

UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**IN1020 - Introduksjon til datateknologi**

Forelesning – 28.08.2026

# *Introduksjon til datakommunikasjon*

*Håkon Kvale Stensland*




simula



# Plan for ”nettverksdelen” av IN1020

- **28. august –Introduksjon til datakommunikasjon**

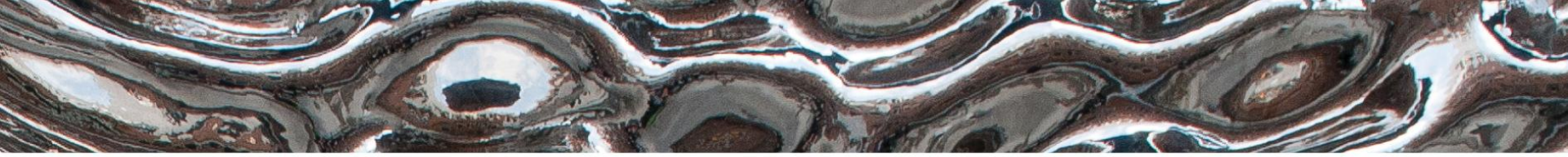
- 2. september – Lagdeling i datakommunikasjon
- 4. september – Hvordan fungerer din hjemmeruter?

- 9. september – Kryptografi: Nøkkelen til digital samhandling
- 11. september – Introduksjon til operativsystemer

- 30. september - Tjenester i Internett

# En introduksjon til datanettverk

- Grunnleggende begreper i datakommunikasjon
  - Kommunikasjonsformer
  - Komponenter i datanettverk
  - Aksessmodeller i datakommunikasjon
  - Forskjellige typer nettverk
- Nettverkshistorie.
- Utfordringer vi må løse i et datanettverk
- Protokoller og lagdeling



UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

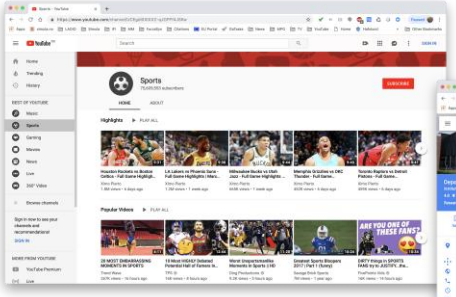
# Hvorfor skal vi lære om nettverk?



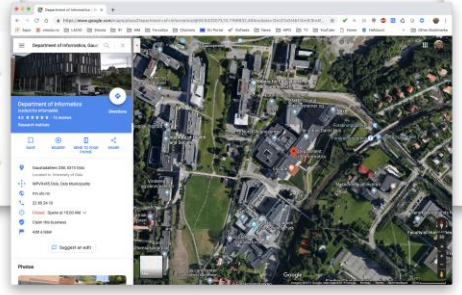

simula

tfj

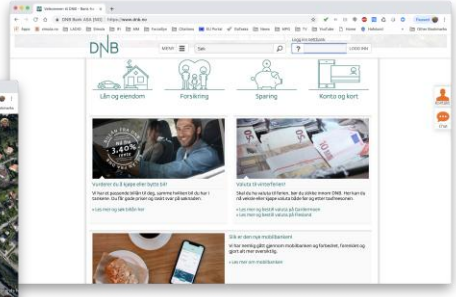
# Nettbasert programvare



Video



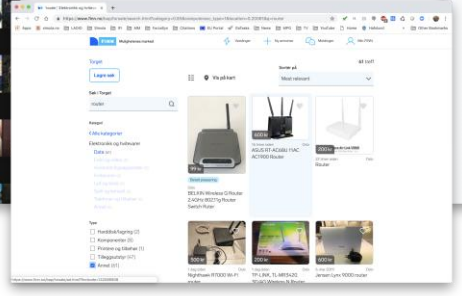
Navigasjon



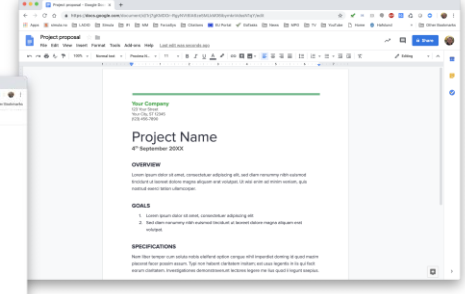
Bank



TV



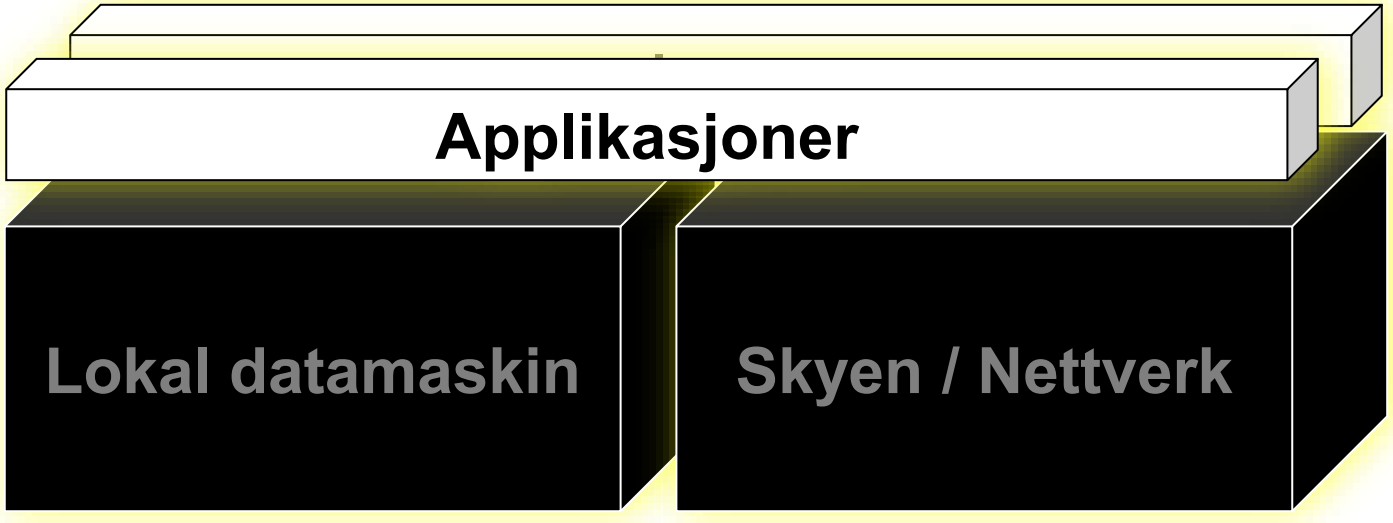
Shopping



Office

# Details, Schmetails…

Spiller det noen rolle hvor an applikasjon kjører?




I løpet av nettverksdelen i IN1020 skal vi forstå hvordan den svarte boksene til høyre fungerer… ☺

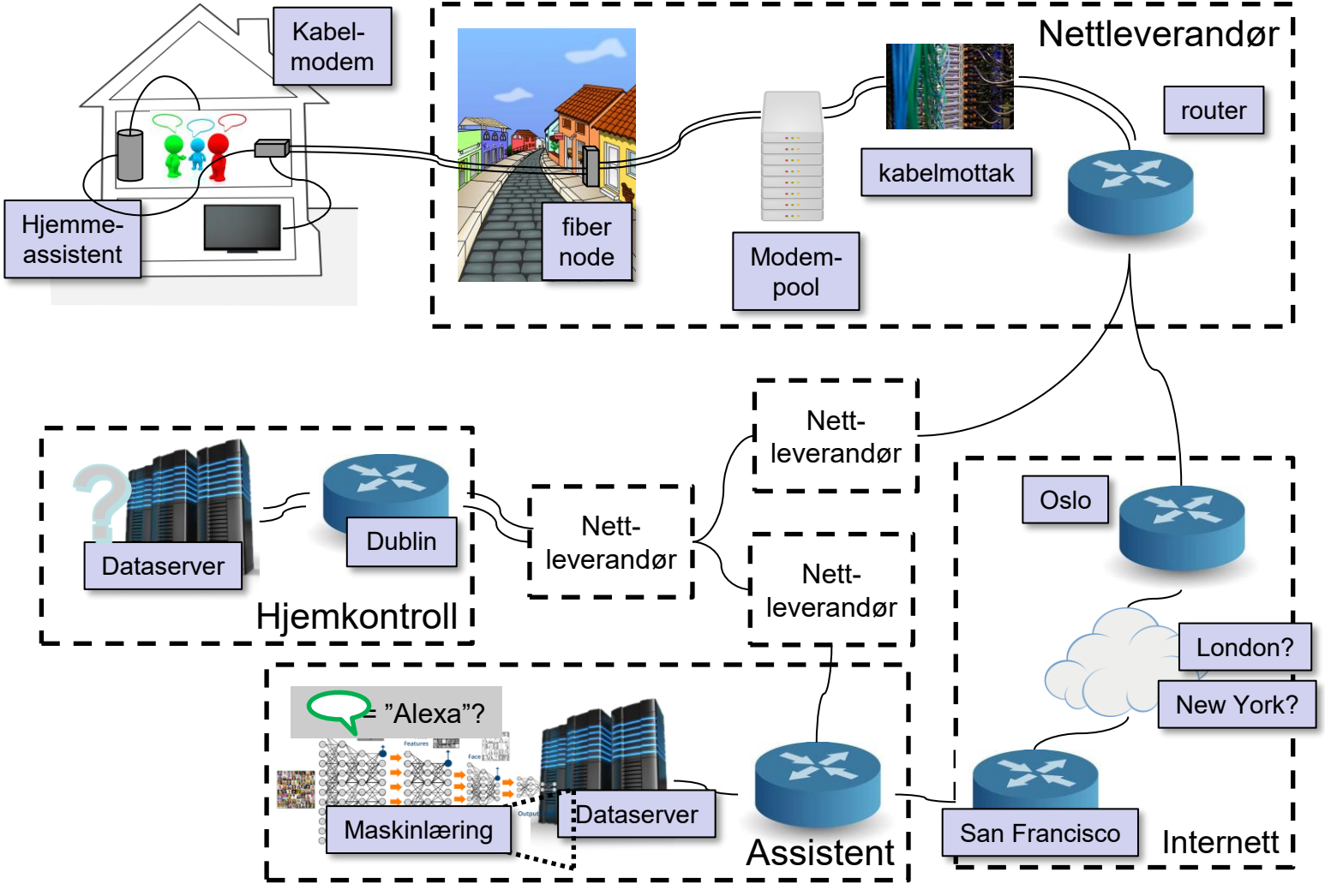
# Hva skjer på andre siden av nettverkskontakten din?

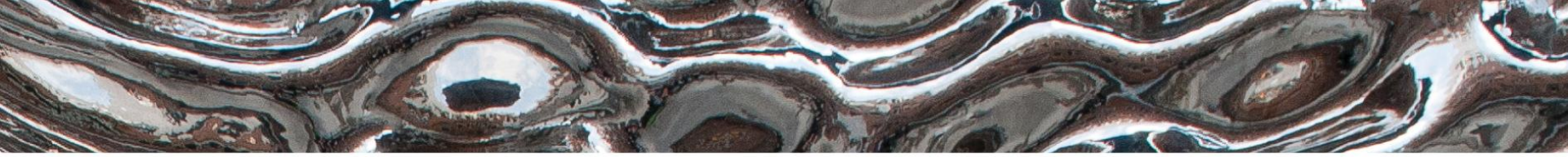


Hva skjer fra kabelen i veggen din til dine virtuelle hjemmeassistent får svar?



