

TK1100

Forelesning 0x09:

Nettverkslaget



Er det noe galt her?

Wireless LAN adapter WLANUSB:

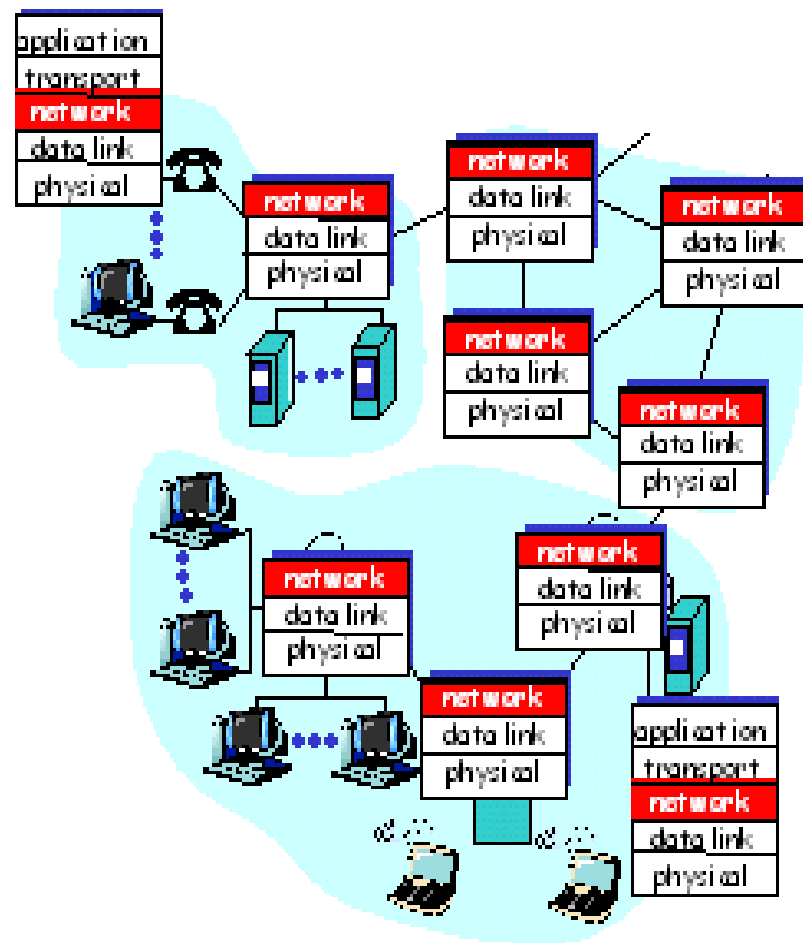
Connection-specific DNS Suffix . : ad.nith.no
Description : D-Link DWA-140 Wireless N USB Adapter(rev.B3)
Physical Address. : B8-A3-86-90-50-E8
DHCP Enabled. : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . : Yes
Link-local IPv6 Address : fe80::50e5:40ff:6794:1d5a%16 (Preferred)
IPv4 Address. : 10.21.**28**.228 (Preferred)
Subnet Mask : 255.255.252.0
Lease Obtained. : 6. november 2013 15:25:30
Lease Expires : 6. november 2013 23:25:30
Default Gateway : 10.21.**24**.1
DHCP Server : 1.1.1.1
DHCPv6 IAID : 548971398
DHCPv6 Client DUID. : 00-01-00-01-14-6A-F2-0B-D8-D3-85-77-A0-3F
DNS Servers : 158.36.131.10
Primary WINS Server : 158.36.131.10
NetBIOS over Tcpip. : Enabled

Dagsorden

- Nettlagets oppgaver
 - Prefix-/datagram-svitsjing på nettlagsnivå
- IPv4
 - headeren
 - IP-adresser og prefix-routing
 - IP fragmentering
 - Litt om DHCP
- ICMP
- NAT
- IPv6
- Litt om AS og routing i LAN, WAN og stamnett

Nettverkslaget

- Flytter pakker fra avsender til mottaker
- Nettverks-protokoll også på hver mellomlanding
- Routing fra avsender til mottaker
- Switching av pakker fra routers input-side til routers output-side
- Hvis nødvendig defineres router kall oppsett for hele ruten før pakke sendes

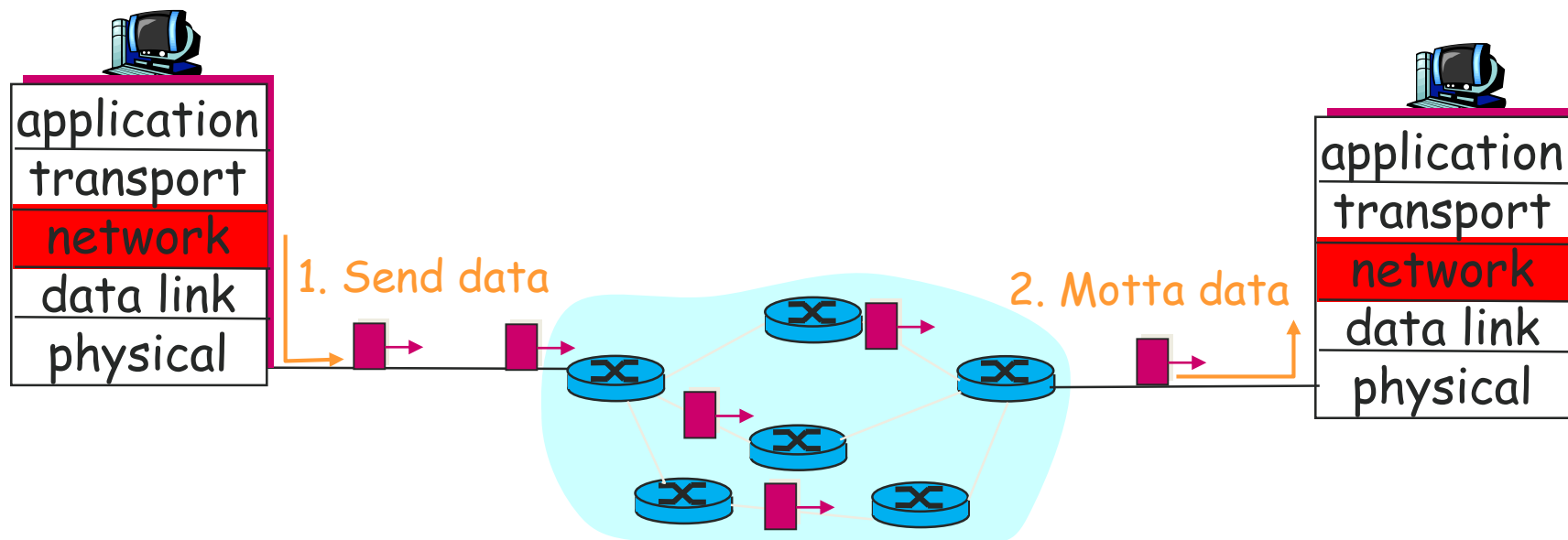


Virtuell forbindelse (**VC**)

