

Lagene spiller sammen

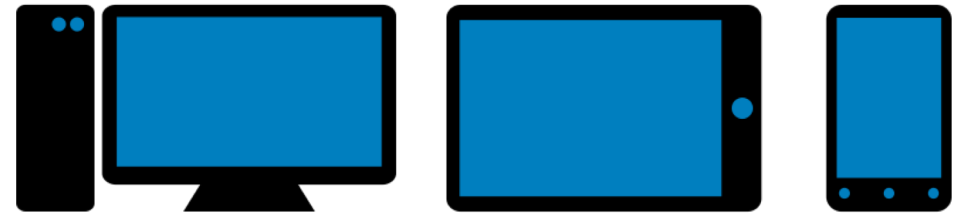
- Dere har lært om lagene, men hvordan virker dette i praksis?
- Utgangspunkt i Ethernet/IP/TCP/Applikasjonslag
- Trafikkpolitiet i Internett (ISP og congestion control)
- Hvordan oversettes tekstlige maskinnavn navn til IP-adresser (DNS)
- Forsinkelse og kapasitet

Nettverkskomponenter

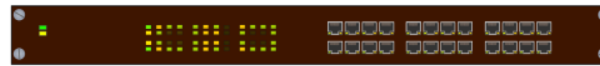
- Tjenere



- Klienter



- Switcher

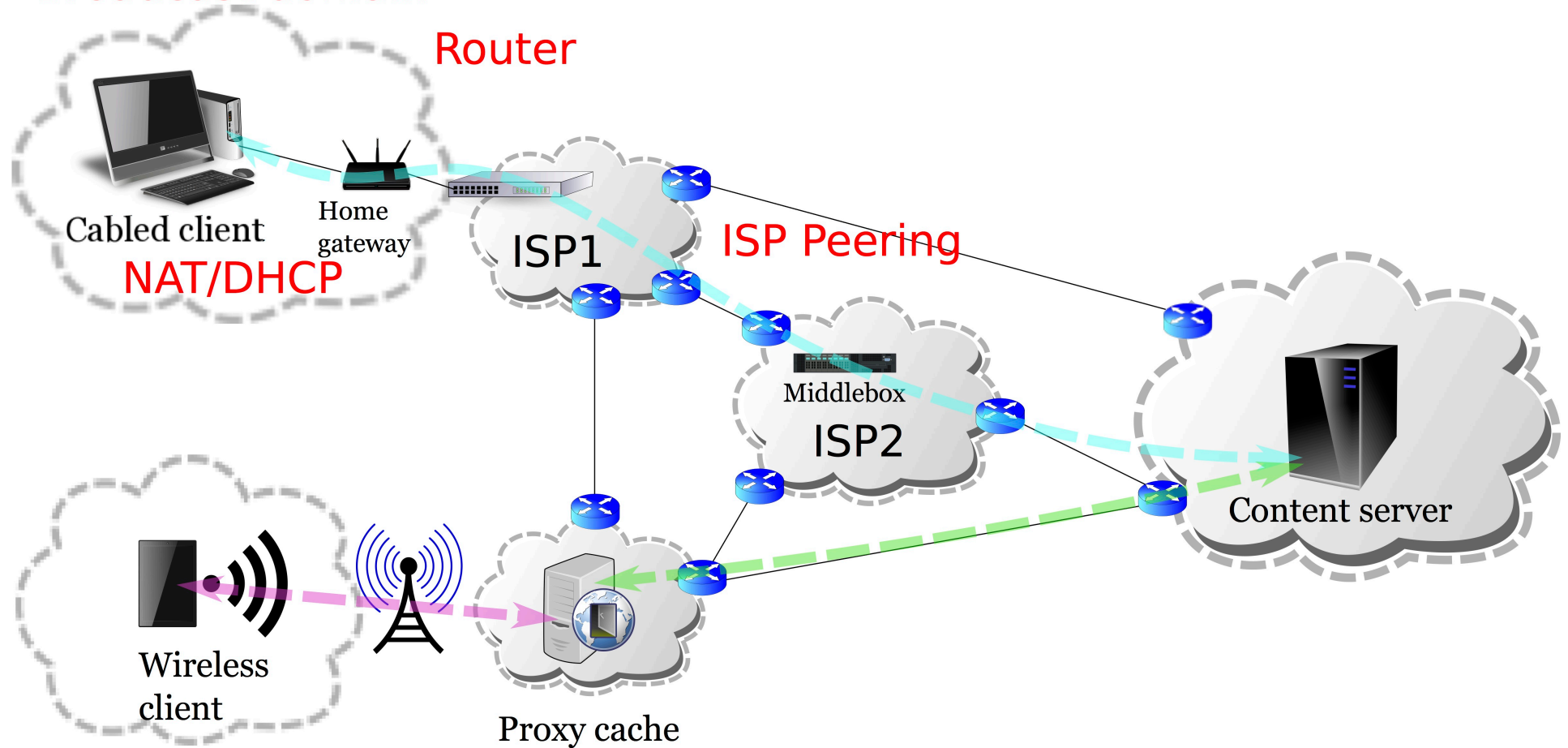


- Routere

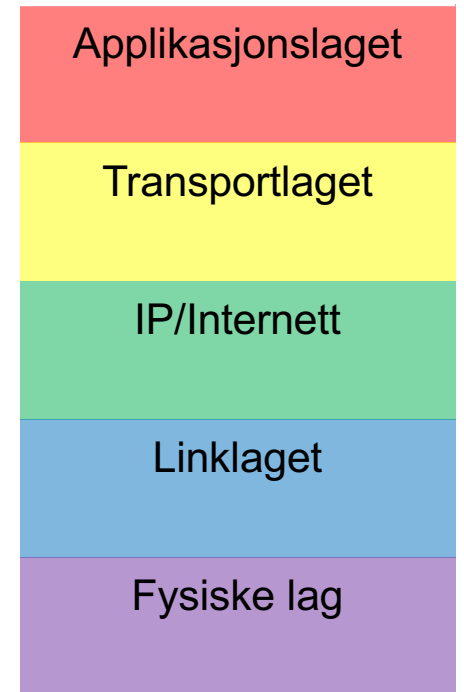
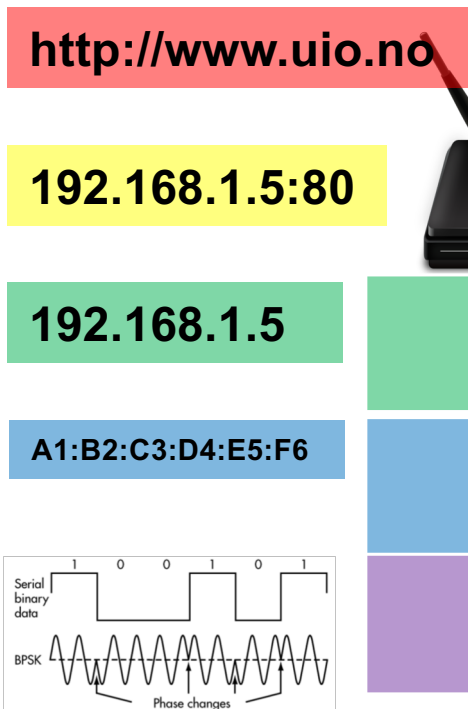
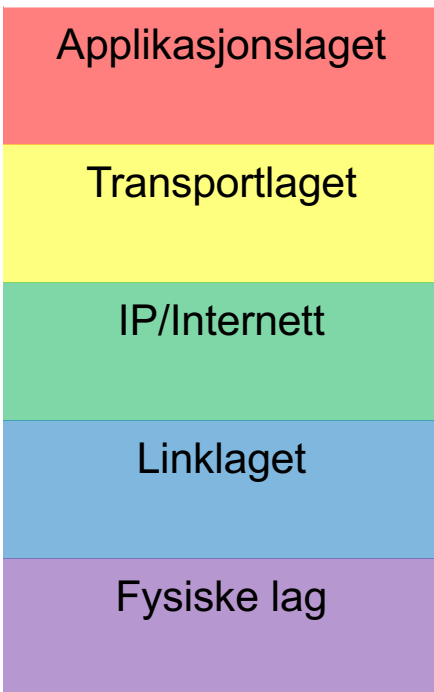


Lokale nett (LAN) og Internett (WAN)

Broadcast domain



Lagene i Internett (TCP/IP referansemodellen)



Hva er en IP-adresse

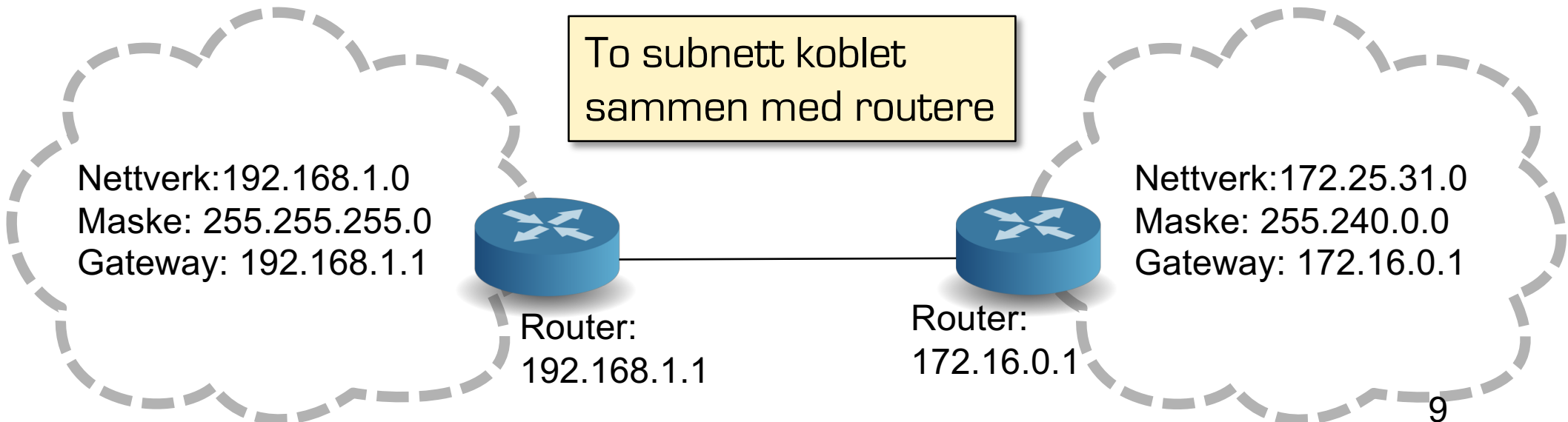
- Hvordan kan man sende til en annen maskin på tvers av mange små nettverk?
- Ved hjelp av adresser som er «unike» på hele Internett
- Postadresse:
 - Dag Langmyhr, Ole Johan Dahls hus, Gaustadalleen 23B, 0373 Oslo, Norge
- IP-adresse
 - Tilsvarende prinsipp, men skiller bare mellom adresser innenfor og utenfor det lokale nettverket.
 - Er adressen på mitt lokale nett?
 - Ja: Lever pakken rett til mottakeren
 - Nei: Send til router, som får ansvaret for å sende videre på Internett

Lokalnettverk (LAN) og subnett

IP/Internett

Linklaget

- Internett er et sammenkobling av mindre, separate nettverk.
- Koblet sammen med switch og/eller HUB (lag 2*)
 - Switch: filtrerer og videresender.
 - HUB: Videresender det som kommer inn på alle porter
- For å sende en pakke til en maskin utenfor ditt lokale nettverk må den sendes til en router som vet hvor den skal videresendes.

