

8. Übung zur Vorlesung „Vernetzte Systeme“ WS 2001/2002

Prof. Dr. F. Mattern

Ausgabedatum: 10. Dez. 2001
Abgabedatum: 17. Dez. 2001

Hinweis: Bitte schreiben Sie immer Ihre Übungsgruppennummer und die Namen der beiden Bearbeiter auf die Lösung!

Aufgabe 29 (Bluetooth)

Bei *Bluetooth* handelt es sich um ein System zur spontanen, drahtlosen Kommunikation über kurze Entfernungen (ca. 10 m). Bluetooth wird in den nächsten Jahren bei portablen Geräten voraussichtlich breite Anwendung finden.

Die kleinste Einheit eines Bluetooth-Systems ist ein sogenanntes *Piconetz*. Dieses besteht aus einem *Master* und bis zu sieben *Slaves*.¹ Der Master gibt den Takt vor und entscheidet, welche Station senden darf. Innerhalb eines Piconetzes können daher keine Kollisionen auftreten.

Probleme können auftauchen, wenn sich mehrere Piconetze zu einem sogenannten *Scatternetz* überlappen. Die Piconetze untereinander sind nicht synchronisiert, es handelt sich hierbei um ein dezentrales System, in dem Kollisionen auftreten können.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, wird bei Bluetooth das sogenannte *Frequenzsprungverfahren* (*“Frequency Hopping”*) eingesetzt: es gibt 79 verfügbare Frequenzkanäle, auf denen gesendet werden kann.² 1600 mal in der Sekunde wird der Frequenzkanal nach einem pseudozufälligen Muster neu bestimmt. Da jedes Piconetz seine eigene (allen Stationen im Piconetz bekannte) Frequenzreihenfolge hat, ist somit die Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Piconetze beim Senden stören, gering. Wenn eine Kollision durch Benutzung gleicher Frequenzen dennoch auftritt, so wird dies bemerkt und die entsprechenden Pakete werden erneut gesendet.

Für die Aufgabe nehmen Sie bitte an, dass in allen Piconetzen in jedem Zeitschlitz gesendet wird und dass pro Zeitschlitz genau ein Paket gesendet wird, welches den Zeitschlitz ausfüllt.

¹In Bluetooth kann jede Station potentiell Master sein. Dieser wird je nach Bedarf spontan bestimmt.

²Diese liegen jeweils bei $f_k = 2402 + k \cdot MHZ$, $k = 0, \dots, 78$.

a) (2 Punkte) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass für ein gesendetes Paket eine Kollision auftritt, wenn sich zwei Piconetze überlappen?³

b) (2 Punkte) Wie gross ist diese Wahrscheinlichkeit bei 10 sich überlappenden Piconetzen?

c) (4 Punkte) Ein Paket wird direkt im anschliessenden Zeitschlitz vom Empfänger bestätigt. Auch solche Acknowledgement-Pakete können durch Störung eines anderen Piconetzes verloren gehen. Berechnen Sie die Teilaufgaben a) und b) neu, unter der Annahme, dass ein Paket nur dann als erfolgreich gesendet gilt, wenn sowohl das Paket selbst als auch das Acknowledgement-Paket nicht gestört werden.

d) (4 Punkte) Berechnen Sie die Teilaufgaben a) und b) neu, unter Annahme, dass alle Piconetze des Scatternetzes bezüglich der Zeitpunkte, zu denen Frequenzwechsel stattfinden, synchronisiert sind.⁴

Aufgabe 30 (Sliding-Window-Protokoll mit Ringpuffer)

Ringpuffer erlauben das Speichern einer fortlaufenden Reihe von Werten in einer endlichen Datenstruktur. Ein solcher Puffer kann als einfacher Cache-Speicher benutzt werden, in dem die letzten MAX_BUF Einträge zwischengespeichert werden. Auch als Undo-Speicher in einem Editor kann ein solcher Ringpuffer zum Einsatz kommen. Besonders im Sliding-Window-Protokoll bietet sich die Verwendung von Ringpuffern zum Zwischenspeichern der zu sendenden und der noch nicht bestätigten Blöcke im Sendefenster bzw. der empfangenen und erwarteten Blöcke im Empfangsfenster an.

Nehmen Sie an, dass für die Realisierung eines Empfangsfensters der Grösse MAX_BUF ein Array $Buf[0 : MAX_BUF-1]$ als Ringpuffer verwendet wird. Eine Integer Variable nfe enthalte die Sequenznummer des als nächsten erwarteten Blocks (*next frame expected*). Der Puffer sei eingeteilt zwischen zwei Kommunikationsschichten, die jeweils neu empfangene Pakete anliefern bzw. gepufferte Pakete anfordern. Beachten Sie, dass in diesem Szenario das Empfangsfenster nur dann weiterrücken kann, wenn von der darüberliegenden Schicht auch wirklich ein Paket angefordert wurde – erfolgt dies nicht, füllt sich irgendwann der Puffer und neu angelieferte Pakete müssen abgelehnt werden.

Schildern Sie (in Pseudocode), was geschieht (also welche Variablen wie verändert werden, welche Werte zurückgegeben werden bzw. welche Acknowledgements wann versendet werden), wenn

a) (3 Punkte) die tieferliegende Kommunikationsschicht ein Datenpaket mit der Sequenznummer s anbietet,

b) (3 Punkte) die darüberliegende Kommunikationsschicht ein Datenpaket anfordert.

³Beachten Sie dabei bitte, dass die Zeitschlitzze der einzelnen Piconetze zwar gleich lang, aber nicht synchron sind.

⁴Ignorieren Sie dabei die Acknowledgement-Pakete

Beachten Sie, dass gepufferte Pakete immer in der richtigen Reihenfolge weitergeleitet werden müssen, dass der Puffer voll sein kann und dass Datenpakete mit zu kleiner oder zu grosser Sequenznummer geeignet behandelt werden müssen. (Müssen im letzten Fall auch Acknowledgements versandt werden?)

c) (2 Punkte) Wenn der Puffer leer ist, die darüberliegende Kommunikationsschicht aber ein Datenpaket anfordert, sollte dieser Aufruf an den Puffer blockieren. Schildern Sie, was bei einer Implementierung beachtet werden muss, wenn der Puffer aber dennoch während dieser Blockade Datenpakete der tieferliegenden Kommunikationsschicht entgegen nehmen können soll.