

UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

IN1020 - Introduksjon til datateknologi

Forelesning – 28.08.2025

Nettverk 101 - En introduksjon til datanettverk

Håkon Kvale Stensland



simula



Plan for ”nettverksdelen” av IN1020

- **28. august – Datanett 101 – Introduksjon**

- 3. september – Lagdeling i datakommunikasjon
- 4. september – Hvordan fungerer en hjemmeruter?

- 10. september – Kryptografi: Nøkkelen til digital samhandling
- 11. september – Tjenester i Internett

- 17. september - Introduksjon til operativsystemer

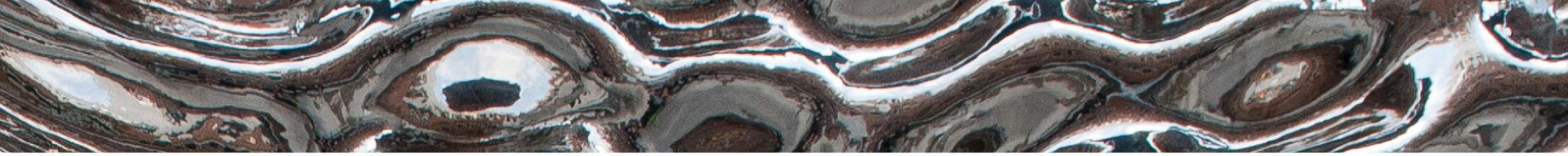
Join at menti.com | use code 6548 0569

Mentimeter

En introduksjon til datanettverk

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

Join at menti.com | use code 6548 0569



UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

(Utvalgt) Historie om nettverk

Join at menti.com | use code 6548 0569



simula

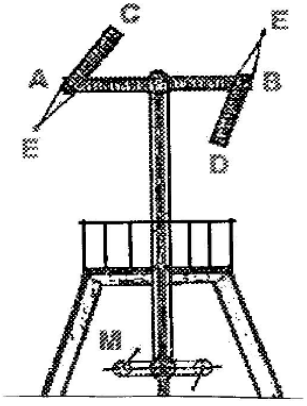
tfs

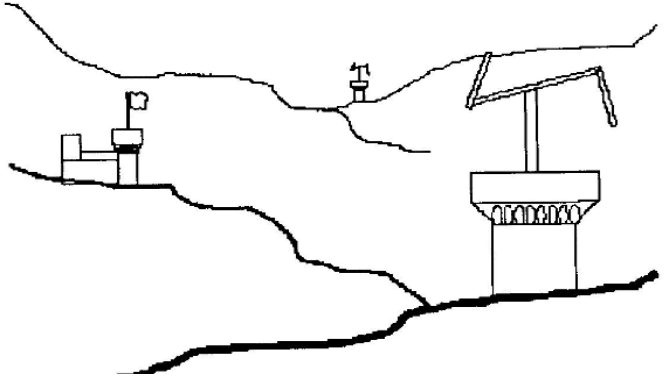
Basert på foiler fra: Carsten Griwodz, Universitetet i Oslo og Ralf Steinmetz, Technische Universität Darmstadt

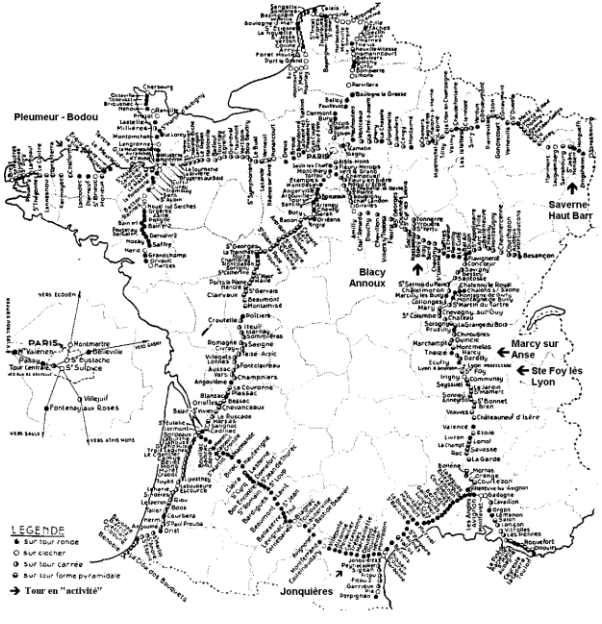
… før telegrafen



Chappe-Code







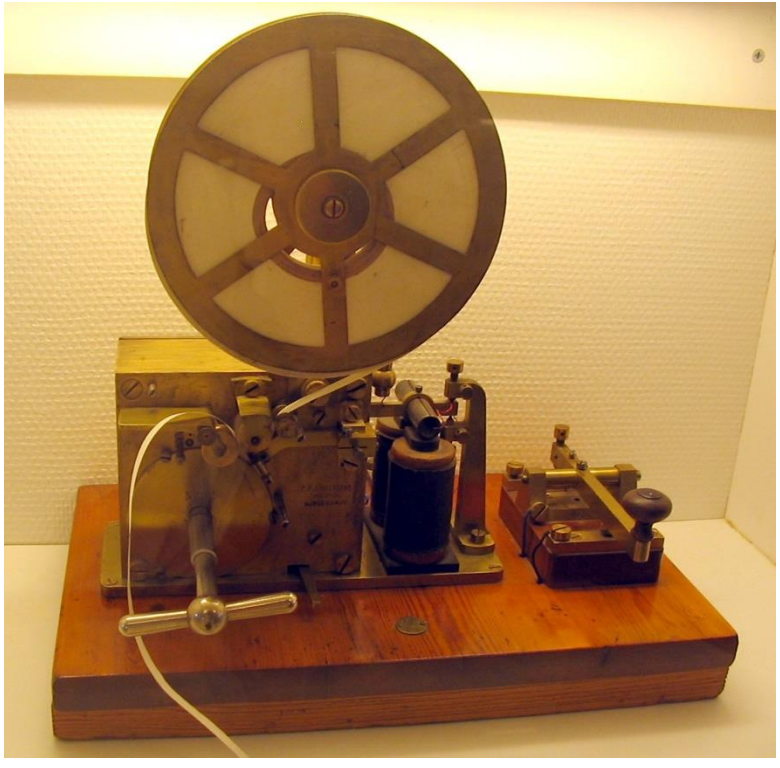
1791: Semafor-telegraf (Claude Chappe)

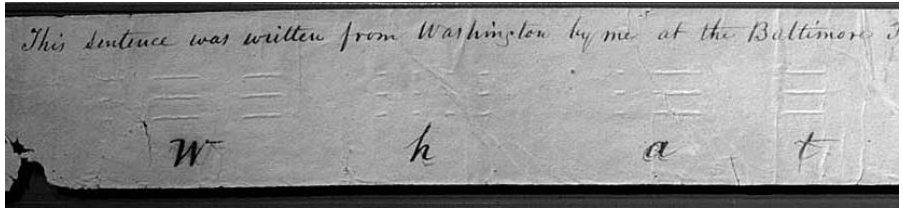
- Nettverk i Frankrike.
- Brukes også i jernbanen... og av speideren… ☺

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

Telegrafnettverk i USA - 1916

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

Bildekilde: Wikimedia Commons

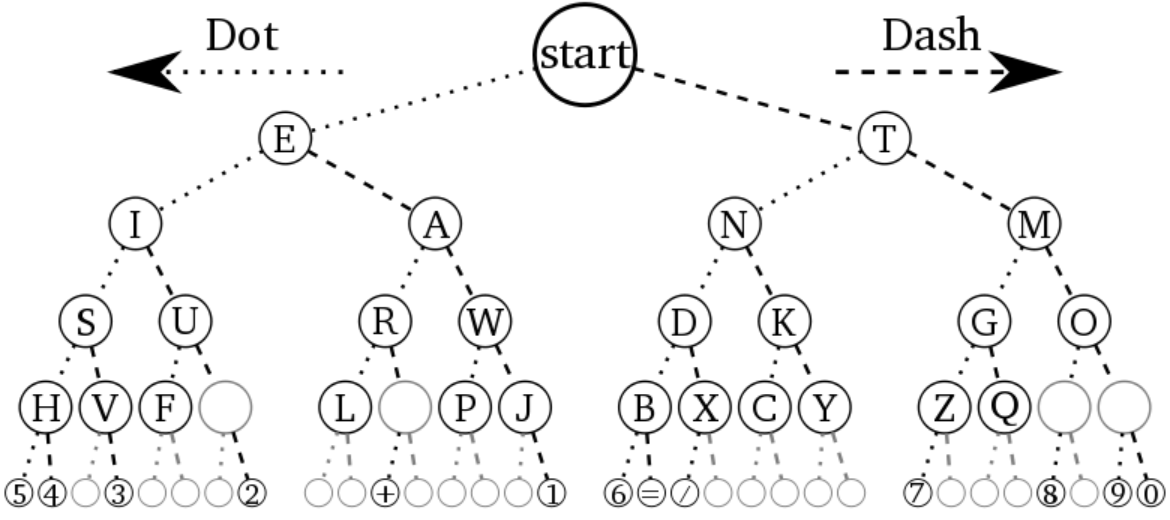


Bildekilde: Wikimedia Commons

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…

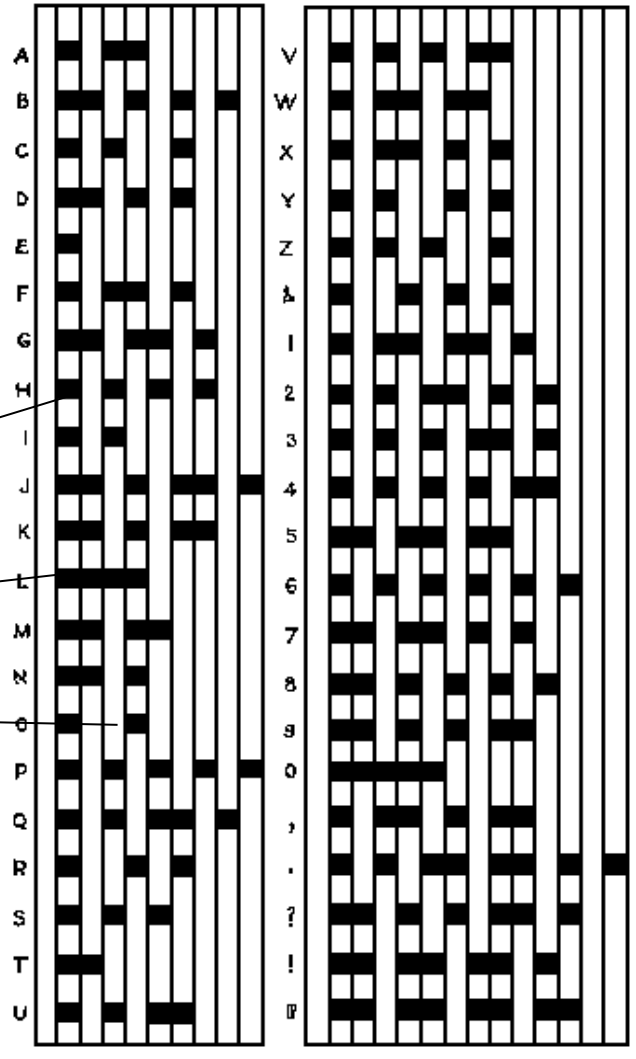
dit

dah

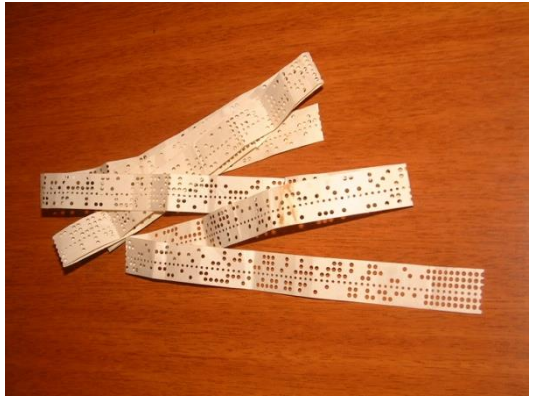
gap

- 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:

