



UiO • **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

IN1020 - Introduksjon til datateknologi

Forelesning – 20.10.2022

Nettverk 101 - En introduksjon til datanettverk

Håkon Kvale Stensland



simula



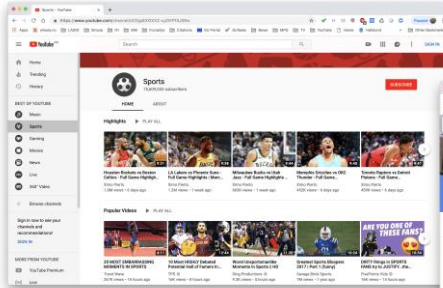
Plan for ”nettverksdelen” av IN1020

- *8. september - Introduksjon til operativsystemer*
- **20. oktober – Nettverk 101 – Introduksjon og historie**
- 26. oktober – Lagdeling og nettverksprotokoller
- 27. oktober – Kryptering i datakommunikasjon og som sikkerhetstiltak
- 2. november – Hvordan fungerer din trådløse ruter?
- 3. november – Tjenester i Internett

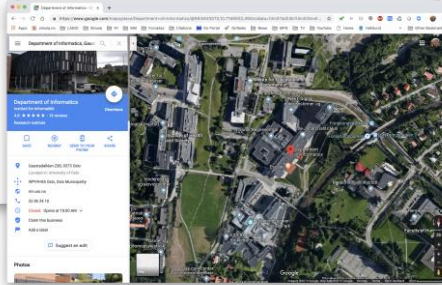
En introduksjon til datanettverk

- Datanettverkshistorie.
- Komponenter i nettverket.
- Aksessmodeller i datakommunikasjon.
- Forskjellige typer nettverk.
- utfordringer i nettverket.
- Protokoller og lagdeling.

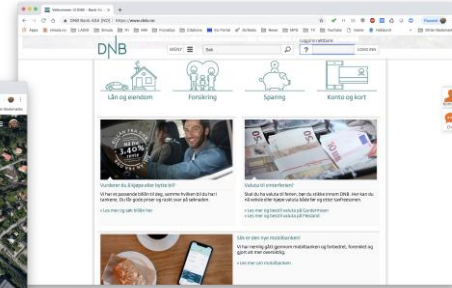
Nettbasert programvare



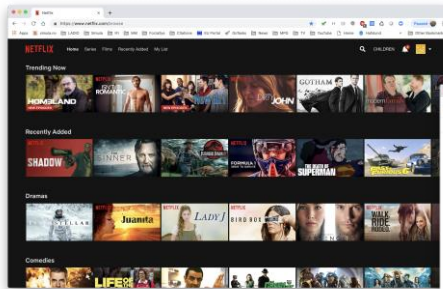
Video



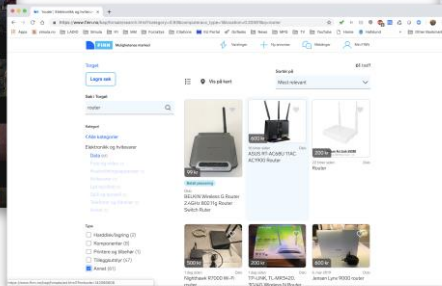
Navigasjon



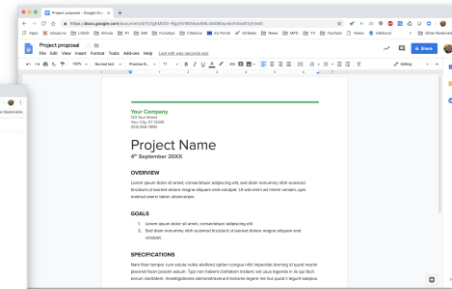
Bank



TV



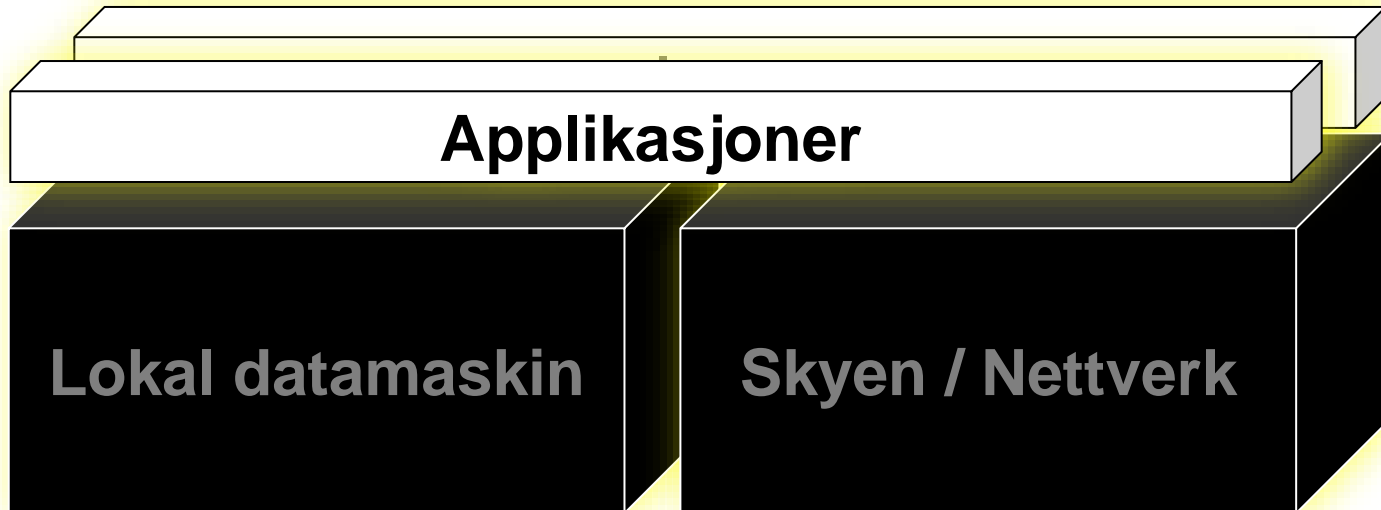
Shopping



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... 😊

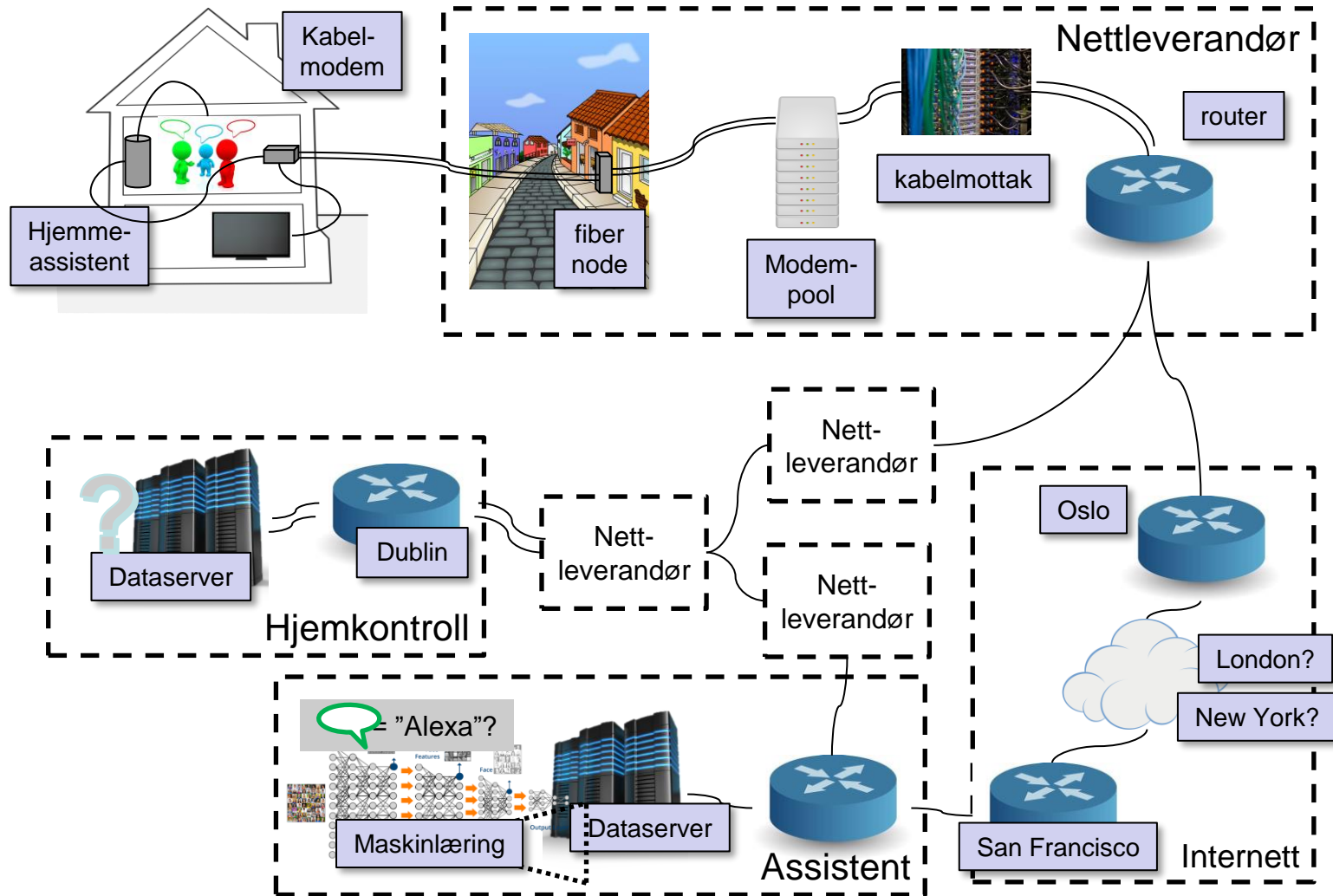
Hva skjer på andre siden av nettverkskontakten din?



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



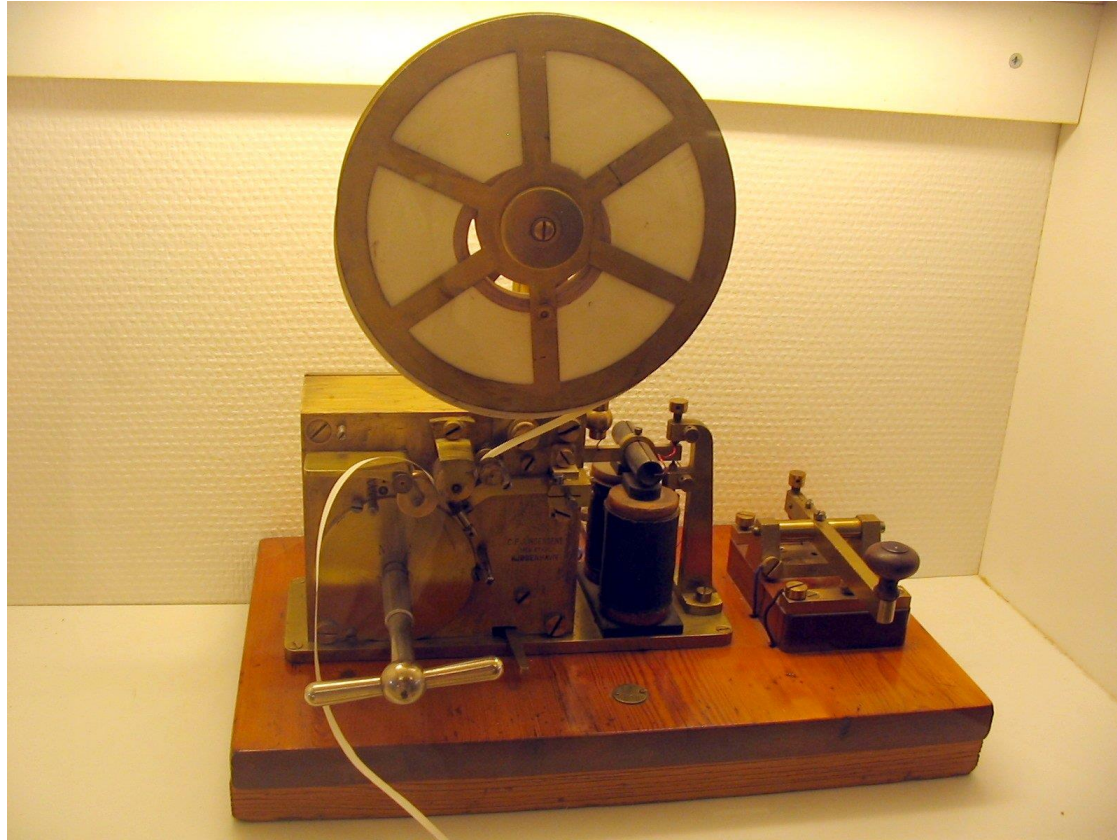
En beskjeds vei over nettet...