- Ligner mye på en telefon-forbindelse
- Må etablere en forbindelse (rute) først
- Hver pakke inneholder forbindelsens **rute-ID**
- Hver router (mellomlanding) opprettholder tilstanden for hver rute
 - Transport-laget ser bare hver ende av en rute
- Data overføres når ruten er etablert
- Ruten blir "revet ned" når overføringen er ferdig

Datagram nettverk (Internett)

- Ikke noe forhånds-oppsett på nettverklags-nivå
- Routerne bryr seg ikke om *rutens* tilstand
 - Tilstandsløse routere
- Pakkene rutes ut fra mottaker-ID
 - Pakkene mellom samme avsender og mottaker **kan** følge forskjellige ruter



Forwardingtabell: eksempel

4 Gi mulige
adresser

Adresseområde for mottager

Link interface

11001000 00010111 0001000 00000000

til

0

11001000 00010111 00010111 11111111

11001000 00010111 00011000 00000000

til

1

11001000 00010111 00011000 11111111

11001000 00010111 00011001 00000000

til

2

11001000 00010111 00011111 11111111

ellers

3

“Longest prefix matching”

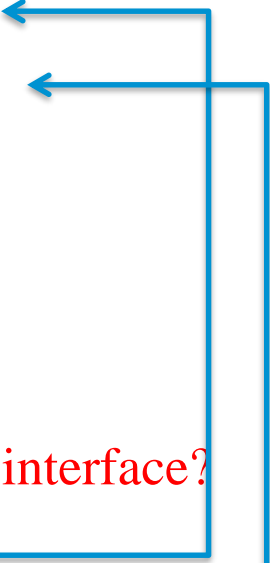
Prefix match

11001000 00010111 00010
11001000 00010111 00011000
11001000 00010111 00011

ellers

Link interface

0
1
2
3



Eksempler

Mottager.: 11001000 00010111 00010110 10100001

Hvilket interface?

Mottager.: 11001000 00010111 00011000 10101010

Hvilket interface?

route print

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\>route print

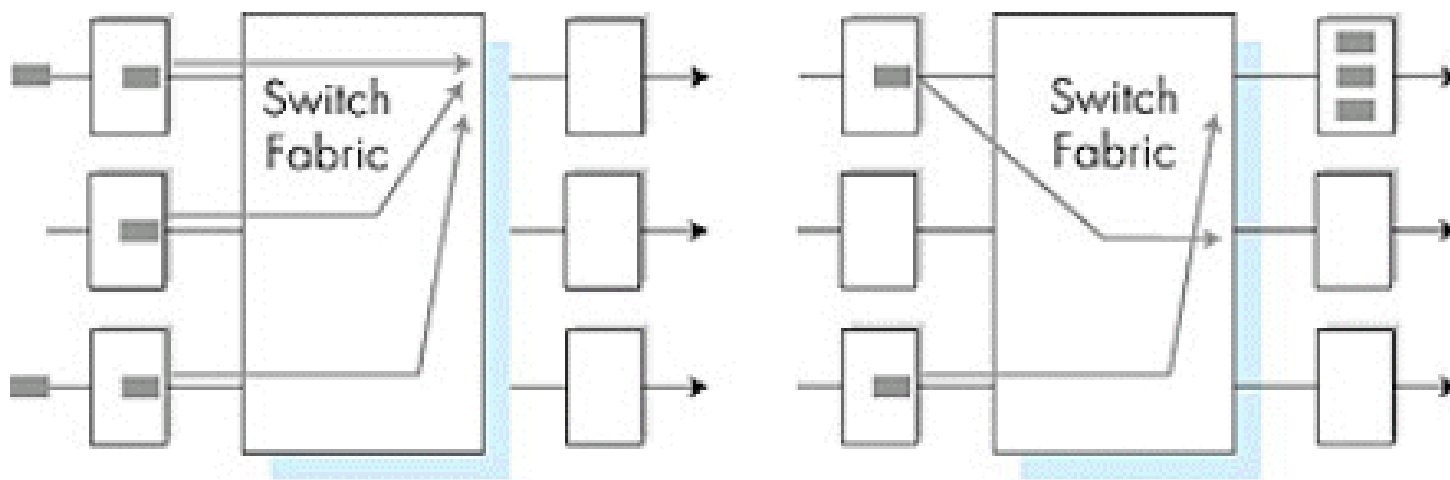
=====
Grensesnittliste
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 13 72 94 ff 78 ..... Broadcom NetXtreme 57xx Gigabit Controller - Min
iport for pakkeplanlegger
=====
=====
Aktive ruter:
Nettverksmål   Nettverksmaske      Gateway      Grensesnitt  Metrikk
    0.0.0.0         0.0.0.0          10.21.4.1      10.21.5.94      20
    10.21.4.0       255.255.252.0      10.21.5.94      10.21.5.94      20
    10.21.5.94     255.255.255.255     127.0.0.1      127.0.0.1       20
    10.255.255.255  255.255.255.255     10.21.5.94      10.21.5.94      20
    127.0.0.0       255.0.0.0         127.0.0.1      127.0.0.1       1
    169.254.0.0     255.255.0.0        10.21.5.94      10.21.5.94      30
    224.0.0.0       240.0.0.0          10.21.5.94      10.21.5.94      20
    255.255.255.255 255.255.255.255     10.21.5.94      10.21.5.94      1
Std. gateway:      10.21.4.1
=====
Faste ruter:
    Ingen

