

Institutt for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi

## Eksamensoppgave i

### TTM4100 KOMMUNIKASJON – TJENESTER OG NETT

Faglig kontakt under eksamen: Yuming Jiang

Tlf.: 91897596

Eksamensdato: 02.06.2023

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: Engelsk / Norsk

Antall sider (Del I uten forside/regler side): 30

Antall sider vedlegg (Del II): 10

#### Informasjon om trykking av eksamensoppgave

Originalen (Del I) er:

1-sidig ☐ 2-sidig ☒

sort/hvit ☐ farger ☒

skal ha flervalgskjema ☐

Kontrollert av:

23/5-23 div Karen Stubberud

Dato

Sign

## Regler/Rules/Reglar:

B: BOKMÅL	E: ENGLISH	N: NYNORSK
<p>Maksimal poengsum er 100 poeng. Oppgavesettet består av 2 deler:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Del I, problemspesifikasjonene - denne delen.</li> <li>• 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. 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. <b>Skriftlige tekstopp-gaver</b> skal besvares innenfor den tildelte boksen i del II.</li> </ul> <p><b>Flervalgsspørsmål</b> skal besvares ved å angi dine valg i den tildelte boksen i del II. For hvert flervalgsspørsmål kan det være ett eller flere riktige valg.</p> <p>For flervalgsspørsmål:  <math>\text{Poeng} = \text{Maks}\{(\text{antall riktige valg} - \text{minuspoeng}), 0\} * x</math>          - 1 feil gir ingen minuspoeng;          - <math>i &gt; 1</math> feil gir <math>(i-1)*0,5</math> minuspoeng.</p> <p>Denne avbildningen mellom feilvalg og minuspoeng lar deg svare feil én gang uten å bli straffet. Et manglende riktig valg for et flervalgsspørsmål regnes ikke med i feil valg.</p> <p>Verdien av <math>x</math> bestemmes som (totalt poeng for flervalgsspørsmål)/ (totalt antall riktige valg).</p>	<p>The maximum score is 100 points. The problem set consists of 2 parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Part I, the problem specifications - this part.</li> <li>• Part II, the answer pages, includes answer boxes for multiple-choice questions and "written text" problems. Part II also includes 3 pages for comments related to <i>formal issues</i> about Part I or Part II. These pages may also be used for "written text" answers. 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. <b>Written text</b> problems shall be answered within the assigned box of Part II.</li> </ul> <p><b>Multiple-choice</b> questions shall be answered by providing your choices within the assigned box of Part II. For each multiple-choice question, there may be one or more correct choices.</p> <p>For multiple-choice questions as whole:  <math>\text{Points} = \text{Max}\{(\text{number of correct choices} - \text{discount points}), 0\} * x</math>          - 1 incorrect gives no discount;          - <math>i &gt; 1</math> incorrect gives <math>(i-1)*0,5</math> discount points.</p> <p>This mapping between incorrect choices and discount points allows you to answer wrong once without being punished. A missing correct choice for a multiple-choice question is not counted in incorrect choices. <i>The value of <math>x</math> is decided as (total points, i.e. 50, for multiple choice questions)/ (total number of correct choices).</i></p>	<p>Maksimal poengsum er 100 poeng. Oppgavesettet består av 2 delar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Del I, problemspesifikasjonane - denne delen.</li> <li>• Del II, svarsidene, inneheld svarboksar for fleirvalspørsmål og "skriftleg tekst"-oppgåver. Del II inkluderer også 3 sider for kommentarar relatert til formelle spørsmål om del I eller del II. Desse sidene kan også brukast til "skriftleg tekst"-svar. Del II skal leverast som svaret ditt. To eksemplar av del II blir delt ut. Berre eitt eksemplar skal leverast. Kandidatnummeret skal stå på alle svarsidene. Ikkje skriv utanfor felte i boksen. Bruk ein blå eller svart penn, ikkje ein blyant. <b>Skriftlege tekstopp-gåver</b> skal svarast på innanfor den tildelte boksen i del II.</li> </ul> <p><b>Fleirvalspørsmål</b> skal svarast på ved å angi dine val i den tildelte boksen i del II. For kvart fleirvalspørsmål kan det vera eitt eller fleire rette val.</p> <p>For fleirvalspørsmål:  <math>\text{Poeng} = \text{Maks}\{(\text{talet på rette val} - \text{minuspoeng}), 0\} * x</math>          - 1 feil gir ingen minuspoeng;          - <math>i &gt; 1</math> feil gir <math>(i-1)*0,5</math> minuspoeng.</p> <p>Denne avbildinga mellom feilval og minuspoeng lèt deg svara feil éin gong utan å bli straffa. Eit manglande rett val for eit fleirvalspørsmål blir ikkje rekna med i feil val. Verdien av <math>x</math> blir bestemd som (totalt poeng for fleirvalspørsmål)/ (det samla talet rette val).</p>



