



# Høgskolen i Østfold

## Løsningsforslag EKSAMEN

|   |   |
|---|---|
| Emnekode:<br><b>ITF20205</b>  | Emne:<br><b>Datakommunikasjon</b>                 |
| Dato: <b>30. Nov 2016</b>   | Eksamenstid: kl. <b>9:00</b> til kl. <b>13:00</b> |
| Hjelpemidler: <ul style="list-style-type: none"><li>• 4 sider (A4) (2 ark) med egne notater.</li><li>• Kalkulator.</li><li>• Gruppebesvarelse, som blir delt ut til de som har levert innen tidsfristen</li></ul>   | Faglærer:<br><br>Erling Strand                    |
| Eksamensoppgaven:<br>Oppgavesettet består av totalt 7 sider, hvorav 1 førsteside, 3 sider med oppgaver, og 3 sider med vedlegg. Kontroller at oppgaven er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.<br><br><i>Oppgavesettet består av 3 oppgaver. Alle spørsmålene teller likt. Alle svar må begrunnes.</i> |   |
| Sensurdato: 2. Januar 2017<br>Karakterene er tilgjengelige for studenter på studentweb senest dagen etter oppgitt sensurfrist. Følg instruksjoner gitt på:<br><a href="http://www.hiof.no/index.php?ID=7027">http://www.hiof.no/index.php?ID=7027</a>   |   |

**Alle svar må begrunnes**

## Oppgave 1

- a) *Anta at du har denne IPv6 adressen: 2607:F6D0:0000:005A:0000:0000:0000:07C0  
Skriv den IPv6 adressen på en kortere form.*

**2607:F6D0:0:5A::7C0**

- b) *I IPv6 er det innført en ny adressetype, som ikke finnes i IPv4: «Anycast adresse». Hvordan virker den adressetypen? Forklar hvor (i hvilke setninger) det er aktuelt å bruke en slik adressetype.*

En pakke med en anycast adresse går til en maskin i en gruppe med maskiner. Det er «den første ledige» i gruppen som tar imot og behandler pakken. Anycast adresse kan brukes der det er (for) mye trafikk til et nettsted, slik at datatrafikken må deles over flere maskiner. Der hvor en maskin ikke vil klare å behandle all trafikk.

- c) *Hvordan løser IPv4 et slikt behov, som IPv6 har løst vha anycast adresse?*

I IPv4 løses behovet av flere maskiner, for å ta unna trafikk, ved at en DNS tjener gir ut forskjellige IPv4 adresser til de host som spør. Alle de maskinene som kan ta imot og behandle en pakke, har hvert sitt IPv4 nummer. I en DNS tjener ligger alle disse IPv4 adressene, og DNS gir ut neste IPv4 adresse til neste som spør.

- d) *En host på et LAN på internet, bør ha tilgang på en DNS server. Hvorfor bør en host ha en slik tilgang. Hvordan kan en bruker på en host komme i kontakt med andre host, hvis den ikke har en tilgang til en DNS server? Forklar også noe om hva slags info som finnes i en DNS server.*

En bruker på en host vil lettere huske et domenenavn enn en IP adresse. Dessuten kan et domenenavn flyttes til en annen maskin, med en annen IP adresse. Når en bruker på en host skal kommunisere med en annen host, brukes derfor domenenavnet på host'en. IP adressen til denne hosten, fås av en DNS server.

Hvis ingen DNS server er tilgjengelig, må det brukes IP adressen til den host det skal kommuniseres med.

I en DNS server finnes opplysninger om et domenenavn. Den viktigste info er IP nummeret til et domenenavn. Du kan også finne eventuelle alias-navn,

e) Anta at du får følgende info etter en ping kommando:

Pinging sydney.edu.au [129.78.5.8] with 32 bytes of data:

Reply from 129.78.5.8: bytes=32 time=330ms TTL=238

Reply from 129.78.5.8: bytes=32 time=330ms TTL=238

Reply from 129.78.5.8: bytes=32 time=330ms TTL=238

Reply from 129.78.5.8: bytes=32 time=330ms TTL=238

Ping statistics for 129.78.5.8:

Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 330ms, Maximum = 330ms, Average = 330ms

1) *Hvor mange routere går datapakker til sydney.edu.au innom?*

En host sender ut en IP pakke med TTL verdien (maks) 255. Mindre startverdier kan også brukes. I denne ping brukes start-verdien 255, og deretter minsker den verdien med en for hver router. (kommentar: Det finnes også en annen info på nettet om at TTL verdien blir sendt ut med verdien 0 og blir 255 i første router. – Hvis studenten går ut fra det, vil det også bli regnet for å være korrekt. Det primære er å vite at den minker med en i hver router)