(Utvalgt) Historie om datanettverk

- Telegraf
- Telefoni
- *Internett:*
 - Tidlig Internett - ARPANET
 - Standardisering
- *Ekstreme datanettverk:*
 - NASA Deep Space Network

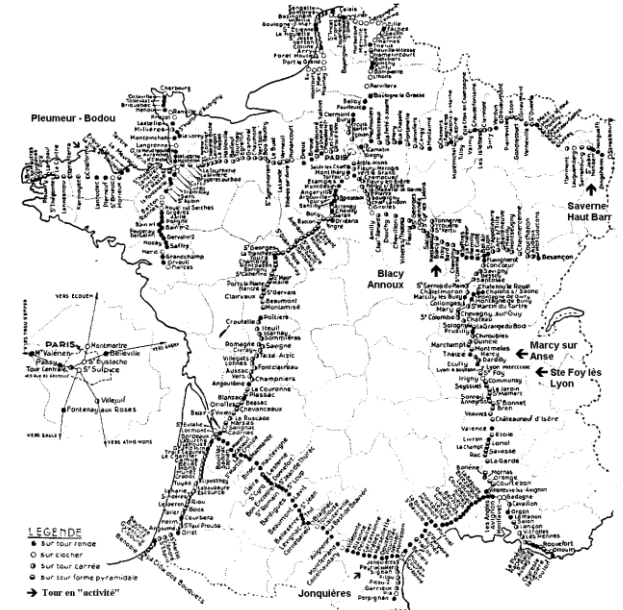
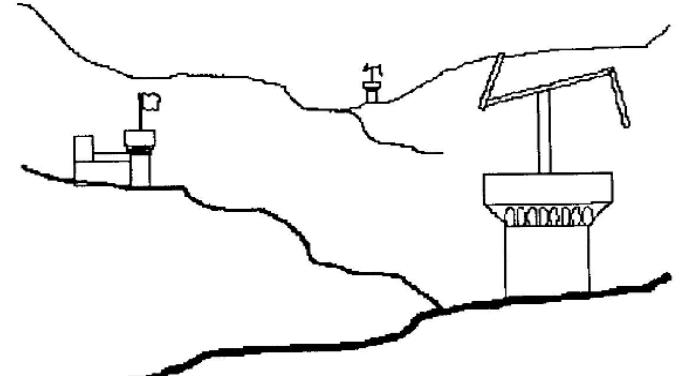
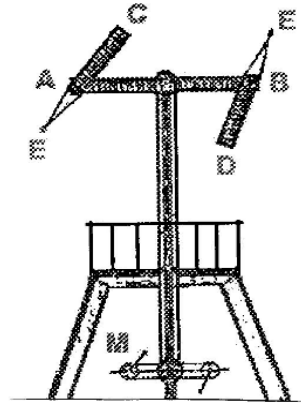
Telegraf



... før telegrafen

A	B	C	D	E	F
G	H	I	K	L	M
N	O	P	Q	R	S
T	U	V	W	X	Y
Z	&	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10

Chappe-Code

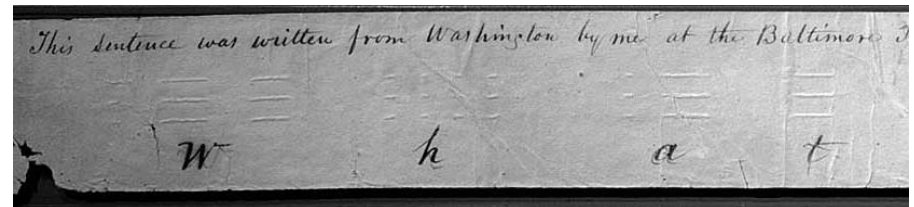
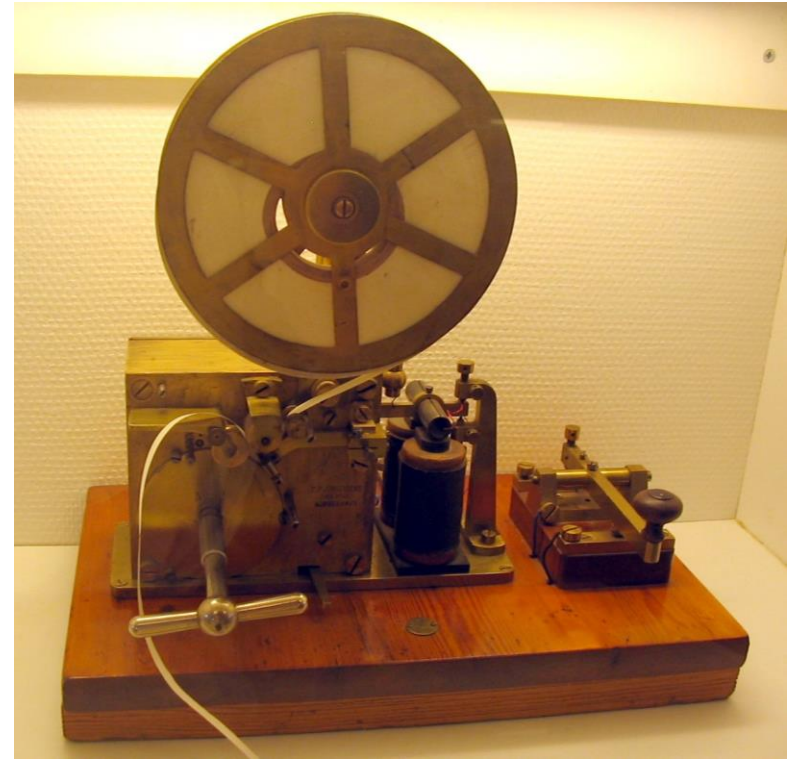


1791: Semafor-telegraf (Claude Chappe)

- 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?



Morse-telegraf

Telegrafnettverk i USA - 1916

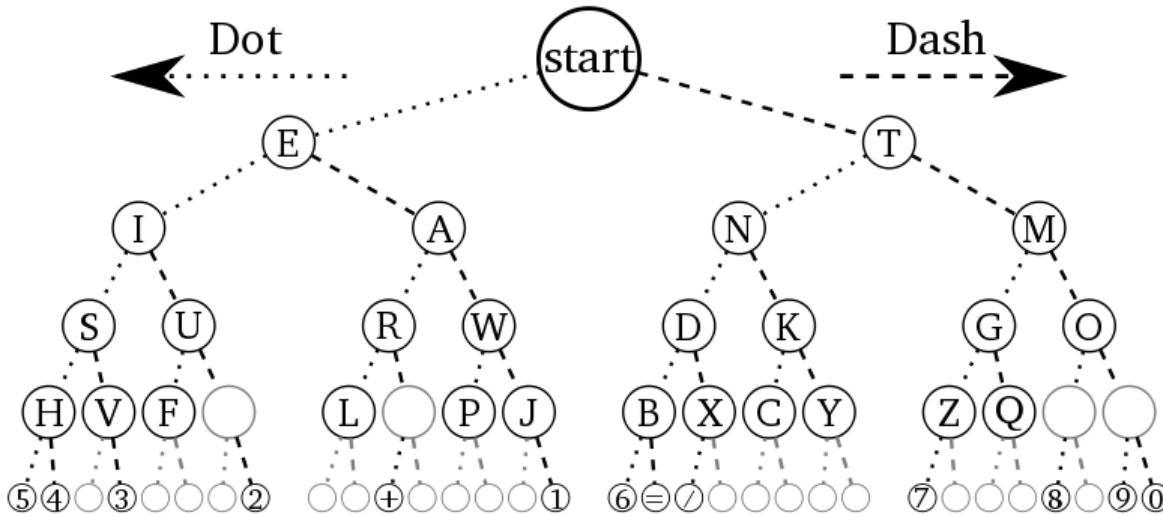
- Likheter med dagens Internett?
- Signalkoding
- Type switching
 - Pakke?
 - Beskjed?
 - Linje?
- Type tjeneste
 - Tilkoblingsorientert?
 - Tilkoblingsløst?
- Rutere



Morse-telegraf

Morsekode

- Variabel lengde
- Kortere kode for oftere brukte bokstaver



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

Sorteringens opprinnelse var sorteringen til typografene i boktrykkeriene

Morse-telegraf

Morsekode:

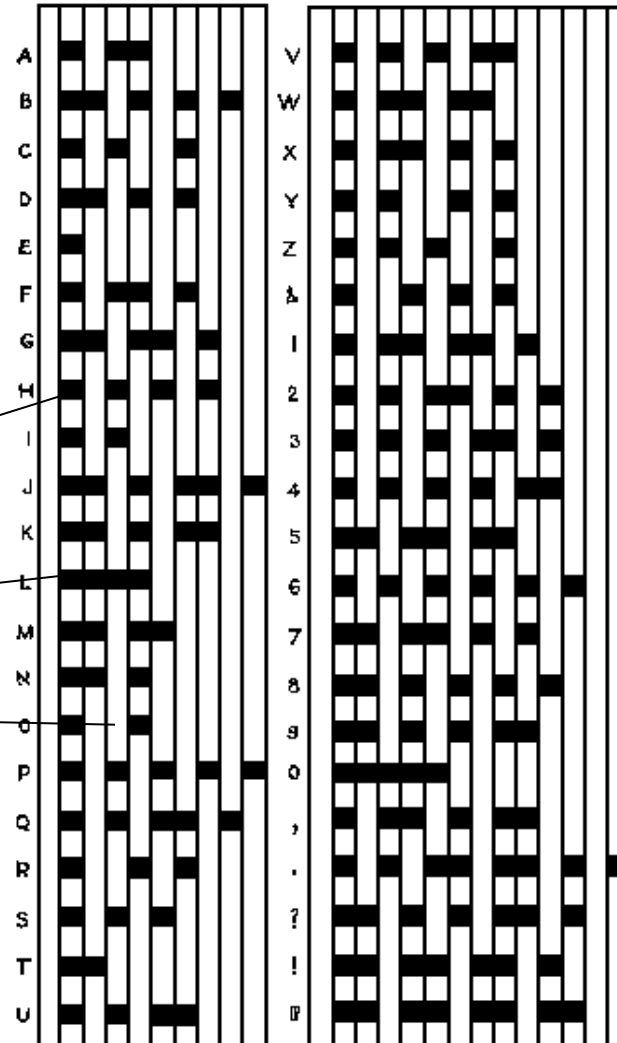
- Var mer komplekst i starten
- Selvsagt flere språk...

dit

dah

gap

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



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:

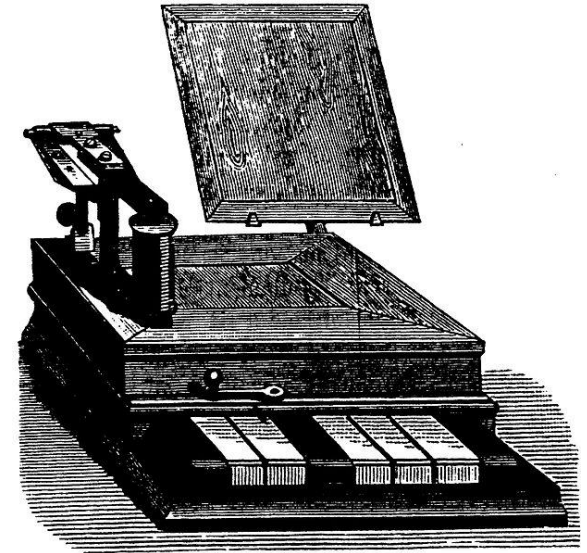
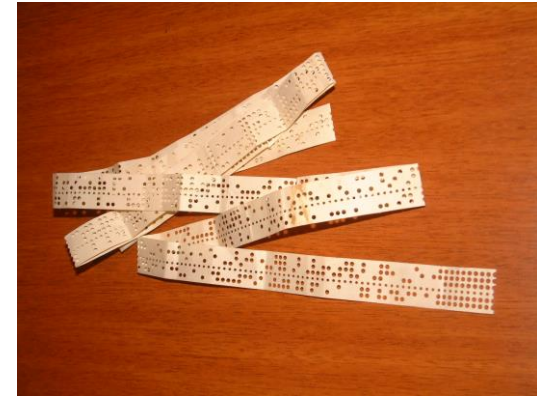
- Tidsmultipleksing.
- Flere telegrafer på samme linje.