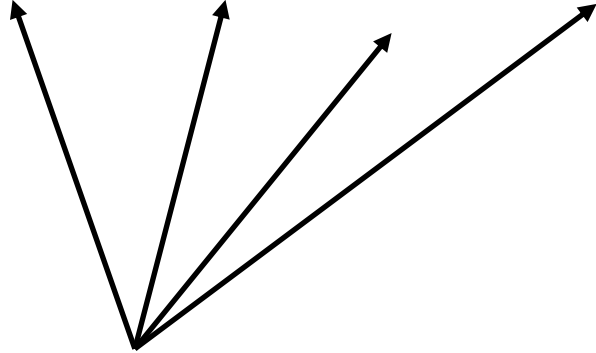


IP-adresser (IPv4)

IP-adresse

192.168.1.5

11000000.10101000.00000001.00000101



Oktetter:
Består av 8 bits hver. Maks verdi for hver oktett er 255

Nettverksmaske

255.255.0.0

11111111.11111111.00000000.00000000

Masken angir hvilke bits som definerer dette subnettet.

Bits som er satt til 0 kan varieres for å angi IP-adresser i subnettet.
(vertsadressedel)

Bits som er satt til 1 angir delen av IP-adressen som definerer hvilket nettverk vertene tilhører.

CIDR- og punktnotasjon av subnett

- Nettverksmasken består alltid av en sammenhengende serie "1" deretter en sammenhengende serie "0"

- Eks: 255.255.255.0

- 11111111.11111111.11111111.00000000

Vertsdel

- Det er to vanlige måter å notere omfanget av et subnett:

- Punktnotasjon:

- eks. 192.168.1.0

- må da oppgi nettverksmaske: 255.255.255.0

- CIDR (Classless Inter-Domain Routing) notasjon

- 192.168.1.0/24

- Vanlig punktnotasjon først.

- Tallet etter skråstreken angir hvor mange bits nettverksmasken består av

Nettverksdel

Regne ut subnett fra en IP + nettverksmaske

En maskin i nettet har IP $192.168.1.5 = 11000000.10101000.00000001.00000101$

Nettverksmasken er $255.255.255.0 = .11111111.11111111.11111111.00000000$

For å finne subnettadressen til maskinen må du gjøre en bitvis AND operasjon mellom IP-adressen og nettverksmasken.

$11000000.10101000.00000001.00000000 = \mathbf{192.168.1.0}$

Dette er den første IP-adressen i subnettet og brukes til å identifisere subnettet.

Kringkasting (send til alle)

- En melding som sendes ut på en spesiell adresse.
- Leveres til alle enheter som er koblet på samme LAN
 - Nettverkslaget(MAC): FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - IP/Internett: 255.255.255.255
 - For en maskin på et subnett, finner du kringkastingsadressen ved å gjøre en bitvis OR-operasjon mellom maskinens IP-adresse og bit komplement (bitvis invers) av nettverksmasken.
 - Eks: IP-adresse 192.168.1.5 nettverksmaske: 255.255.255.0
 - $(192.168.1.5) \text{ OR } (0.0.0.255) = 192.168.1.255$



Scratchpad

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser

client server



OFFER

REQUEST

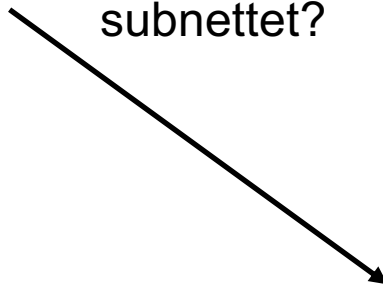
ACKNOWLEDGE

time ↓



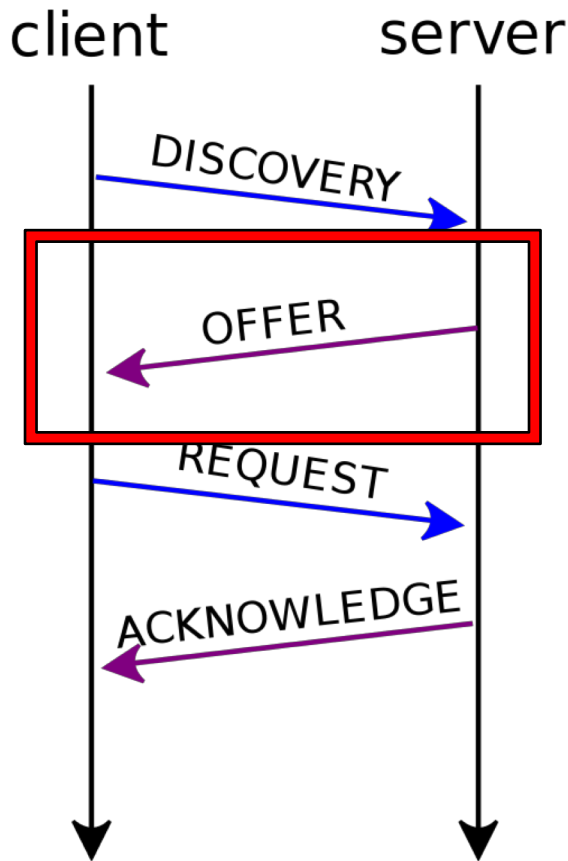
Subnett: 192.168.1.0/24

Ny maskin: Til alle (192.168.1.255):
finnes det en maskin med myndighet
til å dele ut IP-adresser på dette
subnettet?



