



Department of Information Security and Communication Technology

Examination paper for TTM4100 - Communication - Services and Networks.

Academic contact during examination: Tu Dac Ho

Phone: 9300 6185

Academic contact present at the exam location: YES (1130 - 1230)

Examination date: 14.08.2024 (RE-SIT EXAM)

Examination time (from-to): 0900 - 1300

Permitted examination support material: D (No printed or hand-written support material is allowed. A specific basic calculator is allowed).

Other information:

- The exam consists of two parts:
 - Part I: Assignment texts
 - Part II: Own answer sheets.

Language: English

Number of pages for Part I (front page/regulation excluded): 13

Number of pages enclosed for Part II: 5 (Own answer sheet: 3 pages and Comments: 2 pages)

Informasjon om trykking av eksamensoppgave

Originalen er:

1-sidig ☐ 2-sidig ☒

sort/hvit ☐ farger ☐

skal ha flervalgskjema ☐

Checked by:

Date

Signature

Regler/Rules/Reglar:

B: BOKMÅL	E: ENGLISH
<p>Maksimal poengsum er 100 poeng. Oppgavesettet består av 2 deler:</p> <ul style="list-style-type: none">• Del I, problemspesifikasjonene - denne delen.• Del II, svarsidene, inneholder svarbokser for flervalgsspørsmål og "skriftlig tekst"-oppgaver. Del II inkluderer også 3 sider for kommentarer relatert til formelle spørsmål om del I eller del II. Disse sidene kan også brukes til "skriftlig tekst"-svar. <p>Del II skal leveres som ditt svar. To eksemplarer av del II deles ut. Kun ett eksemplar skal leveres. Kandidatnummeret skal stå på alle svarsidene. Ikke skriv utenfor feltene i boksen. Bruk en blå eller svart penn, ikke en blyant.</p> <p>Flervalgsspørsmål eller andre typer spørsmål skal besvares ved å gi svarene/teksten i de anviste boksene (Del II).</p> <p>For hvert flervalgsspørsmål kan det være ett eller flere riktige valg.</p> <p>Alle svarvalgene i alle spørsmål behandles likt.</p> <p>Hvordan beregne poeng?</p> <p>Poeng = $\text{Max}\{(\text{totalt antall riktige svar} - \text{trekte poeng}), 0\} * x$; Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none">• 5 feil svar gir ingen poengtrekk• $i > 5$ feil svar gir $(i-5)*0,5$ poeng trekk <p>Merk:</p> <ol style="list-style-type: none">a) Hvis det er uklarheter i den norske språkversjonen, se den engelske versjonen.b) Samlet antall korrekte eller feil svar gjelder alle former for spørsmål (og underspørsmål) under ett.c) Et manglende korrekt svar i et flervalgsspørsmål regnes ikke som et feil svar.d) x er divisjonen mellom totale antall poeng (dvs. 100) og the maksimale antall riktige svaralternativer på eksamenen.	<p>The maximum score is 100 points. The problem set consists of 2 parts:</p> <ul style="list-style-type: none">• Part I, the problem specifications - this part.• Part II, the answer pages, includes answer boxes for 'multiple-choice' questions, 'matching' questions, and 'written text' problems. Part II also includes 3 pages for comments related to <i>formal issues in Part I</i>. These pages may also be used for "written text" answers. <p>Part II shall be delivered as your answer. Two copies of Part II are handed out. Only one copy shall be delivered. The candidate number should be written on all answer pages. Do not write outside the box fields. Use a blue or black pen, not a pencil.</p> <p>Multiple-choice or any other type of questions shall be answered by providing your choices/written texts within the assigned boxes (in Part II).</p> <p>For each multiple-choice question, there may be one or more correct choices.</p> <p>All of the answer choices in all questions are treated equally.</p> <p>How to calculate your points?</p> <p>Points = $\text{Max}\{(\text{total number of your correct answer choices} - \text{discount points}), 0\} * x$; Where:</p> <ul style="list-style-type: none">- 5 incorrect gives no discount.- $i > 5$ incorrect choices gives $(i-5)*0,5$ discount points. <p>Note:</p> <ol style="list-style-type: none">a) If there is any ambiguity in the Norwegian language version, please refer to the English version.b) The total number of your correct or wrong answers is applied to all kinds of questions (and sub-questions) as a whole.c) A missing correct answer choice for a multiple-choice question is not counted among the incorrect choices.d) x is the division of the total points (i.e., 100) by the maximum number of correct answer choices in the exam.

Q1. MULTIPLE CHOICE QUESTIONS, MATCHING QUESTIONS, AND WRITTEN TEXTS

QUESTIONS (100% POINTS)

Q1.1 Chapter 1 (General, Introduction)

Q1.1.1 What is the Internet? Which of the following descriptions below correspond to a *"nuts-and-bolts"* view of the Internet? Select one or more of the answers below that are correct:

- a) A collection of billions of computing devices, and packet switches interconnected by links.
- b) A platform for building network applications.
- c) A "network of networks".
- d) A place I go for information, entertainment, and to communicate with people.
- e) A collection of hardware and software components executing protocols that define the format and the order of messages exchanged between two or more communicating entities, as well as the actions taken on the transmission and/or receipt of a message or other event.

Q1.1.2 Link Transmission Characteristics. Which of the following physical layer technologies has the highest transmission rate *and* lowest bit error rate in practice?

- a) Fiber optic cable
- b) Coaxial cable
- c) Twisted pair (e.g., CAT5, CAT6)
- d) 802.11 WiFi Channel
- e) Satellite channel
- f) 4G/5G cellular

Q1.1.3 Routing versus forwarding. Choose one of the following two definitions that makes the correct distinction between routing versus forwarding.

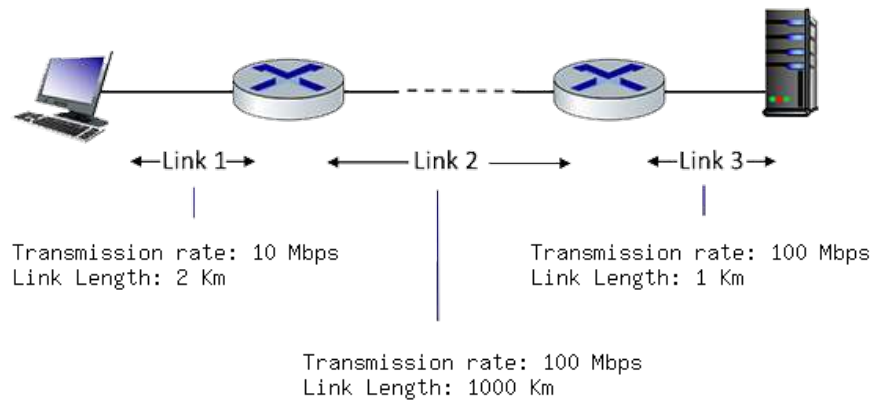
- a) **Forwarding** is the local action of moving arriving packets from router's input link to appropriate router output link, while **routing** is the global action of determining the source-destination paths taken by packets.
- b) **Routing** is the local action of moving arriving packets from router's input link to appropriate router output link, while **forwarding** is the global action of determining the source-destination paths taken by packets.

Q1.1.4 What is a network of networks? When we say that the Internet is a "network of networks," we mean? Check all that apply.

- a) The Internet is the largest network ever built.
- b) The Internet is made up of a lot of different networks that are interconnected to each other.
- c) The Internet is the fastest network ever built.
- d) The Internet is made up of access networks at the edge, tier-1 networks at the core, and interconnected regional and content provider networks as well.

Q1.1.5 Computing Packet Transmission Delay. Consider the network shown in the figure below, with three links, each with the specified transmission rate and link length. Assume the length of a packet is 8000 bits.

What is the transmission delay at link 2?

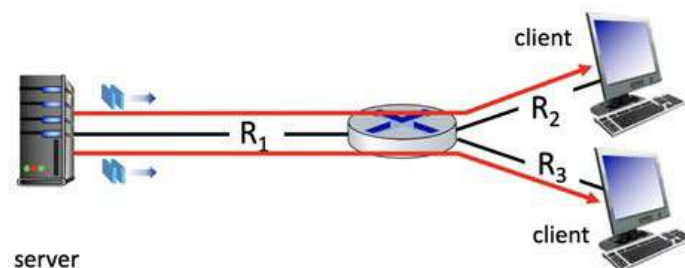


- a) 8×10^{-5} secs
- b) .00096 secs
- c) 100 secs
- d) 12,500 secs
- e) 12.5 secs

Q.1.1.6 What is "encapsulation"? Which of the definitions below describe what is meant by the term "encapsulation"?

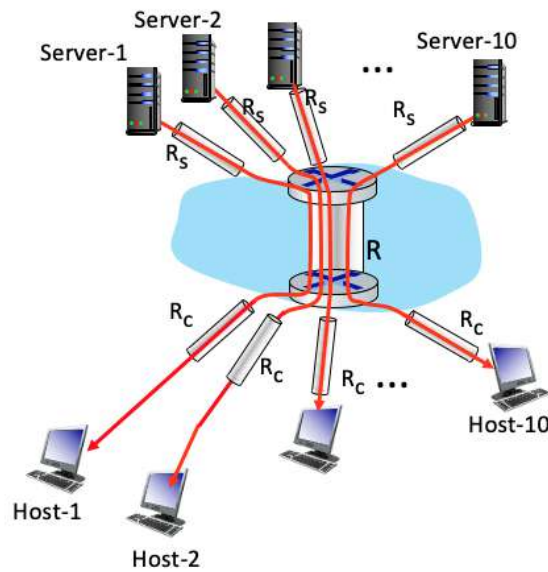
- a) Computing the sum of all of the bytes within a packet and placing that value in the packet header field.
- b) Determining the name of the destination host, translating that name to an IP address and then placing that value in a packet header field.
- c) Taking data from the layer above, adding header fields appropriate for this layer, and then placing the data in the payload field of the "packet" for that layer.
- d) Receiving a "packet" from the layer below, extracting the payload field, and after some internal actions possibly delivering that payload to an upper layer protocol.
- e) Starting a transport layer timer for a transmitted segment, and then if an ACK segment isn't received before the timeout, placing that segment in a retransmission queue.

Q.1.1.7 Performance: Maximum Throughput. Consider the network shown below, with a sending server on the left, sending packets to two different client receivers on the right. The sender is sending packets to the receivers over separate TCP connections. Assume that the link with capacity R_1 is fairly shared (as we've seen is done via TCP) between the two sessions. The links have transmission rates of $R_1 = 200$ Mbps. Assume initially that $R_2 = R_3 = 25$ Mbps. Suppose each packet is 1 Mbit in size. What is the maximum end-to-end throughput achieved by each session, assuming both sessions are sending at the maximum rate possible?



