

Hauptdiplomklausur Informatik

April 2000: Rechnernetze

Name: Vorname:

Matrikel-Nr.: Semester: Fach:

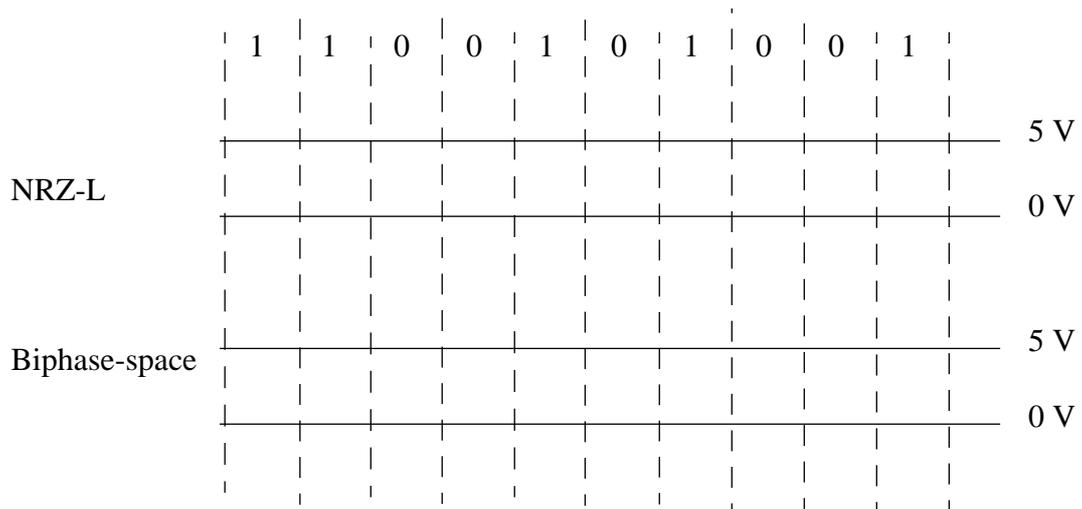
Hinweise:

- (a) Bitte füllen Sie sofort den Kopf des Deckblatts aus.
- (b) Überprüfen Sie Ihr Klausurexemplar auf Vollständigkeit (**19** Seiten).
- (c) Tragen Sie Ihre Lösungen soweit möglich direkt in die Klausur ein.
- (d) Als Hilfsmittel sind nur nicht-programmierbare Taschenrechner zugelassen.
- (e) Zeit: 100 Minuten

| Aufgabe | max. Punktezahl | Punkte |
|---------------|-----------------|--------|
| 1 | 7 | |
| 2 | 10 | |
| 3 | 9 | |
| 4 | 12 | |
| 5 | 15 | |
| 6 | 15 | |
| 7 | 21 | |
| 8 | 11 | |
| Gesamt | 100 | |

Aufgabe 1 (7 Punkte): Leitungscodierung

a) (3 Punkte) Kodieren Sie den in der folgenden Abbildung gegebenen Bitstring nach den Verfahren NRZ-L und Biphas-space. Gehen Sie dabei davon aus, daß zunächst 5V anliegen.



b) (4 Punkte) Vergleichen Sie die beiden Verfahren bezüglich ihrer Vor- und Nachteile.

Aufgabe 2 (10 Punkte): ADSL

a) (1 Punkt) Nennen Sie den wichtigsten Vorteil von ADSL gegenüber ISDN.

b) (3 Punkte) Warum ist ADSL asymmetrisch, und welche Gründe gibt es dafür?

c) (2 Punkte) Warum variiert die Bandbreite von ADSL, und von welchen Faktoren ist diese Variation abhängig?

d) (1 Punkt) Wodurch erreicht man die hohen Bitübertragungsraten bei xDSL?

e) (3 Punkte) Vergleichen Sie die beiden Verfahren CAP (Carrierless Amplitude/Phase Modulation) und DMT (Discrete Multitone Modulation). Worin liegt der zentrale Vorteil von DMT?

