



UiO • **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

IN1020 - Introduksjon til datateknologi

Forelesning – 19.10.2018

Lagdeling i Internettarkituren

Håkon Kvale Stensland & Andreas Petlund



simula



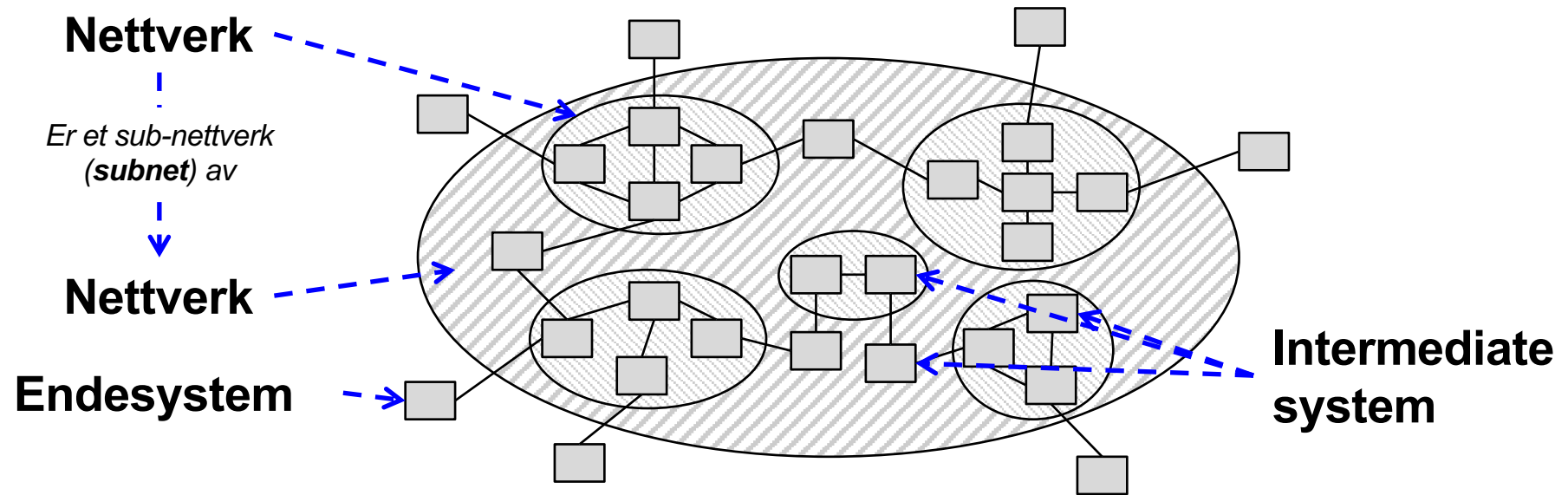
Lagdelingen i datakommunikasjon

- Hva er en nettverksprotokoll, og hvorfor trenger vi det?
- Komponenter i nettverket.
- Forskjellige typer nettverk.
- Nettverkslagskonseptet.
- Lagdelingen – TCP/IP modellen (Internettmodellen).
- Lagene i Internettmodellen.

Hva er en protokoll, og hvorfor trenger vi det?

- En protokoll definerer strukturen på beskjeder sendt over et nettverk
- Trenger i tillegg å adressere mange kompleksiteter...
 - Hvordan skal maskinvaren oppføre seg?
 - Hvordan skal beskjeden finne frem?
 - Er det noen garantier for levering?
 - Hvordan håndtere kø, tap og andre problemer?

Nettverkskomponenter



Endesystemer:

- Endesystemer finnes helt ytterst i nettverket
- For eksempler: datamaskiner, mobiltelefoner, sensorer, skrivere

Intermediate system:

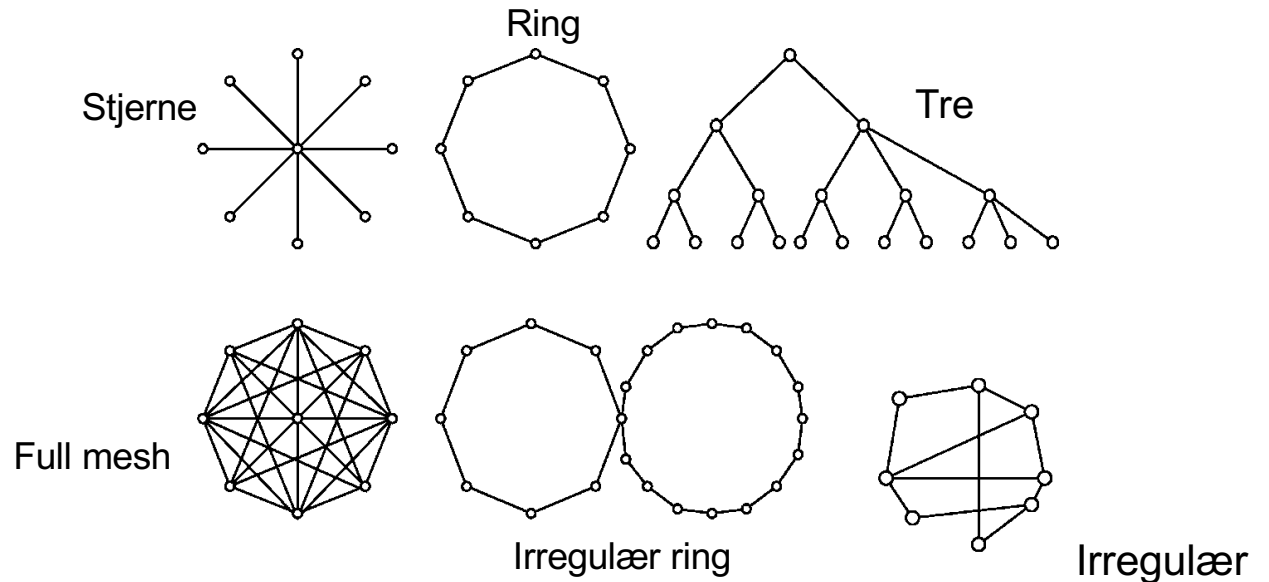
- For eksempel:
 - ruter, switch
 - gateway
 - repeater, bridge

Nettverksstrukturer

Punkt til punkt:

- Flere forskjellige kabler, kabeltyper eller radiolinker som kommuniserer fra punkt til punkt.
- Kabel eller radiolink kobler alltid sammen to noder.
- En-til-en overføring.

Topologieksempler:



Nettverksstrukturer

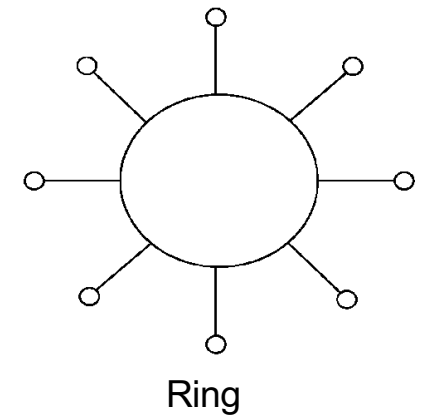
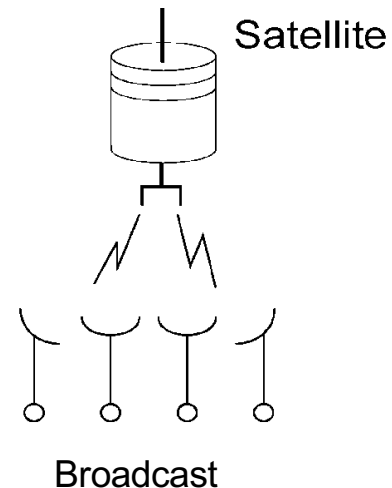
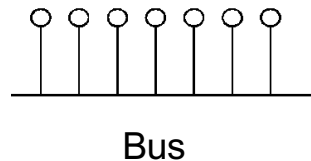
Broadcast-systemer:

- Nettverk som deler kommunikasjonsmedium.
- En sender, alle lytter (en-til-mange).

Bruk:

- *Trådløs*: Eneste mulighet (mobiltelefoner, satellitter, radio, NFC, ...)
- *Kablet*: Gamle nettverk (Coax, Token ring)

Eksempler



Nettverkstyper

Avstand mellom punktene	Lokasjon	Eksempel
0,1 m og lavere	Kretskort	Multi-core prosessorer
1 m	Systemer	NFC, BAN, PAN
10 m	Rom	LAN, SAN
100 m	Bygninger	
1 km	Campus	
10 km	Byer	MAN
100 km	Land	WAN
1.000 km	Kontinenter	
10.000 km +	Planeter	

- *NFC*: near field communication, *BAN*: body area network, *PAN*: personal area network
- *LAN*: Local Area Network: IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.11 (“WiFi”, “WLAN”), ...
- *SAN*: storage area network (iSCSI, NVMe-oF)
- *MAN*: Metropolitan Area Network: DSL, EPON, ...
- *WAN*: Wide Area Network: Frame Relay, SDH, ATM, optiske nettverk (WDM)
- Interplanetært Internett: <http://www.ipnsig.org/>

Referansemodellen for OSI (ikke pensum)

ISO Open Systems Interconnection – også kjent som OSI-modellen

- Modell for lagdelte kommunikasjonssystemer
- Grunnleggende konsepter og terminologi
- Definerer syv lag med funksjonalitet

7	Applikasjonslaget
6	Presentasjonslaget
5	Sesjonslaget
4	Transportlaget
3	Nettverkslaget
2	Linklaget
1	Fysisk lag

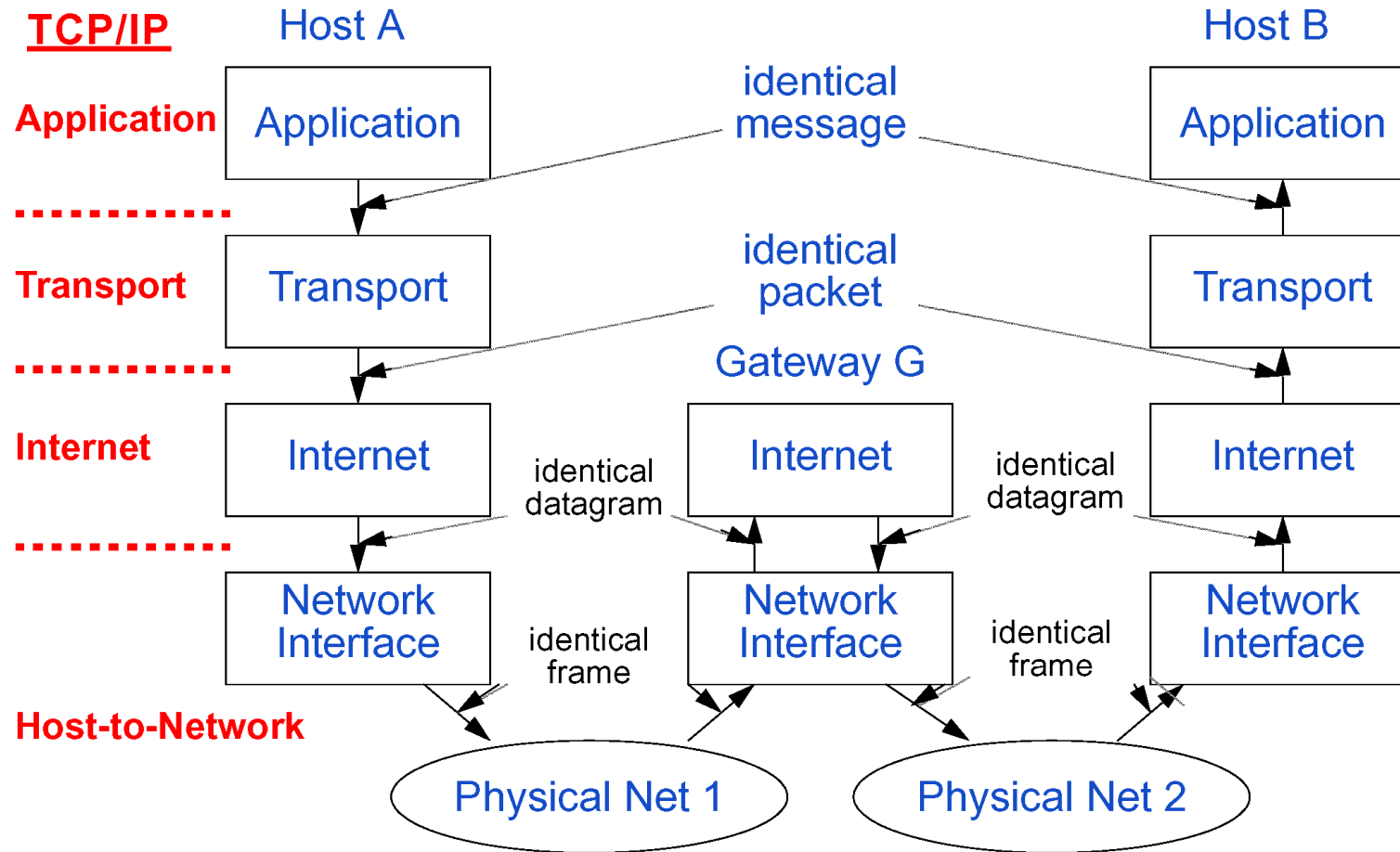
Fem-lags referansemodellen – TCP/IP modellen

