



Rescue Szenario

Sensorik zur
Gebäudeüberwachung



- **Einleitung**
 - Problemstellung
 - Anwendungsbereiche
 - Anforderungen
- **Sensornetz**
 - MAC-Protokoll
 - Zeitsynchronisation
 - Positionsbestimmung
- **Übermittlung der Daten an die Leitstelle**

Überblick



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- **Einleitung**
 - Problemstellung
 - Anwendungsbereiche
 - Anforderungen
- **Sensornetz**
 - MAC-Protokoll
 - Zeitsynchronisation
 - Positionsbestimmung
- **Übermittlung der Daten an die Leitstelle**

Problemstellung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Szenario: „Gebäudebrand“
 - Gebäudebrände sind für Rettungskräfte eine besondere Gefahrensituation:
 - Enger Raum
 - Gebäudepläne nicht bekannt
 - An welchen Stellen brennt es
 - In welchem Umfang brennt es
 - Bei Bränden in industriellen Produktionsanlagen, wie z.B. einer chem. Fabrik, ist eine genaue Kenntnis über die Produktionsstoffe für die Art der Brandbekämpfung entscheidend
 - Hilfskräften brauchen so viele Informationen wie möglich über den Einsatzort, um sich bestmöglich auf ihre Aufgabe konzentrieren zu können

Datenerfassung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Welche Daten können erfasst werden:
 - Brandmelder zur Lokalisation der Brände
 - Temperaturwerte
 - Informationen über die in den Produktionsanlagen eingesetzten Stoffe
 - Zusammensetzung der Umgebungsluft
 - Positionsdaten der Arbeiter
 - Informationen über die Vitalfunktionen der Arbeiter

Sensorik im Gebäude



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Sensoren bereits vor dem Brand vorhanden
 - Stationäre Sensoren
 - z.B. Informationen über die Produktionsanlagen
 - Mobile Sensoren
 - z.B. Positionsdaten der Arbeiter

- Erst im Unglücksfall installierte Sensoren
 - Stationäre Sensoren
 - z.B. zusätzliche Temperatursensoren
 - Mobile Sensoren
 - z.B. Positionsermittlung der Helfer

Anwendungsbereiche



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

■ **Weitere Anwendungsbereiche / aktuelle Forschungsprojekte**

- **Militär** (DARPA (Department of Defense's Advanced Research Projects Agency) und University of California, Berkeley): Sensoren zur Aufzeichnung von Fahrzeugbewegungen werden mit Hilfe von Drohnen abgeworfen
- **Medizin**: Prävention von Krankheiten, Überwachung von Patienten, Ersetzen der menschlichen Sinne
- **Great Duck Island** (College of the Atlantic, University of California, Berkeley und Intel Research Laboratory, Berkeley): Erforschung und Lebensraumüberwachung einer seltenen Vogelart
- **Smart Kindergarten** (National Science Foundation, University of California, Los Angeles): Kindererziehung, individualisierte Lernmöglichkeiten

Anforderungen



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

■ Sensorknoten

- Klein
- Robust
- Zuverlässig
- Lange Lebensdauer
- Geringer Energieverbrauch
- Lange Ruhephasen, aber kurzfristig hohes Verkehrsaufkommen möglich
- Kostengünstig
- Funkbasiert

Anforderungen



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

■ Sensornetz

- Große Anzahl Knoten
- Dynamisches Ad-hoc Netzwerk
- Tolerant gegenüber Knotenausfall (Feuer)
- Stationäre wie auch mobile Knoten vorhanden
- Knoten haben nur begrenzte Rechenleistung
- Nur begrenzte Energiereserven vorhanden

Überblick



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Einleitung
 - Problemstellung
 - Anwendungsbereiche
 - Anforderungen
- **Sensornetz**
 - MAC-Protokoll
 - Zeitsynchronisation
 - Positionsbestimmung
- Übermittlung der Daten an die Leitstelle