(Norsk Versjon, Bokmål)

Q1: Flervalgsspørsmål (50 poeng)

Q1.1 Diverse (Kapittel 1)

Q1.1.1 Det er mange forskjeller mellom linjesvitsjing (circuit switching) og pakkesvitsjing (packet switching). Hvilke av de følgende påstandene er korrekt?

- a) Vanligvis kan ikke et linjesvitsjet nettverk garantere en bestemt ende-til-ende-båndbredde for hele varigheten til en samtale, et pakkesvitsjet nettverk derimot, kan garantere dette.
- b) Vanligvis er variasjonsforsinkelsen (delay variation/jitter) mellom pakker i et linjesvitsjet nettverk større enn i et pakkesvitsjet nettverk.
- c) Både et linjesvitsjet nettverk og et pakkesvitsjet nettverk kan muliggjøre forbindelsesorienterte tjenester (connection-oriented services).
- d) Både pakkesvitsjing og linjesvitsjing bruker sluttssystemets nettverksadresse på samme måte.
- e) Ingen av de ovennevnte er korrekt.

Q1.1.2 Ta i betraktning en server og en klient som er koblet sammen gjennom en ruter. La  $R_1$  være transmisjonsraten (transmission rate) på lenken mellom serveren og ruter, og la  $R_2$  være transmisjonsraten på lenken mellom ruter og klienten. Da er den maksimale server-til-klient gjennomstrømmingen:

- a)  $(R_1 + R_2)/2$
- b)  $R_1 + R_2$
- c)  $\max\{R_1, R_2\}$
- d)  $\min\{R_1, R_2\}$
- e) Ingen av de ovennevnte

Q1.1.3 Du skal overføre en fil på 1 million bytes fra Host A til Host B over et linjesvitsjet nettverk. Anta at det tar 0,5 sekunder å etablere en ende-til-ende-forbindelse mellom Host A og Host B før Host A kan begynne å sende filen. Anta også at ende-til-ende-forbindelsen går gjennom 2 lenker, og anta at hver lenke har en transmisjonsrate på 100 kbps på linjen. Se bort i fra propagasjonsforsinkelse (propagation delay). Hvor lang tid vil det minimum ta å overføre denne filen fra Host A til Host B?

- a) 10,5s
- b) 20,5s
- c) 80s
- d) 80,5s
- e) Ingen av de ovennevnte

Q1.1.4 Du skal overføre en fil på 1 million bytes fra Host A til Host B over et pakkesvitsjet nettverk. Hver pakke i nettverket har en nyttelast (payload) på 1000 bytes. Stien fra Host A til Host B har 2 svitsjer. Transmisjonsraten til lenken fra svitsj 1 til svitsj 2 er 10 Mbps. Transmisjonsraten fra svitsj 2 til Host B er 10 Mbps. Se bort i fra propagasjonsforsinkelse (propagation delay). Hvor lang tid vil det minimum ta å overføre denne filen fra Host A til Host B?

- a) 0,88s
- b) 0,808s
- c) 0,8008s
- d) 8s
- e) Ingen av de ovennevnte

Q1.1.5 I datanettverk deler vi protokoller i "lag" (Protocol Layering). Dette gjør vi fordi:

- a) Det hindrer et lag i å duplisere funksjonalitet i "lavere" lag.
- b) Innkapsling er den mest effektive måten å overføre data på.
- c) Det gjør det enkelt å gjenbruke og oppdatere komponenter ved implementering av systemet.
- d) Det holder nettverkene strukturert slik at de kan kjøre raskere.
- e) Ingen av de ovennevnte.

## Q1.2 Applikasjonslaget og transportlaget (kapittel 2 og 3)

Q1.2.1 Hvilke av de følgende protokollene tilhører applikasjonslaget (Application Layer)?