C:\>
```

Kan også bruke `netstat -r`

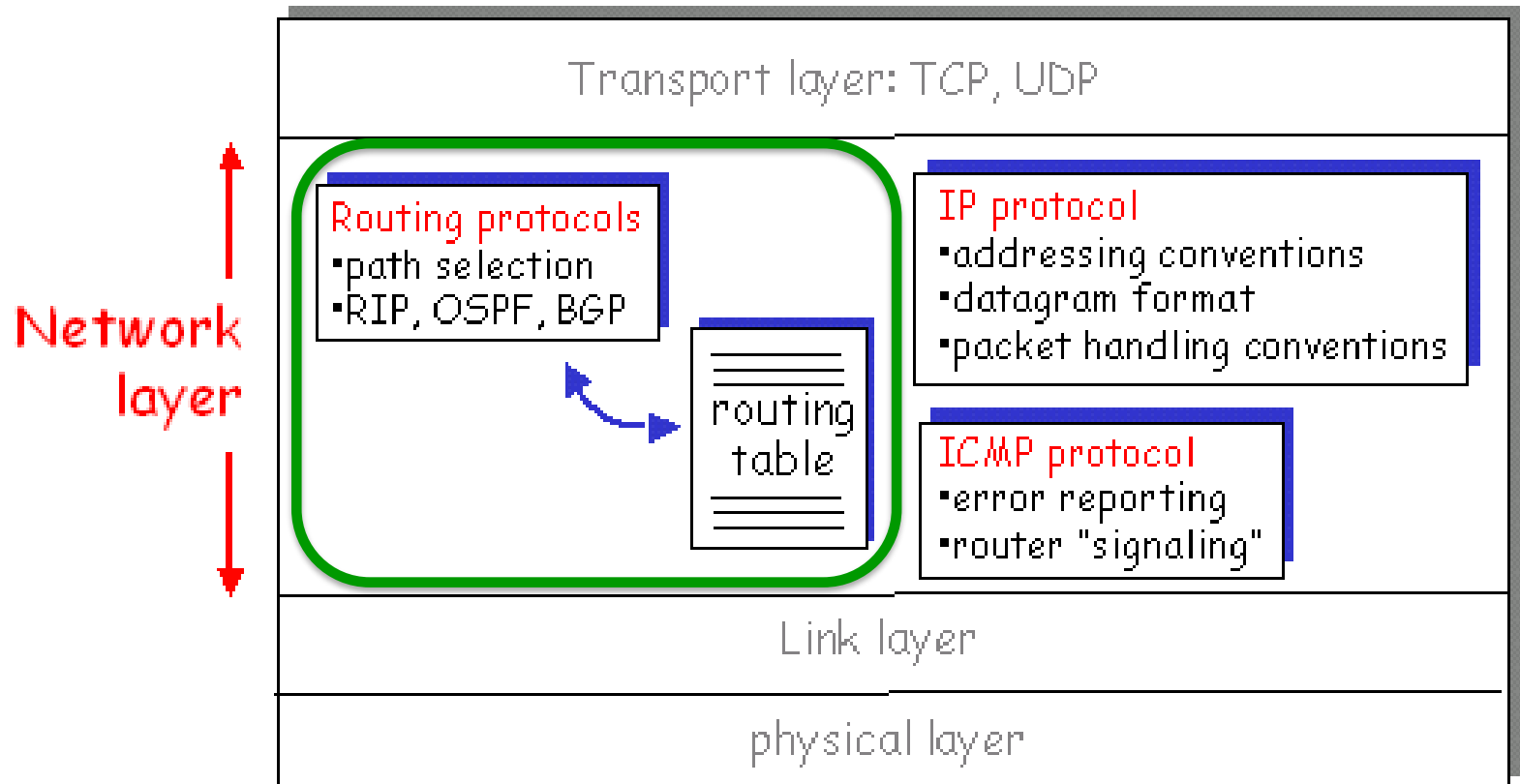
Køing på utgående port

- Data kan gå tapt i køen hvis bufferet ikke er stort nok



ROUTING I STAMNETTET

Internett nettverkslaget



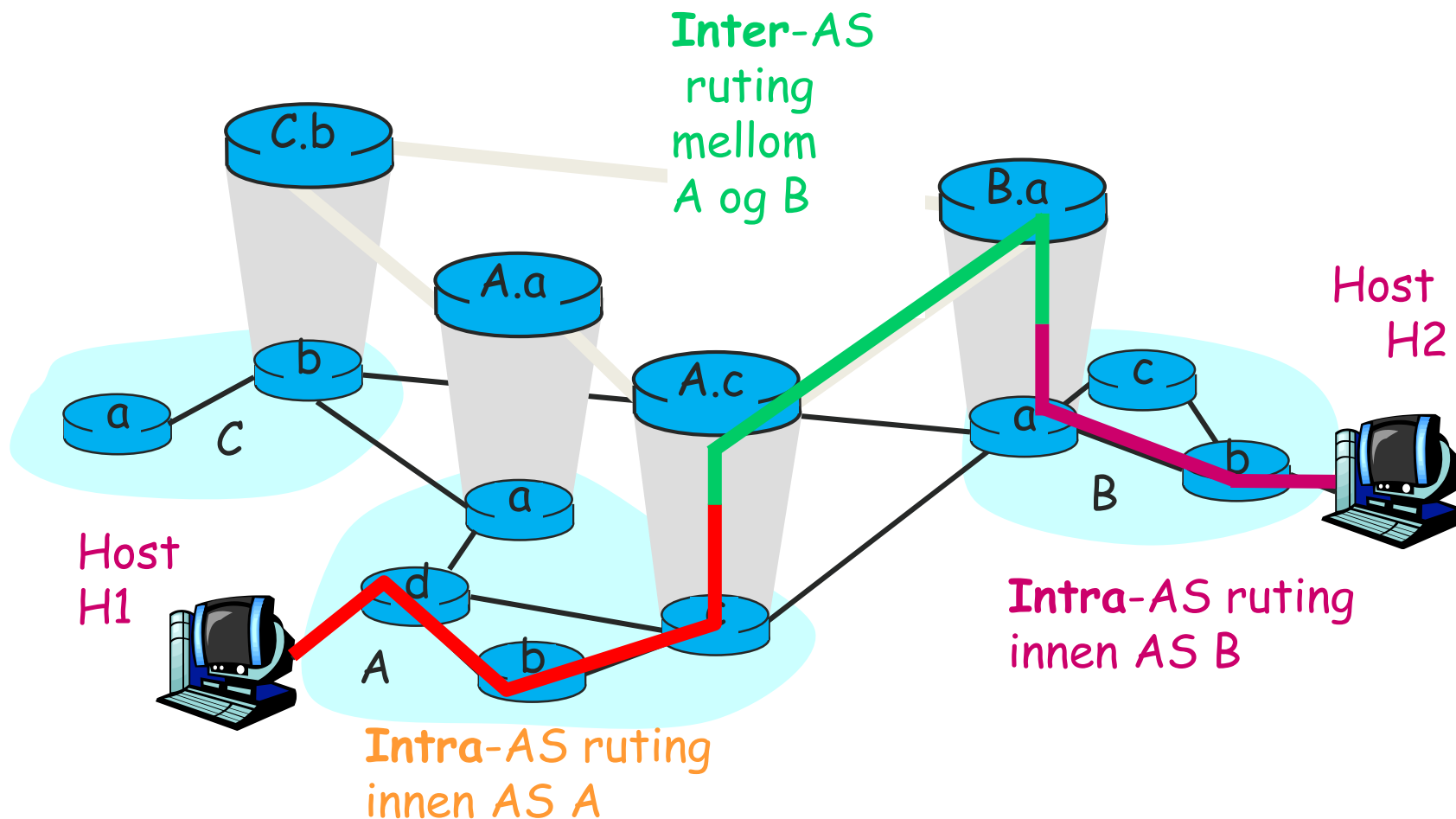
Routing

- Routing handler om å sette opp en **routingtabell** for hver enkelt router
- Tabellen angir hvilket **interface** et datagram skal **videresendes** ut av
- Alle host-maskiner har routingtabeller, men de er små
- Routers i stamnettet har tabeller med ~200000 linjer!
 - Hver linje er et IP-nettverk som routeren har funnet en **billigste** vei til

Hierarkisk rutning

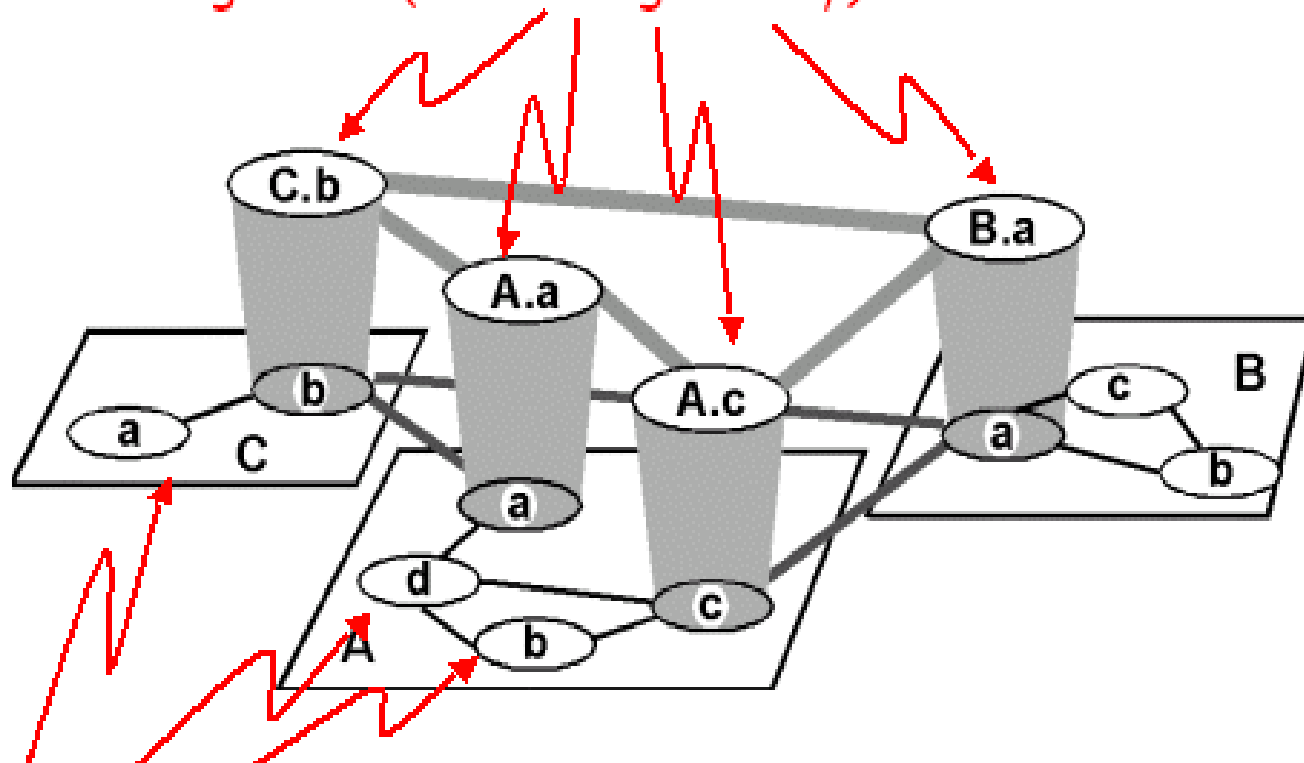
- Internett er stort og komplekst
- Internett = nettverk av nettverk
- Deler routerene i **regioner**
 - **Autonome systemer** (AS)
- Routers i samme **AS** kjører samme routing-protokoll (**intra**-AS protokoll)
- Gateway utfører **inter**-AS routing mellom ulike AS
 - Bruker **BGP** som routingprotokoll

Intra-AS og Inter-AS routing



Internett AS hierarki

Intra-AS grense (ekstern gateway) routere

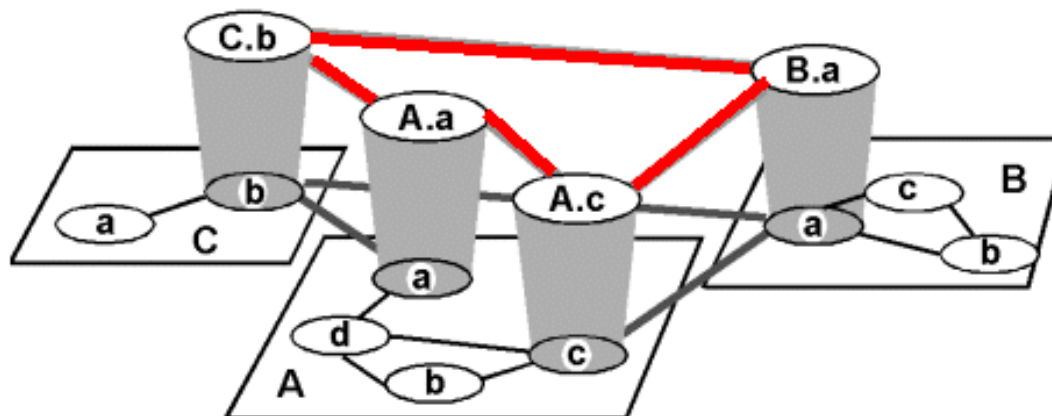


Inter-AS interne (gateway) routere

- Også kalt Interior Gateway Protocols (IGP)
- Vanligst forekommende er
 - Routing Information Protocol (**RIP**)
 - Open Shortest Path First (**OSPF**)