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

V	IV		I	II	III	V	IV		I	II	III
		A /	●			●	●	P. %	●	●	●
	●	B 8			●	●	●	Q /	●		●
	●	C 9	●		●	●	●	R -			●
	●	D 0	●	●	●	●		S ;			●
		E 2		●		●		T !	●		●
		E &	●	●				U 4	●		●
	●	F E		●	●	●		V '	●	●	●
	●	G 7		●		●		W ?		●	●
	●	H H	●	●		●		X ,		●	
		I 0		●	●			Y 3			●
	●	J 6	●			●		Z :	●	●	
●	●	K (●			●		£ .	●		
●	●	L =	●	●		●	●	* *	Erasure		
●	●	M)		●			●	Figure Blank			
●	●	N N°		●	●	●		Letter Blank			
		O 5	●	●	●						

Telefon



Telefoni

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

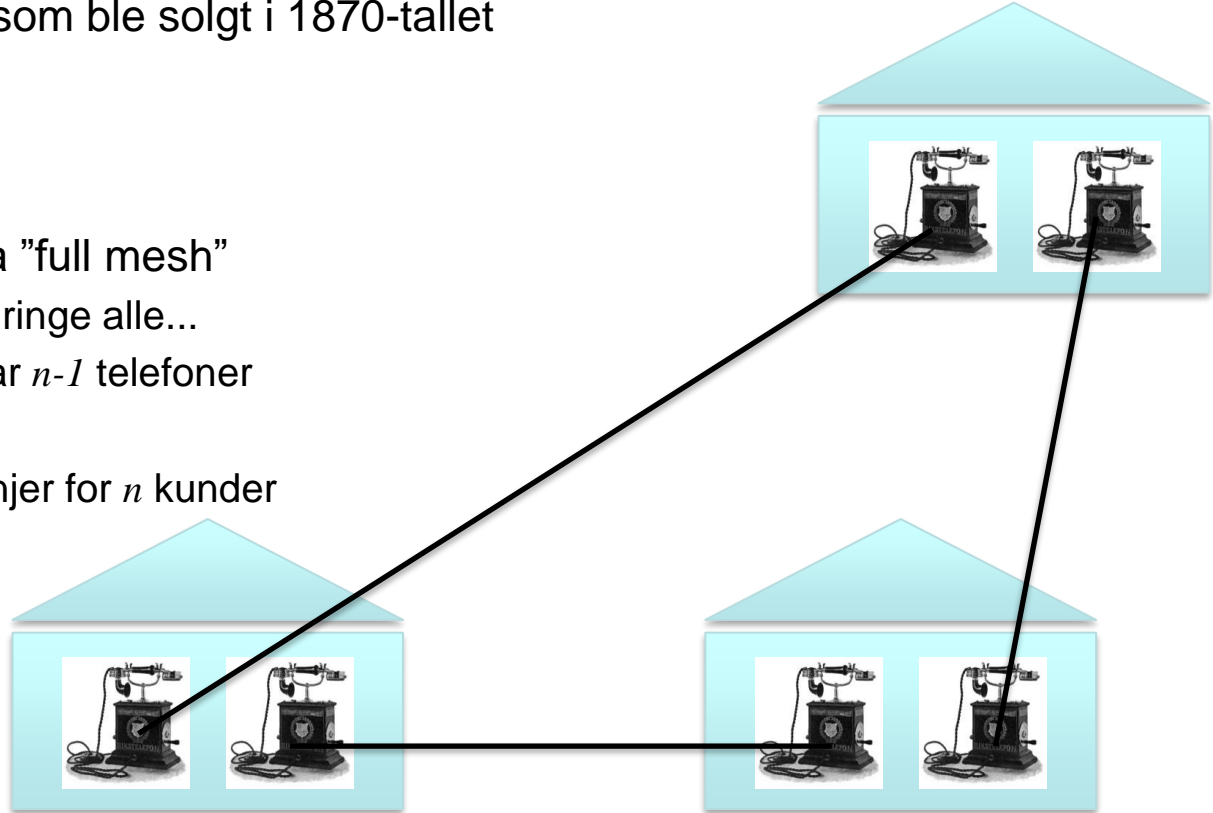
- Dedikert linje

Hvis vi går ut i fra "full mesh"

- Alle skal kunne ringe alle...
→ Hver kunde har $n-1$ telefoner

$$\rightarrow \frac{n \times (n - 1)}{2} \text{ Linjer for } n \text{ kunder}$$

Skalerbart?



Telefoni

Bildekilde: Wikimedia Commons

Sentralbord (switch)

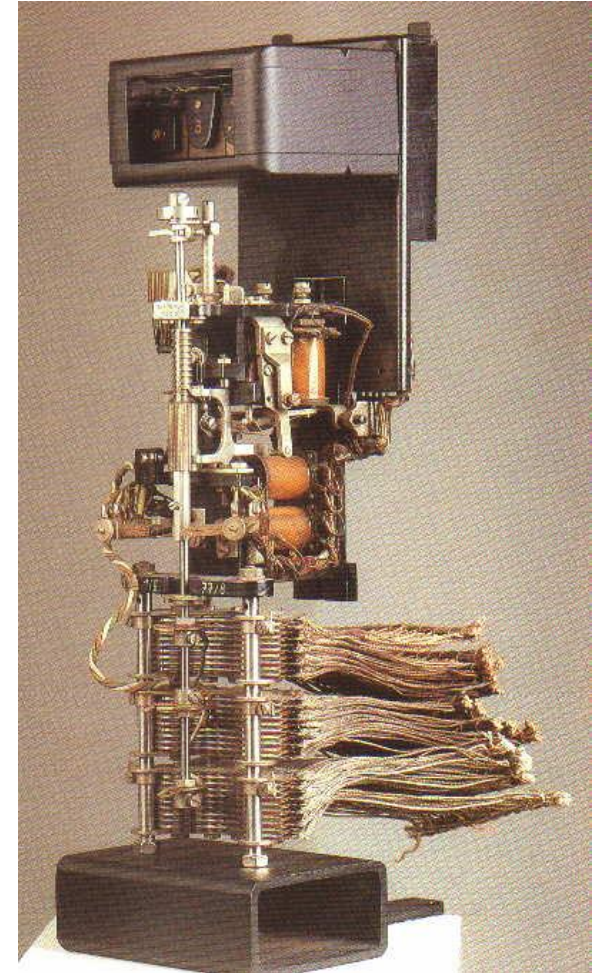
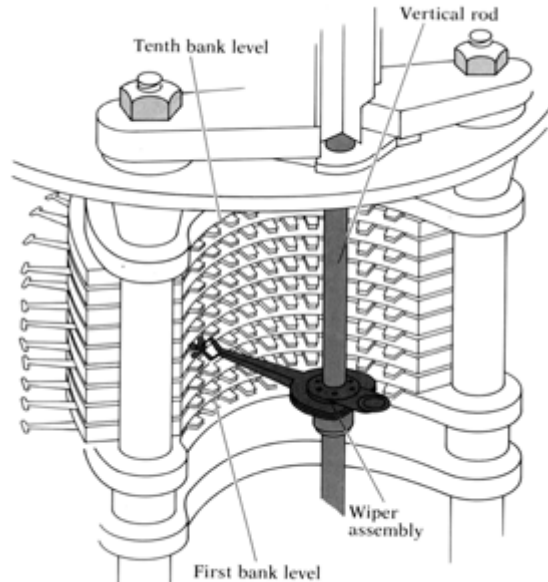
- Linje fra hver telefon til et sentralbord
- Kunne være lange avstander mellom sentralbord
- Først manuelt operert
- Komplexitet?
 - Antall telefoner?
 - Antall linjer?
- Det grunnleggende prinsippet med "sentral" brukes fremdeles i dag.



Telefoni

Strowger switcher automatiserte telefonsentralene

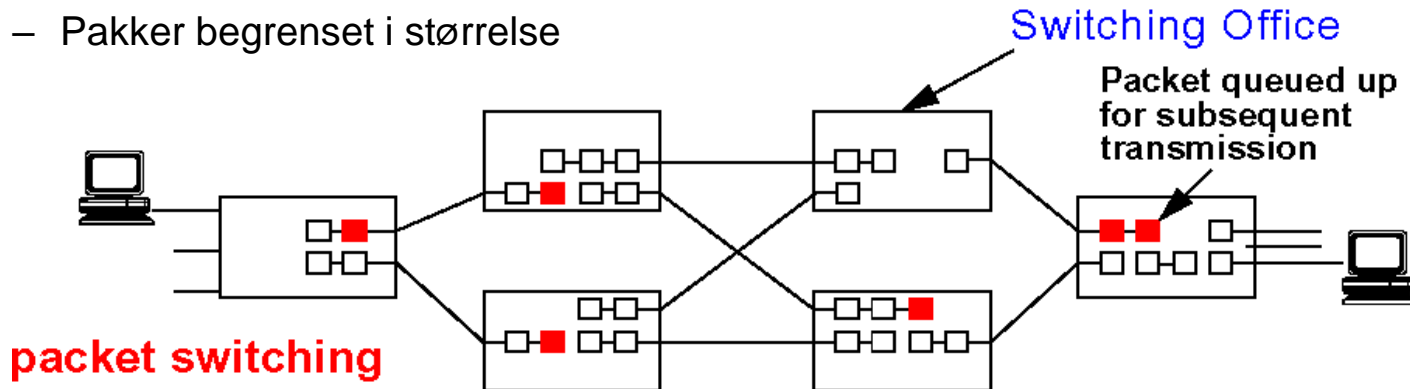
- «*Stepping switch*» med to graders frihet
- Hierarkisk brukt med nasjonal & by-kode.



Telegraf versus Telefoni

Telegrafnettverk:

- "Message switching"
 - Telegrammet som en beskjed blir videresendt fra sender til mottaker
 - Ingen dedikert linje mellom sender og mottaker
- Tilkoblingsløs tjeneste
 - Forskjellige telegrammer fra sender til mottaker kan følge forskjellige stier.
 - Eksempel: Kabelbrudd
- Sammenlignet med "Pakke switching" i dagens Internett
 - Pakker begrenset i størrelse



Telegraf versus Telefoni

Telefonnettverk

"Circuit switching"

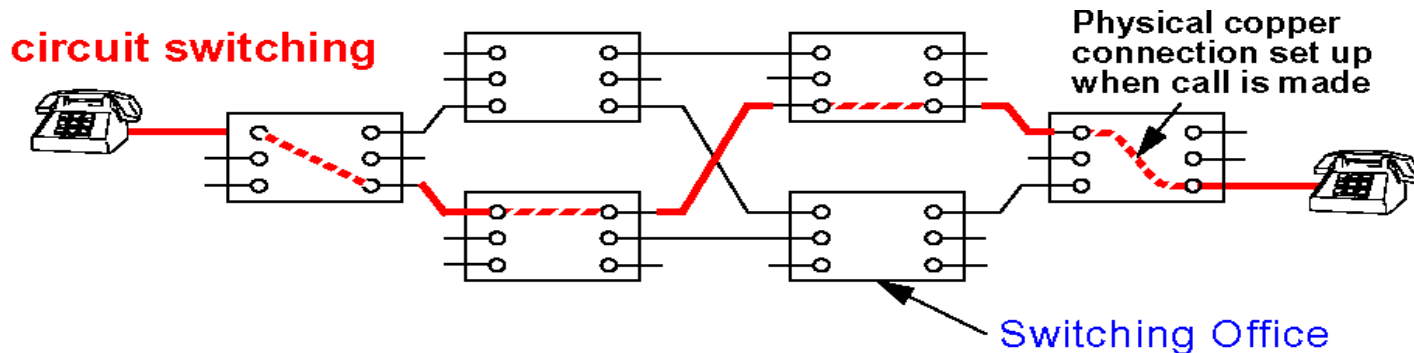
- Dedikert linje mellom "sender" og "mottaker"
- Reservert "eksklusivt" for hele samtalen / oppkoblingen

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.



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.*

- 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.