# En beskjeds vei over nettet…





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

# Grunnleggende kommunikasjonsformer



simula

tfj

# Telefonnettverk - *"Circuit switching"*

*"Circuit switching"*

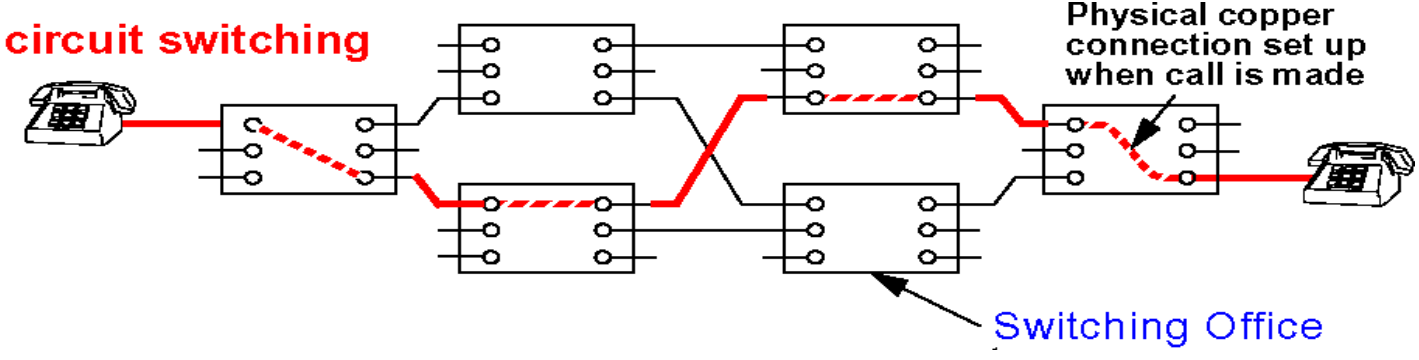
- Dedikert linje mellom "sender" og "mottaker"
- Reservert "eksklusivt" for hele samtalen / oppkoblingen

*Tilkoblingsorientert tjeneste*

- Kommunikasjonen følger alltid samme vei
- Tre faser: tilkobling (dial), samtale (exchange), nedkobling (hang up)

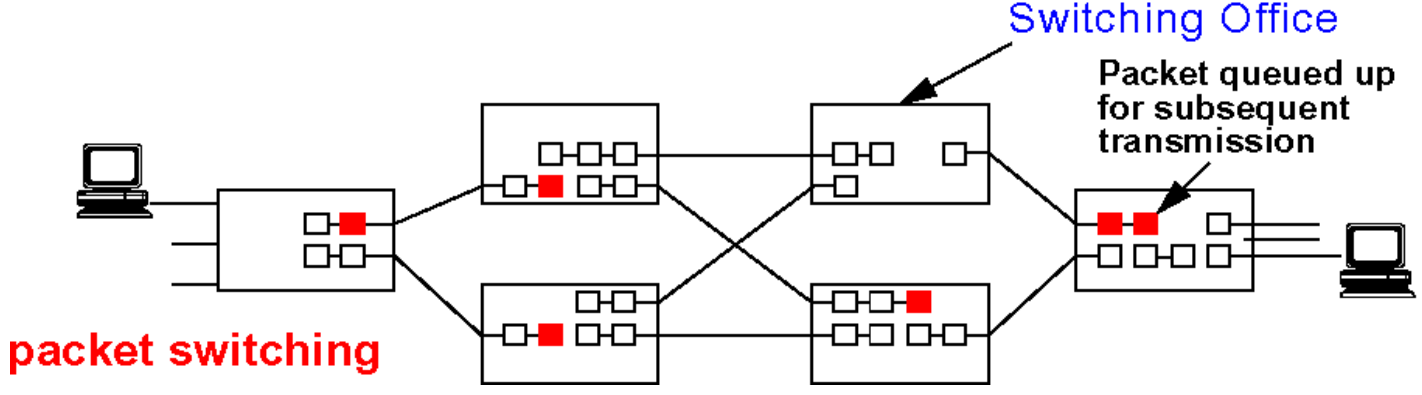
*Konseptene fremdeles i bruk deler av verden i dag*

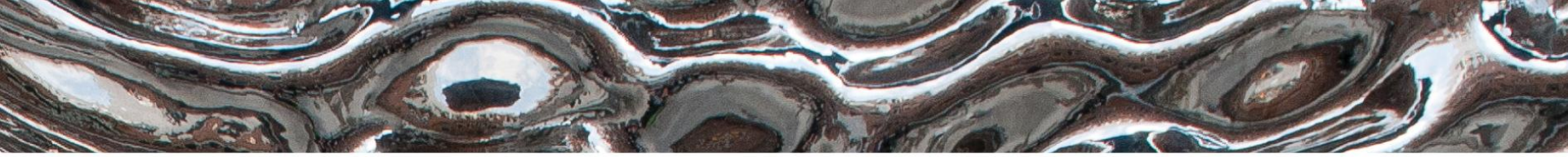
- Som oftest ikke dedikerte linjer. Kun resurser som reserveres.
- For eksempel: ISDN reserverer 64kbit/s båndbredde mellom sender og mottaker.



# Pakkenettverk – ”Packet switching”

- *”Packet switching” / ”Message switching”*
  - Beskjeden blir videresendt fra sender til mottaker
  - Ingen dedikert linje mellom sender og mottaker
- *Tilkoblingsløs tjeneste*
  - Forskjellige datapakker fra sender til mottaker kan følge forskjellige stier.
  - Eksempel: Kabelbrudd
- *”Pakke switching” brukes i dagens Internett*
  - Pakker er begrenset i størrelse





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

# *Komponenter i et datanettverk*



simula



# Nettverkskomponenter

- Tjenere





- Klienter







- Switcher





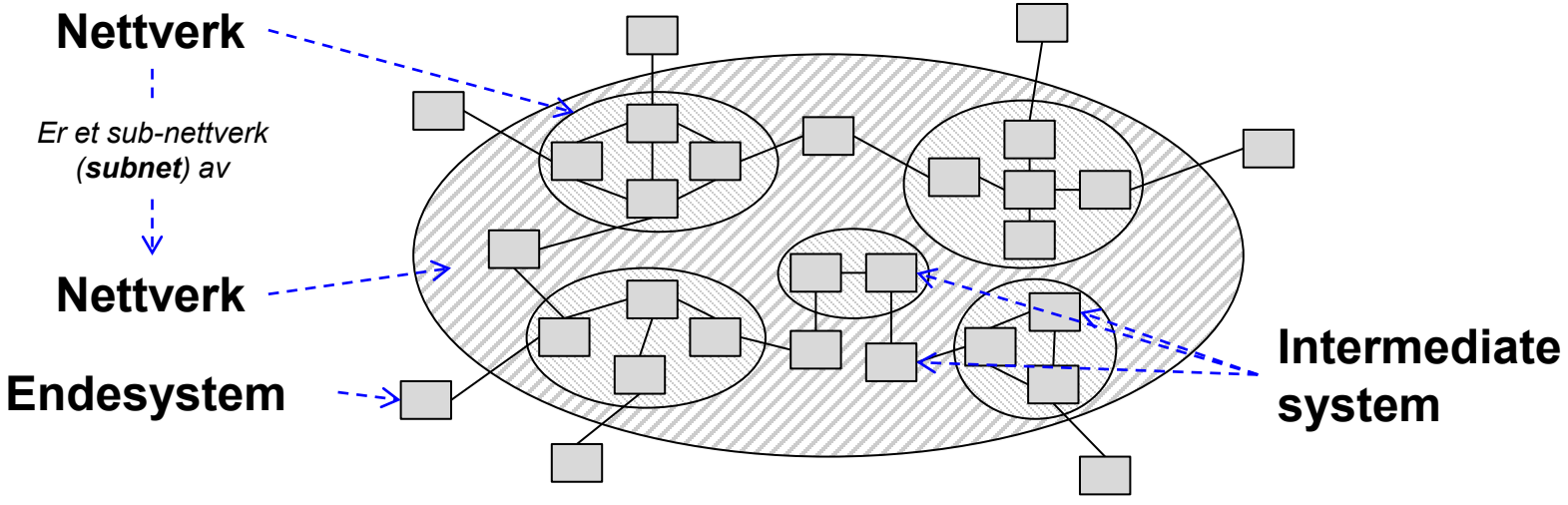
- Routere







# Nettverkskomponenter

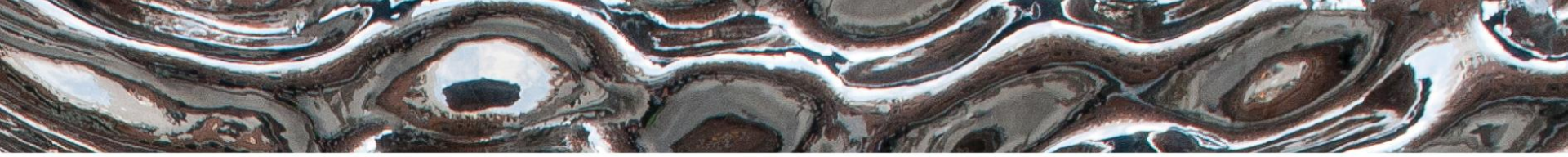



**Endesystemer:**

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

**Intermediate system:**

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



UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

# *Aksessmodeller i datanettverk*



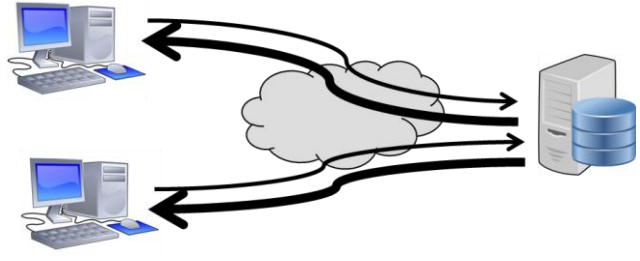

simula

tfj

# Aksessmodeller for datakommunikasjon

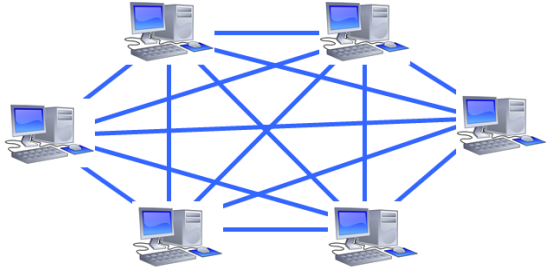
## Klient-tjener:

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



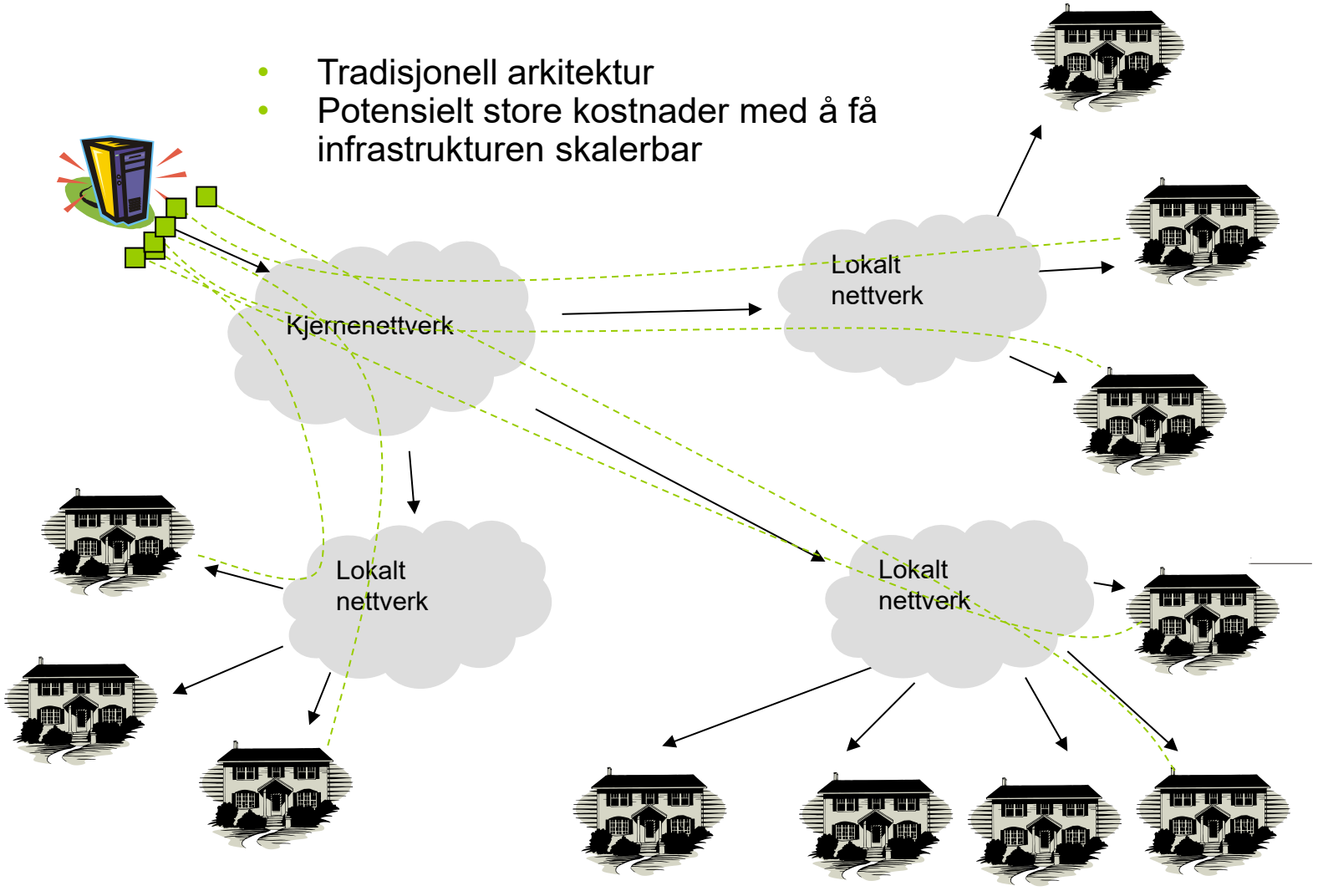
## Peer-to-Peer (P2P)

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



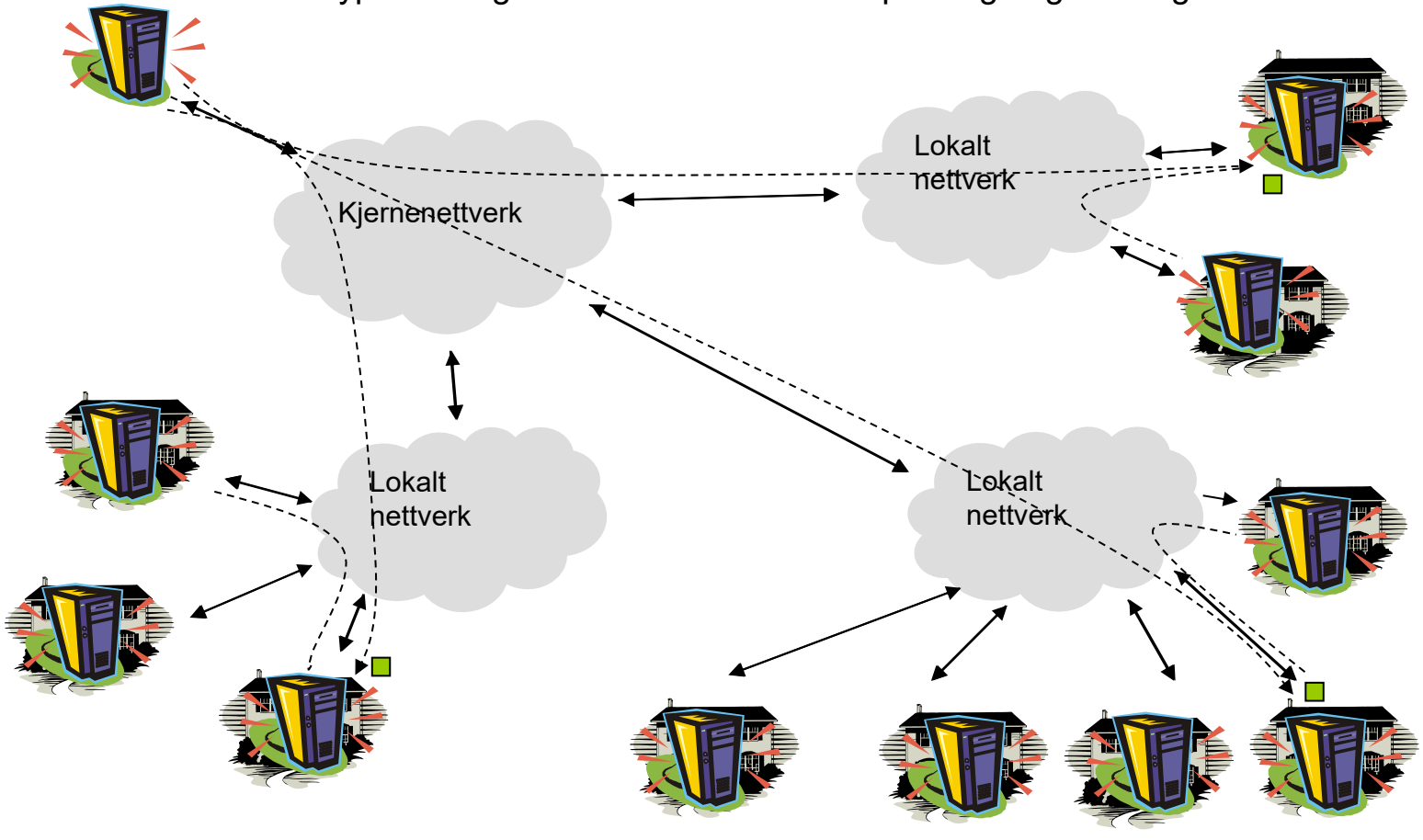
# Klient-Tjener

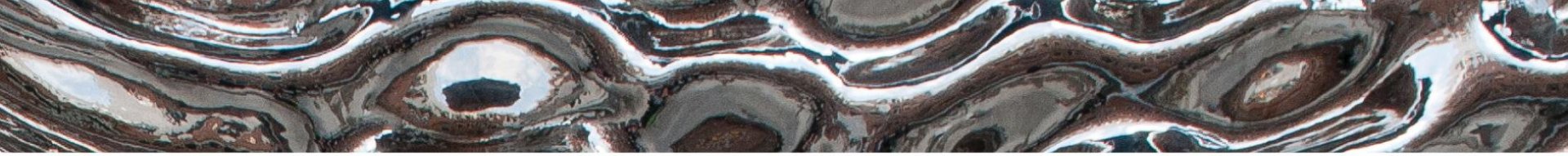
- Tradisjonell arkitektur
- Potensielt store kostnader med å få infrastrukturen skalerbar



# Peer-to-Peer (P2P)

- *Ikke en ny ide…- en distribuert systemarkitektur*
  - Ingen sentralisert kontroll over nettet
- Typisk mange noder som kan være upålitelige og heterogene





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

## Nettverkstopologier

# *Punkt-til-punkt* og *Broadcast*



simula

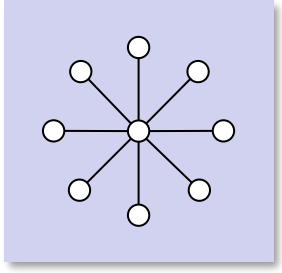


# Nettverksstrukturer

## Punkt til punkt:

DOCSIS (kabelmodem)

– Stjernetopologi



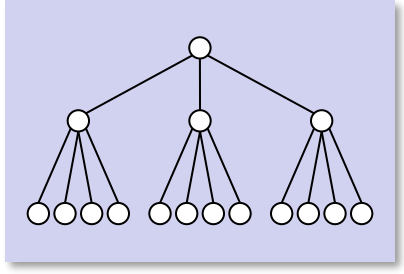
# Nettverksstrukturer

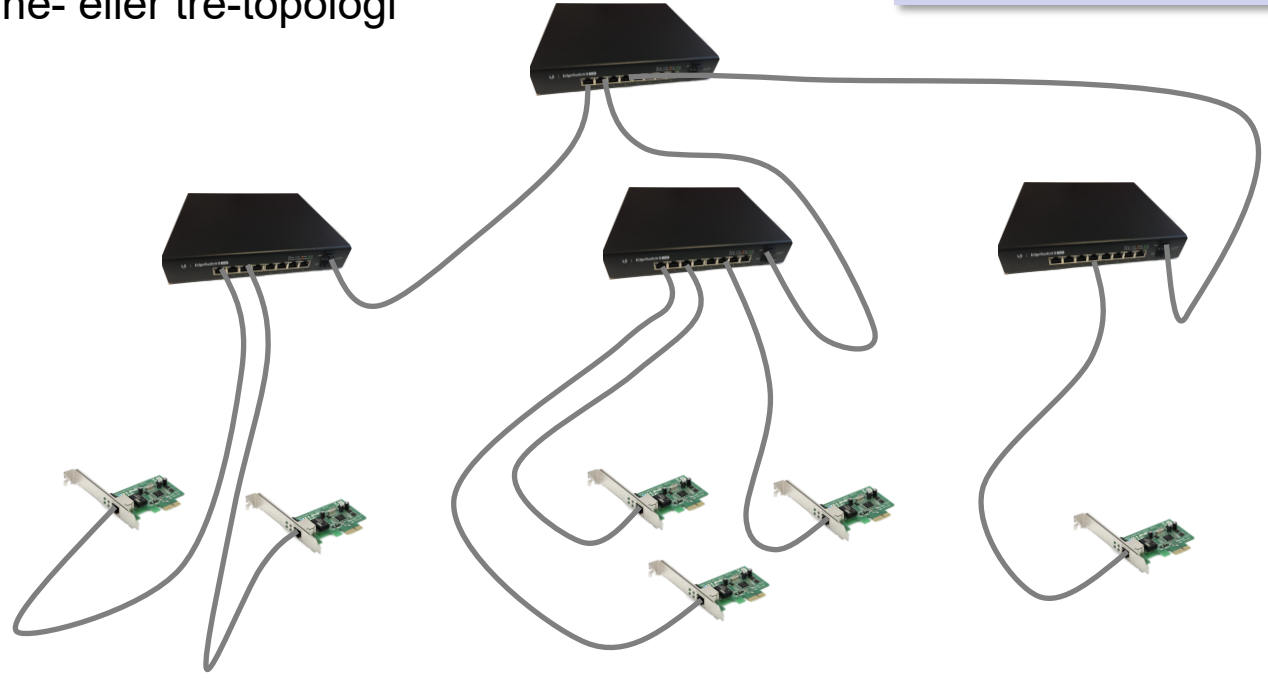
**Punkt til punkt:**

DOCSIS (kabelmodem)

- Stjernetopologi

- Ethernet (“kablet internett”)
  - Stjerne- eller tre-topologi





# Nettverksstrukturer

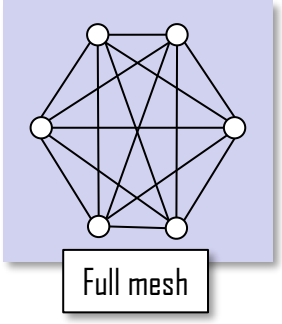
**Punkt til punkt:**

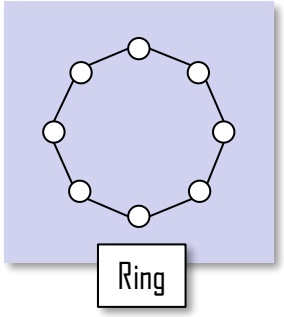
DOCSIS (kabelmodem)
- Stjernetopologi

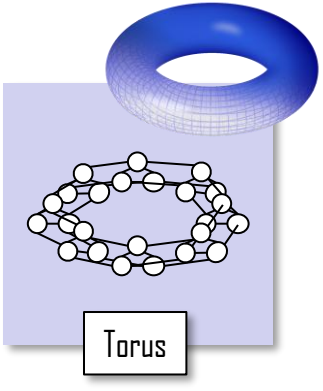
- Ethernet ("kablet internett")
  - Stjernetopologi eller tretopologi

