

Rechnernetze – Media Networking (WiSe 2023/2024)

Übung 02

Gegeben sei die nachfolgend angegebene einfache Netzkopplung mit den ebenfalls angegebenen (stark vereinfachten) Verzögerungszeiten (in Millisekunden) in den Netzen (einschließlich Verarbeitung in den Routern). Die Netze, an denen die Hosts A bis I hängen, seien lokale, niedrig belastete Broadcast-Netze, so dass vereinfachend eine Verzögerungszeit von 0 Millisekunden angenommen wurde. Zum Zeitpunkt $t = 0$ fängt A an, mit einer kontinuierlichen Übertragungsrate von 1 MBit/s auf der Gruppenadresse X zu senden. 100 Millisekunden später teilen die Hosts B, E, H und I ihrem „lokalen“ Router per IGMP erstmalig mit, dass sie an Informationen der Gruppe X interessiert sind. Die erstmaligen IGMP-Pakete von Host B und Host H gehen verloren. IGMP-Pakete werden alle 100ms wiederholt. Die anderen Hosts haben kein Interesse. Das gewählte Multicast-Routing-Protokoll sei DVMRP.

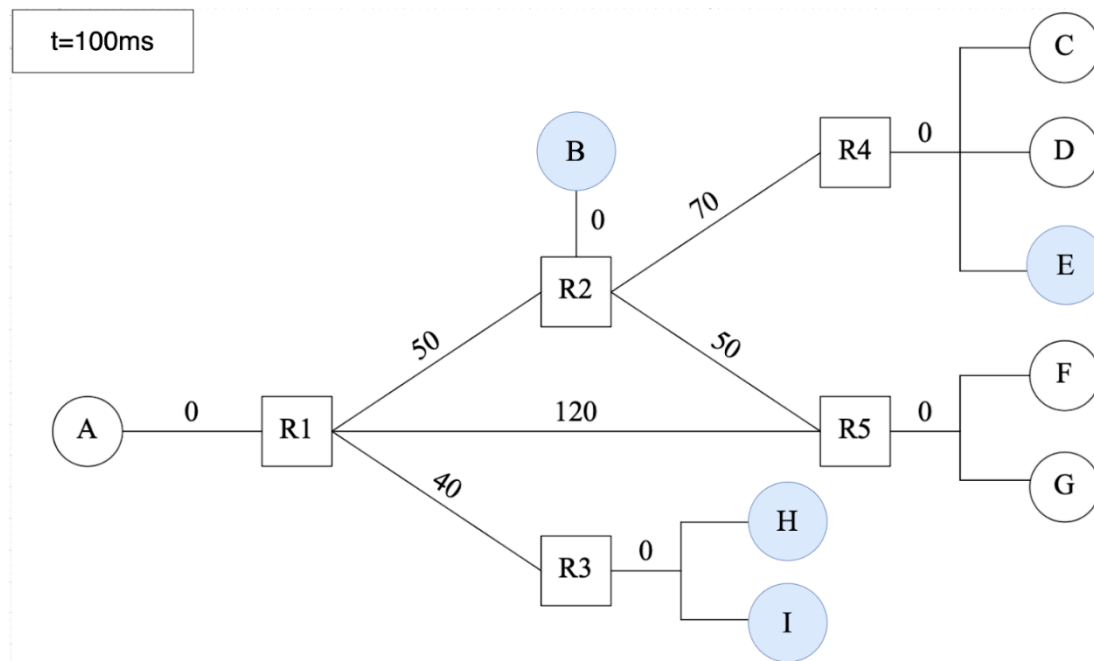


Abbildung 1 Netzkopplung bei $t=100\text{ms}$

a) Welche Informationen über Gruppenzugehörigkeiten fließen zwischen welchen Routern der angegebenen Netzkopplung? Kurze Begründung.

