

# Synchronisation in Sensornetzen

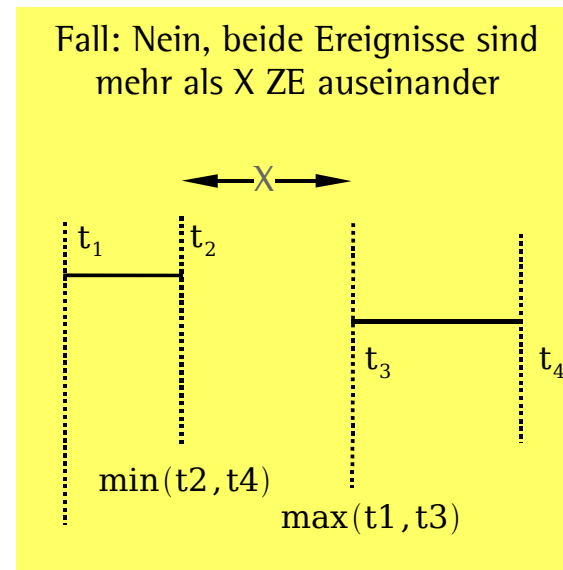
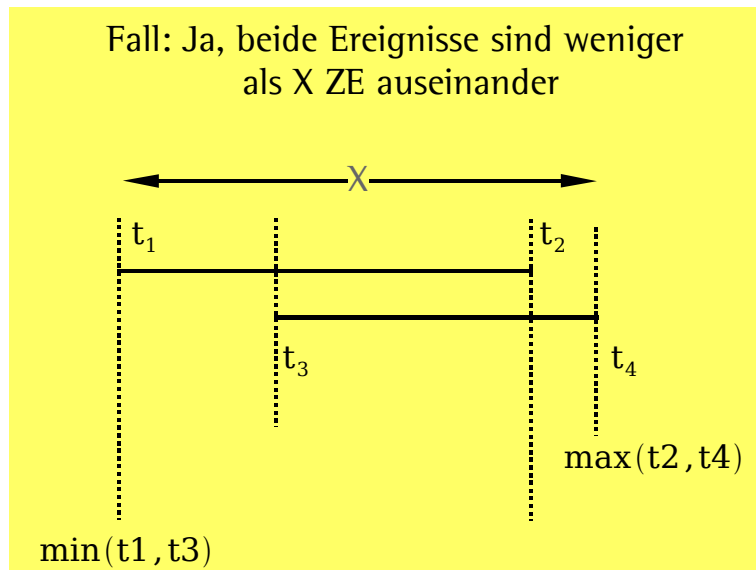
## Schätzung von Zeit-Intervallen in Sensornetzen

Vergleichende Aussagen über Ereignis-Intervalle

Liegen die Ereignisse E1 und E2 weniger als X Zeiteinheiten auseinander?

- Ja            wenn  $\max(t_4, t_2) - \min(t_3, t_1) < X (1-p)$
- Nein        wenn  $\max(t_3, t_1) - \min(t_2, t_4) > X (1+p)$
- Vielleicht   sonst

Ist bekannt, dass die Genauigkeit der Uhren im Intervall  $[1-p, 1+p]$  liegt, so kann man die Realzeit X je nach Fragestellung an die max. zu erwartende Ungenauigkeit der Uhr anpassen.



Korrekturen

## Kommunikation in Sensornetzen

Klassische Medium Access Control (MAC) Protokolle für Sensorknoten?

Energieeffizienz des Genie Aided Aloha

Beispiel

$$P_{\text{Grundverbrauch}} = 8 \text{ mA}$$

$$P_{\text{TX}} = 20 \text{ mA}$$

$$P_{\text{RX}} = 6 \text{ mA}$$

Eine Rahmenzeit beträgt 10ms, d. h.  
100 Rahmen/Sekunde wobei 10  
Knoten 1x pro Sekunde senden wollen.

$$b_1 = 1 - \frac{(1g)^0}{0!} e^{-1g}$$

$$b = 1 - 1 e^{-g(N+1)}$$

$$P_{\text{ow}}^{\text{GA}} = b_1 P_{\text{TX}} + (b - b_1) P_{\text{RX}}$$

$$g=0,01 \Rightarrow b_1 = \sim(1-0,99) = 0,01$$

$$g \times 10 = 0,1 \Rightarrow b = \sim(1-0,90) = 0,095$$

$$P^{\text{RA}} = 0,01 \times (20+8) + (0,095-0,01) \times (6+8) = 1,47 \text{ mA}$$

Batterie mit 2000 mAh reicht für  $2000 \times 60 \times 60 / 1,47 = \sim 1361$  Stunden

Die theoretisch mögliche Obergrenze für die Lebenszeit liegt bei etwa 57 Tagen.

