

UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

IN1020 - Introduksjon til datateknologi

Forelesning – 04.10.2024

Lagdeling i Internettarkitekturen

Håkon Kvale Stensland

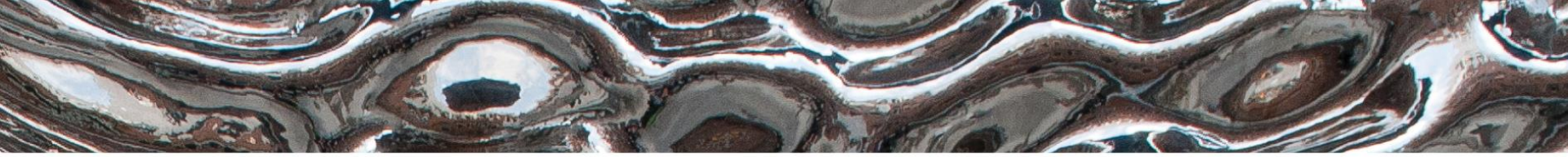
simula

Plan for ”nettverksdelen” av IN1020

- 21. september - Introduksjon til operativsystemer
- 27. september – Datanett 101 – Introduksjon
- **4. oktober – Lagdeling i datakommunikasjon**
- 9. oktober – Hvordan fungerer din trådløse ruter?
- 11. oktober – Kryptografi – Nøkkelen til digital samhandling
- 16. oktober – Tjenester i Internett

Lagdelingen i datakommunikasjon

- Repetisjon fra forrige forelesning:
  - *Komponenter i nettverket.*
  - *Nettverksstrukturer.*
  - *Aksessmodeller i datanettverk.*
- Nettverksprotokoller.
- Lagdelingskonseptet.
- TCP/IP-modellen (Internettmodellen).
- Lagene i TCP/IP-modellen.



UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Komponenter, aksessmodeller og nettverkstyper – en liten repetisjon



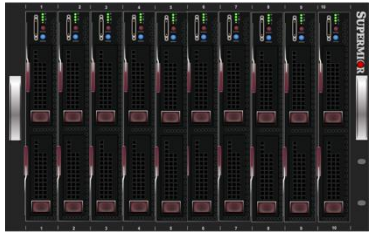
simula

tfj

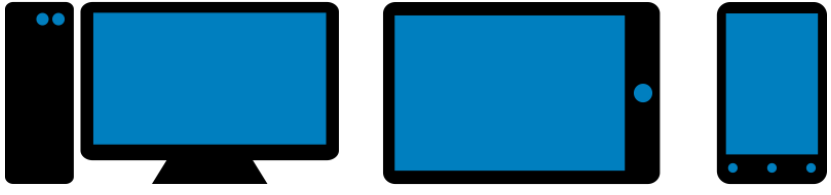
Nettverkskomponenter

- Tjenere





- Klienter



- Switcher

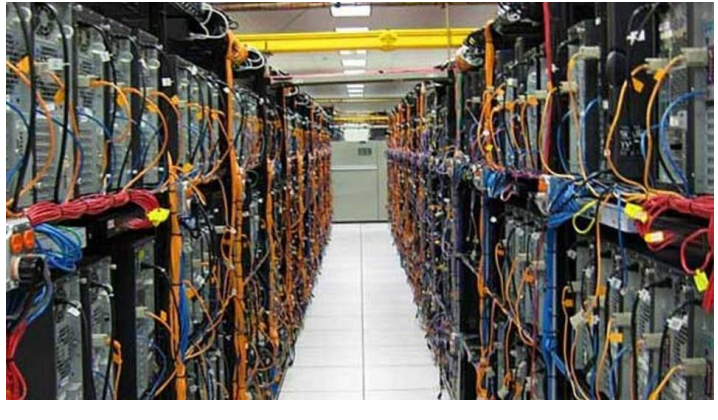




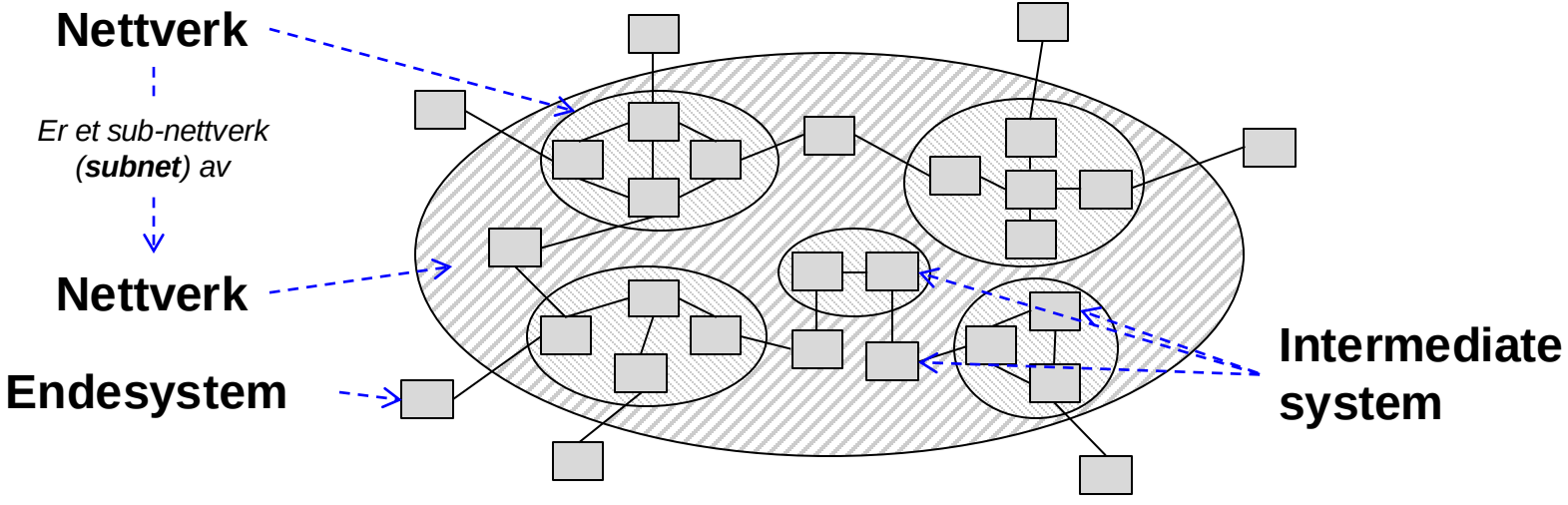
- Routere







Nettverkskomponenter



Endesystemer (tjenere og klienter):

- *For eksempler:*
  - Datamaskiner
  - Mobiltelefoner
  - «Duppedingser» (IoT), skrivere, etc.