 - Interior Gateway Routing Protocol (**IGRP**)
 - Cisco proprietær
 - EIGRP videreutvikling av IGRP
- Implemenetert i programmer på routerene
 - Utveksler routing-informasjon med andre routere innenfor AS/WAN

Internett **inter**-AS ruting

- Border Gateway Protocol (**BGPv4**) er standarden på Internett
- Ruter **også** ut fra **AS-Nummer**
- Bruker Path Vector protokoll
 - Finner billigste vei ut fra «nabosladder»
 - Lagrer «AS-ruten» (path) til mottaker



BGP – Border Gateway Protokoll

- Når gateway X sender sitt rute-forslag til node Z over til gateway Y, kan følgende skje:
 - Ruten godtas ikke (kostnad, politikk, pålitelighet...)
 - Ruten godtas og brukes deretter fra Y til Z
 - Y sender sin oppdaterte rute-kostnad til sine «andre naboer»
- Bruker TCP mellom routerne.
- 4 typer meldinger
 - OPEN: Åpner TCP forbindelse og bekrefter avsender
 - UPDATE: Åpner ny rute eller lukker en gammel
 - KEEPALIVE: Holder liv i forbindelsen uten UPDATE
 - NOTIFICATION: Sender feilmelding. Lukker forbindelse

Hvorfor benyttes forskjellig Intra- og Inter-AS routing?

- Policy

- Inter-AS: Ønsker kontroll over routingene mellom områdene; må ta hensyn til peering-avtaler og priser
- Intra-AS: Enhetlig kontroll av routingene innen området; primært ute etter effektivitet og lastbalansering