Med start på 255, blir den 254 etter en router. Slik fortsetter det til verdien er blitt 239. Det skulle bli  $255-239=16$  routere. Alternativt blir det 17 routere hvis man bruker opplysningen om at verdien sendes ut med 0, og blir 255 etter første router

2) *Anta at datahastigheten (den «fysiske») du har til sydney.edu.au er på 1,0 Mbit/s. (Altså  $1,0 \cdot 10^6$  bit/s =  $1000 \cdot 10^3$  bit/s). Du skal bruke idle RQ overføring, med en pakkestørrelse på 1522 Byte. Hvor stor er effektiviteten på overføringen?*

Effektiviteten U kan regnes ut ved å bruke formelen:

$$U = \frac{L/R}{RTT + L/R} = \frac{(1522 \cdot 8)/1,0 \cdot 10^6}{330 \cdot 10^{-3} + (1522 \cdot 8)/1,0 \cdot 10^6} = \frac{12176 \cdot 10^{-6}}{330 \cdot 10^{-3} + 12 \cdot 10^{-3}} = \frac{12}{342} = \underline{\underline{0,035}}$$

L er pakkelenngen i bit, og R er datahastigheten. RTT er round trip time.

3) *Hva blir den effektive datahastigheten på overføringen, - altså den hastigheten du som bruker opplever?*

Den effektive hastigheten blir  $U \cdot R = 0,035 \cdot 1,0 \cdot 10^6$  [bit/s] =  $35 \cdot 10^3$  [bit/s] = 35 [Kbit/s]

- f) I hodet på både UDP og TCP er det noe som heter destination portnummer og source portnummer. Hva er dette, og hva brukes de til?

Både UDP og TCP er protokoller på lag 4. Portnummer er «døren», eller «adressen» inn til eller ut av en applikasjon på lag5. Destination portnummer sier hvilken applikasjon som skal ha datapakke som sendes. Hver applikasjon har et definert portnummer, som er unik for hver applikasjon. Source portnummer er det portnummeret som sender applikasjonen ønsker svaret tilbake på. Dette er et fritt valgt portnummer, som applikasjonen velger blant de frie portnumrene.

## Oppgave 2

- a) I internet, som bruke IPv4, er det ofte bruk for NAT. Det er en funksjon som ofte finnes i routere og i firewall maskiner. Hvorfor er det behov for NAT, og hvordan virker NAT?

Network Address Translator (NAT) brukes for å oversette IP-adresser mellom forskjellige nettverk. Den kan være implementert i en ruter eller firewall maskin, som gjør det mulig å ha mange PC'er med hver sin «private» IP-adresse på den ene siden, og kun en IP-adresse på den siden som er ut mot Internet. På den måten kan man ha mange host på et LAN, med hver sin «private» IP adresse. Alle PC'ene på dette LAN kan være på Internet samtidig, mens Internet ser bare en IP adresse fra alle sammen. Det er NAT som oversetter adressene fra hjemme nettverket (LAN) til Internet.

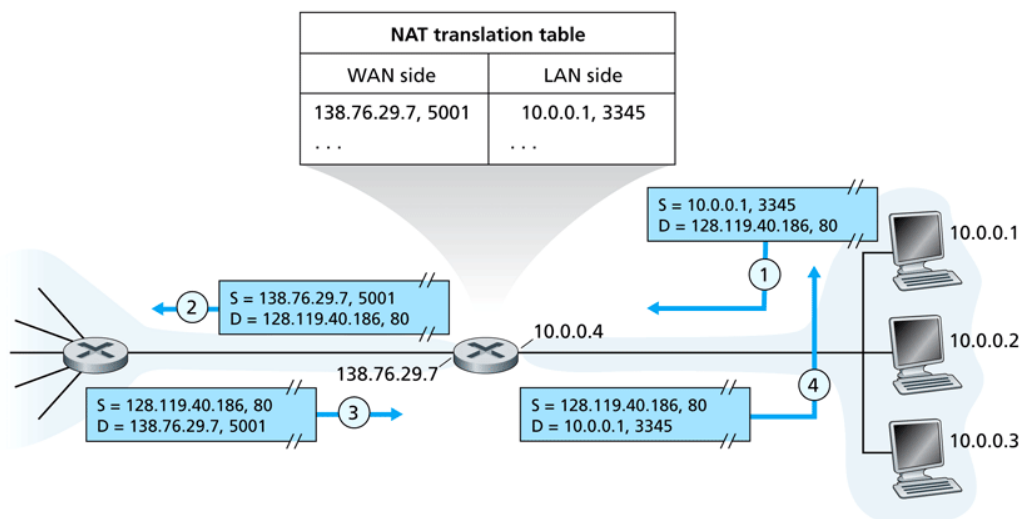


Figure 4.22 ♦ Network address translation

Virkemåten:

Hvis for eksempel en PC som er på hjemme nettverket sender en forespørsel om en web-side ut på nettet, vil forespørselen gå først til enheten som har NAT, som sitter imellom hjemmenettet og Internet. NAT-enheten bytter ut PC'ens «private» IP adresse med adressen som er på Internetsiden. Pakka får også et nytt fra-portnummer. NAT-enheten lagrer alt i en NAT tabell, IP-adressen og portnummeret fra PC'en, og portnummeret på sendingen ut. Når websiden kommer inn fra Internet, ser NAT hvor den skal sendes på hjemmenettet ved å se i NAT-tabellen. Bla. ser den på postnummeret som kommer inn, og hvilken portnummer den pakka skal ha når den går inn på hjemmenettet, og hvilken IP-nummer den skal til..

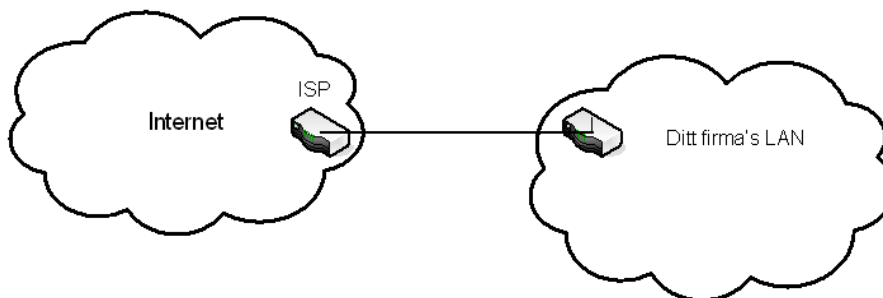
Den bytter altså også ut IP-adressen på den innkomne pakka til IP adressen til PC'en på hjemmenettet.

«Private» IP adresser er adresser som ikke synes ut på internett. De er kun bakenfor en NAT.

- b) *En host på et LAN, f.eks en PC, router eller lignende, må kjenne til gateway adressen. Hva er en gateway adresse?*

Gateway adressen er adressen ut til Internet. Det er den adressen en host skal sende pakken til, hvis den ikke finner adressen på LAN.

*Anta at du har startet et firma, og har fått et gitt antall IP adresser fra en ISP. I dette datanettet skal alle host være direkte tilknyttet Internet, via en ruter. Av en internet-leverandør (ISP) får du nettadressen, med maske: 157.16.08.128/25.*



- c) *Hvor mange host kan du ha på dette nett? Routeren er en av disse.*

Antall host er gitt av antall bit i hostdelen av adressen. Antall bit i hostdelen er  $32-25=7$

Antall host blir da  $2^7-2=126$

Vi måtte treffe fra 2 fordi nettadressen (bare 0 i hostdelen) og broadcastdelen (bare 1 i hostdelen) er ikke lov å gi til en host.

d) *Hva blir broadcast-adressen på dette nett?*

Broadcastadressen har bare 1'ere i hostdelen av adressen. Hvis vi ser på siste byte:  
128 = 10000000 De 7 siste bit er hostdelen. Hvis de settes til 1'ere, får vi:  
11111111 = 255. Broadcastadressen blir da 157.16.08.255

*Nå skal ditt firma deles i seks avdelinger. I begynnelsen ligger alle de seks avdelingene i samme bygning/hus. Du synes det er best å la disse avdelingene få hvert sitt datanett, som skal være like store. Du må da dele ditt datanett i 6 like store subnett. Bedriften ønsker ikke å bruke «subnet zero» eller «all 1 subnet» i noen av sine subnett.*

e) *Hva blir nettadressene til disse seks subnett, og hva blir nettmasken?*

Vi ser på siste byte, da det er den vi må ta subnet-bit fra:

10000000 -> 157.16.08.128 / 28 (subnet zero skal ikke brukes)  
10010000 -> 157.16.08.144 / 28  
10100000 -> 157.16.08.160 / 28  
10110000 -> 157.16.08.176 / 28  
11000000 -> 157.16.08.192 / 28  
11010000 -> 157.16.08.208 / 28  
11100000 -> 157.16.08.224 / 28  
11110000 -> 157.16.08.240 / 28 (all 1 subnet skal ikke brukes)

f) *Hvor mange host kan det være på hvert av disse subnett?*

Antall host er gitt av antall bit i hostdelen av adressen. Antall bit i hostdelen er  $32-28=4$