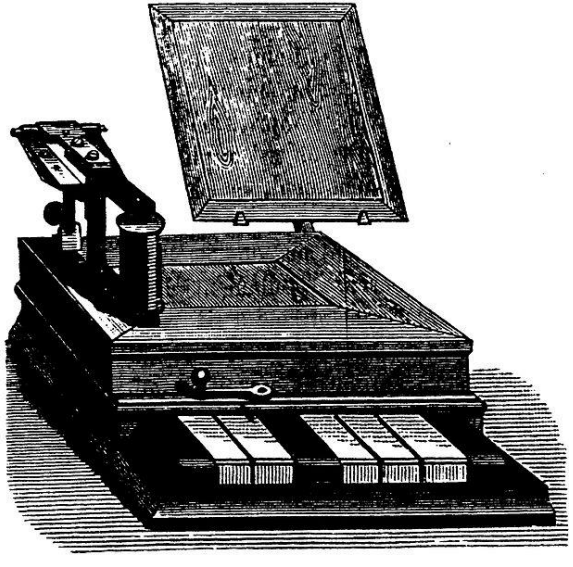
- Tidsmultipleksing.
- Flere telegrafer på samme linje.

Første forsøkene feilet:

- Synkroniseringsproblemer grunnet at morsekoden er variabel lengde.

Baudot fikset problemet:

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



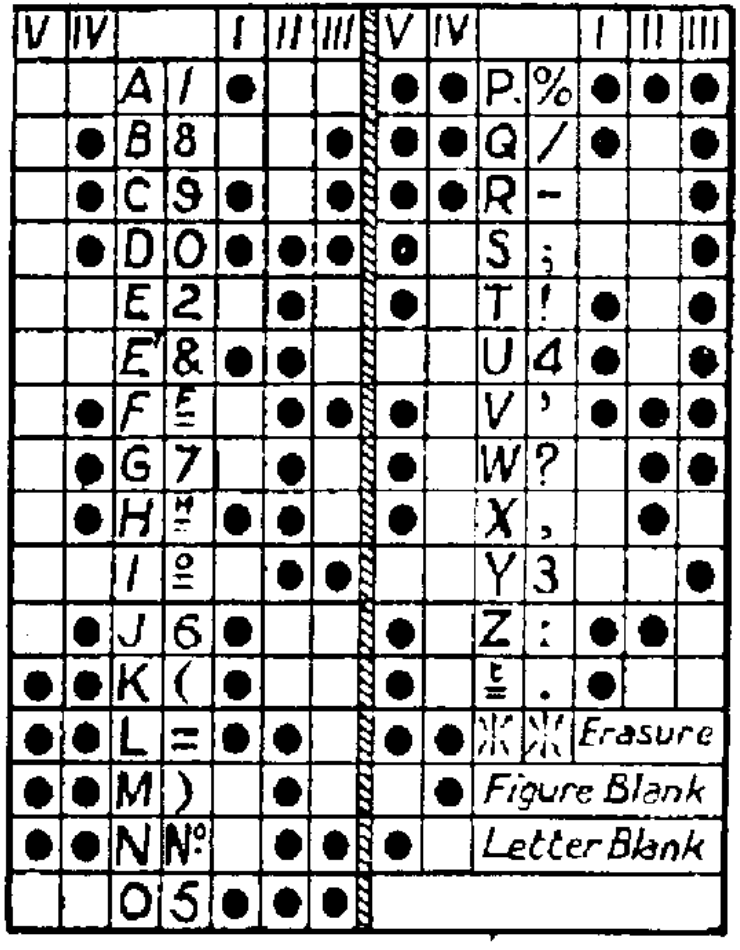
Baudotkode

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

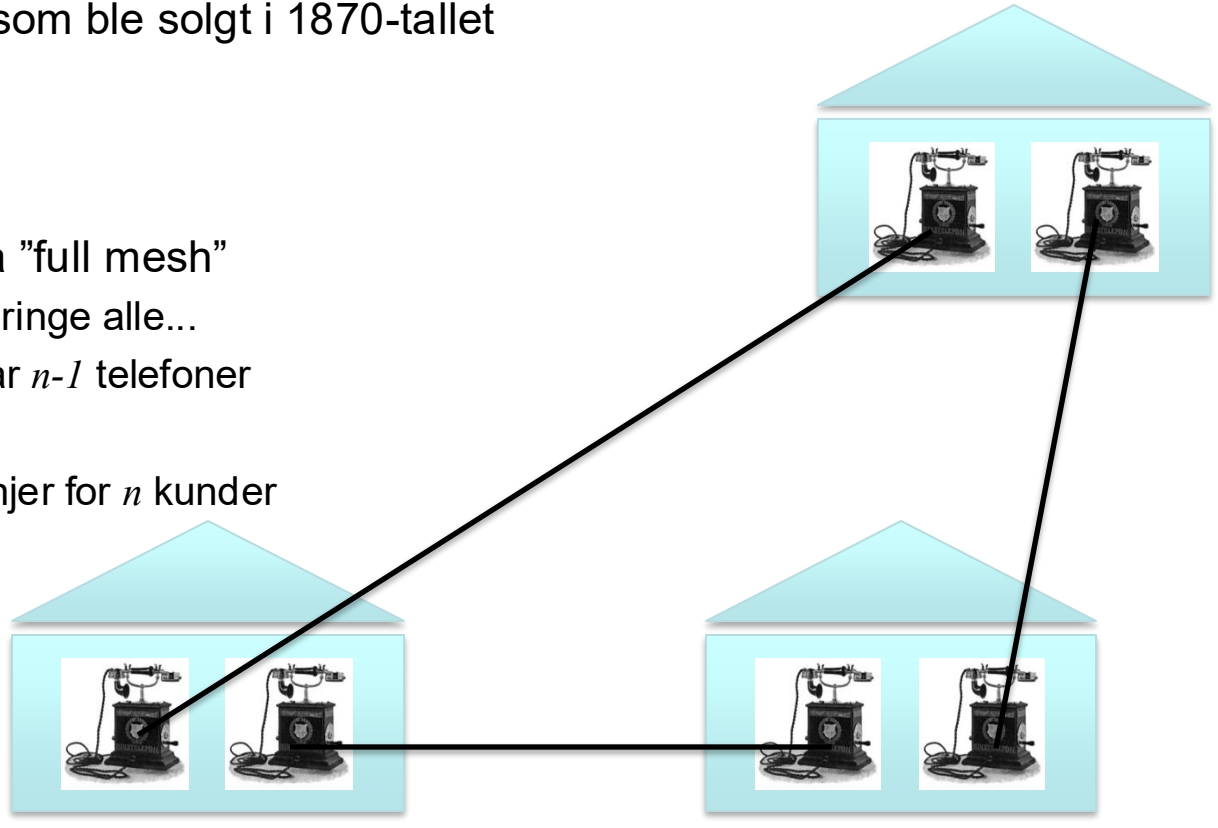
Hvis vi går ut i fra ”full mesh”

- Alle skal kunne ringe alle...

→ Hver kunde har $n-1$ telefoner

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

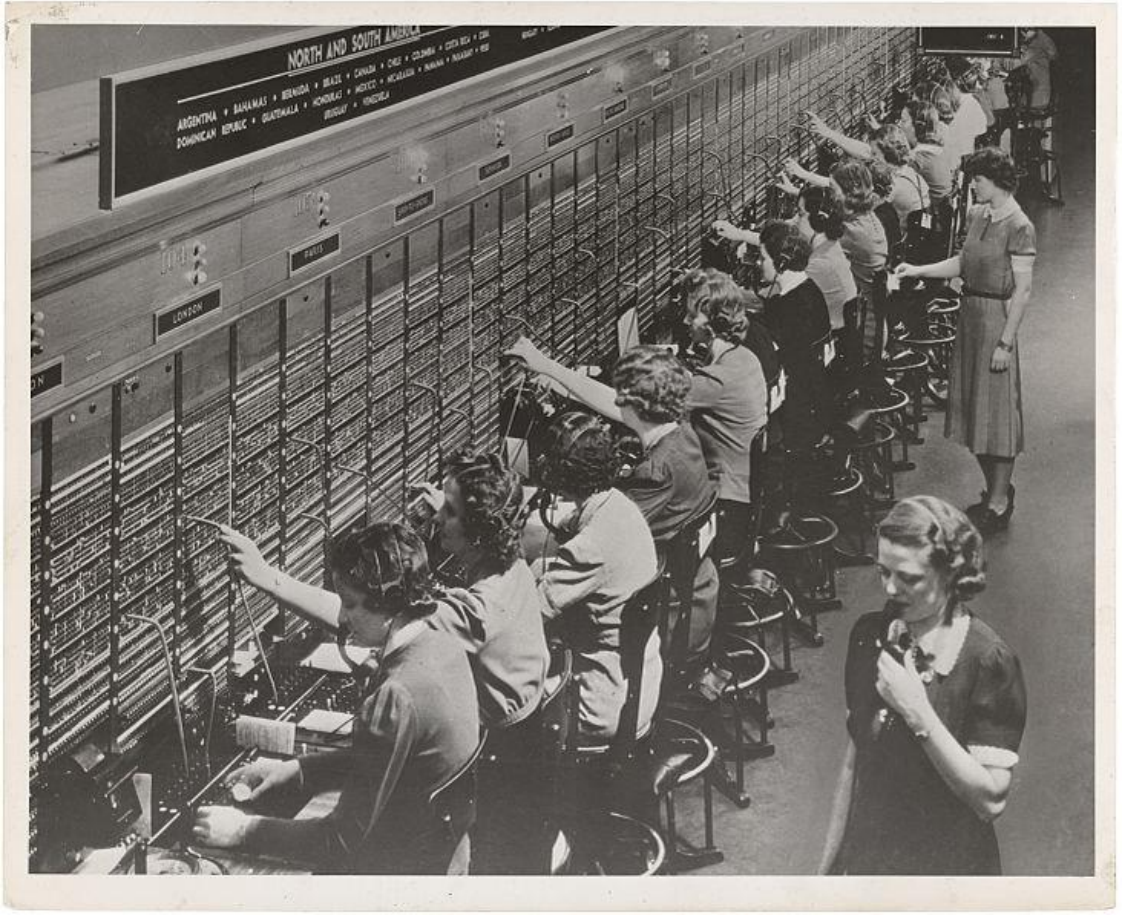
Skalerbart?



