

# Computernetze 1

## Übung 3

Johannes Morgenroth  
morgenro@ibr.cs.tu-bs.de

Institut für Betriebssysteme und Rechnerverbund  
Technische Universität Braunschweig

14. Mai 2009



## Wichtige Themen der 2. Übung

- Datenrate
- CRC-Prüfsumme!
- Verzögerungen, Berechnung der Kanalauslastung
- Flusskontrolle: Stop-and-Wait vs. Sliding-Window

## Offene Fragen dazu?



## Überblick

Rückblick

- 1) Sequenznummernraum beim Sliding-Window-Verfahren
- 2) Beispiel Sende- und Empfangsfenster beim Sliding Window
- 3) HDLC Quittierungsmechanismen
- 4) ALOHA



## Bitstopfen

**Frage** Was passiert, wenn in der Payload schon "gestopfte" Bitfolgen enthalten sind?

**Beispiel** Stopfen nach drei Einsen (vier Einsen sind Frame-Anfang/Ende Sequenz)

- Nutzdaten: 1111010111010101111
- Sender fügt eine Null nach drei Einsen ein:  
gestopfte Nutzdaten: 1110101**11100**101011101
- Überträgen wird mit Frame-Anfang/Ende Sequenz in []:  
[1111]110101**011100**101011101[1111]
- Empfänger entfernt eine Null nach drei Einsen:  
111-1010**111-0**1010111-1  
11110101**1110**10101111



## Aufgabe 1:

## Sequenznummernraum beim Sliding-Window-Verfahren

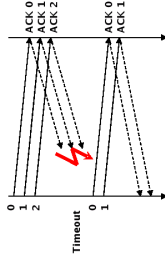
- 1a) Warum muss bei einem Sliding-Window-Verfahren der verfügbare Sequenznummernraum mindestens doppelt so groß sein wie die maximale Fenstergröße?

- 1b) Welche Probleme können auftreten? Geben Sie ein oder mehrere Beispiele an.



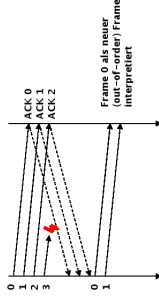
## Sequenznummernraum beim Sliding-Window-Verfahren

- Beispiel: Größe des Sequenznummernraums: 4; Fenstergröße: 3  
Sämtliche ACKs der Pakete 0 bis 2 gehen verloren.  
Die folgende Situation kann vom Empfänger nicht eindeutig erkannt werden:



## Sequenznummernraum beim Sliding-Window-Verfahren

- Wenn dann die Pakete 0 und 1 wiederholt werden, kann aus der Sicht des Empfängers auch die folgende Situation eingetreten sein:



## Sequenznummernraum beim Sliding-Window-Verfahren

- Diese Situationen kann der Empfänger nicht unterscheiden und somit nicht angemessen reagieren:
- Im ersten Fall müsste er die wiederholte Übertragung der Pakete 0 und 1 bestätigen, damit der Sender fortfahren kann.
  - Im zweiten Fall antwortet der Empfänger nicht auf die versendeten Pakete 0 und 1. Im Falle einer Go-Back-N-Strategie muss er die Pakete verwerfen, bei Selective Repeat kann er beide puffern. In jedem Fall muss er auf die Übertragungswiederholung von Paket 3 warten und im Gegensatz zur ersten Situation auf eine Aktion des Senders warten.



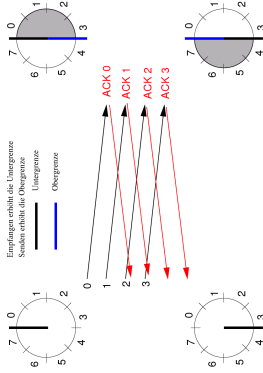
## Aufgabe 2:

### Beispiel Sende- und Empfangsfenster beim Sliding Window

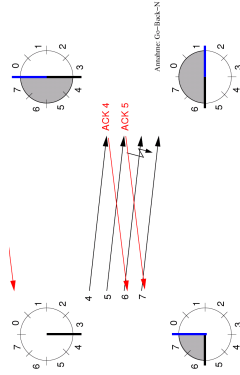
Gegeben sei ein Szenario mit zwei Stationen, bei der eine Station Daten zu einer anderen senden möchte. Der Datenaustausch geschieht mittels Sliding-Window-Technik zur Flusskontrolle. Dabei sollen maximal 4 Pakete unbestätigt gesendet werden können, die Sequenznummern werden Modulo 8 berechnet. Tragen Sie in der Skizze auf der folgenden Seite die jeweilige Ober- und Untergrenze des Sendefensters (links) und des Empfangsfensters (rechts) in die Uhren ein. Zeichnen Sie zusätzlich die Bestätigungen des Empfängers in die Skizze ein. Der Empfänger bestätigt hierbei alle Datenpakete positiv und nicht kumulativ (d.h. jedes Paket einzeln). Gehen Sie weiterhin davon aus, daß auf Empfängerseite ein Puffer für maximal 4 Pakete vorhanden ist.