Antall host blir da  $2^4-2=\underline{14}$

g) *Hva blir laveste og høyeste IP-adresse på en host på et av disse subnett? (Du velger selv hvilket subnett du ønsker å angi det på)*

Den laveste IP adressen på en host er en over nettadresse. Den høyeste IP adressen på en host er en under broadcastadressen. Jeg ser på det første subnett:

10010000 -> 157.16.08.144 / 28 -> Som er nettadressen til det første subnett  
10010001 -> 157.16.08.145 -> Den laveste IP adressen til en host på dette subnett  
10011110 -> 157.16.08.158 -> Den høyeste IP adressen til en host på dette subnett

h) *Nå skal to av disse subnett flyttes til to andre byer. Du må da sette opp en punkt-til-punkt forbindelse til hvert av disse to subnett. Hvilket subnettnummer og maske, vil du gi disse to punkt-til-punkt forbindelsene?*

Punkt-til-punkt forbindelse lages av ytterkant av nummerområdet. Tar et nett fra 00-siden og et fra 11-siden:

**10001**00 -> 157.16.08.132 / 30

**11111**00 -> 157.16.08.248 / 30

- i) *Nå skal bedriften bruke mest mulige av de resterende IP adressene til nye nett. Bedriften ønsker å lage størst mulige nett av disse adressene. Du skal altså bruke av de IP-adressene som er ledige etter de tidligere subnettingene, til å lage disse nett. Hva blir nettadressene og nettmasken til disse nett? Skriv nettmasken på begge måter det er mulig å angi en nettmasker på.*

Vi har ledige adresser på 00-siden:

mellom **10001**111

og fram til **1001**0000

Vi kan her lage et nett **10001**000 -> 157.16.08.136 / 29

Med 29 1'ere i masken, kan den også skrives 255.255.255.248

Vi har også ledige adresser på 11-siden:

mellom **1110**1111

og fram til **11111**000

Vi kan her lage et nett **11110**000 -> 157.16.08.240 / 29

Med 29 1'ere i masken, kan den også skrives 255.255.255.248

### Oppgave 3

- a) *Anta at du har et stort LAN som du ønsker å dele opp i flere VLAN. Forklar litt om hva et VLAN er, og hvordan det virker. Forklar også hva du oppnår med å dele i VLAN?*

Virtual LAN (VLAN) er et LAN i et LAN. De som er med i dette VLAN kommer ikke inn på andre VLAN, uten at de blir gitt tillatelse til det. For dem vil det virke som det andre VLAN'et er et annet LAN. VLAN defineres på lag 2

- b) *Anta at du har et ZigBee nett. Beskriv hvordan det er bygd opp, og virkemåten.*

ZigBee bruker tre forskjellige noder: ZC (coordinator), ZR(router) og ZED(end device). I et nett finnes det kun en ZC. En ZR kan virke som en ruter som sender trafikken videre i nettverket, i tillegg til at den kan være en aktiv node. ZR kan også bli en ZC. ZED er den enkleste enhet, som kun kan sende eller motta data. Den kan ikke rute trafikk videre. ZC kalles også PAN coordinator. ZR kalles FFD (Full Function Device) og ZED kalles RFD (Reduced Function Device).

Det kan være forskjellige typer nettverkstypologier, - mesh, star, cluster.  
I figuren om topologier er mørk blå en ZC, rød er en ZR og lys blå er en ZED



Enhver node har 64 bit adresse, som er unik for den noden. Ingen andre noder har den adressen. Det finnes også en kort adresse, som er på 16 bit, og som brukes i et nettverk. Så et ZigBee nettverk kan da ha litt over 65000 aktive noder.

ZigBee bruker 16 kanaler i 2,4 GHz båndet. I tillegg brukes det i USA, og noen andre land, 10 kanaler i 915 MHz båndet. I Europa brukes det 1 kanal i 868 MHz båndet, i tillegg til kanalene i 2,4 GHz båndet.

- c) *WiFi: Forklar forskjellene på et ad-hoc nett og et nett med infrastruktur? Forklar også hvordan begge disse kan fungere i samme fysiske område uten å forstyrre hverandre.*

I et ad-hoc nett vil alle host kunne ta initiativ til å sende til en annen host på ad-hoc nettet. I et nett med infrastruktur er det et aksesspunkt (AP) som styrer all kommunikasjon. En host kan ikke sende før et AP spør den om den har noe å sende.