- a) ICMP (Internet Control Message Protocol)
- b) DNS (Domain Name System)
- c) SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
- d) ARP (Address Resolution Protocol)
- e) FTP (File Transfer Protocol)

Q1.2.2 Det er \_\_\_\_ sin oppgave å oversette vertsnavn (hostnames) til IP adresser.

- a) ARP (Address Resolution Protocol)
- b) DNS (Domain Name System)
- c) NAT (Network Address Translator)
- d) FTP (File Transfer Protocol)
- e) ICMP (Internet Control Message Protocol)

Q1.2.3 En fil på 125 Mbytes skal distribueres til 100 peers ved bruk av P2P-arkitektur. Serveren har en opplastingshastighet på 100 Mbps. Hver peer har en nedlastingshastighet på 10 Mbps. Distribusjonstid for filen er minst:

- a) 1,25 sekunder
- b) 10 sekunder
- c) 12,5 sekunder
- d) 100 sekunder
- e) 125 sekunder

Q1.2.4 Host A og Host B kommuniserer over en TCP-forbindelse, og host B har allerede mottatt alle bytes til og med byte 248. Anta Host A sender 2 segmenter rett etter hverandre til Host B. Det første segmentet er på 48 byte, og det andre segmentet er på 64 byte. Det første segmentet har sekvensnummer (sequence number) 249, kildeportnummeret (source port number) 502, og destinasjonsportnummeret (destination port number) 80. Host B sender en bekreftelse (acknowledgement) hver gang den mottar et segment fra Host A. Hvilke av følgende (sekvensnummer, kildeportnummer, destinasjonsportnummer) er korrekt for det andre segmentet sendt fra Host A til Host B?

- a) (296, 80, 502)
- b) (296, 502, 80)
- c) (297, 80, 502)
- d) (297, 502, 80)
- e) Ingen av de ovennevnte.

Q1.2.5 Hvilke av de følgende påstandene stemmer ikke?

- a) *FTP bruker UDP som sin underliggende transportprotokoll.*
- b) *Både UDP og TCP gir pålitelig dataoverføring (reliable data transfer service).*
- c) *Både UDP og TCP er tilkoblingsorienterte (connection-oriented) protokoller.*
- d) *Med ikke-vedvarende tilkoblinger (nonpersistent connections) mellom en nettleser og en webserver, er det mulig for en enkelt TCP-forespørsel å bære to forskjellige HTTP-forespørselsmeldinger.*
- e) *I Go-back-N har avsender lov til å sende flere pakker uten å vente på en bekreftelse fra mottakeren.*

### Q1.3 Nettverkslaget (kapittel 4 og 5)

Q1.3.1 IP-adressen 193.32.216.9 på binær form er:

- a) *10000001 00100000 11011000 00001000*
- b) *11000001 00010000 11011000 00001000*
- c) *11000001 00100000 11011000 00001001*
- d) *11000001 00100000 11010000 00001001*
- e) *Ingen av de ovennevnte.*

Q1.3.2 Tildel nettverksadresser fra 214.97.254/23 til et subnett som skal ha nok adresser til å støtte 250 grensesnitt. Tildelingen har formen a.b.c/x. Hvilke av de følgende alternativene er mulig(e) riktig(e) tildeling(er) av adresse(r)?

- a) *214.97.253/24*
- b) *214.97.254/24*
- c) *214.97.255/24*
- d) *214.97.253/25*
- e) *214.97.254/25*

Q1.3.3 Hvilke av de følgende utsagnene om DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) er korrekt?

- a) *DHCP er en klient-server protokoll.*
- b) *DHCP lar en vert (host) skaffe (bli tildelt) en IP-adresse automatisk.*
- c) *Med DHCP er det ikke mulig for en gitt vert å motta den samme IP-adressen hver gang den kobles til nettverket.*
- d) *DHCP er avhengig av datalinklagets kringkastingsfunksjon (Link Layer broadcast) for å fungere.*
- e) *Ingen av de ovennevnte.*