Hadde blitt gjort før

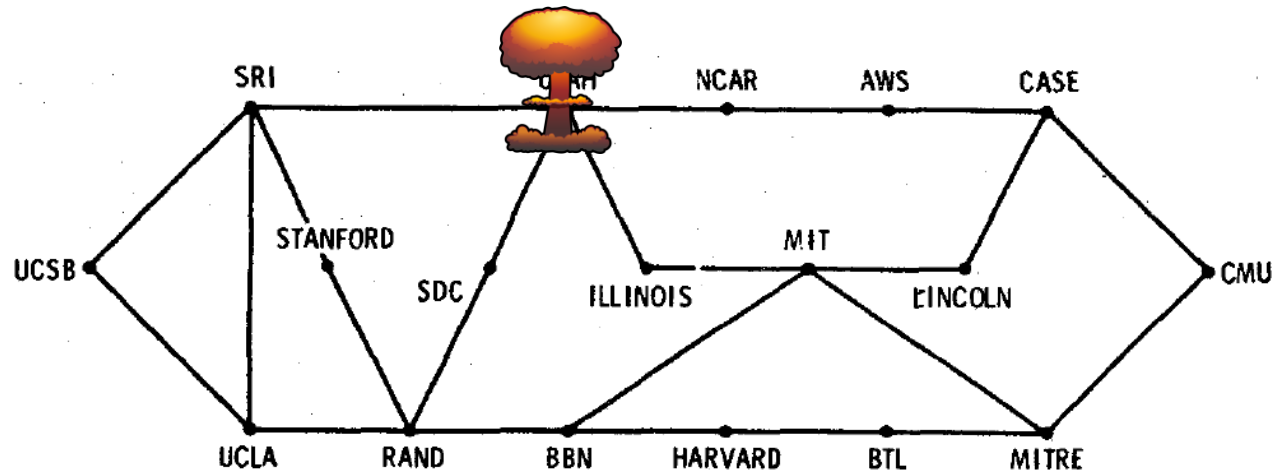
Utvidede mål for
ARPANET i
heterogene miljøer

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

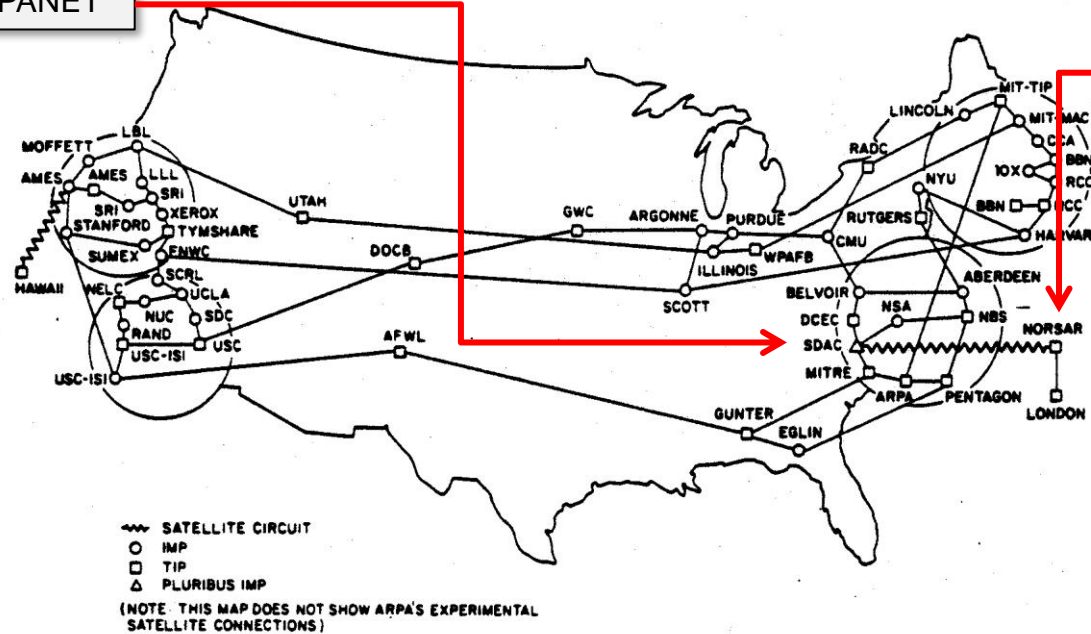


ARPANET

Kjeller, Norge
Samme bygning som UNIK

Norge var første tilkobling utenfor USA.

Første satellitt link i ARPANET



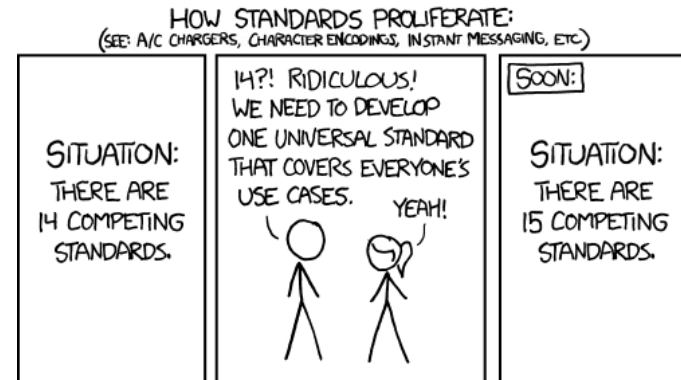
Standardisering (1969 og utover)

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**»



Ekstreme nettverk: NASA Deep Space Network

Utfordring: Konstant kommunikasjon med satellitter og rovere sendt til fjerne planer og ut av solsystemet


- Tre lokasjoner rundt i verden: USA, Spania og Australia
 - Startet i 1958
 - Apollo-programmet var ett av de første oppdragene
 - Brukes blant annet til Mars rovere (Curiosity, Perseverance)
- Hvordan kommunisere med *Voyager 1* over 23,7 milliarder kilometer unna:
 - Sendt opp i 1977
 - 70 meters antenner
 - 32 bit/s datarate (batteri varer. kanskje til 2036)
 - Signalene bruker 21 timer og 57 minutter til jorden



NASA Jet Propulsion Laboratory | California Institute of Technology
DEEP SPACE NETWORK NOW LAST UPDATED: OCT 31 8:26 PM (UTC) [DSN home](#) ⓘ

Station	VGR1	LRO	CHDR	STF	SOHO	JNO	ORX	DSS	MVN_MEX	M010_MRO	M010
MADRID OCT 31 10:30 PM											
	63	65	54	14	15	24	25	26	43	34	35
GOLDSTONE OCT 31 2:30 PM											
CANBERRA NOV 1 8:30 AM											

TARGET
JUNO ⓘ



[VIEW ANTENNA](#) [VIEW SPACECRAFT](#) [VIEW WORLD MAP](#)

JNO

7.15 GHz

POWER TRANSMITTED
17.96 kW

DOWN SIGNAL

SOURCE
JUNO

TYPE
DATA

DATA RATE
4.01 kb/sec

FREQUENCY
8.40 GHz

POWER RECEIVED
-135.06 dBm
(3.12 x 10⁻²⁰ kW)

[- less detail](#) [credits](#) [contact us](#)



UiO • **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Komponenter i datanettverk



simula

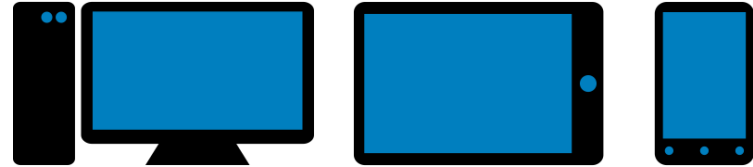


Nettverkskomponenter

- Tjenere



- Klienter



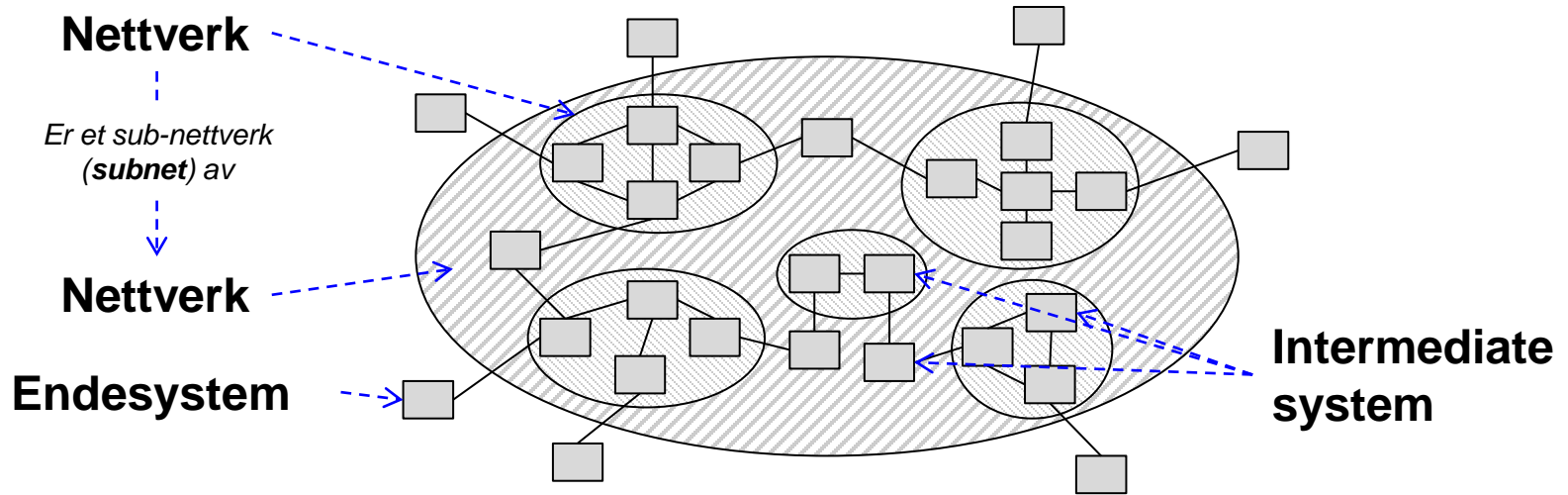
- Switcher



- 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



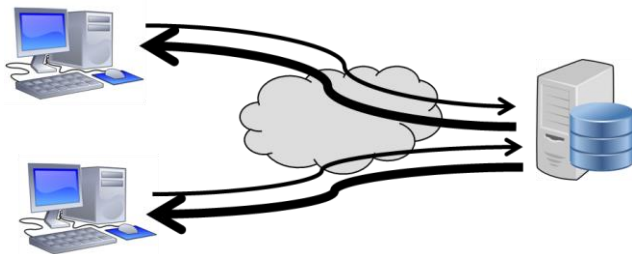
simula



Aksesmodeller for datakommunikasjon

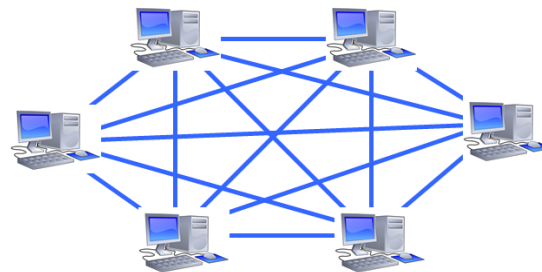
Klient-tjener:

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



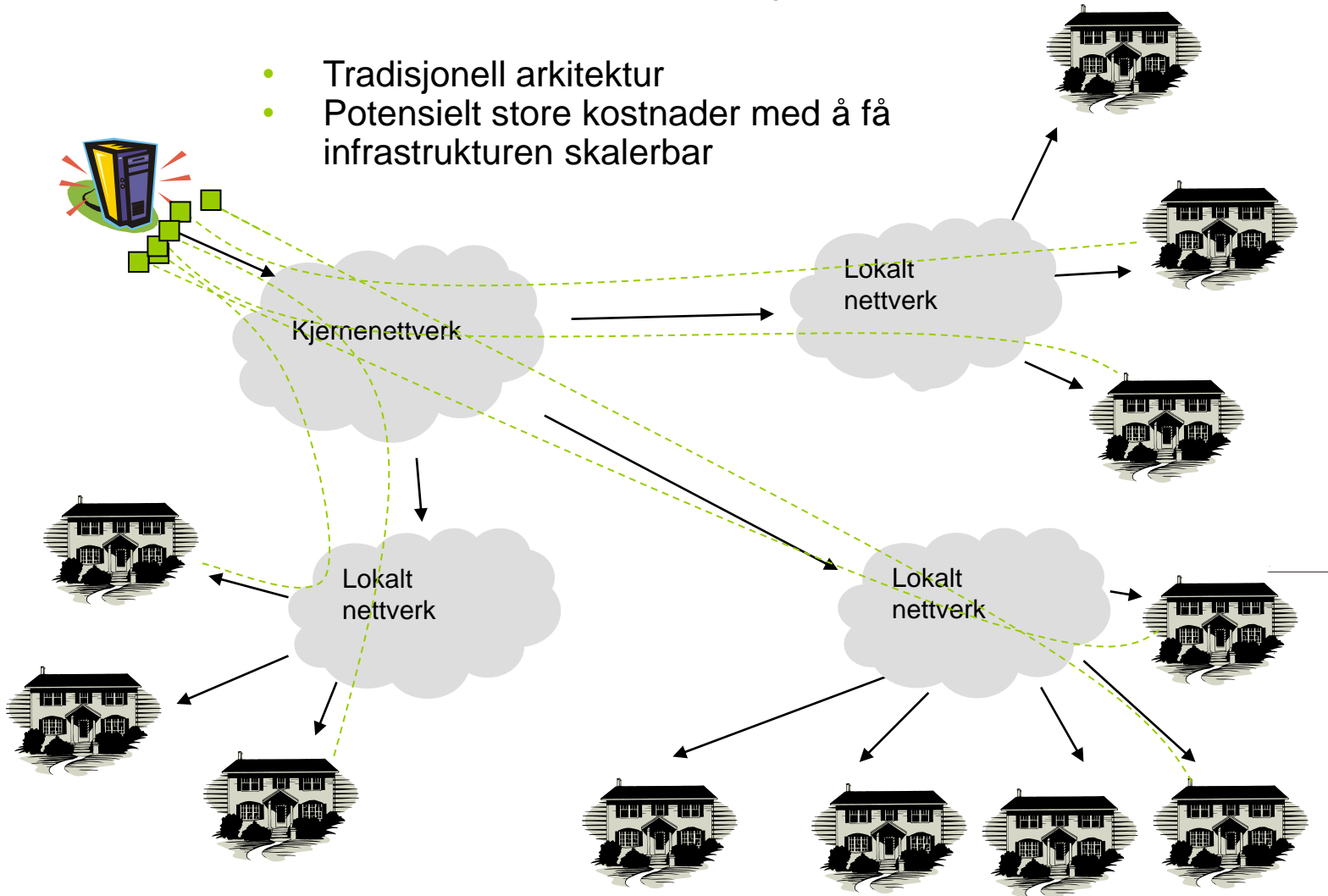
Peer-to-Peer (P2P)