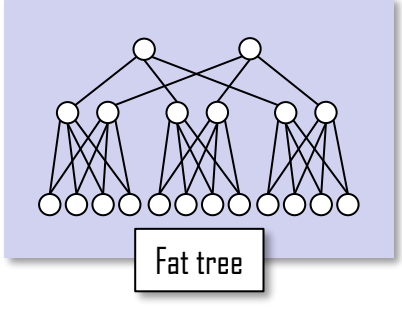
- IEEE 802.5 "Token Ring" (utdatert)
  - Ring

- Noen «supermaskiner»:
  - Full mesh
  - Torus
  - Fat tree



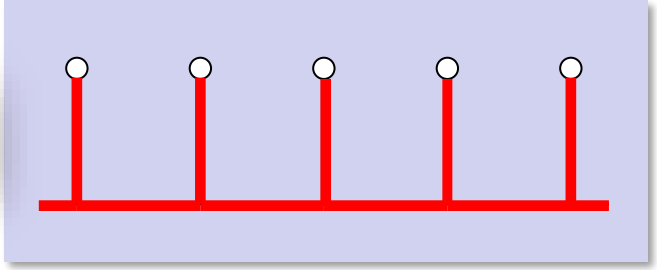



# Nettverksstrukturer

## Broadcast-systemer:





- *Kabel:*
  - Ethernet over Coax-kabel
- *Radio:*
  - Aloha (første generasjon trådløs)
  - WiFi (IEEE 802.11)
  - Mobiltelefoni: GSM (2G), 4G, 5G
  - Satellitt (Starlink, Iridium, mfl.)

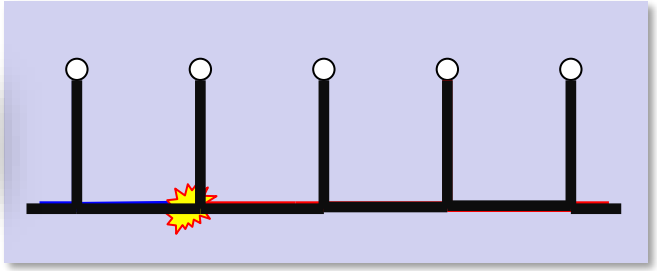


- ***Egenskaper:***
  - Når en node sender kan potensielt alle høre!
  - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig…
  - Feildeteksjon er viktig!
  - Sending bør koordineres…

# Nettverksstrukturer

## Broadcast-systemer:





- *Kabel:*
  - Ethernet over Coax-kabel
- *Radio:*
  - Aloha (første generasjon trådløs)
  - WiFi (IEEE 802.11)
  - Mobiltelefoni: GSM (2G), 4G, 5G
  - Satellitt (Starlink, Iridium, mfl.)

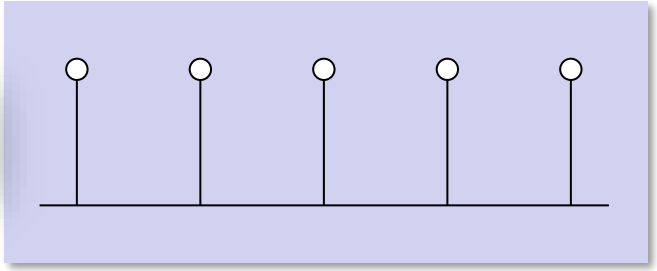


- ***Egenskaper:***
  - Når en node sender kan potensielt alle høre!
  - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig…
  - Feildeteksjon er viktig!
  - Sending bør koordineres…

# Nettverksstrukturer

## Broadcast-systemer:

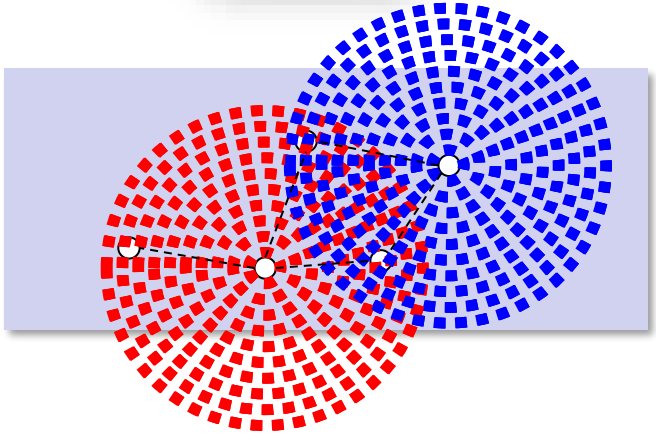


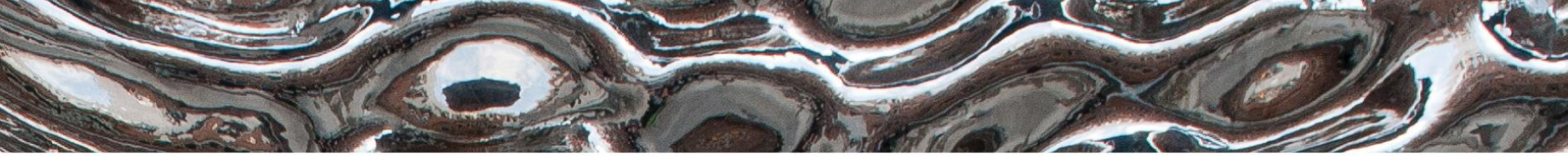


- *Kabel:*
  - Ethernet over Coax-kabel
- *Radio:*
  - Aloha (første generasjon trådløs)
  - WiFi (IEEE 802.11)
  - Mobiltelefoni: GSM (2G), 4G, 5G
  - Satellitt (Starlink, Iridium, mfl.)



- ***Egenskaper:***
  - Når en node sender kan potensielt alle høre!
  - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig…
  - Feildeteksjon er viktig!
  - Sending bør koordineres…





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

# *(Utvalgt) Historie om nettverk*




simula

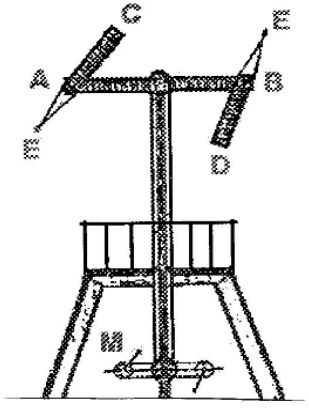
tfs

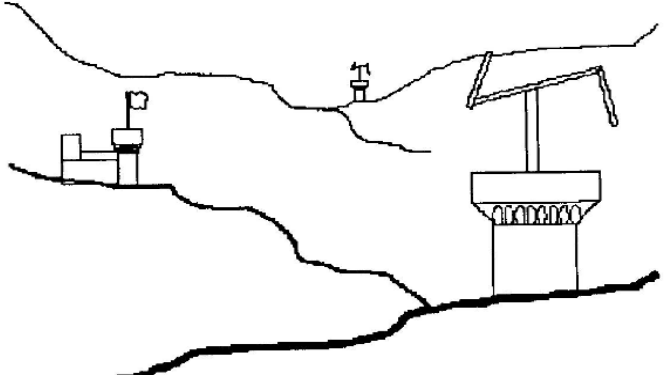
Basert på foiler fra: Carsten Griwodz, Universitetet i Oslo og Ralf Steinmetz, Technische Universität Darmstadt

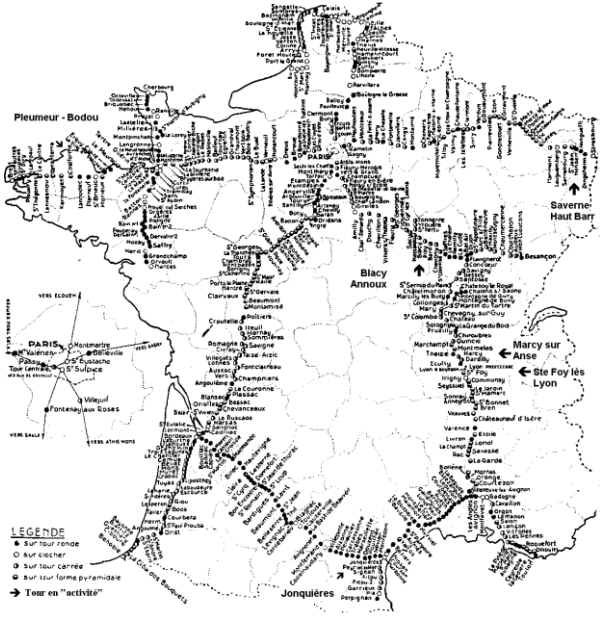
# … før telegrafen




**Chappe-Code**





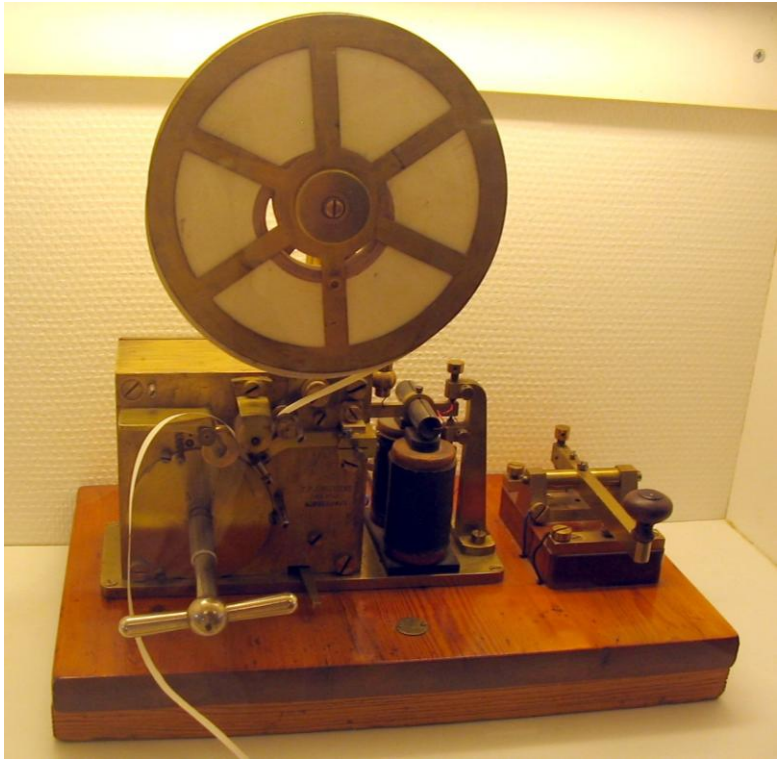

1791: Semafor-telegraf (Claude Chappe)

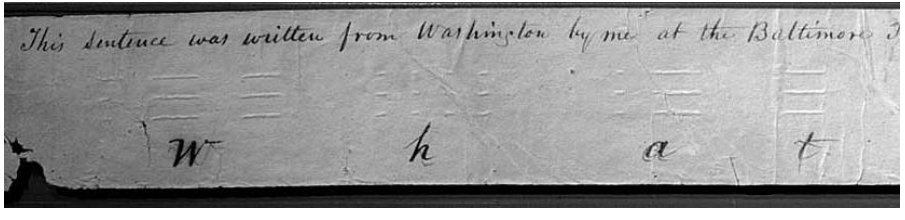
- Nettverk i Frankrike.
- Brukes også i jernbanen... og av speideren… ☺

# Morse-telegraf

- En knapp for å sende korte eller lange beskjeder
  - Punktum = dit
  - Strek = dah
- Streker og punktum
  - Skrives på et papir hos mottaker.
- Starten på det første telegrafi: *'What hath God wrought'* (Num 23,23) sendt i 1844 fra Washington D.C. til Baltimore
- Kan vi kalle dette et Kommunikasjonsnettverk?