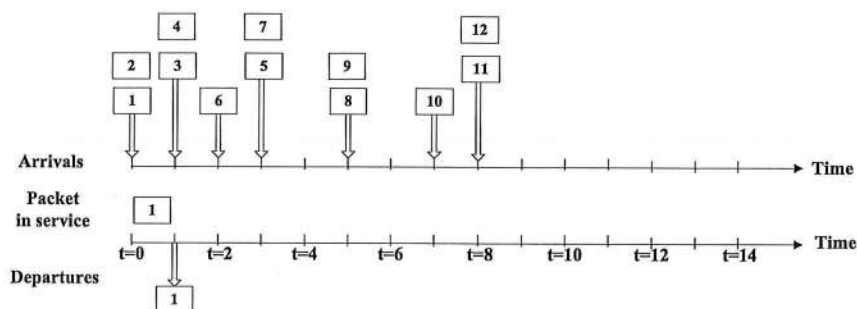
Q1.3.4 Hvilke av de følgende utsagnene om IPv4 og IPv6 er korrekt?

- a) *IPv6 har mange flere mulige adresser enn IPv4.*
- b) *IPv4-headere har et kontrollsumfelt (checksum field) for å hjelpe en ruter med å oppdage bitfeil i et mottatt datagram, IPv6 har ikke dette.*
- c) *IPv6 er mindre pålitelig når det gjelder transport av datagrammer enn IPv4.*
- d) *IPv6 tillater ikke fragmentering (fragmentation) og remontering (reassembly) ved mellomliggende (intermediate) rutere.*
- e) *Både IPv4 og IPv6 er tilkoblingsløse (connectionless).*



Q1.3.5 Oppgaven gjelder figuren nedenfor. Anta FIFO (først inn, først ut). Hva er køforsinkelsen (queuing delay) mellom pakke 6 sin ankomst (arrival) og begynnelsen av sporet (slot) der den sendes?

- a) 0
- b) 1
- c) 2
- d) 3
- e) 4



#### Q1.4 Datalinkaget, trådløse og mobile nettverk (kapittel 6 og 7)

Q1.4.1 Det er \_\_\_\_\_ sin jobb å oversette mellom IP-adresser og MAC (Medium Access Control) adresser.

- a) ARP (Address Resolution Protocol)
- b) DNS (Domain Name System)
- c) NAT (Network Address Translator)
- d) FTP (File Transfer Protocol)
- e) ICMP (Internet Control Message Protocol)

Q1.4.2 Hvilke av de følgende alternativene viser riktig(e) implementasjoner av en to-dimensjonalt lik paritets ordning (two-dimensional even parity scheme)?

1	0	0	1	0
0	1	1	0	1
0	0	1	0	0
1	1	1	0	0
1	1	0	0	1

a)

1	0	0	0	0
0	1	1	0	1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0

b)

1	0	0	1	1
0	1	1	1	1
0	0	1	0	0
1	1	1	0	0
1	1	0	1	0

c)

1	0	0	0	1
0	1	1	0	0
0	0	1	0	1
1	1	1	0	1
0	0	1	0	1

d)

1	0	0	1	1
0	1	0	0	0
0	0	1	0	1
1	1	1	0	0
1	0	0	0	1

e)

1	0	0	1	1
0	1	1	0	1
0	0	0	0	0
1	1	1	0	0
1	1	0	0	0

f)

1	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	0	0
1	1	1	0	0
1	1	0	0	0

g)

1	0	0	1	0
0	1	0	0	1
0	0	1	0	1
1	1	1	0	1
0	0	0	1	1

h)

Q1.4.3 Hvilke(t) av de følgende utsagnene om det trådløse fysiske nettverkslaget (physical layer) sine karakteristikk er korrekt?

- a) For et gitt modulasjonsskjema, jo høyere SNR (signal-til-støy-forhold), jo lavere er BER (bitfeilfrekvens).
- b) For et gitt modulasjonsskjema, jo høyere SNR, jo høyere BER.
- c) For en gitt SNR har en modulasjonsteknikk (modulation technique) med høyere bitoverføringshastighet en høyere BER.
- d) For en gitt SNR har en modulasjonsteknikk (modulation technique) med høyere bitoverføringshastighet en lavere BER.
- e) Adaptiv modulerings (adaptive modulation) og koding (coding) brukes i WiFi-, 4G- og 5G-nettverk.

Q1.4.4 Hvilke(t) av de følgende elementene er en del av (inkludert valgfrie deler) 802.11 MAC for trådløst LAN?

- a) Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)
- b) Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)
- c) Acknowledgement (ACK)
- d) Request to Send / Clear to Send (RTS/CTS)
- e) Distributed Inter-frame Space (DIFS)

Q1.4.5 Hvilke(t) av de følgende utsagnene om 4G og 5G mobile nettverk er korrekt?