- a) 25 Mbps
- b) 100 Mbps
- c) 50 Mbps
- d) 1 Mbit
- e) 200 Mbps

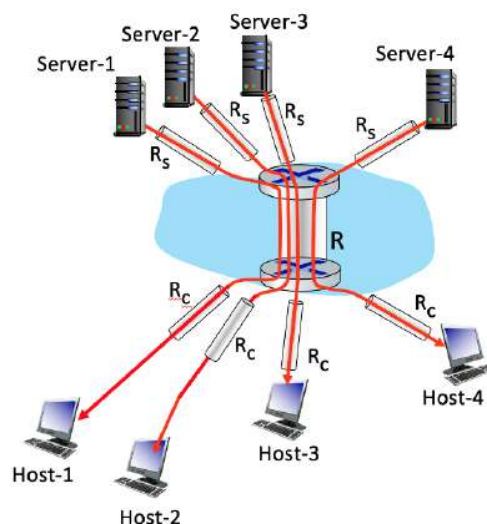
Q.1.1.8 Performance: End-to-end delay. Consider the scenario shown below, with 10 different servers (four shown) connected to 10 different clients over ten three-hop paths. The pairs share a common middle hop with a transmission capacity of $R = 200$ Mbps. Each link from a server has to the shared link has a transmission capacity of $R_s = 25$ Mbps. Each link from the shared middle link to a client has a transmission capacity of $R_c = 50$ Mbps.



Now consider the three-hop path from Server-10 to host-10, assuming the values of R_s , R_c , and R given above. Assume also that a packet is 1000 bits long, and that each link has a propagation delay of 100 microseconds. You can assume that queuing delay and nodal processing delays are zero. What is the total amount of time from when a server starts sending a packet until a host completely receives that packet?

- a) 325 microseconds
- b) 365 microseconds
- c) 735 microseconds
- d) 450 microseconds
- e) 350 microseconds
- f) 555 microseconds

Q.1.1.9 Performance: Link Utilization. Consider the scenario below where 4 TCP senders are connected to 4 receivers. The servers transmit to the receiving hosts at the fastest rate possible (i.e., at the rate at which the bottleneck link between a server and its destination is operating at 100% utilization, and is fairly shared among the connections passing through that link).



Suppose that $R = 1$ Gbps and R_C is 300 Mbps and R_s is 200 Mbps. Assuming that the servers are sending at their maximum rate possible, enter the link utilizations for the client links (whose rate is R_c) below.

What is the **utilization** of the client links, whose rate is R_C ? Enter your answer as a decimal, of the form 1.00 (if the utilization is 1, or 0.xx if the utilization is less than 1, rounded to the closest xx).

Q1.2 Application Layer and Transport Layer (Chapters 2 & 3)

Q1.2.1 UDP service. When an application uses a UDP socket, what transport services are provided to the application by UDP? Check all that apply.

- a) Throughput guarantee. The socket can be configured to provide a minimum throughput guarantee between sender and receiver.
- b) Loss-free data transfer. The service will reliably transfer all data to the receiver, recovering from packets dropped in the network due to router buffer overflow.
- c) Flow Control. The provided service will ensure that the sender does not send so fast as to overflow receiver buffers.
- d) Real-time delivery. The service will guarantee that data will be delivered to the receiver within a specified time bound.
- e) Best effort service. The service will make a best effort to deliver data to the destination but makes no guarantees that any particular segment of data will actually get there.
- f) Congestion control. The service will control senders so that the senders do not collectively send more data than links in the network can handle.

Q1.2.2 TCP service. When an application uses a TCP socket, what transport services are provided to the application by TCP? Check all that apply.

- a) Throughput guarantee. The socket can be configured to provide a minimum throughput guarantee between sender and receiver.
- b) Loss-free data transfer. The service will reliably transfer all data to the receiver, recovering from packets dropped in the network due to router buffer overflow.
- c) Flow Control. The provided service will ensure that the sender does not send so fast as to overflow receiver buffers.
- d) Real-time delivery. The service will guarantee that data will be delivered to the receiver within a specified time bound.
- e) Best effort service. The service will make a best effort to deliver data to the destination but makes no guarantees that any particular segment of data will actually get there.
- f) Congestion control. The service will control senders so that the senders do not collectively send more data than links in the network can handle.

Q1.2.3 The HTTP GET. What is the purpose of the HTTP GET message?

- a) The HTTP GET request message is used by a web client to request a web server to send the requested object from the server to the client.
- b) The HTTP GET request message is used by a web client to post an object on a web server.
- c) The HTTP GET request message is sent by a web server to a web client to get the identity of the web client.
- d) The HTTP GET request message is sent by a web server to a web client to get the next request from the web client.

Q1.2.4 Why Web Caching? Which of the following are advantages of using a web cache? Select one or more answers.

- a) Caching generally provides for a faster page load time at the client, if the web cache is in the

client's institutional network, because the page is loaded from the nearby cache rather than from the distant server.

- b) Caching allows an origin server to more carefully track which clients are requesting and receiving which web objects.
- c) Overall, caching requires fewer devices/hosts to satisfy a web request, thus saving on server/cache costs.
- d) Caching uses less bandwidth coming into an institutional network where the client is located, if the cache is also located in that institutional network.

Q1.2.5 Comparing and contrasting HTTP and SMTP. Which of the following characteristics apply to **HTTP** only (and do *not* apply to SMTP)? Note: check one or more of the characteristics below.

- a) Has ASCII command/response interaction, status codes.
- b) Operates mostly as a “client push” protocol.
- c) Operates mostly as a “client pull” protocol.
- d) Is able to use a persistent TCP connection to transfer multiple objects.
- e) Uses CRLF to indicate end of message.
- f) Uses a blank line (CRLF) to indicate end of request header.
- g) Uses server port 80.
- h) Uses server port 25.

Q1.2.6 UDP Sockets. Which of the following characteristics below are associated with a UDP socket? Check one or more that apply.

- a) `socket(AF_INET, SOCK_STREAM)` creates this type of socket
- b) `socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)` creates this type of socket
- c) a server can perform an `accept()` on this type of socket
- d) provides unreliable transfer of a groups of bytes (“a datagram”), from client to server
- e) provides reliable, in-order byte-stream transfer (a “pipe”), from client to server
- f) the application must explicitly specify the IP destination address and port number for each group of bytes written into a socket
- g) when contacted, the server will create a new server-side socket to communicate with that client
- h) data from different clients can be received on the same socket

Q1.2.7 TCP Sockets. Which of the following characteristics below are associated with a TCP socket? Check one or more that apply.

- a) `socket(AF_INET, SOCK_STREAM)` creates this type of socket
- b) `socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)` creates this type of socket
- c) a server can perform an `accept()` on this type of socket
- d) provides unreliable transfer of a group of bytes (a “datagram”), from client to server
- e) provides reliable, in-order byte-stream transfer (a “pipe”), from client to server
- f) the application must explicitly specify the IP destination address and port number for each group of bytes written into a socket
- g) when contacted, the server will create a new server-side socket to communicate with that client
- h) data from different clients can be received on the same socket

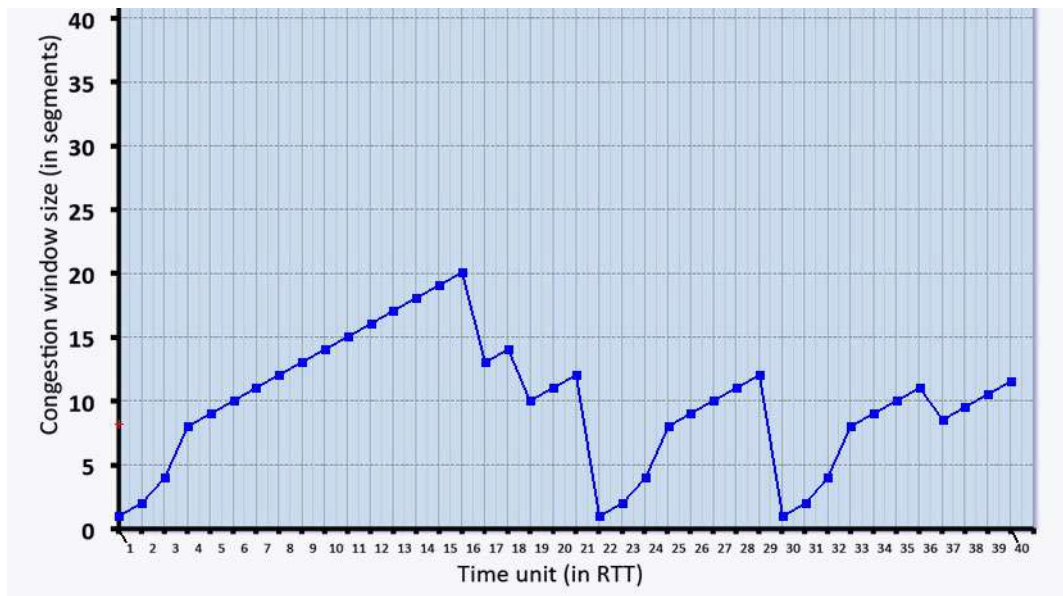
Q1.2.8 Computing the Internet Checksum. Compute the Internet checksum value for these two 16-bit words: 11110101 11010011 and 10110011 01000100. What is correct?

- a) 01010110 11101000
- b) 01011110 11000101
- c) 01010110 11100111

- d) 01101110 11010101
- e) None of the above

Q 1.2.9 Phases of TCP congestion control. Consider the figure below, which plots the evolution of TCP's congestion window at the beginning of each time unit (where the unit of time is equal to the RTT). In the abstract model for this problem, TCP sends a "flight" of packets of size cwnd at the beginning of each time unit. The result of sending that flight of packets is that either (i) all packets are ACKed at the end of the time unit, (ii) there is a timeout for the first packet, or (iii) there is a triple duplicate ACK for the first packet.

During which of the following intervals of time is TCP performing slow start?



- a) [1,3]
- b) [4,15]
- c) 16
- d) 17
- e) 18
- f) [22,24]
- g) None of the above

Q1.3 Network Layer (Chapters 4&5)

Q1.3.1 What is a subnet? What is meant by an IP subnet? (Check zero, one or more of the following characteristics of an IP subnet).

- a) A set of device interfaces that can physically reach each other without passing through an intervening router.
- b) A set of devices that always have a common first 16 bits in their IP address.
- c) A set of devices that have a common set of leading high order bits in their IP address.
- d) A set of devices all manufactured by the same equipment maker/vendor.
- e) None of the above

Q1.3.2 The network layer - where is it? Check all of the statements below about where (in the network) the network layer is implemented that are true.

- a) The network layer is implemented in hosts at the network's edge.
- b) The network layer is implemented in routers in the network core.
- c) The network layer is implemented in Ethernet switches in a local area network.