Aufgabe 3 (9 Punkte): CRC

a) (4 Punkte) Ein Datenrahmen $M(x)$ soll mit dem CRC-Polynom $G(x)$ gegen Bitfehler geschützt werden. Berechnen Sie den Rahmen $T(x)$, der an den Empfänger übertragen wird. (Hinweis: Bedenken Sie, daß bei der binären Division die Subtraktion modulo 2 erfolgt!)

$$M(x) = 1101\ 0010\ 1110\ 0100$$

$$G(x) = x^4 + x^3 + 1$$

b) (5 Punkte) Der CRC ist ein fehlererkennender Code. Was versteht man unter einem fehlerbehebenden Code? Wann ist ein fehlerbehebender Code effizienter bezüglich der effektiven Datenübertragungsrate als ein fehlererkennender Code? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 4 (12 Punkte): Selective Repeat

Die Übertragung eines Datenrahmens (Pakets) mit n Bits soll per “selective repeat” erfolgen, d.h. der Empfänger bestätigt jeden korrekt empfangenen Datenrahmen sofort mit einem Acknowledgement (Ack). Wenn der Empfänger einen Übertragungsfehler entdeckt, verwirft er das Paket. Der Sender wartet eine gewisse Zeit t_T auf das Ack und wiederholt nach dessen Ausbleiben die Übertragung.

a) (1 Punkt) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein Paket fehlerhaft übertragen und vom Empfänger verworfen wird, wenn die Wahrscheinlichkeit für die Invertierung eines einzelnen Bits p beträgt?

b) (1 Punkt) Wie groß ist die Zeit $t_{\bar{U}}$ für die fehlerfreie Übertragung eines einzelnen Pakets mit n Bits, wenn die Signallaufzeit zwischen Sender und Empfänger t_S beträgt und eine Übertragungsrate von b (in bit/s) erreicht wird?

c) (2 Punkte) Wie lange dauert die Übertragung eines Pakets, wenn erst die zweite Übertragung erfolgreich ist? Und wie lautet die Wahrscheinlichkeit für dieses Ereignis?

d) (8 Punkte) Sei T eine Zufallsvariable, die die Gesamtdauer der Übertragung eines einzelnen Pakets mißt, d.h. die Zeit, die vergeht, bis ein Paket fehlerfrei empfangen wurde. Zeichnen Sie zunächst den Wahrscheinlichkeitsbaum, der die möglichen Sendeverläufe abbildet. Berechnen Sie anschließend den Erwartungswert $E(T)$ von T .

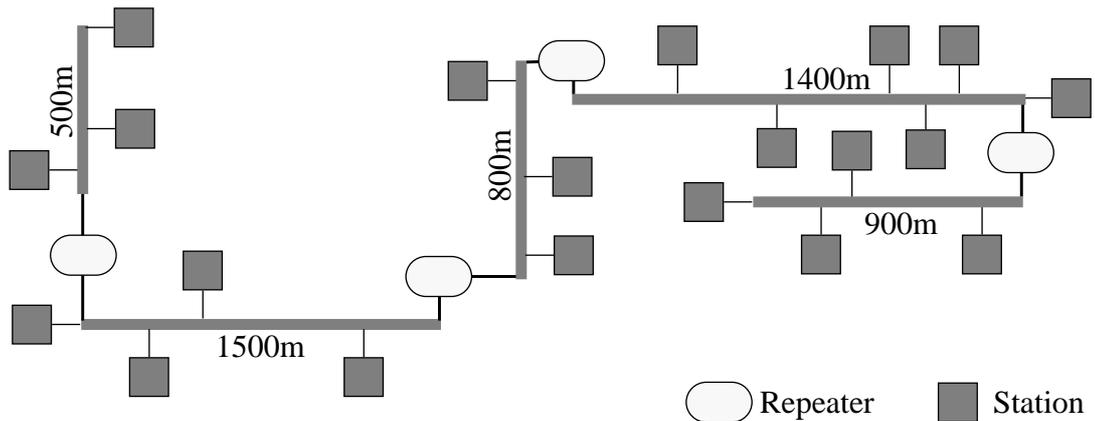
Hinweise:

$$\sum_{i=0}^{\infty} q^i = \frac{1}{1-q} \quad \text{mit } (|q| < 1)$$

$$\sum_{i=0}^{\infty} i \cdot q^i = \frac{q}{(1-q)^2} \quad \text{mit } (|q| < 1)$$

