



UiO • **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**IN1020 - Introduksjon til datateknologi**

Forelesning – 29.10.2020

***Lagdeling i Internettarkituren***

*Håkon Kvale Stensland*



**simula**

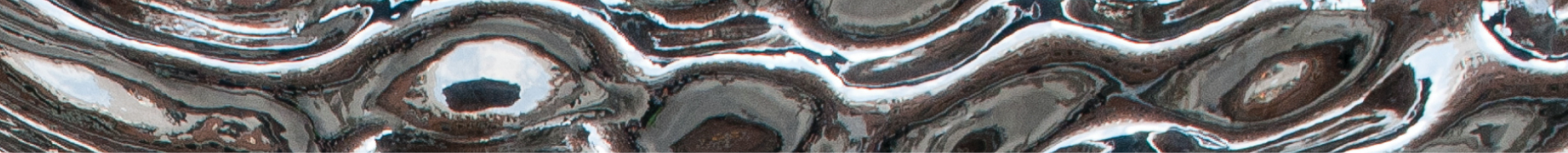


## (Revidert) plan for ”nettverksdelen” av IN1020

- 27. august – Datanett – En introduksjon
- **29. oktober** – Historien til datanettverk  
*Lagdeling i Internettarkitekturen*
- 30. oktober – Lagene spiller sammen
- 5. november – *Kryptering & Sikkerhet*
- 6. november – Tjenester i Internett