Både ad-hoc og infrastruktur kan fungere samtidig. Det er aksessmetoden som styrer dette. I WiFi brukes to forskjellige system når det gjelder aksess. Det er PCF (Point Coordination Function) og DCF (Distributed Coordination Function), I PCF er det en basestasjon som spør hver enkel host om den har noe å sende, altså nett med infrastruktur. Ingen host kan aksessere mediet uten å ha blitt spurt av basestasjonen (AP).

I DCF kan hvilken som helst host i nettet ta initiativ til å sende, altså et ad-hoc nett. Da brukes CSMA/CA aksess.

**Carrier Sense Multiple Access med Collision Avoidance** virker slik: En stasjon som ønsker å sende, må først lytte, for å høre om det er noen aktivitet på kanalen. Hvis det er aktivitet, må den vente. Så fort aktiviteten er over, må den vente ytterligere DIFS tid før den starter sending. Hvis noen andre da har begynt å sende, må den fortsette å vente.

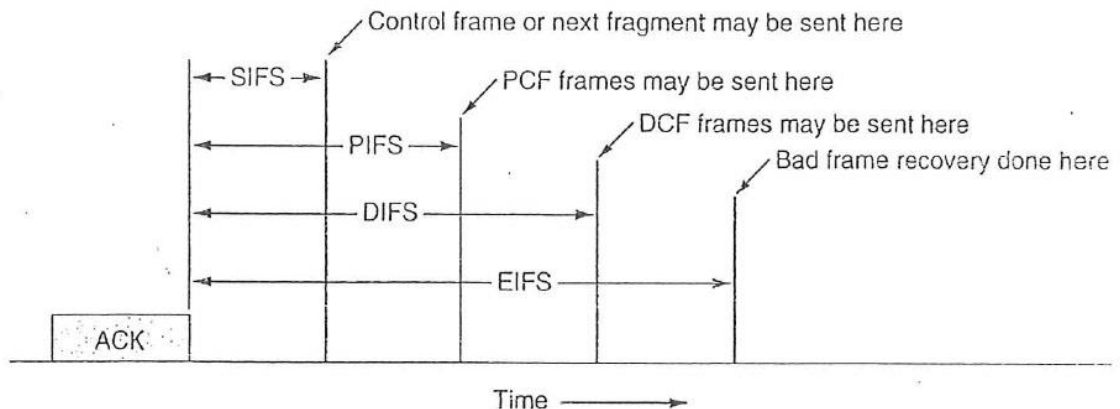
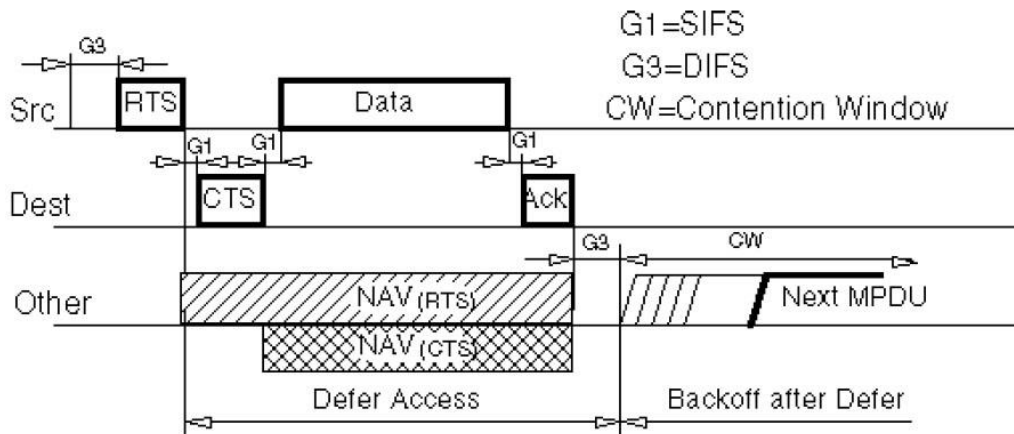
Når pakken er sent, venter den på ACK pakke fra mottager. Hvis den ikke kommer innen en viss tid, sender den pakken på nytt. Dette kan gjentas et visst antall ganger.

CSMA/CA kan også bruke RTS og CTS. Stasjonen som skal sende, sender da først en RTS pakke, hvor det er info om hvor lang tid sendingen vil pågå. Det er for at andre stasjoner ikke skal sende i denne perioden. Den mottagende stasjon svarer på RTS med en CTS pakke, med samme info om tid på sendingen. De stasjonene som



kun hører mottager, vil dermed også ikke sende i den perioden. Når sende stasjonen har mottatt CTS, sende den datapakka

Nå skal DCF og PCF kunne virke samtidig i et nett. Det løses ved å innføre bestemte tidsintervall, med forskjellig lengde.. En pågående kommunikasjon gjør seg ferdig. Neste pakke i kommunikasjonen venter den korteste intervalltiden; SIFS, før neste pakke sendes. Når kommunikasjonen er ferdig, kan neste begynne å kommunisere. Da har PCF fortrinn. PCF kan starte sending etter tiden PIFS, som er litt lenger enn SIFS. Når den kommunikasjonen er ferdig, kan neste DCF kommunikasjon starte. De må vente DIFS tid, som er litt lenger enn PIFS tiden.



