

Hauptdiplomklausur Informatik März 2001: Rechnernetze

Name: Vorname:

Matrikel-Nr.: Semester: Fach:

Hinweise:

1. Bitte füllen Sie sofort den Kopf des Deckblattes aus.
2. Überprüfen Sie bitte Ihr Klausurexemplar auf Vollständigkeit (**15** Seiten).
3. Tragen Sie die Lösungen – soweit möglich – direkt in die Klausur ein.
4. Bitte unterschreiben Sie die Klausur am Ende auf der letzten Seite
5. Zugelassene Hilfsmittel: nicht programmierbarer Taschenrechner
6. Handys müssen während der Klausur *ausgeschaltet* in der Tasche bleiben!
7. Bearbeitungszeit: 100 Minuten.

Aufgabe	max. Punktzahl	Punkte
1	20	
2	14	
3	26	
4	6	
5	14	
6	11	
7	9	
Summe	100	

Aufgabe 1: Schichtenmodell [2+8+2+8=20 Punkte]

- (a) [2 Punkte] Erläutern Sie die Begriffe “Schicht”, “Dienst”, “Dienstzugriffspunkt” und “Protokoll”.
- (b) [8 Punkte] Erklären Sie das im *Internet* verwendete Schichtenmodell anhand einer Skizze. Definieren Sie für jede Schicht die zentralen Aufgaben. Geben Sie für jede Schicht jeweils ein Internet-Protokoll an und gehen Sie kurz darauf ein, wie dieses die Aufgaben der dazugehörigen Schicht erfüllt.
- (c) [2 Punkte] Vergleichen Sie kurz das Internet-Schichtenmodell mit dem ISO/OSI-Schichtenmodell.
- (d) [8 Punkte] Eine Alternative zum Schichtenmodell ist das “Integrated Layer Processing (ILP)”. Anstatt die anfallenden Aufgaben auf verschiedene Schichten aufzuteilen, werden sie beim ILP auf einer einzigen Ebene gebündelt und in die Anwendung selbst integriert. Die Protokolldateneinheiten entsprechen folglich den zu versendenden Anwendungsdateneinheiten.

Vergleichen Sie ILP gegenüber dem Schichtenmodell, indem Sie jeweils die Vorteile der beiden Verfahren darstellen. Begründen Sie Ihre Antwort!

Aufgabe 2: Sicherungsschicht [12+2=14 Punkte]

Die Sicherungsschicht ist u.a. dafür zuständig, Übertragungsfehler wie z.B. Paketverluste zwischen direkt benachbarten Rechnern zu erkennen und zu beheben. Prinzipiell gibt es dafür zwei verschiedene Ansätze: die Fehlererkennung und anschließende Übertragungswiederholung und die Fehlerbehebung.

Ein mögliches Verfahren zur Fehlerbehebung ist *Forward Error Correction* (FEC). Hierbei werden den zu übertragenden Datenpaketen redundante Pakete hinzugefügt, so daß trotz des Verlusts eines Teils der Pakete die ursprüngliche Nachricht dekodiert werden kann.

- (a) [12 Punkte] Es existiert ein FEC-Verfahren, das den Inhalt von zwei Datenpaketen (D_1, D_2) auf drei Pakete (FEC_1, FEC_2, FEC_3) so aufteilt, daß der Empfang von zwei beliebigen der drei Pakete (z.B. FEC_1, FEC_3) ausreicht, um den ursprünglichen Inhalt herstellen zu können.

Alternativ könnte das bekannte Übertragungswiederholungsverfahren “go-back-n ohne Pufferung” eingesetzt werden.

Gegeben sei ein Kanal mit einer Übertragungskapazität von 100 Paketen/Sekunde, bei dem jedes k te Paket verloren geht (k sei ganzzahlig). Der Empfänger benötigt $1/10$ Sekunde, um den Sender über einen Paketverlust zu benachrichtigen.

Was ist jeweils die effektive Datenrate des FEC-Verfahrens und des Übertragungswiederholungsverfahrens? Ab welcher Paketverlustrate ist FEC effizienter?