Aufgabe 5 (15 Punkte): Ethernet

a) (8 Punkte) Gegeben sei das in der Abbildung dargestellte Ethernet. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit sei $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, die Datenrate beträgt 10 Mbit/s ($1 \text{ M} = 10^6$), jeder Repeater verzögert das Signal um jeweils 2 Bit. Prüfen Sie, ob bei einer gegebenen minimalen Paketgröße von 64 Bytes eine sichere Erkennung von Kollisionen zwischen den am weitesten entfernten Stationen möglich ist.



b) (6 Punkte) Bestimmen Sie nun eine allgemeine Formel für die minimale Paketlänge in einer beliebigen Ethernet-Konfiguration. Die benötigten Variablen sollen wie folgt bezeichnet werden:

- v Ausbreitungsgeschwindigkeit (m/s)
- r Datenrate (bit/s)
- l Summe der Länge aller Ethernet-Segmente (m)
- n Anzahl der Repeater
- z Anzahl der Bits, um die in jedem Repeater verzögert wird
- p Größe des minimalen Paketes (bit)

c) (1 Punkt) Bestimmen Sie mit der Formel aus b) die minimale Paketgröße für a).

Aufgabe 6 (15 Punkte): Token Ring

a) (9 Punkte) Ihre Aufgabe ist es, einen Teil des Controllers einer Token-Ring-Netzwerkkarte zu spezifizieren. Es soll der **Sendevorgang ohne Berücksichtigung von Prioritäten** mit Hilfe eines endlichen Automaten spezifiziert werden. Dabei meldet das Betriebssystem einen Sendewunsch mit OStxmit (PDU) an. Danach wartet das Betriebssystem mit weiteren Sendewünschen, bis der Versand positiv (OSAck) oder negativ (OSNack) vom Controller bestätigt wurde. Die Hardware meldet dem Controller, wenn ein freies Token empfangen wurde (HWTokenReceived) oder ein besetztes Token mit PDU (HWPduReceived). Erfolgt keine Ausgabe des Controllers als Reaktion auf eine Hardware-Nachricht, so wird das freie Token bzw. das besetzte Token mit PDU an die nächste Station weitergeleitet. Erzeugt der Controller als Ausgabe eine Nachricht an die Hardware, so wird das freie Token bzw. das besetzte Token mit PDU nicht weitergeleitet, sondern durch die neue Nachricht ersetzt. So kann z.B. ein empfangenes freies Token vom Ring genommen und durch ein besetztes Token mit der zu versendenden PDU ersetzt werden. Es kann davon ausgegangen werden, daß der Token Ring perfekt funktioniert; insbesondere gibt es immer nur genau ein Token im Ring. Das einzige Problem, welches auftreten kann, ist, daß der Empfänger einer PDU diese nicht entgegen nimmt. In diesem Fall ist das Betriebssystem mit OSNack zu benachrichtigen. Tritt dieser Fall nicht ein, ist das Betriebssystem nach dem vollständigen Sendevorgang (inklusive Entfernen der PDU vom Ring) mit OSAck zu benachrichtigen.

Die möglichen Ereignisse des Automaten und ihre Bedeutung können den folgenden Tabellen entnommen werden:

| Betriebssystem-> Controller | Funktion |
|-----------------------------|--|
| OStxmit(PDU) | Übergibt eine PDU zum Übertragen von dem Betriebssystem an den Controller. |

| Controller -> Betriebssystem | Funktion |
|------------------------------|---|
| OSAck | Übertragung war erfolgreich. |
| OSNack | Übertragung war erfolglos, die PDU wurde nicht vom Empfänger entgegen genommen. |

| Hardware -> Controller | Funktion |
|------------------------|--|
| HWTokenReceived | Es wurde ein freies Token empfangen. |
| HWPduReceived(copied) | Es wurde ein besetztes Token mit anschließender PDU empfangen. Copied ist TRUE wenn der Empfänger der PDU die Nachricht erfolgreich gelesen hat, sonst ist copied FALSE. |

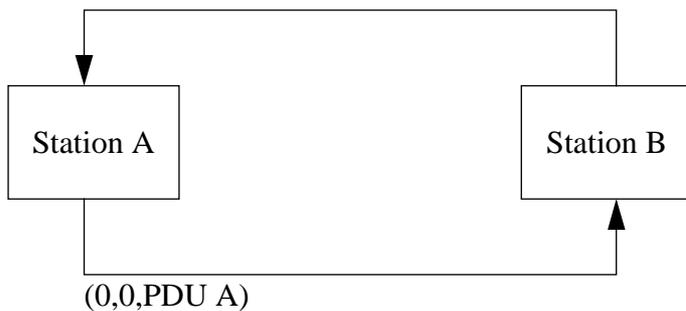
| Controller -> Hardware | Funktion |
|------------------------|--|
| HWTransmitPdu(PDU) | Nimmt freien Token vom Ring und sende besetzt Token und PDU. |
| HWTransmitToken | Nimmt besetzt Token und PDU vom Ring und sende freies Token |