- d) Du skal dimensjonere et fiberoptisk anlegg, med bruk av SM fiber. Se databladd i vedlegg. Senderen har en innkoblet effekt i fiberen på + 5,0 dBm. Lyskilden (laseren) har en bølgelengde på 1310 nm, og spektral båndbredde på 1,5 nm. Det er ingen skjøter, og ingen kontakter. Du kan regne med innkoblingstap ved mottageren på 1,0 dB. Hva blir maksimal fiberstrekning når mottageren har en følsomhet på - 45,0 dBm, og det skal sendes data med en (ukodet) bithastighet på 10 Gbit/s ( $10 \cdot 10^9$  bit/s)?

## 1) Effektberegning

$P_{\text{system}}$  er fra 3,0 til 7,0 dB

$$P_0 - P_{\text{fiber}} - P_{\text{innk}} - P_{\text{system}} = P_m$$

Med  $P_{\text{system}} = 3,0$  dB:

$$+5,0 \text{ [dBm]} - x \text{ [km]} \cdot 0,35 \text{ [dB/km]} - 1,0 \text{ [dB]} - 3,0 \text{ [dB]} = -45,0 \text{ [dBm]}$$

$$x \cdot 0,35 = 45,0 + 5,0 - 1,0 - 3,0 = 46,0$$

$$x = 46,0 / 0,35 = \underline{131 \text{ km}}$$

Med  $P_{\text{system}} = 7,0$  dB

$$x \cdot 0,35 = 45,0 + 5,0 - 1,0 - 7,0 = 42,0$$

$$x = 42,0 / 0,35 = \underline{120 \text{ km}}$$

## 2) Båndbreddeberegning

En bithastighet på 10 Gbit/s krever en båndbredde på  $B = 5,0$  GHz

$$\text{Dispersjonen } \tau = 2,7 \text{ [ps/(nm}\cdot\text{km)]} \cdot x \text{ [km]} \cdot 1,5 \text{ [nm]} = 4,05 \cdot x \text{ [ps]}$$

$$B = 5,0 \cdot 10^9 = \frac{0,44}{4,05 \cdot x \cdot 10^{-12}}$$

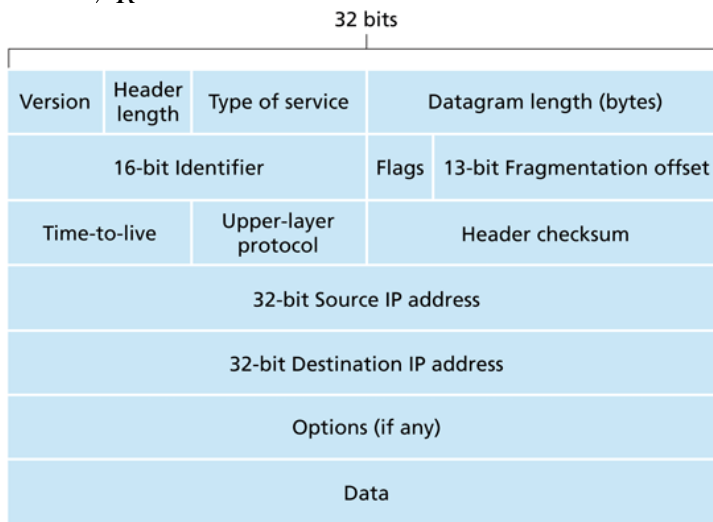
$$x = \frac{0,44}{4,05 \cdot 5,0 \cdot 10^9 \cdot 10^{-12}} = \frac{0,44}{20,25 \cdot 10^{-3}} = 21,7 \text{ km}$$

Maks kabellengde er 21,7 km, og begrenses av båndbredden.