4	5	Applikasjonslaget
3	4	Transportlaget
2	3	Nettverkslaget
1	1/2	Nettverksgrensesnitt

Forskjell på TCP/IP modellen og ISO-OSI

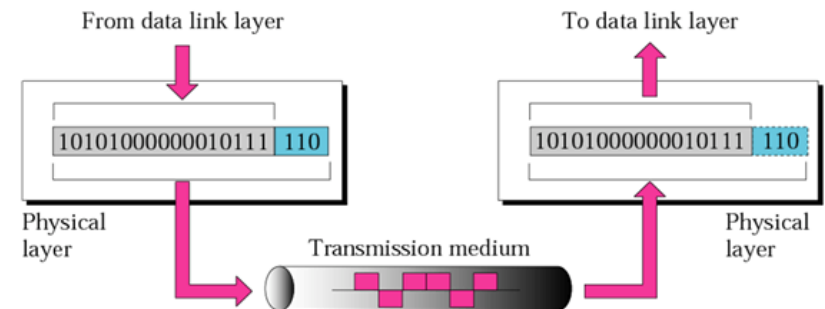
- Presentasjon, sesjon og applikasjonslagene slås sammen til ett lag.
- Litt ut i fra hvem du spør så slås også linklaget og det fysiske laget sammen til ett lag kalt nettverksgrensesnittet.

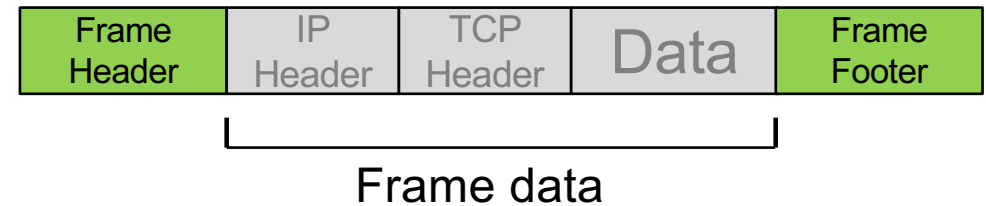
TCP/IP modellen: Internettarkitekturen



Lag 1 – Det fysiske laget

- **Signalrepresentasjonen av bits:**
- Sørger for at 1-bit også blir mottatt som 1-bit (og ikke et 0-bit):
- Mekanikk: Koblingstype, kabler/medium,..
- Elektronikk: spenning, bit-lengde,..
- Formelle regler for kommunikasjon:
 - Unidirectional (enveis) eller bidirectional (toveis) kommunikasjon
 - Hva skal markere starten og slutten på overføringer
- Eksempler: RS-232-C, 1000BASE-X,

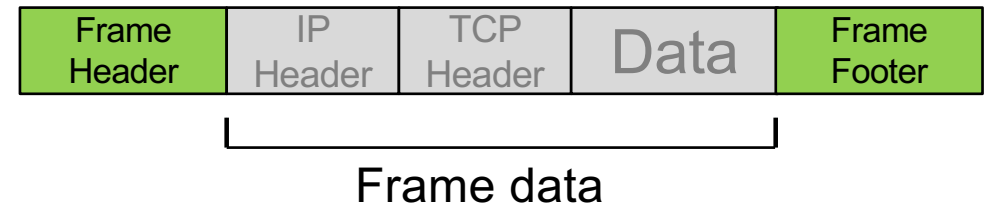




Lag 2 - Linklaget

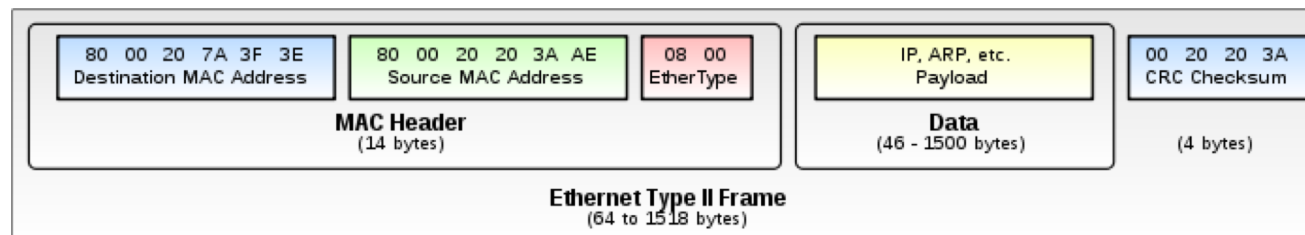
- **Pålitelig overføring mellom to enheter.**
 - Pakker som overføres i linklaget kalles “frames”
 - Feildeteksjon or retting innenfor en frame
- En «switch» vil kun jobbe på lag 2
- Lag 2 vil kunne ha enkel flytkontroll
 - Rask sender, treg mottaker
- Medium Access Control (MAC)





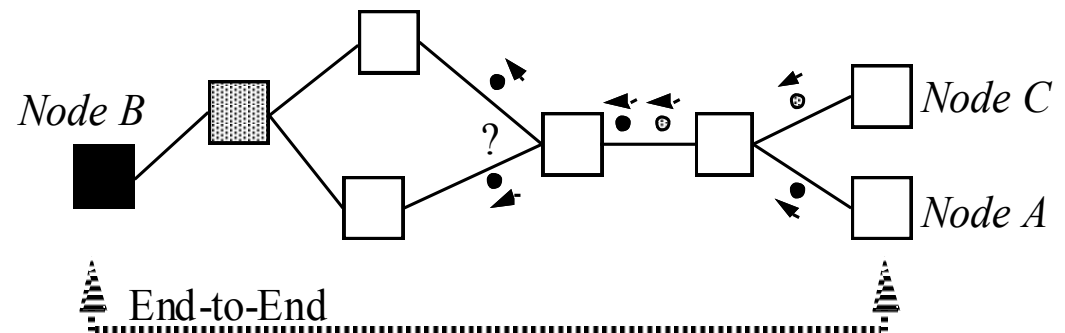
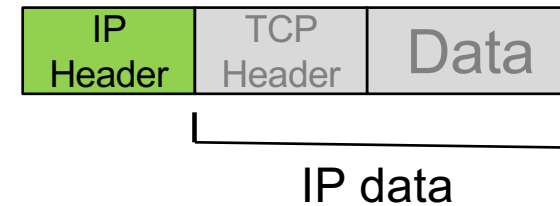
Lag 2 - Linklaget

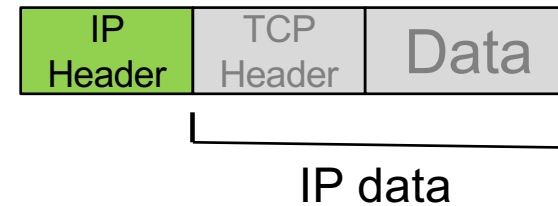
- Det vanligste linklagene er "Ethernet", og "WiFi". Disse er ganske like, men har noen forskjeller.
- Bruker en 6-byte adresse (48-bit) som ofte er lagret i nettverkskortet
 - MAC-adresse, brukes både på WiFi og Ethernet.
 - Hver *byte* representeres med en *heksadesimal* verdi: 07:01:02:01:2C:4B



Lag 3 - Nettverkslaget

- **Kobler sammen ende-til-ende systemer**
- **Ruting**
 - Statisk, definert under tilkobling eller dynamisk
 - Meningskontroll (for mange pakker på en sti)
 - Tjenestekvalitet (QoS)
- En «ruter» jobber på lag 3
- **Eksempler:**
 - IP (tilkoblingsløst)
 - X.25 (tilkoblingsorientert)

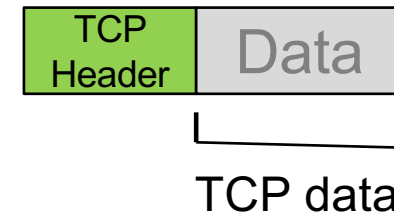




Lag 3 - Nettverkslaget

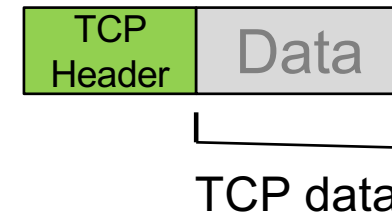
- Den mest brukte nettverkslagsprotokollen i dag er Internet Protocol (IP). Den mest brukte versjonen er IPv4.
- IPv4 bruker en 32-bit adresse, (4.3×10^9)
- Den nye versjonen, IPv6 har 128-bit adresser (3.4×10^{38})
 - Representeres med fire 8-bit heltall: 192.168.1.101

Bit Position: 0		4	8	16	24	31
Version	IHL	Type of Service		Total Length		
Identification				Flags	Fragment Offset	
Time to Live		Protocol		Header Checksum		
Source IP Address						
Destination IP Address						
IP Options (optional)					Padding	
Data						
More Data...?						



Lag 4 - Transportlaget

- **TCP:**
 - Oppsett av forbindelse (3-way handshake)
 - Garanterer at pakkene leveres i riktig rekkefølge
 - *Pålitelighet* – Pakker sendes på nytt hvis kvitteringen (ACK) ikke kommer frem
 - Flytkontroll og meningskontroll
- **UDP:**
 - Tilkoblingsløs forbindelse
 - Ingen garantier
 - «Best-effort» levering av data



Lag 4 - Transportlaget

- TCP: HTTP, E-post, filoverføring, etc.
- UDP: Strømming av video og lyd
- Bruker «port» som en unik identifikator.
 - Representeres med et 16-bit heltall

TCP Segment Header Format								
Bit #	0	7	8	15	16	23	24	31
0	Source Port			Destination Port				
32	Sequence Number							
64	Acknowledgment Number							
96	Data Offset	Res	Flags		Window Size			
128	Header and Data Checksum				Urgent Pointer			
160...	Options							

UDP Datagram Header Format								
Bit #	0	7	8	15	16	23	24	31
0	Source Port			Destination Port				
32	Length							
	Header and Data Checksum							

*Kan også inneholde en header,
men det bestemmer applikasjonen*

Lag 5 - Applikasjonslaget

- Lag med tjenester for applikasjoner:
- Eksempler:
 - Nettlesere (WWW)
 - E-post
 - Filoverføring
 - P2P
- *Mer om dette 2. november (Tjenester i Internett)!*

Lagene spiller sammen

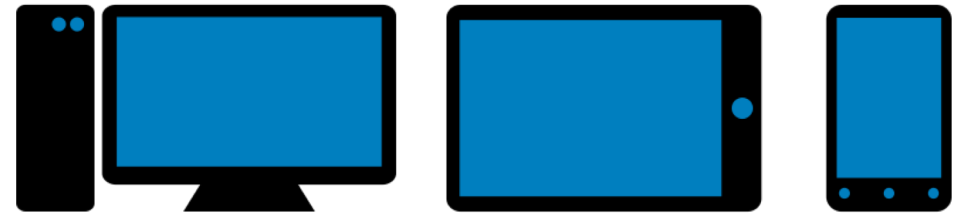
- Dere har lært om lagene, men hvordan virker dette i praksis?
- Utgangspunkt i Ethernet/IP/TCP/Applikasjonslag
- Trafikkpolitiet i Internett (ISP og congestion control)
- Hvordan oversettes tekstlige maskinnavn navn til IP-adresser (DNS)
- Forsinkelse og kapasitet