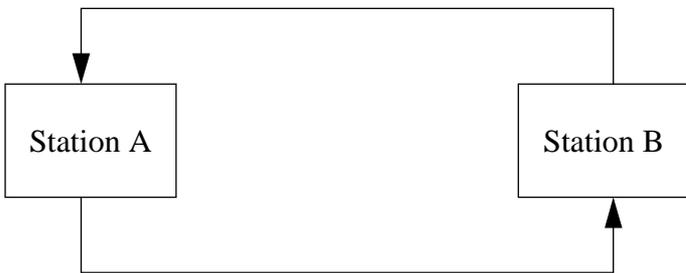
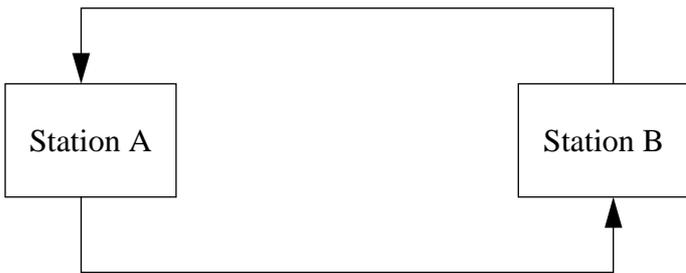
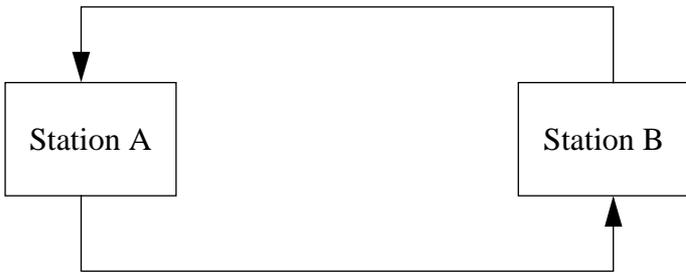
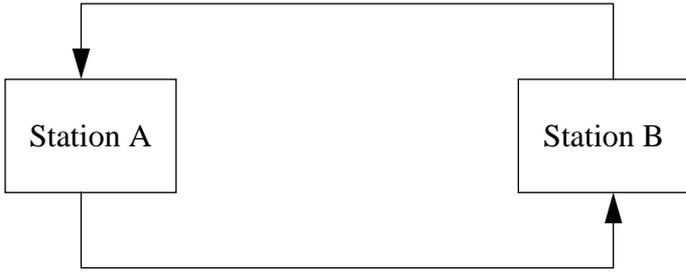
Zeichnen Sie nun den Automaten. Achtung, unter Umständen kann der Automat, den Sie entwickeln sehr einfach aussehen!

b) (6 Punkte) Erklären Sie anhand des folgenden Beispiels den Prioritätsmechanismus des Token-Rings. Gegeben sei ein Token-Ring mit Stationen A und B sowie mit weiteren Stationen, die im Folgenden keine Rolle spielen. Zu Beginn sei A in Besitz des Tokens und gerade dabei eine Nachricht mit niedriger Priorität (0) zu senden. Bevor das "Besetzt" Token bei Station B ankommt, entsteht dort ein Sendewunsch mit höherer Priorität (1). Bis zum Ende der Übertragung beider PDUs fallen keine weiteren Sendewünsche an. Beschreiben Sie den weiteren Ablauf, bis beide PDUs übertragen wurden und das freie Token wieder die Priorität 0 hat. Verwenden Sie bitte folgende Notation:

- (Reservation Bits, Priority Bits, PDU A) für besetzte Tokens mit PDU, sowie
- (Reservation Bits, Priority Bits) für freie Tokens.

Sie können bei Bedarf die Bilder weitergehend beschriften, dies ist jedoch nicht zwingend notwendig. Es ist möglich, daß Sie mit weniger als 7 Bildern auskommen.