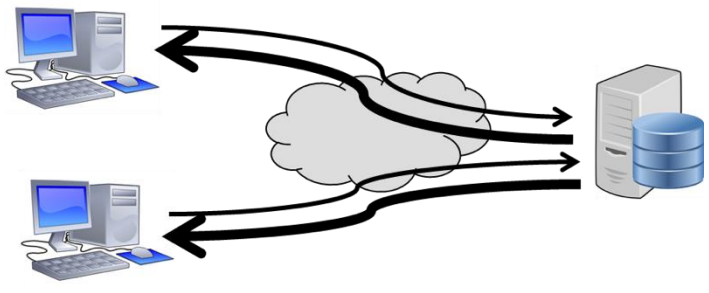
Intermediate system (rutere og switcher):

- *For eksempel:*
  - Ruter
  - Switch

Aksessmodeller for datakommunikasjon

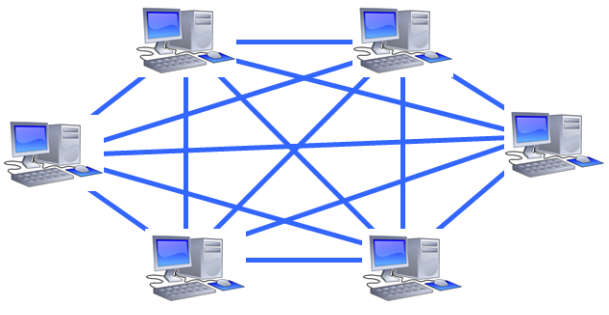
Klient-tjener:

- Klienter ber om en tjeneste (oppretter en forbindelse)
- Tjenere leverer tjenesten (svarer på forespørselen)



Peer-to-Peer (P2P)

- Alle noder er likeverdige
- Alle noder kan nå hverandre
- Eierskapet er distribuert

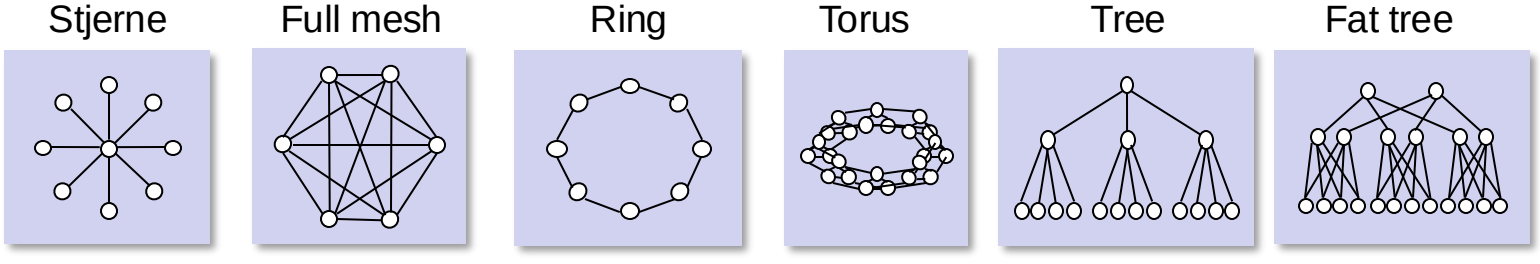


Nettverksstrukturer

Punkt-til-punkt nettverk:

- 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

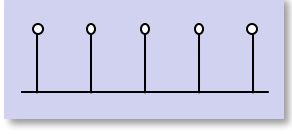
Broadcast-nettverk:

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

Bruk:

- *Trådløs:* Eneste mulighet (mobiltelefoni (4G,5G), satellitter, radio, WiFi, ...)
- *Kablet:* Gamle nettverk (Coax, Token ring)

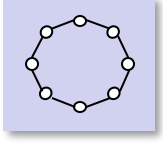
Topologieksempler:



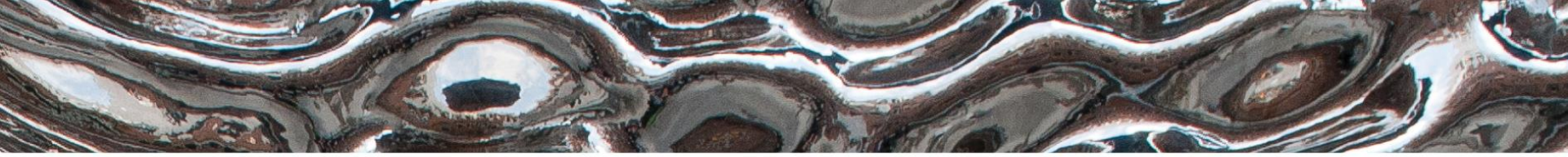
Bus



Broadcast



Ring



UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Protokoller og lagdeling



simula

tfj

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?

Nettverksprotokoller? Hva er en protokoll?