- Skala

- Hierarkisk routing sparer tabell-plass og reduserer oppdaterings-mengden


- Ytelse

- Inter-AS: Policy kan være viktigere enn ytelse
- Intra-AS: Fokuserer (oftest) på ytelse

Looking glass routere

- Noen «snille» firma lar deg se stamnett-routere fra «innsiden» f.eks. <http://lg.he.net>

Looking Glass - Hurricane E x
lg.he.net/#
Nyheter
GooURLShrt
Arts & Letters Daily ...
its ITL
Ping.fm


**HURRICANE
INTERNET SERVICES**

Looking Glass

Welcome to Hurricane Electric's Network Looking Glass. The information provided by these are some of our routers at core locations within our network. We also operate server.he.net.

Routers

Europe

- ☐ NIKHEF Amsterdam
- ☒ Interxion Frankfurt 1
- ☐ Telehouse Docklands
- ☐ Interxion Paris 2
- ☐ Telehouse Voltaire Paris
- ☐ Teletcity Stockholm
- ☐ Equinix Zürich

North America

- ☐ Equinix Ashburn
- ☐ Telx Atlanta

Commands

- ☐ Ping
- ☐ Traceroute
- ☐ BGP Route
- ☒ BGP Summary (IPv4)
- ☐ BGP Summary (IPv6)

Arguments

IP:

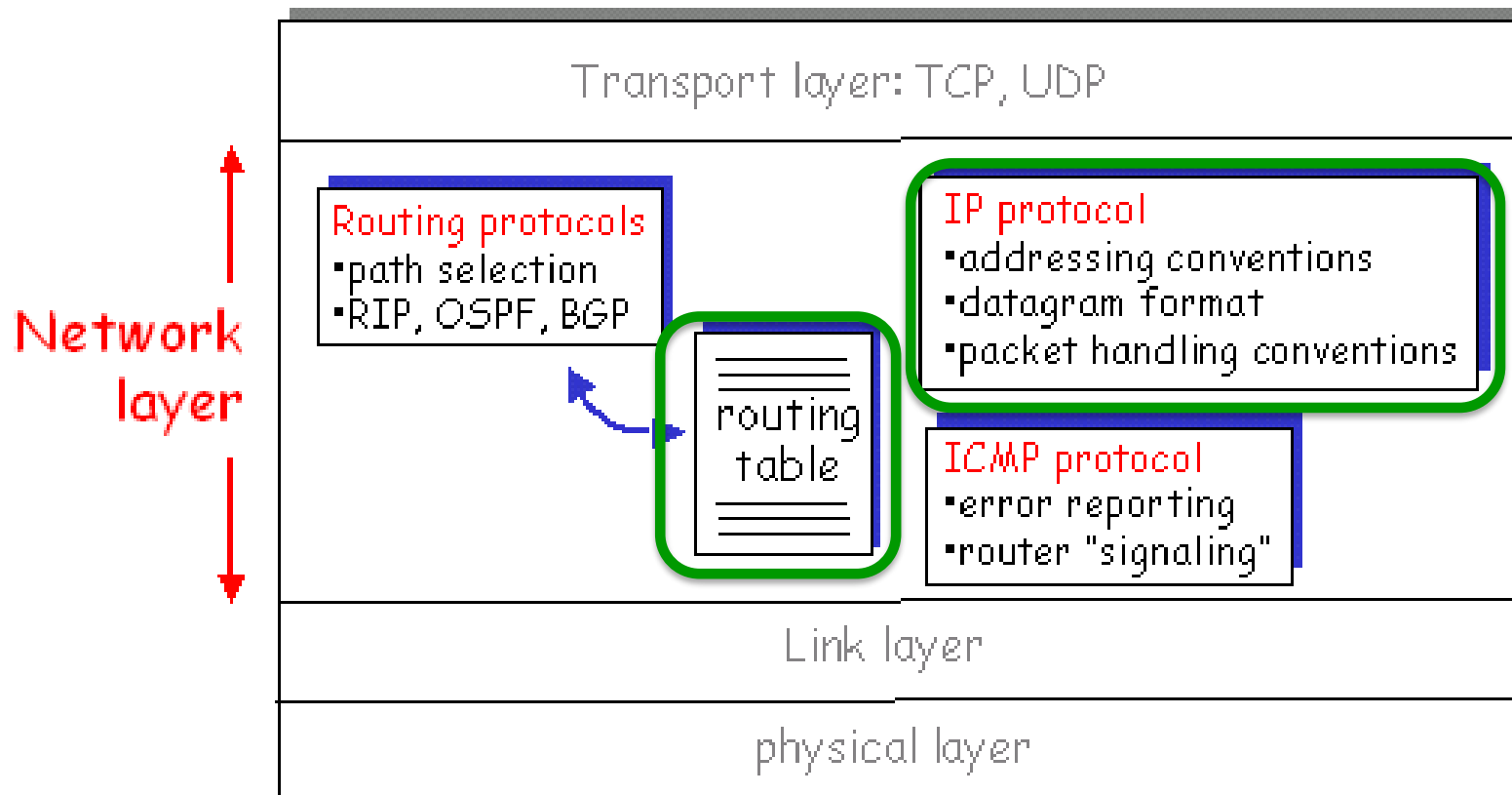
☐ Raw output (no tables)

core1.fra1.he.net> show ip bgp summary

Local AS Number		6939					
Number of Neighbors Configured		475, 460 up					
Number of Routes Installed		2512117 (216042062 bytes)					
Number of Routes Advertised							
Number of Attribute Entries		529657 (47669130 bytes)					
