



ALBERT-LUDWIGS-  
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

**Drahtlose Sensornetze: MAC  
STEM, Preamble Sampling, S-MAC**

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



# Mediumzugriff

## MAC

- ▶ **Verhinderung von Kollisionen auf dem Medium**
- ▶ **Faire und effiziente Bandbreitenverteilung**
- ▶ **MAC für WSN**
  - Regelt Schlafzyklen für Teilnehmer
  - Verhindert Wartezeit bei aktivem Empfang
- ▶ **Standardprotokolle sind für WSN nicht anwendbar**
  - Energieeffizienz und Schlafzeiten müssen hinzugefügt werden

# MACA und WSN

## ▶ **MACA:**

- Kanal muss für RTS und CTS abgehört werden
- Aufwachende Knoten können bestehende Kommunikation stören

## ▶ **Lösung in IEEE 802.11:**

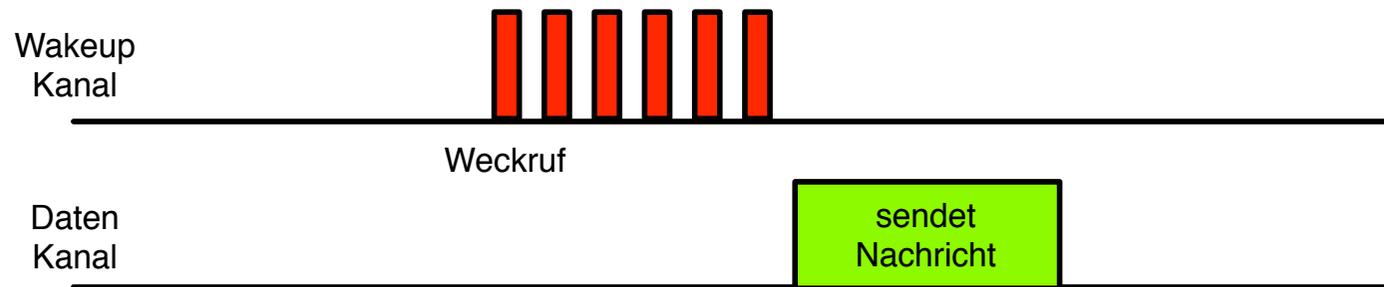
- Announcement Traffic Indication Message (ATIM)
  - Bewahrt Empfänger vor Schlafzyklus
  - Und informiert über anstehende Pakete
  - Wird im Beacon-Intervall gesendet
- Ohne anstehendes Paket kann der Client seinen Empfänger (kurzzeitig) ausschalten

# STEM

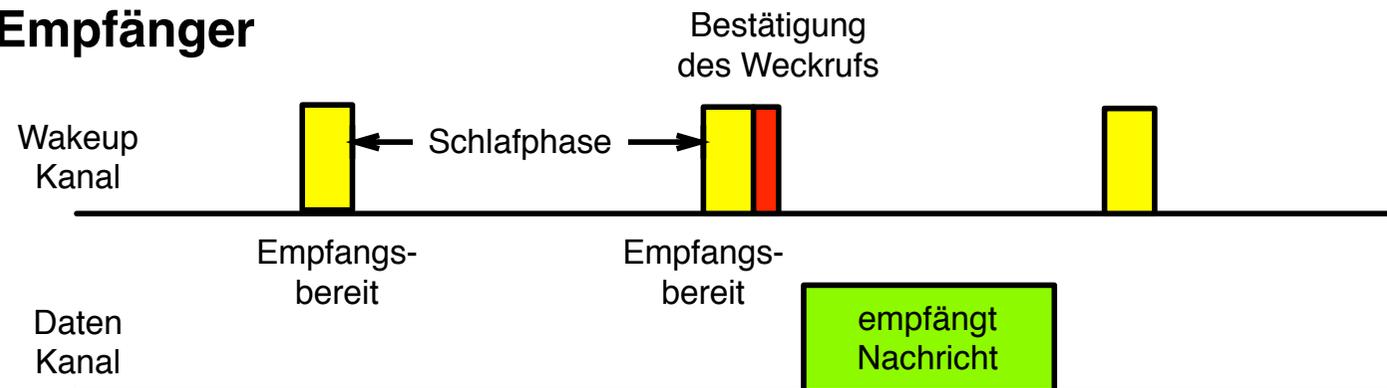
- ▶ **Schurgers, Tsiatsis, Srivastava**
  - STEM: Topology Management for Energy Efficient Sensor Networks, IEEEAC 2001
- ▶ **Sparse Topology and Energy Management (STEM)**
- ▶ **Spezielle Hardware mit zwei Kanälen**
  - Wakeup-Kanal
  - Datenkanal
- ▶ **Keine Synchronisation**
- ▶ **Kein RTS/CTS**
- ▶ **Geeignet für dezentrales Multi-Hop-Routing**

