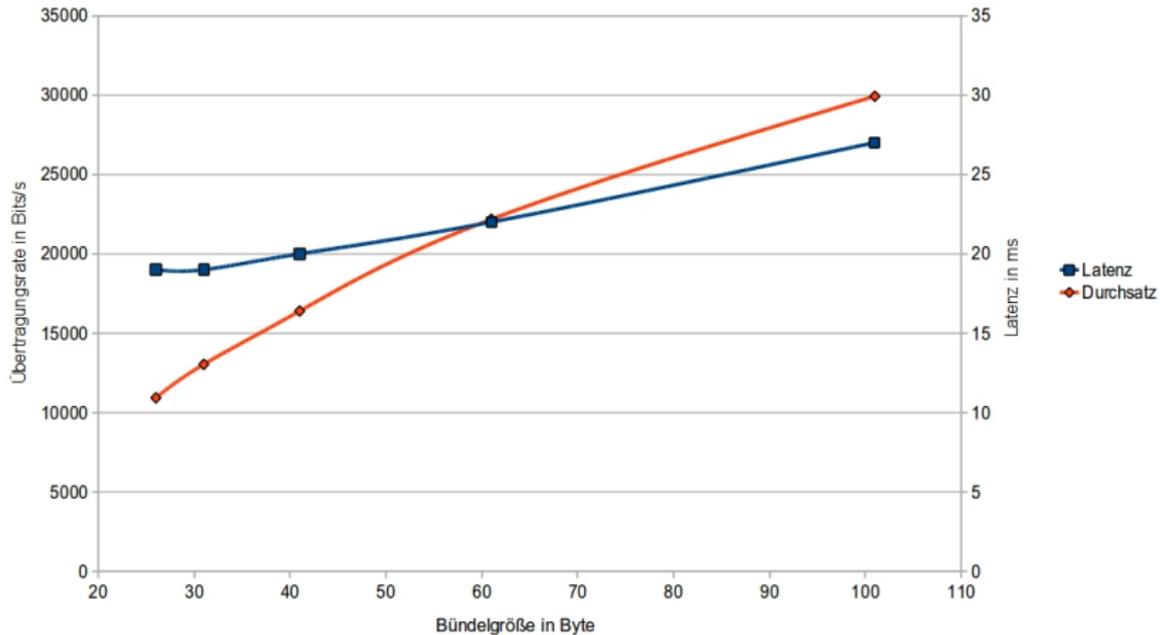
- **100 Bündel/s:** Bündel werden schneller gesendet als Weitergeleitet
- **50 und 33 Bündel/s:** Bündelverlust durch Kollisionen
- **$\leq 25$  Bündel/s:** System kann Kollisionen ausgleichen

# Durchsatz

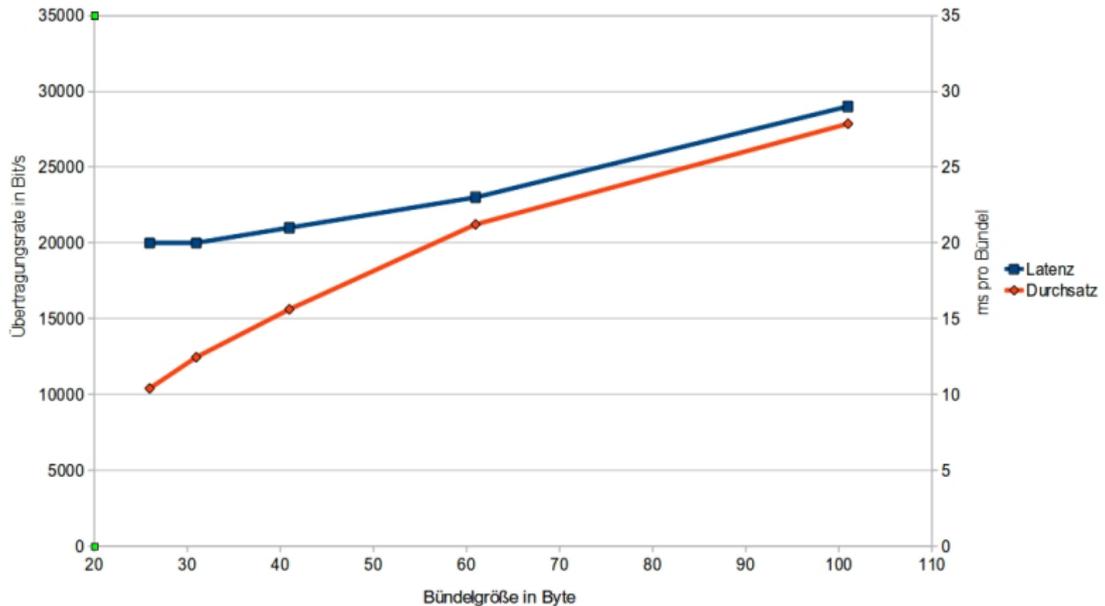
- 1000 Bündel gesendet
- Messung der benötigten Zeit mittels Oszilloskop

$$\text{Durchsatz} = \frac{\text{erfolgreich gesendete Bündel} \times \text{Bündelgröße}}{\text{benötigte Zeit}}$$