Neighbor Address	ASN	State	Time	Rt:Accepted	Rt:Filtered	Rt:Sent	Rt:ToSend
64.62.142.154	6939	ESTAB>	3d11h 1m	0	0	377561	1
64.212.32.45	3549	ESTAB	168d 7h 4m	368525	56468	672	0
80.81.192.3	21473	ESTAB	100d18h12m	41	0	33042	0
80.81.192.4	8804	ESTAB	43d 5h 6m	20	0	33042	0
80.81.192.6	8365	ESTAB	26d19h39m	20	0	33042	0
80.81.192.7	8767	ESTAB	68d 7h50m	172	21	33042	0
80.81.192.8	2857	ESTAB	100d22h16m	11	0	33042	0
80.81.192.9	8928	ESTAB	151d15h 0m	5821	185	33042	0
80.81.192.11	5413	ESTAB	100d16h47m	115	0	33042	0
80.81.192.12	6774	ESTAB	100d19h 4m	413	926	33042	0
80.81.192.13	8218	ESTAB	45d 7h32m	1371	0	21613	0
80.81.192.14	4589	ESTAB	142d11h24m	230	0	33042	0
80.81.192.15	12897	ESTAB	45d 6h20m	30	0	33042	0
80.81.192.16	3292	ESTAB	45d 4h 6m	1201	0	33042	0

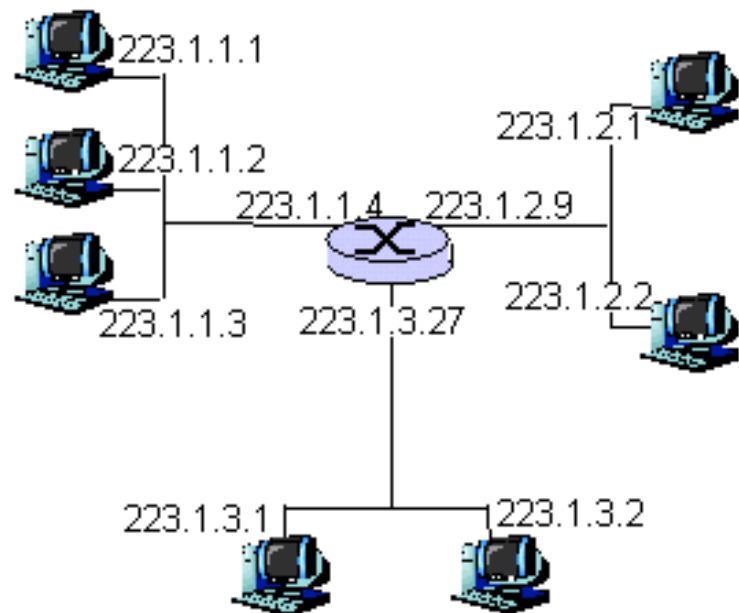
INTERNET **P**ROTOCOL V**4**

Internett nettverkslaget



IPv4 adressering

- IPv4 adresse: **32-bit** «id» for hver vertsmaskin og router **interface** (adapter)
- En vertsmaskin kan ha flere interface
- En router har vanligvis flere forbindelser, med hver sin interface
- IP-adresse hører til hvert interface



$$223.1.1.1 = \underbrace{11011111}_{223} \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1$$

ipconfig (ifconfig)

- `ipconfig` viser nettverksparametrene for interfacene/adapterene