Nettverkskomponenter

- Tjenere



- Klienter



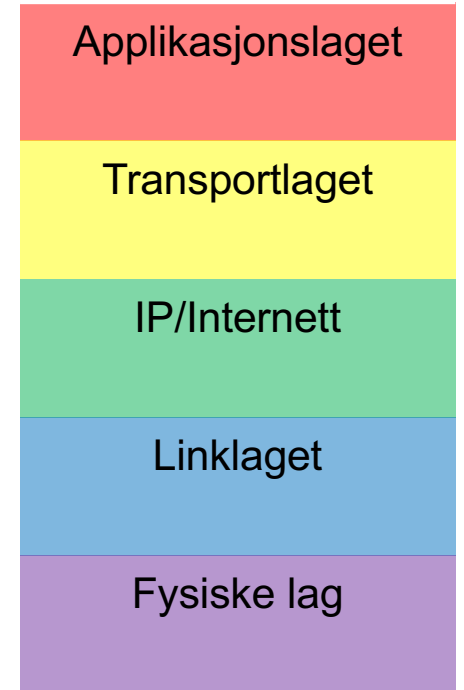
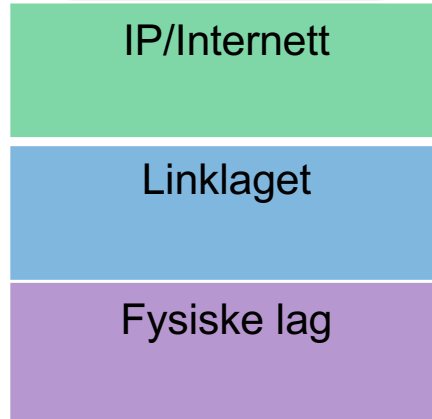
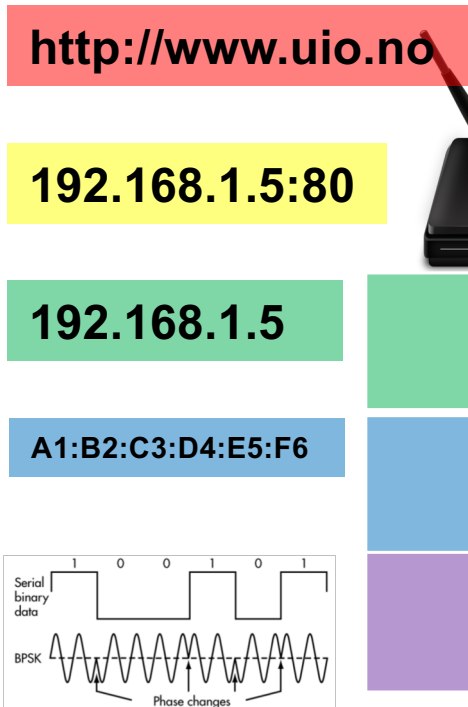
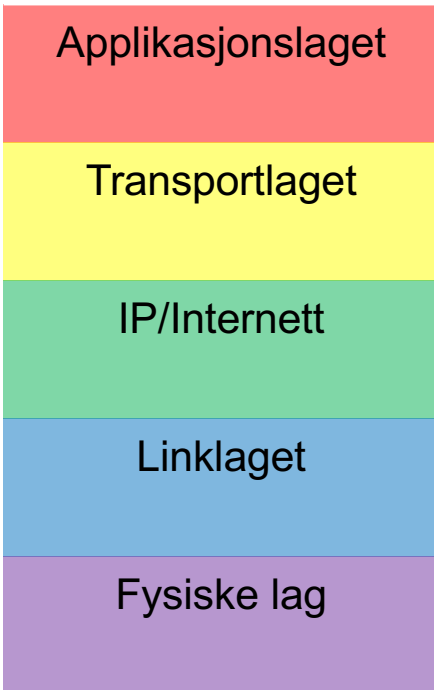
- Switcher



- Routere



Lagene i Internett (TCP/IP referansemodellen)



Hva er en IP-adresse

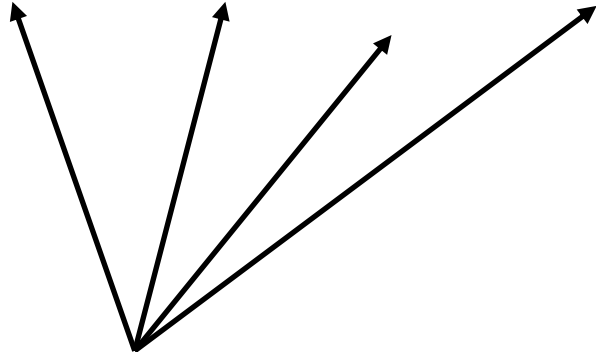
- Hvordan kan man sende til en annen maskin på tvers av mange små nettverk?
- Ved hjelp av adresser som er «unike» på hele Internett
- Postadresse:
 - Dag Langmyhr, Ole Johan Dahls hus, Gaustadalleen 23B, 0373 Oslo, Norge
- IP-adresse
 - Tilsvarende prinsipp, men skiller bare mellom adresser innenfor og utenfor det lokale nettverket.
 - Er adressen på mitt lokale nett?
 - Ja: Lever pakken rett til mottakeren
 - Nei: Send til router, som får ansvaret for å sende videre på Internett

IP-adresser (IPv4)

IP-adresse

192.168.1.5

11000000.10101000.00000001.00000101



Oktetter:
Består av 8 bits hver. Maks verdi for hver oktett er 255

Nettverksmaske

255.255.0.0

11111111.11111111.00000000.00000000

Masken angir hvilke bits som definerer dette subnettet.

Bits som er satt til 0 kan varieres for å angi IP-adresser i subnettet.
(vertsadressedel)

Bits som er satt til 1 angir delen av IP-adressen som definerer hvilket nettverk vertene tilhører.

CIDR- og punktnotasjon av subnett

- Nettverksmasken består alltid av en sammenhengende serie "1" deretter en sammenhengende serie "0"

- Eks: 255.255.255.0

- 11111111.11111111.11111111.00000000

Vertsdel

- Det er to vanlige måter å notere omfanget av et subnett:

- Punktnotasjon:

- eks. 192.168.1.0

- må da oppgi nettverksmaske: 255.255.255.0

- CIDR (Classless Inter-Domain Routing) notasjon

- 192.168.1.0/24

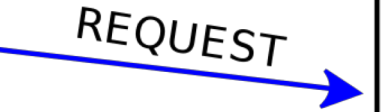
- Vanlig punktnotasjon først.

- Tallet etter skråstreken angir hvor mange bits nettverksmasken består av

Nettverksdel

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser

client server

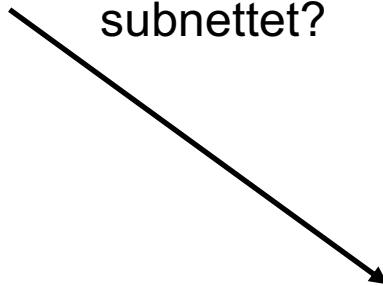


time ↓



Subnett: 192.168.1.0/24

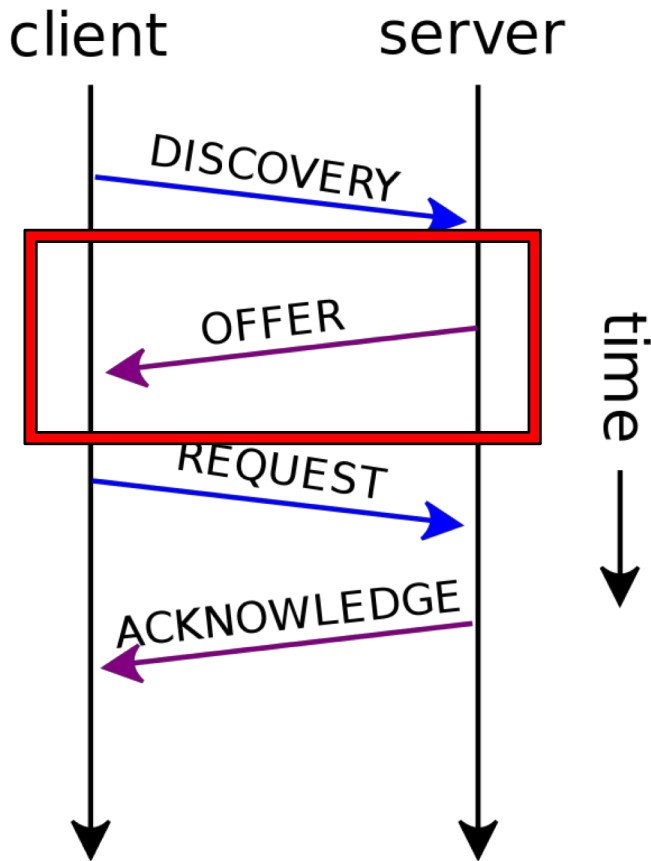
Ny maskin: Til alle (192.168.1.255):
finnes det en maskin med myndighet
til å dele ut IP-adresser på dette
subnettet?



Hjemmeruter
som kjører en
DHCP-tjener

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser

Subnett: 192.168.1.0/24

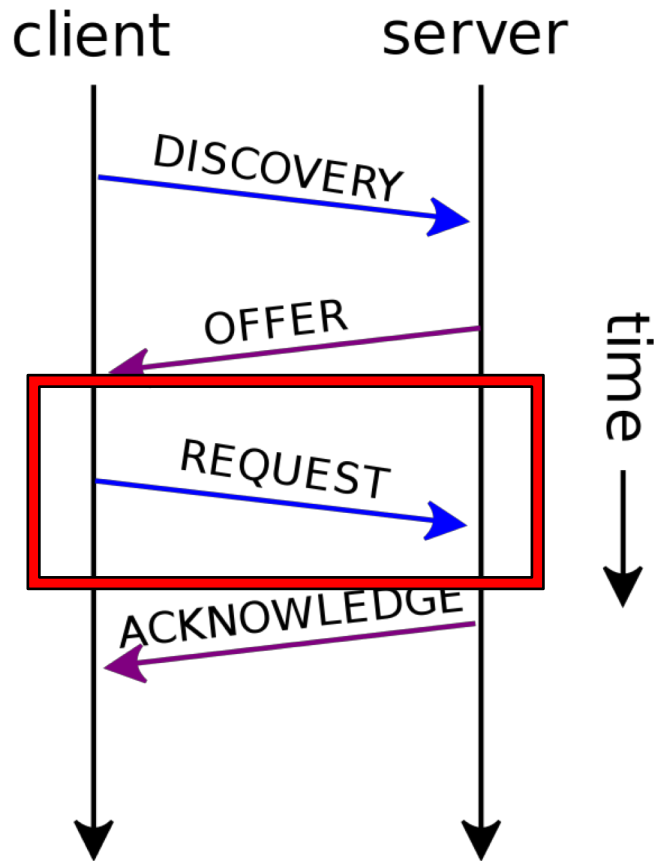


DHCP-tjener: Til alle (192.168.1.255):
192.168.1.5 er tilgjengelig. Her har du
også en liste over andre viktige adresser
som gateway og DNS-tjener.



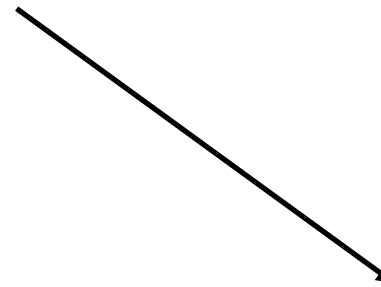
Hjemmeruter
som kjører en
DHCP-tjener

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser



Subnett: 192.168.1.0/24

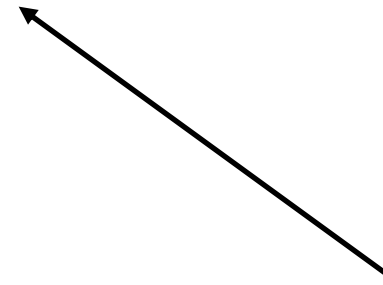
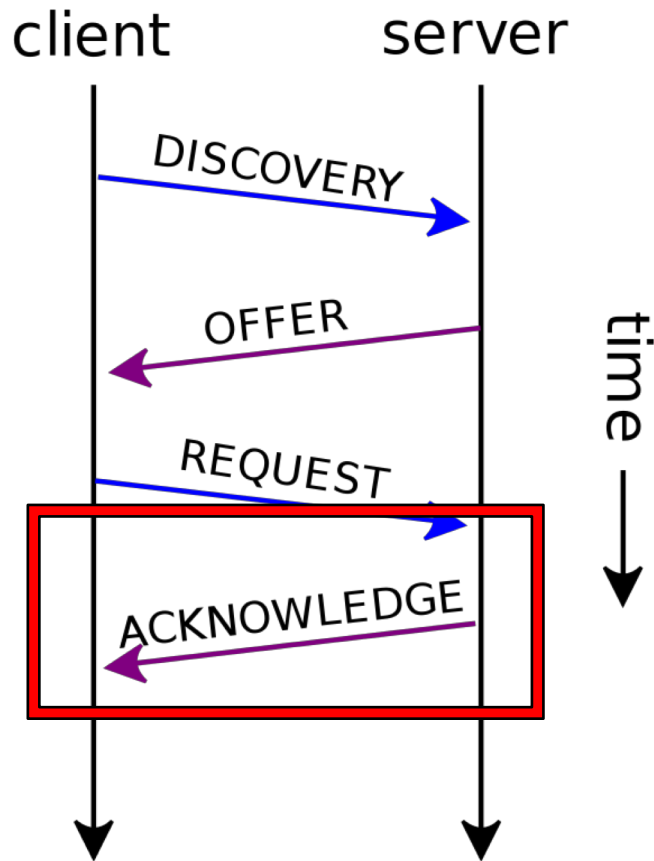
Ny maskin: Til alle (192.168.1.255):
Ja takk!