- *FEC benötigt 3 Pakete für den Inhalt von 2 Paketen, daher ist die effektive Datenrate $100 \text{ Pkt/s} * 2/3 = 66,7 \text{ Pkt/s}$*
- *In jeder Sekunde gehen von 100 Paketen $100/k$ Pakete verloren. Durch die “go-back-n”-Strategie werden bei jedem verlorengegangenem Paket die nächsten 10 Pakete verworfen ($1/10 \text{ s} * 100 \text{ Pkt/s}$) und erst danach das verlorene Paket erneut übertragen. Von 100 Paketen werden also $11*(100/k)$ zweimal übertragen, was eine effektive Datenrate von $100 - 11*(100/k) \text{ Pkt/s}$ ergibt. (Hinweis: $10*(100*k)$ kann man zur Not auch noch gelten lassen)
Bemerkung: exaktere Rechnung ergibt eine “Ankunftsrate” von $\frac{k-1}{k+10}$ (also eine Verlustrate von $\frac{11}{k+10}$), d.h. von 100 Paketen werden $100*11/(k+10)$ zweimal übertragen.*
- $66,7 \geq 100 - 11 * (100/k) \Rightarrow k \leq \frac{11*100}{100-66,7}$
*Ab einer Verlustrate von $p \geq \frac{100-66,7}{11*100} = 3,0\%$ (bzw 3,3%) ist FEC effizienter.*

- (b) [2 Punkte] Nennen sie (abgesehen von der unterschiedlichen Effizienz bei verschiedenen Verlustraten) jeweils einen weiteren Grund, der für FEC bzw. für die Übertragungswiederholung spricht.

- *Vorteil FEC: FEC funktioniert auch für unidirektionale Links (kein Rückkanal vom Empfänger zum Sender)*

- *Vorteil FEC: Fehler werden “sofort” behoben*
- *Vorteil Übertragungswiederholungsverfahren: falls mehr Pakete verloren gehen, als zur Dekodierung für die FEC benötigt werden, kann die Nachricht ohne eine zusätzliche Übertragungswiederholung nicht dekodiert werden.*
- *Vorteil Übertragungswiederholungsverfahren: geringere Netzbelastung bei wenig Fehlern*

Aufgabe 3: Routing [3+1+13+4+5=26 Punkte]

- (a) [3 Punkte] Worin unterscheidet sich das Routing für Datagramme vom Routing für virtuelle Verbindungen? Nennen Sie mindestens einen Vor- und einen Nachteil für jeden der beiden Ansätze.

Datagramm: individuelle Entscheidung für jedes Paket

- + einfach
- + kein Verbindungsaufbau nötig
- + flexibler/zuverlässiger
- + besser für heterogene Subnetze
- - Adresse muss in jedem Paket stehen
- - keine Fehlerüberwachung

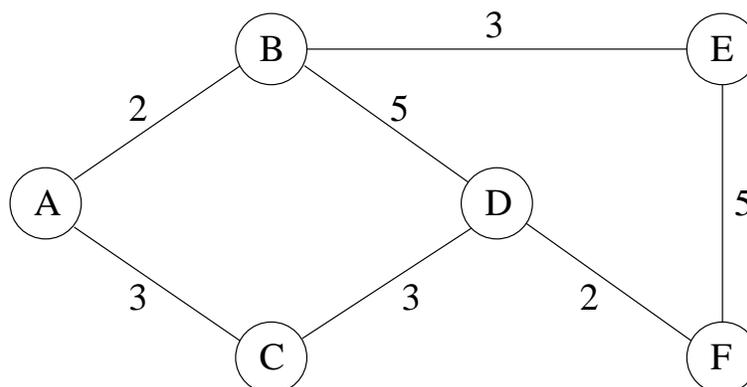
virt. Verbindung: Entscheidung beim Verbindungsaufbau

- + niederer Mehraufwand für Adressierung während der Datenübertragung
- + keine Neusortierung/ Fehlerüberwachung im Endsystem nötig
- - komplex
- - hoher Overhead bei kurzen Verbindungen

- (b) [1 Punkt] Zu welcher Klasse von Routingverfahren gehört der Backward-Learning-Algorithmus bzgl. der in der Vorlesung eingeführten Klassifikation ?

adaptiv, isoliert

- (c) [13 Punkte] Gegeben sei das folgende Netzwerk, in dem der Backward-Learning-Algorithmus verwendet wird. An den Kanten des Netzes sind die jeweiligen Verbindungskosten notiert.