Bei netzübergreifenden Multicast-Kommunikation muss jeder Router entscheiden, ob er Daten an die Gruppe X im Netz weiterleiten muss oder nicht. Dafür muss er die Gruppenzugehörigkeit der Hosts der dahinter liegenden Netze kennen. Die Hosts müssen sich dafür bei ihrem lokalen Router anmelden, wenn sie Gruppenmitglieder werden wollen. Das geschieht mithilfe des Protokolls IGMP. Im Falle des DVMRP-Multicast-Routing-Protokolls wird die ursprüngliche Nachricht, die an eine Gruppe gerichtet ist, zunächst an alle Knoten im Netz verteilt. Das Protokoll folgt dem Prinzip "Jeder wird interessiert sein". Explizite Meldungen von Routerknoten über die Nichtzugehörigkeit zur Gruppe werden dann verwendet, um redundante Teilbäume

zu bestimmen und so die zukünftige Verteilung zu reduzieren. Die von Knoten A zum Zeitpunkt $t=0$ verbreiteten Daten und andere Ereignisse haben die folgenden Auswirkungen auf das gegebene Netz:

Router R2

Host B sendet eine Report-Nachricht an R2, d.h. eine Mitteilung, dass er an der Gruppe X interessiert ist. Die erstmalige Nachricht geht jedoch verloren, sodass der Host in der ersten Runde vom Router nicht registriert werden kann.

Router R3

R3 teilt R1 mit, dass er Interesse an den Daten hat, da mindestens ein Host, in dem Fall H und I, zur Gruppe X gehört. An R3 wird jeweils eine Report-Nachricht von Host H und Host I gesendet. Die Nachricht von Host H geht verloren, aber die Nachricht von Host I wird erfolgreich empfangen, sodass die Mitgliedschaft in der Gruppe X hergestellt ist und alle zugehörigen Daten akzeptiert und an beide Parteien übermittelt werden.

Router R4

Nach dem Empfang der ersten Daten melden sich Host C und Host D bei ihrem lokalen Router R4 mit einer Leave-Nachricht ab. R4 teilt R2 mit, dass er Interesse an den Daten hat, da mindestens ein Host, in dem Fall E, zur Gruppe X gehört, sodass R4 weiterhin Daten für die Gruppe X annimmt und sie an alle angeschlossenen Hosts weiterleitet.

Router R5

Host F und Host G melden sich bei ihrem Router R5 mit einer Leave-Nachricht ab. R5 nimmt dies zur Kenntnis, und da es keine anderen Hosts im lokalen Netz und keine Verbindungen zu untergeordneten Routern gibt, sendet er eine Non-Membership-Report-Nachricht (NRM-Nachricht) an den benachbarten Router, der die geringsten Verzögerungszeiten zum Quellnetz hat, in diesem Fall R2 ($R2=100$ ms gegenüber $R1=120$ ms). Damit ist sein Teilbaum vom Netz "abgeschnitten" (Pruning) und erhält keine weiteren Nachrichten für die Gruppe X. R2 hingegen nimmt die Nachrichten weiterhin an, da der Weg zum Mitgliedsrouter R4 über ihn verläuft.

Im Grundsatz ja, aber:

- Die Endsysteme werden nur beliefert, wenn sie sich vorher per IGMP angemeldet haben.
- die Router melden sich nur beim Vorgänger, wenn sie nichts haben wollen (keine positiven Bestätigungen)
- das Timing ist etwas komplizierter

0,5

b) Welchen Anteil der von A gesendeten Informationen erhalten B, E, H und I jeweils? Kurze Begründung.

Zum Zeitpunkt $t=40$ ms erhält R3 Daten, jedoch sind zu dem Zeitpunkt keine Gruppenmitgliedschaften angemeldet, deshalb wird ein NRM gesendet. Ähnlich verhält es sich bei R2 zum Zeitpunkt $t=50$ ms: auch er sendet ein NRM. Erst 100 ms später, nachdem Host A anfängt, Daten zu senden, versucht Host B, sich bei seinem Router als Mitglied der Gruppe X anzumelden. Da die Nachricht den Router jedoch nicht erreicht, muss er weitere 100 ms auf einen neuen Versuch warten. Dies ergibt eine Zeitdauer von insgesamt 200 ms. Die Geschwindigkeit, mit der Host A beginnt, Daten zu übertragen, beträgt 1 Mbit/s. Davon müssen die Verzögerungen abgezogen werden, die beim Datenverkehr zu Host B auftreten.