- d) The network layer is implemented in wired Internet-connected devices but not wireless Internet-connected devices.
- e) None of the above

Q1.3.3 Longest prefix matching. Consider the following forwarding table below.

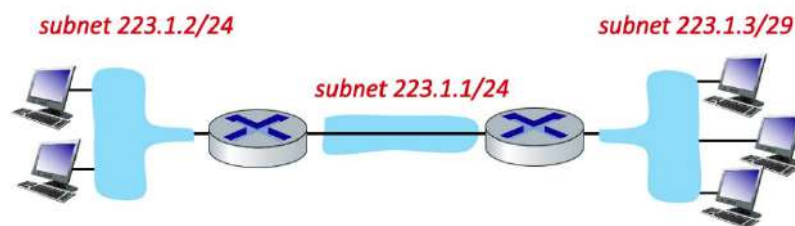
Destination Address Range	Link interface
11001000 00010111 00010*** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011*** *****	2
otherwise	3

Indicate the output to link interface to which a datagram with the destination addresses below (in the “Match Items” column) will be forwarded under longest prefix matching. (Note: The list of addresses is ordered below. If two addresses map to the same output link interface, map the first of these two addresses to the first instance of that link interface).

Hint: Match an appropriate port number (‘A’-‘F’ in the ‘Selectable Items’ column) to each of the questions (1-7 in the ‘Question Items’ column) on your own answer sheet at Q1.3.3.

Question Items	Match Items	Selectable Items
1	11001000 00010111 00010010 10101101	A. This is the first destination address in the list that maps to output port 0
2	11001000 00010111 00011000 00001101	B. This is the first destination address in the list that maps to output port 1 .
3	11001000 00010111 00011001 11001101	C. This is the first destination address in the list that maps to output port 2 .
4	10001000 11100000 00011000 00001101	D. This is the first destination address in the list that maps to output port 3 .
5	11001000 00010111 00011000 11001111	E. This is the second destination address in the list that maps to output port 3 .
6	11001000 00010111 00010001 01010101	F. This is the second destination address in the list that maps to output port 1 .
7	11001000 00010111 00011101 01101101	G. This is the second destination address in the list that maps to output port 0 .
		H. This is the second destination address in the list that maps to output port 2 .

Q1.3.4 **Subnetting.** Consider the three subnets in the diagram below.



Which of the following addresses can **not** be used by an interface in the 223.1.3/29 network? Check all that apply.

- a) 223.1.3.6
- b) 223.1.3.2
- c) 223.1.3.16
- d) 223.1.2.6
- e) 223.1.3.28
- f) None of the above

Q1.3.5 **IPv4 versus IPv6.** Which of the following fields occur **ONLY** in the IPv6 datagram header (i.e., appear in the IPv6 header but not in the IPv4 header)? Check all that apply.

- a) 128-bit source and destination IP addresses.
- b) The IP version number field.
- c) The time-to-live (or hop limit) field.
- d) The header checksum field.
- e) The flow label field.
- f) The header length field.
- g) The options field.
- h) The upper layer protocol (or next header) field.

Q1.3.6 **ICMP: Internet control message protocol.** Which of the statements below about ICMP are true?

- a) ICMP is used by hosts and routers to communicate network-level information.
- b) ICMP messages are carried directly in IP datagrams rather than as payload in UDP or TCP segments.
- c) ICMP communicates information between hosts and routers by marking bits in the IP header.
- d) The TTL-expired message type in ICMP is used by the traceroute program.
- e) ICMP messages are carried in UDP segments using port number 86.
- f) None of the above

Q1.3.7 **Best effort service.** Which of the following quality-of-service guarantees are part of the Internet's best-effort service model? Check all that apply.

- a) Guaranteed delivery from sending host to receiving host.
- b) Guaranteed delivery time from sending host to receiving host.
- c) In-order datagram payload delivery to the transport layer of those datagrams arriving to the receiving host.
- d) A guaranteed minimum bandwidth is provided to a source-to-destination flow of packets
- e) None of the other services listed here are part of the best-effort service model. Evidently, best-effort service really means no guarantees at all.
- f) None of the above

Q1.3.8 Where does destination address lookup happen? Where in a router is the destination IP address looked up in a forwarding table to determine the appropriate output port to which the datagram should be directed?

- a) At the input port where a packet arrives
- b) At the output port leading to the next hop towards the destination
- c) Within the switching fabric
- d) Within the routing processor
- e) None of the above

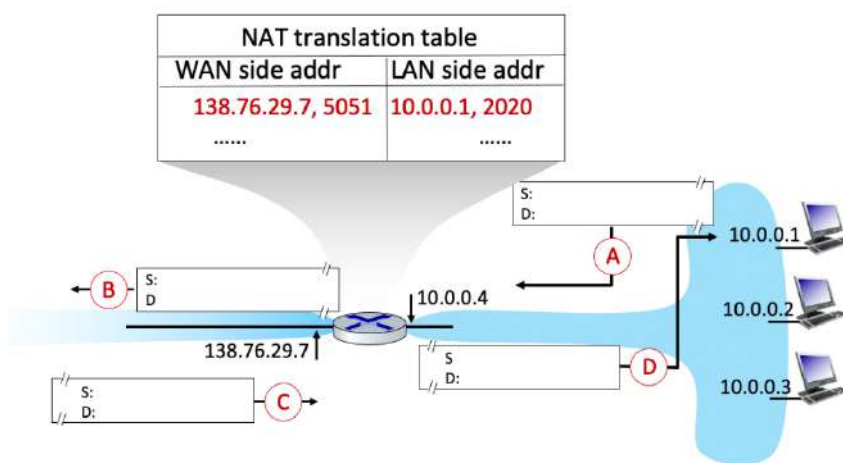
Q1.3.9 Packet dropping. Suppose a datagram is switched through the switching fabric and arrives to its appropriate output to find that there are no free buffers. In this case:

- a) The packet will be dropped (lost).
- b) The packet will be sent back to the input port.
- c) Another packet will be removed (lost) from the buffer to make room for this packet.
- d) The packet will either be dropped, or another packet will be removed (lost) from the buffer to make room for this packet, depending on policy. But the packet will definitely not be sent back to the input port.
- e) None of the above

Q1.3.10 Network Address Translation. Consider the following scenario in which host 10.0.0.1 is communicating with an external web server at IP address 128.119.40.186. The NAT table shows the table entry associated with this TCP flow.

What are the source and destination IP address and port numbers at point **D**?

Hint: Answer each of the questions (1- 4 in the 'Question Items' column) on your own answer sheet at Q1.3.10.



Question Items	Questions
1	What is the source IP address?
2	What is the destination IP address?
3	What is the source port number?
4	What is the destination port number?

Q1.4 Link Layer, Wireless and Mobile Networks (Chapters 6-8)

Q1.4.1 Link-layer services. Which of the following services may be implemented in a link-layer protocol? Select one or more statements.

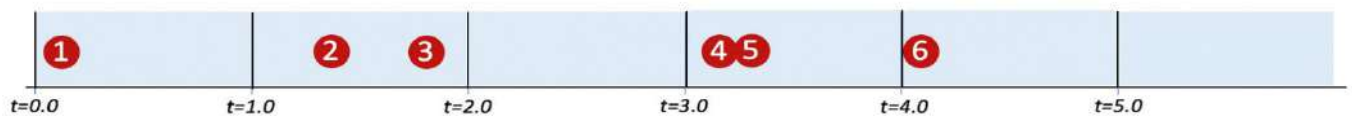
- a) Reliable data transfer between directly connected nodes.

- b) Lookup and forwarding on the basis of an IP destination address.
- c) Flow control between directly connected nodes.
- d) TLS security (including authentication) between directly connected nodes.
- e) Coordinated access to a shared physical medium.
- f) Bit-level error detection and correction.
- g) Multiplexing down from / multiplexing up to a network-layer protocol.
- h) End-end path determination through multiple IP routers.

Q1.4.2 Pure Aloha and CSMA. Which of the following statements is true about **both** Pure Aloha, and CSMA (both with and without collision detection)?

- a) There can be simultaneous transmissions resulting in collisions.
- b) There can be times when the channel is idle, when a node has a frame to send, but is prevented from doing so by the medium access protocol.
- c) Pure Aloha and CSMA can achieve 100% channel utilization, in the case that all nodes always have frames to send.
- d) Pure Aloha and CSMA can achieve 100% utilization, in the case that there is only one node that always has frames to send
- e) None of the above

Q1.4.3 Multiple Access protocols. Consider the figure below, which shows the arrival of 6 messages for transmission at different multiple access wireless nodes at times $t=0.1, 1.4, 1.8, 3.2, 3.3, 4.1$. Each transmission requires exactly one time unit.

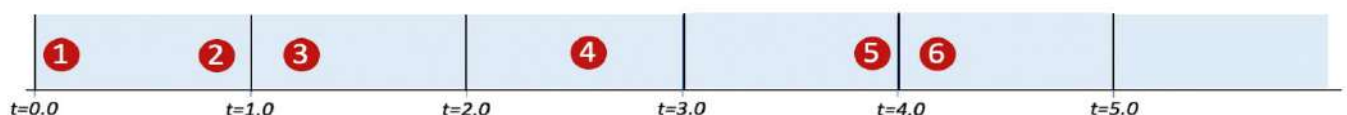


For the **CSMA protocol (without collision detection)**, indicate which packets are successfully transmitted. You should assume that it takes 0.2 time units for a signal to propagate from one node to each of the other nodes. You can assume that if a packet experiences a collision or senses the channel busy, then that node will not attempt a retransmission of that packet until sometime after $t=5$.

Hint: consider propagation times carefully here.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5
- f) 6

Q1.4.4 Multiple Access protocols. Consider the figure below, which shows the arrival of 6 messages for transmission at different multiple access wireless nodes at times $t=0.1, 0.8, 1.35, 2.6, 3.9, 4.2$. Each transmission requires exactly one time unit.



For the **CSMA/CD protocol (with collision detection)**, indicate which packets are successfully transmitted. You should assume that it takes 0.2 time units for a signal to propagate from one node to each of the other nodes. You can assume that if a packet experiences a collision or senses the channel busy and that that node will not attempt a retransmission of that packet until sometime after $t=5$. If a node senses a collision, it stops transmitting immediately (although it will still take 0.2 time units for the last transmitted bit to propagate to all other nodes).

Hint: consider propagation times carefully here.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5
- f) 6

Q.1.4.5 Two dimensional parity. Which of the following statements is true about a two-dimensional parity check (2D-parity) computed over a payload?