Die Routingtabellen der Knoten im Netz sind auf der nächsten Seite dargestellt. Jeder Tabelleneintrag hat die Form Ausgangsleitung/Kosten. Ein Fragezeichen bedeutet hier, dass die Kosten des jeweiligen Pfades noch unbekannt sind.

Der initiale Zustand der Tabellen wurde vor dem Start des Backward-Learning-Verfahrens (z.B. von einem Netzwerkadministrator) statisch festgelegt.

i) Über dieses Netzwerk sollen nun die folgenden sechs Pakete nacheinander in der angegebenen Reihenfolge übertragen werden (die Notation bedeutet: Sender → Empfänger):

F → A

D → A

B → F

C → B

E → D

A → F

Ermitteln Sie nach jeder Übertragung die Routing-Tabellen für alle Knoten. Tragen Sie diese Routing-Tabellen in der Tabelle auf der nächsten Seite in der Spalte des jeweiligen Pakets ein. Tabelleneinträge, die unverändert geblieben sind, brauchen Sie nicht zu kopieren.

Kno- ten	Ziel	Initialer Zustand	F -> A	D -> A	B -> F	C -> B	E -> D	A -> F
A	A	-						
	B	B/2						
	C	C/3						
	D	B/?		B/12				
	E	B/?						
	F	B/?	B/10					
B	A	A/2						
	B	-						
	C	D/?				D/8		
	D	D/5						
	E	E/3						
	F	D/?	E/8					
C	A	A/3						
	B	D/?						
	C	-						
	D	D/3						
	E	D/?						
	F	D/?						
D	A	F/?						
	B	B/5						
	C	C/3						
	D	-						
	E	F/?					F/7	
	F	F/2						
E	A	B/?						B/5
	B	B/3						
	C	B/?						
	D	B/?		F/7				
	E	-						
	F	F/5						
F	A	E/?						E/10
	B	E/?			E/8			
	C	E/2						
	D	D/2						
	E	E/5						
	F	-						

ii) Nach der Übertragung der oben angegebenen Paketsequenz spiegeln die Einträge der Routing-Tabelle von Knoten B noch nicht die optimalen Pfade im Netz wieder. Für welche der Zielknoten in der Tabelle von Knoten B wurde nicht der optimale Pfad gefunden? Können Sie weitere Pakete angeben, deren Übertragung den Zustand der Routing-Tabelle von Knoten B verbessert? Begründen Sie kurz!

Noch nicht optimal sind die Einträge für Knoten C und F.

Nein. Weder Knoten C noch Knoten F verschickt seine Pakete über den kürzeren Weg zu B. Daher kann B die kürzeren Wege nicht lernen.

- (d) [4 Punkte] Nehmen Sie an, das Netz aus Aufgabenteil (c) sei erneut im initialen Zustand. Geben Sie nun eine Paketsequenz an, die mit dem Backward-Learning-Algorithmus die (unter Berücksichtigung der initialen Zustände) bestmöglichen Einträge in der Routing-Tabelle des Knotens B erzeugt. Tragen Sie in die Spalten der unten stehenden Tabelle die benötigten Pakete ein und ermitteln Sie den neuen Zustand der Routing-Tabelle von Knoten B nach jeder Übertragung eines Pakets. (Unveränderte Einträge müssen Sie nicht kopieren. Die Routing-Tabellen der anderen Knoten brauchen ebenfalls nicht angegeben zu werden.)

Kno- ten	Ziel	Initialer Zustand	B -> F	F -> B	C -> B			
B	A	A/2						
	B	-						
	C	D/?			D/8			
	D	D/5						
	E	E/3						
	F	D/?		D/7				

- (e) [5 Punkte] Machen Sie einen Vorschlag wie man das Backward-Learning-Verfahren modifizieren könnte, so daß sich die Qualität der ermittelten Routing-Tabellen verbessert. Beschreiben Sie ihre Idee kurz. Das Grundprinzip des “Backward-Learnings” soll auch in Ihrem neuen Verfahren erhalten bleiben. Gehen Sie von einer statischen Netztopologie ohne Verbindungsunterbrechungen aus.