nee

$$1 \text{ Mbit/s} = 1\,000\,000 \text{ Bit} / 1000 \text{ ms} = 1000 \text{ Bit/ms}$$

Die Zeitspanne von A zu B beträgt 50 ms, wir berechnen also $50 \text{ ms} \cdot 1000 \text{ Bits}$ und erhalten 50 000 Bits, die immer verzögert eintreffen. Wir subtrahieren diese von der ursprünglichen Geschwindigkeit und erhalten eine konstante Geschwindigkeit von 950 000 Bits/s. Nun wissen wir auch, dass es eine einmalige Verzögerung von 200 ms gibt und dass pro 1 ms 1000 Bits übertragen werden, was einem Gesamtwert von 200 000 Bits entspricht. Wenn wir den Wert von 0,95 Mbit/s abziehen, erhalten wir 750 000 Bits, also den Anteil der Daten, der in der ersten Sekunde von Host A zu Host B übertragen wurde. Nach weiteren 0,25 Sekunden, also insgesamt nach 1,25 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an. Für die anderen, d.h. Host E, Host I und Host H müssen nur die jeweilige konstante Verzögerung von der Standardgeschwindigkeit von 1 Mbit/s heruntergerechnet werden, um den Anteil des Datenvolumens zu erhalten. Auch Host H verliert sein IGMP-Paket und muss es wiederholen, aber das ist für ihn irrelevant, da er sich mit Host I in einem Netz befindet und es für den Router R3 ausreichend ist, an alle Hosts zu senden, solange mindestens ein Host im Netz an der Gruppe interessiert ist.

?

Das Ergebnis für Host E ist 880 000 Bits (120 ms).

Nach weiteren 0,12 Sekunden, also insgesamt nach 1,12 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an. Bei Host H und Host I würden die Daten nach 40 ms ankommen, aber sie haben zu diesem Zeitpunkt noch keine Gruppenmitgliedschaft registriert und können daher keine Daten annehmen. Erst 100 ms später, nachdem die IGMP-Nachricht bei Host I eingetroffen ist, werden die Daten akzeptiert und von Router 3 an die Hosts weitergeleitet. Entsprechend gilt für Host H und Host I, dass sie eine Datenmenge von 860 000 Bits erhalten werden. Nach weiteren 0,14 Sekunden, also insgesamt nach 1,14 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an.

0,5

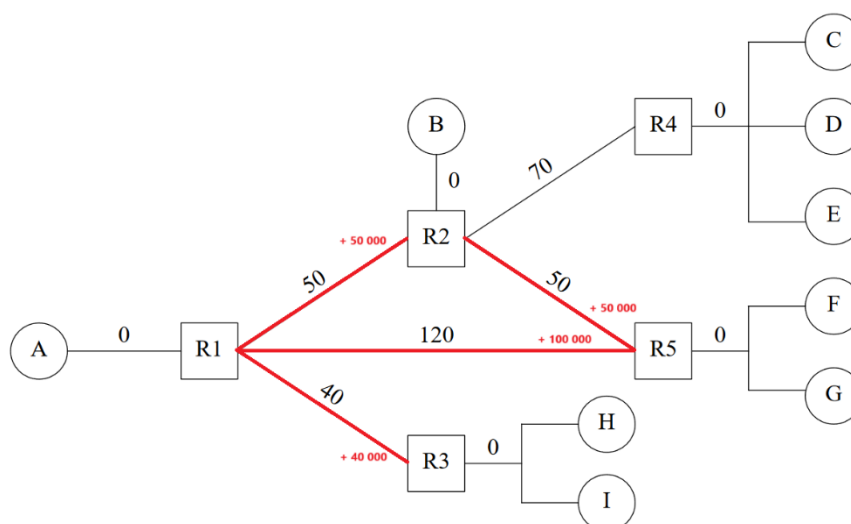
Grundüberlegungen sind teilweise korrekt, konkrete Rechnungen nicht.

c) Welche Anteile des Informationsstroms von A werden unnötigerweise durch welche Teile der Netzkopplung geschoben? Kurze Begründung.