Bildekilde: Wikimedia Commons

Telefoni

Bildekilde: Wikimedia Commons



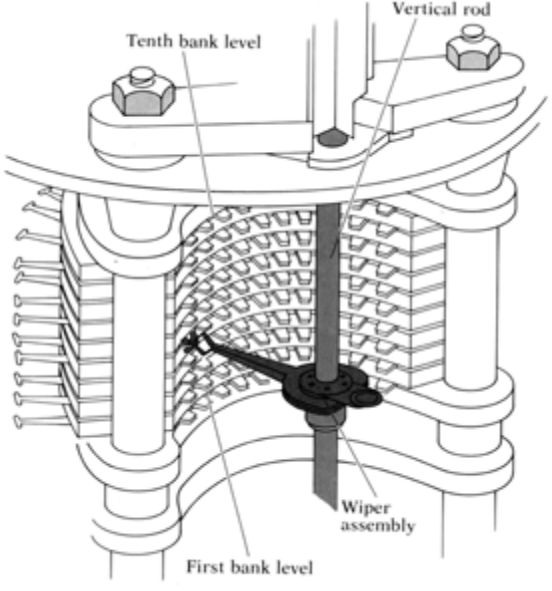
Sentralbord (switch)

- 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.

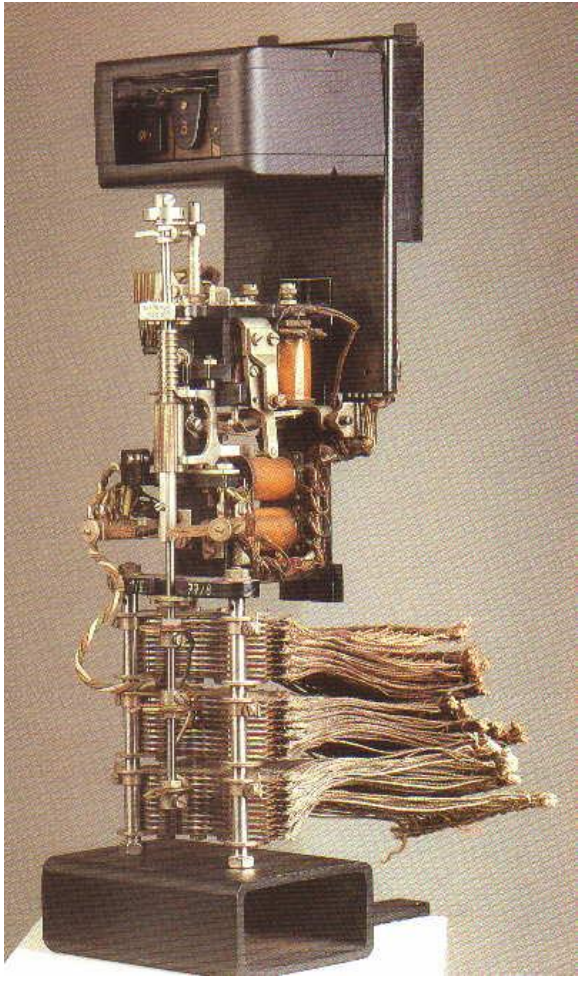
Telefoni

Strowger switcher automatiserte telefonsentralene

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



Bildekilde: harvard.edu



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

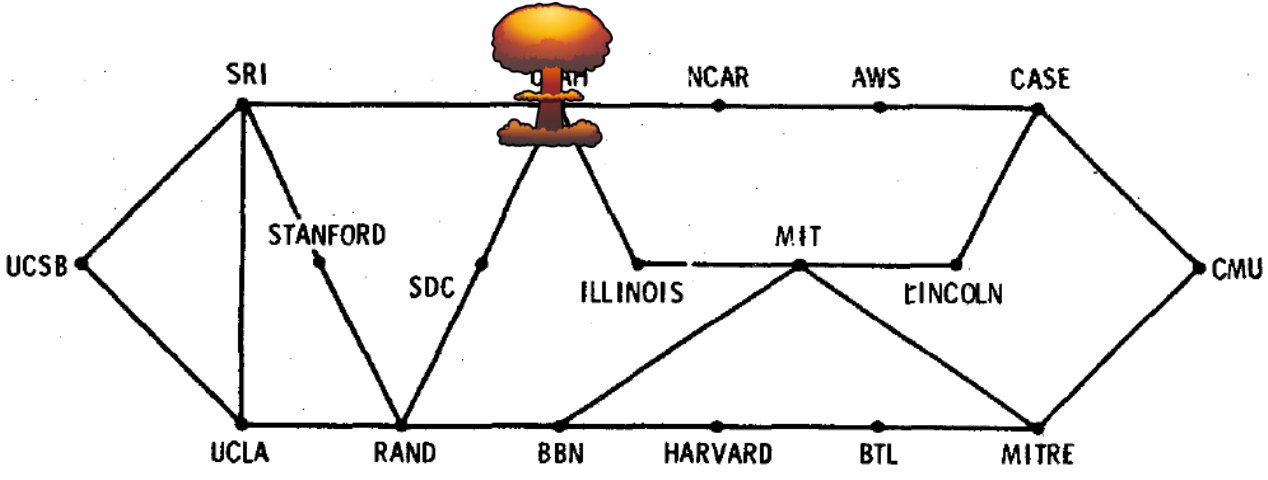
Bildekilde: Computer network development to achieve resource sharing, AFIPS 1970

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

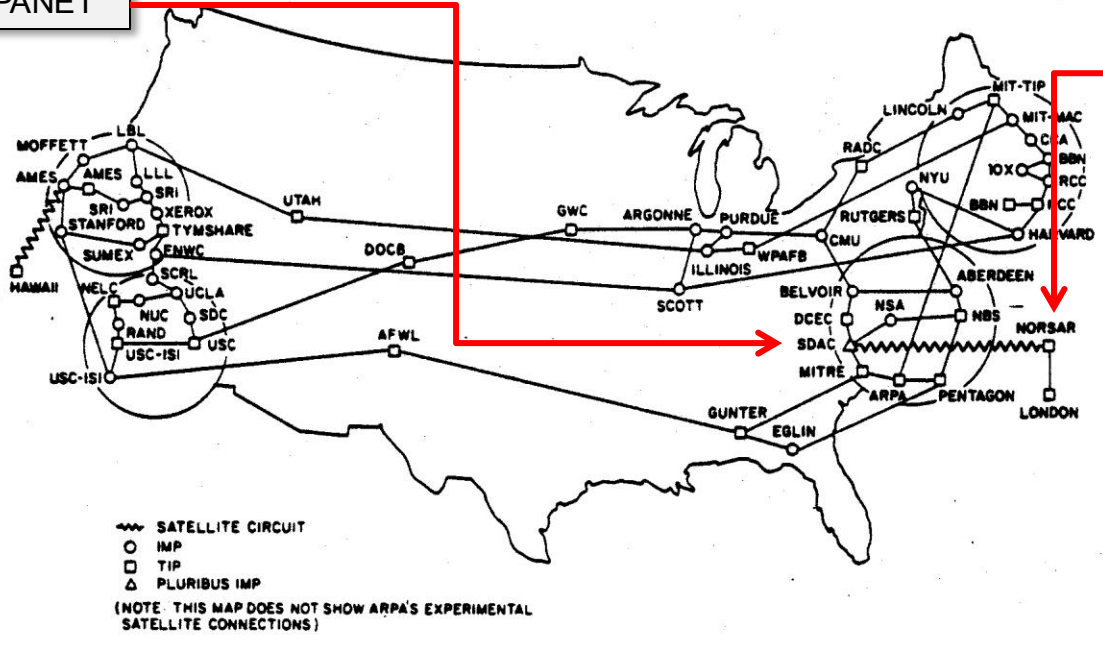


ARPANET

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)

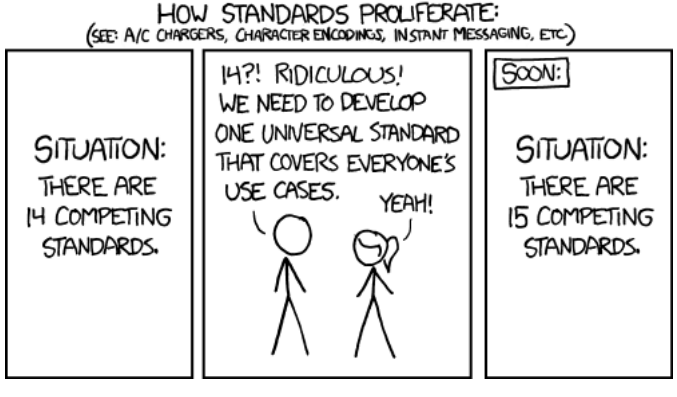
Utfordring: Utviklingen av kommunikasjonsprotokoller trenger standardisering

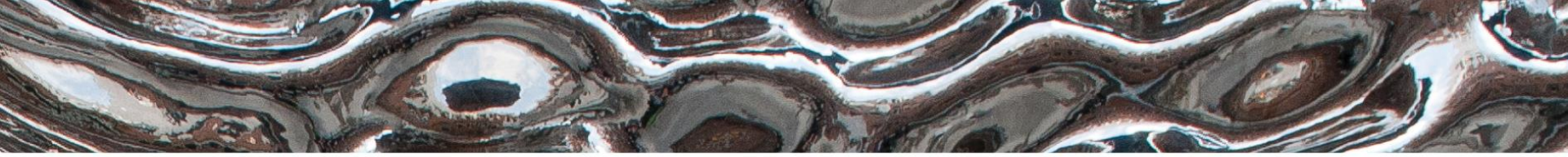
- Forskjellige lokasjoner, institusjoner, produsenter, operatører …
  → **Trenger standarder**
- Vitenskapelig publikasjoner: **For sent**
- Industriell standardisering: **For sent** og **for kostbart**

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**»





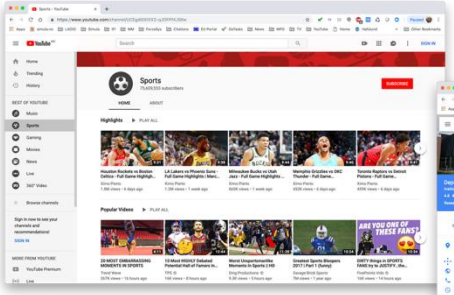
UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Hvorfor skal vi lære om nettverk?