- a) 5G gir høyere toppbitrate (peak bit rate) enn 4G.
- b) De fysiske lagaspektene til 5G er compatible med 4G.
- c) Både 5G og 4G støtter mobilitet (mobility).
- d) Både 4G- og 5G-kjernenettverk er designet for fullstendig kontroll og separasjon av brukerplan (user plane).
- e) Ingen av de ovennevnte.

## Q1.5 Sikkerhet og multimedietnettverk (Kapittel 8, and Kapittel 9 – 7. utgave)

Q1.5.1 Hvilke av de følgende egenskapene er ønskede egenskaper ved sikker kommunikasjon?

- a) Konfidensialitet (confidentiality)
- b) Meldingsintegritet (Message integrity)
- c) Sluttpunktautentisering (End-point authentication)
- d) Driftssikkerhet (Operational security)
- e) Asymmetrisk kryptografi (Public key cryptography)

Q1.5.2 Hva er det minste antall **hemmelige (secret)** nøkler som trengs i en gruppe på 10 mennesker slik at hvert gruppemedlem kan kommunisere konfidensielt med hver enkelt av de andre gruppemedlemmene ved bruk av symmetrisk kryptografi?

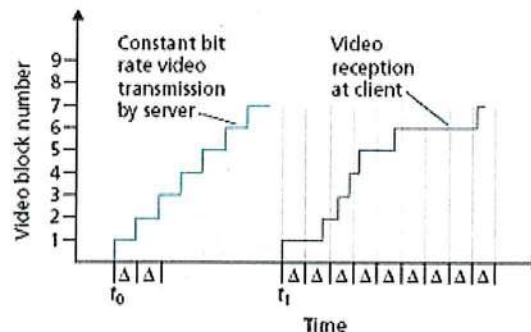
- a) 10
- b) 15
- c) 45
- d) 90
- e) 100

Q1.5.3 Hvilke(t) av de følgende påstandene om meldingsintegritet (message integrity) er korrekt(e)?

- a) Meldingsintegritet er egenskapen at identiteten til avsenderen kan bekreftes å være den eller hva de hevder å være.
- b) Meldingsintegritet er egenskapen at mottakeren kan oppdage om meldingen som ble sendt ble endret under overføring.
- c) Både kontrollsummering (checksumming) og hashing-teknikker kan brukes.
- d) Som regel gir en hash en bedre meldingsintegritetssjekk enn en sjekksum.
- e) For å sikre meldingsintegritet, må transportlagsprotokollen (transport layer protocol) som brukes til å kommunisere meldingen være TCP.

Q1.5.4 Figuren nedenfor illustrerer videooverføring fra en server til en client. Serveren sender den første videoblokken ved  $t_0$ , den andre blokken ved  $t_0 + \Delta$ , den tredje blokken ved  $t_0 + 2\Delta$ , og så videre. Når klienten begynner å spille videoen, skal hver blokk spilles  $\Delta$  tidsenheter etter forrige blokk. Anta at klienten begynner å spille videoen ved  $t_1 + \Delta$ . Blant de første 7 videoblokkene, hvilke av dem (inkludert den første blokken) vil ha ankommet klienten i tide før de spilles?

- a) Ingen
- b) Blokk 1, Blokk 4, Blokk 5, Blokk 6
- c) Blokk 1, Blokk 2, Blokk 3, Blokk 4, Blokk 5
- d) Blokk 1, Blokk 2, Blokk 3, Blokk 4, Blokk 5, Blokk 6
- e) Alle 7 blokker



Q1.5.5 I videostreamingapplikasjoner er HTTP-streaming mer populær enn UDP-streaming. De viktigste årsakene til dette inkluderer:

- a) UDP er forbindelsesløs (connectionless).
- b) UDP er upålitelig (unreliable).
- c) UDP-streaming bruker applikasjonsbuffering (application buffering) på klientsiden, noe som forårsaker forsinkelser.
- d) Mange brannmurer er ofte konfigurert til å blokkere mesteparten av UDP-trafikken, men til å tillate mesteparten av HTTP-trafikken.
- e) Ingen av de ovennevnte.