Hjemmeruter
som kjører en
DHCP-tjener

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser



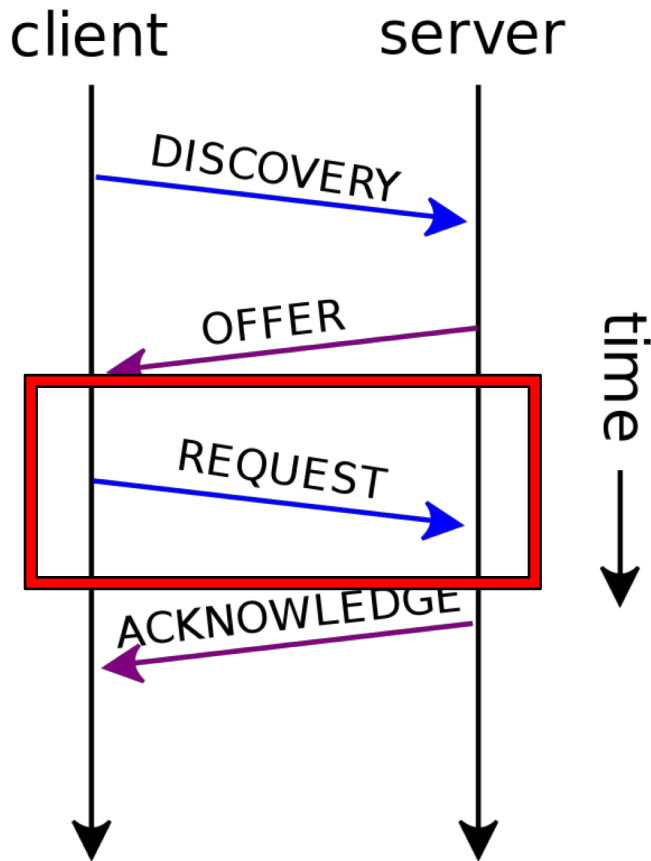
Subnett: 192.168.1.0/24

DHCP-tjener: Til alle (192.168.1.255):
192.168.1.5 er tilgjengelig. Her har du
også en liste over andre viktige adresser
som gateway og DNS-tjener.



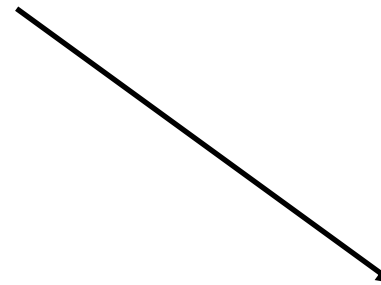
Hjemmeruter
som kjører en
DHCP-tjener

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser



Subnett: 192.168.1.0/24

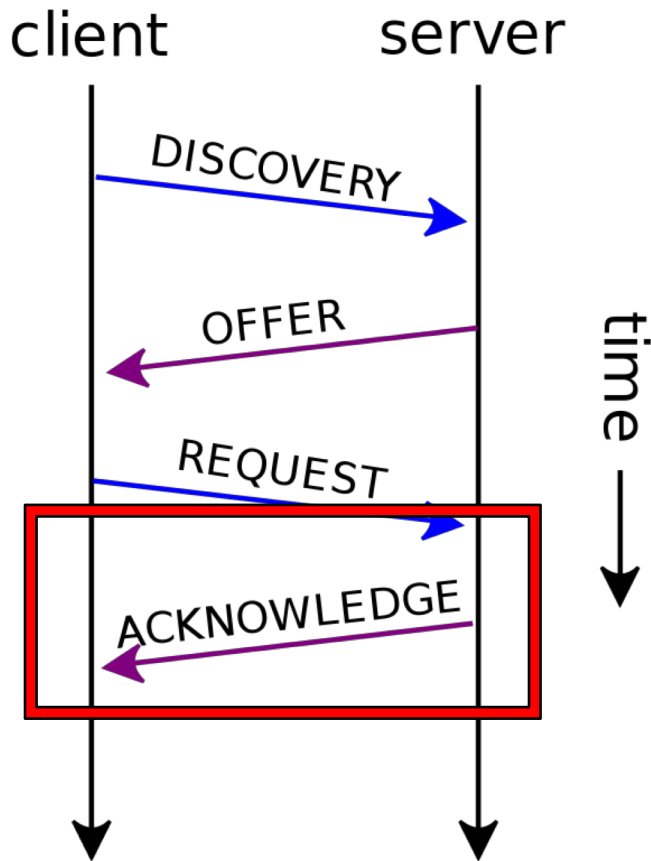
Ny maskin: Til alle (192.168.1.255):
Ja takk!



Hjemmeruter
som kjører en
DHCP-tjener

DHCP - Automatisk utdeling av IP-adresser

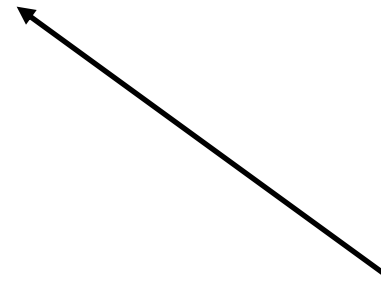
Subnett: 192.168.1.0/24



time ↓

DHCP-tjener:

Da har jeg skrevet opp at 192.168.1.5 er i bruk av deg for en periode på 24 timer. Ha en fin dag!



Hjemmeruter som kjører en DHCP-tjener

ARP – Koblingen mellom nettverk og IP

- Nettverkskortene har en 6 byte lang media access control (MAC)-adresse som brukes til å identifisere maskinen innenfor et kringkastingsdomene (broadcast domain).
- For at IP skal fungere, må avsenderen vite hvilken MAC-adresse pakken skal sendes til.
- Address Resolution Protocol(ARP) kobler IP (Internett) og MAC (Linklaget).



ARP-protokollen

IP/Internett
Nettverket

Maskin 1 ønsker å kontakte 192.168.1.100

ARP-forespørsel
Avsender: 11:22:33:44:55:66
Mottager: FF:FF:FF:FF:FF:FF
(kringkasting)
"Hvem har 192.168.1.100?"