Protokoller og lag

Utfordring:

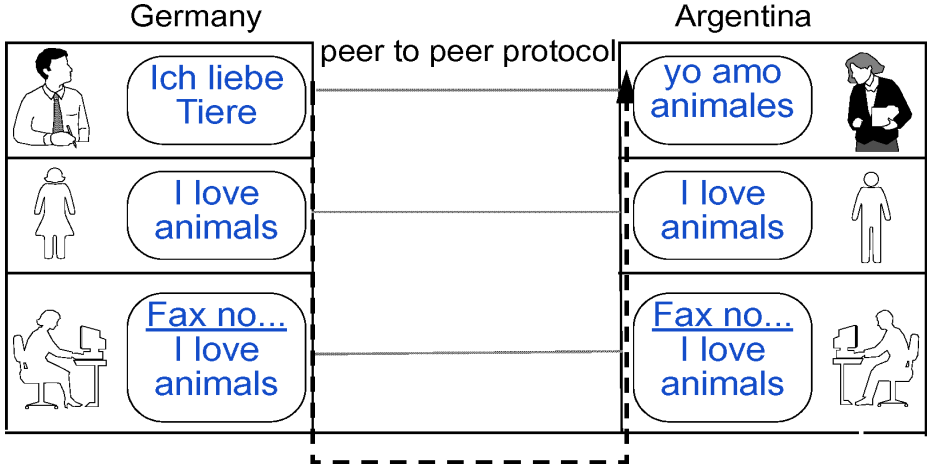
- Potensielt veldig komplisert med kommunikasjon til fremmede maskiner på nettet
- Interaksjon mellom forskjellige typer system og/eller nettverk

Forenkling:

- Introdusere standardiserte abstraksjonsnivåer
- Generelt: «modul», «lag» eller «nivå»

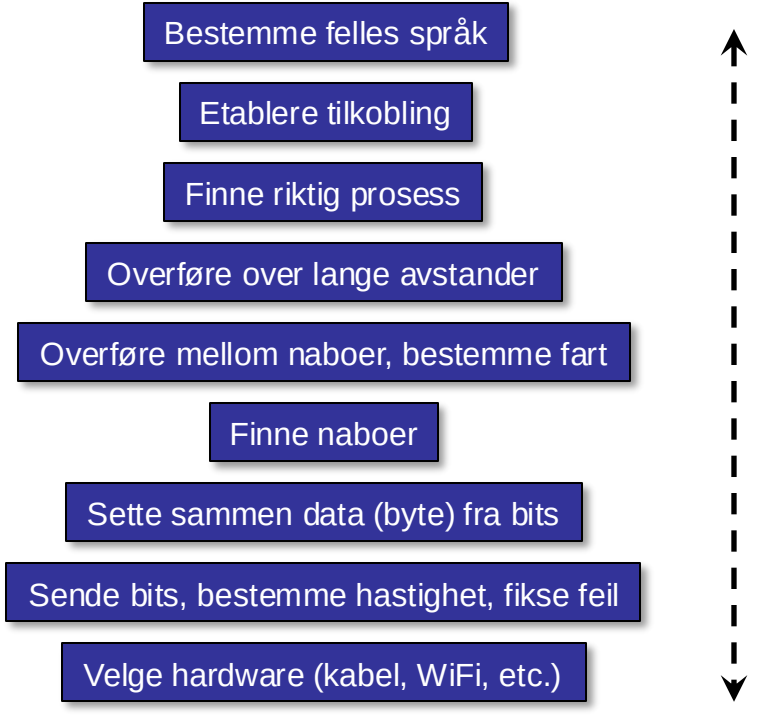
Eksempel:

- En biolog med en oversetter og en kryptert faks for å sende data over nettet.



Hvordan strukturere nettverkskommunikasjon?

Lagdeling



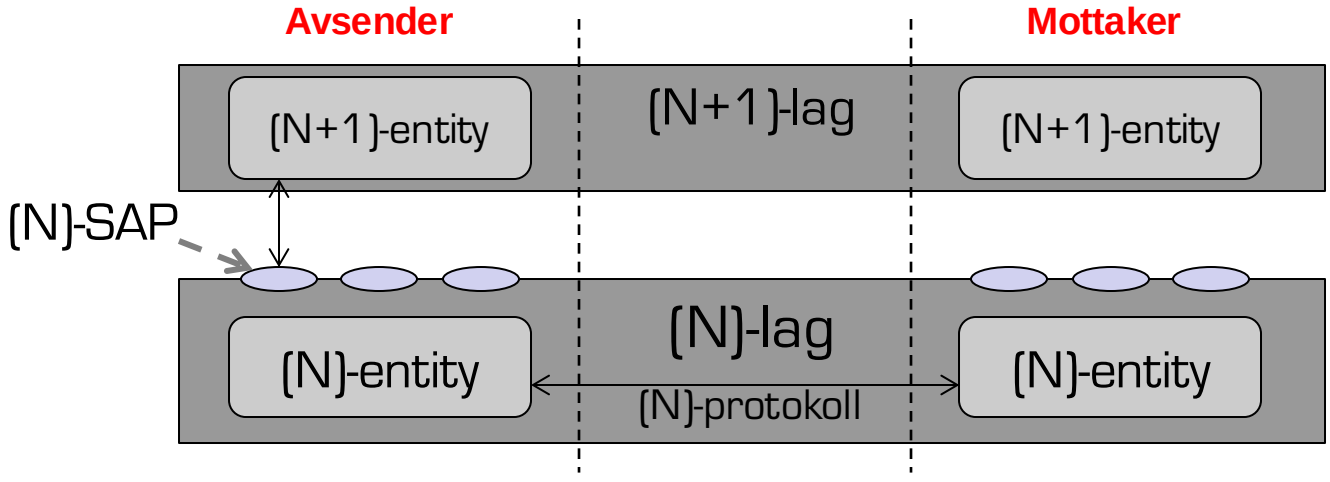
Fordeler:

- Klare koblinger
- Klar ansvarsfordeling
- Kan utvikle lagene uavhengig
- Lagene kan byttes ut

Ulemper:

- Ikke godt egnet for alle oppgaver
- Like problemer løses flere ganger

Lag i nettverket



(N)-Lag

- Bestemt abstraksjonsnivå

(N)-Entity

- Oppgaven til laget
- Er ofte en prosess eller IO modul.
- **Peer entities**: Andre siden skal også kunne løse samme oppgave.