# Lagdelingen i datakommunikasjon

- 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

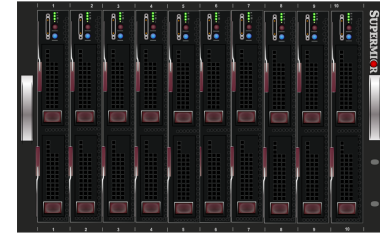


**simula**

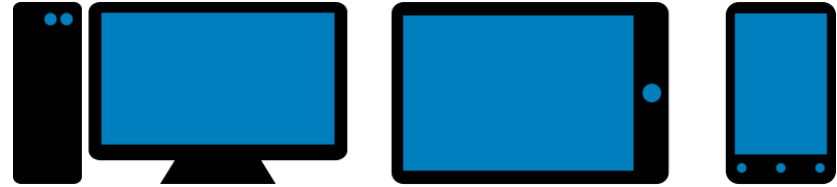


# Nettverkskomponenter

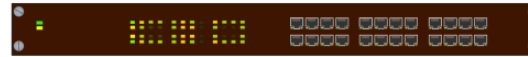
- Tjenere



- Klienter



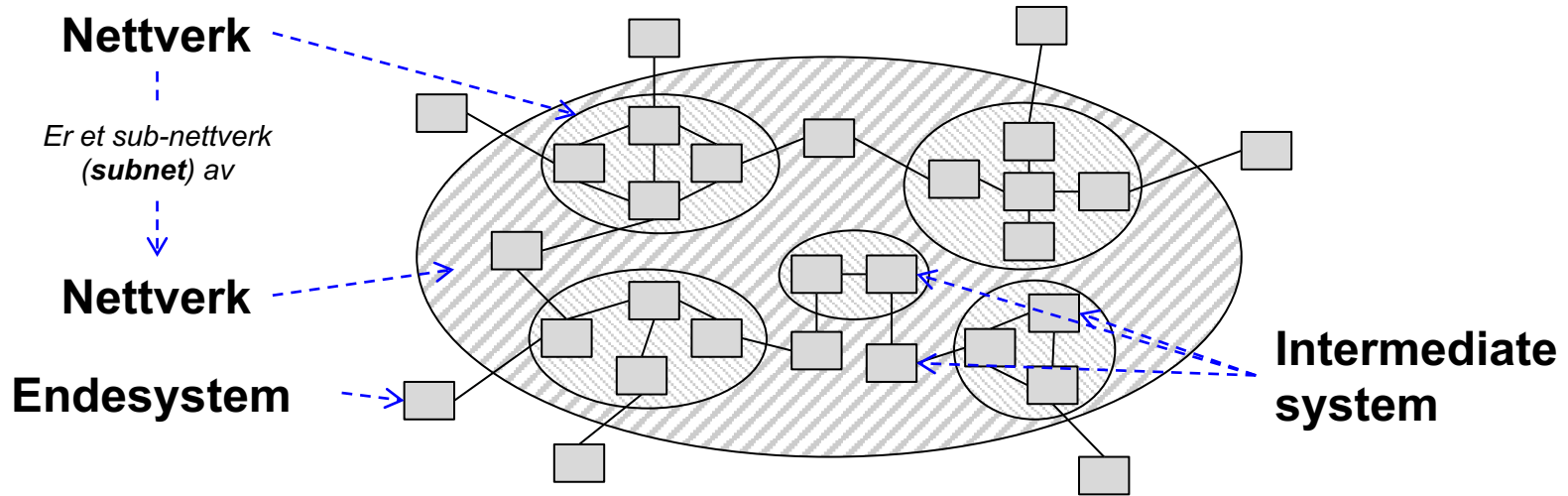
- Switcher



- Routere



# Nettverkskomponenter



## Endesystemer (tjenere og klienter):

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

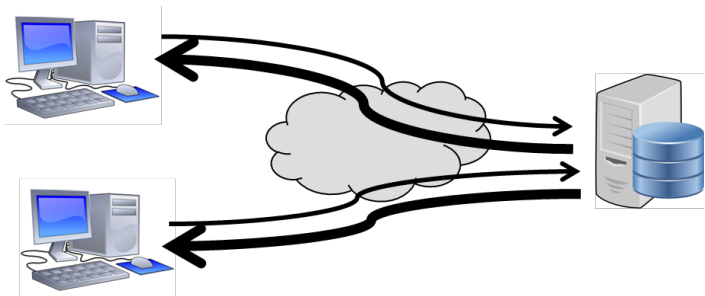
## Intermediate system (rutere og switcher):

- For eksempel:
  - Ruter
  - Switch

# Aksessmodeller for datakommunikasjon

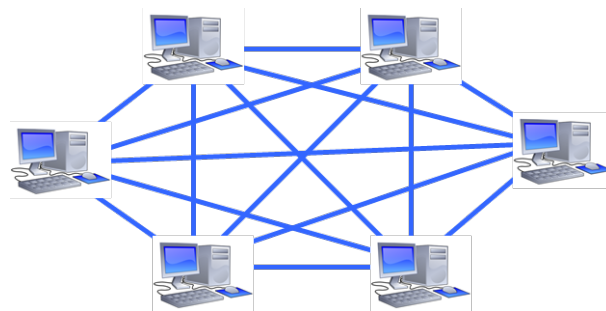
## Klient-tjener:

- 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



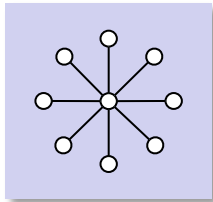
# Nettverksstrukturer

## Punkt-til-punkt nettverk:

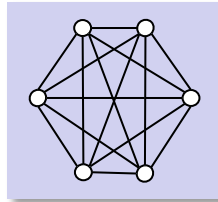
- Flere forskjellige kabler, kabeltyper eller radiolinker som kommuniserer fra punkt til punkt.
- Kabel eller radiolink kobler alltid sammen to noder.
- En-til-en overføring.

## Topologieksempler:

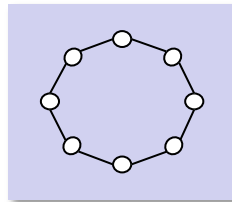
Stjerne



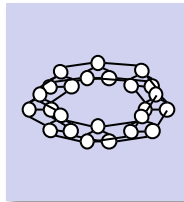
Full mesh



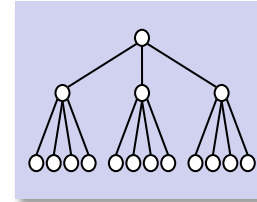
Ring



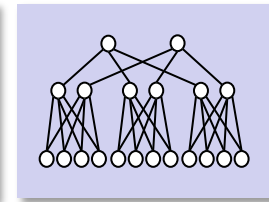
Torus



Tree



Fat tree





# Nettverksstrukturer

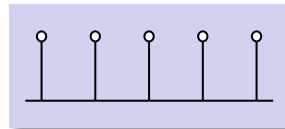
## Broadcast-nettverk:

- 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)