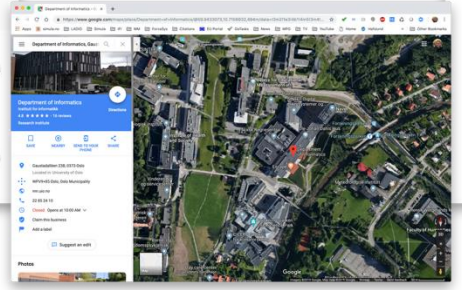
Join at menti.com | use code 6548 0569

simula

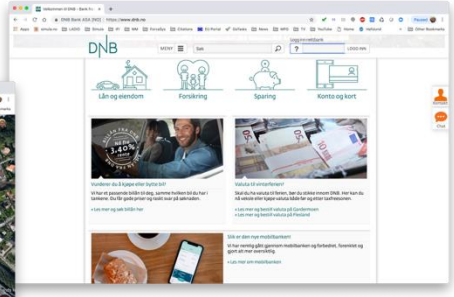
Nettbasert programvare



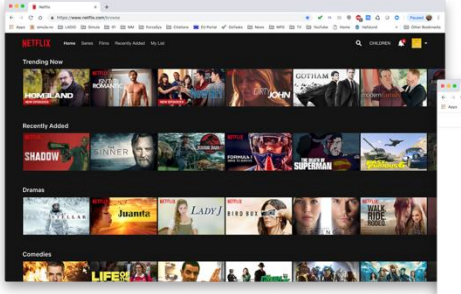
Video



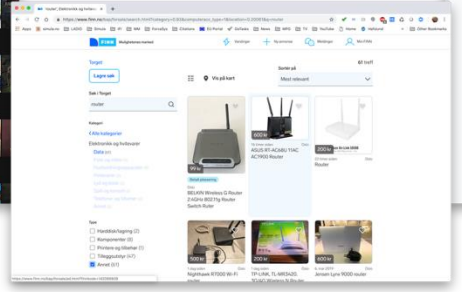
Navigasjon



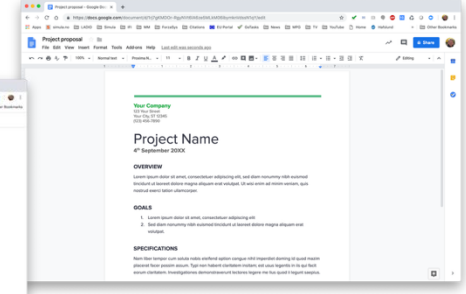
Bank



TV



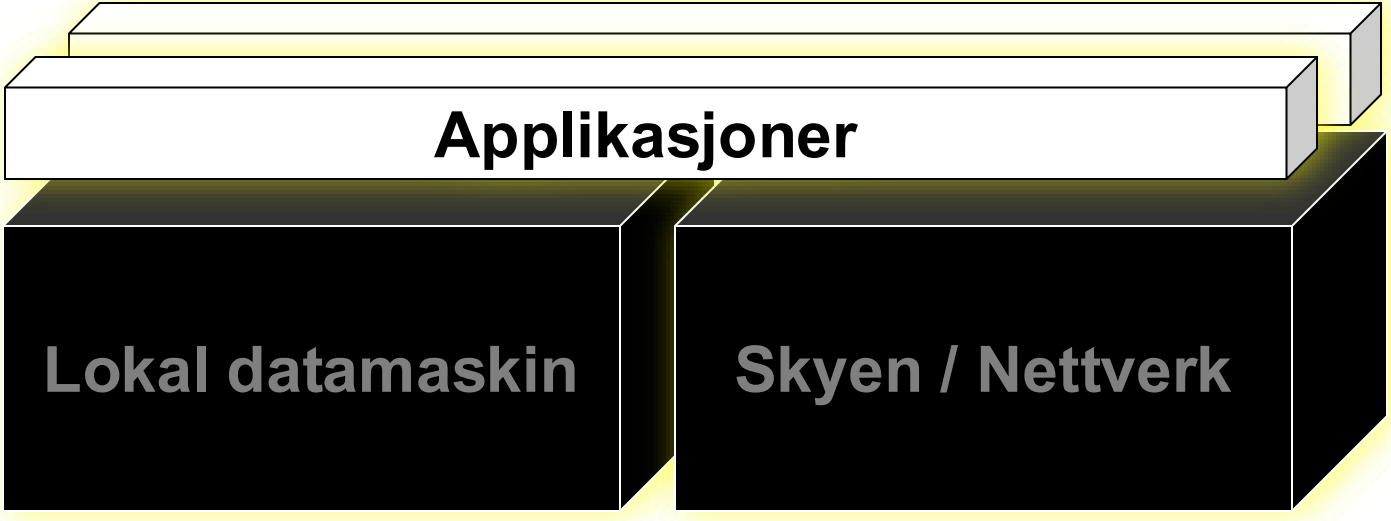
Shopping



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… ☺

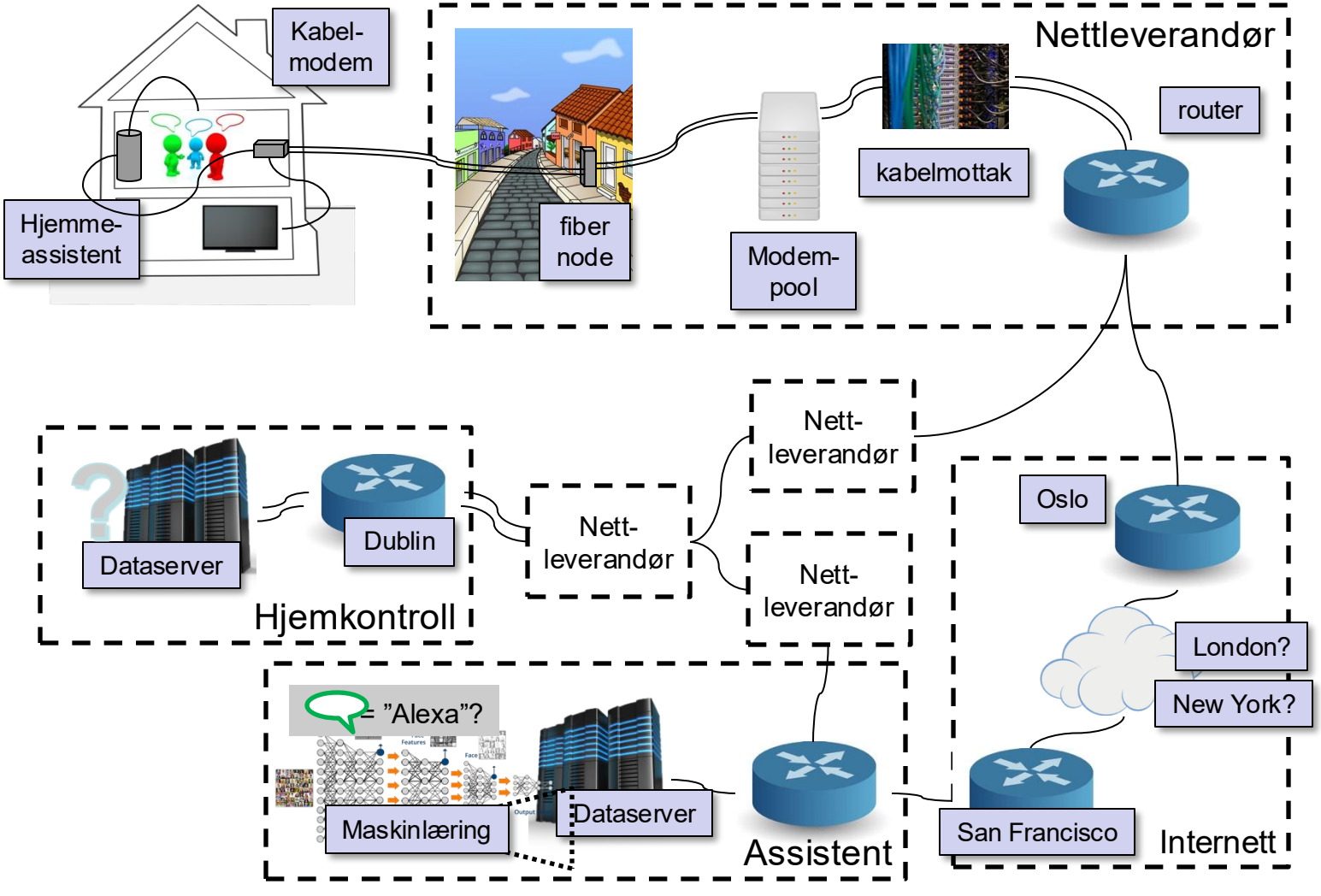
Hva skjer på andre siden av nettverkskontakten din?

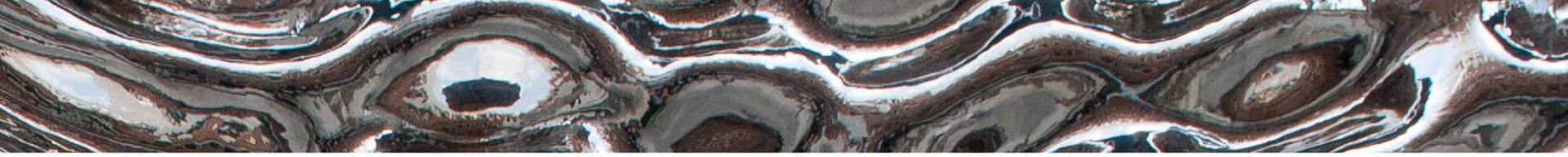


Hva skjer fra kabelen i veggen din til dine virtuelle hjemmeassistent får svar?



En beskjeds vei over nettet…





UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Grunnleggende kommunikasjonsformer

Join at menti.com | use code 6548 0569

simula

Telefonnettverk - *"Circuit switching"*

"Circuit switching"

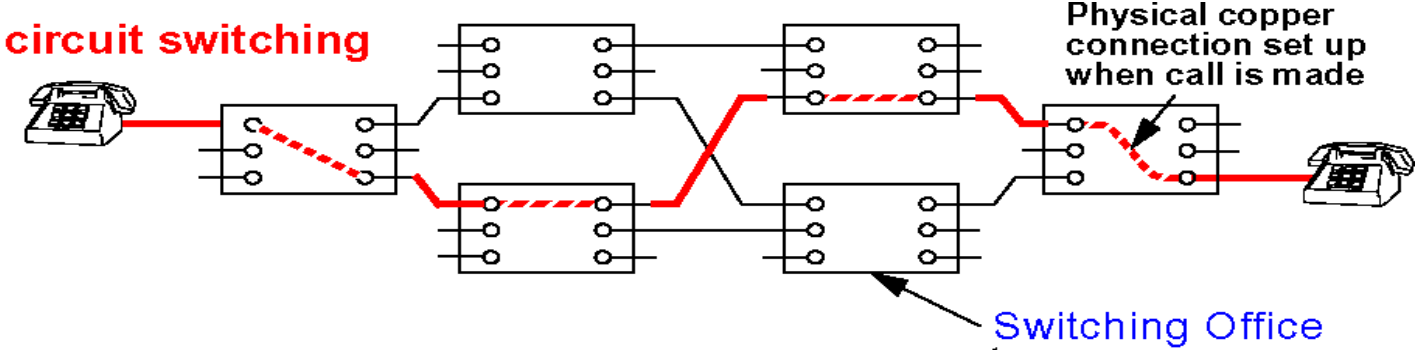
- Dedikert linje mellom "sender" og "mottaker"
- Reservert "eksklusivt" for hele samtalen / oppkoblingen