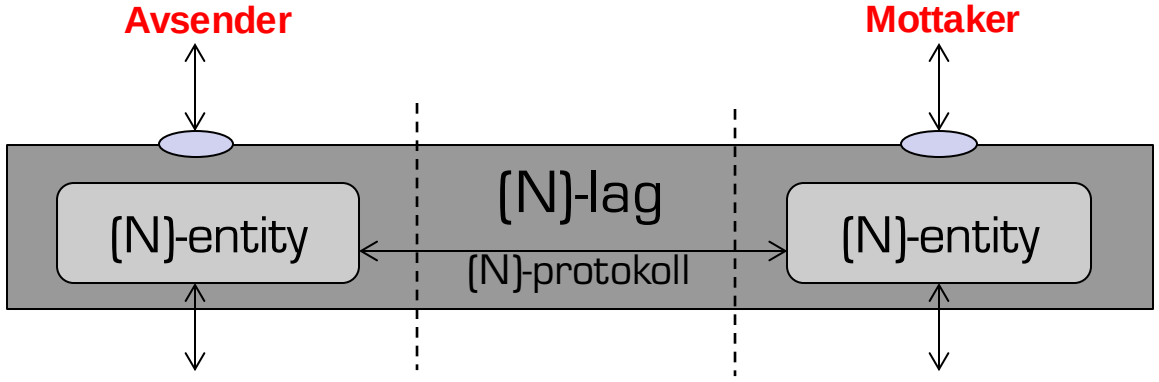
(N)-Service Access Point, (N)-SAP

- Tjenesteidentifikasjon
- Beskriver hvordan lag N tilbyr en tjeneste til lag N+1
- En *Entity* kan tilby flere tjenester.

(N)-Protokoll

- Et sett med regler for hvordan data skal overføres mellom *entity* på samme nivå.

Protokoll: Kommunikasjon mellom samme lag



Hva definerer en protokoll?

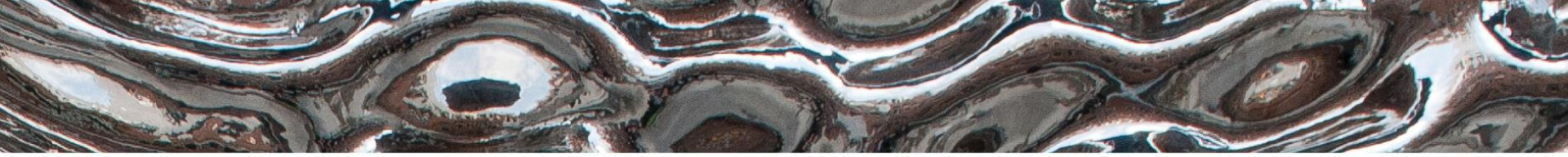
- *Definerer:*
  - Formatet på beskjeden og header (konvolutt).
  - Rekkefølgen på beskjedene.
  - Utvekslingen av beskjeder mellom to eller flere kommunikasjonssystemer.
  - Hva skal skje ved mottak eller sending av en beskjed.
- *Definerer ikke:*
  - Tjenestene tilbudt til laget over (N+1)
  - Tjenestene brukt i laget under (N-1)-SAP

Referansemodellen for OSI

ISO Open Systems Interconnection – også kjent som OSI-modellen

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





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

TCP/IP-modellen



simula

tfj

Fem-lags referansemodellen – TCP/IP modellen

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.

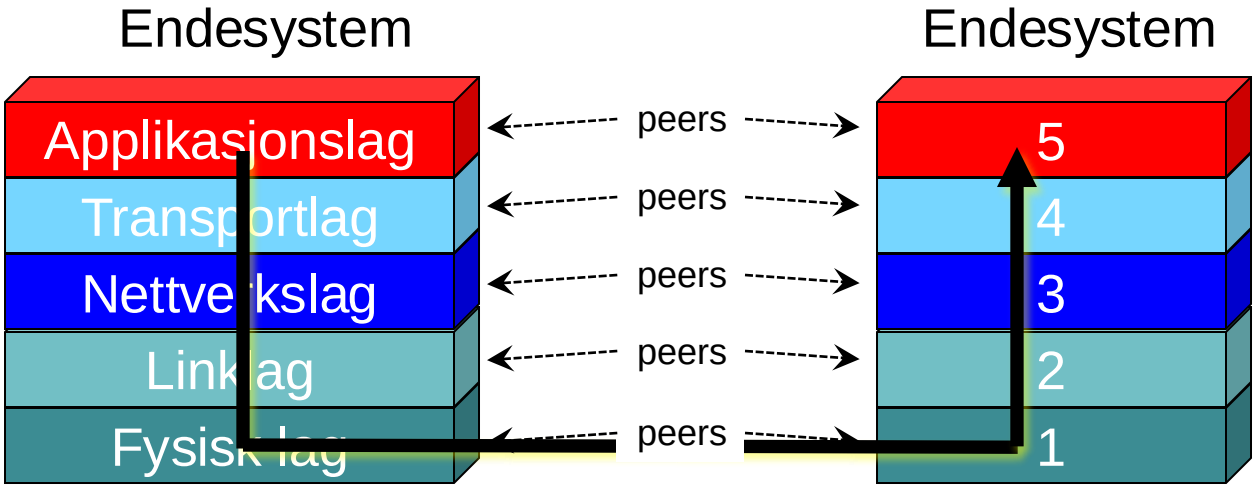
Lag		Funksjon
5	**Applikasjon**	Applikasjonsrelaterte tjenester (**HTTP**, **Mail**)
4	**Transport**	Kobler sammen systemene ende-til-ende (**TCP/UDP**)
3	**Nettverk**	Sende data fra ende-til-ende systemer (**IP**)
2	**Link**	Pålitelig overføring mellom to noder (**LAN/WiFi**)
1	**Fysisk**	Sender bit ut på mediet (kablet eller trådløst)

Dataenheter i TCP/IP-modellen

- "*Beskjeder*" fra applikasjonslaget defineres som «data units».