Hjemmeruter
som kjører en
DHCP-tjener

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser

Subnett: 192.168.1.0/24



DHCP-tjener:

Da har jeg skrevet opp at 192.168.1.5 er i bruk av deg for en periode på 24 timer. Ha en fin dag!



Hjemmeruter som kjører en DHCP-tjener

ARP – Koblingen mellom nettverk og IP

- Nettverkskortene har en 6 byte lang media access control (MAC)-adresse som brukes til å identifisere maskinen innenfor et kringkastingsdomene (broadcast domain).
- For at IP skal fungere, må avsenderen vite hvilken MAC-adresse pakken skal sendes til.
- Address Resolution Protocol(ARP) kobler IP (Internett) og MAC (Linklaget).



Én IP-adresse – mange porter

Men du ønsker å kjøre mange tjenester på samme maskin.
Hvordan skiller man tjenestene fra hverandre?



IP: 192.168.1.5

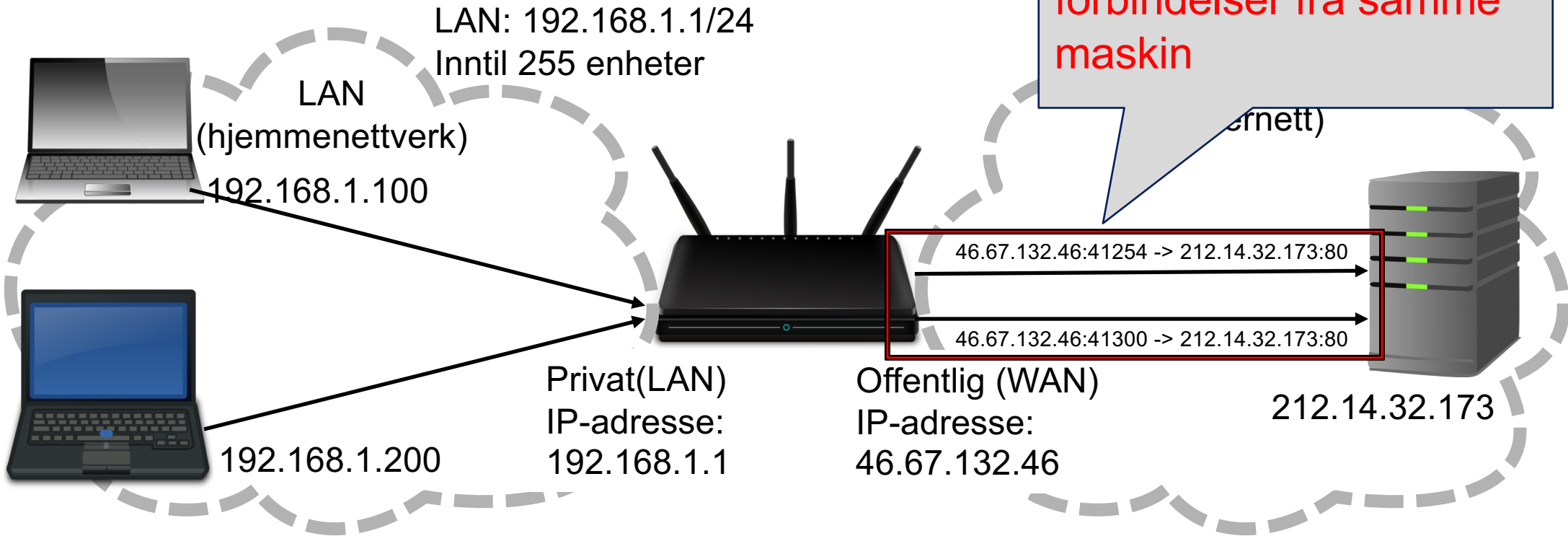
Transportprotokollene (UDP, TCP) implementerer ”porter” som muliggjør totalt 65535 samtidige forbindelser på én IP-adresse

En vanlig måte å notere IP og port på er IP:port (eks.: 192.168.1.5:22)

Port	Tjeneste
0	Reservert
1	tcpmux
...	
22	SSH
...	
25	SMTP
...	
1024-49151	Brukerporter
49152-65535	Dynamisk / privat

NAT – Network Address Translation

Transportlaget



Kilde IP	Mottaker	Oversatt adresse
192.168.1.100	212.14.32.173:80	46.67.132.46:41254
192.168.1.200	212.14.32.173:80	46.67.132.46:41300

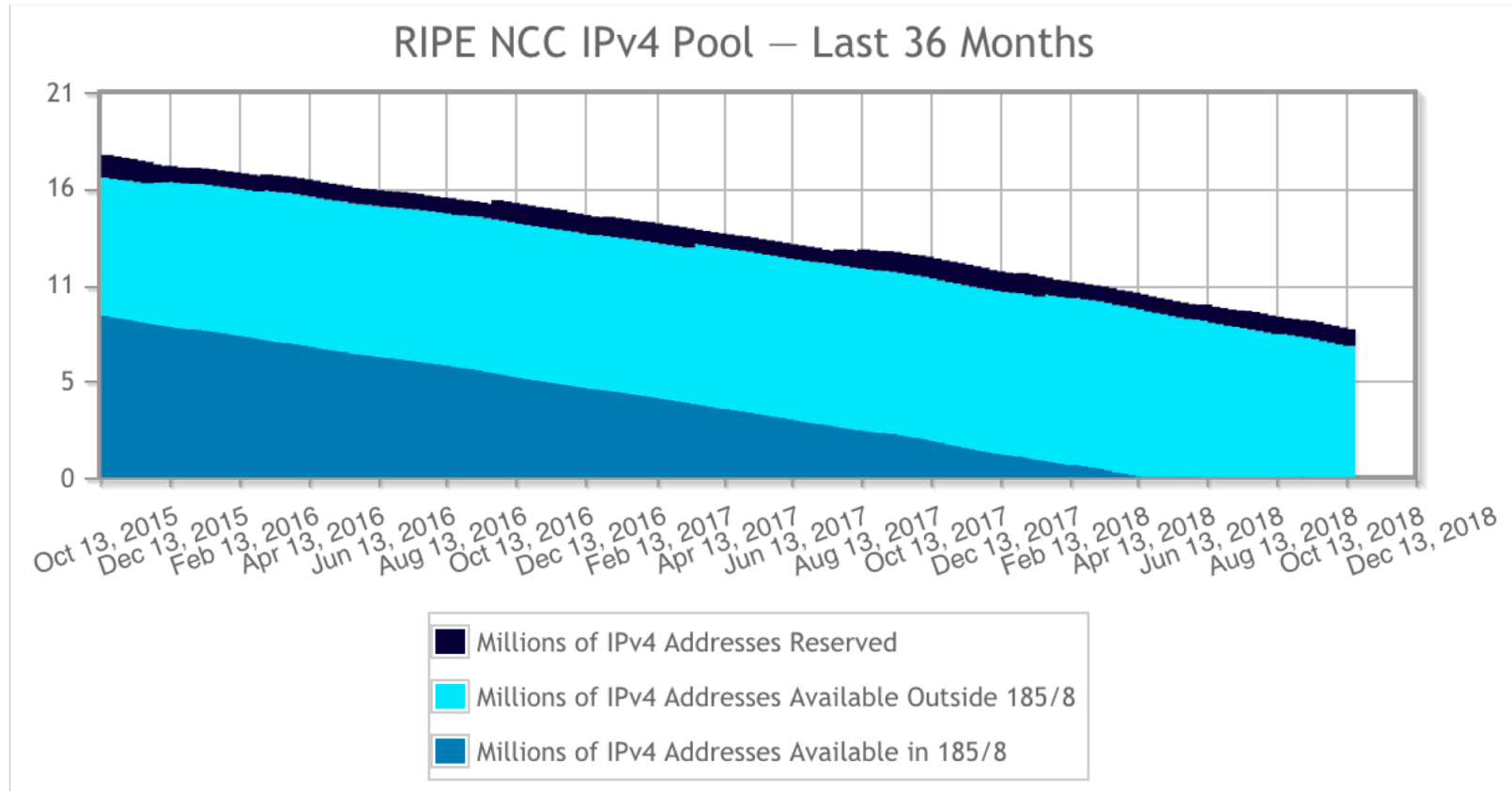
Private IP-adresser

RFC1918 name	IP address range	number of addresses	largest CIDR block (subnet mask)	host id size	mask bits
24-bit block	10.0.0.0 – 10.255.255.255	16,777,216	10.0.0.0/8 (255.0.0.0)	24 bits	8 bits
20-bit block	172.16.0.0 – 172.31.255.255	1,048,576	172.16.0.0/12 (255.240.0.0)	20 bits	12 bits
16-bit block	192.168.0.0 – 192.168.255.255	65,536	192.168.0.0/16 (255.255.0.0)	16 bits	16 bits

- Private IP-adresser er adresser som er reservert for bruk i lukkede nettverk og nettverk med NAT mot Internett
- Disse IPene skal ikke være direkte koblet mot Internett!
- En hjemmeruter er vanligvis satt opp til å gi deg et LAN med et subnett fra en av disse segmentene.