- a) 2D-parity can detect any case of a single bit flip in the payload.
- b) 2D-parity can detect and correct any case of a single bit flip in the payload.
- c) 2D-parity can detect any case of two bit flips in the payload.
- d) 2D-parity can detect and correct any case of two bit flips in the payload.
- e) None of the above

Q.1.4.6 RTS/CTS frames. What is the purpose of RTS (request to send) and CTS (clear to send) frames in WiFi (802.11) networks? Select one or more of the answers below.

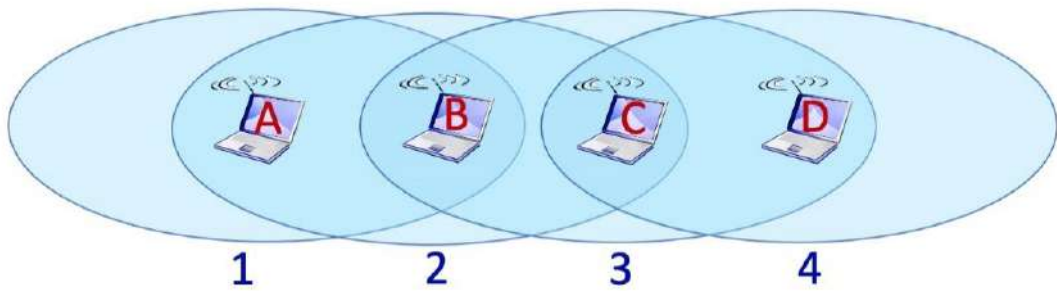
- a) RTC/CTS frames allow a sender to gather CTS frames from all other network nodes, so that it knows it can then send without collisions.
- b) A CTS allows a receiver to let the sender (who sent that RTS) know that it (the receiver) has enough buffers to hold a frame transmitted by that sender
- c) A CTS that is sent allows a receiver to force other nodes (other than the intended sender who sent the RTS) to refrain from transmitting, thus allowing the sender who sent the RTS to then transmit a frame with less likelihood of a collision.
- d) RTC/CTS frames help nodes in a wireless network mitigate the effects of the hidden terminal problem.
- e) None of the above

Q1.4.7 Overlapping 802.11 wireless networks

Consider the scenario shown below in which there are four wireless nodes, A, B, C, and D. The radio coverage of the four nodes is shown via the shaded ovals; all nodes share the same frequency. When A transmits, it can only be heard/received by B; when B transmits, both A and C can hear/receive from B; when C transmits, both B and D can hear/receive from C; when D transmits, only C can hear/receive from D. If a node hears two simultaneous transmissions at a time, the messages interfere at that receiver, even though they may not interfere at other receivers, where only one of the messages is heard.

Suppose now that each node has an infinite supply of messages that it wants to send to each of the other nodes. If a message's destination is not an immediate neighbor, then the message must be relayed. For example, if A wants to send to D, a message from A must first be sent to B, which then sends the message to C, which then sends the message to D. Time is slotted, with a message transmission time taking exactly one time slot, e.g., as in slotted Aloha. During a slot, a node can do one of the following: (i) send a message (ii) receive a message (if exactly one message is being sent to it), (iii) remain silent. As always, if a node hears two or more simultaneous transmissions, a collision occurs and none of the transmitted messages are received successfully.

You can assume here that there are no bit-level errors, and thus if exactly one message is heard at a receiver, it will be received correctly at that receiver.



Suppose now that an omniscient controller (e.g., a controller that knows the state of every node in the network) can command each node to do whatever it (the omniscient controller) wishes, that is, to send a message, to receive a message, or to remain silent.

Hint: Choose the best option ('a' - 'e') to answer each of the following questions (1 - 4) on your own answer sheet at Q1.4.7.

- 1) Given this omniscient controller, what is the maximum rate at which messages can be transferred from C to A, given that there are no other messages between any other source/destination pairs?
 - a) 0.5 messages/slot (i.e., 1 message every two slots).
 - b) 1 message/slot.
 - c) 2 messages/slot.
 - d) 0.25 messages/slot (i.e., one message every four slots).
 - e) None of the above.
- 2) Suppose now that A sends messages to B, and D sends messages to C. What is the combined maximum rate at which data messages can flow from A to B and from D to C?
 - a) 0.5 messages/slot (i.e., 1 message every two slots).
 - b) 1 message/slot.
 - c) 2 messages/slot.
 - d) 0.25 messages/slot (i.e., one message every four slots).
 - e) None of the above.
- 3) Suppose now that A sends messages to B, and C sends messages to D. What is the combined maximum rate at which data messages can flow from A to B and from C to D?
 - a) 0.5 messages/slot (i.e., 1 message every two slots).
 - b) 1 message/slot.
 - c) 2 messages/slot.
 - d) 0.25 messages/slot (i.e., one message every four slots).
 - e) None of the above.
- 4) Overlapping wireless senders with ACKs. Now suppose we are again in the wireless scenario, and that for every data message sent from source to destination, the destination will send an ACK message back to the source (e.g., as in TCP). Also suppose that each ACK message takes up one slot. What is the maximum rate at which data messages can be transferred from C to A, given that there are no other messages between any other source/destination pairs? [Note that successful ACKs do not count towards data message throughput].
 - a) 0.5 messages/slot (i.e., 1 message every two slots).
 - b) 1 message/slot.
 - c) 2 messages/slot.

- d) 0.25 messages/slot (i.e., one message every four slots).
- e) None of the above.

Q.1.4.8 Which of the following are desirable properties of secure communication:

- a) Network reliability.
- b) Confidentiality
- c) Message integrity.
- d) Operational security
- e) High bandwidth to transmit the message quickly.
- f) None of the above.

Q.1.4.9 Suppose N people want to communicate with each other using symmetric key encryption. All communication between any two people is visible to all other people in this group and no other person in this group should be able to decode their communication. How many keys are required in the system as a whole?

- a) $N*N$
- b) $2*N-1$
- c) $N*(N-1)$
- d) $N*(N-1)/2$
- e) None of the above

Q.1.4.10 Considering information transmission between Alice and Bob through a network with the existence of an intruder (Trudy). Choose which of these statements is/are correct regarding what kinds of information the intruder can access and what kinds of action can be taken:

- a) Sniffing and recording control messages on the channel
- b) Recording data messages on the channel
- c) Modifying or insertion of messages
- d) Deletion of message or message content
- e) None of the above

THE END.

Institutt for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi

Eksamensoppgave i

TTM4100 KOMMUNIKASJON – TJENESTER OG NETT

Faglig kontakt under eksamen: Tu Dac Ho

Tlf.: 9300 6185

Faglig kontakt møter i eksamenslokalet: JA (1130 - 1230)

Eksamensdato: 14.08.2024

Eksamenstid (fra-til): 0900-1300

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: D (Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler tillatt. Bestemt, enkelkalkulator tillatt.)

Annen informasjon:

- Eksamen består av to deler
 - Del I: Oppgavetekst
 - Del II: Egne svarark

Målform/språk: Norsk

Antall sider (Del I uten forside/regler side): 13 Antall sider vedlegg (Del II): 5

Informasjon om trykking av eksamensoppgave

Originalen (Del I) er:

1-sidig ☐ **2-sidig** ☒

sort/hvit ☐ **farger** ☐

skal ha flervalgskjema ☐

Kontrollert av:

Dato

Sign

Merk! Studenter finner sensur i Studentweb. Har du spørsmål om din sensur må du kontakte instituttet ditt. Eksamenskontoret vil ikke kunne svare på slike spørsmål.

Regler/Rules/Reglar:

B: BOKMÅL	E: ENGLISH
<p>Maksimal poengsum er 100 poeng. Oppgavesettet består av 2 deler:</p> <ul style="list-style-type: none">• Del I, problemspesifikasjonene - denne delen.• Del II, svarsidene, inneholder svarbokser for flervalgsspørsmål og "skriftlig tekst"-oppgaver. Del II inkluderer også 3 sider for kommentarer relatert til formelle spørsmål om del I eller del II. Disse sidene kan også brukes til "skriftlig tekst"-svar. <p>Del II skal leveres som ditt svar. To eksemplarer av del II deles ut. Kun ett eksemplar skal leveres. Kandidatnummeret skal stå på alle svarsidene. Ikke skriv utenfor feltene i boksen. Bruk en blå eller svart penn, ikke en blyant.</p> <p>Flervalgsspørsmål eller andre typer spørsmål skal besvares ved å gi svarene/teksten i de anviste boksene (Del II).</p> <p>For hvert flervalgsspørsmål kan det være ett eller flere riktige valg.</p> <p>Alle svarvalgene i alle spørsmål behandles likt.</p> <p>Hvordan beregne poeng?</p> <p>Poeng = $\text{Max}\{(\text{totalt antall riktige svar} - \text{trekte poeng}), 0\} * x$;</p> <p>Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none">• 5 feil svar gir ingen poengtrekk• $i > 5$ feil svar gir $(i-5)*0,5$ poeng trekk <p>Merk:</p> <ol style="list-style-type: none">a) Hvis det er uklarheter i den norske språkversjonen, se den engelske versjonen.b) Samlet antall korrekte eller feil svar gjelder alle former for spørsmål (og underspørsmål) under ett.c) Et manglende korrekt svar i et flervalgsspørsmål regnes ikke som et feil svar.d) x er divisjonen mellom totale antall poeng (dvs. 100) og the maksimale antall riktige svaralternativer på eksamenen.	<p>The maximum score is 100 points. The problem set consists of 2 parts:</p> <ul style="list-style-type: none">• Part I, the problem specifications - this part.• Part II, the answer pages, includes answer boxes for 'multiple-choice' questions, 'matching' questions, and 'written text' problems. Part II also includes 3 pages for comments related to <i>formal issues in Part I</i>. These pages may also be used for "written text" answers. <p>Part II shall be delivered as your answer. Two copies of Part II are handed out. Only one copy shall be delivered. The candidate number should be written on all answer pages. Do not write outside the box fields. Use a blue or black pen, not a pencil.</p> <p>Multiple-choice or any other type of questions shall be answered by providing your choices/written texts within the assigned boxes (in Part II).</p> <p>For each multiple-choice question, there may be one or more correct choices.</p> <p>All of the answer choices in all questions are treated equally.</p> <p>How to calculate your points?</p> <p>Points = $\text{Max}\{(\text{total number of your correct answer choices} - \text{discount points}), 0\} * x$;</p> <p>Where:</p> <ul style="list-style-type: none">- 5 incorrect gives no discount.- $i > 5$ incorrect choices gives $(i-5)*0,5$ discount points. <p>Note:</p> <ol style="list-style-type: none">a) If there is any ambiguity in the Norwegian language version, please refer to the English version.b) The total number of your correct or wrong answers is applied to all kinds of questions (and sub-questions) as a whole.c) A missing correct answer choice for a multiple-choice question is not counted among the incorrect choices.d) x is the division of the total points (i.e., 100) by the maximum number of correct answer choices in the exam.