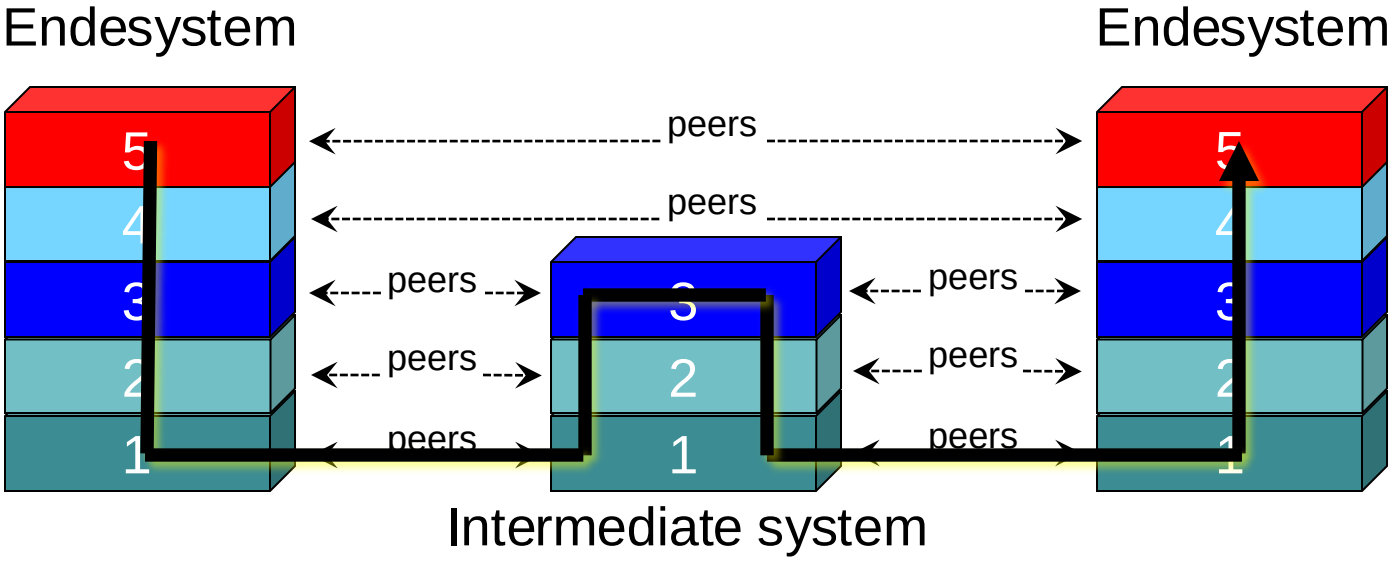
- Data units har forskjellige navn, avhengig av hvilket lag vi befinner oss i:
  - *Segments*: Brukes på transportlaget (kan inneholde fragmenter)
  - *Packets*: Brukes på nettverkslaget
  - *Frame*: Brukes på linklaget
  - *Bits*: Brukes på det fysiske laget

Datastrøm mellom to systemer med direkte tilkobling



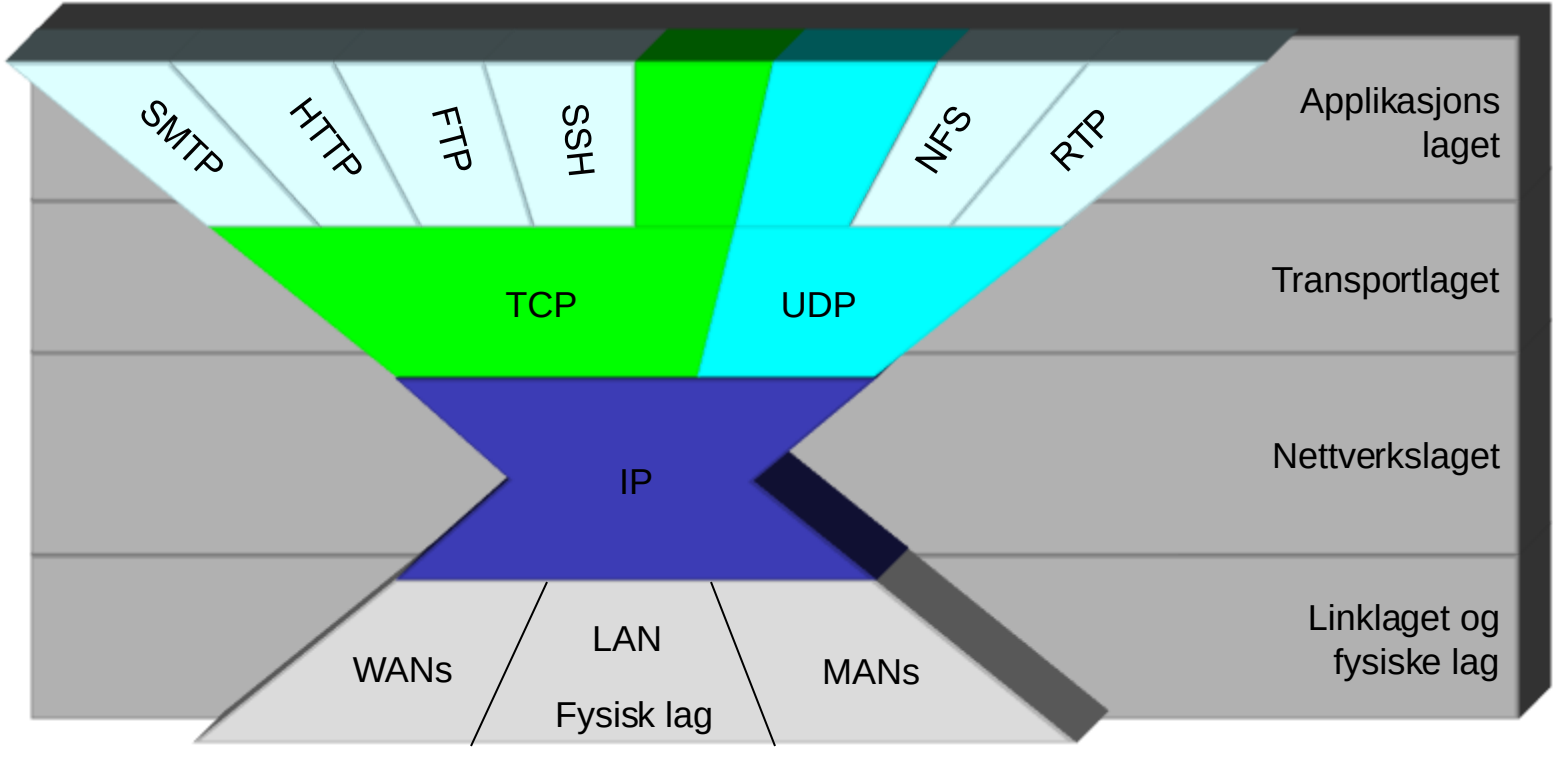
- Forespørselen går nedover lagene på "*avsender*"-siden og oppover hos mottaker.
- Det fysiske laget håndterer selve sendingen til neste (nabo) node.