Fra Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Private_network

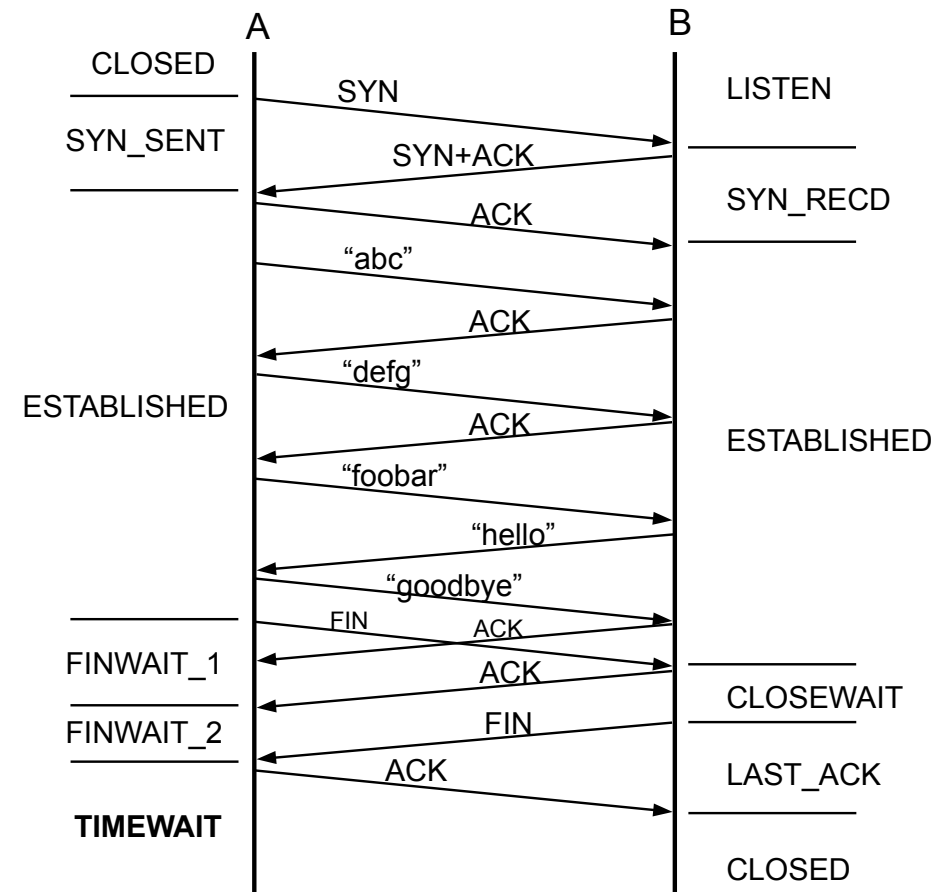
IPv4 -> IPv6



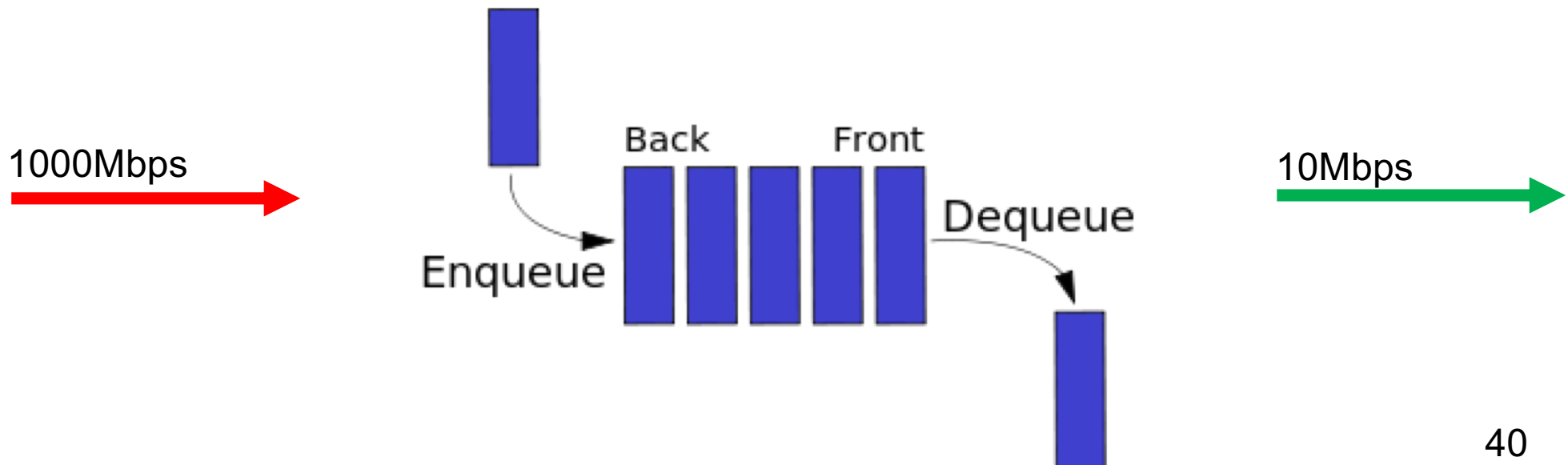
Selv med NAT i bruk på svært mange nettverk, er antall tilgjengelige IPv4-adresser i ferd med å bli kritisk lavt.

Transmission Control Protocol (TCP)

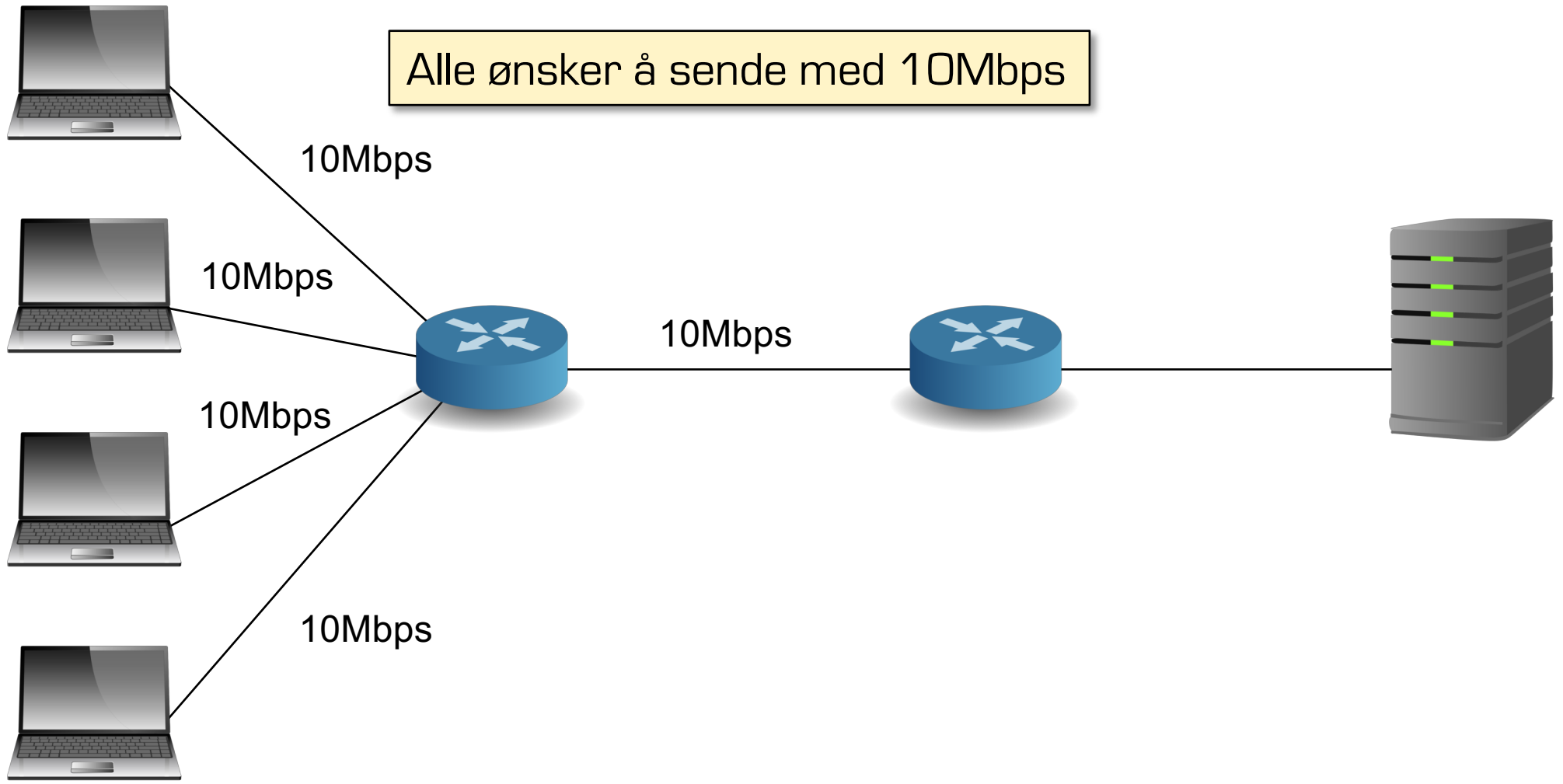
- Forbindelsesorientert
 - Settes opp ved et 3-veis-håndtrykk
 - SYN-SYN+ACK-ACK (se figur)
- Flytkontroll
 - Ikke sende fortere enn mottageren kan ta imot
- Metningskontroll
- Byte-strøm og levering i rekkefølge
- Pålitelighet
 - Implementert ved at bekreftelser på hver pakke sendes tilbake fra mottakeren
- Feilsjekking av nyttelasten (sjekksum)



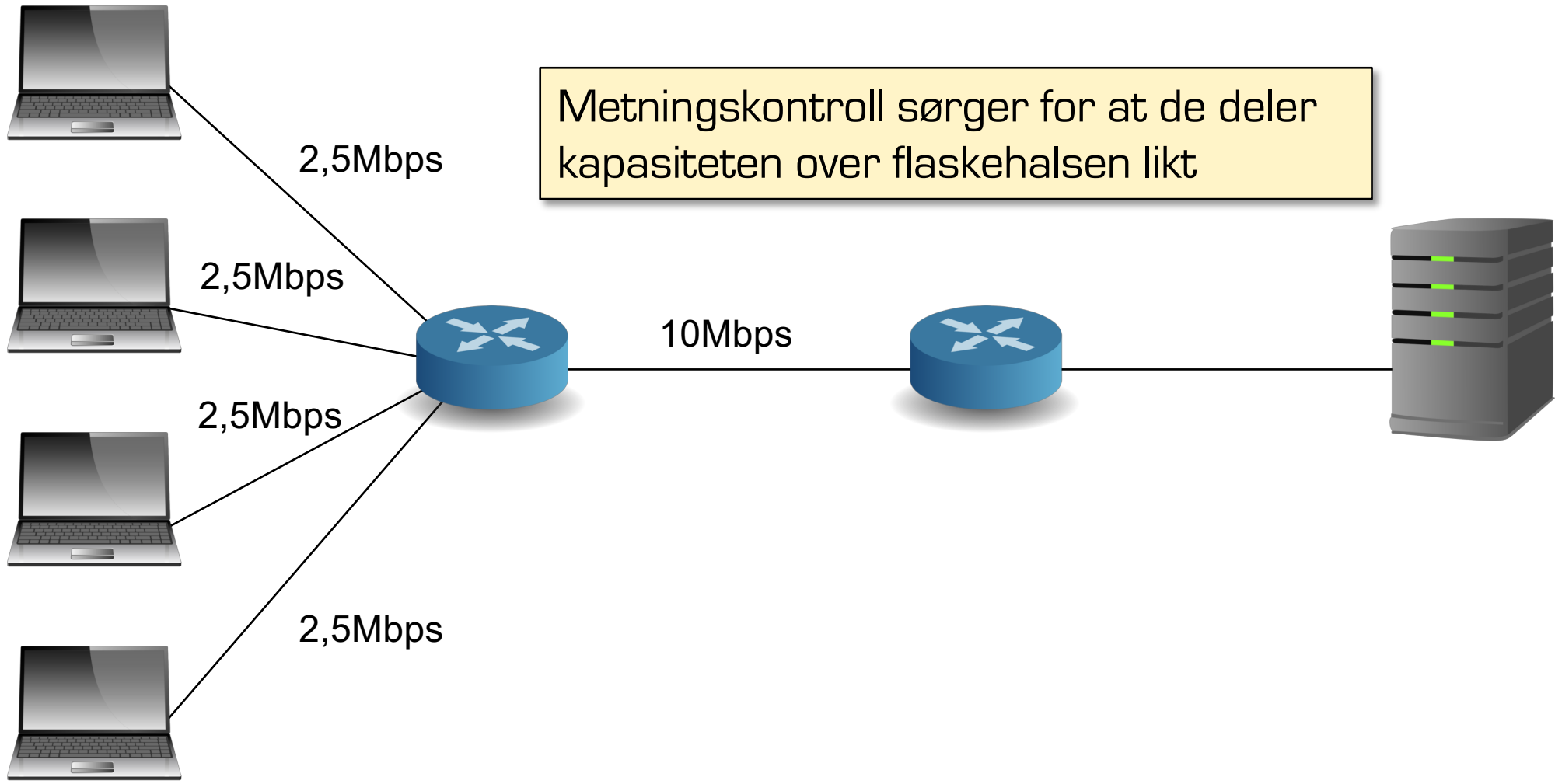
- En ruter er i utgangspunktet bare en FIFO (first-in-first-out) kø.
- Om det blir for mye trafikk over en gitt kø, vil det føre til stopp i trafikken. Dette kalles "congestion". Om det er så mye trafikk at det blir full stopp for alle, kalles det "congestion collapse".
- For å unngå dette bygde man inn mekanismer i TCP for å tilpasse senderaten til nettverksforholdene.



fortsatt metningskontroll



ennå ikke ferdig med metningskontroll



Hvordan koble til en annen maskin?