Q1. MULTIPLE CHOICE QUESTIONS, MATCHING QUESTIONS, AND WRITTEN TEXTS

QUESTIONS (100% POINTS)

Q1.1 Kapittel 1 (Generelt, Introduksjon)

Q1.1.1 **Hva er internett?** Hvilke(n) av beskrivelsene nedenfor stemmer med en muttere-og-bolter-forklaring (nuts-and-bolts) på internett? Velg ett eller flere svar:

- a) En samling av milliarder av datamaskiner, og pakkesvitsjer koblet sammen med linker.
- b) En plattform for å bygge nettverksapplikasjoner.
- c) Et “nettverk av nettverk”.
- d) Et sted jeg går til for informasjon, underholdning og for å kommunisere med andre mennesker.
- e) En samling av fast- og programvarekomponenter som utfører protokoller som definerer formatet og rekkefølgen på meldinger som utveksles mellom to eller flere kommuniserende enheter, og hvilke handlinger som tas ved sending/mottak av en melding eller hendelse.

Q1.1.2 **Linkoverførings-egenskaper.** Hvilke(n) av de følgende teknologiene på det fysiske laget har høyest sendingsrate (transmission rate) og lavest feilrate (bit error rate) i praksis?

- a) Fiberoptisk kabel
- b) Koaksialkabel
- c) Tvunnet par (f.eks., CAT5, CAT6)
- d) 802.11 WiFi-kanal
- e) Satellittkanal
- f) 4G/5G mobilnett

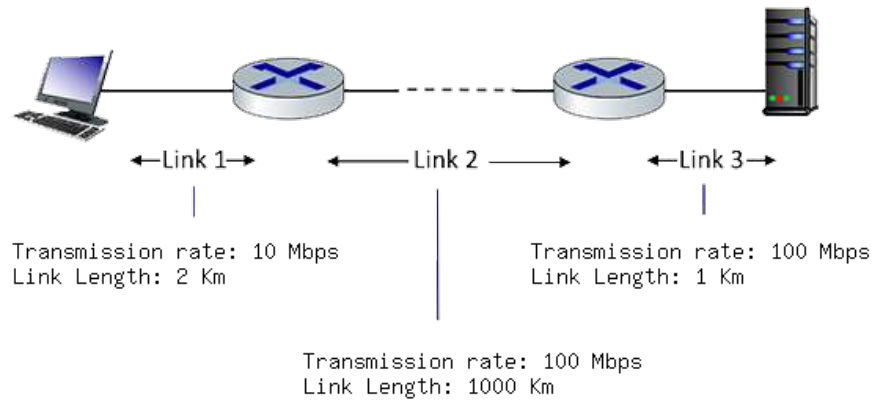
Q1.1.3 **Ruting (routing) og videresending (forwarding).** Velg en av følgende to definisjoner som korrekt skiller mellom ruting og videresending.

- a) **Videresending** er når ruterer lokalt flytter innkommende pakker til riktig utgående link, mens **ruting** er den globale oppgaven å finne riktig vei fra kilde til destinasjon.
- b) **Ruting** er når ruterer lokalt flytter innkommende pakker til riktig utgående link, mens **videresending** er den globale oppgaven å finne riktig vei fra kilde til destinasjon.

Q1.1.4 **Hva er et nettverk av nettverk?** Hva mener vi når vi sier at internett er et “nettverk av nettverk”? Velg alle riktige alternativer.

- a) Internett er det største nettverket som noen gang er laget.
- b) Internett er laget av mange ulike nettverk som er koblet sammen med hverandre.
- c) Internett er det raskeste nettverket som noen gang er laget.
- d) Internett er sammensatt av aksessnettverk på kanten (edge), tier 1-nettverk i kjernen, samt sammenkoblede regionale nettverk og innholdsleverandørnettverk (content provider networks).

Q1.1.5 **Beregning av overføringsforsinkelse (transmission delay) for pakker.** Ta utgangspunkt i nettverket vist i figuren nedenfor med tre linker, hver med gitt en overføringsrate (transmission rate) og lengde. Anta at en pakke er 8000 bits stor. Hvor stor er overføringsforsinkelsen på link 2?

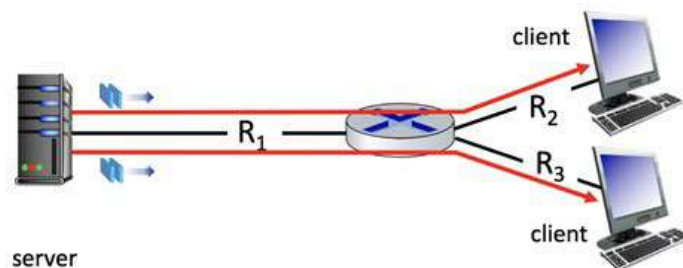


- a) 8×10^{-5} sek
- b) 0,00096 sek
- c) 100 sek
- d) 12,500 sek
- e) 12,5 sek

Q.1.1.6 Hva er “innkapsling” (encapsulation)? Hvilke av definisjonene nedenfor beskriver hva vi mener med “innkapsling”?

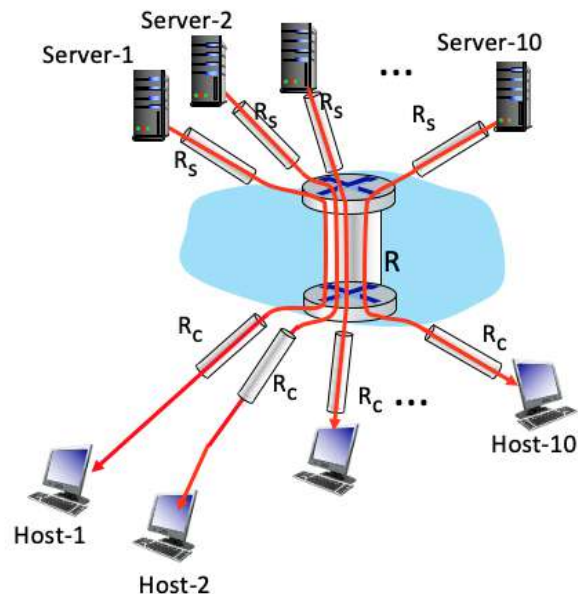
- a) Å beregne summen av alle bytes i en pakke og å plassere denne verdien i et felt i pakkens header.
- b) Å finne navnet på destinasjons-verten (host), oversette navnet til en IP-adresse og å plassere denne i et felt i pakkens header.
- c) Å ta data fra laget over, legge til header-felt for dette laget, og så plassere dataene i nyttelast-feltet (payload) til “pakken” i dette laget.
- d) Å motta en “pakke” fra laget nedenfor, trekke ut nyttelast-feltet, og etter noe intern prosessering muligens levere nyttelasten til en protokoll i et høyere nettverkslag.
- e) Å starte en transportlags-timer for et sendt segment, og så plassere segmentet i en gjensendings-kø (retransmission queue) dersom en ACK ikke er mottatt før timeout.

Q.1.1.7 Ytelse: Maksimal gjennomstrømming (throughput). Ta utgangspunkt i nettverket vist nedenfor med en server til venstre som sender pakker til to ulike klienter til høyre. Serveren sender pakker til mottakerne over to ulike TCP-tilkoblinger. Anta at linken med kapasitet R_1 er delt rettferdig (som vi har sett at gjøres med TCP) mellom de to tilkoblingene. Linkene har sendingsrater (transmission rates) på $R_1 = 200$ Mbps. Anta at $R_2 = R_3 = 25$ Mbps. Hver pakke er 1 Mbit stor. Hva er maksimal ende-til-ende-gjennomstrømming (end-to-end throughput) som kan oppnås for hver tilkobling, når vi antar at begge tilkoblinger sender ved størst mulig rate?



- a) 25 Mbps
- b) 100 Mbps
- c) 50 Mbps
- d) 1 Mbit
- e) 200 Mbps

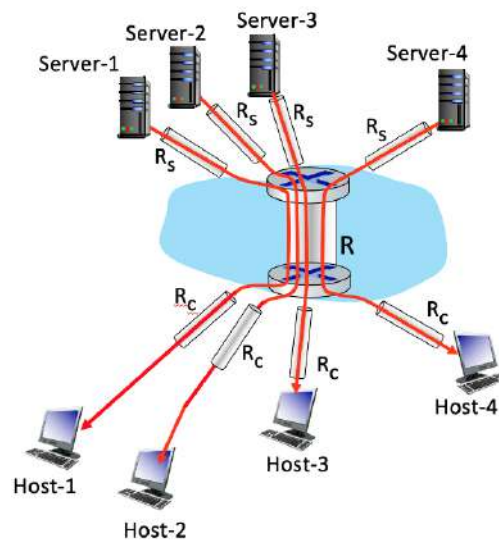
Q.1.1.8 Ytelse: Ende-til-ende-forsinkelse. Ta utgangspunkt i situasjonen nedenfor med 10 ulike servere (fire stk. er vist) koblet til 10 ulike klienter over ti stier, hver med tre hopp (three-hop paths). Hvert par deler et felles hopp i midten med en kapasitet på $R = 200$ Mbps. Hver link fra en server til den delte linken har en kapasitet på $R_S = 25$ Mbps. Hver link fra den delte linken i midten til en klient har en kapasitet på $R_C = 50$ Mbps.



Se på stien (tre hopp) fra server 10 til vert 10, og anta verdiene for R_S , R_C og R gitt over. Anta også at hver pakke er 1000 bits lang, og at hver link har en propagasjonsforsinkelse (propagation delay) på 100 mikrosekunder. Du kan se bort fra køforsinkelser (queuing delays) og prosesseringsforsinkelser (nodal processing delays). Hvor lang tid tar det totalt fra en server begynner å sende en pakke til en klient har mottatt hele pakken?

- a) 325 mikrosekunder
- b) 365 mikrosekunder
- c) 735 mikrosekunder
- d) 450 mikrosekunder
- e) 350 mikrosekunder
- f) 555 mikrosekunder

Q.1.1.9 Ytelse: Link-utnyttelse. Ta utgangspunkt i situasjonen nedenfor med 4 TCP-sendere koblet til 4 mottakere. Serverne sender til mottakervertene (hosts) raskest mulig (det vil si raten hvor flaskehals-linken mellom sender og mottaker utnyttes 100 %, og er delt rettferdig mellom tilkoblingene som bruker den).



Anta at $R = 1$ Gbps, $R_c = 300$ Mbps og $R_s = 200$ Mbps. Skriv opp link-utnyttelsen for klient-linkene (R_c) nedenfor, når vi antar at serverne sender ved maksimal mulig rate.