Datastrøm mellom to systemer uten direkte tilkobling

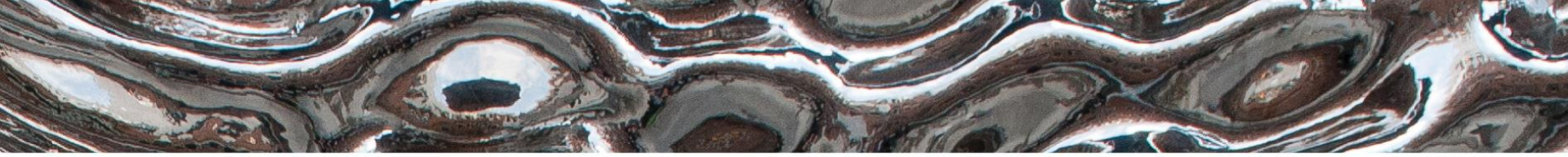


- Nettverksprotokollen (IP) tar hånd om rutingen til endelig destinasjon.
  - På hver ruter så går pakken opp til nettverkslaget for prosessering.
- Transport og applikasjonslaget kommuniserer ende-til-ende.

Internet Protocol Stack



Kallenavn: “Timeglass-modellen”



UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

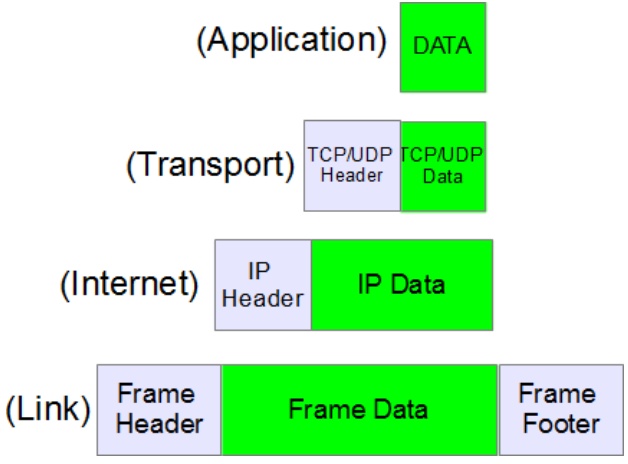
Lagene i TCP/IP-modellen



simula

tfj

Eksempel: Lagene i bruk



Hva skjer i de forskjellige lagene når vi prøver å åpne en nettside?

Husk: Internett har kun 5 lag (eller 4)

- Lag 5, 6 og 7 fra OSI er implementert som *ett* applikasjonslag
  - Vi kommer tilbake til applikasjonslaget i senere forelesninger!

På Internett blir ofte lag 3 (nettverk) og 4 (transport) blandet:

- Transportprotokoll **TCP** (eller **UDP**) og nettverksprotokoll **IP**
- Kan i flere tilfeller være utfordrerne å trekke linjen hvor TCP slutter og IP begynner

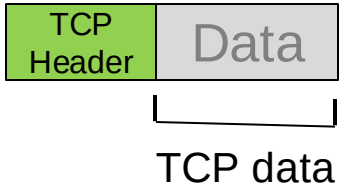
Data

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)!*



Lag 4 - Transportlaget

- TCP: HTTP, E-post, filoverføring, etc.
- UDP: Strømming av video og lyd

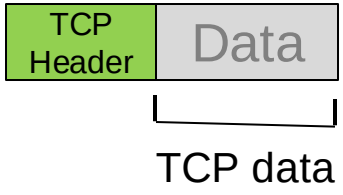
- Bruker «port» som en unik identifikator.
  - Representeres med et 16-bit heltall

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			

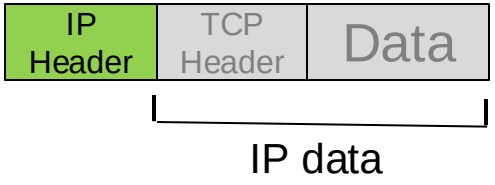
UDP Datagram Header Format

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



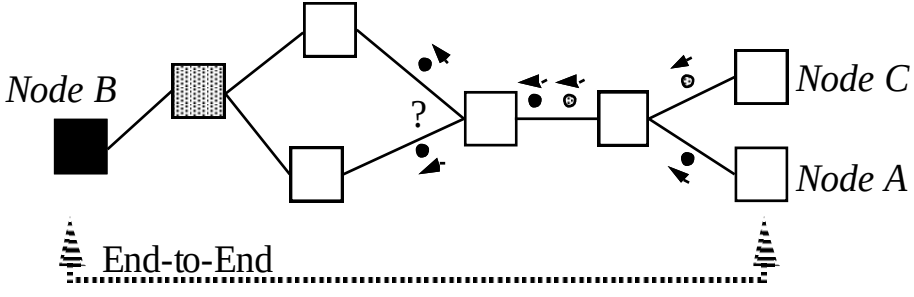
Lag 4 - Transportlaget

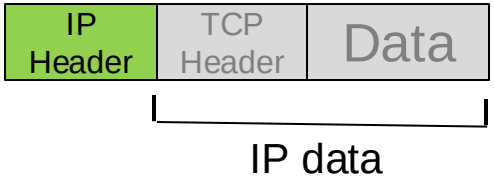
- **TCP:**
  - Oppsett av forbindelse (3-way handshake)
  - Garanterer at pakkene leveres i riktig rekkefølge
  - *Pålitelighet* – Pakker sendes på nytt hvis kvitteringen (ACK) ikke kommer frem
  - Flytkontroll og meningskontroll
- **UDP:**
  - Tilkoblingsløs forbindelse
  - Ingen garantier
  - «Best-effort»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



Lag 3 - Nettverkslaget

- **Kobler sammen systemene ende-til-ende**
- **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)

