

Aufgabe 22: Echtzeitkommunikation in IP-basierten Rechnernetzen

(25 Punkte)

Beim Einsatz eines einfachen PCM-Codecs nach der ITU-T-Festlegung G.711 wird alle $125 \mu\text{s}$ eine Sprachprobe aus dem analogen Signal entnommen und digitalisiert, indem sie als ein 8 Bit-Abtastwert dargestellt wird. Anschließend wird der Abtastwert mithilfe von Real-time Transport Protocol (RTP) in einem RTP-Paket übertragen, wobei zusätzliche 16 Bit zur Identifikation der Sprachverbindung und weitere 32 Bit zur Identifikation des Abtastwerts in jedem RTP-Paket mittransportiert werden müssten. Eine Verbesserungsmöglichkeit, um den entstehenden Overhead beträchtlich zu reduzieren, besteht darin, mehrere 8 Bit-Abtastwerte zusammen mit der 32 Bit-Identifikation des ersten Abtastwertes und der 16 Bit-Verbindungsidentifikation in einem RTP-Paket zu transportieren.

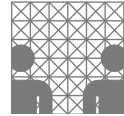
- Welche Übertragungskapazität auf der IP-Ebene wird benötigt, um eine *unidirektionale* Sprachverbindung zu realisieren, wenn n Abtastwerte in einem RTP-Paket transportiert werden? Denken Sie an den entstehenden Overhead durch die RTP-, UDP- und IP-Header.
- Wie stark muss man "bündeln", um 60 *bidirektionale* Sprachverbindungen zu realisieren, wenn für die Übertragung resultierender IP-Pakete durchgehend 100 MBit/s-Fast-Ethernet verwendet wird und 90% der Ethernet-Übertragungskapazität für andere Dienste freigehalten werden sollen (d.h. 10 MBit/s für Sprachübertragung verfügbar sind)? Denken Sie an den entstehenden Overhead durch die Ethernet-Header. Mögliche Kollisionen sollen unberücksichtigt bleiben.
- Welche Konsequenzen ergeben sich aus Paketverlusten (bei unterschiedlicher Wahl von n)?
- Welche Auswirkungen auf die Echtzeitfähigkeit ergeben sich aus der „gebündelten“ Übertragung von Abtastwerten?
- Diskutieren Sie die jeweiligen Vor- und Nachteile der Verwendung von absoluten (realen) Zeitpunkten gegenüber der Verwendung von relativen (logischen) Zeitstempeln zur Identifikation der Abtastwerte.

Aufgabe 23: Wegeermittlung

(30 Punkte)

Betrachtet wird das Prinzip des verteilten Routings mit Nutzung von Zustandsinformationen bzgl. des Momentanzustands der Leitungsauslastung (vgl. DKR-Folien VI.51-52):

- Welche Konsequenz hat eine Vergrößerung der Dauer Δt der Intervalle I_j , die für die Auslastungsmessungen a_j zugrunde gelegt werden (bei konstant gehaltener Gewichtsfunktion zur Gewichtung der Auslastungsmessungen mit Werten c_0, c_1, \dots, c_k)?
- Wie im Skript sei die Momentanauslastung $\rho^*(t_0)$ einer Leitung zu einem Zeitpunkt t_0 definiert durch: $\rho^*(t_0) = c_0 \cdot a_j + c_1 \cdot a_{j-1} + \dots + c_k \cdot a_{j-k}$, wobei $k \geq 1$ konstant und a_j die jüngste Auslastungsmessung bezeichne. Wie wirkt sich eine Gewichtsfunktion für die Ermittlung der Momentanauslastung aus (in Abhängigkeit des Wertes für k) bei der die c_i definiert sind gemäß: $c_i = x_0 \cdot (k-i)/k$, mit $x_0 = 2/(k+1)$? (Die Normalisierungskonstante



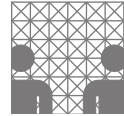
- x_0 dient nur dazu, die Summe der Gewichte $c_0 + c_1 + \dots + c_k$ auf 1 zu normieren). Beweisen Sie, dass für den gegebenen Wert von x_0 in der Tat gilt: $\sum_{i=0}^k c_i = 1$.
- c) Welche Konsequenz ergibt sich bei gegenseitiger Annäherung der Schwellwerte ρ_u^* und ρ_o^* für das Versenden neuer Updates bzgl. beobachteter Momentanauslastungen?
- d) Welche Konsequenz hat eine Gewichtsfunktion $g_1(l_i) = \frac{1}{(\frac{\nu_D}{1-\rho_i^*})^2}$ gegenüber einer Gewichtsfunktion $g_2(l_i) = \frac{1}{\frac{\nu_D^2}{1-\rho_i^*}}$ für die Wahl eines Pfades, der eine Leitung l_i mit Datenrate ν_D und sehr hoher geschätzter Momentanauslastung ρ_i^* beinhaltet? Anmerkung: Die hier benutzten Gewichtsfunktionen g_1, g_2 dienen der Gewichtung der Leitungen eines Pfades.
- e) Wie beurteilen Sie die Gewichtsfunktionen $g_3(l_i) = \frac{1}{\nu_D}$, $g_4(l_i) = \frac{1}{(1-\rho_i^*)^3}$, $g_5(l_i) = \frac{1}{\rho_i^*}$ sowie $g_6(l_i) = \frac{1}{\frac{\nu_D}{(1-\rho_i^*)^2}}$?