Korrekturen

# Kommunikation in Sensornetzen

## Einordnung und Motivation: Das (ISO/OSI-Netzwerk-) Schichtenmodell

Anwendungsschicht  
Darstellungsschicht  
Sitzungsschicht

Transportschicht

Aufgaben innerhalb der Ende-zu-Ende Verbindungen wie Flusststeuerung, Erhaltung der Paketfolge usw. werden übernommen. **Einzelne Pakete wurden jedoch bereits von der Netzwerkschicht zugestellt.**

Netzwerkschicht

Wie werden Daten-Pakete zwischen entfernten Teilnehmern verschickt, insbesondere geroutet etc.

Sicherungsschicht  
(Link-Layer)

Wie werden Daten zwischen zwei Knoten/Routern in einer 1-Hop Entfernung verschickt. Auch MAC-Problematik.

Physische  
Schicht

Spezifikation der Verkabelung, von Trägerfrequenzen usw.

Korrekturen

## Kommunikation in Sensornetzen

### AMRIS: Multicast Protocol for Ad hoc Wireless Networks

#### Initialisierungsphase

Quelle verschickt Nachrichten der Art: NEW\_SESSION(sessionID, msmID, routingMetric)

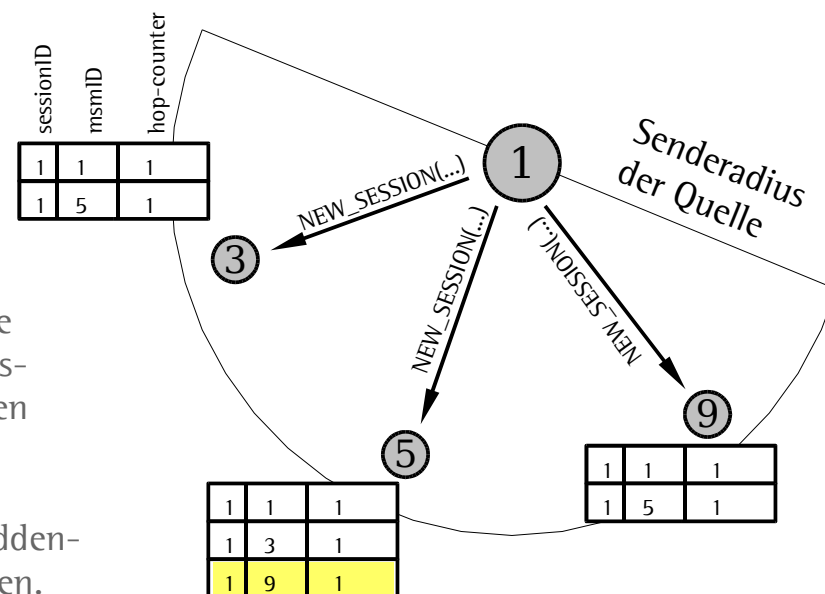
Empfänger warten eine zufällige Zeit. Der Empfänger mit der geringsten Wartezeit wird die NEW\_SESSION-Nachricht wiederholen. Er ersetzt die msmID (multicast membership ID) durch einen größeren, jedoch nicht den unmittelbar folgenden Wert.

Die Lücke zwischen den IDs soll den späteren Eintritt weiterer Knoten erleichtern.

Als Routing-Metrik kann z. B. die Anzahl der Hops verwendet werden.

Jeder Teilnehmer merkt sich eine Tabelle mit allen bekannt werdenden Nachbarn. Die Einträge der Tabelle haben auch ein Verfallsdatum, falls ein Nachbar über einen längeren Zeitraum nicht gehört wurde.