Løsning: bruk “fornuftige” navn

- som f.eks.
`ssh login.ifi.uio.no`
`wget www.google.com`

- Ikke bare lettere å huske
- Har også en hierarkisk struktur (gjenspeiler organisasjonen)

Møt **Domain Name System (DNS)**



DNS - overblikk

Domain Name System

Hierarkisk navnetilordning

I motsetning til den originale flate strukturen i /etc/hosts
f.eks.: .com → google.com → mail.google.com

Distribuert database

Enkel klient/tjener arkitektur

- UDP eller TCP port 53
- tjenerne må bruke TCP seg i mellom (fra nylig)
- klienter som bruker TCP avvises ofte
 - reduserer lasten på DNS-tjeneren

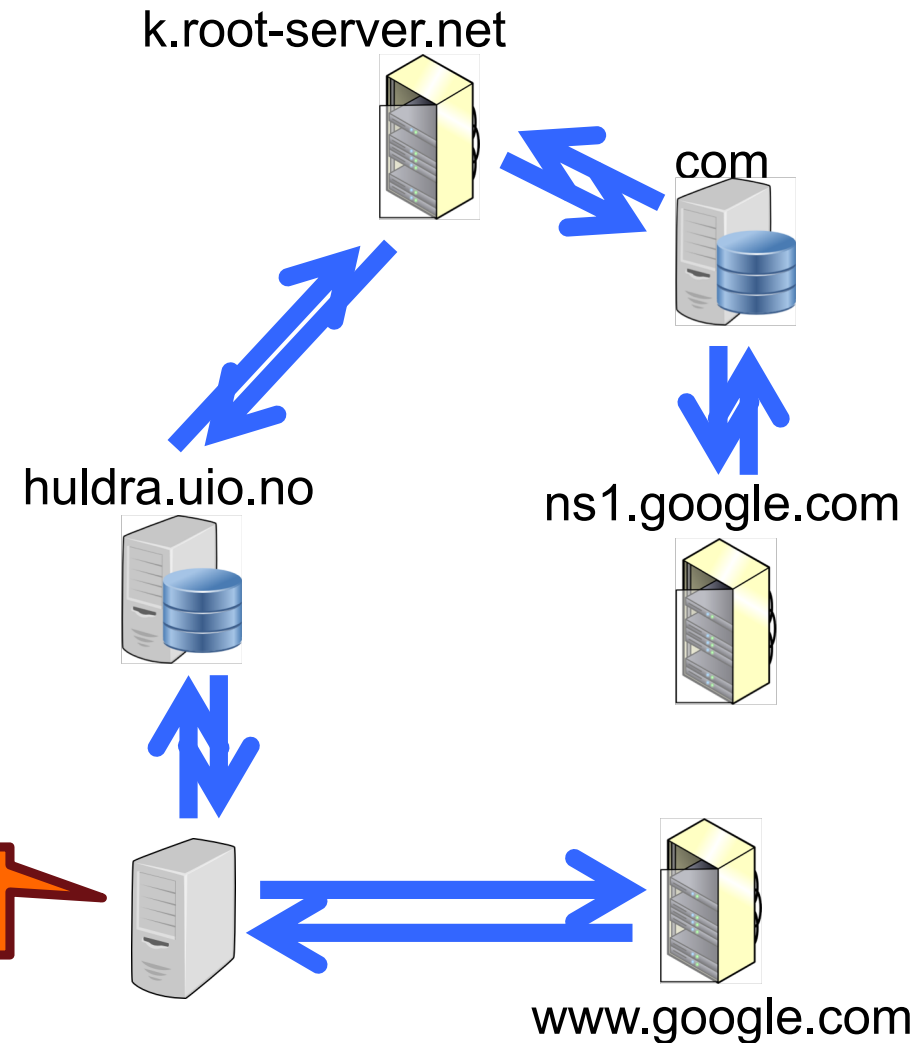


Rekursivt oppslag i DNS

Klassisk metode

- Serveren må lagre tilstand for hver forespørsel inntil svaret er levert
- Alle noder på veien kan cache resultatet for senere bruk
- Konsentrerer dataflyten rundt de sentrale tjenerne
- Mye lagring av tilstand på de sentrale tjenerne

get www.google.com

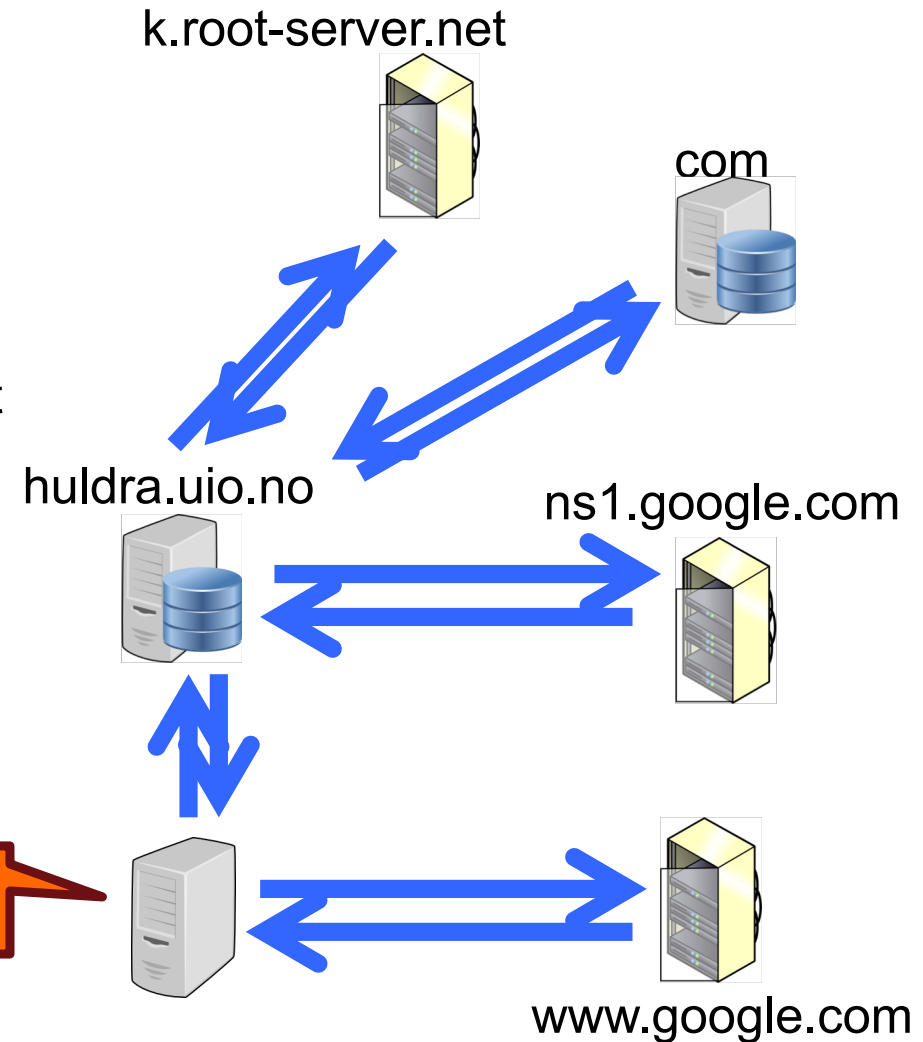


Iterert oppslag i DNS

Nyere metode

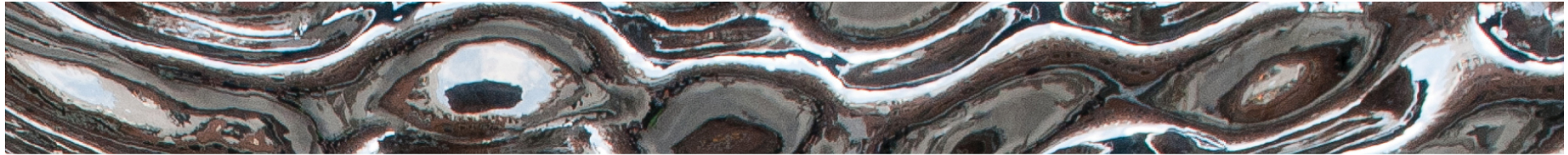
- Viderekobler forespørseleen
- Tilstanden lagres bare på den lokale tjeneren inntil svaret er levert
- Tillater få noder å cache resultatet
- Halverer antallet forespørsler hos de sentrale tjenerne
- Unngår fullstendig lagring av tilstand på de sentrale tjenerne

get www.google.com



Nyttige nettverksverktøy

Verktøy	
ping	Måler forsinkelsen mellom din maskin og en annen på internett
tracert	Gir informasjon om hvert hopp en datapakke er innom på vei til målet.
tracert	Samme som tracert, men trenger ikke superusertilgang
netstat	Gir informasjon om nettverksforbindelser på din maskin
dig	Gjøre DNS-oppslag og se hva som returneres.
whois	Slå opp hvem som eier/disponerer en IP-adresse
tcpdump / Wireshark	Logge pakker som går inn og ut av maskinen, samt utføre analyse



UiO : **Institutt for informatikk**
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

IN1020 - Introduksjon til datateknologi
Forelesning – 2.11.2018
Tjenester i Internett

Håkon Kvale Stensland & Andreas Petlund



simula



Forbindelsesstrategier (push og pull)

Pull

- Klienten ber tjeneren om en tjeneste (f.eks et dokument)
- Tradisjonelt den vanligste metoden

Push

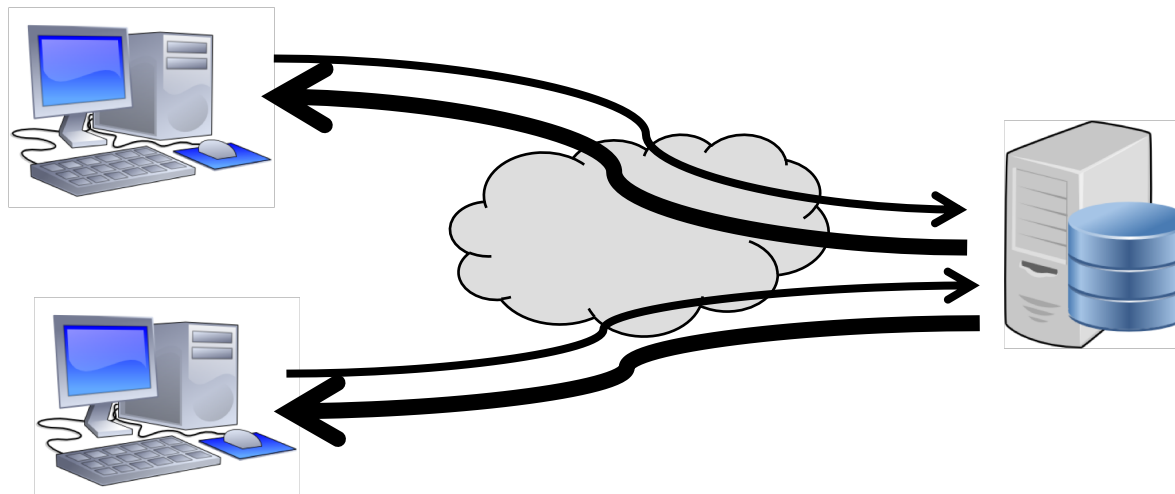
- Tjeneren ”dytter” en tjeneste (f.eks en beskjed) til klienten.
- Krever at det er en forbindelse fra før, eller at klienten lytter.

Publish-subscribe

- Variant av ”Push” der tjeneren dytter ut beskjeder til en gruppe av abonnenter (subscribers)

Aksesmodeller: Klient-tjener

- Tradisjonell kommunikasjonsmodell, lettfattelig abstraksjon
 - Klienter ber om en tjeneste (opprettet en forbindelse)
 - Tjenere leverer tjenesten (svarer på forespørselen)
- Eksempler: Webklient (nettleser)/Webtjener, Mailklient/tjener, FTP (filoverføring)



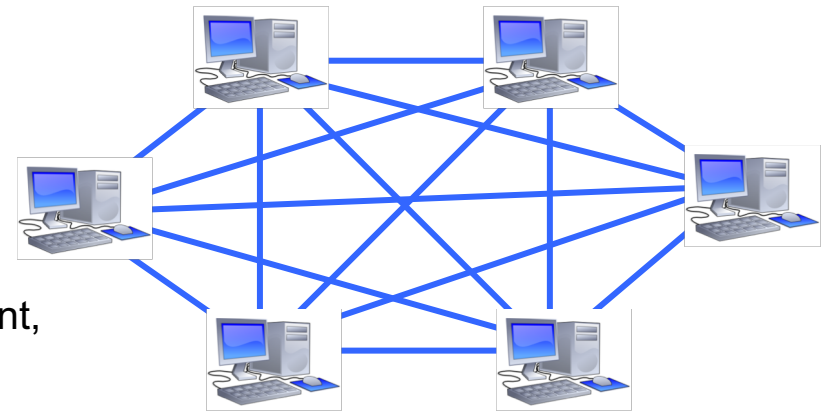
Applikasjonslagsparadigme kjent siden 2000-tallet

Det første velkjente programmet: Napster

- fildeling (mest brukt til musikk)
- erklært ulovlig
- Etterfulgt av mange andre: Gnutella, Kazaa, BitTorrent, Freenet
- senere plukket opp av forskere: CAN, Chord, Tapestry, Kademlia, Pastry
- Idé: unngå kontroll og/eller sensur