# STEM

## Sender



## Empfänger



# STEM

## Sparse Topology and Energy Management Protocol

- ▶ **Wakeup-Kanal**
  - Sender kündigt Nachricht an
  - Ankündigung wird wiederholt bis Empfänger quittiert
  - Empfänger schläft in Zyklen
- ▶ **Datenkanal**
  - dient zur ungestörten Übertragung
- ▶ **Kein RTS/CTS**
- ▶ **Kein Carrier Sensing**

# Diskussion STEM

- ▶ **Schlafzyklen sorgen für Effizienz beim Datenempfang**
  - Effizienz im Vergleich zu MACA lässt sich beliebig steigern
  - Führt aber zum Anstieg der Latenz
- ▶ **Zu lange Schlafzyklen**
  - erhöhen den Energieverbrauch beim Sender
  - führt zu Datenstau im Netzwerk
- ▶ **Fehlende Kollisionsvermeidung**
  - kann bei erhöhten Datenaufkommen zu langen Wartezeiten und erhöhten Energieverbrauch führen

# STEM

## ▶ STEM

- kann kombiniert werden mit GAF (Geographic Adaptive Fidelity)
- GAF reduziert die Sensordichte, indem in einem kleinen Quadrat nur ein Sensor als Zwischenknoten aktiviert wird

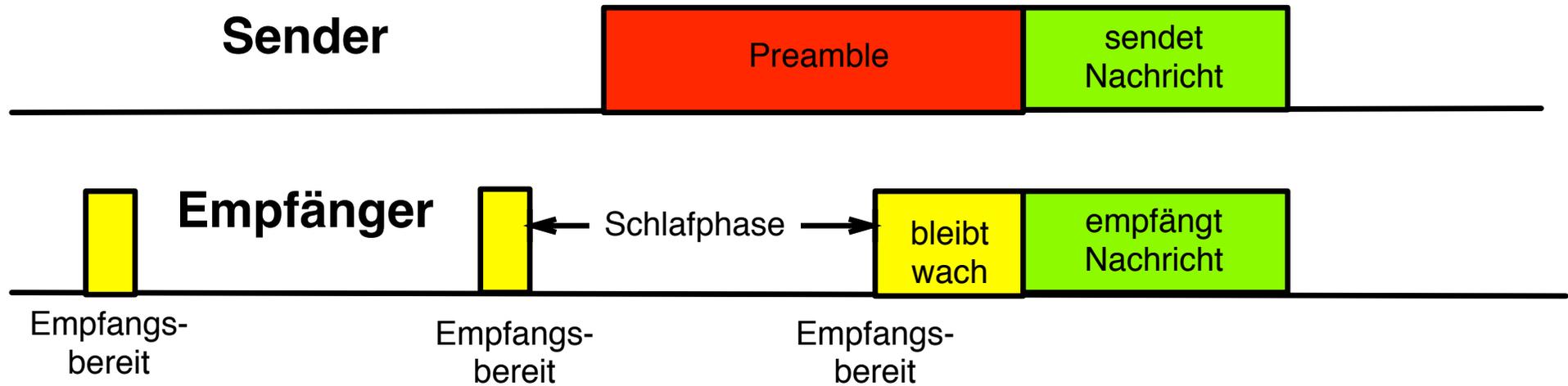
## ▶ STEM-T

- verbindet STEM mit busy-Signal zum Aufwecken und zur Absicherung der Kommunikation

# Preamble Sampling

- ▶ **Nur ein Kanal vorhanden und Keine Synchronisation**
- ▶ **Empfänger**
  - wird nach Schlafperiode wach
  - horcht Kanal wegen Nachrichten ab
- ▶ **Sender**
  - sendet lange *Preamble*
  - und das Paket im Anschluss