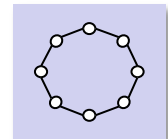
## Eksempler



Bus



Broadcast



Ring

# 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/>

# Protokoller og lagdeling



**simula**



# 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:

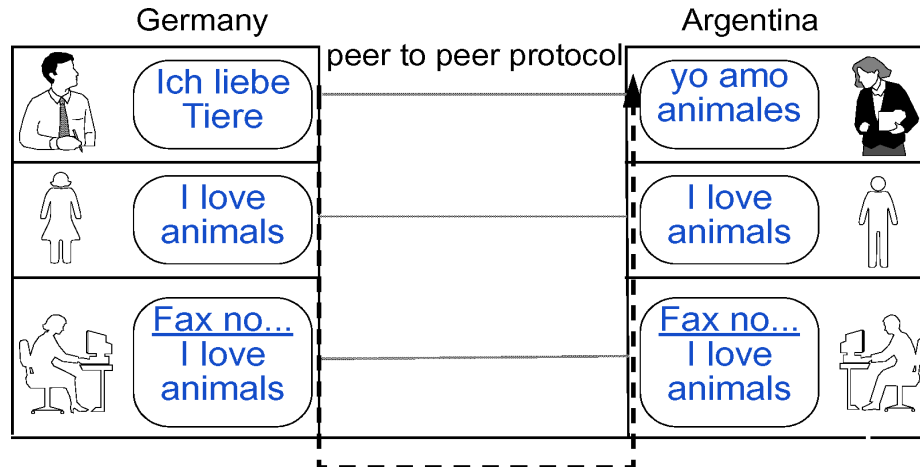
- Potensielt veldig komplisert med kommunikasjon til fremmede maskiner på nettet
- Interaksjon mellom forskjellige typer system og/eller nettverk

## 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



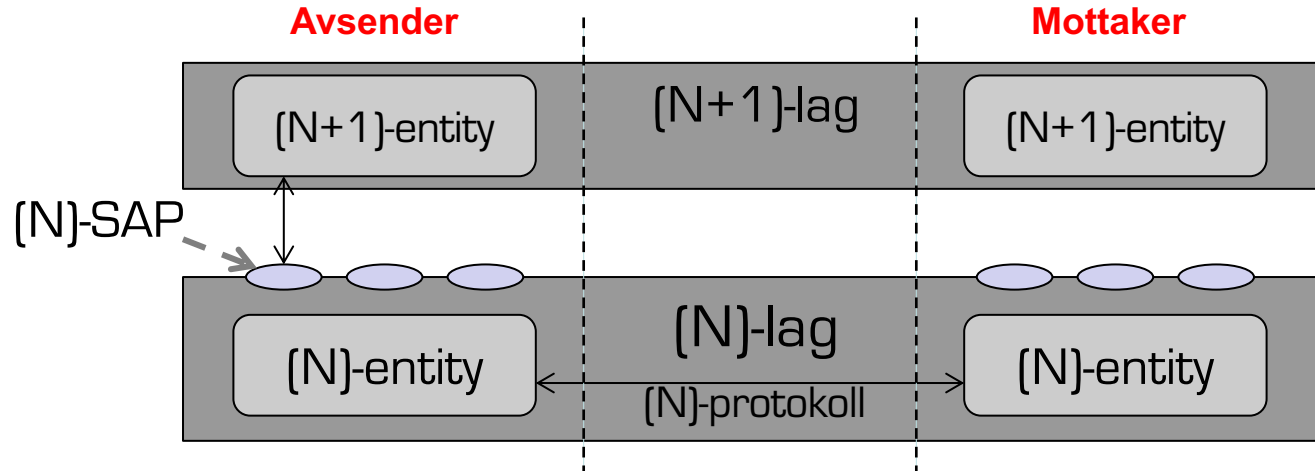
### Fordeler:

- 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

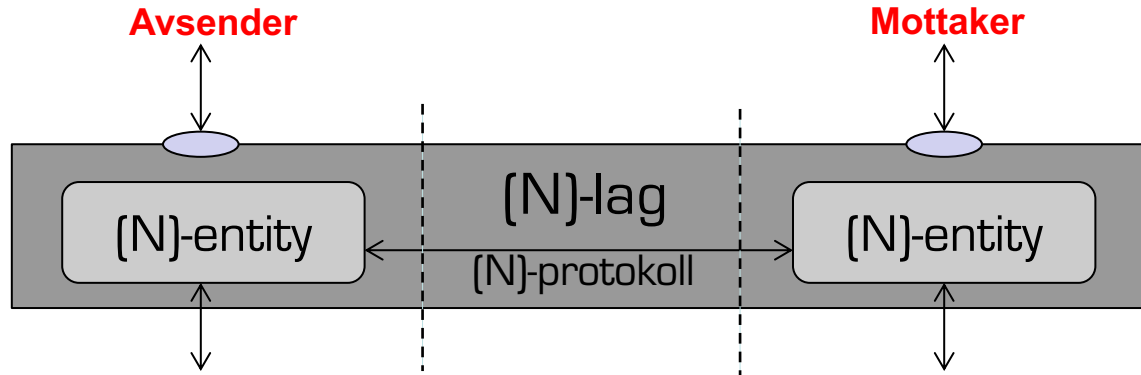
- Tjenesteidentifikasjon
- Beskriver hvordan lag N tilbyr en tjeneste til lag N+1
- En Entity kan tilby flere tjenester.

## (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?

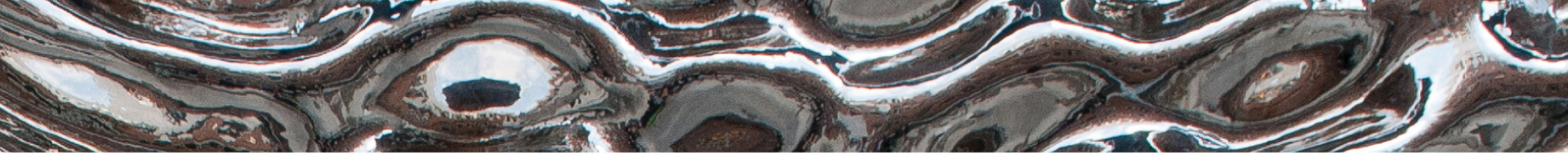
- *Definerer:*
  - Formatet på beskjedene og header (konvolutt).
  - Rekkefølgen på beskjedene.
  - Utvekslingen av beskjedene mellom to eller flere kommunikasjonssystemer.
  - Hva skal skje ved mottak eller sending av en beskjed.
- *Definerer ikke:*
  - Tjenestene tilbudt til laget over (N+1)
  - Tjenestene 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
  - Ikke pensum i IN1020... ☺





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

# TCP/IP-modellen



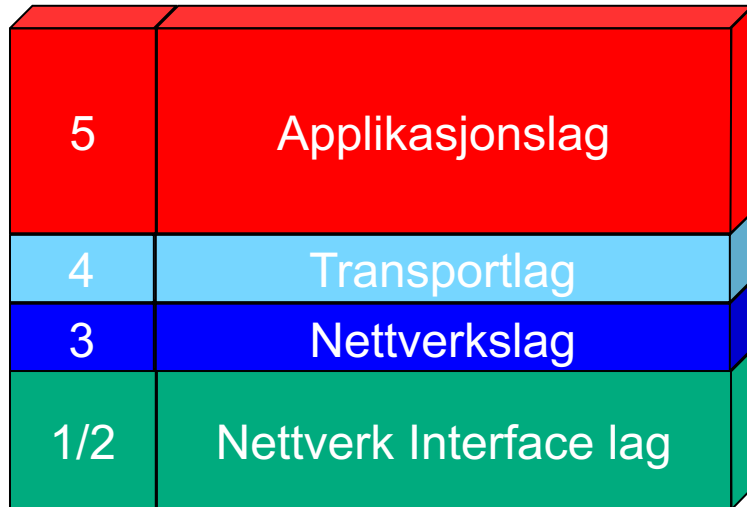
**simula**



# Fem-lags referansemodellen – TCP/IP modellen

## TCP/IP (Internett)

- TCP/IP er overalt: WWW, E-post, filoverføring, tjenester på nettet...