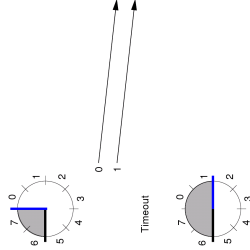
### Beispiel Sende- und Empfangsfenster beim Sliding Window



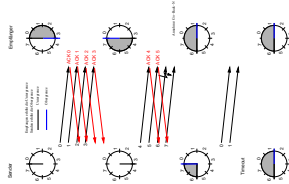
## Beispiel Sende- und Empfangsfenster beim Sliding Window



## Beispiel Sende- und Empfangsfenster beim Sliding Window



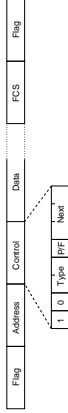
## Beispiel Sende- und Empfangsfenster beim Sliding Window



### Aufgabe 3:

## High-level Data Link Control: Quittierungsmechanismen

## High-level Data Link Control: Quittierungsmechanismen



- **Flag:** Frame Delimiter/Rahmenbegrenzung=011111110  
(→ *Bitstuffing*)
- **Control Field:**
  - Information Frame: 0...
  - Supervisory Frame: 10...
  - Unnumbered Frame: 11...
- **P/F:** Poll/Final
- **FCS:** Frame Check Sequence (→ *CRC*)



## High-level Data Link Control: Quittierungsmechanismen

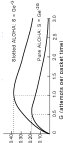
- **ACK(positiv)** HDLC Control Field Type=00:  
Receive Ready
- **ACK(negativ)** HDLC Control Field Type=01:  
Reject (Go-Back-N)
- **ACK(positiv) + stop** HDLC Control Field Type=10:  
Receive not ready
  - Wiederaufnehmen der Kommunikation mittels einer "Receive Ready"-Nachricht
- **Selective Reject:** HDLC Control Field Type=11:  
Einzelner Frame zu wiederholen
- **Unnumbered ACK:** für Steuerungsrahmen, nicht nummeriert, da nie mehr als eine Bestätigung offen sein kann (im Protokollablauf so festgelegt)



## ALOHA

- 4a) N Stationen teilen sich einen Pure-ALOHA-Kanal mit 56kbps. Jede Station sendet durchschnittlich alle 100s einen 1000-Bit-Frame, auch wenn der vorherige noch nicht gesendet werden konnte. Wie hoch ist der **maximale** Wert für N?

- Maximale Kanalauslastung ALOHA:  $1/2e \approx 0,184$



- Benutzbare Bandbreite:  $0.184 \cdot 56\text{kbps} = 10,3\text{kbps}$
- Benötigte Bandbreite:  $1000\text{Bit}/100\text{s} = 10\text{bps}$
- Max. Anz. Stationen:  $N = 10300\text{bps}/10\text{bps} = 1030$



## ALOHA

- 4b) Vergleichen Sie das Delay von Pure ALOHA und Slotted ALOHA sowohl bei niedriger als auch bei hoher Last. Welches ist geringer? Erklären Sie Ihre Antwort.

- niedrige Last
  - Pure ALOHA hat niedriges Delay
  - Grund: bei Slotted ALOHA muss zunächst auf den Beginn des nächsten Slots gewartet werden.
- hohe Last
  - Slotted ALOHA hat niedrigeres Delay
  - Grund: Slotted ALOHA führt zu weniger Kollisionen und damit zu einer geringeren durchschnittlichen Verzögerung.



## ALOHA

- 4c) 10000 Flugreservierungssysteme konkurrieren um einen einzelnen Slotted-ALOHA-Kanal. Eine durchschnittliche Station macht pro Stunde 18 Reservierungsanfragen. Ein Slot dauert  $125 \mu\text{s}$ . Wie hoch ist die ungefähre Kanalauslastung?

- Benötigte Anz. Slots:  
 $18 \cdot 10000 \text{ Slots/h} = 180000 / 3600 \text{ Slots/s} = 50 \text{ Slots/s}$
- Anz. Verfügbare Slots:  
 $1\text{s} / 125\mu\text{s} = 8000$
- Kanalauslastung:  
 $50 / 8000 = 0,00625 = 0,625 \%$



- 4d) Eine große Anzahl von ALOHA-Benutzern erzeugt pro Sekunde 50 Anfragen (inkl. Originale + Retransmissions). Die Slots sind  $40 \text{ ms}$  lang.

- 4d) i. Wie hoch ist die Erfolgswahrscheinlichkeit beim ersten Versuch?

- $1000 \text{ ms} / 50 \text{ Anfragen/s}$
- $\Rightarrow 1 \text{ Anfrage alle } 20\text{ms}$
- Slotlänge  $40\text{ms} \Rightarrow 2 \text{ Anfragen/Slot}$
- $\Rightarrow \text{Wahrscheinlichkeit beim ersten Versuch: } 0,5$



## ALOHA

4d) ii. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, nach exakt  $k$  Kollisionen erfolgreich zu sein?

- Formel aus der VL (siehe auch Tanenbaum)

$$P_k = e^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1}$$

Aber: Formel gibt an, wie viele **Versuche** bis zum Erfolg erforderlich sind!

- Anders gesagt: Formel gilt für  $k$ -ten Versuch d.h. für die  $k-1$ -te Kollision
- $\Rightarrow$  Setze  $k+1$  ein

$$P'_k = e^{-G}(1 - e^{-G})^k$$



## ALOHA

4b) iii. Wie hoch ist die erwartete Anzahl von Sendeversuchen, die zum Erfolg nötig sind?

$$E = \sum_{k=1}^{\infty} kP_k = \sum_{k=1}^{\infty} ke^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1} = e^G$$

Die Anzahl der benötigten Sendeveruche ( $E$ ) wächst abhängig von der Anzahl der Frames ( $G$ ).



## ALOHA

4e) Messungen eines Slotted-ALOHA-Kanals mit vielen Nutzern zeigen, dass 10 Prozent der Slots unbenutzt sind.

4e) i. Bestimmen Sie die Kanalauslastung  $G$ .

- $P_0 = e^{-G} = 0,1$
- $G = -\ln(0,1) = 2,3$

4e) ii. Wie hoch ist der Durchsatz?

- $S = Ge^{-G} = 2,3e^{-2,3} = 0,23$



## ALOHA

- 4e) iii. Ist der Kanal über- oder unterlastet?
- Da  $G > 1$  ist der Kanal überlastet



# Nächste Übung am 11.06.2009