Sensoren



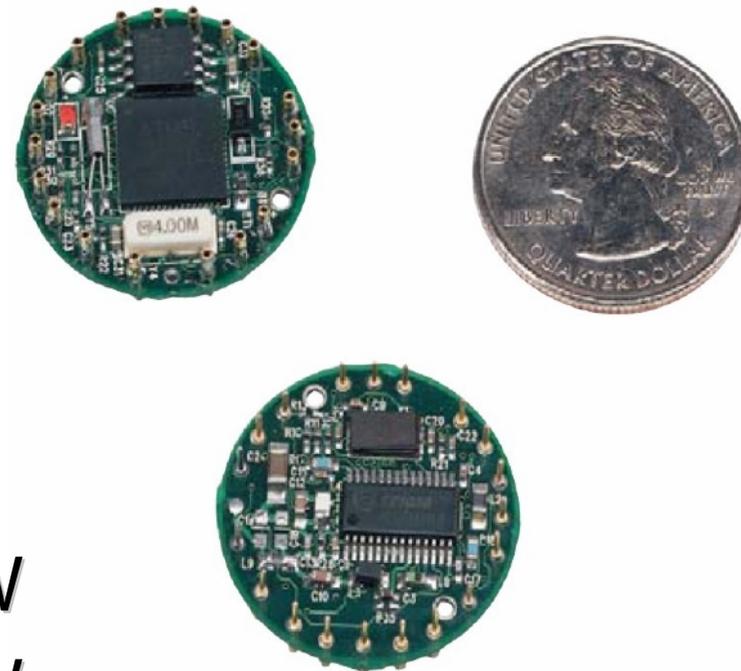
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Berkeley – Motes

■ Mica2Dot – Mote

- Atmel ATMega 128L
- Active Power: 8 mW
- Sleep Power: 75 μ W
- Data rate: 38,4 kbps
- Receive Power: 29 mW
- Transmit Power 42 mW



Sensornetz



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Einzelne Sensoren müssen Daten austauschen und weiterleiten können
 - ➔ gemeinsames Sensornetz nötig

- Wahl eines geeigneten MAC-Layer-Protokolls (MAC = Medium Access Control)

- Auswirkungen auf Umsetzung der gestellten Anforderungen
 - möglichst geringer Energieverbrauch der Knoten
 - aber auch die anderen Anforderungen betroffen

Traditionelle MAC-Protokolle



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Traditionelle MAC Protokolle sind optimiert auf:
 - hohen Durchsatz
 - geringe Latenz
 - Fairness
- Allerdings häufig in Bezug auf den Energieverbrauch ineffizient, z.B. WirelessLAN (CSMA/CA-Verfahren): Problem des Idle Listening sorgt für hohen Energieverbrauch

Idle Listening: Ein Knoten hört das Medium ab, obwohl kein Sender aktiv ist. (Das Empfangen und Horchen braucht ähnlich viel Energie, wie das Senden.)

Protokolle für Sensornetzwerke



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Protokoll gesucht mit folgenden Eigenschaften:
 - Wenig Idle Listening
 - Lange Schlafphasen
 - Möglichst wenig Kollisionen
 - Geringer Kommunikationsoverhead
 - Sparsamer Umgang mit den limitierten Energieressourcen

- Speziell für Sensornetze entwickelte Protokolle:
 - S-MAC
 - T-MAC
 - Berkeley-MAC

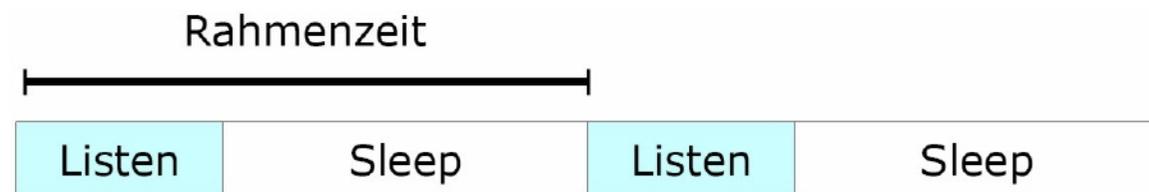
S-MAC (Sensor MAC)