# Preamble Sampling



# Effizienz von Preamble Sampling

- ▶ **Wenig Nachrichten**
  - Besser: lange Schlafperioden
  - Empfänger bestimmen Gesamtenergieverbrauch
- ▶ **Viele Nachrichten**
  - Kurze Schlafperioden
  - Sender bestimmen Energieverbrauch
- ▶ **Es gilt für Preamble-Zeit  $T$  und Konstanten  $c$ ,  $c'$ ,  $c''$ :**

$$\text{Energie} = cT + \frac{c'}{T} + c''$$

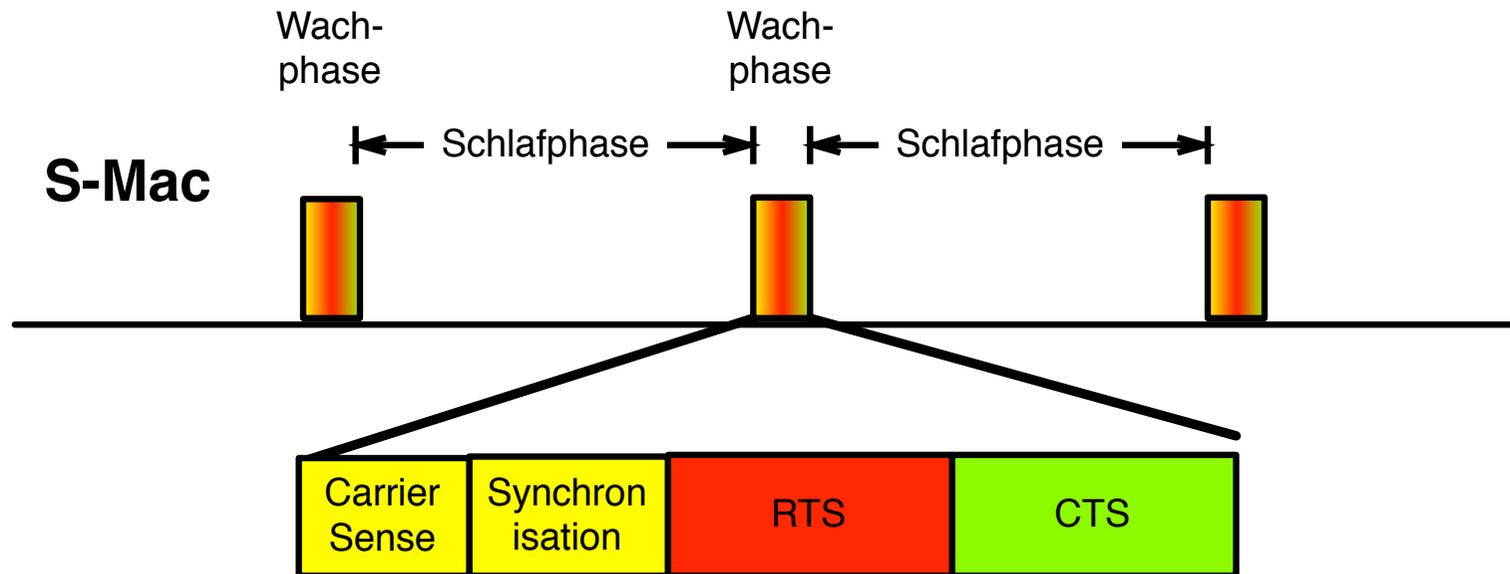
# Sensor-Mac

- ▶ **Ye, Heidemann, Estrin**
  - An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks, INFOCOM 2002
- ▶ **Synchronisierte Schlaf und Wachzyklen**
- ▶ **MACA (RTS/CTS)**
  - für Kollisionsvermeidung
  - und Erkennung für mögliche Schlafzyklen