Tilkoblingsorientert tjeneste

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

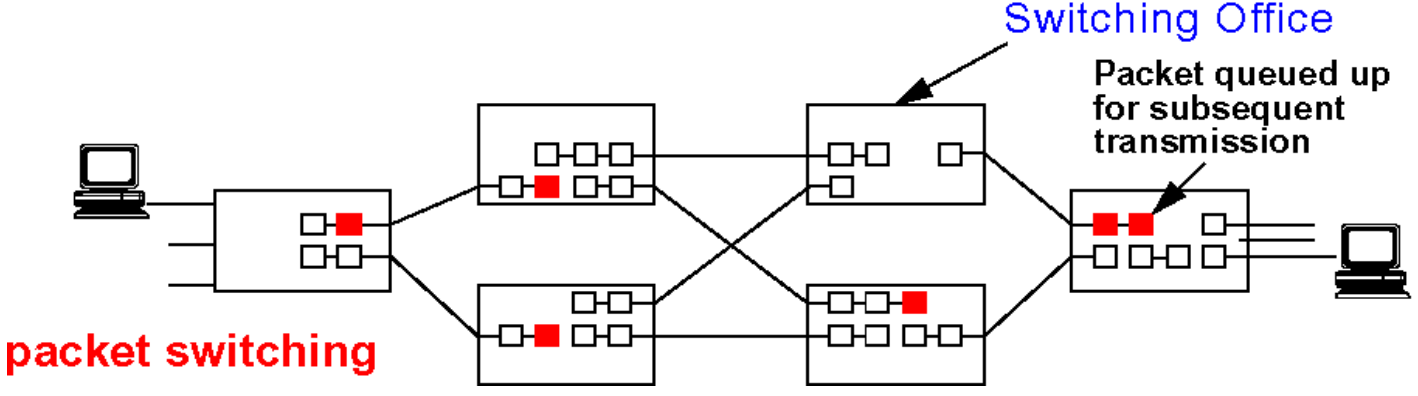
Konseptene fremdeles i bruk i dag

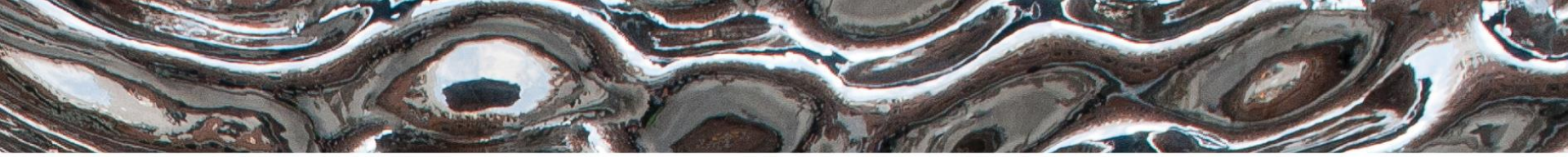
- Men, ikke dedikert linje. Kun resurser som reserveres.
- For eksempel: ISDN reserverer 64kbit/s båndbredde mellom sender og mottaker.



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

Join at menti.com | use code 6548 0569



simula



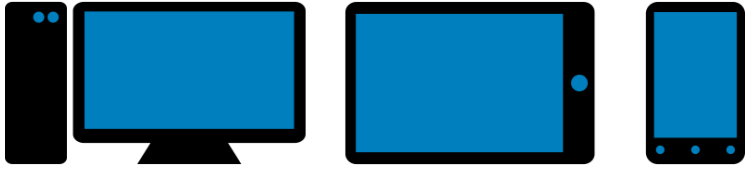
Nettverkskomponenter

- Tjenere





- Klienter



- Switcher





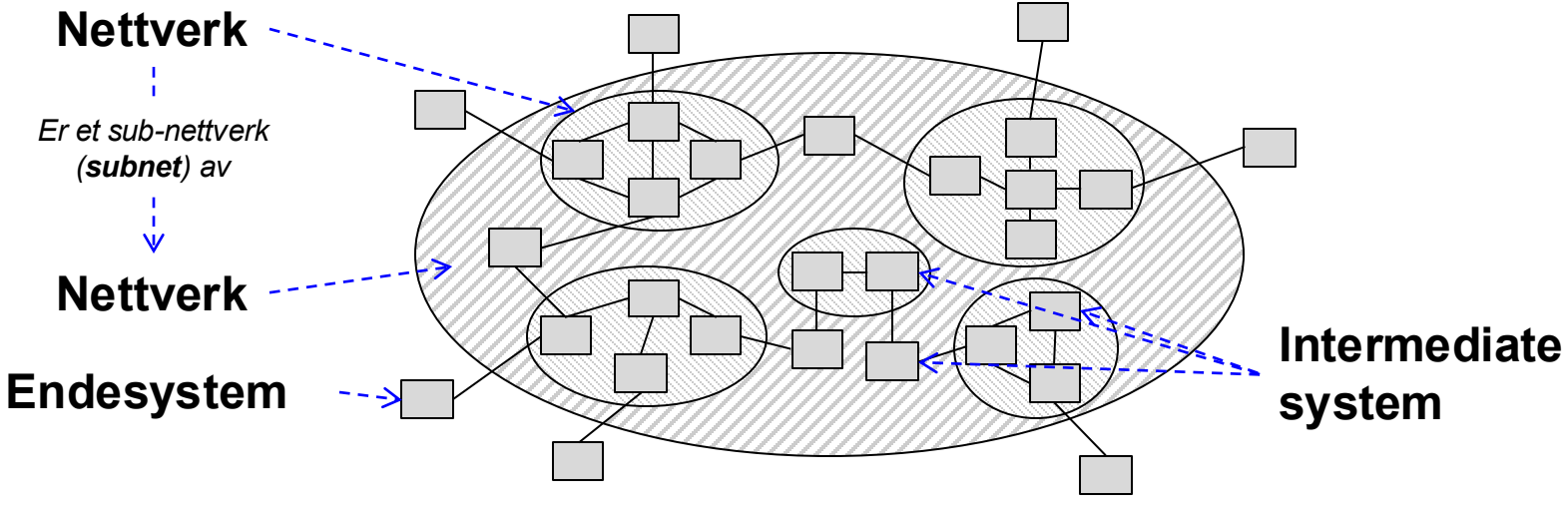
- Routere







Nettverkskomponenter

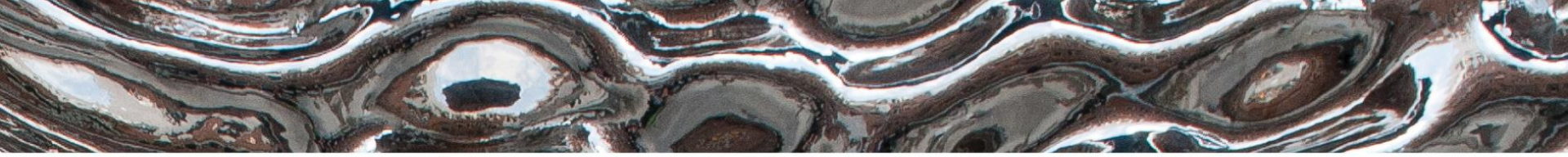


Endesystemer:

- 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

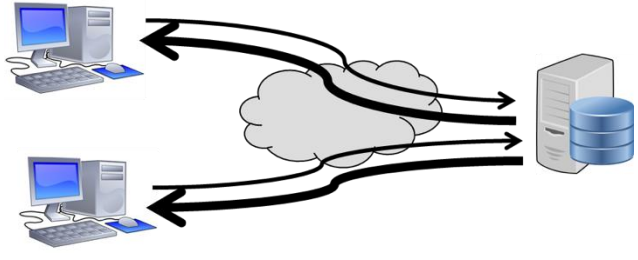
Join at menti.com | use code 6548 0569

simula

Aksessmodeller for datakommunikasjon

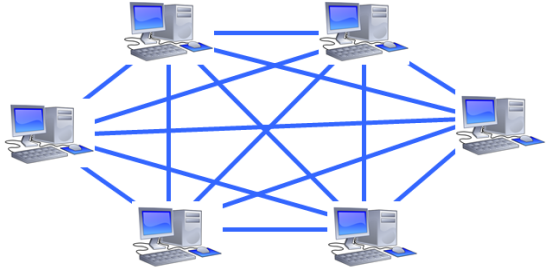
Klient-tjener:

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



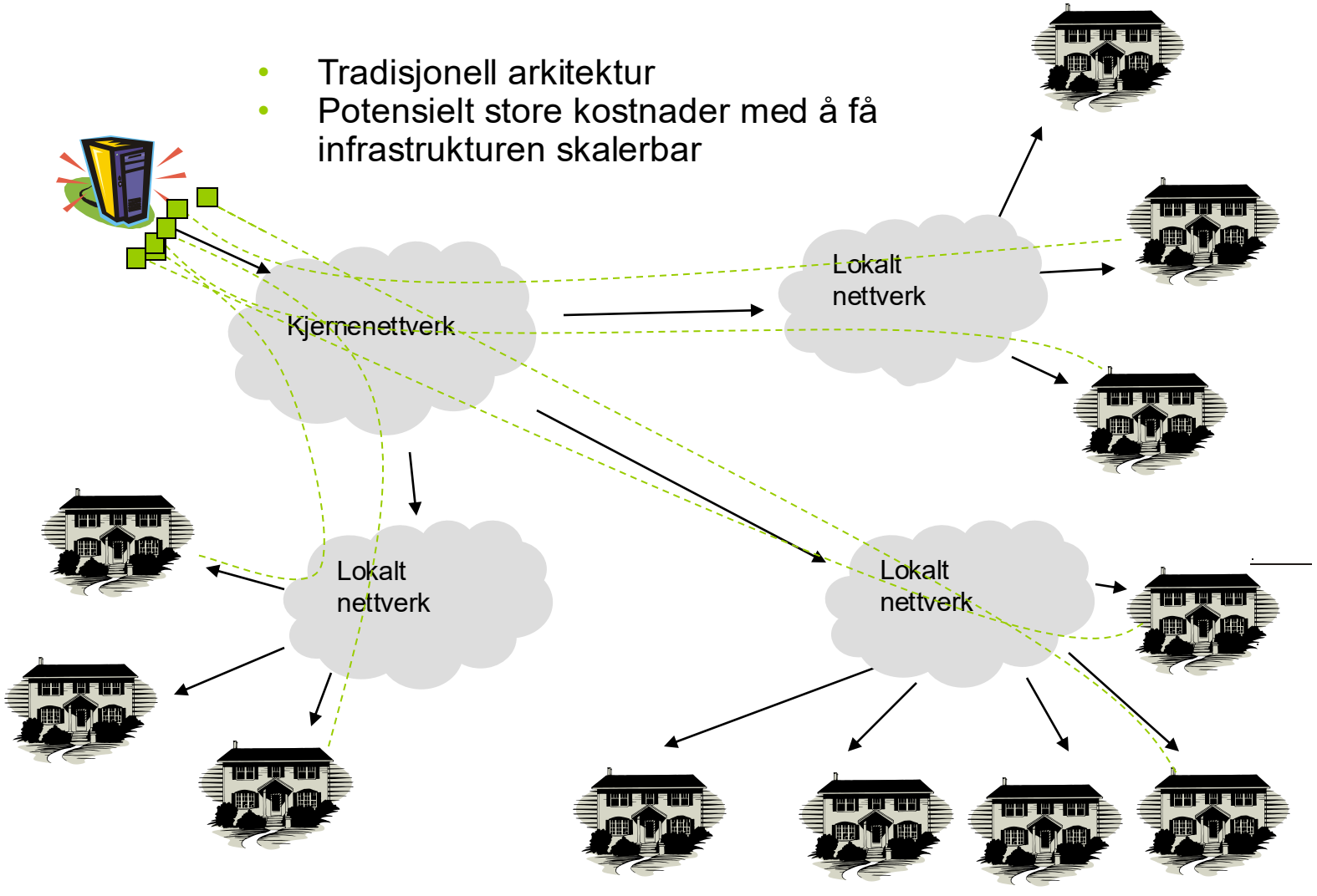
Peer-to-Peer (P2P)