Router
IP: 192.168.1.1
MAC: F1:1B:14:12:A1:9F



Maskin 1
IP: 192.168.1.150
MAC: 11:22:33:44:55:66



Laptop 2
IP: 192.168.1.100
MAC: AA:BB:CC:DD:EE:FF



Laptop 1
IP: 192.168.1.200
MAC: A1:B2:C3:D4:E5:F6

ARP-protokollen

Maskin 1 ønsker å kontakte 192.168.1.100

IP/Internett
Nettverket



Router
IP: 192.168.1.1
MAC: F1:1B:14:12:A1:9F



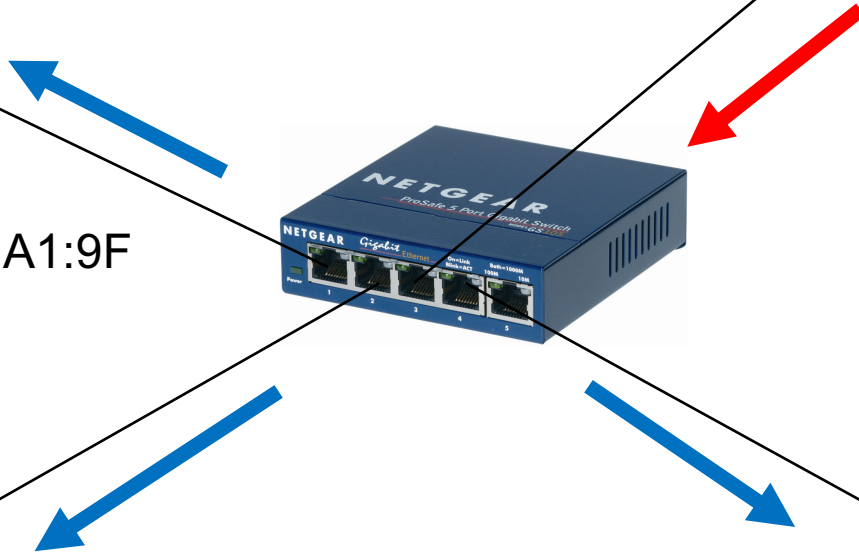
Maskin 1
IP: 192.168.1.150
MAC: 11:22:33:44:55:66



Laptop 2
IP: 192.168.1.100
MAC: AA:BB:CC:DD:EE:FF



Laptop 1
IP: 192.168.1.200
MAC: A1:B2:C3:D4:E5:F6



ARP-protokollen

Maskin 1 ønsker å kontakte 192.168.1.100

IP/Internett
Nettverket



Router
IP: 192.168.1.1
MAC: F1:1B:14:12:A1:9F



Maskin 1
IP: 192.168.1.150
MAC: 11:22:33:44:55:66



Laptop 2
IP: 192.168.1.100
MAC: AA:BB:CC:DD:EE:FF

ARP-svar
"Det er meg! Min MAC-adresse er
AA:BB:CC:DD:EE:FF



Laptop 1
IP: 192.168.1.200
MAC: A1:B2:C3:D4:E5:F6

ARP-protokollen

Maskin 1 ønsker å kontakte 192.168.1.100

IP/Internett
Nettverket



Router
IP: 192.168.1.1
MAC: F1:1B:14:12:A1:9F



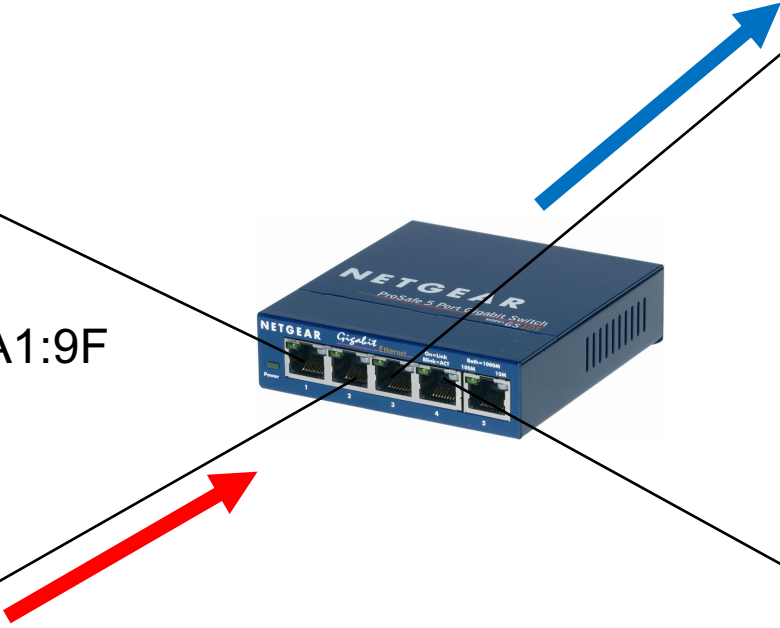
Laptop 2
IP: 192.168.1.100
MAC: AA:BB:CC:DD:EE:FF



Maskin 1
IP: 192.168.1.150
MAC: 11:22:33:44:55:66



Laptop 1
IP: 192.168.1.200
MAC: A1:B2:C3:D4:E5:F6



ARP-protokollen

Maskin 1 ønsker å kontakte 192.168.1.100



Router

IP: 192.168.1.1

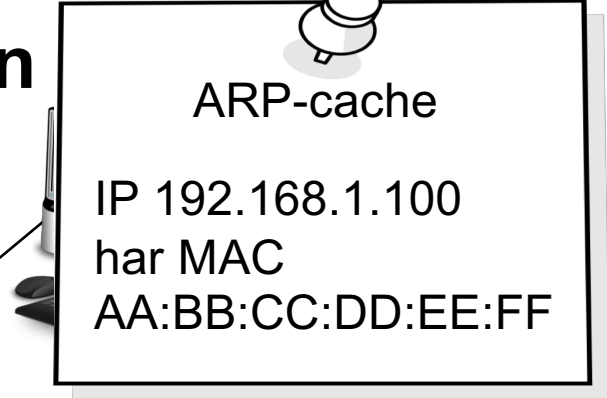
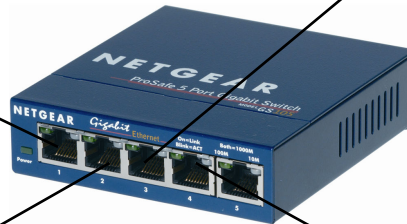
MAC: F1:1B:14:12:A1:9F