Doppelte msmIDs können aufgrund des Hidden-Station Problems nur lokal vermieden werden.



Korrekturen

# Kommunikation in Sensornetzen

## AMRIS: Multicast Protocol for Ad hoc Wireless Networks

### Maintenance-Phase: BR1 (Fortsetzung)

Führt die Rekursion zu keinem Ergebnis werden JOIN\_NACK Tokens auf dem umgekehrten Pfad verschickt. Der Initiator der eigentlich beitreten wollte erkennt dies zuletzt und geht, nachdem er einige weitere mögl. Vaterknoten angefragt hat, in Phase BR2 über. BR2 ist der Notnagel für fehlgeschlagene Versuche einen neuen Zeig in den MC-Baum einzufügen oder einen bestehenden zu reparieren.

BR2:

Bisher wurden (zumindest logisch) unicast JOIN\_REQ Aufforderungen verschickt. Nun werden die gleichen Aufforderungen als Broadcast Nachrichten generiert. Dies ist unabhängig davon, ob die Schicht 2 dies unterstützt. Wenn nicht, so müssen die Nachrichten für alle Nachbarknoten dupliziert werden.

Ein Knoten Y erhält die Broadcast JOIN\_REQ Nachricht. Ist er selbst bereits Teilnehmer der Gruppe, so wird er auf dem umgekehrten Weg ein JOIN\_ACK (als Unicast) an den Initiator X des Requests verschicken. Ist diese Nachricht bei X angekommen, so ist damit noch kein Zweig des Baumes hergestellt. Denn es könnten eine Reihe von JOIN\_ACK-Antworten eintreffen. In diesem Fall möchte sich X vorbehalten den optimalen Partner (also den kürzesten Weg zur Quelle) zu wählen. Nur auf diesem Weg wird ein JOIN\_CONF verschickt, der dann tatsächlich den Zweig im MC-Baum erzeugt. Generell sollte ein Broadcast JOIN\_REQ kann mit einem TTL-Counter versehen werden, um nicht das ganze Netz zu belasten.

BR2 kann auch in der Beitrittsphase verwendet werden, wenn der gewöhnliche Weg der Vatersuche fehlgeschlagen ist.

Neue Knoten die noch keine msmlD besitzen, müssen diese vor der Anforderung zum Beitritt aus der Nachbarschaftsinformation (den Beacons) erzeugen.

Korrekturen

# Übung Sensornetze – (für 18. November 2004)

## Vorlesung 1: Motivation

### Aufgabe 1.1: Lösung

#### Energie für Messung und Verarbeitung

$$5 \text{ Messungen/Sekunde} \times 0,005 \text{ Sekunden} \times 8\text{mA} = 0,2\text{mAs}$$

#### Energie für Datenübertragung (Senden und Empfangen)

$$\begin{aligned} & (200 \text{ Bytes} \times 8 \text{ Bit}) / (9600 \text{ Bits/s}) \times (8\text{mA Grundverbrauch} + 10 \text{ mA Sendeverbrauch}) + \\ & (200 \text{ Bytes} \times 8 \text{ Bit}) / (9600 \text{ Bits/s}) \times (8\text{mA Grundverbrauch} + 6\text{mA Empfangsverbrauch}) = \\ & 2/12\text{s} \times 18 + 2/12 \times 14\text{mA} = 5 + 1/3 \text{ mAs} \end{aligned}$$

#### Energieverbrauch Idle-Zeit

$$\begin{aligned} \text{Aktive Zeit: } & 0,025\text{s Messungen u. Verarbeitung} \\ & 0,333\text{s Datenübertragung} \end{aligned}$$

$$\text{Idle Zeit d.h. } (1 - 0,025 - 0,333) = 0,641. \text{ Verbrauch: } 0,641\text{s} \times 0,05 \text{ mA} = 0,03208 \text{ mAs}$$