Zunächst ist einmal zu erkennen, dass die Daten unnötigerweise an Router R5 gesendet werden, da es dort keine interessierten Hosts für diese Daten und keine interessierten Kind-Router gibt. Außerdem werden die gleichen Daten von zwei Routern an R5 gesendet, da die Router der Gruppe X noch nicht bekannt sind und erst identifiziert werden müssen. Die ersten Daten von Router R2 kommen zum Zeitpunkt $t=100$ ms an. Die Daten werden sofort an die angeschlossenen Hosts übertragen (wegen 0s), und diese teilen dem Router mit, dass sie die Daten für die Gruppe nicht länger empfangen möchten. Router R5 leitet die Nachricht, dass niemand daran interessiert ist, an R2 und R1 weiter. In der Zwischenzeit empfängt er aufgrund des kontinuierlichen Datenflusses und der dazwischen liegenden Verzögerung 50 000 Bits (1000 Bits/ms) von R2. Auf der anderen Seite fließen zur gleichen Zeit noch Daten von Router R1 ein. Die Rückmeldung von R5 an R1 dauert 120 ms, aber da die Daten von R1 ihr Ziel erst bei $t=100$ ms erreichen, kommen nur 100 000 Bits an. Obwohl die Daten von R1 verworfen werden, weil sie über die langsamere Route kamen, gelangen sie dennoch zu R5 und beanspruchen so die Bandbreite. Zum Zeitpunkt der abgeschlossenen Abmeldung von R5, hat dieser unnötigerweise 150 000 Bits erhalten. Erwähnenswert sind auch die Informationsströme, die zum Zeitpunkt $t=50$ ms an R2 und zum Zeitpunkt $t=40$ ms an R3 gesendet wurden. Da zu diesem Zeitpunkt von den jeweiligen Hosts kein Interesse an der Gruppe X bestand, haben diese Router ein NMR zurückgeschickt. Dies bedeutet, dass auch hier unnötigerweise Informationsströme von 50 000 Bit + 40 000 Bit übertragen wurden. Die folgende Abbildung soll dies veranschaulichen:

Nein

?



0,5

Abbildung 2 Netzkopplung mit Übertragungen

d) Welchen Anteil der von A gesendeten Informationen erhält jedes einzelne Gruppenmitglied von X, wenn man stattdessen MOSPF (Multicast Open Shortest Path First) verwenden würde? Kurze Begründung.