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



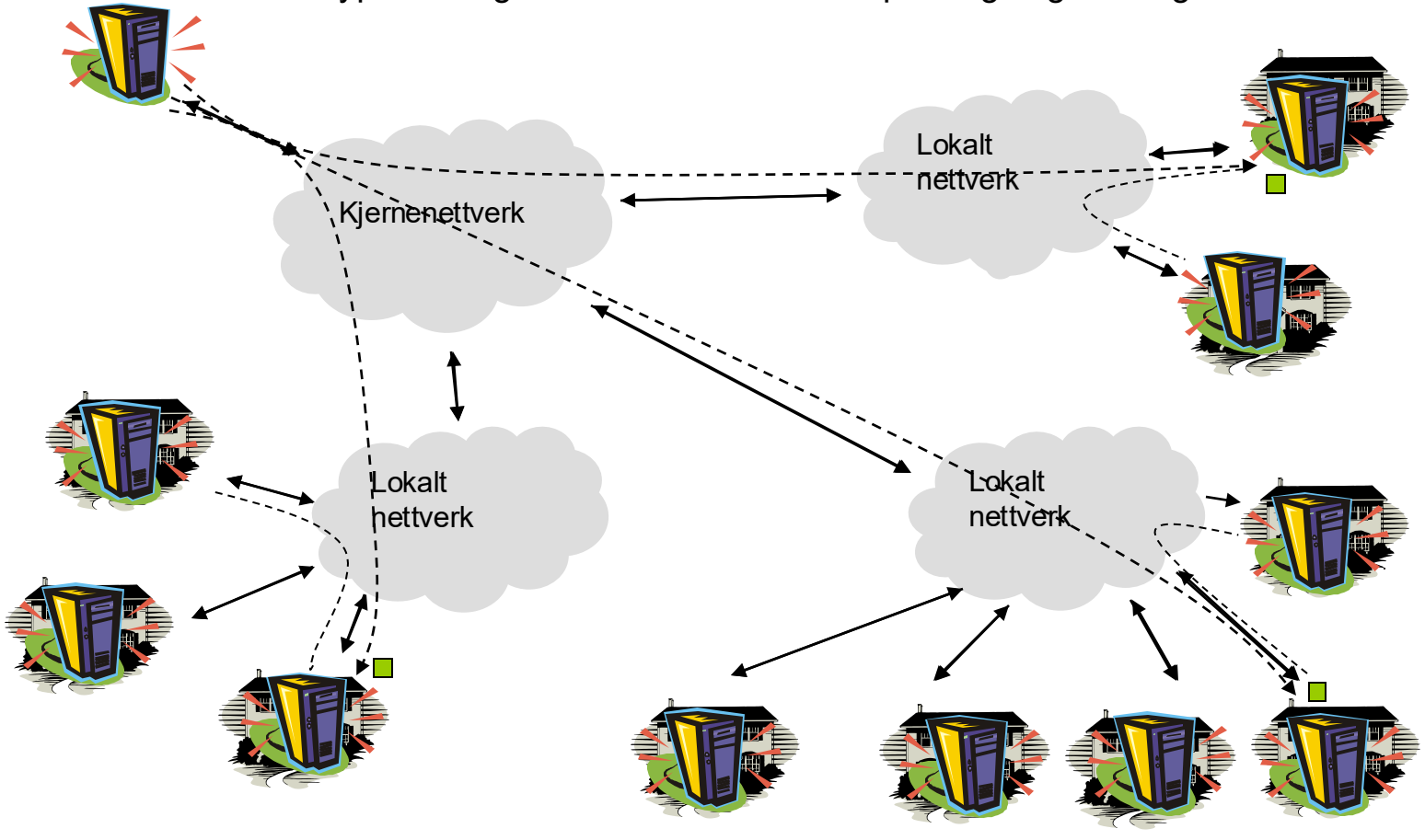
Klient-Tjener

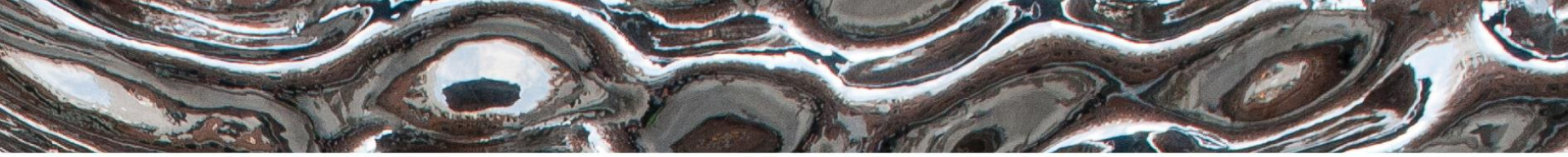
- Tradisjonell arkitektur
- Potensielt store kostnader med å få infrastrukturen skalerbar



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*

Join at menti.com | use code 6548 0569



simula

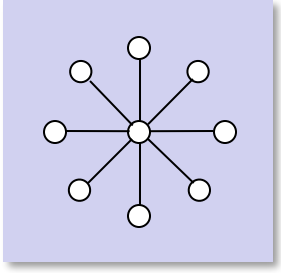


Nettverksstrukturer

Punkt til punkt:

DOCSIS (kabelmodem)

– Stjernetopologi



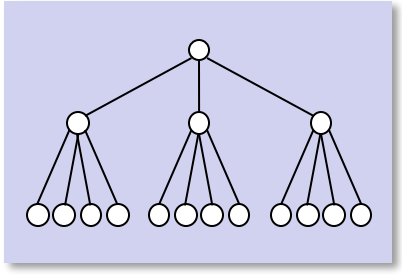
Nettverksstrukturer

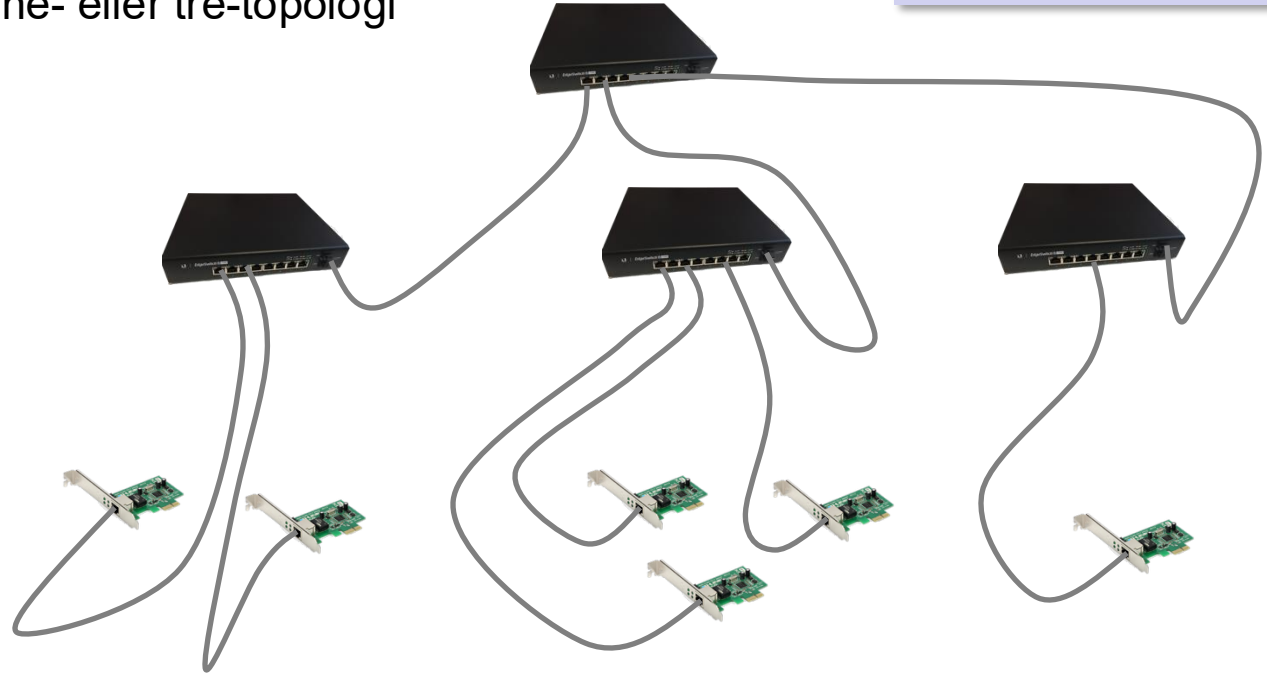
Punkt til punkt:

DOCSIS (kabelmodem)

- Stjernetopologi

- Ethernet ("kablet internett")
  - Stjerne- eller tre-topologi





Nettverksstrukturer

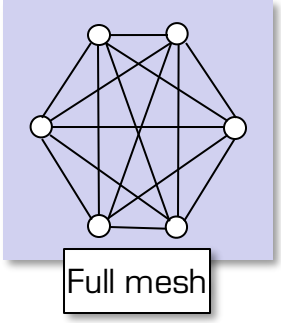
Punkt til punkt:

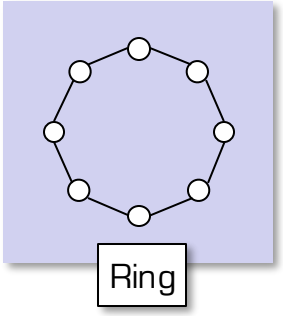
DOCSIS (kabelmodem)
- Stjernetopologi

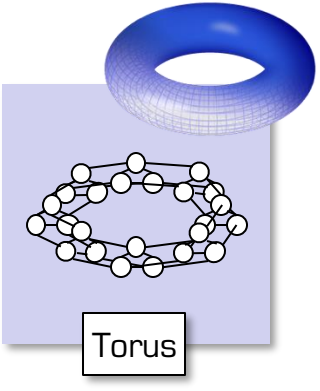
- Ethernet ("kablet internett")
  - Stjernetopologi eller tretopologi

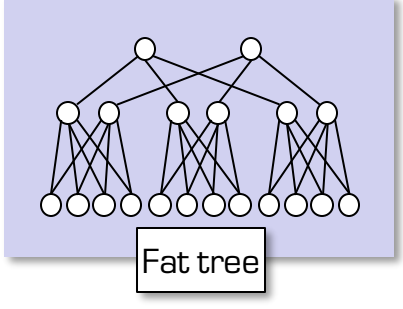
- IEEE 802.5 "Token Ring" (utdatert)
  - Ring

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





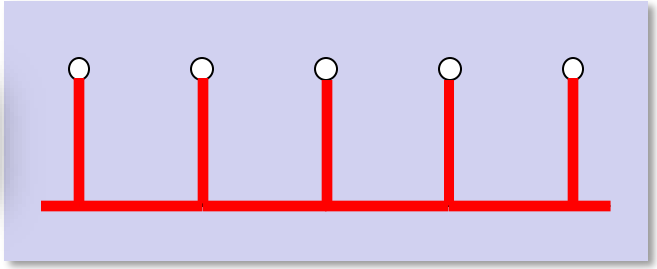




Nettverksstrukturer

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.)