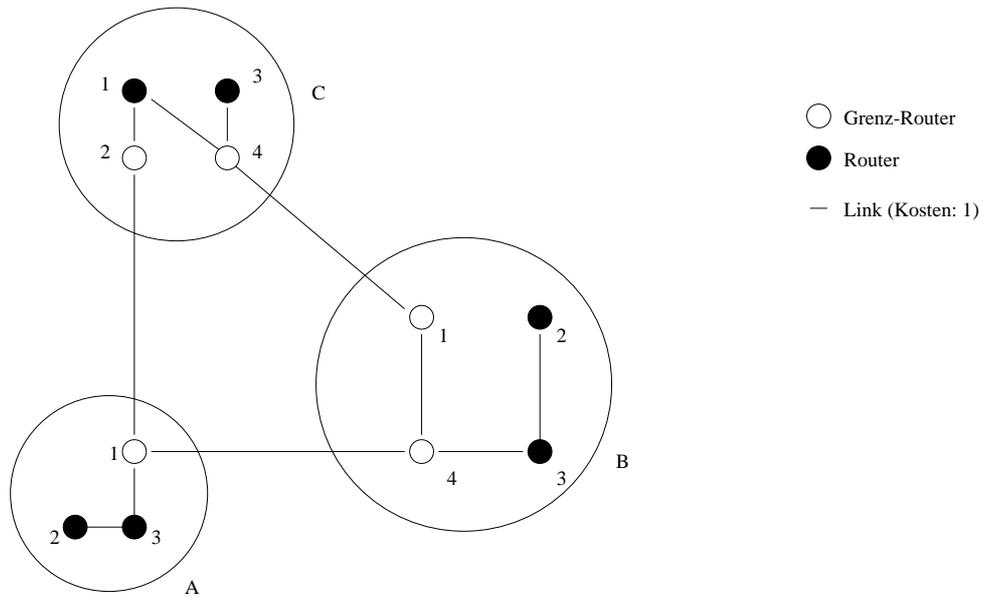


Aufgabe 7 (21 Punkte): Routing

(a) (8 Punkte) Skizzieren Sie die in der Vorlesung eingeführte Klassifikation von Routing-Algorithmen. Diskutieren Sie stichwortartig die prinzipiellen Vor- und Nachteile jeder Kategorie.

(b) (4 Punkte) Was versteht man unter hierarchischer Leitwegbestimmung? Nennen Sie die Vor- und Nachteile dieses Verfahrens.

(c) (4 Punkte) Gegeben sei das folgende Netzwerk, in dem die hierarchische Leitwegbestimmung verwendet wird.



Bestimmen Sie die Routing-Tabelle für den Router C1. Geben Sie für jeden Eintrag Ziel, Ausgangsleitung (z.B. Leitung C1-C2) und Kosten an.

(d) (5 Punkte) Die Gruppierung von Routern kann nach verschiedenen Kriterien erfolgen. Beispielsweise könnten Router zu einer Gruppe zusammengefaßt werden, die von anderen Teilnetzen aus über einen gemeinsamen Link erreicht werden können (z.B. alle Router eines Internet-Providers). Ebenso könnten Router zu eine Gruppe zusammengefaßt werden, die geographisch benachbart sind, aber u.U. nur über verschiedene Links erreichbar sind (z.B. alle Router in einer Stadt). Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile dieser beiden Gruppierungsschemata im Hinblick auf die entstehenden Adressen und das Routing durch hierarchischen Leitwegbestimmung.

Aufgabe 8 (11 Punkte): Anwendungsschicht

(a) (3 Punkte) Nennen Sie stichwortartig Vorteile der IP-Telefonie gegenüber der herkömmlichen Telefontechnik.

(b) (4 Punkte) Erläutern Sie, welche grundsätzlichen Probleme bei der Realisierung von IP-Telefonie gelöst werden müssen.

- (c) (4 Punkte) Zur Realisierung von Multimedia-Konferenzen über das Internet wird eine Reihe von Protokollen mit jeweils unterschiedlichen Aufgabenfeldern benötigt. Nennen Sie mindestens 3 verschiedene Protokollklassen die zur Realisierung von Multimedia-Konferenzen implementiert sein müssen. Beschreiben Sie kurz die Aufgabe der jeweiligen Protokollklasse.