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Knoten haben einen bestimmten Ablaufplan (schedule)
 - Listen und Sleep-Perioden
 - Längere Sleep-Phasen
 - geringerer Energieverbrauch
 - längere Inaktivitätsphasen



- Ablauf
 - Bildung möglichst großer Verbünde (cluster) und Einigung auf einen gemeinsamen Ablaufplan
 - Knoten in mehreren Verbänden müssen allen Ablaufplänen folgen, um eine Übertragung über die Verbundgrenzen hinaus zu ermöglichen
 - Listenphase unterteilt in 2 Phasen: Sync-Phase und RTS/CTS-Phase bzw. Datenübertragungsphase

S-MAC (Sensor MAC)



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

■ Bewertung:

- Problematisch: die Randknoten verbrauchen wesentlich mehr Energie. Sie werden aber als Bindeglied zwischen den Verbänden dringend benötigt
- Positiv: Energieeinsparung gegenüber 802.11

T-MAC (Timeout MAC)

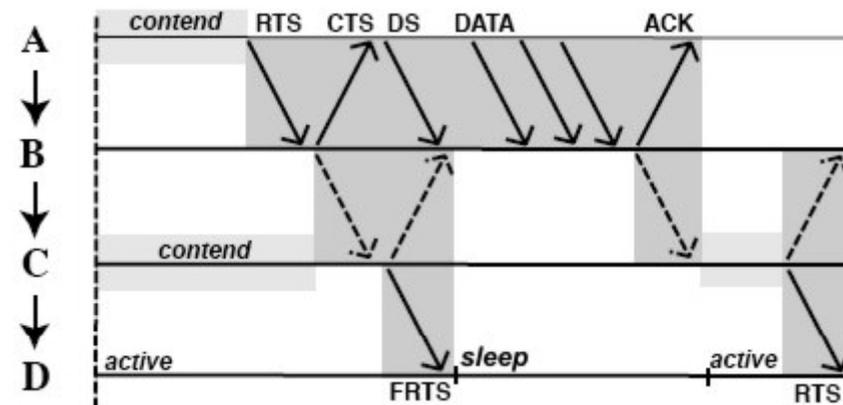


Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Verbesserung von S-MAC
- Knoten geht sofort in den Sleep-Zustand über, wenn er kein RTS für sich empfängt
- Problem bei mehreren sendewilligen Knoten
 - A sendet B, C möchte an D senden
 - C muss Übertragung an B abwarten, um keine Kollision zu erzeugen
 - Nach Ende der Übertragung kann C senden, aber D bereits wieder in Schlafphase

- Lösung: Senden eines zukünftigen Sendeantrags (FRTS, future request to send), um dem Empfänger den Sendewunsch mitzuteilen



T-MAC (Timeout MAC)



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- **Bewertung:**
 - weniger Idle Listening als bei S-MAC
 - mehr Verwaltungsaufwand

- **stark schwankendes Nachrichtenaufkommen**
 - T-MAC energieeffizienter als S-MAC

- **Gleichbleibendes Nachrichtenaufkommen**
 - kaum Unterschiede

Berkeley-MAC / B-MAC



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Design
 - kurzfristig ein hohes Verkehrsaufkommen
 - übermittelten Pakete relative kurz (ca. 30 Bytes)
 - eine eindeutige Basisstation, Ziel aller Nachrichten
 - Baumstruktur, jeder Knoten kennt seinen Vater
- Basiert auf dem CSMA-Prinzip, allerdings vor dem lauschen auf dem Medium zufällige Zeitspanne im Schlafmodus warten → Vermeidung von Kollisionen
- keinerlei Kontrollpakete, stattdessen Parenting