Bildekilde: Wikimedia Commons





# Morse-telegraf

Bildekilde: Wikimedia Commons




## Telegrafnettverk i USA - 1916

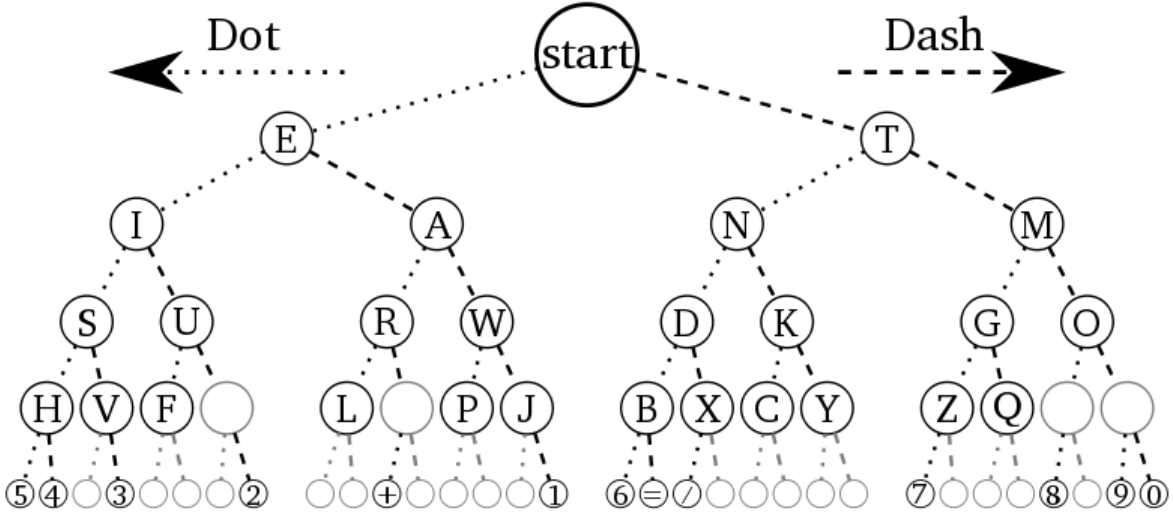
- Likheter med dagens Internett?
- Signalkoding
- Type switching
  - Pakke?
  - Beskjed?
  - Linje?
- Type tjeneste
  - Tilkoblingsorientert?
  - Tilkoblingsløst?
- Rutere

Bildekilde: Wikimedia Commons

# Morse-telegraf

## Morsekode

- Variabel lengde
- Kortere kode for oftere brukte bokstaver



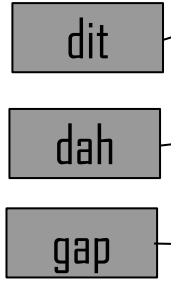

| Letter | Relative frequency in the English language |
|---|---|
| e | 12.702% |
| t | 9.056% |
| a | 8.167% |
| o | 7.507% |
| i | 6.966% |
| n | 6.749% |
| s | 6.327% |
| h | 6.094% |
| r | 5.987% |
| d | 4.253% |
| l | 4.025% |
| c | 2.782% |
| u | 2.758% |
| m | 2.406% |
| w | 2.361% |
| f | 2.228% |
| g | 2.015% |
| y | 1.974% |
| p | 1.929% |
| b | 1.492% |
| v | 0.978% |
| k | 0.772% |
| j | 0.153% |
| x | 0.150% |
| q | 0.095% |

Sorteringens opprinnelse var sorteringen til typografene i boktrykkeriene

# Morse-telegraf

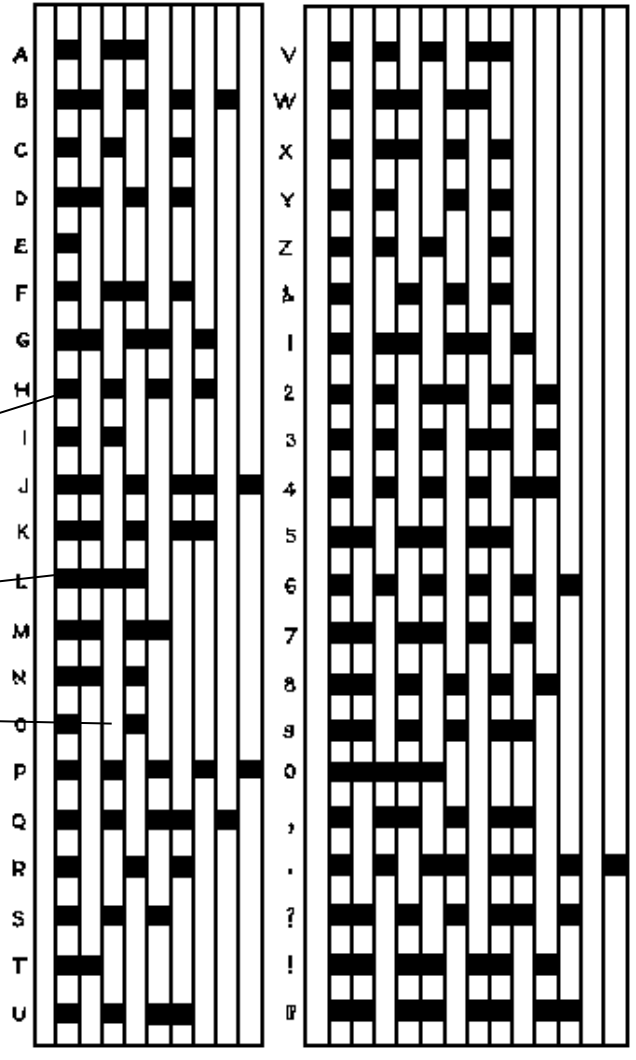
## Morsekode:

- Var mer komplekst i starten
- Selvsagt flere språk…

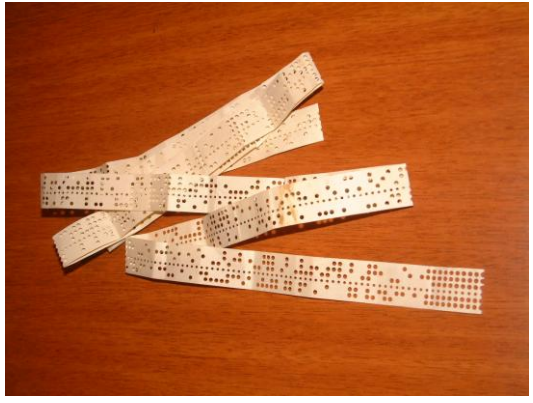



- Spesialkode for:
  - Start
  - Stopp
- Nødsignal: ••••−−−•••

Bildekilde: Wikimedia Commons



Bildekilde: Wikimedia Commons



# Baudot-telegraf

## Baudot tidsmultipleksing:

Forgjenger til teleprinter (TTY)
Symbolraten (baud rate) oppkalt etter Baudot

*Utfordring:*

- Øke antall beskjeder som kan sendes igjennom en linje

*Løsning:*

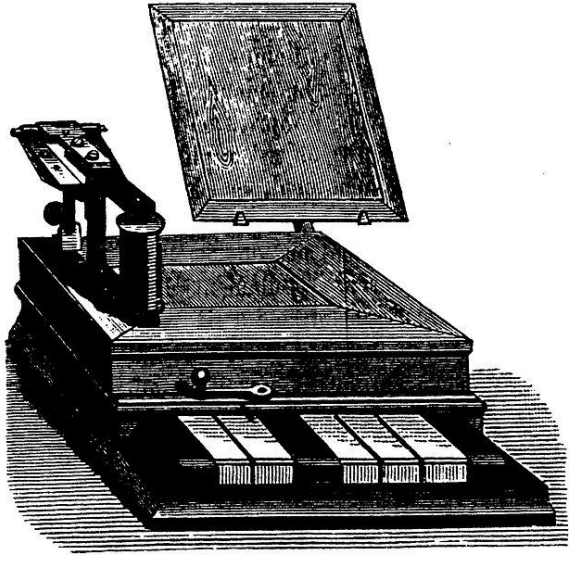
- Tidsmultipleksing.
- Flere telegrafer på samme linje.

*Første forsøkene feilet:*

- Synkroniseringsproblemer grunnet at morsekoden er variabel lengde.

*Baudot fikset problemet:*

- Fast lengde (5 bit) kode.
- Synkronisert tidsmultipleksing.



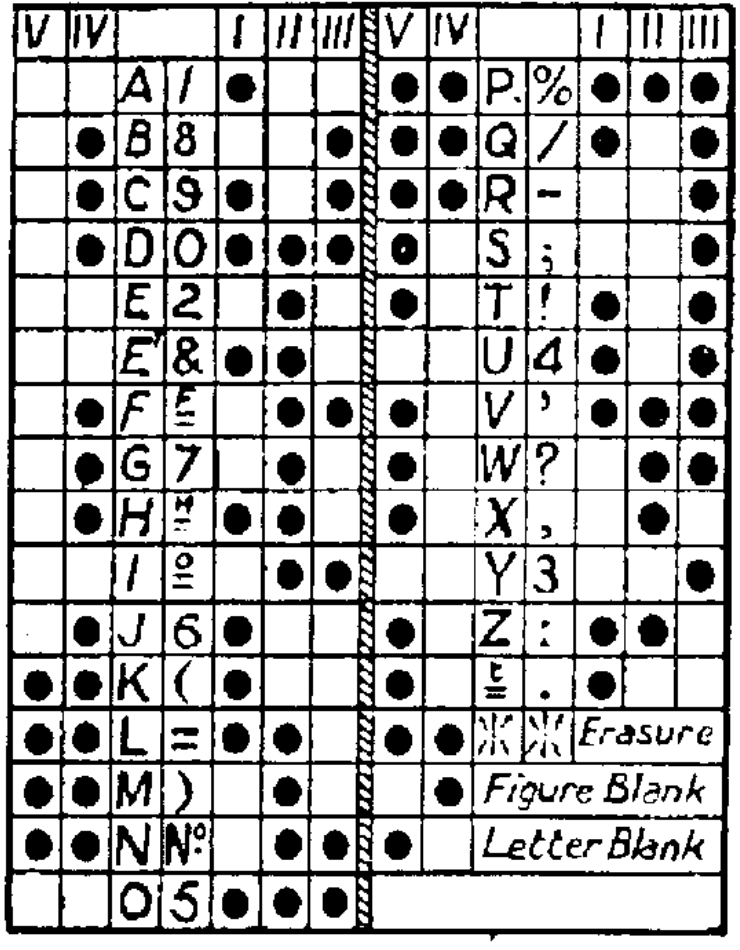
# Baudotkode

Fast lengde 5-bit kode

- Tillater $2^5$=32 symboler
- Maksimum på 5-bit var grunnet hardware-begrensninger
  - Med bestemte koder kunne man «skifte» til alternative symboler/tabeller (tall og tegn)

Standardisert av CCITT (ITU-T)

- *International telegraph alphabet 1*
- Forgjenger til ASCII-kode



Bildekilde: Wikimedia Commons

# Telefon



# Telefoni

Første telefoner som ble solgt i 1870-tallet ble solgt parvis.