Die Tabellen verbessern sich sobald ein Paket einen günstigeren Weg als die Vorgängerpakete verwendet. Dies kann in einem eingeschwungenen System beispielsweise durch die folgenden Veränderungen am Backward-Learning-Verfahren erreicht werden:

- *Ein Sender könnte seine Pakete von Zeit zu Zeit allen Ausgangsleitungen verschicken (Flooding).*
- *Ein Sender könnte von Zeit zu Zeit zufällig eine Ausgangsleitung auswählen.*

Aufgabe 4: Lokale Netze [2+4=6 Punkte]

- (a) [2 Punkte] Was versteht man unter dem Begriff Medienzugangskontrolle? Welche zwei grundsätzlichen Mechanismen gibt es?

Medienzugangskontrolle regelt den Zugriff einer Station auf das physikalische Medium.

Medienbelegungsprinzipien:

- 1. Kollisionsentdeckung*
- 2. Kollisionsverhinderung*

- (b) [4 Punkte] Erläutern Sie das 1-persistente CSMA/CD-Verfahren in Stichworten. Gehen Sie dabei Schritt für Schritt durch den gesamten Prozess. Behandeln Sie alle Ihnen bekannten Fälle.

Jede sendewillige Station arbeitet folgenden Algorithmus ab:

- *Station hört das Medium ab:*
 - + *Falls frei: die Station sendet die Daten*
 - + *Falls belegt: das Senden wird zurückgestellt. Sofort nach Ende der laufenden Übertragung wird mit dem Senden begonnen.*
- *Bei Kollisionen während des Sendevorgangs:*
 - + *Der Sender unterbricht die Sendung und wartet eine zufällige Zeitspanne.*
 - + *Dann beginnt ein neuer Sendevorgang.*

Aufgabe 5: TCP/IP [3+6+2+3=14 Punkte]

(a) [3 Punkte] TCP ist das meistverwendete Transportprotokoll im Internet. Was sind die Eigenschaften von TCP, und was für Dienste bietet TCP der darüberliegenden Anwendungsschicht?

- *serieller Strom von Bytes (Bytestrom-orientiert)*
- *unstrukturierter Datenstrom*
- *verbindungsorientiert (Verbindungsauf- und -abbau)*
- *full-duplex*
- *(fensterbasierte) Flußkontrolle*
- *Überlastkontrolle mittels congestion window*
- *Fehlererkennung und Fehlerbehebung*
- *Portkonzept zur Adressierung von Anwendungsprozessen*

(b) [6 Punkte] TCP wird häufig für kurze Anfragen eines Clients an einen Server eingesetzt, z.B. um eine Webseite per HTTP abzurufen. Ebenso bestünde die Möglichkeit, Protokolle wie HTTP über UDP laufen zu lassen. Begründen Sie, was jeweils für und gegen TCP bzw. UDP für solche Arten von Anwendungen spricht.

Vorteile von TCP:

- *TCP hat bereits Reihenfolgeerhaltung, Fehlersicherung, Congestion-control, etc. Alle diese Mechanismen können durch den Einsatz von TCP verwendet werden ohne daß sie neu implementiert werden müssen.*
- *Neben dem Implementierungsaufwand reduziert sich auch die Komplexität der Anwendung. TCP ist i.A. stabil und TCPs Eigenschaften sind gut getestet.*
- *Da (im Beispiel von WWW) alle Server und Clients die gleichen Fehlersicherungs-, etc. -mechanismen verwenden, können (theoretisch) beliebige Clients mit beliebigen Servern kommunizieren*

Nachteile von TCP:

- *einige Eigenschaften von TCP werden nicht benötigt, es könnte ein einfacheres und effizienteres Protokoll speziell für die vorgesehene Anwendung entwickelt werden:
z.B. Reihenfolgeerhaltung, Flußkontrolle, Slowstart, Verbindungsauf-/abbau,*

UDP umgekehrt

(c) [2 Punkte] Nennen Sie die wichtigsten Elemente im TCP-Header eines Datenpaketes. (Reihenfolge oder Anzahl der Bits der jeweiligen Felder ist nicht gefordert.)