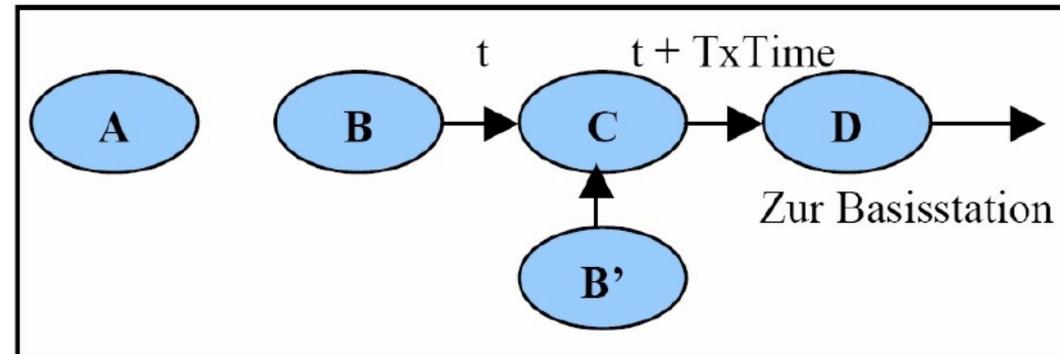
B-MAC: Parenting



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- B sendet an C, A möchte an B senden
- A hört das B an C sendet und weiß, dass C das Paket an D weitersenden wird



- A wartet $t + \text{TxTime}$ ab bis C die Übertragung abgeschlossen hat, um eine Kollision bei B zu vermeiden
- A sendet an B
- Indirekte Empfangsbestätigung: B sendet an C, C sendet an D, B hört eigene Nachricht von C
- Wenn B' (außerhalb des Empfangsbereichs von A) an C sendet bekommt dies A nicht mit und sendet ebenfalls → Kollisionsgefahr

Berkeley-MAC / B-MAC



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- **Bewertung**
 - Hoher Energieverbrauch durch Parenting, da Medium ständig überwacht werden muss
 - Parenting setzte es eine gewisse Symmetrie der Knotenabstände voraus
 - kein Overhead durch Kontrollpakete

- **Berkeley-MAC sinnvoll bei relativ hohem Übertragungsvolumen → wenig Idle Listening**

- **Verbesserung und Erweiterung von Berkeley-MAC durch Polastre, Culler (2004)**

- **Berkeley-MAC unterstützt in TinyOS**

Zeitsynchronisation



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Zeitbestimmung in Sensornetzwerken notwendig für
 - Auswertung von Ereignissen (Dauer, Bewegungsgeschwindigkeit, etc.)
 - Positionsbestimmung durch Signallaufzeit
 - Steuerung (z.B. Messung immer zur vollen Stunde)

- **NTP (Network Time Protocol)**
 - Problematisch in Sensornetzwerken, da prinzipiell zu jedem Zeitpunkt Nachrichten empfangen und gesendet werden können → Hoher Energieverbrauch

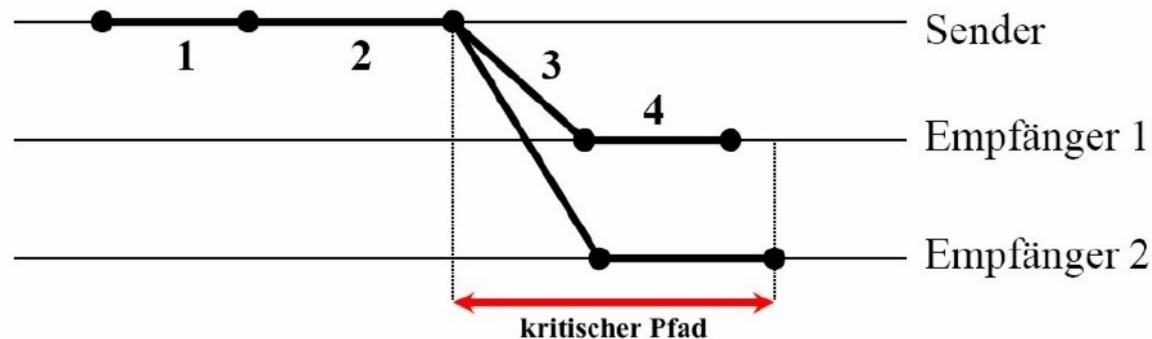
RBS (Reference Broadcast Syn.)