- Dedikert linje

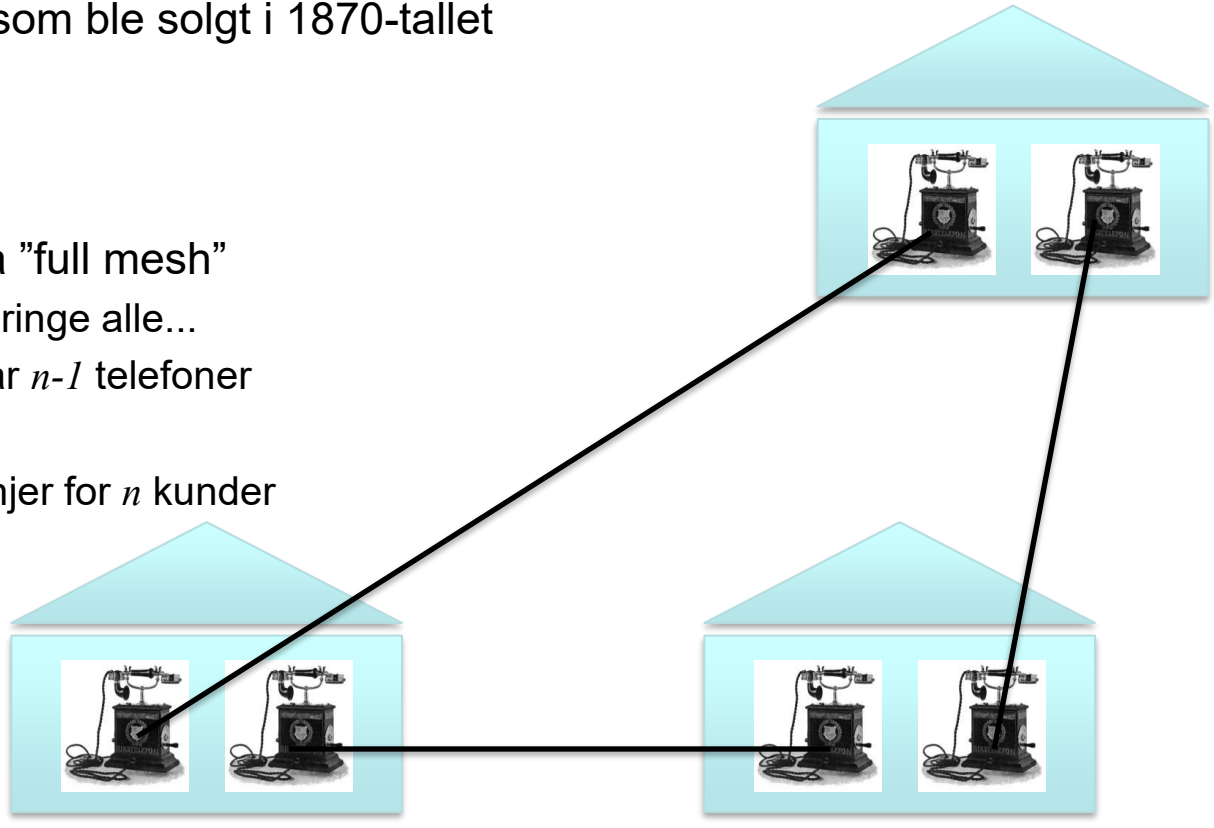
Hvis vi går ut i fra ”full mesh”

- Alle skal kunne ringe alle...

→ Hver kunde har $n-1$ telefoner

→ $\frac{n(n-1)}{2}$ Linjer for $n$ kunder

**Skalerbart?**



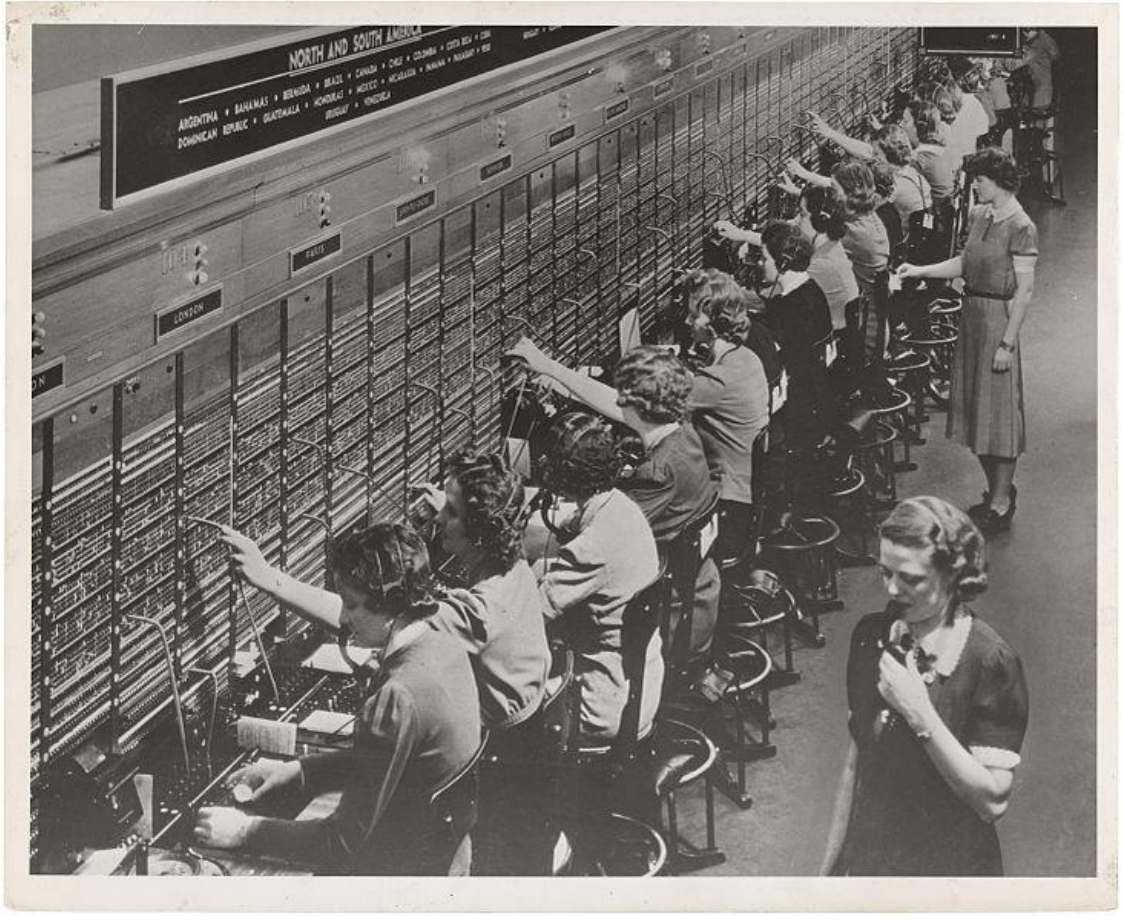
Bildekilde: Wikimedia Commons

# Telefoni

## Sentralbord (switch)

- Linje fra hver telefon til et sentralbord
- Kunne være lange avstander mellom sentralbord
- Først manuelt operert
- Kompleksitet?
  - Antall telefoner?
  - Antall linjer?
- Det grunnleggende prinsippet med ”sentral” brukes fremdeles i dag.

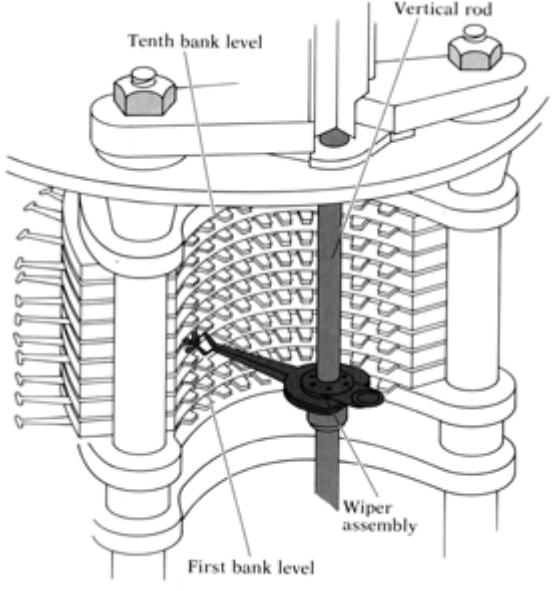
Bildekilde: Wikimedia Commons



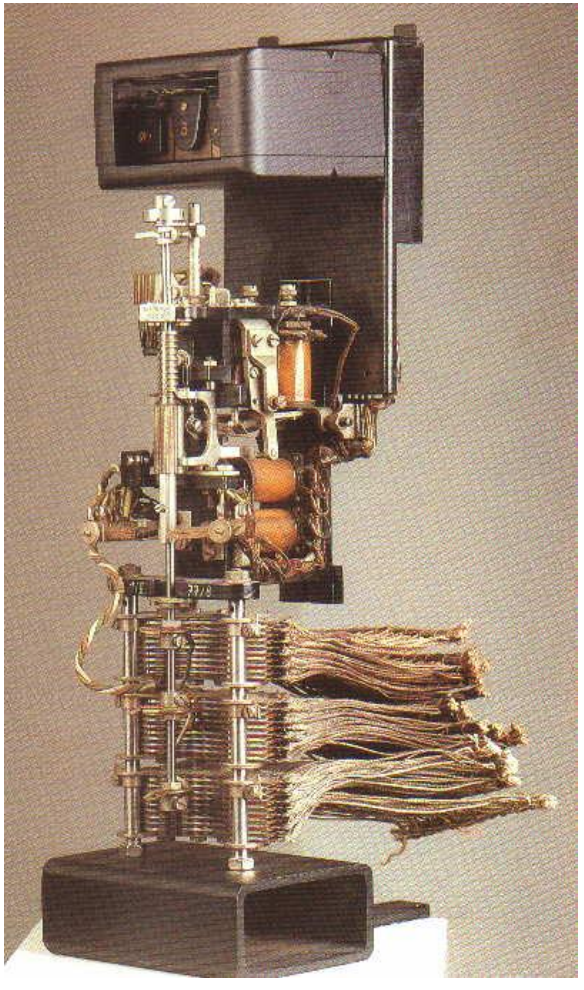
# Telefoni

## Strowger switcher automatiserte telefonsentralene

- *«Stepping switch»* med to graders frihet
- Hierarkisk brukt med nasjonal & by-kode.




Bildekilde: harvard.edu



# Datamaskiner kobles sammen: *ARPANET (~1967 - 1972)*

**Mål:**

- Lastbalansering:
  - Sende både programmer og data for prosessering på en annen maskin.
  - Krevde helt identiske maskiner i nettverket.
- *Tjeneste for utveksling av data.*

Hadde blitt gjort før

- Dele data:
  - Sende programmer for prosessering på fjerndata.
- Dele programmer:
  - Sende data for prosessering på fjernprogramvare.
- Fjerntilgang:
  - Sende forespørsler både til data og programmer.
  - Gi tilgang til spesialisert programvare og hardware.