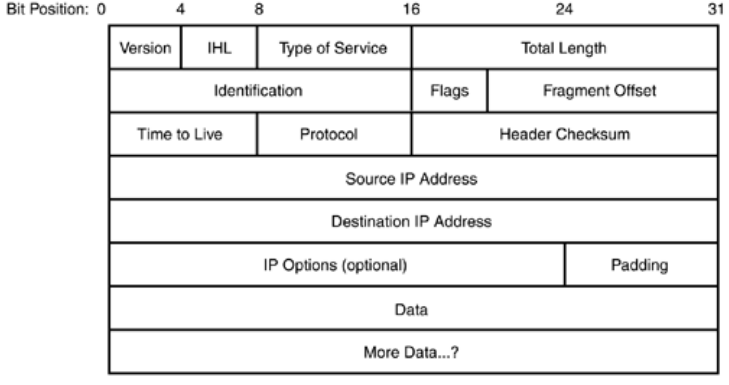


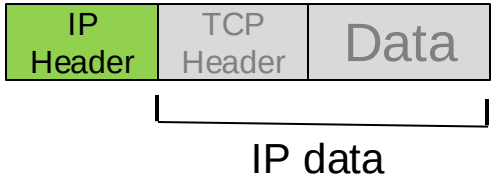


Lag 3 - Nettverkslaget

- 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





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

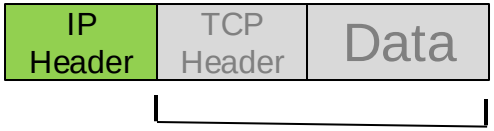
255.255.0.0

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.



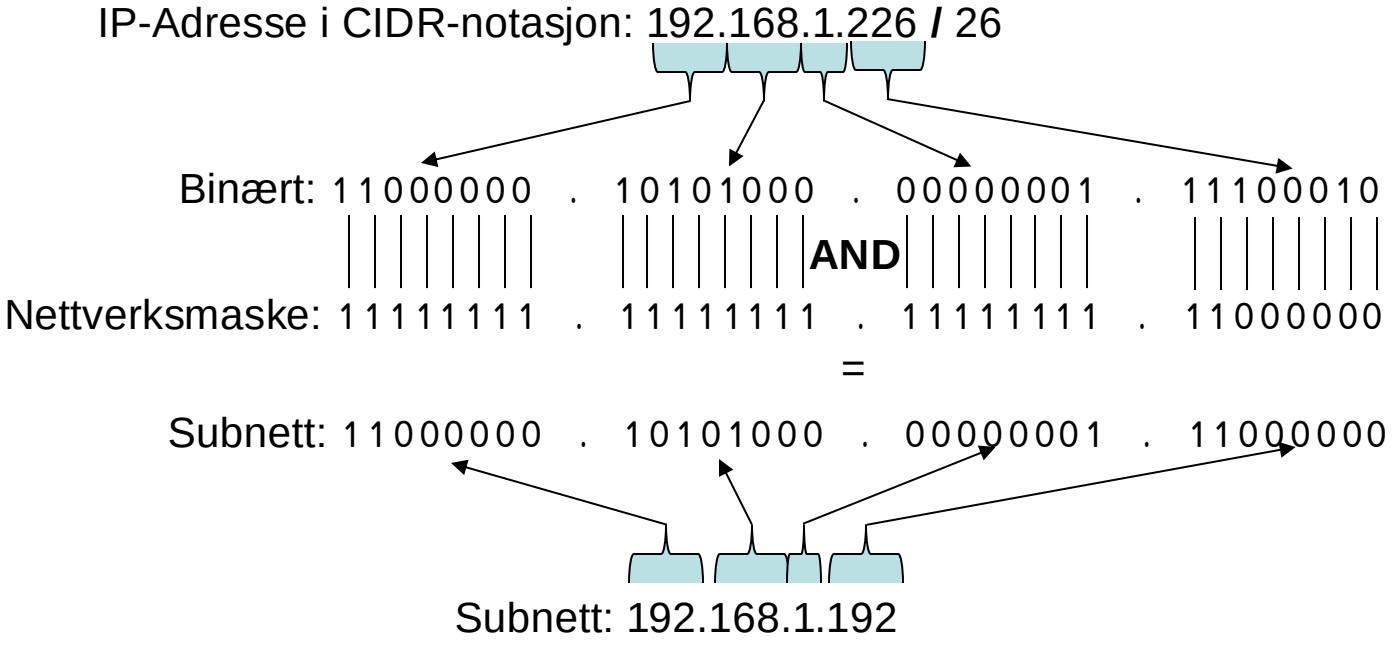
CIDR- og punktnotasjon av subnett

- Nettverksmasken består alltid av en sammenhengende serie "***1***" deretter en sammenhengende serie "***0***"
  - Eks: 255.255.255.0
  - 11111111.11111111.11111111.00000000
- Det er to vanlige måter å notere omfanget av et subnett:
  - Punktnotasjon:
    - For eksempel: 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