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

# OSI versus TCP/IP

## Forskjell på TCP/IP modellen og ISO-OSI

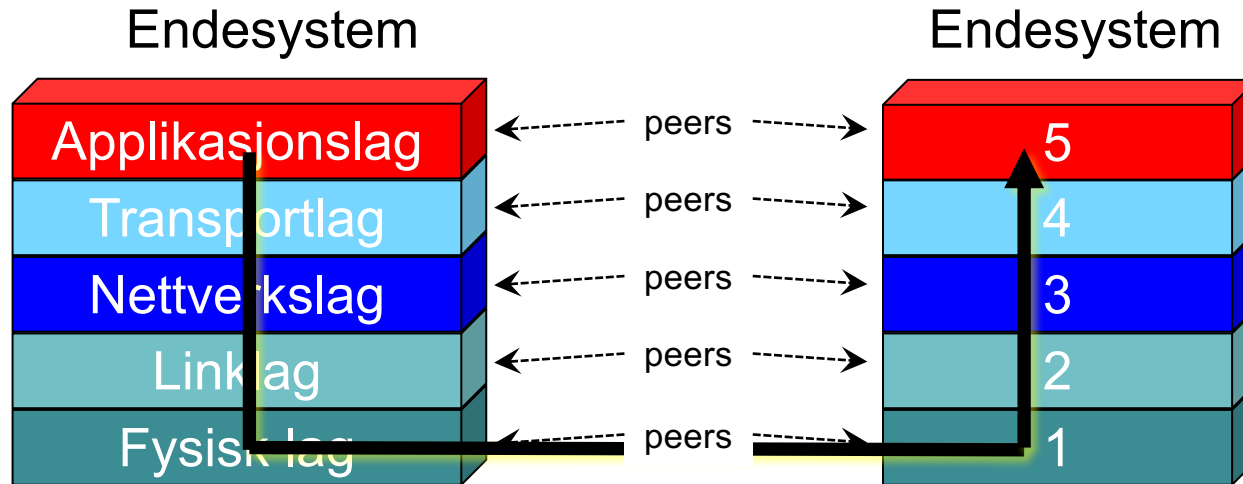
- Presentasjon, sesjon og applikasjonslagene slås sammen til ett lag.
- Litt ut i fra hvem du spør så slås også linklaget og det fysiske laget sammen til ett lag kalt nettverkgrensesnittet.

Lag		Funksjon
5	Applikasjon	Applikasjonsrelaterte tjenester, og eventuell funksjonalitet fra OSI lag 5 og 6.
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
1	Fysisk	Sender bit ut på mediet (kablet eller trådløst)

# Dataenheter i TCP/IP-modellen

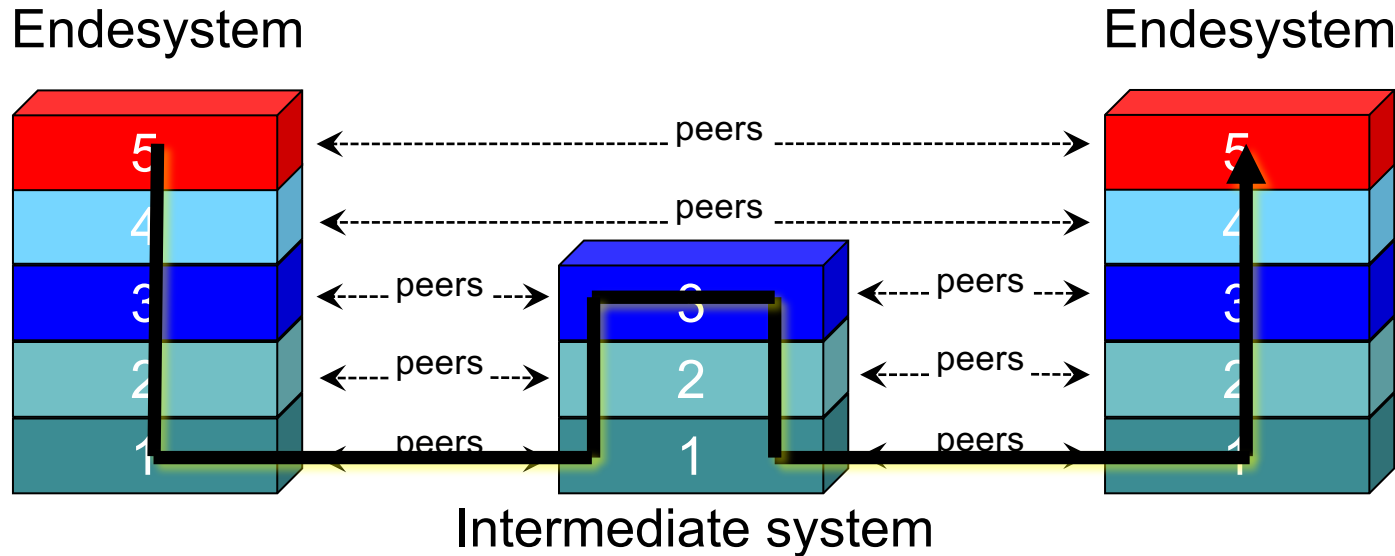
- “*Beskjeder*” fra applikasjonslaget defineres som «data units».
- **Data units** har forskjellige navn, avhengig av hvilket lag vi befinner oss i:
  - *Segments*: Brukes på transportlaget (kan inneholde fragmenter)
  - *Packets*: Brukes på nettverkslaget
  - *Frame*: Brukes på linklaget
  - *Bits*: 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.