Hva er **utnyttelsen** (utilization) av klientlinkene, med rate R_c ? Skriv svaret ditt som et desimaltall på formen 1.00 (hvis utnyttelsen er 1, eller 0.xx hvis utnyttelsen er mindre enn 1, avrundet til nærmeste xx).

Q1.2 Applikasjonslaget og transportlaget (Kapittel 2 & 3)

Q1.2.1 UDP-tjenester. Hvilke(n) transporttjenester er tilgjengelige for applikasjonslaget når en tjeneste bruker en UDP-socket? Velg alle riktige alternativer.

- a) Gjennomstrømningsgaranti (throughput guarantee). Socketen kan konfigureres til å garantere en minimums-gjennomstrømning mellom sender og mottaker.
- b) Tapsfri dataoverføring. Tjenesten vil pålitelig overføre all data til mottakeren. Den sørger for å gjenopprette pakker som går tapt som følge av overfylte bufre.
- c) Flytkontroll (flow control). Tjenesten sikrer at senderen ikke sender så fort at bufrene hos mottakeren overfylles.
- d) Sanntidslevering. Tjenesten garanterer at data leveres til mottakeren innenfor et gitt tidspunkt.
- e) Best effort-tjeneste. Det gjøres en best mulig innsats for å levere dataene til destinasjonen, men det gis ingen garanti for at noe bestemt datasegment faktisk når frem.
- f) Overbelastningskontroll (congestion control). Tjenesten kontrollerer senderne slik at de samlet ikke sender mer data enn linkene i nettverket kan håndtere.

Q1.2.2 TCP-tjenester. Hvilke(n) transporttjenester er tilgjengelige for applikasjonen når den bruker en TCP-socket? Velg alle alternativer som stemmer.

- a) Gjennomstrømningsgaranti (throughput guarantee). Socketen kan konfigureres til å garantere en minimums-gjennomstrømning mellom sender og mottaker.
- b) Tapsfri dataoverføring. Tjenesten vil pålitelig overføre all data til mottakeren. Den sørger for å gjenopprette pakker som går tapt som følge av overfylte bufre.
- c) Flytkontroll (flow control). Tjenesten sikrer at senderen ikke sender så fort at bufrene hos mottakeren overfylles.
- d) Sanntidslevering. Tjenesten garanterer at data leveres til mottakeren innenfor et gitt tidspunkt.
- e) Best effort-tjeneste. Det gjøres en best mulig innsats for å levere dataene til destinasjonen, men det gis ingen garanti for at noe bestemt datasegment faktisk når frem.
- f) Overbelastningskontroll (congestion control). Tjenesten kontrollerer senderne slik at de samlet ikke sender mer data enn linkene i nettverket kan håndtere.

Q1.2.3 HTTP GET-meldingen. Hva er formålet med HTTP GET-meldingen?

- a) HTTP GET-meldingen brukes av klienter på internett for å be en server om å sende et bestemt objekt til klienten.
- b) HTTP GET-meldingen brukes av klienter på internett for å poste et objekt på en server.
- c) HTTP GET-meldingen sendes fra en server på internett til en klient for å finne identiteten til klienten.
- d) HTTP GET-meldingen sendes av en server på internett til en klient for å få klientens neste forespørsel.

Q1.2.4 Hvorfor web-caching? Hvilke av de følgende er fordeler ved bruk av web-cacher. Velg ett eller flere svar.

- a) Caching øker jevnt over hastigheten på innlasting av siden hos klienten dersom cachen er på klientens institusjonsnettverk, fordi siden er innlastet fra en cache i nærheten i stedet for en server langt unna.
- b) Caching tillater en opprinnelsesserver (origin server) å følge nøye med på hvilke klienter som forespør og mottar hvilke web-objekter.
- c) Caching krever jevnt over færre enheter/verter for å tilfredsstille en web-forespørsel, som bidrar til å redusere server- og cache-kostnader.
- d) Caching bruker mindre båndbredde i et institusjonelt nettverk der klienten er lokalisert, hvis cachen også er plassert i det institusjonelle nettverket.

Q1.2.5 Likheter og ulikheter mellom HTTP og SMTP. Hvilke av følgende karakteristikk gjelder kun for HTTP (og *ikke* for SMTP)? Velg ett eller flere av punktene nedenfor.

- a) Bruker ASCII for kommandoer og responser, og bruker statuskoder.
- b) Opererer stort sett som en “client push”-protokoll.
- c) Opererer stort sett som en “client pull”-protokoll.
- d) Kan bruke en persistent TCP-tilkobling for å overføre flere objekter.
- e) Bruker CRLF for å indikere slutten på meldingen.
- f) Bruker en blank linje (CRLF) for å indikere slutten på headeren i forespørselen.
- g) Bruker serverport 80.
- h) Bruker serverport 25.

Q1.2.6 UDP-socketer. Hvilke(n) av følgende karakteristikk gjelder for UDP-socketer? Velg alle riktige alternativer.

- a) `socket(AF_INET, SOCK_STREAM)` oppretter denne typen socket.
- b) `socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)` oppretter denne typen socket.
- c) En server kan utføre en `accept()` på denne typen socket.
- d) Tilbyr upålitelig overføring av grupper av bytes (“et datagram”) fra klient til server.
- e) Tilbyr pålitelig overføring i rett rekkefølge, via en bytestrøm (en “pipe”), fra klient til server.
- f) Applikasjonen må eksplisitt spesifisere destinasjonens IP-adresse og portnummer for hver gruppe med bytes skrevet inn i socketen.
- g) Når kontaktet, vil serveren opprette en ny socket på serversiden for å kommunisere med klienten
- h) Data fra ulike klienter kan mottas gjennom samme socket.

Q1.2.7 TCP-socketer. Hvilke(n) av følgende karakteristikk gjelder for TCP-socketer? Velg alle riktige alternativer.

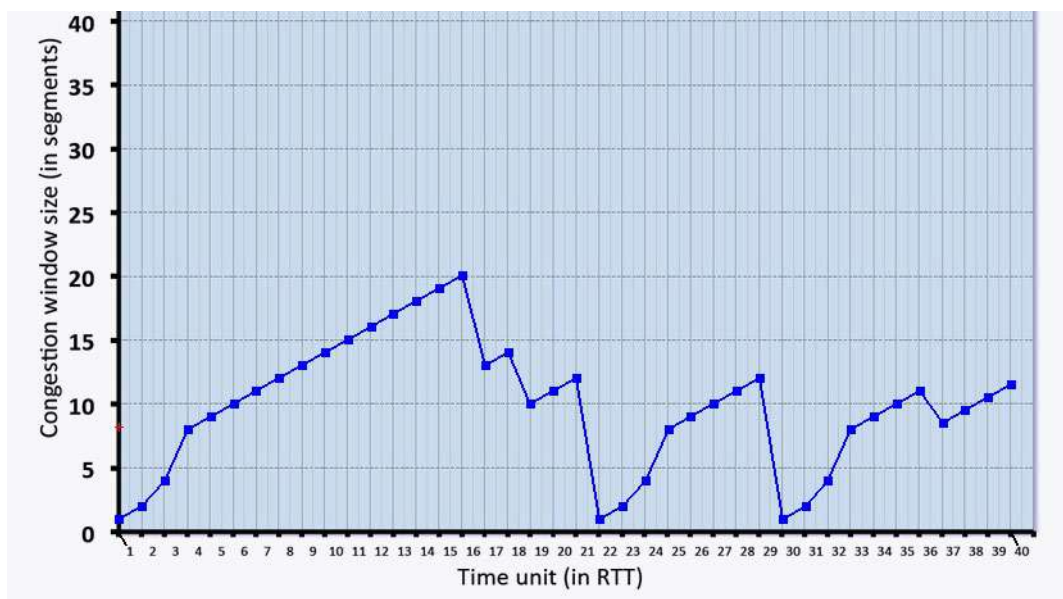
- a) `socket(AF_INET, SOCK_STREAM)` oppretter denne typen socket.
- b) `socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)` oppretter denne typen socket.
- c) En server kan utføre en `accept()` på denne typen socket.

- d) Tilbyr upålitelig overføring av grupper av bytes ("et datagram") fra klient til server.
- e) Tilbyr pålitelig overføring i rett rekkefølge, via en bytestrøm (en "pipe"), fra klient til server.
- f) Applikasjonen må eksplisitt spesifisere destinasjonens IP-adresse og portnummer for hver gruppe med bytes skrevet inn i socketen.
- g) Når kontaktet, vil serveren opprette en ny socket på serversiden for å kommunisere med klienten
- h) Data fra ulike klienter kan mottas gjennom samme socket.

Q1.2.8 Beregning av internett-sjekksummen. Beregn internett-sjekksummen av disse to 16-bits ordene: 11110101 11010011 og 10110011 01000100.

- a) 01010110 11101000
- b) 01011110 11000101
- c) 01010110 11100111
- d) 01101110 11010101
- e) Ingen av de ovennevnte

Q 1.2.9 Faser i TCP sin overbelastningskontroll (congestion control). Se på figuren nedenfor som plotter utviklingen i TCP sitt overbelastningsvindu på begynnelsen av hver tidsenhet (hvor tidsenheten er lik én RTT). I denne abstrakte modellen sendes en bolk med pakker på størrelse med overbelastningsvinduet på begynnelsen av hver tidsenhet. Resultatet av en sendt bolk er enten at (i) alle pakker ACK-es på slutten av tidsenheten, eller (ii) at det skjer en timeout for den første pakken, eller (iii) at det kommer en trippel duplikat ACK for den første pakken. Ved hvilke(t) av følgende tidsintervaller gjennomfører TCP en treg start (slow start).



- a) [1,3]
- b) [4,15]
- c) 16
- d) 17
- e) 18
- f) [22,24]
- g) Ingen av de ovennevnte

Q1.3 Nettverkslaget (Kapittel 4 & 5)

Q1.3.1 Hva er et subnett? Hva menes med et IP-subnett? Velg null, ett eller flere av de følgende karakteristikkene som gjelder for subnett.

- a) En mengde med grensesnitt på enheter som fysisk kan nå hverandre uten å gå gjennom en ruter.
- b) En mengde med enheter som alltid har de samme 16 første bits i IP-adressene.
- c) En mengde med enheter som har et felles antall bits i begynnelsen av IP-adressene sine.
- d) En mengde med enheter som alle er produsert av samme produsent eller leverandør.
- e) Ingen av de ovennevnte

Q1.3.2 Nettverkslaget – hvor er det? Velg alle riktige påstander nedenfor om hvor (i nettverket) nettverkslaget er implementert.

- a) Nettverkslaget er implementert i vertene, på kanten av nettverket.
- b) Nettverkslaget er implementert i rutere i kjernen av nettverket.
- c) Nettverkslaget er implementert i Ethernet-svitsjer i et LAN (Local Area Network).
- d) Nettverkslaget er implementert i trådede (wired) internett-tilkoblede enheter men ikke i trådløse internett-tilkoblede enheter.
- e) Ingen av de ovennevnte

Q1.3.3 Lengste prefiks-matching. Ta utgangspunkt i videresendingstabellen nedenfor.