Utvidede mål for ARPANET i heterogene miljøer

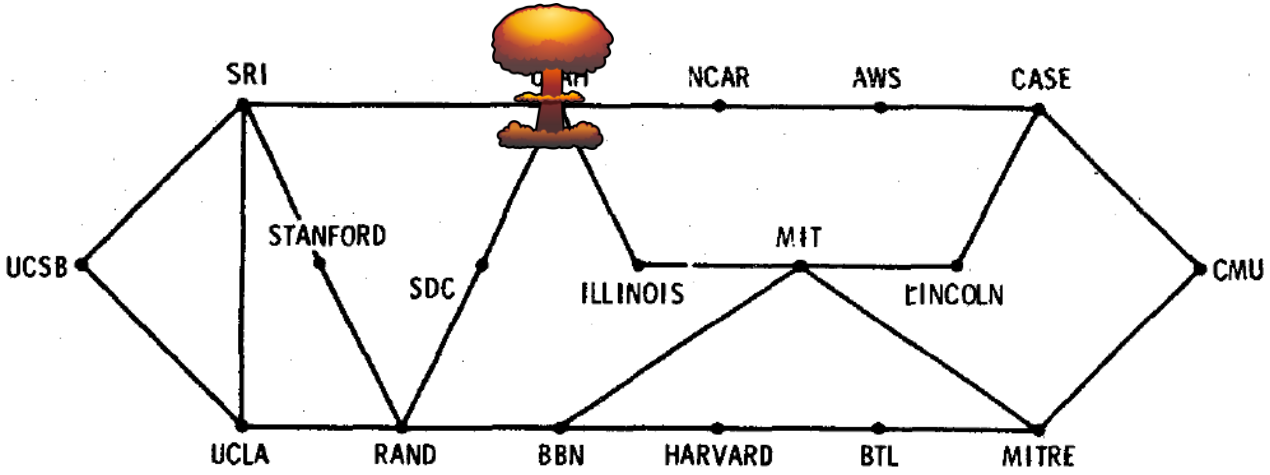
Bildekilde: Computer network development to achieve resource sharing, AFIPS 1970

# ARPANET

## Kjernekomponent: Nettverkskobling

- 50 kbit/s full-duplex leide telefonlinjer (AT&T).
- Minst to stier mellom forskjellige noder i nettverket.
  - Designet for å kunne motstå atomangrep

## Topologi slik planlagt i 1970

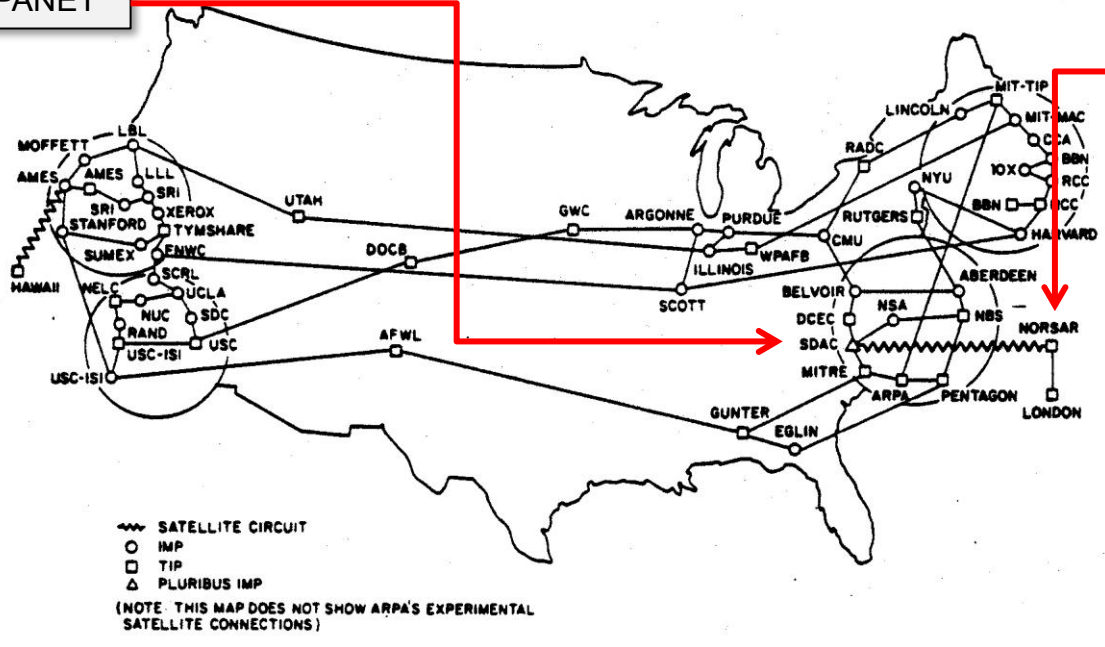


# ARPANET

Kjeller, Norge
Samme bygning som UNIK

Norge var første tilkobling utenfor USA.

Første satellitt link i ARPANET




Bildekilde: DARPA: A History of the Internet, BBN Report 4799, 1991 (scan downloaded from at darpa.mil)

# Standardisering (1969 og utover)

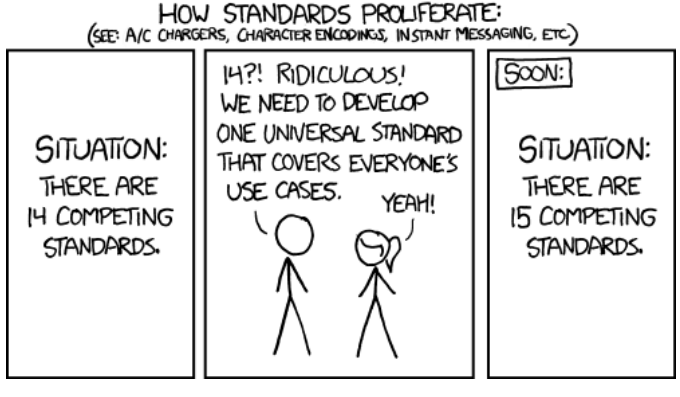
## Utfordring: Utviklingen av kommunikasjonsprotokoller trenger standardisering

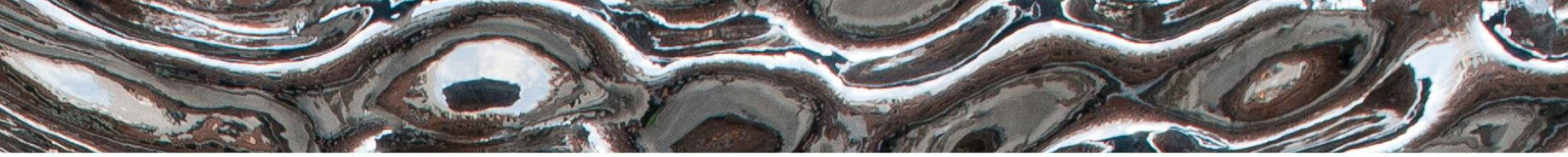
- Forskjellige lokasjoner, institusjoner, produsenter, operatører …
  → **Trenger standarder**
- Vitenskapelig publikasjoner: **For sent**
- Industriell standardisering: **For sent** og **for kostbart**

## Løsning: Request for Comments (RFC)

- Først: Memos, møtereferater sirkulert med post (ikke elektronisk)
- Senere: Publisert elektronisk
  - FTP, HTTP, etc.

- Startet i 1969 av *ARPANET working group (WG)*
  - Ble etterhvert «**Internet WG»**





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

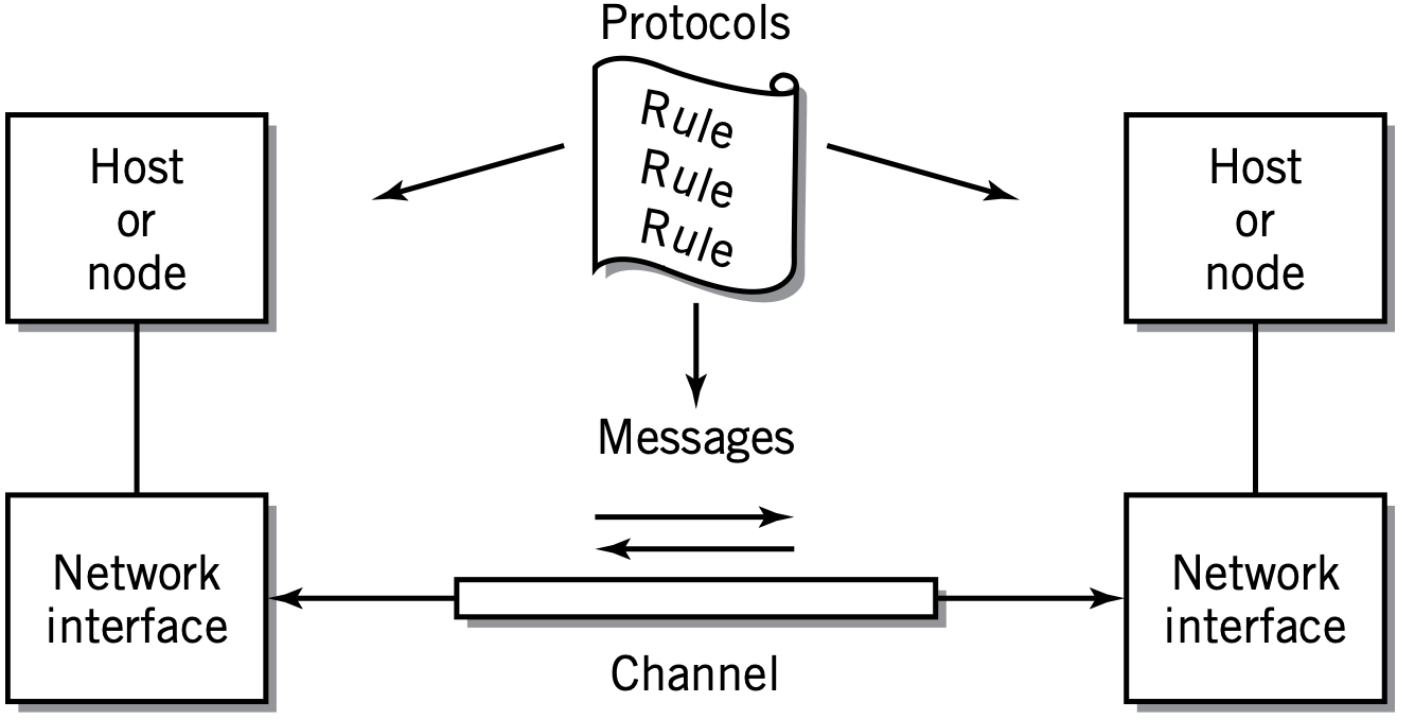
# Utfordringer i datanettverk: Protokoller og lagdeling

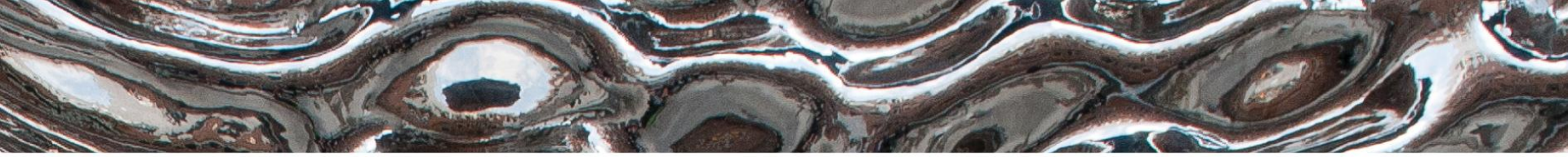
Join at menti.com | use code 6548 0569

simula

Join at menti.com | use code 5914 4924

# Nettverksprotokoller? Hva er en protokoll?





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

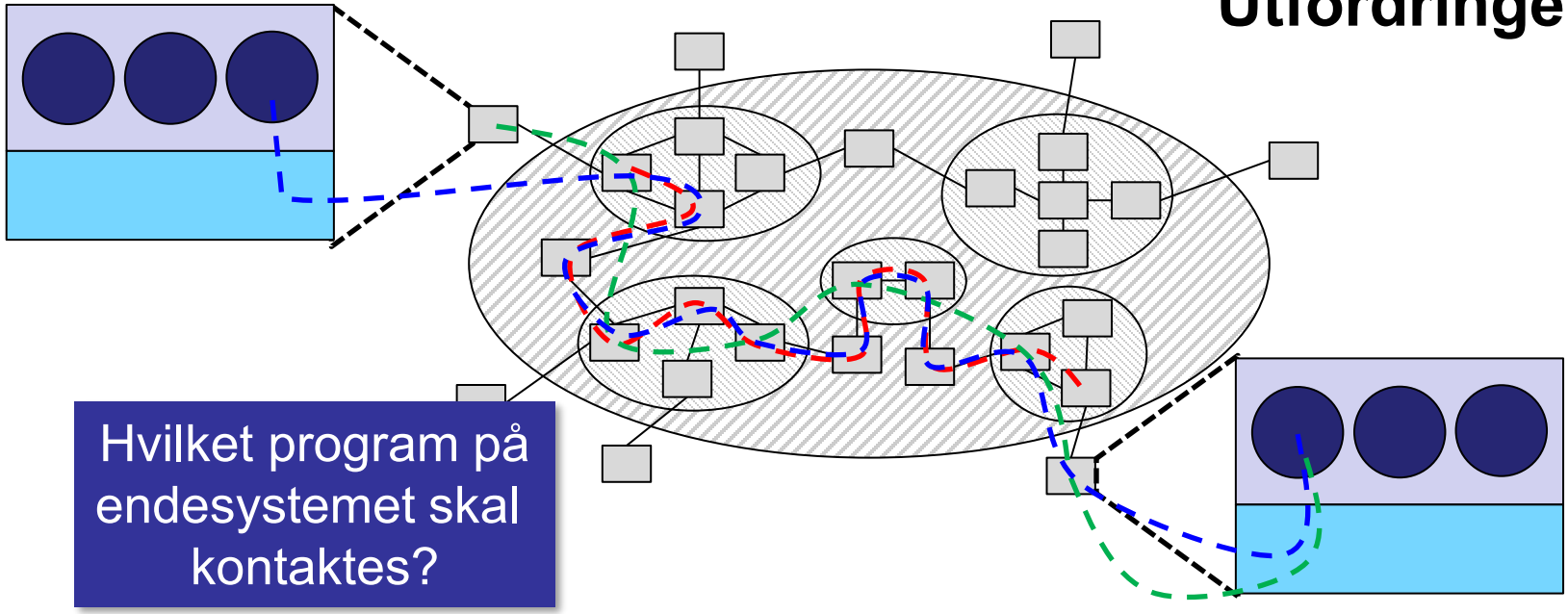
# Utfordringer vi må løse i et datanettverk