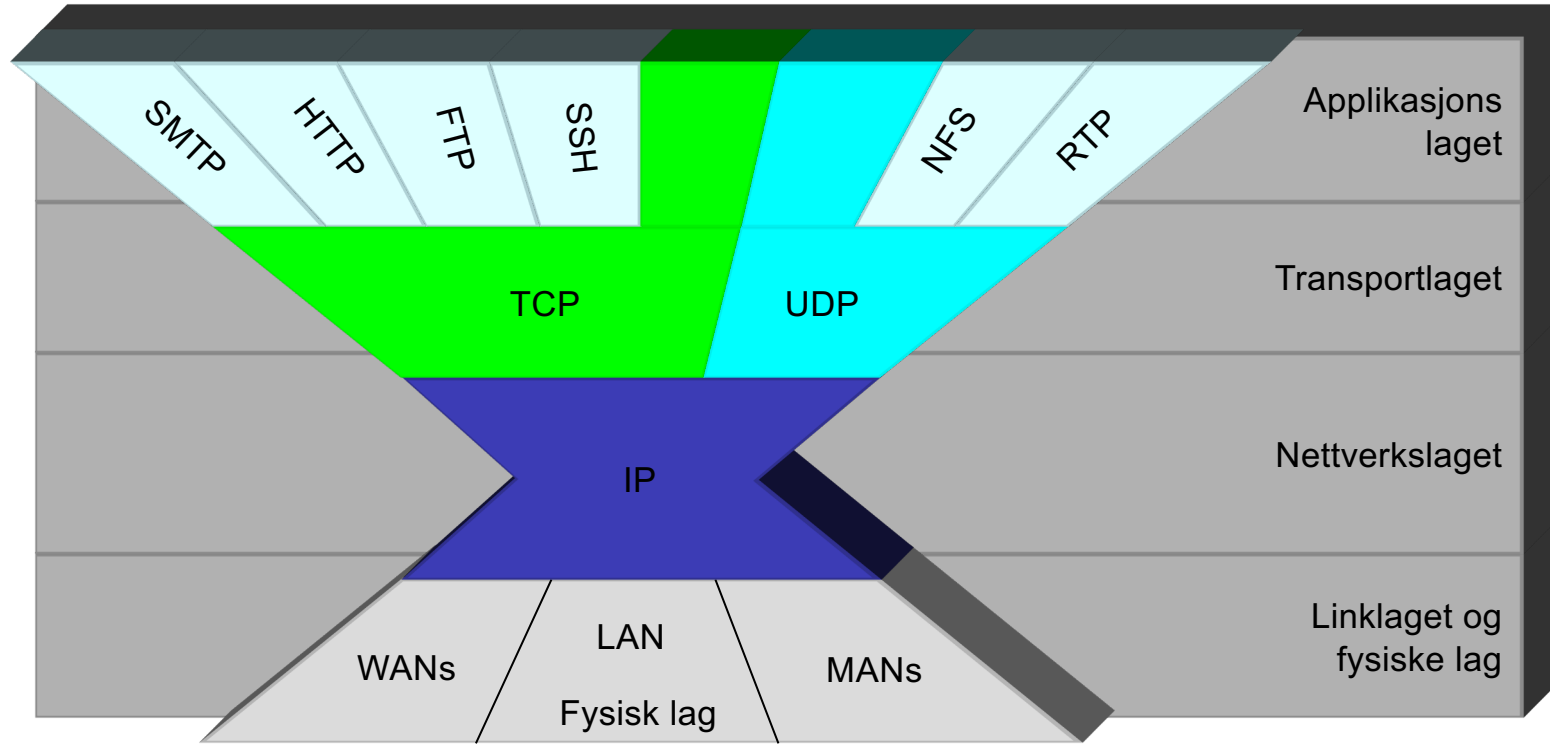
## Datastrøm mellom to systemer uten direkte tilkobling