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Über ein Broadcast-Signal werden alle Empfänger synchronisiert
 - Sender sendet die aktuelle Zeit per Broadcast
 - Alle Empfänger ermitteln Empfangszeit anhand ihrer lokalen Uhren
 - Empfänger tauschen ihre Empfangszeiten aus → Ermittlung des gegenseitigen Uhrendrifts

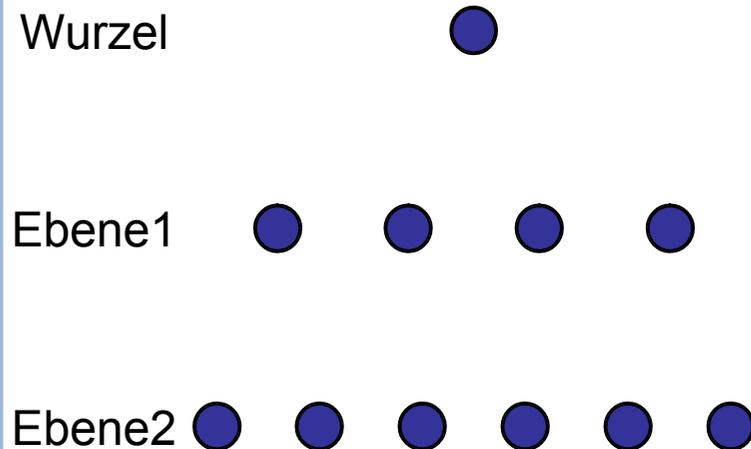


TPSN (Timing-sync Protocol for Sensor Networks)



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences



- Synchronisation orientiert sich an Baumstruktur
 - Wurzelknoten startet Synchronisation
 - Jeder Knoten aus der 1. Ebenen holt sich die Zeit von der Wurzel
 - Die Knoten aus der 2. Ebene bekommen dies mit und starten daraufhin ebenfalls eine Zeitanfrage bei der Ebene 1

Positionsbestimmung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- **Sensorknoten mit GPS**
 - Teuer
 - Hoher Energieverbrauch
 - Bei stationären Knoten nur einmaliger Gebrauch
 - **Im Gebäude nicht nutzbar**

- **Idee: Lokalisation mit Hilfe einiger fester Sensoren, deren Position bekannt ist**
 - Signalstärke, Signallaufzeit
 - Ultraschall

Überblick



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Einleitung
 - Problemstellung
 - Anwendungsbereiche
 - Anforderungen
- Sensornetz
 - MAC-Protokoll
 - Zeitsynchronisation
 - Positionsbestimmung
- Übermittlung der Daten an die Leitstelle

Kommunikation zur Leitstelle



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Übermittlung der Sensordaten an Datensenke
- Redundante Auslegung, um bei Ausfall Kommunikation aufrecht erhalten zu können
- Übermittlung der Daten an die Leitstelle durch redundant ausgelegte abgesicherte Internetverbindung

Literatur (Auszug)



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- F. Zhao, L.J. Guibas: *Wireless Sensor Networks - An Information Processing Approach*, Elsevier 2004
- H. Karl, A. Willig: *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, John Wiley & Sons 2005
- A. Woo, D.Culler: *A Transmission Control Scheme for Media Access in Sensor Networks*, 2001

Abschlussbemerkung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit
- Fragen und Diskussion