# Aufbau S-MAC

## ▶ Wachphase

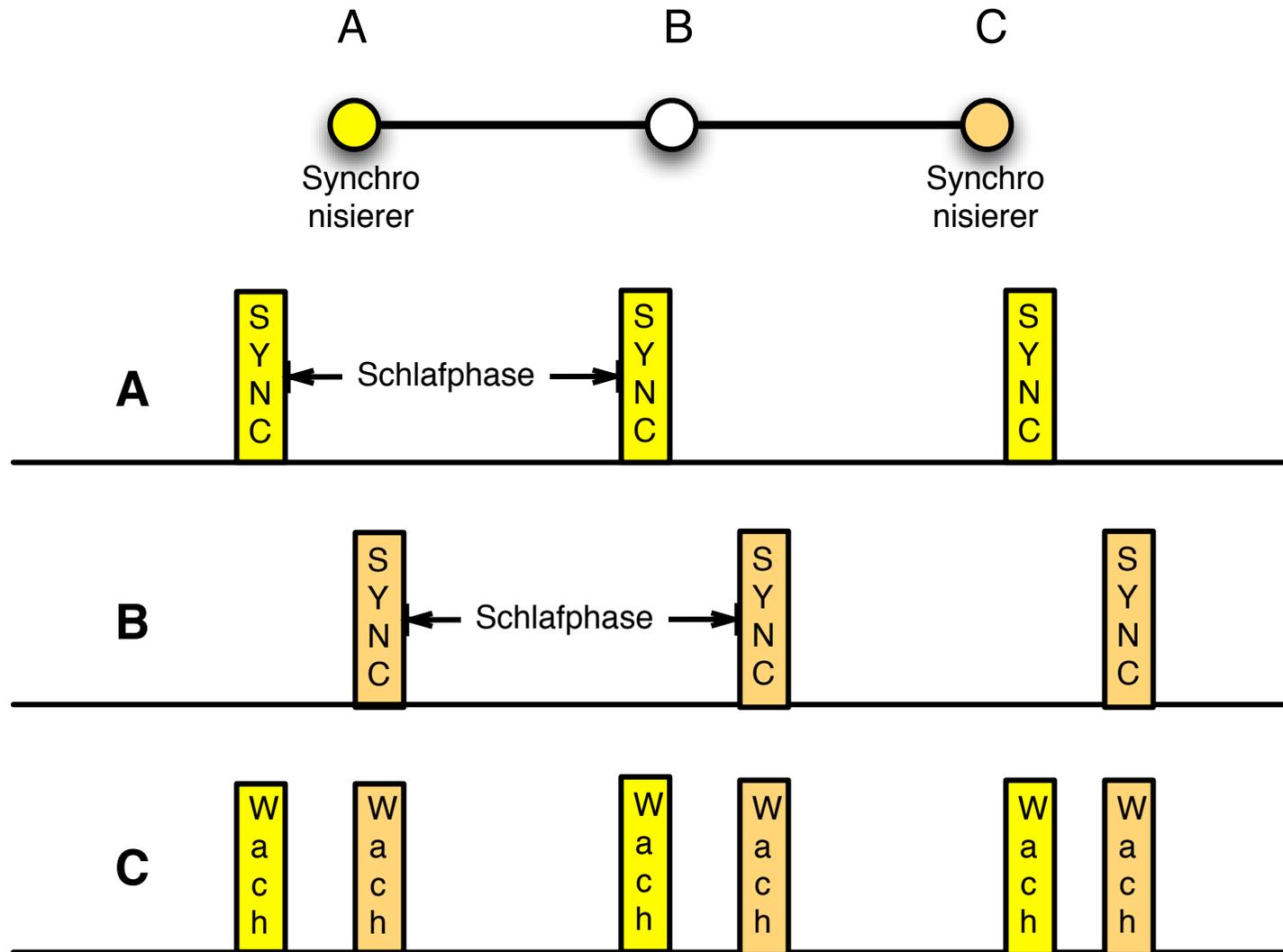
- Carrier Sensing
- Synchronisierer senden kurzes Sync-Paket mit ID und Schlafdauer
- Intervall für mögliche Request-to-Send (RTS)
- Intervall für mögliche Clear-to-Send (CTS)



# Schedules

- ▶ **Jeder Knoten unterhält Schedule-Tabelle**
  - mit den Schlafzyklen der bekannten Nachbarn
- ▶ **Zu Beginn Kanal auf mögliche Nachbarn abgehören**
  - der Sender passt sich den Schlafzyklen der Nachbarn an
  - falls mehrere Schlafzyklen, dann wird der Knoten mehrfach wach
- ▶ **Falls nach einer Zeit keine Nachbarn wahrgenommen werden (kein Sync)**
  - wird der Knoten zum Synchronisierer und sendet eigene Sync-Pakete