- *Source port*
- *Destination port*
- *Sequence number*
- *Header length*
- *Window size*
- *Checksum*
- ...

(d) [3 Punkte] Eine Firma muss zwischen mehreren entfernten Standorten Geschäftsdaten austauschen. Es besteht die Möglichkeit, entweder die Daten über das Internet auszutauschen oder eine direkte Modemverbindung zu einem Server bei dem entfernten Standort herzustellen und die Daten über die Modemverbindung zu übertragen.

Nennen Sie Vor- und Nachteile der beiden Ansätze.

Internet:

- *kostengünstig, da lediglich eine Leitung zum ISP benötigt wird (die evtl. sowieso schon vorhanden ist)*
- *keine garantierte Bandbreite bzw. Dienstgüte (was bei FTP allerdings keine große Rolle spielt)*
- *Security und Verschlüsselung ist sehr wichtig falls es sich um sensitive Daten handelt*
- *“always online”, Daten können rund um die Uhr in kurzen Abständen abgefragt werden*

Modemleitung:

- *Infrastruktur (Telefonleitung) fast überall vorhanden*
- *Standleitung ist sehr teuer*
- *relativ abhörsicher*
- *zugesicherte Bandbreite*

Aufgabe 6: Domain Name Service [2+9=11 Punkte]

- (a) [2 Punkte] Erklären Sie die Aufgabe des Domain Name Service im Internet und gehen Sie auf den Begriff “Domäne” ein.

- (b) [9 Punkte] Bilden Sie den Algorithmus zur Namensauflösung im Internet ab, indem Sie den Zustandsautomaten der Client-Software (*name resolver*) angeben. Beachten Sie dabei die beiden Möglichkeiten “recursive resolution” und “non-recursive resolution”. Der *name resolver* soll ausserdem über einen eigenen Cache verfügen.

Aufgabe 7: Hyper-Text Transfer Protocol [3+3+1+2=9 Punkte]

- (a) [3 Punkte] Nennen sie drei wichtige Eigenschaften des HTTP-Protokolls.
- *Einfach Request-/Response-Protokoll*
 - *ASCII-Format der Request-/Response-Nachrichten*
 - *zustandsloses Protokoll*
 - *verwendet einen zuverlässigen Transportdienst (TCP)*
 - *eigene Transportverbindung für jedes angeforderte Dokument (in HTTP 1.0)*
- (b) [3 Punkte] Die URL `http://www.uni-mannheim.de/index.html` besteht aus drei Teilen. Welche Teile sind gemeint und was bezeichnen sie?
- *http: Protokoll*
 - *www.uni-mannheim.de: Host*
 - */index.html: (Verzeichnis und) Name der HTML-Datei*
- (c) [1 Punkt] Wie sieht die Anfrage eines HTTP-Clients an den entsprechenden Webserver aus (d.h. was steht im Paket), wenn dieser das Dokument an der URL `http://www.uni-mannheim.de/index.html` darstellen möchte?
- ```
GET http://www.uni-mannheim.de/index.html HTTP/1.0
```
- (d) [2 Punkte] Das HTTP-Protokoll kann unter Umständen recht ineffizient sein. Warum? In der Vorlesung wurden mögliche Verbesserungen für HTTP vorgestellt. (Diese haben auch bereits in neuere Versionen von HTTP und WWW-Clients Einzug erhalten.) Um welche Verbesserungen handelt es sich?
- Da HTTP zustandslos ist, wird für jedes Dokument eine eigene Verbindung inkl. Verbindungsauf- und -abbau hergestellt, obwohl häufig nur ein oder zwei Pakete übertragen werden. Das Laden eingebetteter Objekte (z.B. Bilder) erfolgt sequentiell, wodurch sich relativ lange Wartezeiten ergeben können, bis eine Webseite vollständig aufgebaut ist.*
- *persistent connections (eine Verbindung für mehrere Dokumente)*
  - *mehrere parallele TCP-Verbindungen zur Beschleunigung der Datenübertragung*