

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

### Vorlesung 10: Synchronisation in Sensornetzen

#### Aufgabe 18: Signallaufzeiten

Eine Kirchturmglöcke wird von einer digital gesteuerten Mechanik exakt zur vollen Stunde geläutet. Wieviel später ist es zum Zeitpunkt des Eintreffens des jeweils ersten Glockenschlages bei einem 2 km entfernten Sensorknoten, wenn sich Schall mit 300 Meter/Sekunde ausbreitet?

Im zweiten Szenario befindet sich der Knoten in Europa und kann die Funkuhr der 1800km entfernten Physikalisch-Technischen Bundesanstalt empfangen. Funksignale breiten sich mit etwa 300.000 km/s aus. Wie groß ist die Verzögerung hier?

#### Aufgabe 19: Referenz Broadcast Synchronization

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

Zum Zeitpunkt 3400 ms bekommt A von B die Nachricht, dass B zum Zeitpunkt 1700 ms nach seiner erstmaligen Initialisierung das Ereignis E 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.

- Um wieviele Zeiteinheiten hat B das Ereignis früher oder später gehört als A (gestützt auf die vorliegenden Informationen). Worin besteht der möglicher Fehler in dieser Aussage?
- Zusätzlich ist nun bekannt, dass Knoten A 100 Meter vom akkustischen Signalgeber entfernt ist, Knoten B 300 Meter. Wie läßt sich die Aussage aus a) nun präzisieren?

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 10: Synchronisation in Sensornetzen

### Aufgabe 20: Intervallschätzung für Zeitpunkte unter Unsicherheit

Ein Knoten B erhält zum Zeitpunkt 3400 (ms nach seiner Initialisierung) eine Nachricht von Knoten A, dass sich ein Ereignis zugetragen hat. Knoten A teilt ebenfalls mit, dass er selbst zum Zeitpunkt 7800 Kenntnis von diesem Ereignis erhalten hat und dass er die Nachricht zum Zeitpunkt 8400 an B weitergegeben hat.

B hat nach seiner Uhr zum Zeitpunkt 1200 zum letzten Mal ein Paket an A gesendet. A teilt in seiner Nachricht seinerseits mit, dass er nach seiner Uhr von B seit 2000 Zeiteinheiten nichts mehr gehört hat.

Zuletzt ist global bekannt, dass die Uhr von Knoten B eine Gleichlaufschwankung von maximal  $p_B=0.08$  aufweist (d. h. die Uhr ist max. um den Faktor  $1-0.08$  zu langsam oder um  $1+0.08$  zu schnell), die von A schwankt um bis zu  $p_A=0.1$  Zeiteinheiten.

- a) Geben Sie ein möglichst kleines Intervall für Knoten B an, außerhalb dessen sich das Ereignis gerade nicht mehr befinden kann.
- b) Im obigen Szenario teilt Knoten A dem Knoten B über längere Zeit weitere Ereignisse mit. Knoten B hat seinerseits keinen Grund Nachrichten zu verschicken und empfängt daher immer nur. Von Störungen des Funkverkehrs sehen wir hier ab. Worin besteht das Problem bei fortschreitender Zeit?

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 10: Synchronisation in Sensornetzen

### Aufgabe 21: RBS vs. RTT basiert

Um den Versatz (Drift) von Uhren zu bestimmen kann man das Reference Broadcast basierte Synchronisationsverfahren oder ein RoundTrip Time basiertes Verfahren wie z. B. NTP verwenden. Entscheiden und begründen Sie welches Verfahren das bessere ist.

- a) Es gibt keine wesentliche Störgröße außer der Zugriffszeit auf das Medium. Diese ist jedoch mit einer hohen Varianz verbunden.
- b) Es gibt keine wesentliche Störgröße außer der Zugriffszeit auf das Medium. Diese ist unbekannt, variiert aber nicht.
- c) Nur die Zeit ein Paket zu empfangen ist nicht zu vernachlässigen. Sie ist für jeden Knoten unterschiedlich, jedoch deterministisch.
- d) Nur die Signallaufzeit (von z. B. akustischen Signalen) ist rel. groß und die Lage der Knoten im Netz ist nicht bekannt.

### Aufgabe 22: RBS

Man möchte die Drift per RBS zwischen zwei Knoten A und B ermitteln, hat aber nur diese beiden Knoten. Daher wird einer der beiden gewählt, um das Synchronisationssignal zu erzeugen. Welche Ungenauigkeit ergibt sich hier im Vergleich zu einem Szenario mit zentralem Zeitgeber? Warum braucht man den zentralen Zeitgeber überhaupt?

### Aufgabe 23: Vergleich von unscharf bestimmten zeitlichen Ereignissen

Ein Ereignis A finde im Intervall  $[t_1, t_2]$ , B im Intervall  $[t_3, t_4]$  und C im Intervall  $[t_5, t_6]$  statt. Es gibt  $t_1 < t_3 < t_5 < t_2 < t_4 < t_6$ . Mit welcher Wahrscheinlichkeit ereignet sich zuerst C, dann B und zuletzt A?