- 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"

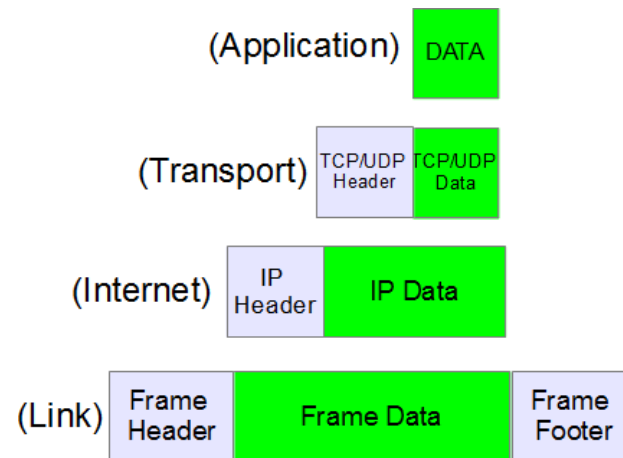
# Lagene i TCP/IP-modellen



**simula**



## 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

*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 6. november (Tjenester i Internett)!*



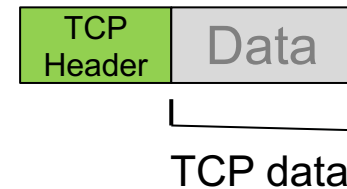
TCP data

# 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

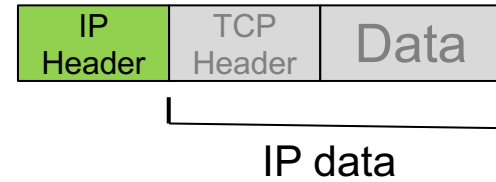
TCP Segment Header Format								
Bit #	0	7	8	15	16	23	24	31
0	Source Port				Destination Port			
32	Sequence Number							
64	Acknowledgment Number							
96	Data Offset	Res	Flags			Window Size		
128	Header and Data Checksum				Urgent Pointer			
160...	Options							

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



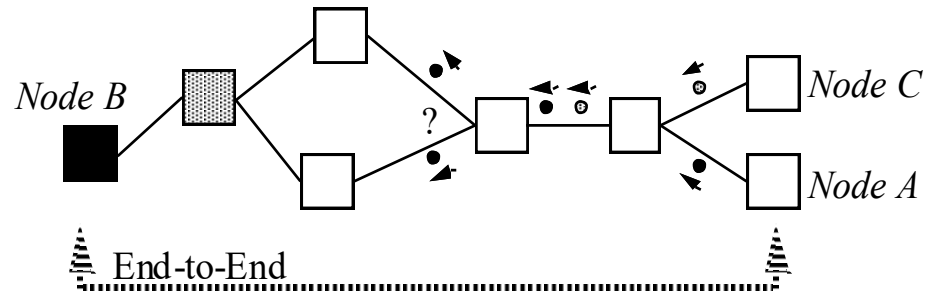
## Lag 4 - Transportlaget

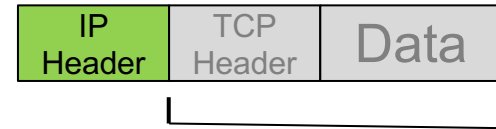
- **TCP:**
  - Oppsett av forbindelse (3-way handshake)
  - Garanterer at pakkene leveres i riktig rekkefølge
  - *Pålitelighet* – Pakker sendes på nytt hvis kvitteringen (ACK) ikke kommer frem
  - Flytkontroll og meningskontroll
- **UDP:**
  - Tilkoblingsløs forbindelse
  - Ingen garantier
  - «Best-effort»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