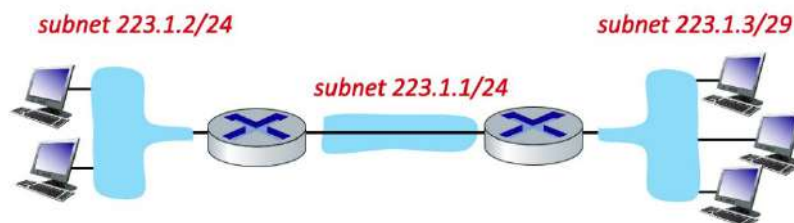
Destination Address Range	Link interface
11001000 00010111 00010*** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011*** *****	2
otherwise	3

Spørsmåls-nummer	Destinasjonsadresser	Valgbare elementer
1	11001000 00010111 00010010 10101101	A. Dette er den første destinasjons-adressen i listen som mapper til utgangsport 0
2	11001000 00010111 00011000 00001101	B. Dette er den første destinasjons-adressen i listen som mapper til utgangsport 1 .
3	11001000 00010111 00011001 11001101	C. Dette er den første destinasjons-adressen i listen som mapper til utgangsport 2 .
4	10001000 11100000 00011000 00001101	D. Dette er den første destinasjons-adressen i listen som mapper til utgangsport 3 .
5	11001000 00010111 00011000 11001111	E. Dette er den andre destinasjons-adressen i listen som mapper til utgangsport 3 .
6	11001000 00010111 00010001 01010101	F. Dette er den andre destinasjons-adressen i listen som mapper til utgangsport 1 .
7	11001000 00010111 00011101 01101101	G. Dette er den andre destinasjonsadressen i listen som mapper til utgangsport 0 .
		H. Dette er den andre destinasjonsadressen i listen som mapper til utgangsport 2 .

Indiker utgangen til lenkegrensesnittet (link interface) som et datagram med destinasjonsadressene nedenfor (i "Destinasjonsadresser"-kolonnen) vil bli videresendt til ved lengste prefiks-matching. (Merk: Listen over adresser er ordnet nedenfor. Hvis to adresser peker til samme utgangslenkegrensesnitt, skal den første av disse to adressene peke til den første forekomsten av det lenkegrensesnittet).

Hint: Match et passende portnummer ('A'-'F' i 'Valgbare Elementer' -kolonnen) til hvert av spørsmålene (1-7 i 'Spørsmålsnummer' -kolonnen) på ditt eget svarark ved Q1.3.3.

Q1.3.4 Subnetting. Ta utgangspunkt i de tre subnettene i tegningen nedenfor.



Hvilke(n) av følgende adresser kan **ikke** brukes av et grensesnitt (interface) i 223.1.3/29-nettverket? Kryss av alle som gjelder.

- a) 223.1.3.6
- b) 223.1.3.2
- c) 223.1.3.16
- d) 223.1.2.6
- e) 223.1.3.28
- f) Ingen av de ovennevnte

Q1.3.5 IPv4 versus IPv6. Hvilke(t) av følgende felt forekommer **KUN** i IPv6-datagram-headeren (dvs. at den vises i IPv6-headeren men ikke i IPv4-headeren)? Kryss av alle som gjelder.

- a) 128-bit kilde- og destinasjons-IP-adresser.
- b) Felt for IP-versjonsnummer.
- c) Time-to-live (eller hop limit) felt.
- d) Header checksum-felt.
- e) Flow label-felt.
- f) Headerlengde-felt.
- g) Options-felt.
- h) Upper layer protocol (eller next header) felt.

Q1.3.6 ICMP: Internet control message protocol. Hvilke(t) av følgende utsagn om ICMP er sanne?

- a) ICMP brukes av verter og rutere til å kommunisere nettverksnivå-informasjon.
- b) ICMP-meldinger bæres direkte i IP-datagrammer i stedet for som nyttelast (payload) i UDP- eller TCP-segmenter.
- c) ICMP kommuniserer informasjon mellom verter og rutere ved å merke bits i IP-headeren.
- d) TTL utløpt-meldingstypen i ICMP brukes av traceroute-programmet.
- e) ICMP-meldinger bæres i UDP-segmenter ved bruk av portnummer 86.
- f) Ingen av de ovennevnte

Q1.3.7 Best effort-tjeneste. Hvilke(n) av følgende kvalitetsgarantier (quality-of-service guarantees) er en del av internets best effort-tjenestemodell? Velg alle som gjelder.

- a) Garantert levering fra sendervert (sender host) til mottakervert (receiving host).
- b) Garantert leveringstid fra sendervert (sender host) til mottakervert (receiving host).
- c) Levering av datagram sin nyttelast (payload) i rekkefølge til transportlaget for de datagrammene

som ankommer mottakerverten (receiving host).

- d) En garantert minimum båndbredde tilbys til en kilde-til-destinasjons-flyt av pakker.
- e) Ingen av de andre tjenestene som er oppført her er en del av best effort-tjenestemodellen. Best effort-tjeneste betyr faktisk ingen garantier i det hele tatt.
- f) Ingen av de ovennevnte

Q1.3.8 Hvor skjer oppslag av destinasjonsadresse? Hvor i en ruter blir destinasjons-IP-adressen slått opp i en videresendingstabell (forwarding table) for å bestemme den passende utgangsporten som datagrammet skal rettes mot?

- a) Ved inngangsporten hvor en pakke ankommer.
- b) Ved utgangsporten som leder til neste hopp mot destinasjonen.
- c) Inne i svitsjefabrikken (switching fabric).
- d) Inne i rutingprosessen (routing processor)
- e) Ingen av de ovennevnte

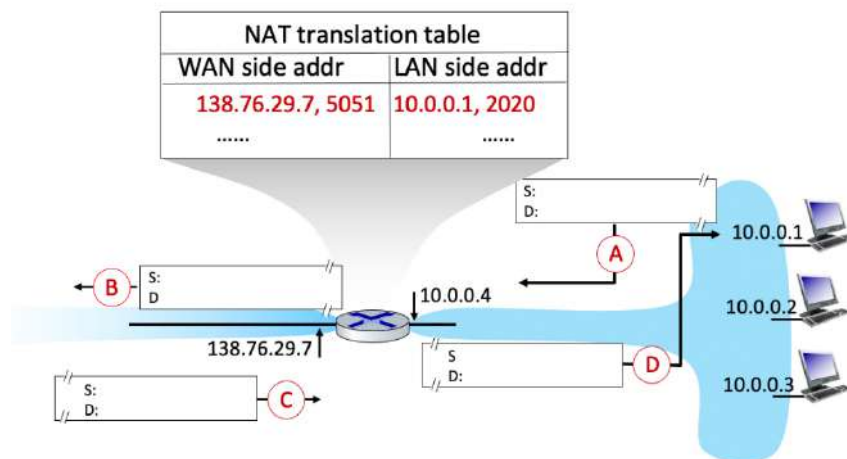
Q1.3.9 Pakkedropping. Anta at et datagram blir svitsjet gjennom svitsjefabrikken (switching fabric) og ankommer riktig utgang, men oppdager at det ikke er noen ledige buffere. I dette tilfellet:

- a) Pakken vil bli droppet (tapt).
- b) Pakken vil bli sendt tilbake til inngangsporten.
- c) En annen pakke vil bli fjernet (tapt) fra bufferen for å gi plass til denne pakken.
- d) Pakken vil enten bli droppet, eller en annen pakke vil bli fjernet (tapt) fra bufferen for å gi plass til denne pakken, avhengig av policy. Men pakken vil definitivt ikke bli sendt tilbake til inngangsporten.
- e) Ingen av de ovennevnte

Q1.3.10 Nettverksadresseoversettelse (NAT). Vurder følgende scenario der vert 10.0.0.1 kommuniserer med en ekstern webserver med IP-adresse 128.119.40.186. NAT-tabellen viser tabelloppføringen knyttet til denne TCP-strømmen.

Hva er kilde- og destinasjons-IP-adresse og portnumre ved punkt **D**?

Hint: Svar på hvert av spørsmålene (1- 4 i 'Spørsmålsnummer' kolonnen) på ditt eget svarark ved Q1.3.10.



Spørsmåls - nummer	Spørsmål
1	Hva er kildens IP adresse?
2	Hva er destinasjonens IP adresse?
3	Hva er kildens portnummer?
4	Hva er destinasjonens portnummer?

Q1.4 Linklaget, trådløse og mobile nettverk (kapittel 6-8)

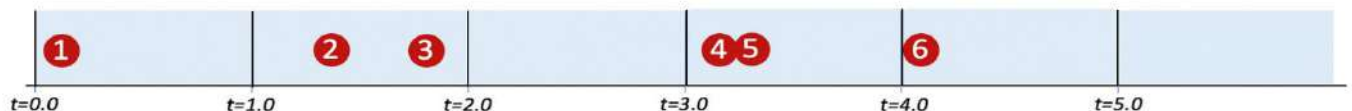
Q1.4.1 **Linklagstjenester.** Hvilke(n) av følgende tjenester (services) kan implementeres i en linkslagsprotokoll? Velg ett eller flere utsagn.

- a) Pålitelig dataoverføring mellom direkte tilkoblede noder.
- b) Oppslag (lookup) og videresending (forwarding) basert på en IP-destinasjonsadresse.
- c) Flytkontroll (flow control) mellom direkte tilkoblede noder.
- d) TLS-sikkerhet (inkludert autentisering) mellom direkte tilkoblede noder.
- e) Koordinert tilgang til et delt fysisk medium.
- f) Feiloppdagelse og -korreksjon på bitnivå.
- g) Multipleksing ned fra / multipleksing opp til en nettverkslagprotokoll.
- h) Ende-til-ende-rutebestemmelse gjennom flere IP-rutere.

Q1.4.2 **Pure Aloha og CSMA.** Hvilke(t) av følgende utsagn er sanne om **både** Pure Aloha og CSMA (både med og uten kollisjonsdeteksjon)?

- a) Det kan være samtidige overføringer som resulterer i kollisjoner.
- b) Det kan være tilfeller hvor kanalen er ledig, når en node har en ramme å sende, men hindres fra å gjøre det av mediumtilgangsprotokollen (medium access protocol).
- c) Pure Aloha og CSMA kan oppnå 100 % kanalutnyttelse (channel utilization), i det tilfelle at alle noder alltid har rammer (frames) å sende.
- d) Pure Aloha og CSMA kan oppnå 100% utnyttelse (utilization), i det tilfelle at det bare er én node som alltid har rammer (frames) å sende.
- e) Ingen av de ovennevnte

Q1.4.3 **Flertilgangsprotokoller.** Vurder figuren nedenfor, som viser ankomsten av 6 meldinger for overføring ved forskjellige flertilgangs trådløse noder på tidspunktene $t=0.1$, 1.4 , 1.8 , 3.2 , 3.3 , 4.1 . Hver overføring krever nøyaktig én tidsenhet.

