

## Übung Sensornetze – (für 9. Dezember 2004)

### Vorlesung 5: MAC in Funknetzen

#### Aufgabe 8: Aloha mit Preamble Sampling

Ein Sender möchte per Unicast (im Gegensatz zu Broadcast) ein Paket zu genau einem Empfänger übertragen, wobei auf der MAC-Schicht Aloha mit Preamble Sampling eingesetzt wird.

- a) Warum ist das Versenden hier sowohl für den Sender, als auch die Empfänger besonders „verschwenderisch“?

Lösung:

Weil der Sender zum Übertragen eines einzelnen Paketes eine evtl. lange Preamble-Phase erzeugen muss, die ihn Energie kostet. Aus Sicht der Empfänger besteht die Ineffizienz darin, dass fast alle aufgeweckt werden um frühestens am Anfang des Datenpaketes zu bemerken, dass sie nicht Adressaten des Pakets sind.

- b) Wie könnte man das Protokoll bzgl. der Probleme aus a) verbessern, ohne die Knoten jedoch synchronisieren zu müssen. Mit anderen Worten: Das Verfahren sollte auch ohne Uhr auskommen.

Lösung:

Statt der unnötigen Preamble könnte man z. B. gleich das Datenpaket selbst schicken, evtl. auch mehrfach hintereinander, wenn die Länge der Preamble dies erlaubt. Am Ende der Preamble muss das Paket natürlich nochmal verschickt werden, da der Empfänger-Knoten evtl. erst im letzten Moment aufgewacht sein könnte. Vorteil: Die nicht angesprochenen Knoten könnten gleich wieder in den Sleep-Modus zurückkehren. Selbst der Empfängerknoten könnte dies evtl. tun.

Alternativ könnte man eine Preamble erzeugen, die nur aus einer Kennung und der ID des Empfängers besteht. Hierbei könnten die unbeteiligten Knoten evtl. früher abschalten. Nur der Empfänger müßte bis zum Anfang des Datenpaketes wach bleiben.

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 5: MAC in Funknetzen

### Aufgabe 9: S-MAC

Ye, Heidemann und Estrin beschreiben in ihrem Paper „An Energy-Efficient MAC-Protocol for Wireless Sensor Networks“ das S-MAC Protokoll. Dabei müssen sich Knoten von Zeit zu Zeit synchronisieren, damit die gemeinsamen Sleep- und Listening Perioden nicht zu weiter auseinander driften.

Einige Knoten können bei S-MAC mehr als einen Ablaufplan besitzen, also z. B. den eigenen und den eines Nachbarclusters. Die Autoren beschreiben lediglich wie sich ein Cluster synchronisiert:

- a) Warum nehmen Knoten, die mehr als einen Ablaufplan, also auch mehr als einen Cluster kennen, eine Sonderstellung bei der Synchronisation ein und worin besteht das Problem bei dieser Sonderstellung?

Lösung:

Weil sie sich nach mehreren Ablaufplänen richten müssen, nämlich dem ihres eigenen Clusters und nach dem der Nachbarcluster. Problematisch ist dabei, dass sie während der Wachphase ihres Nachbarclusters (in der Regel) schlafen werden. Dann werden dort aber auch die Sync-Nachrichten ausgetauscht, die von den schlafenden aber assoziierten Nachbarn nicht gehört werden.

- b) Die Autoren gehen auf das Problem aus a) nicht näher ein. Wie könnte man es möglicherweise lösen?

Lösung(s Vorschlag):

Vorschlag 1) Knoten wachen zu allen ihnen bekannten Ablaufplänen auf und synchronisieren sich mit dem entsprechenden Cluster, so wie alle anderen Knoten auch.

(... fortgesetzt)

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 5: MAC in Funknetzen

### Aufgabe 9: S-MAC

Fortsetzung von 9b:

- + Synchronisation ist kein Problem
- Gerade die wichtigen Randknoten die zwei Cluster verbinden, brauchen etwa doppelt so viel Energie und fallen bereits nach der halben Zeit aus. Dadurch entstehen nach einiger Zeit lauter einzelne Cluster, die für die Kommunikation verloren sind.

Vorschlag 2) Nachbarknoten bauen die Sync-Information mit in die gewöhnlichen Datenpakete an die Empfängerknoten aus anderen Clustern ein (i. d. Literatur gern als Huckepack oder „piggyback“ bezeichnet).