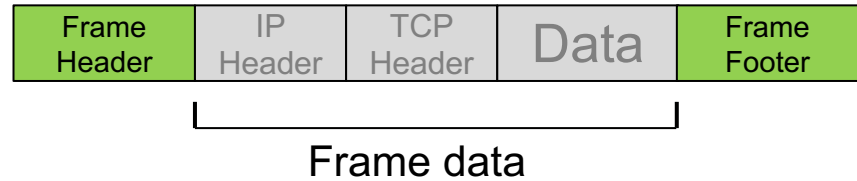


# Lag 3 - Nettverkslaget

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

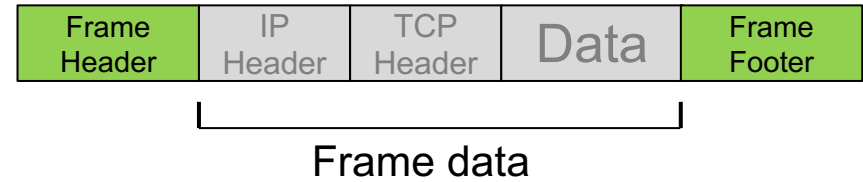
Version		IHL		Type of Service		Total Length			
Identification				Flags		Fragment Offset			
Time to Live		Protocol		Header Checksum					
Source IP Address									
Destination IP Address									
IP Options (optional)					Padding				
Data									
More Data...?									





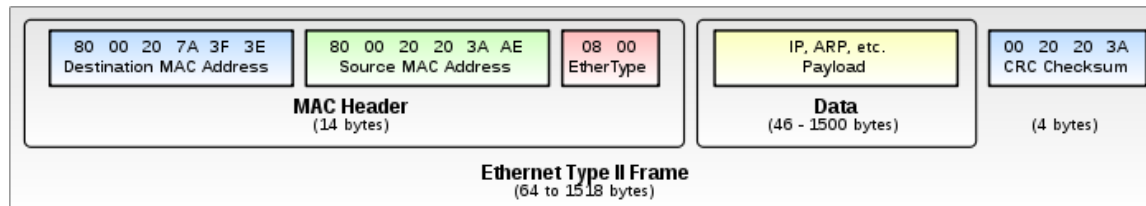
- **Pålitelig overføring mellom to enheter.**
  - Pakker som overføres i linklaget kalles «frames»
  - Feildeteksjon or retting innenfor en «frame»
- En «switch» vil kun jobbe på lag 2
- Lag 2 vil kunne ha enkel flytkontroll
  - Rask sender, treg mottaker
- Medium Access Control (MAC)





## Lag 2 - Linklaget

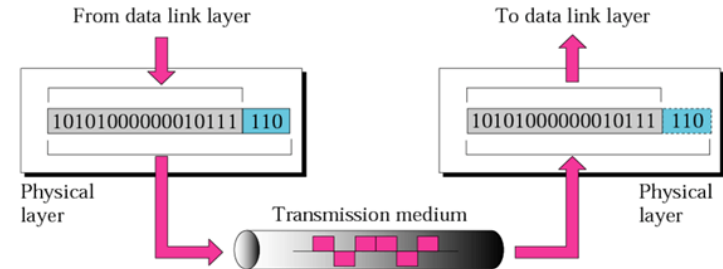
- Det vanligste linklagene er "Ethernet", og "WiFi". Disse er ganske like, men har noen forskjeller.
- Bruker en 6-byte adresse (48-bit) som ofte er lagret i nettverkskortet
  - MAC-adresse, brukes både på WiFi og Ethernet.
  - Hver *byte* representeres med en *heksadesimal* verdi: 07:01:02:01:2C:4B



# 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



# Lagene i Internett (TCP/IP referansemodellen)



Applikasjonslag

<http://www.uio.no>

Transportlag

192.168.1.5:80

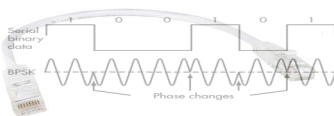
Nettverkslag

192.168.1.5

Linklag

A1:B2:C3:D4:E5:F6

Fysiske lag



Nettverkslag

Linklag

Fysiske lag



Applikasjonslag

Transportlag

Nettverkslag

Linklag

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](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_protocol_suite)