Laptop 2

IP: 192.168.1.100

MAC: AA:BB:CC:DD:EE:FF



Maskin 1

IP: 192.168.1.150

MAC: 11:22:33:44:55:66



Laptop 1

IP: 192.168.1.200

MAC: A1:B2:C3:D4:E5:F6

ARP-tabell på sudur (login.ifi.uio.no)

```
apetlund — apetlund@sudur:~ — ssh login.ifi.uio.no — 83x24
[apetlund@sudur ~]$ arp -ne
Address                HWtype  HWaddress           Flags Mask          Iface
129.240.65.63          ether   b8:ac:6f:d2:69:48   C                   bond0
129.240.65.31          ether   00:50:56:a9:97:22   C                   bond0
129.240.65.61          ether   84:2b:2b:ff:d5:b4   C                   bond0
129.240.65.59          ether   78:45:c4:f8:16:ee   C                   bond0
129.240.65.29          ether   00:50:56:a9:b8:c7   C                   bond0
129.240.65.50          ether   02:a0:98:09:96:84   C                   bond0
129.240.65.41          ether   bc:30:5b:3a:cb:40   C                   bond0
129.240.65.2           ether   b8:ac:6f:90:cd:0e   C                   bond0
129.240.65.254         ether   ec:30:91:e1:d5:c0   C                   bond0
129.240.65.48          ether   00:50:56:a9:97:22   C                   bond0
129.240.65.25          ether   00:25:64:ff:06:a8   C                   bond0
129.240.65.37          ether   00:50:56:a9:19:f2   C                   bond0
129.240.65.60          ether   b8:ac:6f:d2:6b:a0   C                   bond0
129.240.65.51          ether   02:a0:98:09:96:80   C                   bond0
129.240.65.21          ether   5c:26:0a:fc:94:8c   C                   bond0
129.240.65.58          ether   78:45:c4:f8:5b:9b   C                   bond0
129.240.65.28          ether   00:50:56:a9:80:ec   C                   bond0
129.240.65.87          ether   78:2b:cb:4c:6e:cd   C                   bond0
129.240.65.1           ether   00:00:0c:07:ac:03   C                   bond0
129.240.65.253         ether   ec:30:91:e1:fd:00   C                   bond0
129.240.65.56          ether   00:50:56:a9:a8:c0   C                   bond0
[apetlund@sudur ~]$
```

For store kringkastingsdomener

IP/Internett

Linklaget

- Om kringkastingsdomenet inneholder for mange enheter, kan det by på problemer:
 - ARP går til alle maskiner i kringkastingsdomenet. Om domenet er for stort kan dette stjele kapasitet som burde ha vært brukt til å overføre data.
 - DHCP-forespørsler går også til alle -> samme problem.
- Avanserte switcher kan filtrere ARP og DHCP for å beskytte mot overbelastning fra kringkastet trafikk.
- ARP kan også brukes til å finne duplikate IP-adresser:
 - "Hvem har IP 0.0.0.0" sendes til MAC
FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - Svar fra alle: IP kommer flere ganger = feil



Én IP-adresse – mange porter

Men du ønsker å kjøre mange tjenester på samme maskin.
Hvordan skiller man tjenestene fra hverandre?



IP: 192.168.1.5

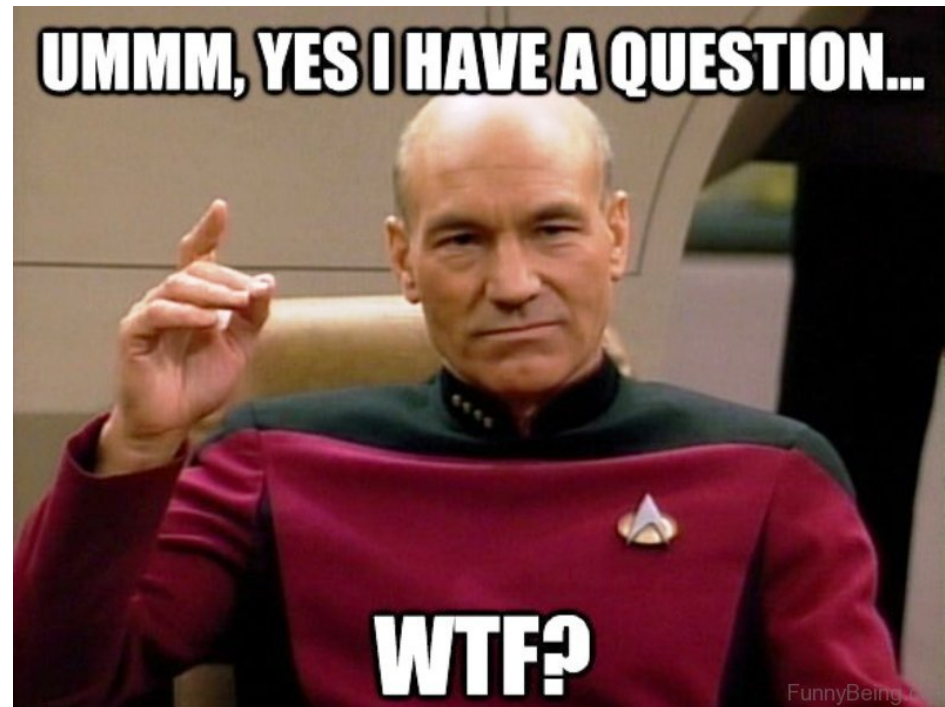
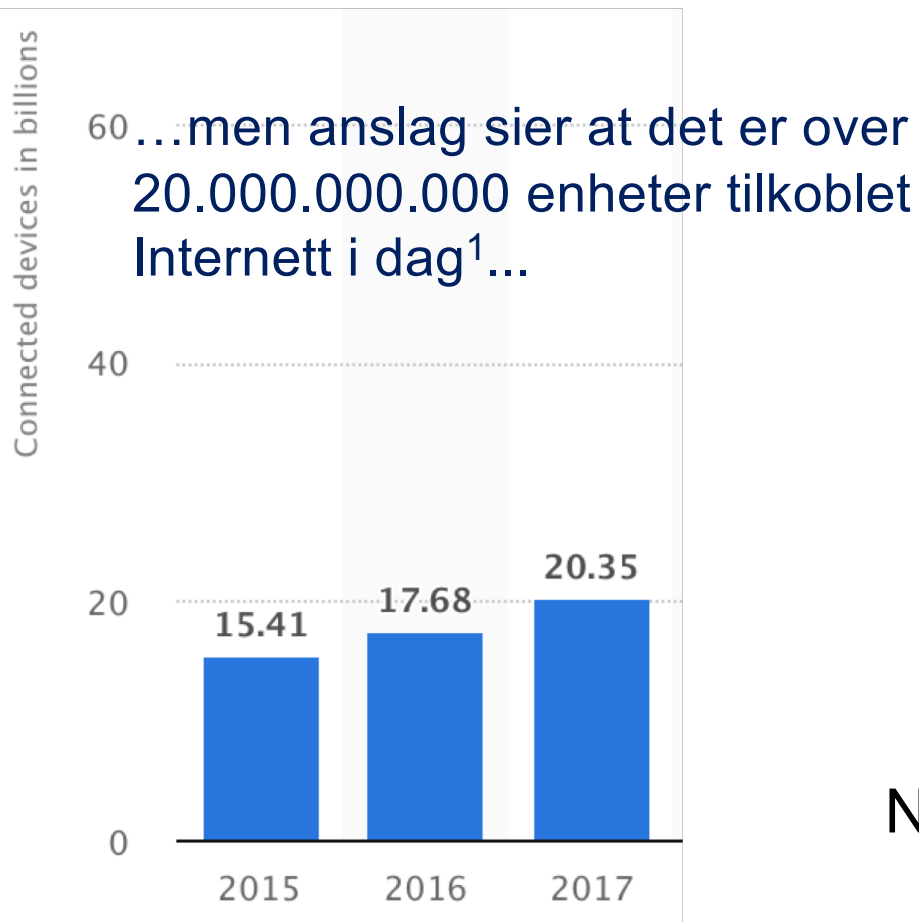
Transportprotokollene (UDP, TCP) implementerer ”porter” som muliggjør totalt 65535 samtidige forbindelser på én IP-adresse