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



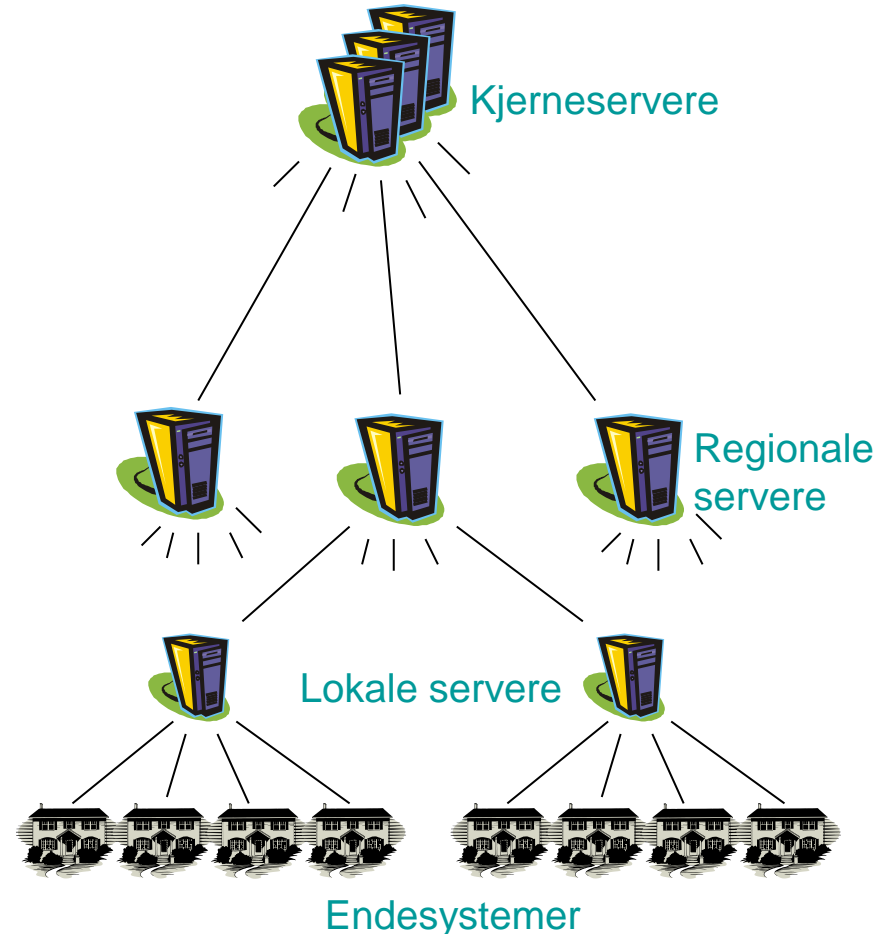
Klient-Tjener

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



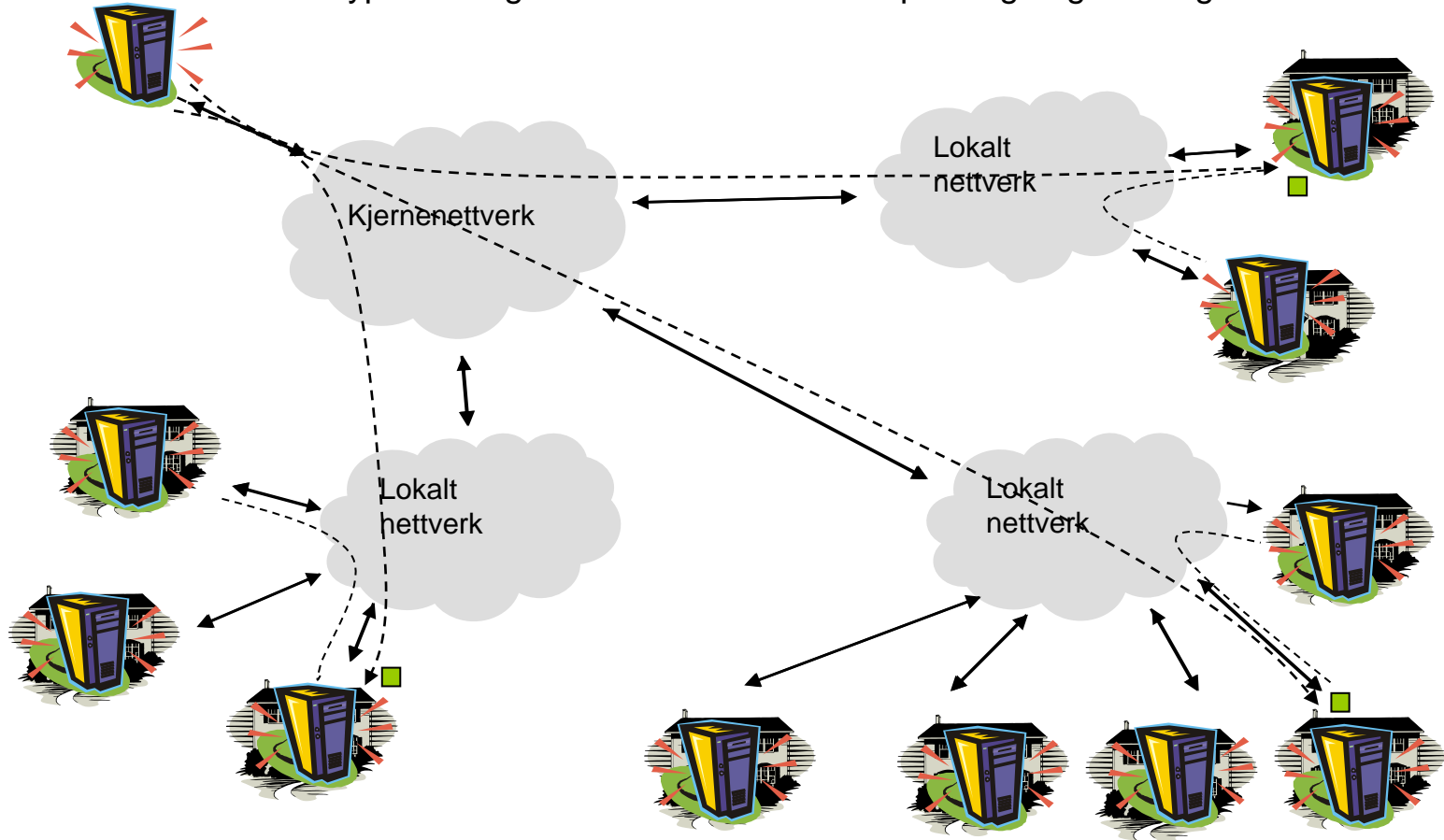
Distribusjon med CDN

- **Content Delivery Network**
- **Hierarkiske systemer for å distribuere innhold**
 - Vanlig å "cache" populært innhold.
- Populære videoer blir lagret nærme sluttbrukerne
- Videoer som ikke er så populære lagres enten på eller nærme kjerneserveren.
- Spesielt viktig hvis båndbredden er begrenset.
 - For eksempel: WiFi på fly



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

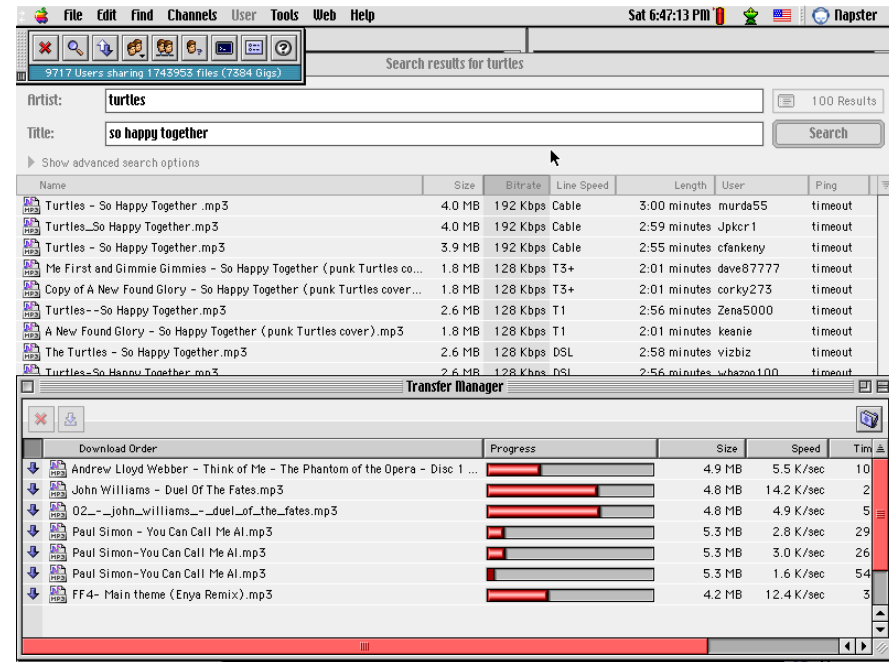


Peer-to-Peer

- **På flere måter likt CDN:**
 - Endesystemer kan være både klient og tjener
 - Distribuert lagring
 - Innholdet nærmere sluttbruker
 - Begrenset lagring per endesystem
- **Men ulikt på noen punkter:**
 - Ingen klare roller på endesystemene
 - Ikke noe hierarkisk forhold
 - Klienter vet nødvendigvis ikke hvor innholdet er
 - Trenger protokoller for å «oppdage innhold»
 - Endesystemer i et P2P nettverk kommer og går

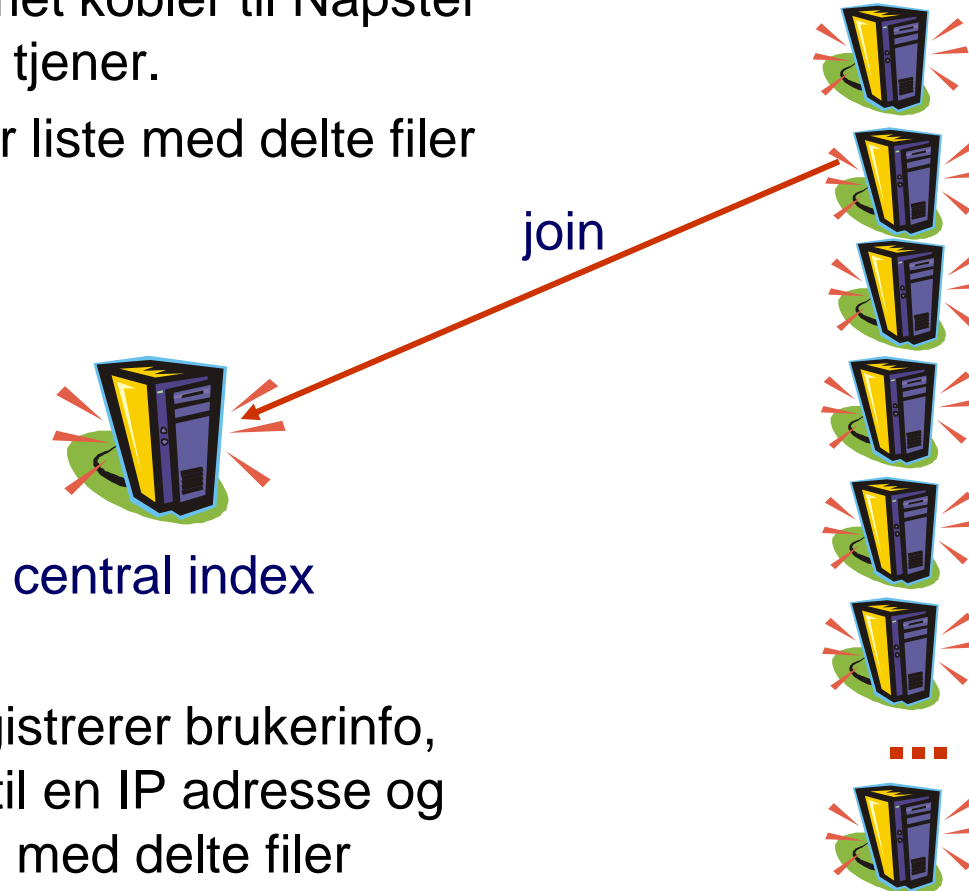
Eksempel: Napster

- Program for deling av filer (musikk) over Internett
- Arkitektur
 - Sentralisert index (katalog)
 - Distribuert lagring og nedlastning
 - Alle filer lastet ned blir delt
 - Lansert i 1999
- P2P aspekter:
 - Endesystemene var også filtjenere