Kjente tjenester

- video streaming: PPTV, P2PTV
- Distribuert regnekraft: SETI@home
- Bitcoin (blockchain)
- TOR (The Onion Router)



Gammel teknologi som ligner P2P:

- Telefoni
- Usenet news
- IP Routing

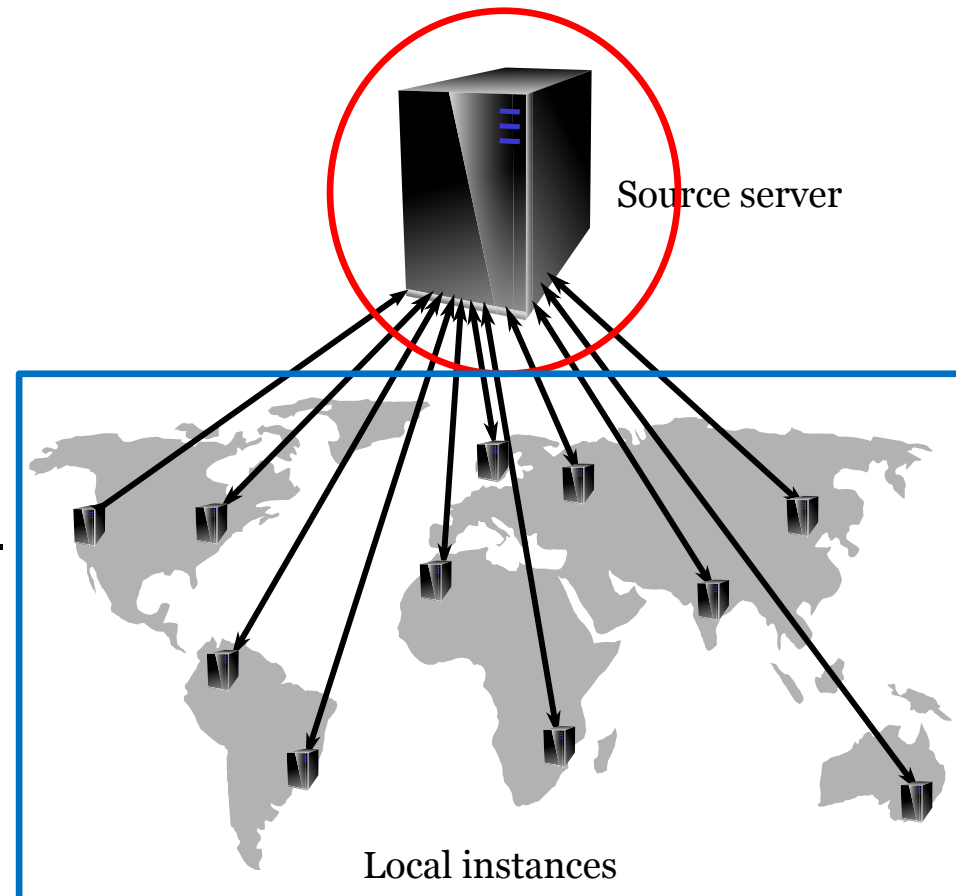
Faktisk er **P2P = den originale modellen for Internett**

- alle noder er likeverdige
- alle noder kan nå hverandre
- eierskapet er distribuert

- **Innhold som skal leveres til klienter over hele verden...**
- **...kan replikeres til maskiner som ligger fysisk nær brukerne.**
- Koster ekstra maskinvare og lagringsplass
- + Sparer kapasitet i backbone-nettet
- + Gir lavere forsinkelse på forespørsler
- + Hindrer overbelastning av tjeneren

04.11.2018

Content Delivery Network (CDN)

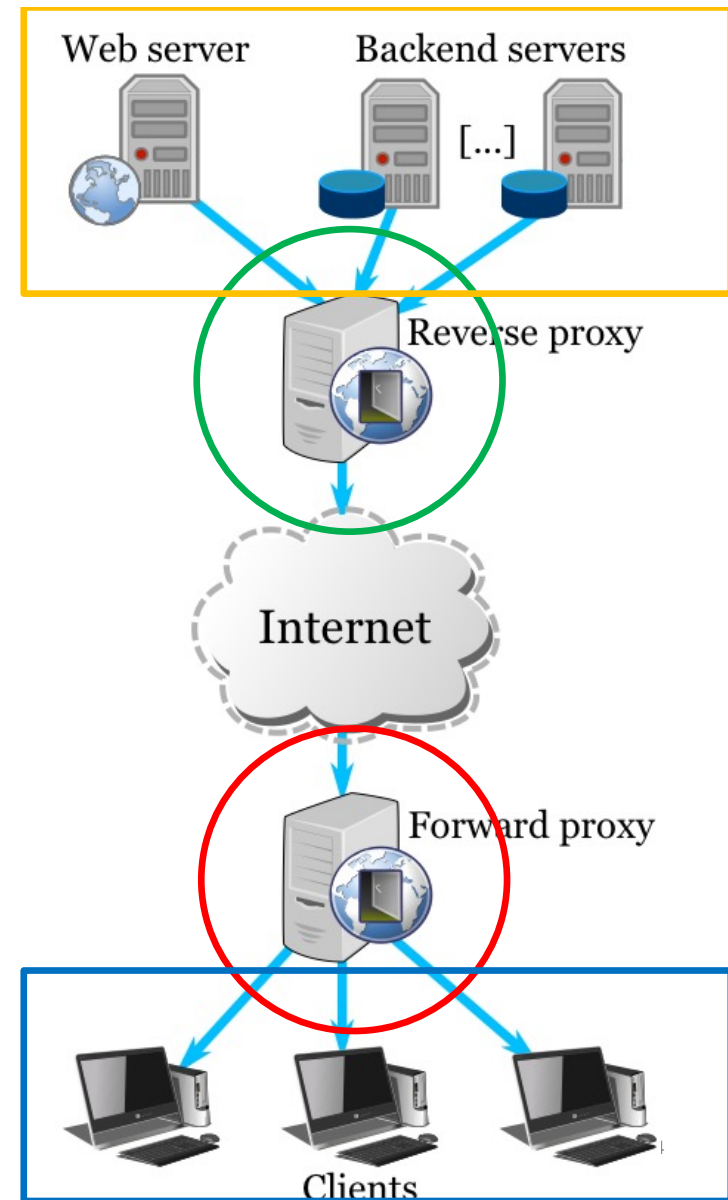


Figur fra: "B. Briscoe *et al.*, "Reducing Internet Latency: A Survey of Techniques and Their Merits," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials* ¹²

Proxy-cache

- En "Forward Proxy" står nær klienten
 - og mellomlagrer data for klientene, slik at de ikke behøver å gå helt til kilden.
 - En "Reverse Proxy" står nær tjeneren
 - og mellomlagrer data fra én eller flere tjenerer, slik at klienten slipper å gå helt til kilden(e).
- + Lastbalansering
+ Sparer nettverkskapasitet
+ Lavere forsinkelse

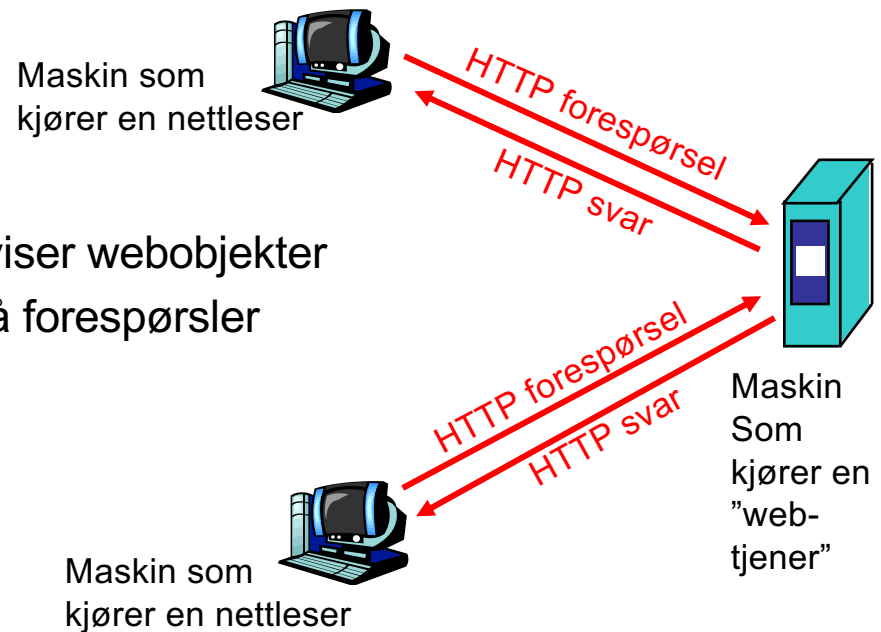
Figur fra: "B. Briscoe et al., "Reducing Internet Latency: A Survey of Techniques and Their Merits," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*



World Wide Web (www): HTTP-protokollen

HTTP: hypertext transfer protocol

- Applikasjonslagsprotokollen for Web
- Klient-/tjenermodell
 - *klient*: nettleser som spør etter, får og viser webobjekter
 - *tjener*: sender webobjekter som svar på forespørsler
- Tre hovedversjoner:
 - HTTP/1.0 (1990)
 - HTTP/1.1 (1999)
 - HTTP/2 (2015)



HTTP-protokollen

HTTP: bruker TCP som transport:

- Klienten oppretter en TCP-forbindelse (socket) til tjeneren, port 80
- Tjeneren godtar TCP-forbindelsen fra klienten
- HTTP-meldinger (protokollmeldinger på applikasjonslaget) utveksles mellom nettleseren (HTTP-klient) og Webtjeneren (HTTP-tjener)
- TCP-forbindelsen lukkes

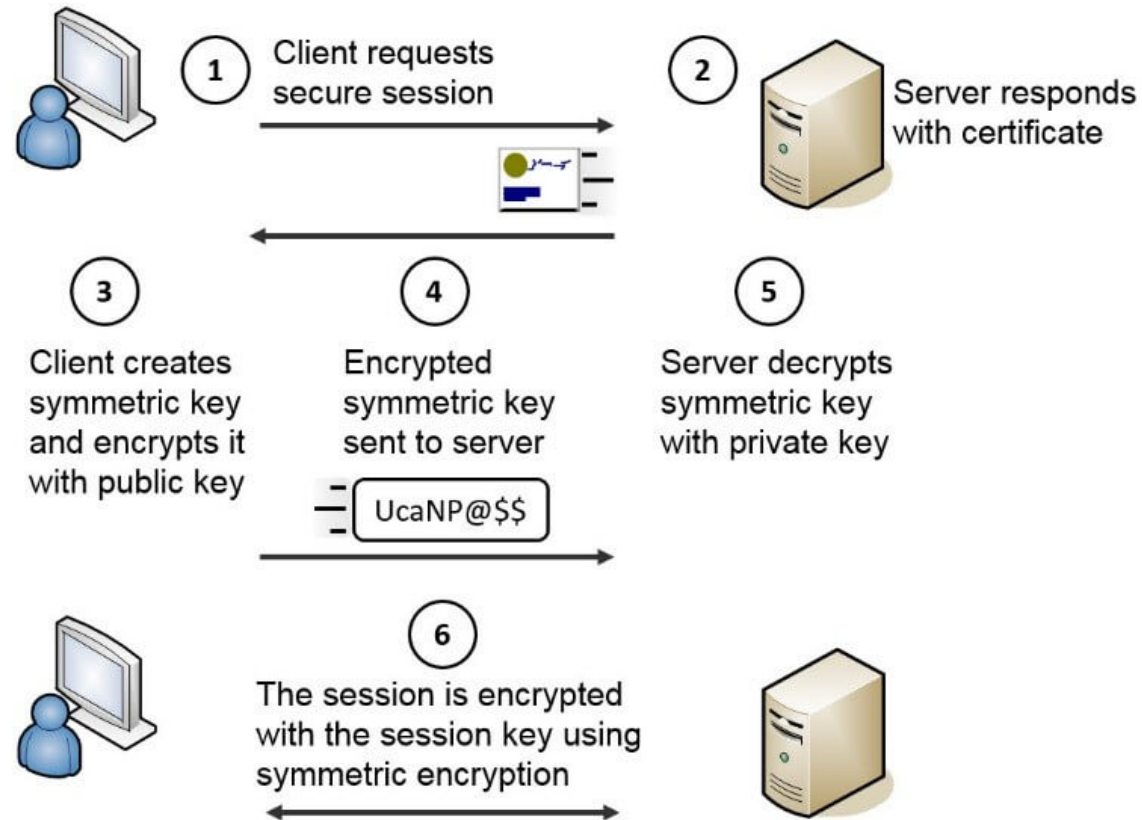
HTTP er “stateless”

- Tjeneren sparer ikke på tilstandsinformasjon om tidligere forespørsler

Protokoller som sparer på ”tilstand” er komplekse!