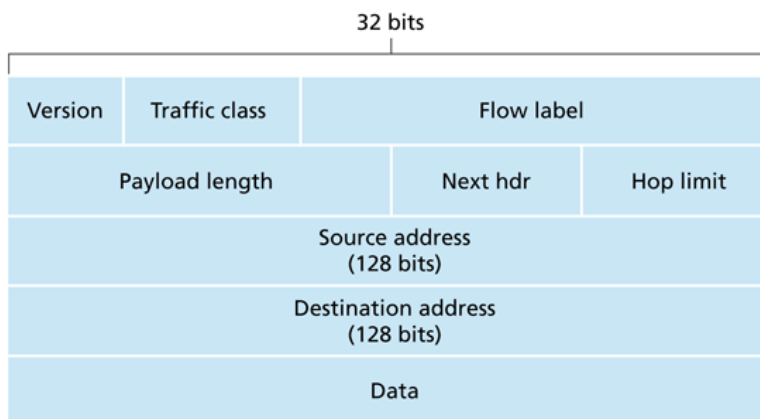
## VEDLEGG

$$B = \frac{0,44}{\tau}$$

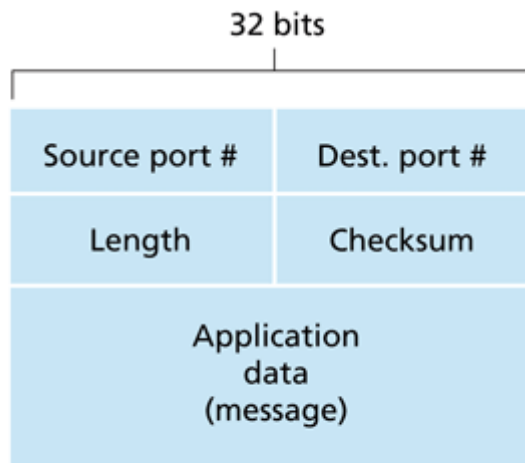
$$U = \frac{L/R}{RTT + L/R}$$



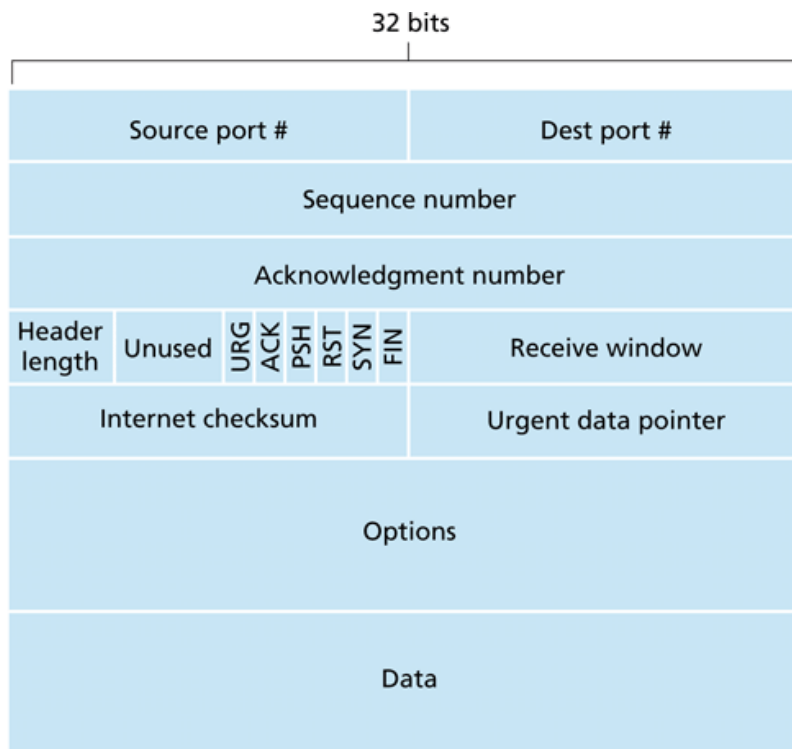
**Figure 4.13** ♦ IPv4 datagram format



**Figure 4.24** ♦ IPv6 datagram format



**Figure 3.7** ♦ UDP segment structure



**Figure 3.29** ♦ TCP segment structure

# Alcatel 6900 Singlemode Fiber

## OPTICAL SPECIFICATIONS

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| Attenuation (cabled)   |                                |
| Attenuation @ 1310nm   | ≤ 0.35 dB/km                   |
| Attenuation @ 1550nm   | ≤ 0.25 dB/km                   |
| Attenuation at 1383nm  | ≤ 1.5 dB/km                    |
| Attenuation Uniformity (cabled)                                  |                                |
| No point discontinuity greater than 0.1 dB at 1310nm and 1550nm. |                                |
| Wavelength vs. Attenuation                                       |                                |
| Maximum attenuation change over the window.                      |                                |
| Wavelength (nm)  | Attenuation (dB/km)            |
| 1285-1310  | ≤ 0.035                        |
| 1310-1330  | ≤ 0.03                         |
| 1525-1550  | ≤ 0.03                         |
| 1575-1550  | ≤ 0.03                         |
| Attenuation with Bending   |                                |
| 100 turns, 60mm diameter @ 1550 & 1620nm:                        | ≤ 0.05 dB                      |
| 1 turn, 32mm diameter @ 1550 & 1620nm:                           | ≤ 0.5 dB                       |
| Wavelength   |                                |
| Cutoff Wavelength (cabled)                                       | ≤ 1260nm                       |
| Zero Dispersion Wavelength                                       | 1310±10nm                      |
| Dispersion Slope   |                                |
| Zero Dispersion Slope  | < 0.092 ps/nm <sup>2</sup> ·km |
| PMD (cabled)   |                                |
| PMD Quadrature Average:  | ≤ 0.1ps/√km                    |

## DIMENSIONAL SPECIFICATIONS

|   |             |
|---|-------------|
| Mode Field Diameter @ 1310nm:             | 9.0±0.5μm   |
| Mode Field Diameter @ 1550nm:             | 10.2±1.0μm  |
| Fiber Outside Diameter:                   | 125.0±1.0μm |
| Core/Cladding Offset:                     | ≤ 0.6μm     |
| Fiber Non-Circularity:                    | ≤ 1.0%      |
| Colored Coating Outside Diameter:         | 242±7μm     |
| Colored Coating/Clad Concentricity Error: | ≤ 12μm      |
| Fiber Curl (radius):                      | > 4 meters  |

Alcatel's Singlemode Fiber is fully ITU G.652, IEC 60793-1 and Telcordia GR-20-CORE compliant.