Napster

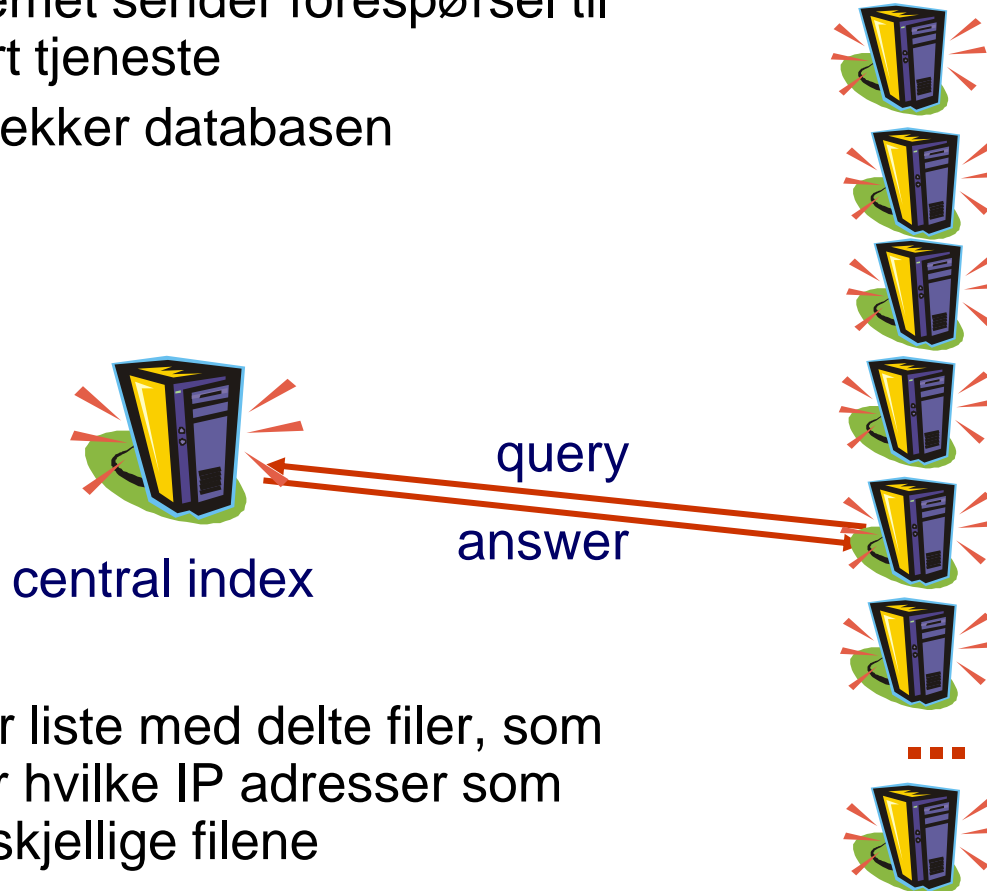
- Endesystemet kobler til Napster sin sentrale tjener.
- Sender over liste med delte filer



- Napster registrerer brukerinfo, knytter det til en IP adresse og lagrer listen med delte filer

Napster

- Endesystemet sender forespørsel til sentralisert tjeneste
- Napster sjekker databasen



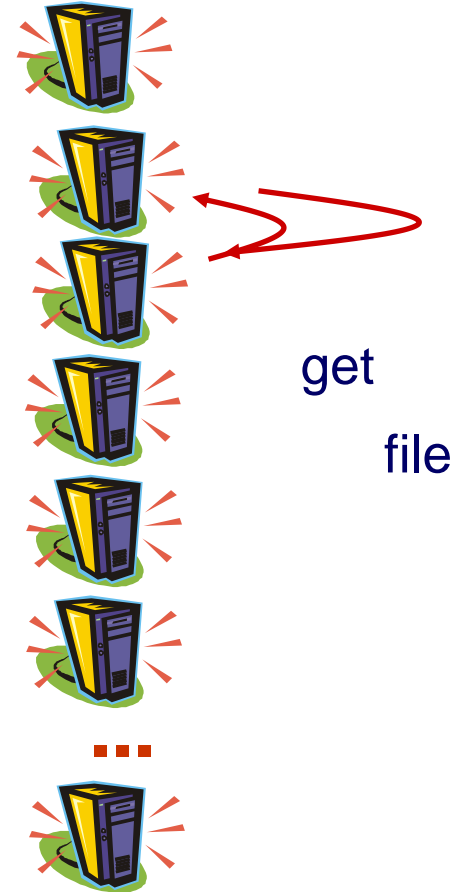
- Returnerer liste med delte filer, som inneholder hvilke IP adresser som har de forskjellige filene

Napster

- Endesystemet velger filen, og begynner å ta kontakt direkte for å lese ned filen
- Maskinene kontaktet hvis tilgjengelige.



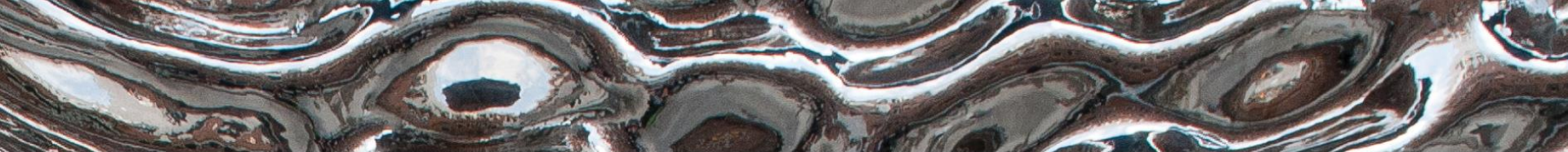
central index



Napster: Evaluering

- Skalerbart:
 - Replikasjon av filer:
 - Antall kopier av populære filer stiger.
 - Liten tilgjengelighet for filer som ikke er populære.
 - Ignorerer fullstendig nettverkstopologien.
- Innholdslokasjon
 - Enkel og sentral søkemekanisme
- Pålitelighet
 - Ingen avhengighet mellom normale brukere.
 - Sentralisert server er «single-point-of-failure»
 - Ikke «advokat-sikkert», Napster ble stengt i 2001...