En vanlig måte å notere IP og port på er IP:port (eks.: 192.168.1.5:22)

Port	Tjeneste
0	Reservert
1	tcpmux
...	
22	SSH
...	
25	SMTP
...	
1024-49151	Brukerporter
49152-65535	Dynamisk / privat

Antall IP-adresser

Maks antall mulige IP-adresser på 32 bit er 2^{32} , eller 4.294.967.296

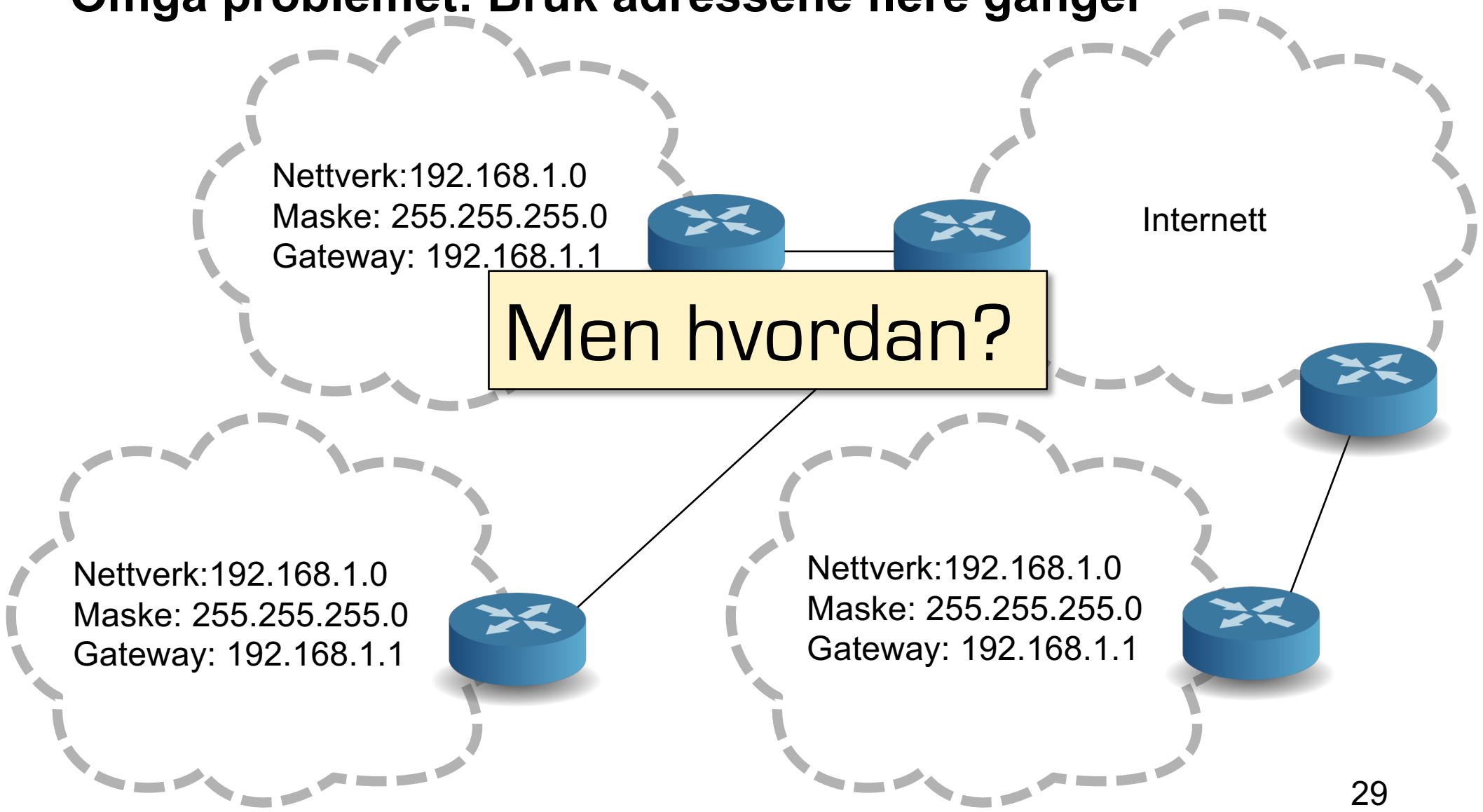


NAT – Network Address Translation

1) Kilde: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

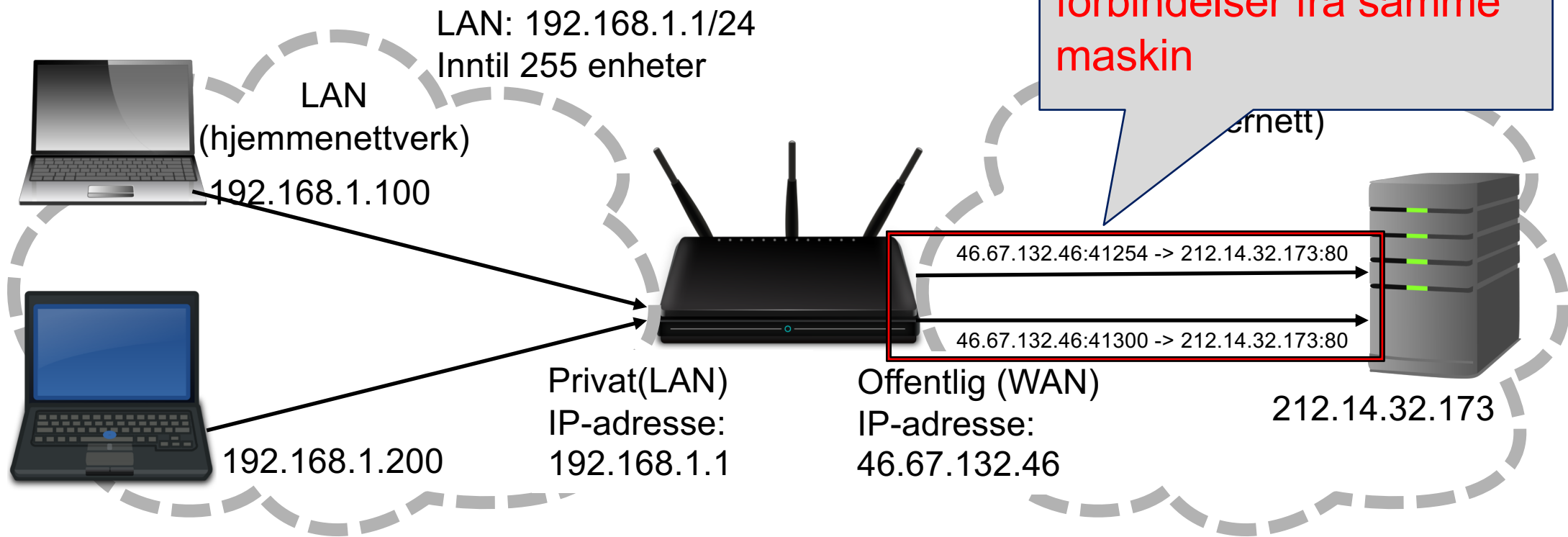
Omgå problemet: Bruk adressene flere ganger

Transportlaget
IP/Internett



NAT – Network Address Translation

Transportlaget



Kilde IP	Mottaker	Oversatt adresse
192.168.1.100	212.14.32.173:80	46.67.132.46:41254
192.168.1.200	212.14.32.173:80	46.67.132.46:41300

Private IP-adresser

RFC1918 name	IP address range	number of addresses	largest CIDR block (subnet mask)	host id size	mask bits
24-bit block	10.0.0.0 – 10.255.255.255	16,777,216	10.0.0.0/8 (255.0.0.0)	24 bits	8 bits
20-bit block	172.16.0.0 – 172.31.255.255	1,048,576	172.16.0.0/12 (255.240.0.0)	20 bits	12 bits
16-bit block	192.168.0.0 – 192.168.255.255	65,536	192.168.0.0/16 (255.255.0.0)	16 bits	16 bits