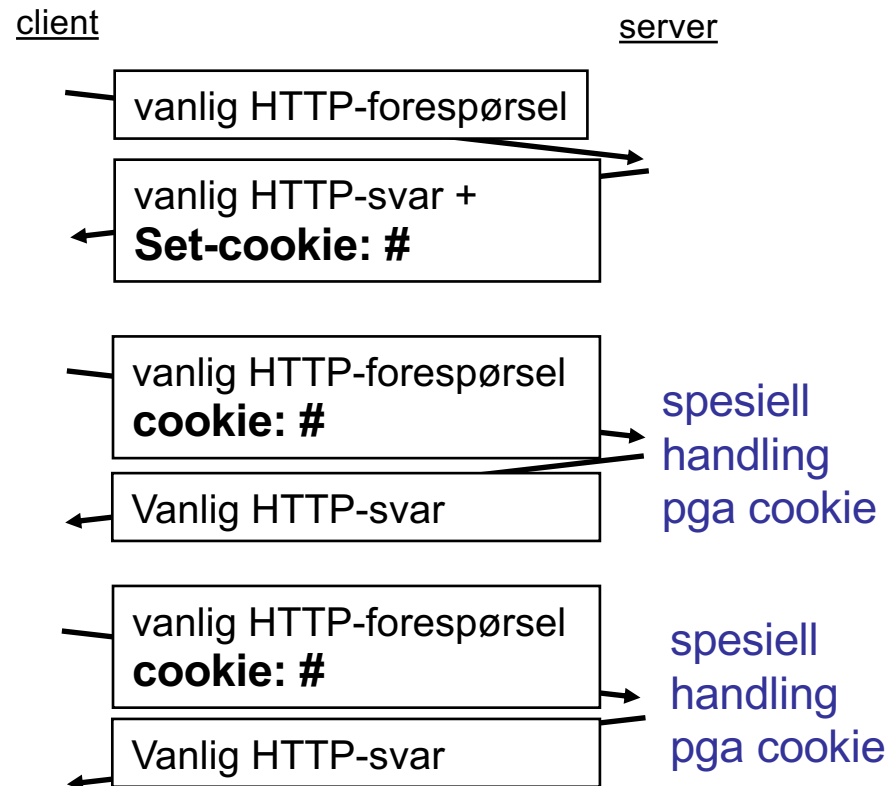
- Tilstanden må vedlikeholdes
- Om en tjener eller klient ”kræsjer”, kan tilstanden bli ulik mellom dem. Da må den gjenoprettes.

HTTP med SSL



Cookies: ta vare på "tilstand"

- Tjeneren lager et cookie # , tjeneren husker #, senere brukt til:
 - autentisering
 - Huske brukerpreferanser, tidligere valg
 - produkter brukeren har sett på o.l.
- tjeneren sender cookien til klienten i svarmeldingen
Set-cookie: 1678453
- Klienten legger ved cookien med etterfølgende forespørsler
cookie: 1678453



- Hovedkomponenter
 - “mailklienter”
Message User Agent (MUA)
 - “mailtjenere”
Mottak av meldinger / Videresending av meldinger
 - Mail submission agent (MSA)
 - Mail transfer agent (MTA)
 - Mail delivery agent (MDA)
 - Mail retrieval agent (MRA)
 - Ofte realisert som én komponent kalt Message Handling Service (MHS)
- MUA
 - eller “epostleser”
 - Skrive, redigere, organisere og lese eposter
 - utgående, innkommende lagres på eposttjener

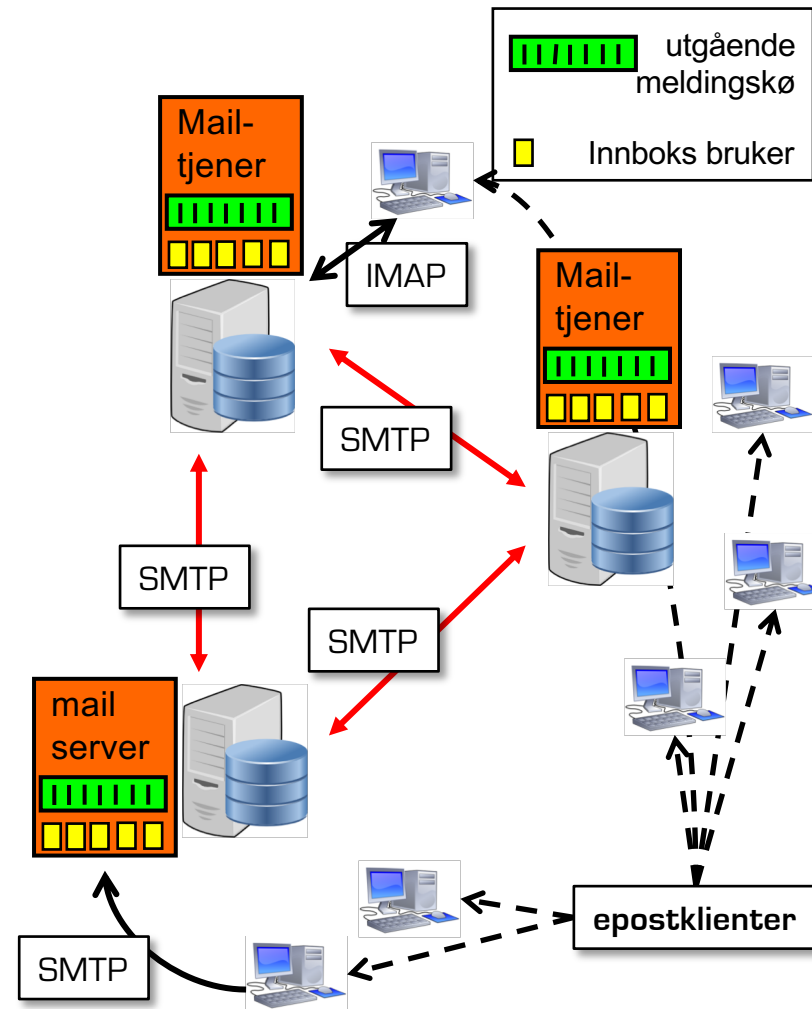
Epost: tjenerne

Mailtjenere

- *mailbox* inneholder innkommende meldinger (hittil uleste) til brukeren
- *meldingskø* av utgående epostmeldinger (for sending)

Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)

- Mellom eposttjenere for å sende epostmeldinger
- klient: sender av en epost
- tjener: den som mottar eposten



Epost: SMTP

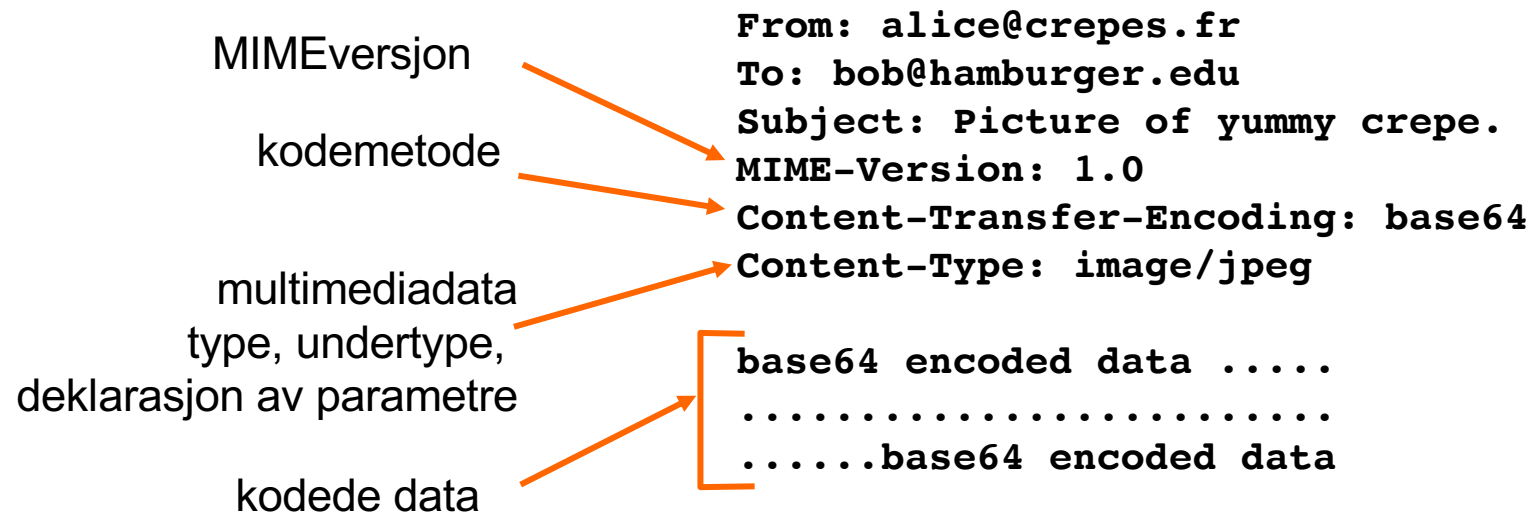
- Bruker TCP til å, pålitelig, overføre epost fra klient til tjener.
- Standardisert port: 25
- Direkte overførsel: fra senderen til tjeneren som tar imot.
- Tre faser i overføringen
 - håndtrykk (greeting)
 - Overføring av beskjeder
 - avslutning
- Kommandoer/interaksjon
 - kommandoer: ASCII-tekst
 - svar: statuskode og frase
- Meldinger må være i 7-bit ASCII



Meldingsformat: multimedia extensions

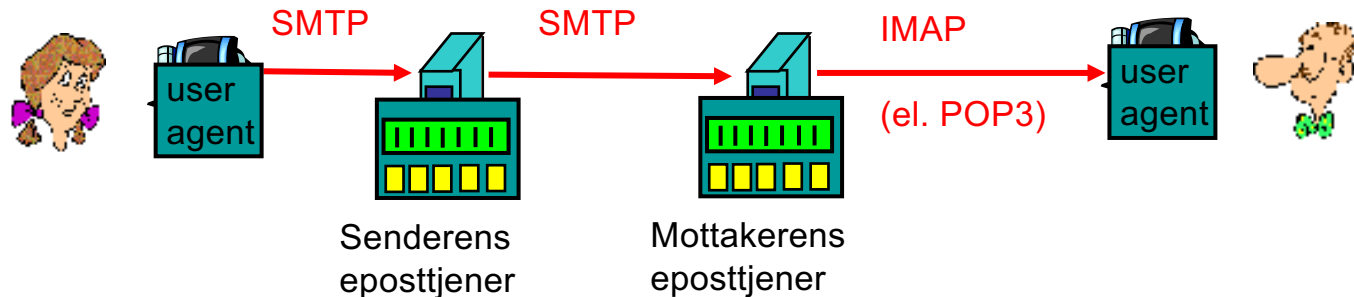
MIME: multipurpose Internet mail extension

Ekstra linjer i mailheaderen viser MIME-innholdstype



“klassisk” epost kan vise:
“Content-type: text/ascii”, men
7-bit ASCII-tekst er fortsatt standard

Protokoller for mailtilgang



- SMTP: leverer til mottagerens eposttjener
- Mail access protocol: henter eposten fra tjeneren
 - POP: Post Office Protocol
 - autorisering(agent <==> server) og nedlasting
 - IMAP: Internet Mail Access Protocol (*Interim* → *Interactive* → *Internet*)
 - flere funksjoner (mer kompleks)
 - manipulere meldinger lagret på tjeneren
 - HTTP: Gmail, Hotmail, Yahoo!, etc.

Internet of Things (IoT)

- Enheter i daglig bruk / husholdningen / arbeidsprosesser som leverer ekstra tjenester ved hjelp av Internett
- Kan være med på å revolusjonere hverdagen
 - Automatiske strømmålere
 - Helseapplikasjoner
 - Smarthus / Smartbyer
 - Logistikk
- Snakker med tjenere i "skyen"
- Leverer data som brukes til analyse og tjenestelevering