```
C:\Users\blistog>ipconfig
```

```
Windows IP Configuration
```

```
Ethernet adapter e0:
```

```
Connection-specific DNS Suffix  . : 
IPv6 Address . . . . . : 2001:700:2e00::51
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::b46c:b98f:85ec:dba0%12
IPv4 Address. . . . . : 158.36.131.51
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.128
Default Gateway . . . . . : 2001:700:2e00::1
                             158.36.131.1
```

IPv4-adressen
&Nettmaske
= Nettverksprefix
som det routes ut fra;
Std Gateway = veien ut
i Internett

```
Ethernet adapter Bluetooth Network Connection:
```

```
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix  . : 
```

```
Tunnel adapter isatap.{84470FB0-16A7-4A31-B6B9-8AECF834115C}:
```

```
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix  . : 
```

```
Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:
```

```
Connection-specific DNS Suffix  . : 
IPv6 Address . . . . . : 2001:0:5ef5:73b8:3826:3138:61db:7ccc
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::3826:3138:61db:7ccc%15
Default Gateway . . . . . :
```

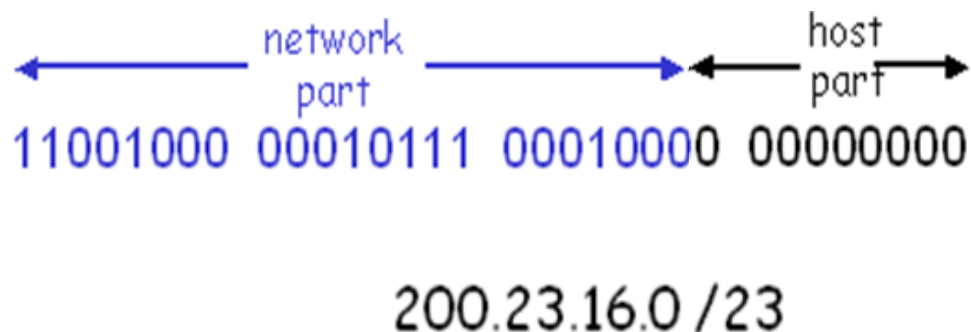
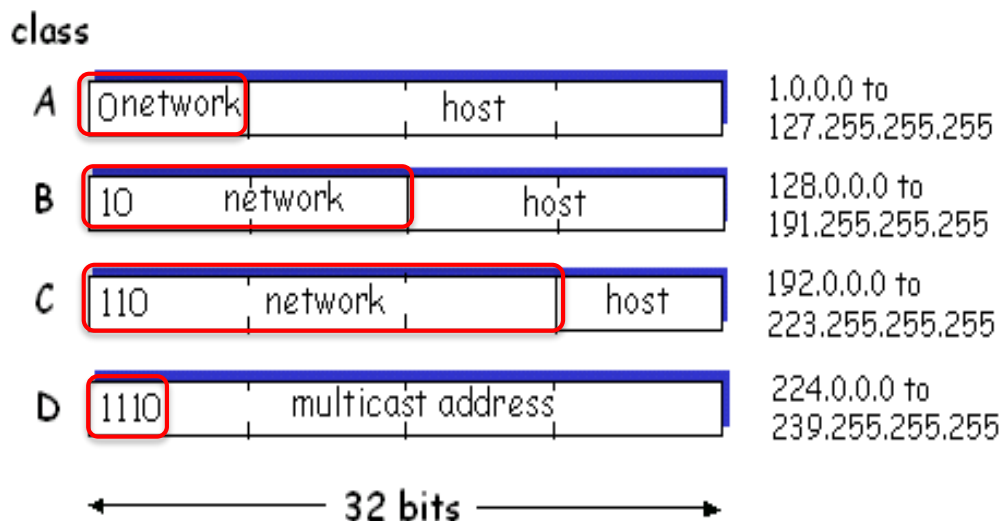
```
Tunnel adapter isatap.{C682A4AE-3FEC-4053-8456-5A377FD0FF55}:
```