- + Jedes mal wenn ein Knoten eine Nachricht aus einem Nachbarcluster erhält nutzt er die beigefügte Sync-Information (also in wieviel Sekunden geht der Sender schlafen), um seinen eigenen Timer für das Nachbarcluster 'nachzustellen'.
  - + Es entsteht wenig zusätzlicher Aufwand.
  - Erhält ein Knoten aus dem Nachbarcluster nie eine Nachricht, so wird er mit dem Nachbarcluster auch nie synchronisiert.
- > Mögliche Lösung für letzteres Problem: Ein Knoten weiß, dass er von einem Nachbarcluster lange keine Nachricht mehr bekommen hat und dass er dessen Wach-Phase nur noch sehr unscharf einschätzen kann, möchte aber dennoch ein Paket an einen Kollegen in diesem Nachbarcluster schicken. Dann könnte er eine ganze Rahmenzeit wach bleiben – evtl. auch mehrere – um irgendwann ein Sync zu erhalten und daraufhin seinen Timer zu stellen.

Bemerkung: Die Synchronisation mit dem eigenen (Heimat-) Cluster läuft nach wie vor normal ab und war nicht Gegenstand des Problems.

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 5: MAC in Funknetzen

### Aufgabe 10: Wise-MAC

Beim Wise-MAC Protokoll möchte ein Sender eine Nachricht an einem Empfänger senden. Hierzu verschickt er kurz vor dem Aufwachen ein Wecksignal und schließt daran die eigentliche Nachricht an.

- a) Im Gegensatz zu Aloha mit Preamble Sampling weiß bei Wise-MAC ein Sender, wann er einen Empfänger erreichen kann. Welchen Zweck hat die Preamble-Phase dann noch?

Lösung:

Hier geht es eigentlich weniger darum den Empfänger im eigentlichen Sinn aufzuwecken, sondern mehr darum sich mit ihm zu synchronisieren. Würden die Uhren exakt gleich gehen, so hätte die Preamble-Phase keinen Zweck mehr.

- b) Die Uhren, die in Knoten gleichen Typs eingebaut wurden, weisen eine maximale Abweichung von  $\theta$  Zeiteinheiten pro Zeiteinheit auf (also z. B.  $10^{-5}$  Sekunden pro Sekunde). Die Autoren El-Hoiydi, Decotignie und Roux behaupten in Ihrer Arbeit über WiseMAC, dass ein Sender nach  $L$  Zeiteinheiten eine Preamble-Länge von mindestens  $4 \times \theta \times L$  einhalten muss. Warum ist das so und wann muss ein Sender mit der Preamble anfangen, wenn er das Aufwachen des Empfängers nach seiner Uhr zum Zeitpunkt  $t_0$  erwartet und seit  $L$  Zeiteinheiten nichts mehr vom Empfänger gehört hat?

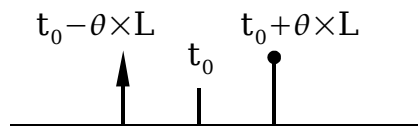
# Übung Sensornetze

## Vorlesung 5: MAC in Funknetzen

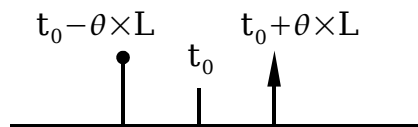
### Aufgabe 10: Wise-MAC

Lösung:

Fall: Sender (Pfeil) war maximal zu langsam und Empfänger (Punkt) maximal zu schnell. Hier befindet sich der Sender in Wirklichkeit im Zeitpunkt  $t_0 - \theta \times L$ , glaubt aber selbst in  $t_0$  zu sein. Er muss mindestens  $2 \times L \times \theta$  senden, um den (zu schnellen) Empfänger in  $t_0 + L \times \theta$  zu erreichen.



Fall: Sender war maximal zu schnell und Empfänger maximal zu langsam. In diesem Fall hätte der Sender mindestens  $2 \times \theta \times L$  früher mit dem Senden anfangen müssen, als er dachte.



**Fazit:** Der Sender muss spätestens zum Zeitpunkt  $t_0 - 2 \times \theta \times L$  mit dem Senden beginnen und darf frühestens zum Zeitpunkt  $t_0 + 2 \times \theta \times L$  das eigentliche Daten-Paket verschicken, um die beiden Fälle oben zu berücksichtigen. Zum besseren Verständnis mache man sich klar, dass dem Sender nicht bekannt ist, ob der erste oder der zweite Extremfall vorliegt. Daher muss die Preamble  $4 \times \theta \times L$  lang sein.

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 5: MAC in Funknetzen

### Aufgabe 10: Wise-MAC

c) Der Übertragungskanal sei in einem eingeschwungenen Szenario zu 80% frei und zu 20% belegt. Der belegte Anteil teilt sich seinerseits in 10% Preamble und 90% Daten auf. Wie groß ist der Anteil Zeit, den ein grundsätzlich beteiligter (d. h. der wahre Empfänger) und ein grundsätzlich unbeteiligter Knoten hören müssen? Die kurze Wachzeit ist dabei zu vernachlässigen. Man kann weiterhin davon ausgehen, dass die Empfänger-ID ganz am Anfang der Datenphase mit übertragen wird (d. h. im Paket enthalten ist).