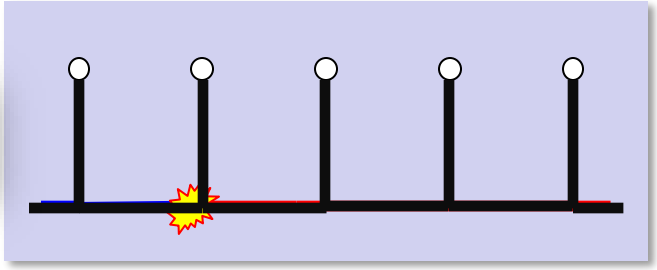


- ***Egenskaper:***
  - Når en node sender kan potensielt alle høre!
  - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig…
  - Feildeteksjon er viktig!
  - Sending bør koordineres…

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.)

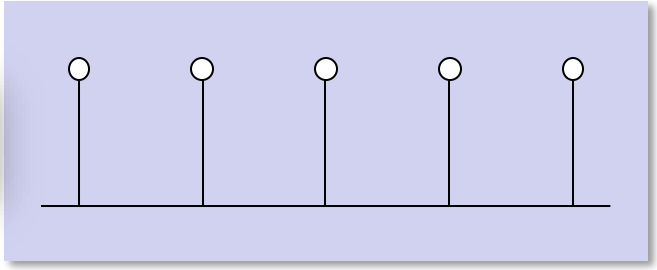


- ***Egenskaper:***
  - Når en node sender kan potensielt alle høre!
  - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig…
  - Feildeteksjon er viktig!
  - Sending bør koordineres…

Nettverksstrukturer

Broadcast-systemer:

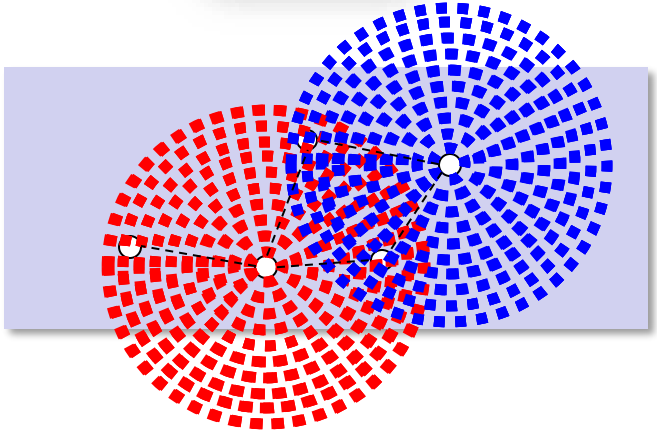


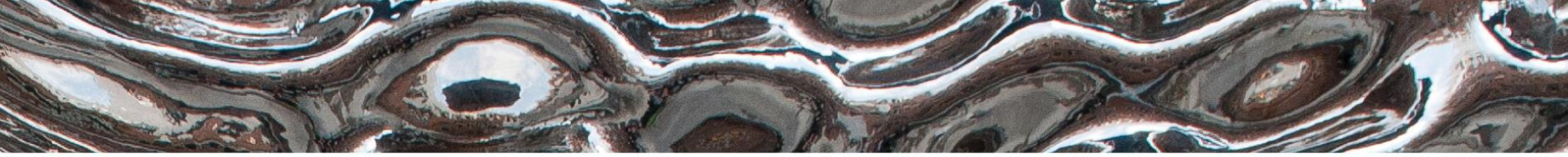


- *Kabel:*
  - Ethernet over Coax-kabel
- *Radio:*
  - Aloha (første generasjon trådløs)
  - WiFi (IEEE 802.11)
  - Mobiltelefoni: GSM (2G), 4G, 5G
  - Satellitt (Starlink, Iridium, mfl.)



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





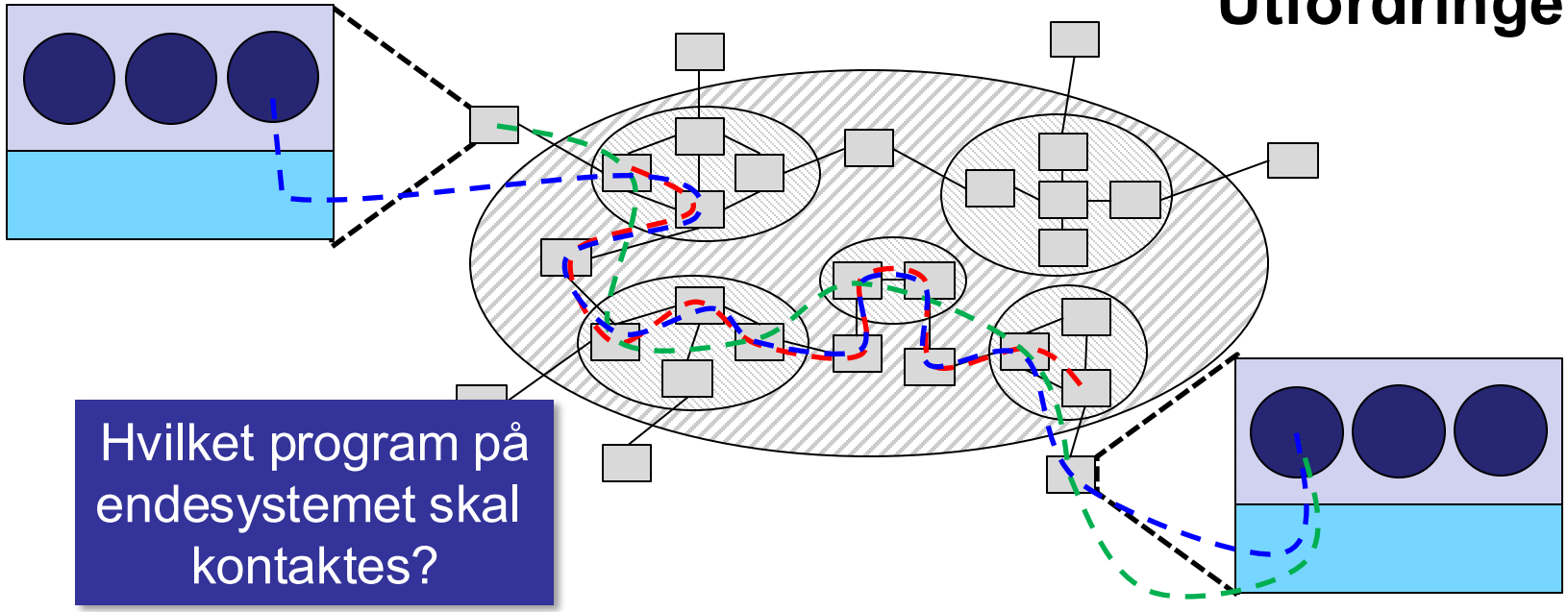
UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Utfordringer vi må løse i et datanettverk

Join at menti.com | use code 6548 0569

simula

Utfordringer…

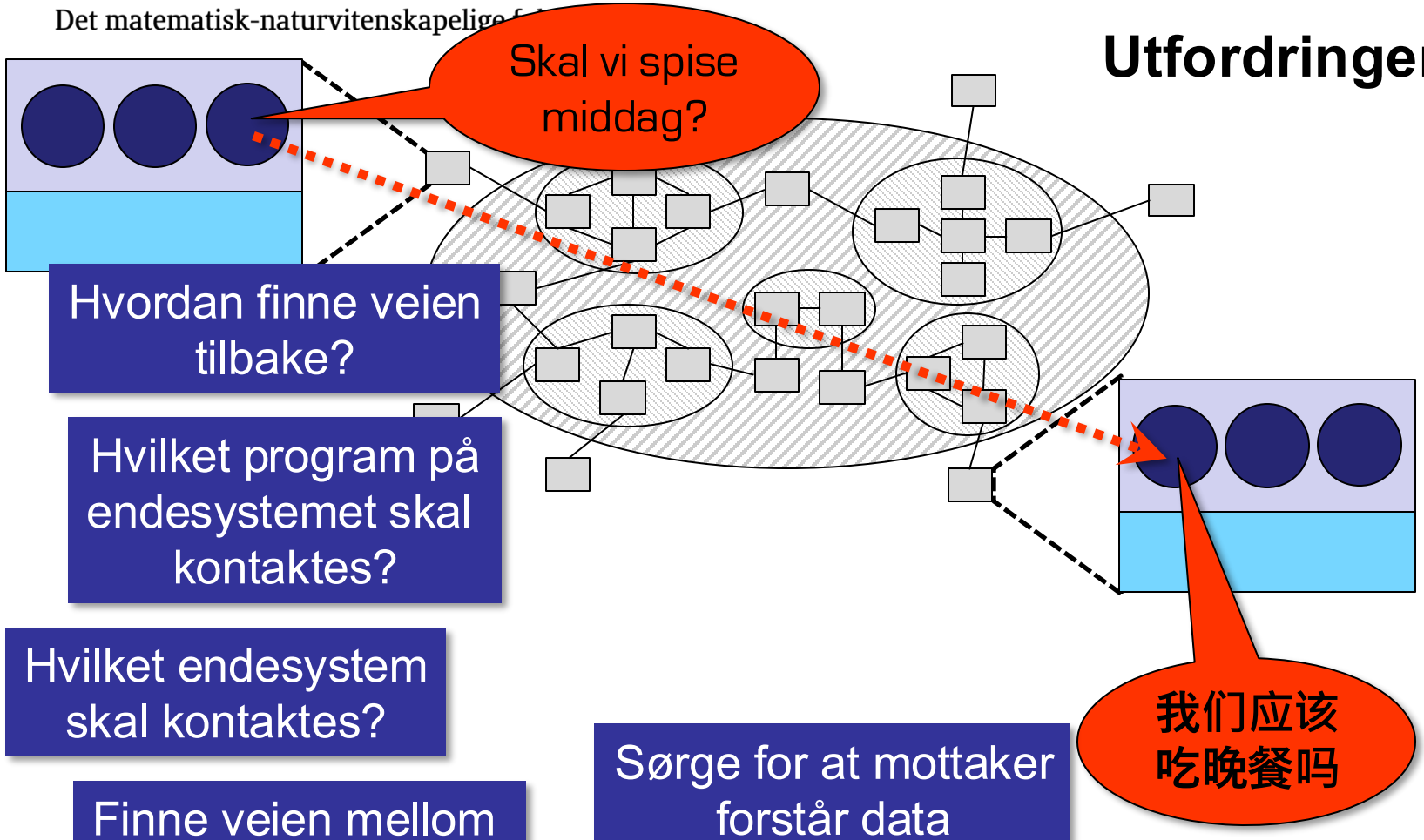


Hvilket program på endesystemet skal kontaktes?