# Durchsatz Singlehop



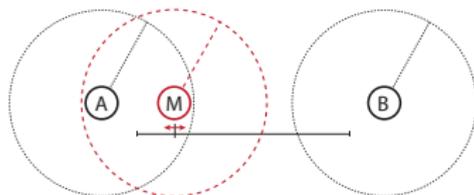
# Durchsatz Multihop



# Unterbrechungstoleranz

## Aufbau

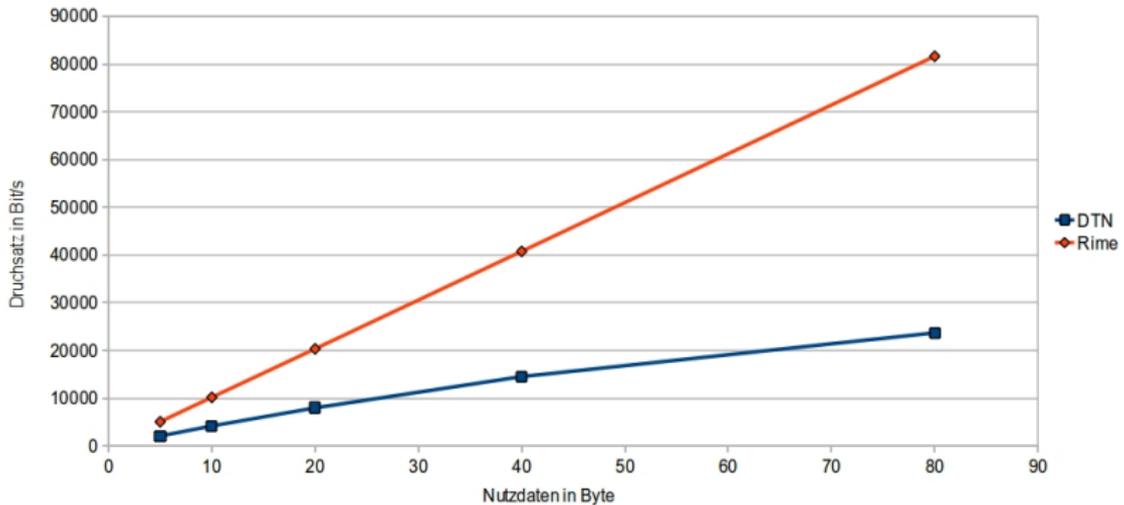
- In Cooja simuliert
- Zwei Knoten außerhalb der gegenseitigen Reichweite
- Dritter pendelt in 60 Sekunden zwischen den Beiden



## Ergebniss

- 0% Bündelverlust

# Vergleichsmessung mit RIME



# Gliederung

Einleitung

Umsetzung

Evaluation

Zusammenfassung

# Zusammenfassung

## Umsetzung

- Es wurde ein modulares System entwickelt
- Speichereffizienz wurde über Geschwindigkeit gestellt
- Das System ist zu RFC5050 kompatibel

## Evaluation

- Es arbeitet zuverlässig
- Flash-Speicher ist zu langsam
- Langsamer als Rime

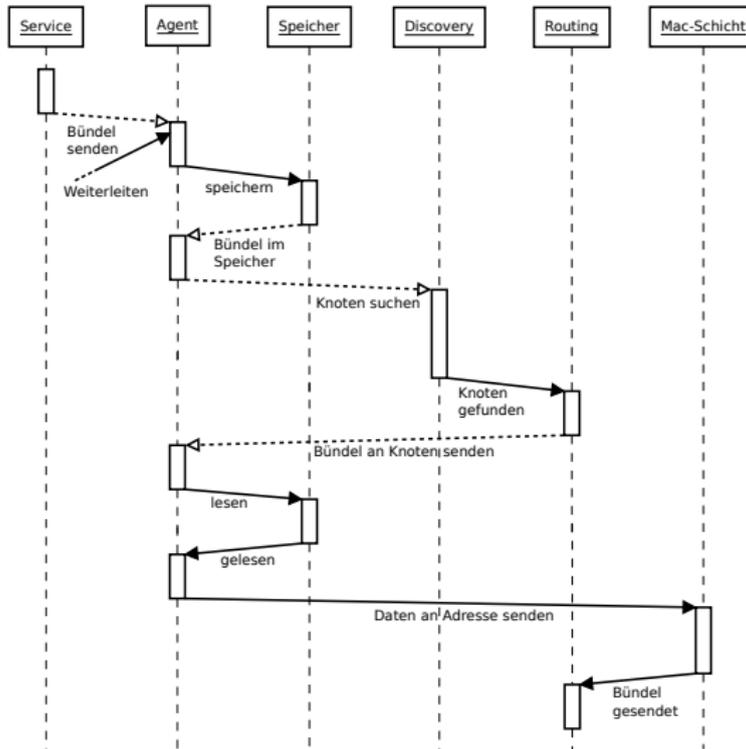
# Fragen?

Georg von Zengen  
g.vonzengen@tu-bs.de

# Ausblick

- schneller persistenter Speicher
- performanteres RAM-Management
- Discovery- und Routing-Module

# Zeitlicher Ablauf beim Senden eines Bündels



# Drahtlose Sensornetzwerke

## Netz aus Sensorknoten

- Sensoren
- Mikrocontroller
- Funkmodul
- Batterie

## Tmote Sky

- Contiki



[www.snm.ethz.ch](http://www.snm.ethz.ch)