Lösung:

80% freier Kanal	20% bel. Kanal
------------------	----------------

Beteiligte Knoten wachen immer in der Preamble-Phase auf, jedoch nicht zufällig, sondern weil dies der Sender so vorgesehen hat. Im Mittel geschieht dies in der Mitte der PA-Phase (siehe hierzu die vorherige Aufgabe), so dass  $0,2 \times 0,1/2$  Wachzeit anfällt. Dann kommt noch die gesamte Daten-Phase hinzu, also

$$0,2 \times 0,1/2 + 0,2 \times 0,90 = 0,19$$

Unbeteiligte Knoten wachen mit einer W' von 20% in der belegten Phase auf, wobei auch hier 10% in die PA-Phase fallen, die im Mittel zu 50% gehört werden muss, also  $0,2 \times 0,1/2$ . Die anschließenden Daten können dann (fast) vollständig überhört werden, da die ID ganz am Anfang gesendet wird. Mit 90% W' fällt der Wachzeitpunkt jedoch in die Datenphase, die ebenso überhört werden muss, wie dies in der PA-Phase der Fall ist, also:

$$0,2 \times 0,1/2 + 0,2 \times 0,9/2 = 0,1$$

Fazit: Der unbeteiligte Knoten ist immerhin noch halb so lange unnötig wach wie der eigentlich adressierte.

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 5: Fehlererkennung und energieeffizientes MAC

### Aufgabe 11: Hidden-/Exposed Station Problem

Die Stationen 1-6 seien in einer Kette um einen Berg herum gruppiert, wobei jede ihren Vorgänger und Nachfolger hören kann. Auch die Stationen 6 und 1 sind unmittelbare Nachbarn. Man kann annehmen, dass die Stationen bestrebt sind Kollisionen zu vermeiden. Es wird jeweils nur der Versand eines einzelnen Paketes betrachtet (also kein RTS/CTS-Protokoll).

a) Station 2 sendet an Station 1 und 3 möchte an 4 senden. Darf Station 3 senden und wird sie? Wo entstehen Kollisionen?

Lösung: Sie dürfte senden, da das Paket in 4 störungsfrei ankommen würde und Station 1 nicht mehr erreicht. Sie wird jedoch nicht senden, da sie die Pakete von 2 hört. Kollisionen entstehen bei Station 2 und 3, was für sendende Stationen jedoch kein Problem darstellt.

b) Station 3 sendet an Station 2 und 5 möchte an 4 senden. Wir Station 5 senden und darf sie?

Lösung: Station 5 kann die Pakete von Station 3 nicht hören und wird daher senden. Jedoch kommen bei Station 4 sowohl Pakete von 5, als auch von 3 an, so dass eine Kollision entsteht. Sie dürfte also nicht, weiß davon jedoch nichts.

d) Station 1 und 2 senden. Welche Stationen glauben senden zu können und welche dürften es wirklich?

Lösung: Station 3 und 6 wissen, dass sie eine Kollision verursachen könnten und schweigen. Die Stationen 4 und 5 hören nichts und würden grundsätzlich senden, dürften es aber nicht, weil so Kollisionen bei 3 und 6 entstehend würden.

e) Station 1 und 4 senden. Welche Stationen glauben senden zu können und welche dürften es?

Lösung: Hier hat jede Station einen Sender in der unmittelbaren 1-Hop Nachbarschaft. Die Stationen 2, 3, 5 und 6 glauben also nicht senden zu dürfen und haben damit auch recht, da sie in jedem Fall Kollisionen erzeugen würden.

# Übung Sensornetze

## Vorlesung 5: Fehlererkennung und energieeffizientes MAC

### Aufgabe 12: AMRIS Protokoll

- a) Wann kann es im AMRIS-Protokoll vorkommen, dass zwei Stationen die gleiche msm-ID (Multicast Session Member ID) erhalten?

Lösung:

Gleiche IDs können immer dann vorkommen, wenn sich zwei Stationen gegenseitig nicht hören können. Je weiter sich der Baum ringartig um den Wurzelknoten erweitert, desto wahrscheinlicher sind gleiche Adressen.

- b) Kann ein einzelner Knoten auch bei doppelt vergebenen IDs mit dem Protokoll gezielt adressiert werden bzw. kann er auch immer noch eindeutig den Wurzelknoten erreichen?

Lösung:

Da sich jeder Knoten nur seinen Vater merken muss, kann so auch immer der Weg zum Wurzelknoten gefunden werden, indem jeder seine Information an den Vater weitergibt. Eine gezielte Adressierung auf dem umgekehrten Weg ist bei Amris grundsätzlich nicht möglich, da jeder Knoten nur seine 1-Hop Nachbarschaft kennt.