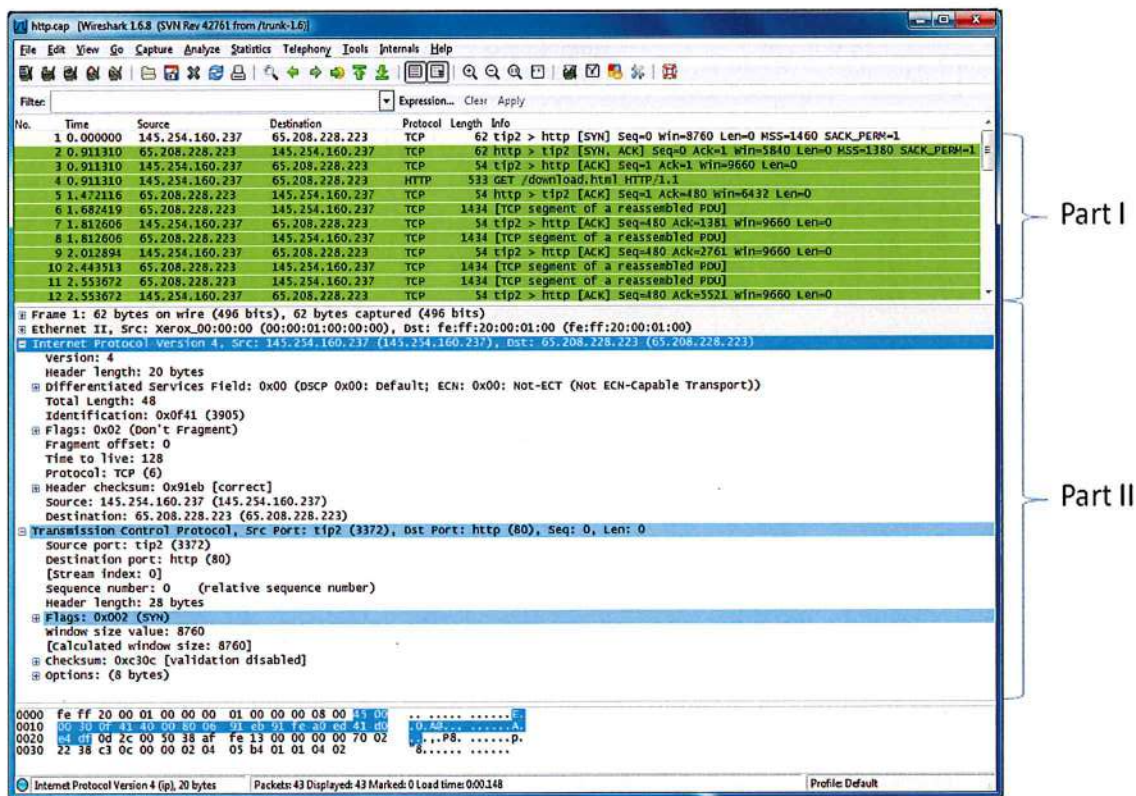
## Q2: Flytkontroll (flow control) vs. Overbelastningskontroll (congestion control). (8 poeng)

Q2.1 Forklar kort tre forskjeller mellom flytkontroll og overbelastningskontroll, i hvilken kontekst de er definert ved, hvor/når de er brukt, osv.

Q2.2 Foruten transportlaget, hvilket av følgende: det fysiske laget, datalinklaget og nettverkslaget har lignende konsept(er)? Forklar kort.

## Q3. Wireshark (15 poeng)

Se for deg at en vert (host) laster ned en nettside fra en server. Figuren under viser pakkene som fanges opp av Wireshark som tilsvarer denne handlingen, sendt og mottatt av verten. Figuren består av Part I og Part II. Part I er vinduet som inneholder pakkeoppføringen. Part II inneholder pakke-headere, og i figuren er det pakke-headerene til Pakke 1 fanget opp av Wireshark (første linje i Part I) som er vist.



Q3.1 Hva er IP-adressen til verten? Hva er IP-adressen til serveren?

Q3.2 Hvor mange bytes er i IP-headeren? Hvor mange bytes er i nyttelasten (payload) til IP-datagrammet? Forklar hvordan du kommer frem til antall bytes i nyttelasten (payload).

Q3.3 Hva er sekvensnummeret til TCP SYN-segmentet som brukes til å starte TCP-forbindelsen mellom verten og serveren? Hva er det i segmentet som identifiserer segmentet som et SYN-segment? Hvilket TCP-portnummer til verten brukes for TCP-tilkoblingen, og hvilket TCP-portnummer til serveren brukes for TCP-tilkoblingen?