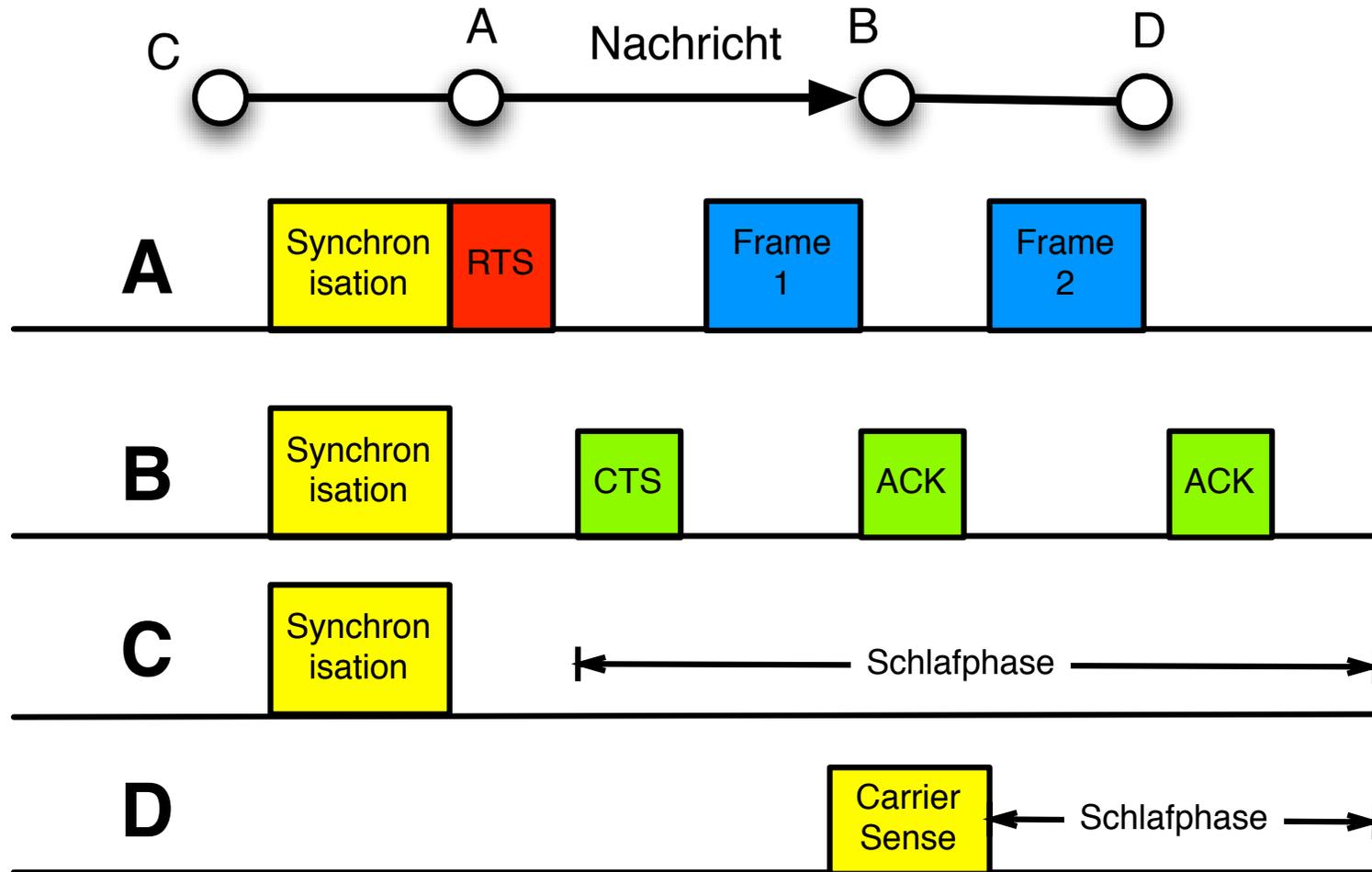
# Synchronisierte Inseln



# Nachrichtentransport

- ▶ **Wenn ein Knoten ein RTS für einen fremden Knoten erhält,**
  - dann legt er sich für die angekündigte Zeitdauer schlafen
- ▶ **Paket wird in kleine Fragmente unterteilt**
  - werden einzeln mit bestätigt (ACK)
  - aber nur mit einem RTS/CTS angekündigt
  - Falls ACK ausbleibt, wird das Paket sofort neu versandt
- ▶ **Kleine Pakete und ACK sollen das Hidden Terminal-Problem vermeiden**
- ▶ **Alle Pakete beinhalten die geplante Zeitdauer**

# Nachrichtenübertragung S-MAC





ALBERT-LUDWIGS-  
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

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