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…

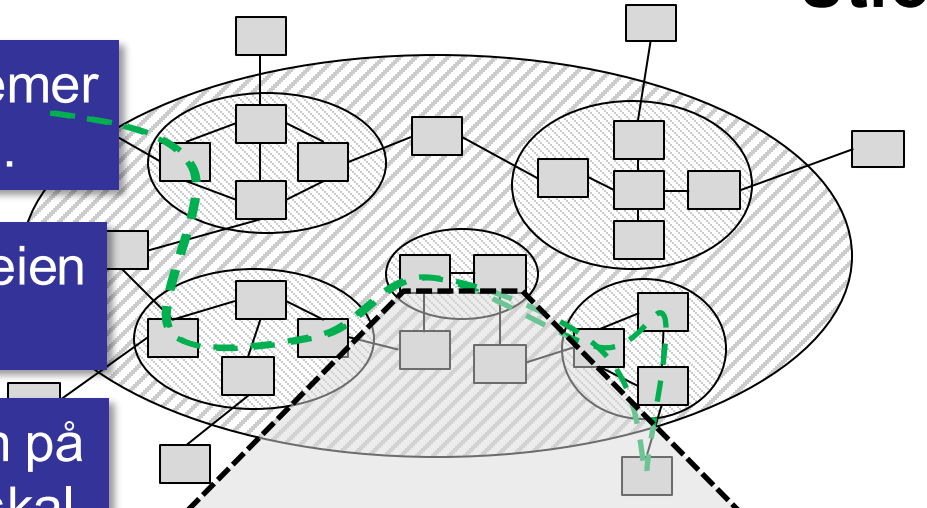
Håndtere problemer i nettverket…

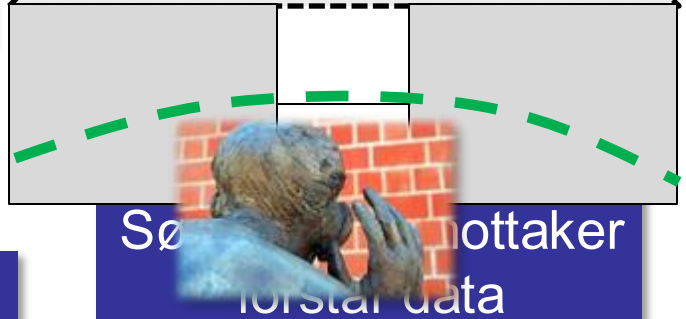
Hvordan finne veien tilbake?

Hvilket program på endesystemet skal kontaktes?

Hvilket endesystem skal kontaktes?

Finne veien mellom nettleverandører



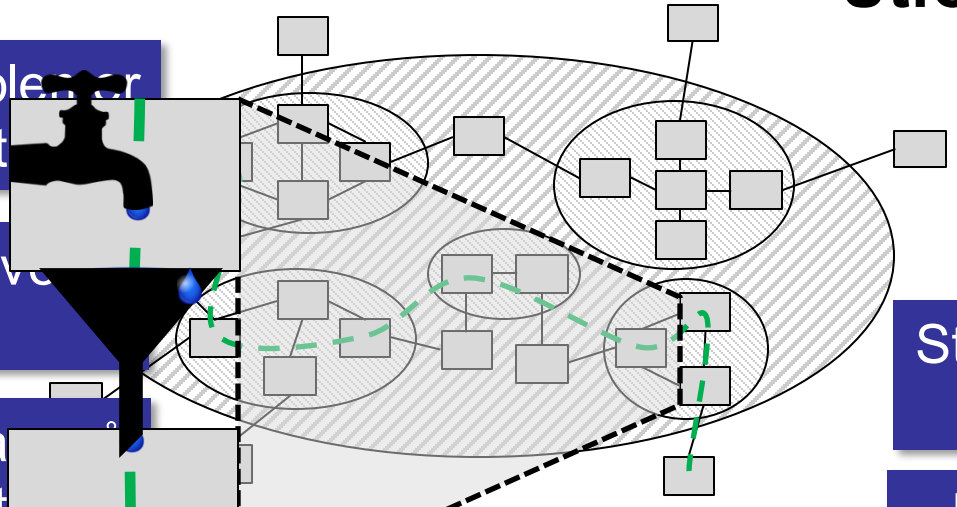


Sø… …ottaker
…forstår data

Ivareta personvern

Ivareta sikkerhet

Utfordringer…



Håndtere proble… i nettverket

Hvordan finne v… tilbake?

Hvilket progra… endesystemet … kontaktes…

Hvilket endesystem skal kontaktes?

Finne veien mellom nettleverandører

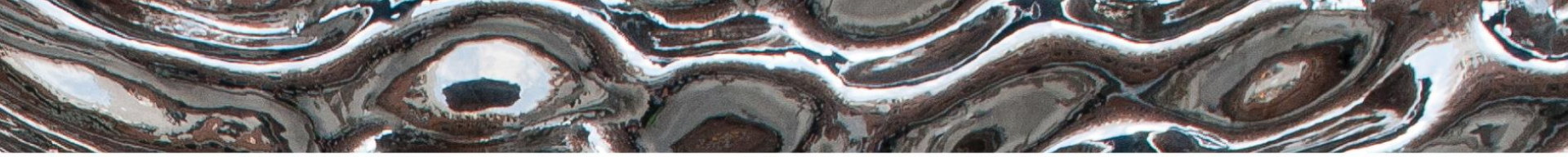
Sørge for at mottaker forstår data

Støtte høy trafikk

Unngå forsinkelse

Ivareta personvern

Ivareta sikkerhet



UiO : Institutt for informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Utfordringer i datanettverk: Protokoller og lagdeling

Join at menti.com | use code 6548 0569

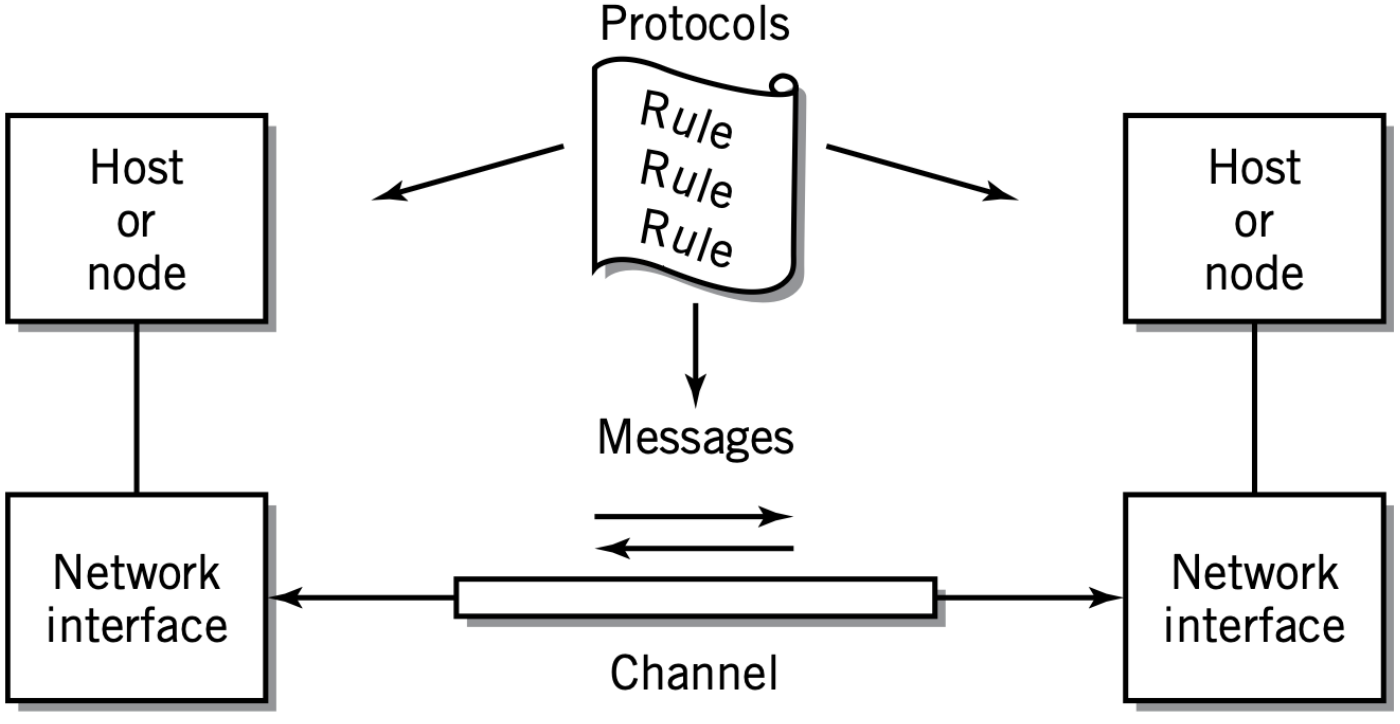


simula

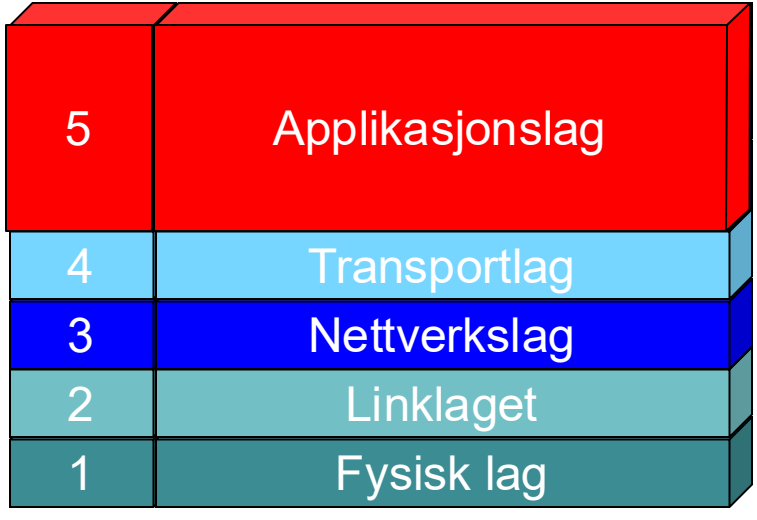


Join at menti.com | use code 5914 4924

Nettverksprotokoller? Hva er en protokoll?



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

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

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

Join at menti.com | use code 6548 0569

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