#### Energie pro Sekunde

$$0,2\text{mAs} + 5,33 \text{ mAs} + 0,03208 \text{ mAs} = \text{ca. } 5,56208 \text{ mAs}$$

$$\text{Batterie hat } 1800\text{mAh} = 1800 \times 60 \times 60 \text{ mAs} / 5,56208 = \text{ca. } 1.165.031 \text{ Sekunden} / (60 \times 60 \times 24) = 13,48 \text{ Tage}$$

$$x + 0,08x = 12,79 \text{ d. h. } x = 12,49$$

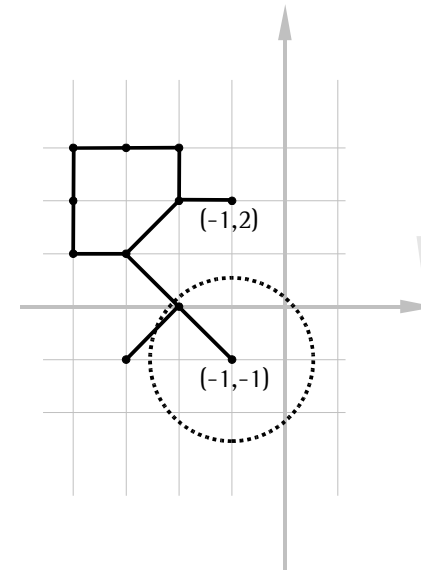
Korrekturen

# Übung Sensornetze

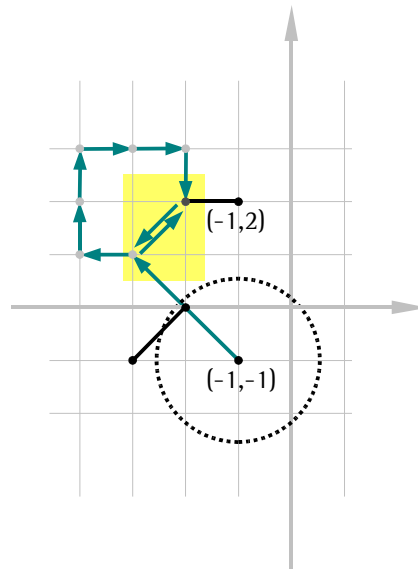
## Vorlesung 6: Routing in Sensornetzen

### Aufgabe 14: Geographic Hash Tables

- c) Knoten  $(-3, 2)$  wandert auf die Position  $(-2, 2)$ . Kurz darauf soll das Sensornetz mit der Position  $(-3, 2)$  eine Information assoziieren. Welche Knoten werden nach dem Geographic Hash Table Verfahren Replica-Knoten und welche Heimatknoten?
- d) Es wird behauptet, dass der Perimeter-Modus dazu führen kann, dass der gesamte Graph umrundet wird. Widerlegen Sie diese Behauptung oder konstruieren Sie ein Beispiel.
- e) Wieder soll eine Information mit einem Ort assoziiert werden. Eine Kette von Knoten führt zwar in die Richtung dieser Position, endet aber kurz davon in der Art einer Sackgasse, in der der letzte Knoten nur in eine Richtung verbunden ist. Wie verhält sich hier der Perimeter-Modus?



- Perimeter-Knoten
- Heimat-Knoten



Korrekturen

## Übung Sensornetze – (für 27. Januar 2005)

### Vorlesung 10: Synchronisation in Sensornetzen

#### Aufgabe 19: Referenz Broadcast Synchronization

Ein Knoten A empfängt das letzte akustische Synchronisationssignal 2000 ms (Millisekunden) nach seiner Initialisierung. Zum Zeitpunkt 2100 ms detektiert er ein Ereignis.

Zum Zeitpunkt 3400 ms bekommt A von B die Nachricht, dass B zum Zeitpunkt 1700 ms nach seiner erstmaligen Initialisierung das Ereignis detektiert hat. Seine letzte Synchronisation fand zum Zeitpunkt 1500 ms statt. Der Schall breitet sich mit 300 Meter/Sekunde aus und es gibt nur einen globalen Taktgeber für die Synchronisation.

a) Um wieviele Zeiteinheiten hat B das Ereignis früher oder später gehört als A (gestützt auf die vorliegenden Informationen). Worin besteht der mögliche Fehler in dieser Aussage?