UiO : **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Nettverkstopologier

Punkt-til-punkt og Broadcast

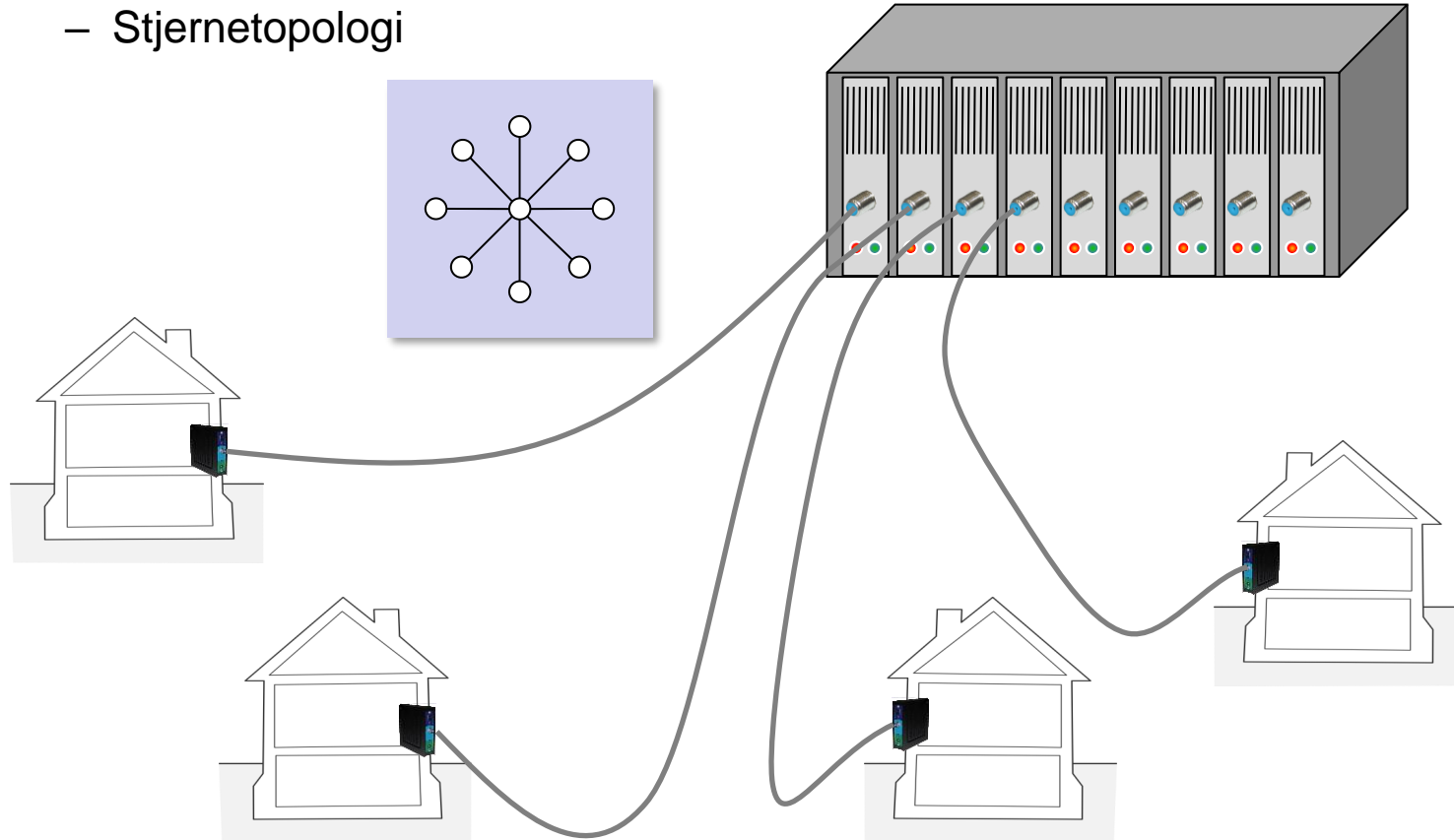


simula



Nettverksstrukturer

Punkt til punkt:
DOCSIS (kabelmodem)
– Stjernetopologi

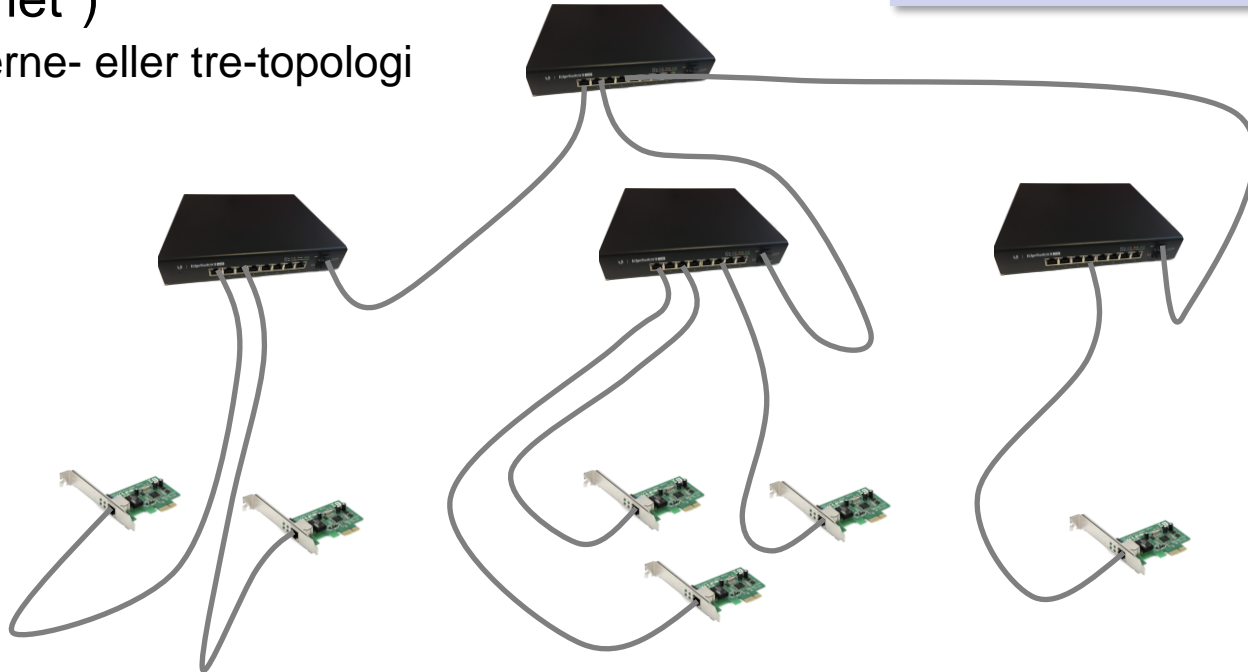
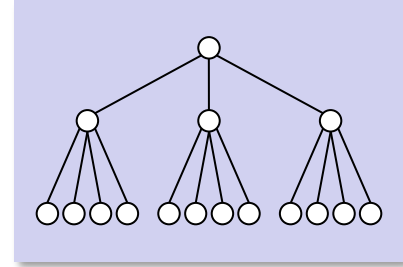


Nettverksstrukturer

Punkt til punkt:

DOCSIS (kabelmodem)

- Stjernetopologi
- Gigabit Ethernet (“1GB Ethernet”)
 - Stjerne- eller tre-topologi

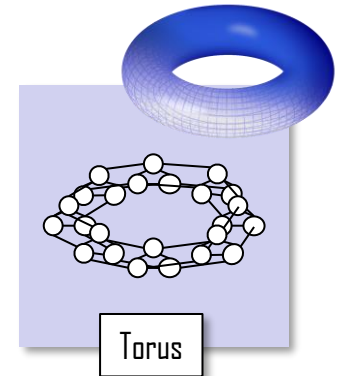
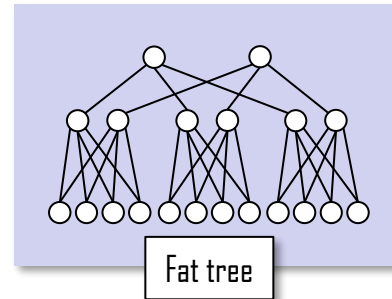
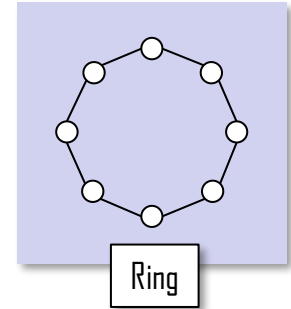
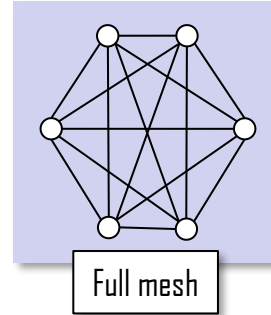


Punkt til punkt:

DOCSIS (kabelmodem)

- Stjernetopologi
- Gigabit Ethernet (“1Gb Ethernet”)
 - Stjernetopologi eller tretopologi
- IEEE 802.5 “Token Ring”
(utdatert)
 - Ring
- Noen «supermaskiner»:
 - Full mesh
 - Torus
 - Fat tree

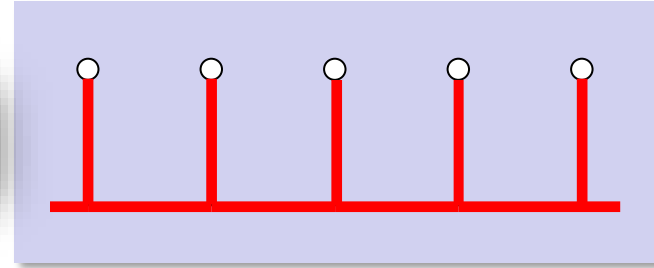
Nettverksstrukturer



Nettverksstrukturer

Broadcast-systemer:

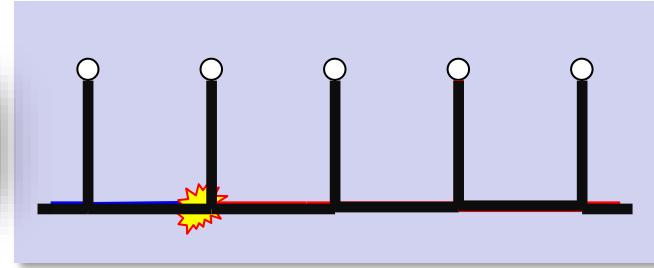
- **Kabel:**
 - Gammeldags Ethernet
- **Radio:**
 - Aloha (første generasjon trådløs)
 - WiFi (IEEE 802.11)
 - Mobiltelefoni: 3G, 4G
 - Satellitt
- **Egenskaper:**
 - Når en node sender kan potensielt alle høre!
 - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig...
 - Feildeteksjon er viktig!
 - Sending bør koordineres...



Nettverksstrukturer

Broadcast-systemer:

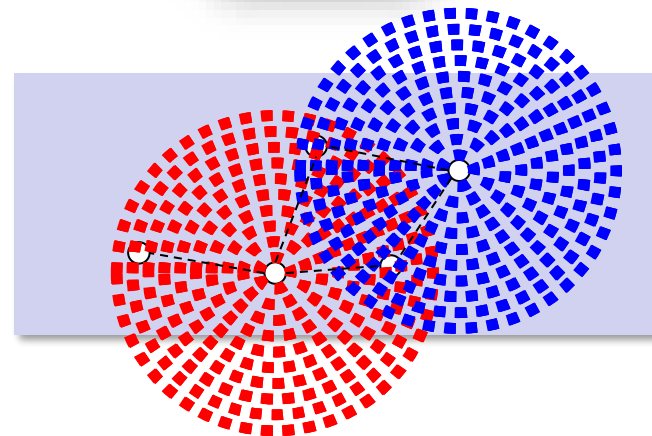
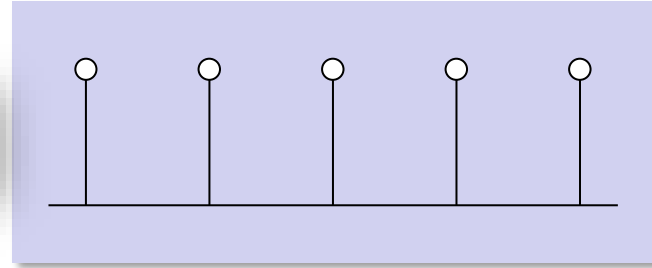
- **Kabel:**
 - Gammeldags Ethernet
- **Radio:**
 - Aloha (første generasjon trådløs)
 - WiFi (IEEE 802.11)
 - Mobiltelefoni: 3G, 4G
 - Satellitt
- **Egenskaper:**
 - Når en node sender kan potensielt alle høre!
 - Kan bli problemer hvis to noder sender samtidig...
 - Feildeteksjon er viktig!
 - Sending bør koordineres...



Nettverksstrukturer

Broadcast-systemer:

- **Kabel:**
 - Gammeldags Ethernet
- **Radio:**
 - Aloha (første generasjon trådløs)
 - WiFi (IEEE 802.11)
 - Mobiltelefoni: 3G, 4G
 - Satellitt
- **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 i datanettverk: Protokoller og lagdeling

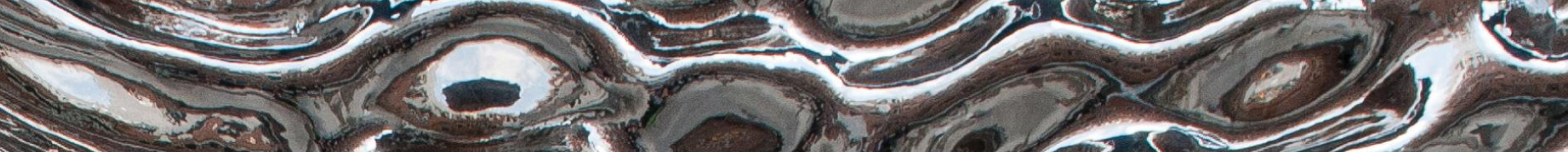


simula



Nettverksprotokoller? Hva er en protokoll?





UiO : **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

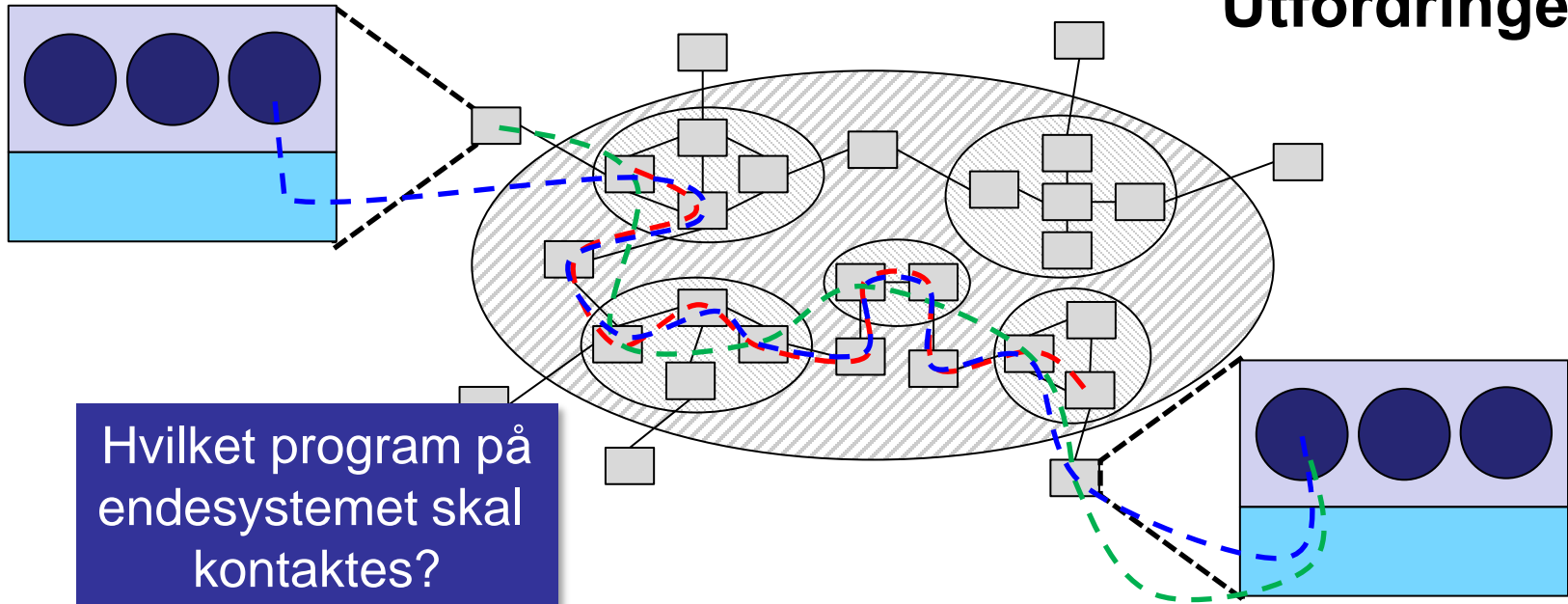
Utfordringer i nettverket



simula



Utfordringer...