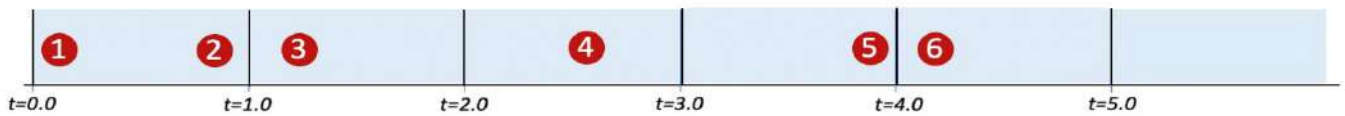


For **CSMA-protokollen (uten kollisjonsdeteksjon)**, angi hvilke(n) pakke(r) som blir sendt vellykket. Du skal anta at det tar 0,2 tidsenheter for et signal å propagere fra en node til hver av de andre nodene. Du kan anta at hvis en pakke opplever en kollisjon eller registrerer at kanalen er opptatt, vil den noden ikke forsøke en ny overføring av den pakken før en stund etter $t=5$.

Tips: vurder propagasjonstider nøye her.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5
- f) 6

Q1.4.4 **Flertilgangsprotokoller.** Se på figuren nedenfor, som viser ankomsten av 6 meldinger for overføring ved forskjellige flertilgangs trådløse noder på tidspunktene $t=0.1$, 0.8 , 1.35 , 2.6 , 3.9 , 4.2 . Hver overføring krever nøyaktig én tidsenhet.



For **CSMA/CD-protokollen (med kollisjonsdeteksjon)**, angi hvilke pakker som blir sendt vellykket. Du skal anta at det tar 0,2 tidsenheter for et signal å propagere fra en node til hver av de andre nodene. Du kan anta at hvis en pakke opplever en kollisjon eller registrerer at kanalen er opptatt, vil den noden ikke forsøke en ny overføring av den pakken før en stund etter $t=5$. Hvis en node registrerer en kollisjon, stopper den straks overføringen (men det vil fortsatt ta 0,2 tidsenheter for den sist sendte biten å propagere til alle andre noder).
Tips: vurder propagasjonstider nøye her.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Q.1.4.5 To-dimensjonal paritet. Hvilke(t) av de følgende utsagnene er sanne om en to-dimensjonal paritetskontroll (2D-parity check) beregnet over en nyttelast (payload)?

- 2D-paritet kan oppdage ethvert tilfelle av en enkelt bitfeil i nyttelasten (payload).
- 2D-paritet kan oppdage og korrigere ethvert tilfelle av en enkelt bitfeil i nyttelasten (payload).
- 2D-paritet kan oppdage ethvert tilfelle av to bitfeil i nyttelasten (payload).
- 2D-paritet kan oppdage og korrigere ethvert tilfelle av to bitfeil i nyttelasten (payload).
- Ingen av de ovennevnte

Q.1.4.6 RTS/CTS rammer (frames). Hva er formålet med RTS (request to send) og CTS (clear to send) rammer i WiFi (802.11) nettverk? Velg ett eller flere av svarene nedenfor.

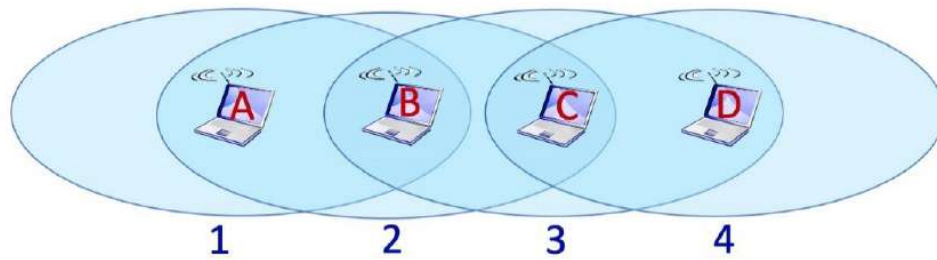
- RTC/CTS rammer lar en sender motta CTS-rammer fra alle andre nettverksnoder, slik at den vet at den da kan sende uten kollisjoner.
- En CTS lar en mottaker la senderen (som sendte RTS-en) vite at den (mottakeren) har nok buffere til å holde en ramme som sendes av den senderen.
- En CTS som sendes, lar en mottaker tvinge andre noder (andre enn den tiltenkte senderen som sendte RTS) til å avstå fra å sende, og dermed la senderen som sendte RTS, sende en ramme med mindre sannsynlighet for kollisjon.
- RTC/CTS-rammer hjelper noder i et trådløst nettverk med å redusere effekten av det skjulte terminalproblemet.
- Ingen av de ovennevnte

Q1.4.7 Overlappende 802.11 trådløse nettverk

Tenk på scenariet vist nedenfor der det er fire trådløse noder, A, B, C og D. Radiodekningen til de fire nodene vises via de skyggelagte ovalene; alle noder deler samme frekvens. Når A sender, kan det bare høres/mottas av B; når B sender, kan både A og C høre/motta fra B; når C sender, kan både B og D høre/motta fra C; når D sender, er det bare C som kan høre/motta fra D. Hvis en node hører to samtidige sendinger om gangen, forstyrrer meldingene hverandre hos den mottakeren, selv om de kanskje ikke forstyrrer hverandre hos andre mottakere, hvor kun én av meldingene blir hørt.

Anta nå at hver node har en uendelig tilførsel av meldinger som den ønsker å sende til hver av de andre nodene. Hvis en melding sin destinasjon ikke er en umiddelbar nabo, må meldingen videresendes. For eksempel, hvis A ønsker å sende til D, må en melding fra A først sendes til B, som deretter sender meldingen til C, som deretter sender meldingen til D. Tiden er spaltet, med en meldingsoverføringstid som tar nøyaktig en tidsluke, for eksempel som i slotted Aloha. Under en slot kan en node gjøre ett av følgende: (i) sende en melding (ii) motta en melding (hvis nøyaktig én melding blir sendt til den), (iii) forbli stille. Som alltid, hvis en node hører to eller

flere samtidige sendinger, oppstår det en kollisjon og ingen av de overførte meldingene mottas vellykket. Du kan her anta at det ikke er noen bitnivåfeil (bit-level errors) og dermed at hvis nøyaktig én melding blir hørt på en mottaker, vil den mottas riktig på den mottakeren.



Anta nå at en allvitende kontroller (f.eks. en kontroller som kjenner tilstanden til hver node i nettverket) kan kommandere hver node til å gjøre hva den (allvitende kontrolleren) ønsker, det vil si å sende en melding, motta en melding, eller å forbli stille.

Hint: Velg det beste alternativet ('a' - 'e') for å svare på hvert av spørsmålene (1 - 4) på ditt eget svarark for Q1.4.7.

- 1) Gitt denne allvitende kontrolleren, hva er den maksimale hastigheten som meldinger kan overføres med fra C til A, gitt at det ikke er andre meldinger mellom noen andre par av kilder og destinasjoner?
 - a) 0,5 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver andre slot).
 - b) 1 melding/slot.
 - c) 2 meldinger/slot.
 - d) 0,25 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver fjerde slot).
 - e) Ingen av de ovennevnte
- 2) Anta nå at A sender meldinger til B, og D sender meldinger til C. Hva er den kombinerte maksimale hastigheten som datameldinger kan overføres fra A til B og fra D til C?
 - a) 0,5 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver andre slot).
 - b) 1 melding/slot.
 - c) 2 meldinger/slot.
 - d) 0,25 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver fjerde slot).
 - e) Ingen av de ovennevnte
- 3) Anta nå at A sender meldinger til B, og C sender meldinger til D. Hva er den kombinerte maksimale hastigheten som datameldinger kan overføres fra A til B og fra C til D?
 - a) 0,5 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver andre slot).
 - b) 1 melding/slot.
 - c) 2 meldinger/slot.
 - d) 0,25 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver fjerde slot).
 - e) Ingen av de ovennevnte
- 4) Overlappende trådløse sendere med ACK-er. Anta nå at vi igjen er i det trådløse scenariet, og at for hver datamelding som sendes fra kilde til destinasjon, så vil destinasjonen sende en ACK-melding tilbake til kilden (f.eks. som i TCP). Anta også at hver ACK-melding tar opp en slot. Hva er den maksimale hastigheten for overføring av datameldinger fra C til A, gitt at det ikke er andre meldinger mellom andre par av kilder og destinasjoner? [Merk at vellykkede ACK-er ikke teller mot meldingsgjennomstrømning av data (data message throughput)].

- a) 0,5 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver andre slot).
- b) 1 melding/slot.
- c) 2 meldinger/slot.
- d) 0,25 meldinger/slot (dvs. 1 melding for hver fjerde slot).
- e) Ingen av de ovennevnte

Q.1.4.8 Hvilke(n) av de følgende egenskapene er ønskelig ved sikker kommunikasjon:

- a) Nettverkspålitelighet (Network reliability)
- b) Konfidensialitet (Confidentiality)
- c) Meldingsintegritet (Message integrity)
- d) Driftssikkerhet (Operational security)
- e) Høy båndbredde for å kunne overføre meldinger raskt
- f) Ingen av de ovennevnte

Q.1.4.9 Anta at N personer vil kommunisere med hverandre ved hjelp av symmetrisk nøkkeltkryptering. All kommunikasjon mellom to vilkårlige personer er synlig for alle andre i denne gruppen, men ingen andre personer i gruppen skal kunne dekode kommunikasjonen deres. Hvor mange nøkler er nødvendig for at hele systemet skal fungere som ønsket?

- a) $N \cdot N$
- b) $2 \cdot N - 1$
- c) $N \cdot (N - 1)$
- d) $N \cdot (N - 1) / 2$
- e) Ingen av de ovennevnte

Q.1.4.10 Se for deg en overføring av informasjon mellom Alice og Bob gjennom et nettverk hvor det befinner seg en inntrenger (Trudy). Velg hvilke(n) av de påfølgende påstandene som er riktig angående hva slags informasjon en inntrenger kan få tilgang til, og hva slags handlinger som kan gjøres:

- a) Sniffing og registrering av kontrollmeldinger fra kanalen
- b) Registrering av datameldinger fra kanalen
- c) Endring eller innsetting av meldinger
- d) Sletting av melding eller meldingsinnhold
- e) Ingen av de ovennevnte

SLUTT