Q3.4 Hva er sekvensnummeret til SYNACK-segmentet sendt av serveren til verten som svar på SYN?

Q3.5 Hvor mange byte med data bæres av TCP-segmentet til "Pakke 6", altså den 6. pakken (linje 6, Part I), som er fanget opp av Wireshark? Forklar hvordan du kom frem til dette tallet.

#### Q4. VidereSending og Ruting (11 poeng)

Anta at en ruter i nettverket har følgende CIDR-oppføringer (Classless Inter-Domain Routing) i rute/videreSendingstabellen:

Address/mask	Next hop
135.46.128.0/22	Interface 0
135.46.0.0/22	Interface 1
192.53.40.0/23	Interface 2
192.128.0.0/13	Interface 3
Default	Interface 4

Q4.1 En innkommende pakke med IP-adresse **135.46.129.10**, vil bli videreSendt av ruterens til:

- f) Interface 0
- g) Interface 1
- h) Interface 2
- i) Interface 3
- j) Interface 4

Q4.2 En innkommende pakke med IP-adresse **135.46.0.1**, vil bli videreSendt av ruterens til:

- f) Interface 0
- g) Interface 1
- h) Interface 2
- i) Interface 3
- j) Interface 4

Q4.3 En innkommende pakke med IP-adresse **135.46.140.10**, vil bli videreSendt av ruterens til:

- f) Interface 0
- g) Interface 1
- h) Interface 2
- i) Interface 3
- j) Interface 4

Q4.4 En innkommende pakke med IP-adresse **192.53.41.7**, vil bli videreSendt av ruterens til:

- f) Interface 0
- g) Interface 1
- h) Interface 2
- i) Interface 3
- j) Interface 4

Q4.5 En innkommende pakke med IP-adresse **129.241.200.11** vil bli videresendt av ruterer til:

- f) *Interface 0*
- g) *Interface 1*
- h) *Interface 2*
- i) *Interface 3*
- j) *Interface 4*

Q4.6 Nevn 3 forskjeller mellom videresending (forwarding) og ruting (routing).

## Q5. HTTP Ytelse(11 poeng)

Anta at du i nettleseren din klikker på en lenke for å få tak i en webside. Anta at nettsiden som skal lastes ned er 200 kbit stor, og inneholder 5 (embedded) bilder (med filnavn img01.jpg, img02.jpg, ..., img5.jpg). Hvert bilde er 200 kbit stort. Nettsiden og de 5 bildene lagres på samme server, serveren har en 300 msek rundturstid (RTT) fra nettleseren din. Anta at nettverkskoblingen mellom nettleseren og webserveren kan abstraheres som en 100 Mbps-kobling. Anta at tiden det tar å overføre en GET-melding til koblingen er ubetydelig, men du bør ta hensyn til tiden det tar å overføre basisfilen og bildeelementene til "lenken". Server-til-klient "lenken" har en 150 msek enveis propagasjonsforsinkelse (propagation delay), og en transmisjonsforsinkelse (transmission delay) knyttet til seg. Svar på følgende spørsmål: (Sørg for å ta hensyn til den ene RTT-tiden som trengs for å sette opp en TCP-tilkobling i svaret ditt).

Q5.1 Forutsatt ikke-vedvarende (non-persistent) HTTP (og forutsatt at ingen parallelle forbindelser (parallel connections) er åpne mellom nettleseren og serveren), vis hvor lang responstiden minst er - altså tiden fra brukeren ber om URL-en til tidspunktet da siden og dens innebygde bilder vises.

Q5.2 Igjen, anta ikke-vedvarende (non-persistent) HTTP, men anta nå at nettleseren kan åpne så mange parallelle TCP-tilkoblinger til serveren den vil. Vis hvor lang responstiden minst er.

Q5.3 Anta nå vedvarende (persistent) HTTP (uten pipelining av GET-forespørlene). Vis hvor lang responstiden minst er.

## Q6 Brannmur(5 poeng)

Q6.1 En brannmur har tre formål. Hva er de?

Q6.2 Forklar kort forskjellen mellom disse to brannmurkategoriene: tradisjonelle (tilstandsløse/stateless) pakkefiltre og tilstandsfulle (stateful) pakkefiltre.