Lösung:

Zum Zeitpunkt der Synchronisation von A und B durch das gleiche Signal zeigte Bs Uhr 1500 an, die von A zeigt 2000 an. Eine Zeitangabe von B entspricht also der von A minus 500. Wenn also B das Ereignis um 1700 detektiert hat, entspricht dies 2200 im zeitlichen Bezugssystem von A. B hat es also **100 ZE** später gehört.

Allerdings überlagern sich hier zwei Phänomene, nämlich das der Signallaufzeit der Schallquelle und das der Signallaufzeit des Synchronisationssignales. Beides ist grundsätzlich der gleiche Sachverhalt. Die zeitliche Differenz der **100 ZE** ist also nur dann genau, wenn beide Knoten auch gleichzeitig synchronisiert wurden.

Korrekturen



# Kommunikation in Sensornetzen

## Geographic Hash Tables

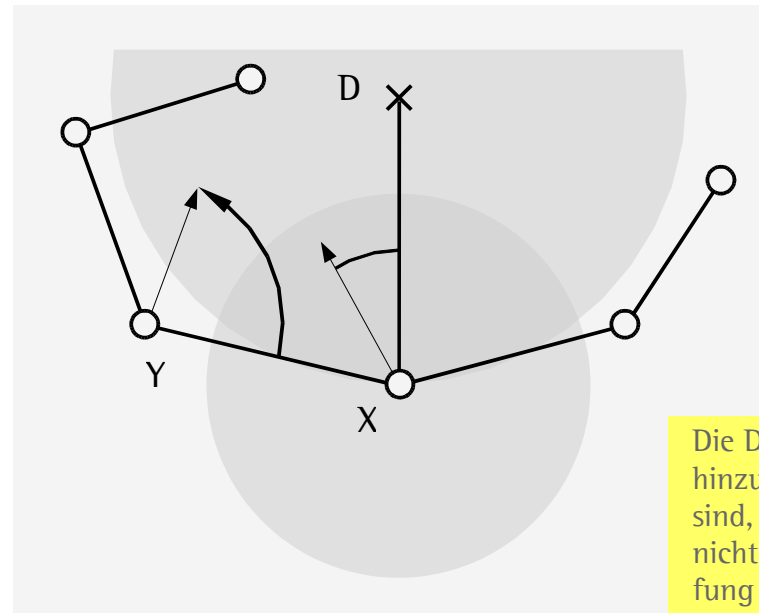
### Perimeter Mode

#### Perimeter Start:

Erkennt ein Knoten, dass alle seine Nachbarn vom Ziel D weiter entfernt sind als er selbst, so versetzt er das Paket in den Perimeter Mode und speichert seine eigene Position im Header des Paketes. „Das Ziel im Blick“ (= der Vektor XD) wird nun z. B. gegen den Uhrzeigersinn ein Nachbarknoten gesucht. Sind mehrere vorhanden, so wird Derjenige gewählt, der einen möglichst geringen Winkel zum Vektor XD aufweist. Dabei sind auch Drehungen von mehr als 180 Grad möglich.

#### Reguläre Weiterleitung im Perimeter-Mode:

Ausgehend vom nun erreichten Vektor Y wird die Seite YX wieder gegen den Uhrzeigersinn gedreht, bis der nächste Knoten „getroffen“ wird. Ist ein Knoten in der 1-Hop Umgebung der näher an D ist als dies für X der Fall war, so kann das Paket wieder in den Greedy-Mode versetzt werden. Kehrt das Paket dagegen über eine Kante an den Knoten X zurück, auf der X es nicht bereits zuvor verschickt hat, so kann X anhand der im Paket-Header gespeicherten Position erkennen, dass er selbst das Paket in den Perimeter-Modus versetzt hat und schließt daraus, dass auch er selbst die kürzeste Entfernung zu D hat. Man beachte, dass hierzu keinerlei Statusinformation in den Knoten selbst vorgehalten werden muss. Kehrt das Paket dagegen auf der gleichen Kante zurück, auf der X es bereits verschickt hat, so hat es eine Sackgasse durchlaufen und passiert X wie einen gewöhnlichen Knoten.



Die Details die hier hinzugekommen sind, sind jedoch nicht für die Prüfung relevant.

Hinweis: Der Perimeter-Mode funktioniert nur in planaren Graphen.

Korrekturen