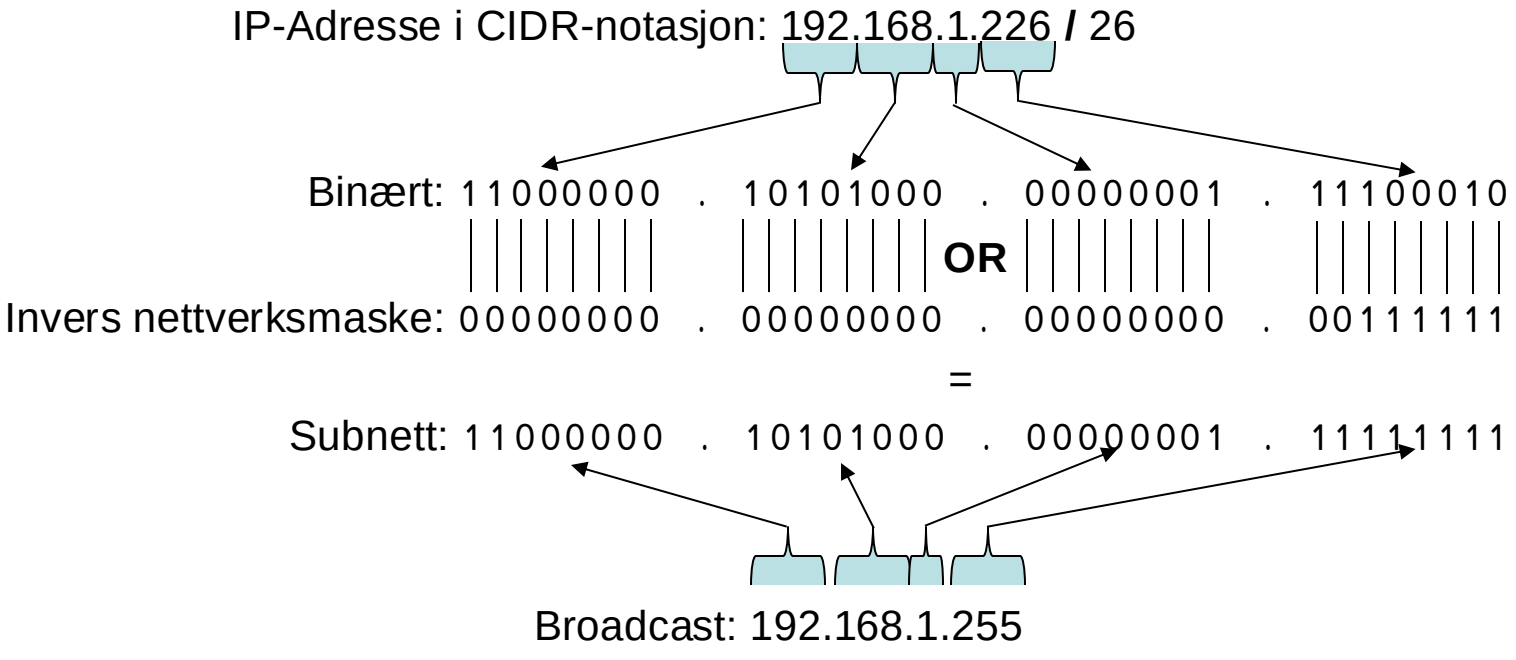
Vertsdel

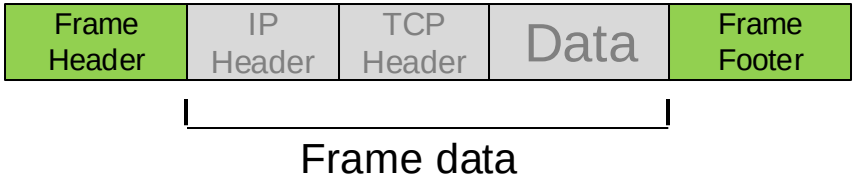
Nettverksdel

Eksempel: Subnettadresse fra IP / Nettverksmaske



Eksempel: Kringkastingsadresse fra IP / Nettverksmaske

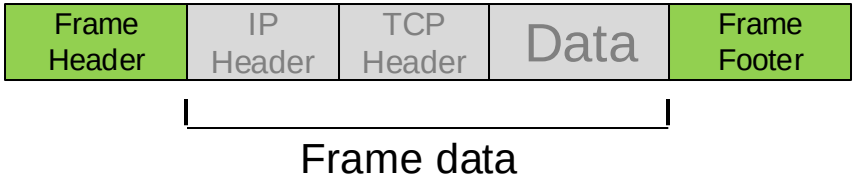




Lag 2 - Linklaget

- **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)

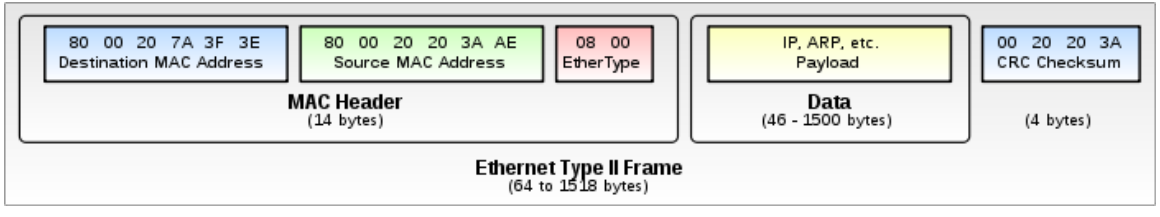




Lag 2 - Linklaget

- Det vanligste linklagene er ”Ethernet”, og ”WiFi”. Disse er ganske like, men har noen forskjeller.

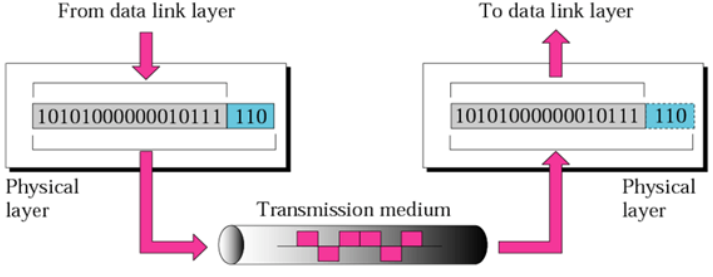
- Bruker en 6-byte adresse (48-bit) som ofte er lagret i nettverkskortet
  - MAC-adresse, brukes både på WiFi og Ethernet.
  - Hver *byte* representeres med en *heksadesimal* verdi: 07:01:02:01:2C:4B



Lag 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:
  - Enveis (unidirectional) – half-duplex
  - Toveis (bidirectional) – full-duplex
  - *Hva skal markere starten og slutten på overføringer*

– Eksempler: RS-232-C, 1000BASE-X



Repetisjon:

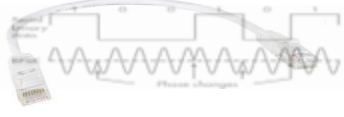
Lagene i Internett (TCP/IP referansemodellen)





Applikasjonslag	**http://www.uio.no**		Applikasjonslag
Transportlag	**192.168.1.5:80**		Transportlag
Nettverkslag	**192.168.1.5**	Nettverkslag	Nettverkslag
Linklag	**A1:B2:C3:D4:E5:F6**	Linklag	Linklag
Fysiske lag		Fysiske lag	Fysiske lag







Ekstramateriale:

- *Bøker og artikler:*
  - Andrew S. Tanenbaum: Computer Networks (5th edition), 2010. Prentice Hall International Edition
  - James F. Kurose, Keith W. Ross: Computer Networking: A Top-Down Approach (6th edition), 2012. Pearson
  - TCP/IP modellen: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_protocol_suite