Cable specifications apply to Alcatel manufactured cables and are tested or characterized in compliance to international standards.

Alcatel reserves the right to change specifications without prior notice.

## MECHANICAL SPECIFICATIONS

### Proof Test of AFC™ ColorLock™ Coated

The entire length is subjected to a tensile proof stress >100 kpsi (0.7 GN/m<sup>2</sup>); 1% strain equivalent

### Tensile Strength

Dynamic Tensile Strength (0.5 meter gauge length):  
Aged\* & Unaged median ≥ 550 kpsi (3.8GN/m<sup>2</sup>)

### Dynamic and Static Fatigue

Dynamic Fatigue, Tensile:  $N_d \geq 20$  unaged and aged\*  
Dynamic Fatigue, 2 Point Bend:  $N_d \geq 20$  unaged and aged\*  
Static Fatigue:  $N_s \geq 20$  aged at 85°C, 85% RH

### Coating Performance

Coating Strip Force: 2.0lbf (8.9N) max, 0.3 lbf (1.3N) min.  
23°C, 0°C, and 45°C  
Aged: 30 days at 85°C and 85% relative humidity  
14 days water immersion at 23°C  
Wasp spray exposure (Telcordia)  
Aged: 30 days at 85°C water No delimitation

## ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

| Induced Attenuation@1550nm                             | (dB/km) |
|--|---------|
| Temperature Cycling Performance (-60°C to 85°C):       | ≤ 0.05  |
| Temperature Humidity Cycling (-10°C to 85°C, 4-98%RH): | ≤ 0.05  |
| Water Immersion (23°C):                                | ≤ 0.05  |
| Heat Aging (85°C):                                     | ≤ 0.05  |

## TYPICAL CHARACTERIZATION VALUES

|  |  |
|--|--|
| Nominal Zero Dispersion Wavelength:                      | 1310nm                                   |
| Nominal Zero Dispersion Slope:                           | 0.086 ps/nm <sup>2</sup> ·km             |
| Effective Group Index @ 1310nm:                          | 1.4640                                   |
| @ 1550nm:  | 1.4645                                   |
| Backscatter Coefficient @ 1310nm:                        | -76.7 dB                                 |
| Backscatter Coefficient @ 1550nm:                        | -81.7 dB                                 |
| Typical Core Diameter:                                   | 8.8μm                                    |
| Dynamic Tensile Strength (*Aged):<br>(0.5m gauge length) | median 750 kpsi (5.26GN/m <sup>2</sup> ) |
| Dynamic Fatigue (*Aged):                                 | $N_d = 22$                               |
| Static Fatigue:  | $N_s \geq 25$ aged @ 85°C, 85% RH        |
| Dispersion @ 1285-1330nm:                                | ≤ 2.7 ps/nm <sup>2</sup> ·km             |
| Dispersion @ 1550nm:                                     | ≤ 17 ps/nm <sup>2</sup> ·km              |

\*Aged for 30 days at 85°C, 85% relative humidity

For additional information visit Alcatel online or call your nearest Optical Fiber Sales Representative