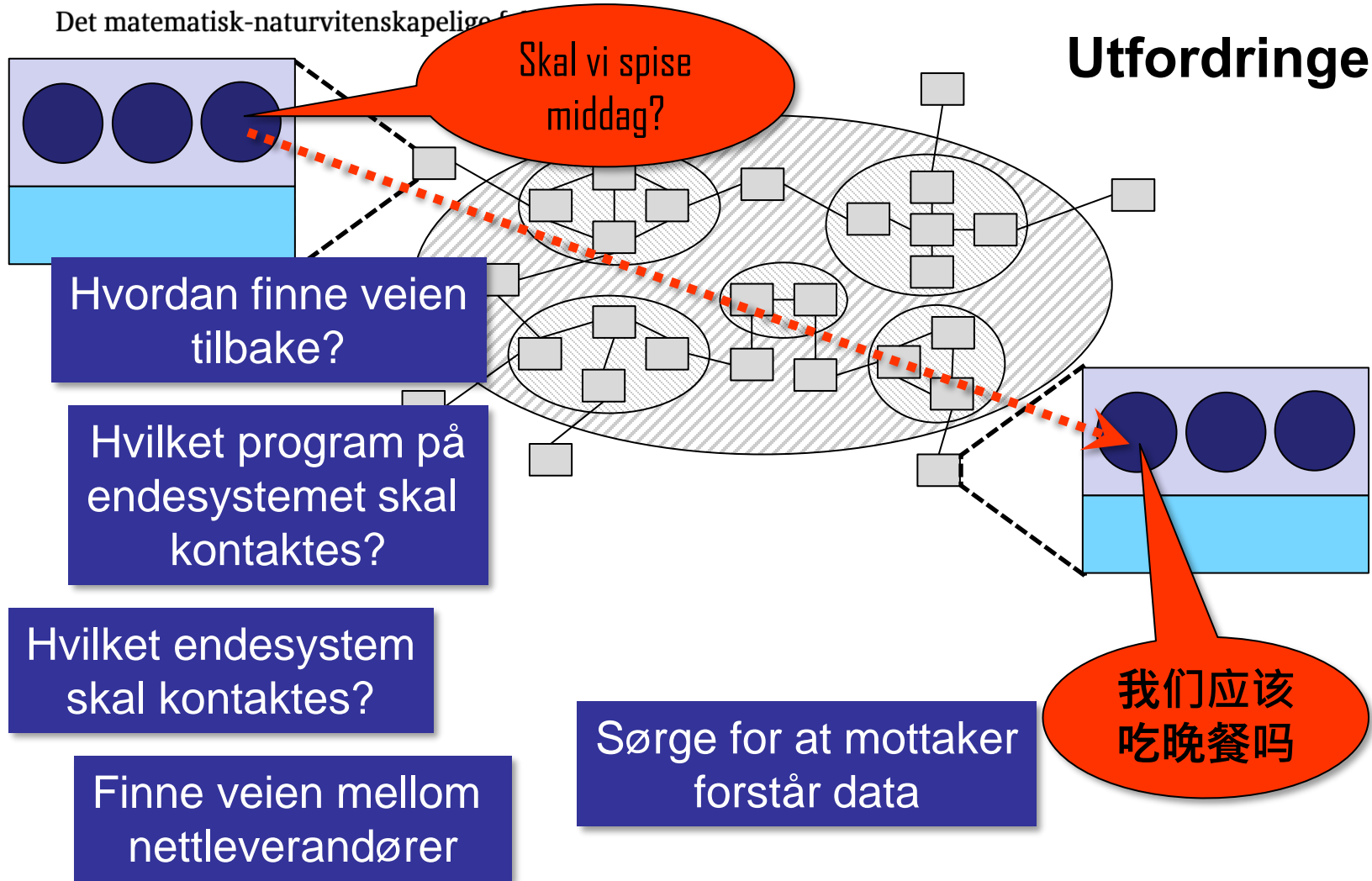


Hvilket program på endesystemet skal kontaktes?

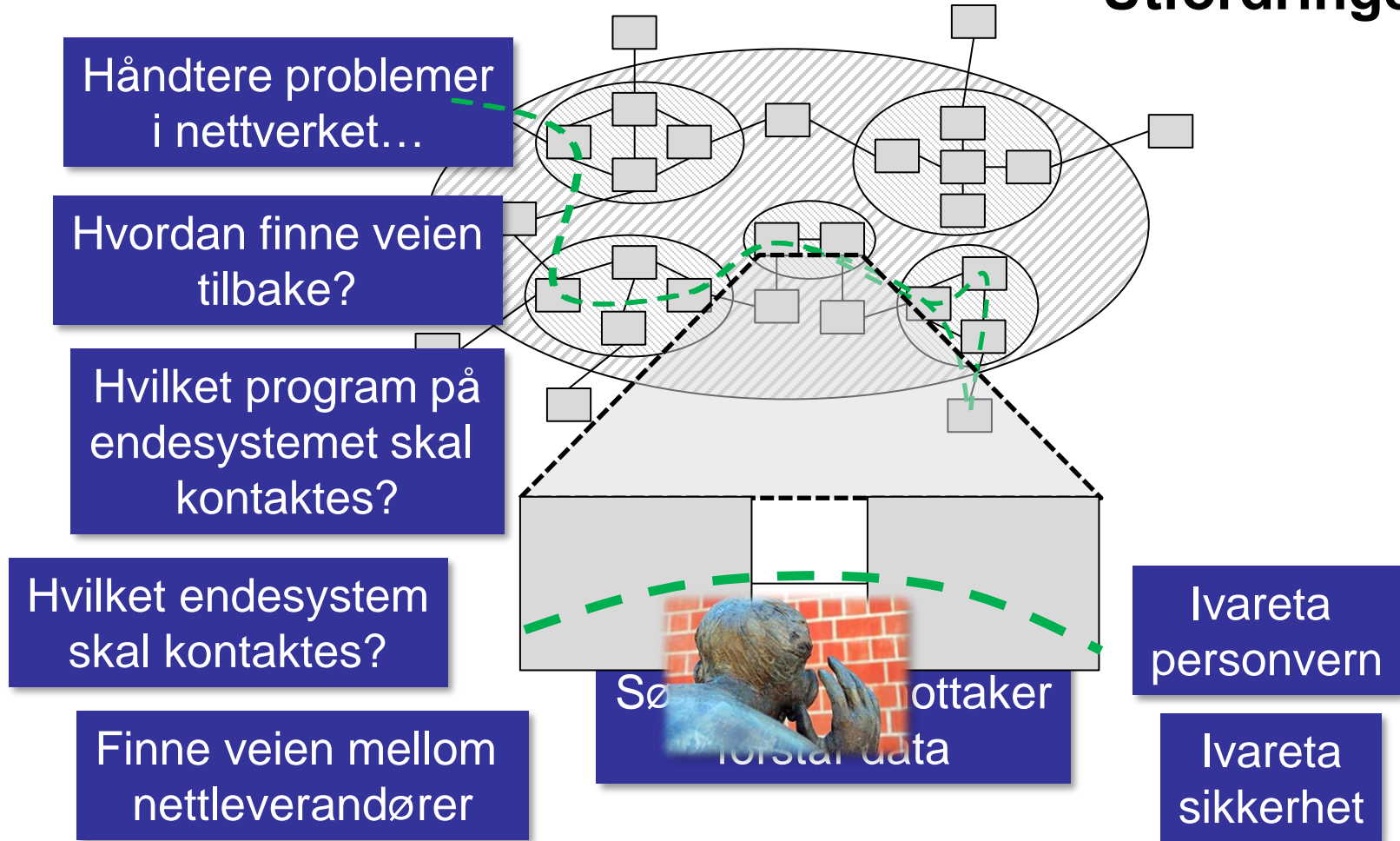
Hvilket endesystem skal kontaktes?

Finne veien mellom nettleverandører

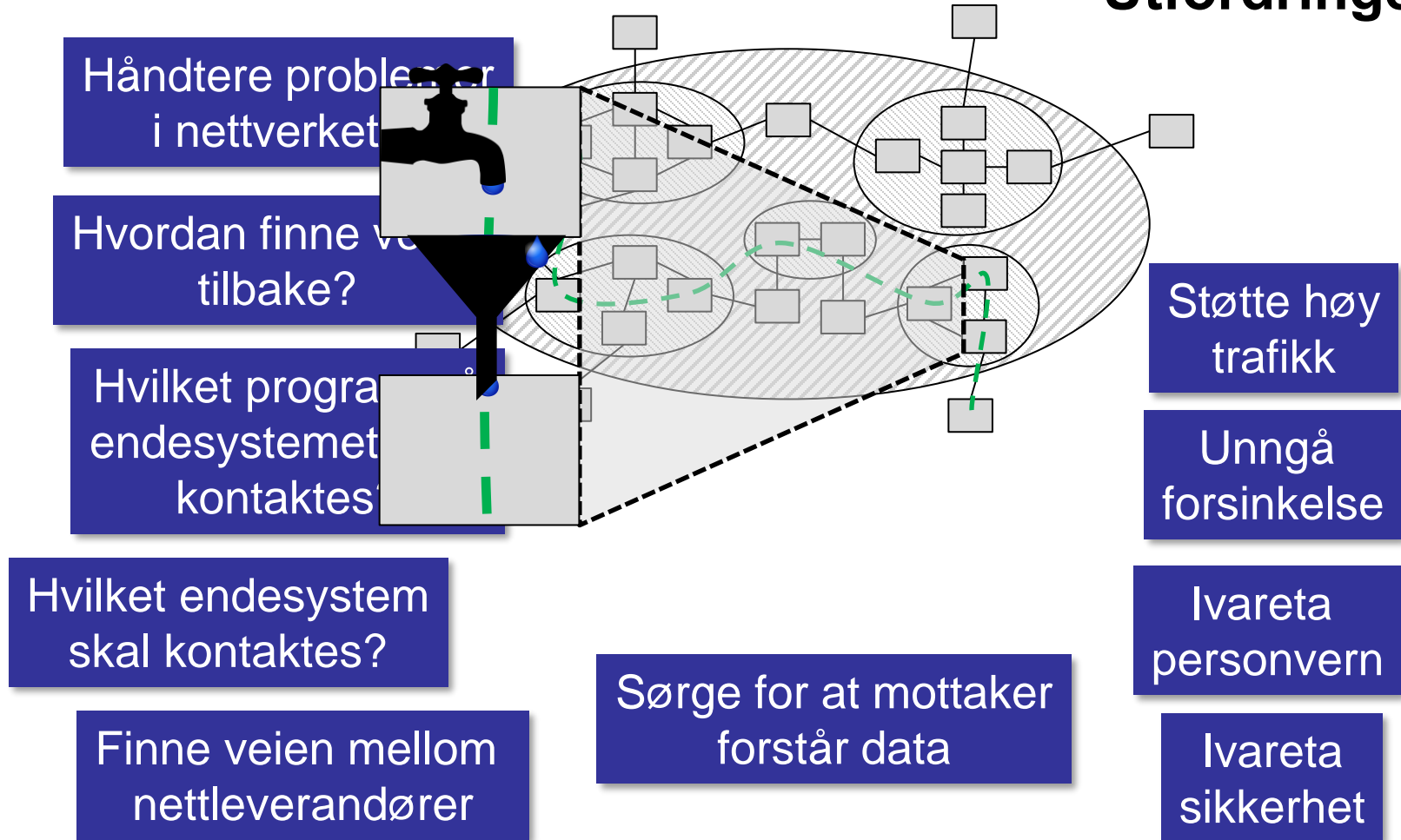
Utfordringer...



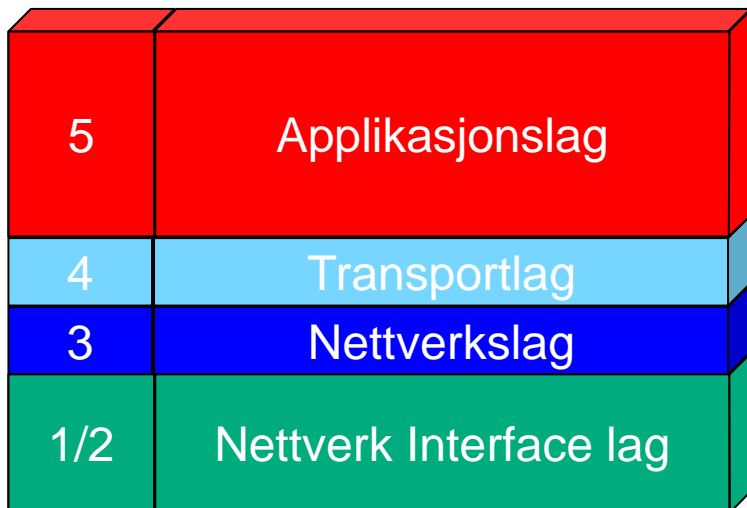
Utfordringer...



Utfordringer...



Fem-lags referansemodellen – TCP/IP 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 (kablet eller trådløst)

Oppsummering

- Datanettverk sin historie
- Forskjellige typer datanettverk
- utfordringer som må løses i et nettverk
- Vi har snakket litt om protokoller og lagdeling
- 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