Das Protokoll MOSPF arbeitet nach dem Prinzip "Wird schon niemanden interessieren". Das bedeutet, es werden im Vergleich zu DVMRP erstmal keine Daten gesendet. Damit Daten versendet werden, muss zuvor eine Anmeldung für Gruppenzugehörigkeiten erhalten werden. Ein Router, der Interesse an den Daten hat, muss den Sender erstmal finden, also überall nachfragen. Alle Router sind erstmal um 100 ms "verzögert", da erst dann die Anmeldung innerhalb der Router von den jeweiligen Hosts versendet wird. Host I erreicht den Absender A als erster, da er auf dem Weg zu ihm die geringste Verzögerungszeit von 40 ms hat. Daher beginnt Host A zum Zeitpunkt $t=140$ ms, Daten an Router R3 zu senden, die dort erst zum Zeitpunkt $t=180$ ms eingehen, und an Host H und Host I weitergeleitet werden. Der nächste Empfänger wäre Host B, aber da sein IGMP-Paket verloren gegangen ist, muss er zusätzliche 100 ms warten, also insgesamt 200 ms. Währenddessen sind die Daten von Host E bereits im Umlauf und haben zum Zeitpunkt $t=170$ ms Router R2 erreicht. Zu dem Zeitpunkt hat R4 bereits Interesse an den Daten und fragt seinen Nachbarn R2. Dieser sendet eine Benachrichtigung an R1 und R5, dass es neue Interessenten gibt. Zum Zeitpunkt $t=220$ ms wird Router R1 von R2 informiert und beginnt nun, Daten an Host E zu senden (Eigentlich würde R2 nach 200 ms für "sich selbst" anfragen, aber er tut das nicht, weil er vorher für R4 bereits bei R1 angefragt hat). 50 ms später ($t=270$ ms) ist Host B Teil der Gruppe und die Daten treffen bei ihm (R2) ein. R2 leitet das an R4 weiter, weshalb weitere 70 ms Verzögerungszeit von R2 nach R4 vergehen, bis die Daten R4 erreichen. Also $270 \text{ ms} + 70 \text{ ms} = 340 \text{ ms}$ insgesamt, bis der Host E durch R4 die Daten erhält. Um zu berechnen, welchen Anteil des Datenvolumens jedes Mitglied nach einer Sekunde hat, verwenden wir das bereits bekannte Muster, bei dem wir die einmaligen Verzögerungen von der Übertragungsrate pro Sekunde für jedes Mitglied abziehen: Host B = $950\,000 \text{ Bits/s} - 220 \text{ ms} \cdot 1000 \text{ Bits/ms} = 730\,000 \text{ Bits}$. Nach weiteren 0,32 Sekunden, also insgesamt nach 1,32 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an. Host E = $880\,000 \text{ Bits/s} - 220 \text{ ms} \cdot 1000 \text{ Bits/ms} = 660\,000 \text{ Bits}$. Nach weiteren 0,34 Sekunden, also insgesamt nach 1,34 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an. Host H = Host I = $960\,000 \text{ Bits/s} - 140 \text{ ms} \cdot 1000 \text{ Bits/ms} = 820\,000 \text{ Bits}$. Nach weiteren 0,18 Sekunden, also insgesamt nach 1,18 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an.

Grundüberlegungen sind korrekt, konkrete Rechnung nicht, s. oben

?

1

e) Welchen Anteil der von A gesendeten Informationen erhält jedes einzelne Gruppenmitglied von X, wenn man stattdessen PIM-SM ohne Optimierungen mit R2 als Rendezvous-Point verwenden würde? Kurze Begründung.

Soll jetzt Router R2 als Rendezvous-Punkt dienen, so ist Host B das erste nächstgelegene Mitglied, ist dem Router aber aufgrund des verlorenen IGMP-Pakets zunächst unbekannt. Sender A erreicht R2 am schnellsten, 50 ms nach Beginn der Übertragung. Die zusätzliche konstante Verzögerung von 100 ms gilt für ihn nicht, da er nur als Absender fungiert. 120 ms später ($t=170$ ms) hat sich Host E mit R2 in Verbindung gesetzt und empfängt nun Daten. Nach weiteren 20 ms ($t=190$ ms) sind auch die Anfragen von Host H und Host I eingegangen. Schließlich, zum Zeitpunkt $t=200$ ms, nimmt auch Host B am Datenkonsum teil. Berechnen wir also die Menge der pro Sekunde empfangenen Daten für jeden Host:

Host B = $950\,000 \text{ Bits/s} - 200 \text{ ms} \cdot 1000 \text{ Bits/ms} = 750\,000 \text{ Bits}$. Nach weiteren 0,25 Sekunden, also insgesamt nach 1,25 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an.

Host E = $880\,000 \text{ Bits/s} - 170 \text{ ms} \cdot 1000 \text{ Bits/ms} = 710\,000 \text{ Bits}$. Nach weiteren 0,29 Sekunden, also insgesamt nach 1,29 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an.

Host H = Host I = $960\,000 \text{ Bits/s} - 190 \text{ ms} \cdot 1000 \text{ Bits/ms} = 770\,000 \text{ Bits}$. Nach weiteren 0,23 Sekunden, also insgesamt nach 1,23 Sekunden, kommen schließlich 1 Mbit an.

?

0,5

Nein, E bekommt alles ab dem 120.kbit, B alles ab dem 150.kibit, I und H alles ab dem 140.kbit, schon

3 Punkte