- Private IP-adresser er adresser som er reservert for bruk i lukkede nettverk og nettverk med NAT mot Internett
- Disse IPene skal ikke være direkte koblet mot Internett!
- En hjemmeruter er vanligvis satt opp til å gi deg et LAN med et subnett fra en av disse segmentene.

Fra Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Private_network

Ulemper med NAT

- Ekstra kompleksitet i nettverket
- Routeren må bevare tilstanden til forbindelsene
- Nye forbindelser **må** initieres fra innsiden av NAT-nettverket
- Gjør det vanskelig å koble til utenifra
 - Universal Plug and Play (UPnP)
 - Enheter på LAN kan automatisk åpne opp for forbindelser utenifra
 - STUN / TURN ++
 - Bruke maskiner med gyldig Internett IP-adresse til å sette opp forbindelsen.
 - Videresending av porter
 - f.eks 46.67.132.46:5000 -> 192.168.1.5:5000
 - demilitarized zone (DMZ): 46.67.132.46:* -> 192.168.1.5:*

Anatomien til et LAN – et typisk oppsett

- LAN ID (CIDR): 192.168.0.0/24
- Kringkastingsadresse: 192.168.0.255
- Tilgjengelige adresser: 192.168.0.1-192.168-0.254
 - 254 stk
 - ...men 1 av disse må settes av til router om du skal koble LAN til Internett
 - f.eks 192.168.0.1
 - Router fungerer ofte også som DHCP-tjener og DNS-cache i hjemmenettverk