simula

tfj

# Utfordringer…

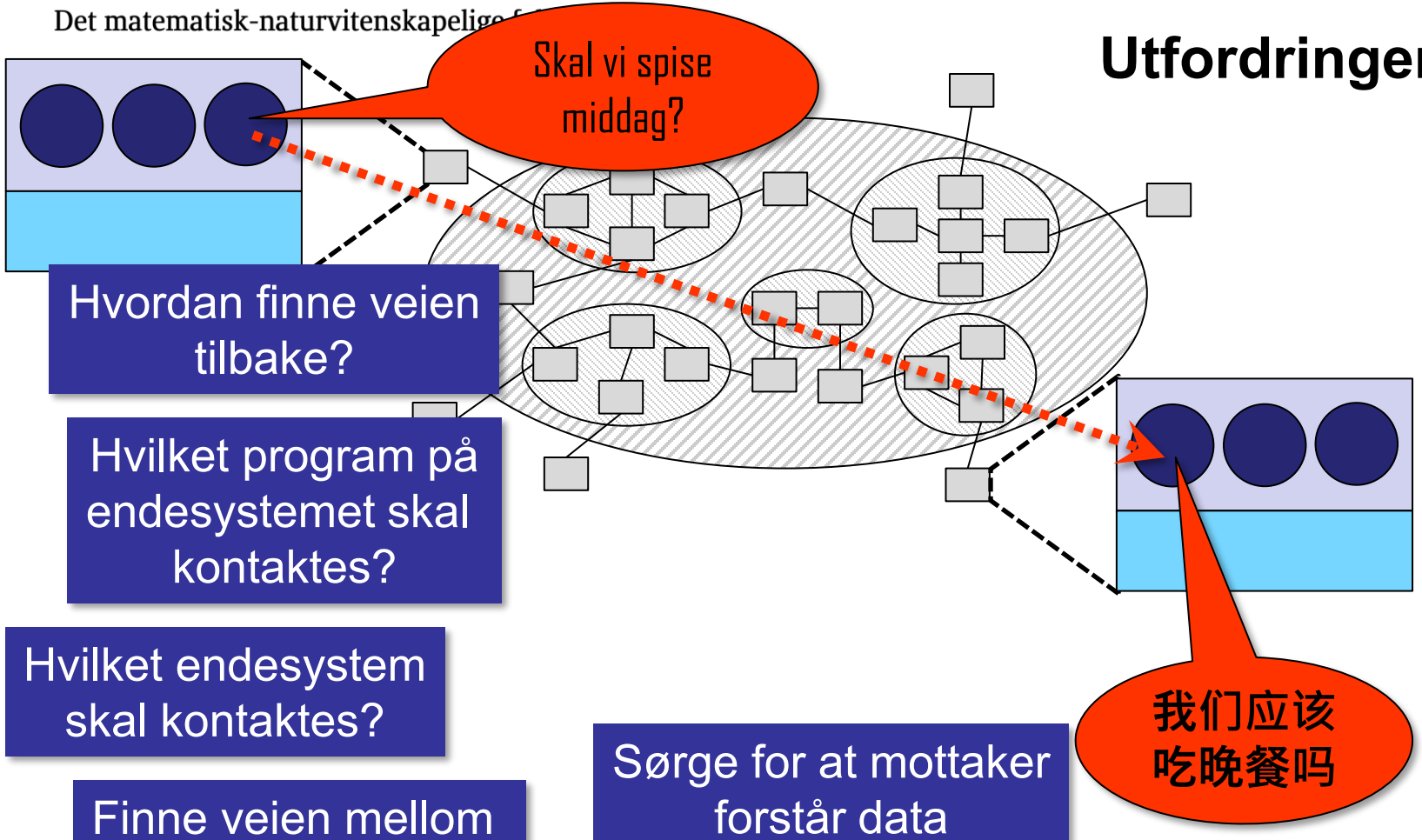


Hvilket program på endesystemet skal kontaktes?

Hvilket endesystem skal kontaktes?

Finne veien mellom nettleverandører

# Utfordringer…




Hvordan finne veien tilbake?

Hvilket program på endesystemet skal kontaktes?

Hvilket endesystem skal kontaktes?

Finne veien mellom nettleverandører

Sørge for at mottaker forstår data

# Utfordringer…

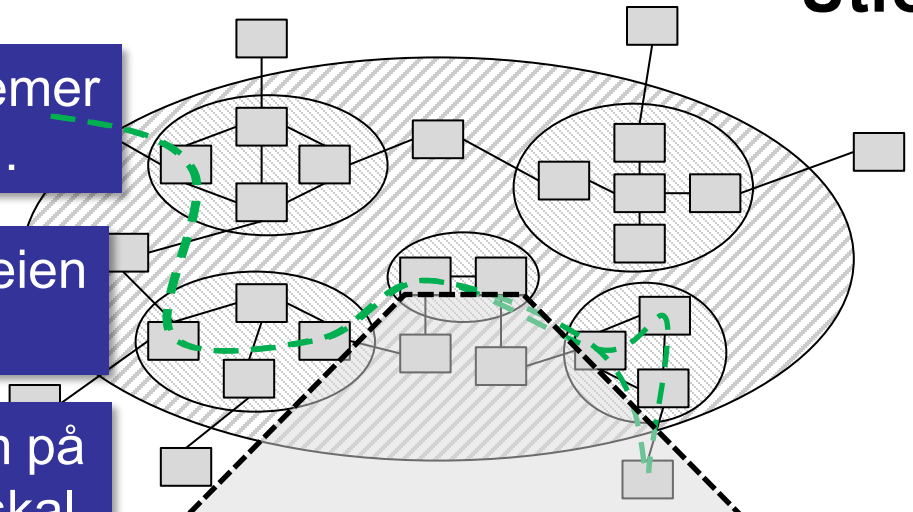
Håndtere problemer i nettverket…

Hvordan finne veien tilbake?

Hvilket program på endesystemet skal kontaktes?

Hvilket endesystem skal kontaktes?

Finne veien mellom nettleverandører



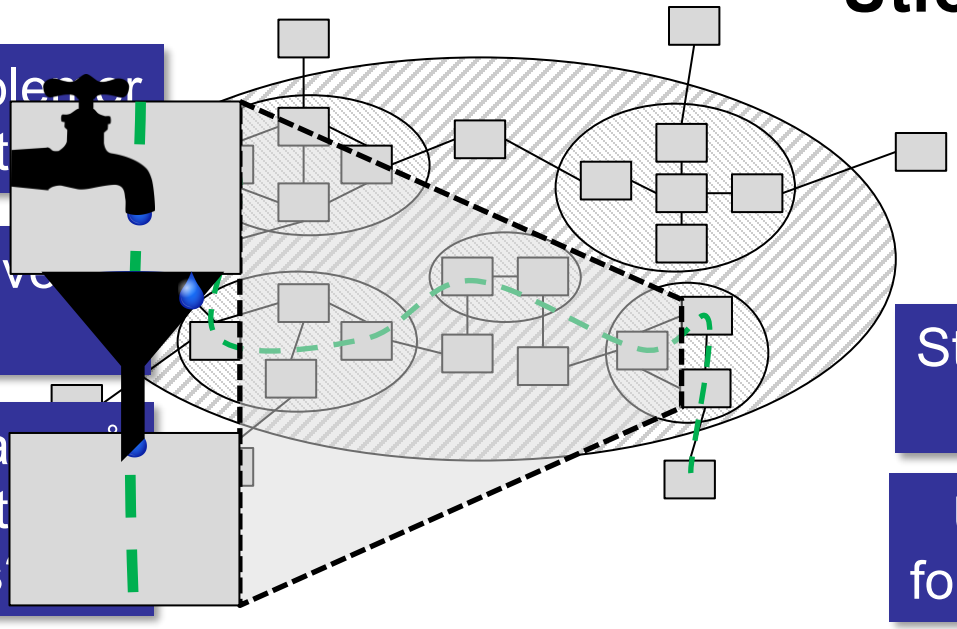


Sø… …ottaker
…forstår data

Ivareta personvern

Ivareta sikkerhet

# Utfordringer…



Håndtere proble[illegible] i nettverket

Hvordan finne v[illegible] tilbake?

Hvilket progra[illegible] endesystemet[illegible] kontaktes[illegible]

Hvilket endesystem skal kontaktes?

Finne veien mellom nettleverandører

Sørge for at mottaker forstår data

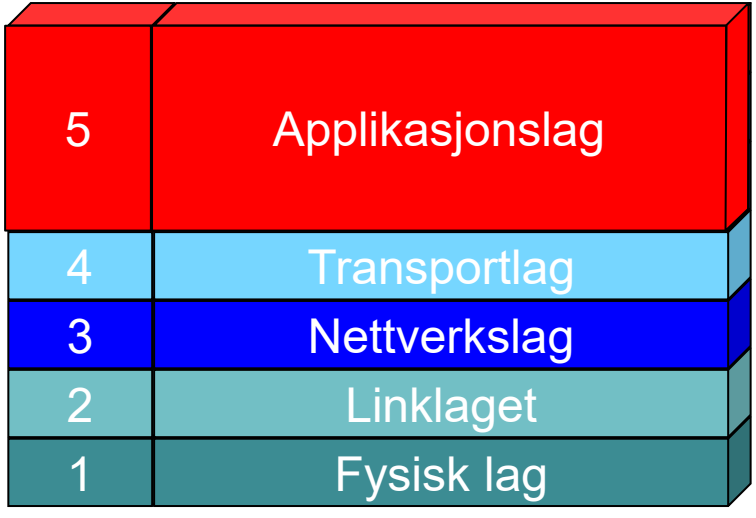
Støtte høy trafikk

Unngå forsinkelse

Ivareta personvern

Ivareta sikkerhet

# Lagdelingsmodeller – OSI og TCP/IP




OSI-modellen

| 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 (kabel eller radio) |

TCP/IP-modellen

# Oppsummering

- Grunnleggende begreper i datakommunikasjon.
- Nettverkshistorie.
- Protokoller og lagdeling.
- Utfordringer i nettverket

- Mange flere detaljer om protokoller og lagdeling neste uke! ☺

# Ekstramateriale:

- *Bøker og artikler:*
  - Andrew S. Tanenbaum, Nick Feamster, David J. Wetherall: *Computer Networks (6th edition),* 2021. Pearson
  - James F. Kurose, Keith W. Ross: *Computer Networking: A Top-Down Approach (7th edition),* 2016. Pearson
- *Nettverkskurs på IFI:*
  - IN2140 – Introduksjon til operativsystemer og datakommunikasjon
  - IN3230 – Nettverk