Aufgabe 24: Vermittlungstechniken

(20 Punkte)

An eine Verbindungsleitung mit einer Übertragungskapazität von 2 Mbit/s werden Rechnersysteme (z.B. mittels eines Zugangs über einen gemeinsam genutzten Netzknoten) angeschlossen, die jeweils in der aktiven Phase eine Last mit 64 kbit/s erzeugen. In den Pausen ("Ruhephasen") werden keine Daten übertragen (0 kbit/s). Jedes System ist zu 10% des betrachteten Zeitraumes aktiv.

- a) Bei Einsatz von Leitungsvermittlung wird für jedes anzuschaltende Rechnersystem ein Kommunikationskanal mit einer Kapazität von 64 kbit/s über die betrachtete Verbindungsleitung aufgebaut und steht diesem Rechnersystem zur Verfügung, unabhängig davon, ob die Kapazität gerade benötigt wird oder nicht. Wieviele Rechnersysteme können bei Einsatz von *Leitungsvermittlung* maximal angeschaltet werden? (5 Punkte)
- b) Bei Einsatz von Paketvermittlung (wie z.B. im Internet mithilfe des IP-Protokolls) erfolgt keine feste Zuordnung von Kommunikationskanälen zu den Rechnersystemen und jede Sendung (während der aktiven Phase eines Systems) wird unabhängig von den anderen Sendungen vermittelt (sog. "statistisches Multiplex"). Können Sie mithilfe der Paketvermittlung 200 Rechnersysteme anschalten, wenn Sie eine Wahrscheinlichkeit für die vollständig ausgelastete Verbindungsleitung von 0.006 für noch akzeptabel ansehen? Nehmen Sie für diese Aufgabe ferner an, dass die Rechnersysteme sich statistisch unabhängig voneinander verhalten. (12 Punkte)
- c) Welche Probleme sehen Sie in Verbindung mit dem Einsatz einer Paketvermittlungstechnik in dem gegebenen Szenario? Ist die Leitungsvermittlungstechnik ein besserer Ansatz zur Lösung dieser Probleme? (3 Punkte)



Aufgabe 25: Netzkopplung

(25 Punkte)

- a) Welche Vor- und Nachteile hat die direkte Kopplung von Rechnernetzen gegenüber der indirekten?
- b) Beschreiben Sie möglichst präzise die Realisierung eines Dateitransfers über ein „Application Level Gateway“ bei direkter Kopplung zweier Netze A und B mit jeweiligem Dateitransferdienst FTP_A bzw. FTP_B und Nutzung der „Dienstkopplung“, wobei die angeforderte Datei im Gateway-Rechner zwischengespeichert werden kann.
- c) Welche Schwierigkeiten erwarten Sie bei direkter Kopplung (auf Vermittlungsschicht) eines Paketvermittlungsnetzes, das auf ungeschichteten virtuellen Verbindungen basiert, mit einem IP-basierten Kommunikationsnetz? Skizzieren Sie die Möglichkeiten zur Lösung der zu erwartenden Kopplungsprobleme.
- d) Welchen Aufwand erwarten Sie bei der Kopplung zweier verbindungsorientierter Paketvermittlungsnetze (wiederum auf Vermittlungsschicht) gegenüber der Kopplung zweier verbindungsloser Paketvermittlungsnetze?

Aufgabe 26: Freiwillige Zusatzaufgabe: Paketverluste bei IP over ATM

(30 Punkte)

Annahme: Sie haben Ihr Informatikstudium erfolgreich beendet und sind berufstätig. Zu Ihren Aufgaben im Unternehmen gehöre das Netzwerkmanagement des firmeninternen Intranets. Bei Kommunikation zwischen Netzknoten der Unternehmenszentrale in Hamburg und einer Filiale des Unternehmens in München fällt Ihnen auf, dass der für Ihre Datenübertragung zwischen HH und M benutzte Internet Service Provider (ISP) – offensichtlich in Hochlastsituationen seines Kommunikationsnetzes – häufig große IP-Pakete nicht ausliefert, kleine Pakete werden indes nahezu immer ausgeliefert. Ihnen ist bekannt, dass der ISP in seinem Netz IP over ATM verwendet. Ihr Vorgesetzter fragt Sie nach einer möglichen Begründung für dieses Phänomen. Sie sind in der glücklichen Lage, ihm eine Antwort zu geben, da Sie sich an die folgende Aufgabe erinnern, die Sie im Rahmen der DKR-Übungen in Ihrem Studium als **freiwillige Zusatzaufgabe** gelöst haben:

- a) Wir betrachten ein „IP over ATM“-Netz, welches ATM-Zellen im ATM-Netz mit Wahrscheinlichkeit ϵ_c verliert, wobei die Zellenverluste aus Sicht eines Benutzers für seine Verbindung unabhängig auftreten. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit $\epsilon_p(L)$ für Verluste von IP-Paketen mit Länge L [Byte]. Illustrieren Sie den Verlauf von $\epsilon_p(L)$ in Abhängigkeit von L für $\epsilon_c = 5 \cdot 10^{-3}$. (15 Punkte)
- b) Sofern Sie eine (relativ hohe) IP-Paket-Verlustwahrscheinlichkeit von 0,19027 für IP-Pakete mit Länge $L = 1000$ Byte beobachten, von welcher Zellenverlustwahrscheinlichkeit können Sie dann ausgehen? Wird diese Zellenverlustwahrscheinlichkeit bestätigt durch eine zweite Beobachtung dergestalt, dass IP-Pakete mit Länge $L = 100$ Byte mit Wahrscheinlichkeit $\approx 0,0297$ nicht ausgeliefert werden? (10 Punkte)
- c) Welche Maßnahme könnten Sie in dem Szenario aus (b) ergreifen, um dennoch auf IP-Schicht eine akzeptable Übertragungsqualität sicherzustellen? (5 Punkte)