```
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix  . : 
```

Teknikker for
å sende IPv6
gjennom IPv4
nettverk

IP adresser: klasser og CIDR

- Opprinnelig delt opp i 6 forskjellige klasser med hver sin forhåndsdefinerte **prefix-lengde**
- Klasseinndeling av adresser ble for "stivt"
 - En klasse kan risikere å inneholde (mange) ubrukte adresser
- Klasse A, B, C er vanlige adresser, D er multicast, E er reservert for research, og 127.* er en reservert «klasse» for loopback
- Classless Inter-Domain Routing (CIDR)
 - Nettverks-delen har vilkårlig lengde, x
 - Format a.b.c.d/x



IPv4 adresser: tildeling

- For vertsmaskiner i LAN
 - Kan settes manuelt/statisk
 - **Dynamic Host Configuration Protocol**(DHCP)
- For nettverk
 - Får tildelt sin del av ISP sitt tildelte adresserom
- For Internet Service Provider (ISP)
 - Internasjonalt organ (**ICANN**) tildeler adresser, styrer DNS, tildeler domenenavn og løser tvister
 - “Kontinent-registraren”: **RIPE** deler ut IP-adresser og AS-nummer til Europa m.fl.

Dynamic Host Configuration Protocol

- Hver DHCP-tjener har et sett med mulige adresser (**pool**)
- Setter adressen dynamisk med "plug-and-play"
- **Vertsmaskin sender**: DHCP discover
- **DHCP tjener svarer**: DHCP offer
- **Vertsmaskin sender**: DHCP request
- **DHCP tjener sender**: IP-adresse og andre nettverks-paramerte (f.eks. DNS-tjener) + DHCP ack
- **Vertsmaskin settes opp med disse verdiene**

C:\Users\blistog>ipconfig /release

Windows IP Configuration

No operation can be performed on Bluetooth Network Connection while media disconnected.

Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:

Connection-specific DNS Suffix . :
Link-local IPv6 Address : fe80::50e5:4
Default Gateway :

C:\Users\blistog>ipconfig /renew

Windows IP Configuration

No operation can be performed on Bluetooth Network Connection while media disconnected.

Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:

Connection-specific DNS Suffix . : ad.nith.no
Link-local IPv6 Address : fe80::50e5:40ff:6794:1d5a%19
IPv4 Address. : 10.21.25.60
Subnet Mask : 255.255.252.0
Default Gateway : 10.21.24.1

DHCP

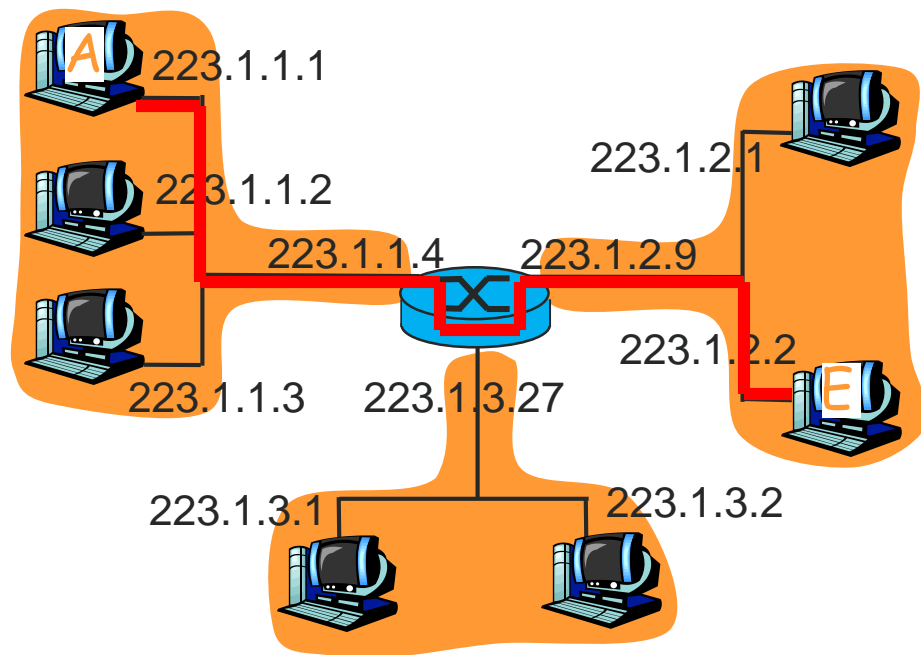
- Hvordan vet DHCP-serveren hvor den skal sende dine nettverksparametere (IP, nettmaske, std gw, DNS m.m.)?
 - Din maskin kringkaster (MAC-adresse: FF-FF-FF-FF-FF-FF) den første forespørselen i LANet
 - Dersom det finnes en DHCP-server der, så svarer den med et tilbud om IP m.m.
 - Resten kan da foregå på Nettverkslaget
 - Setter en periode du «leaser» parameterene for
 - Må fornyes når leasen går ut.

Datagram fra avsender til mottaker

Avsender A, mottaker E

- Finn nettverksadresse til E
- E på annet nettverk
 - A, E ikke direkte forbundet
- Ruting tabell: neste hopp router til E er 223.1.1.4
- Link laget sender datagram til router 223.1.1.4 i link-lagets ramme
- Datagram ankommer 223.1.1.4
- E på samme nettverk som 223.1.2.9
- Datagram sendes til 223.1.2.2

ulike felt	kilde IP addr	mottag IP addr	data
------------	---------------	----------------	------



IPv4 datagram-format

IP protokollversjon

header lengde
(byte)

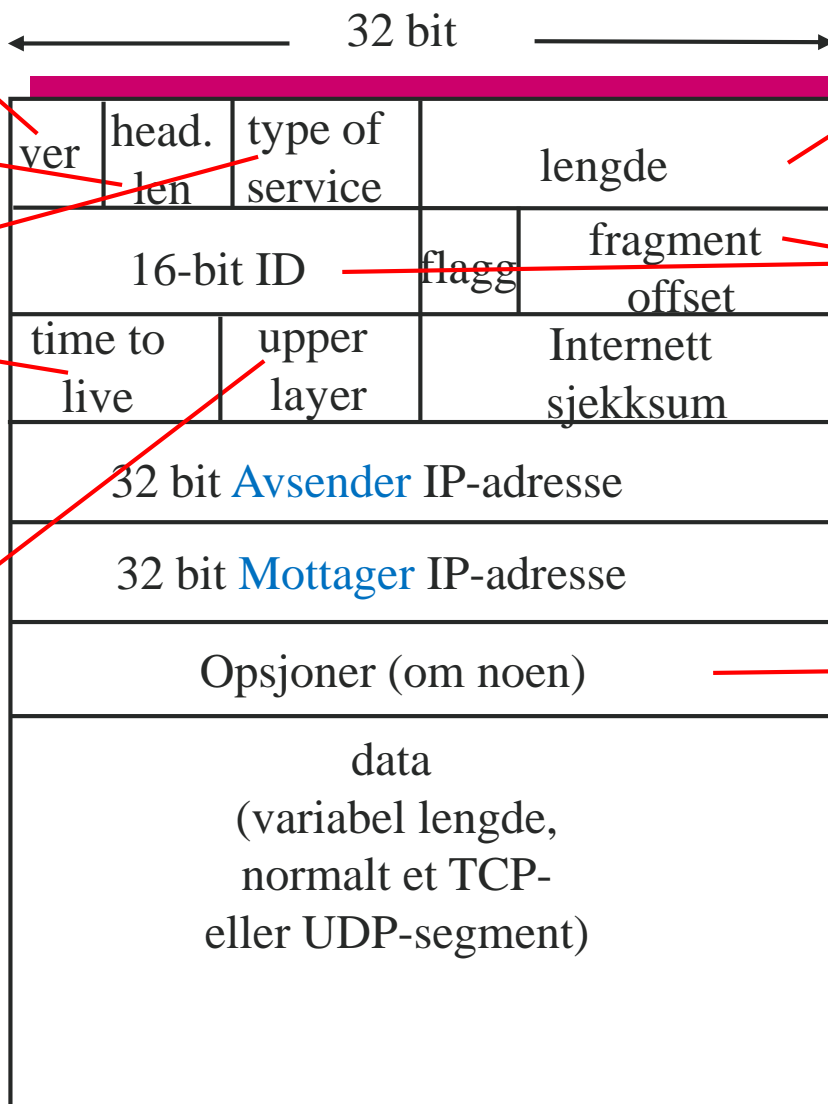
“type” data

maks antall
gjenværende hopp
(dekrementeres i
hver router)

protokollen som skal ha
nyttelasten (TCP, UDP)

hvor mye overhead med TCP?

- ❑ Min 20 byte for TCP
- ❑ Min 20 byte for IP
- ❑ = 40 byte + app. lags overhead

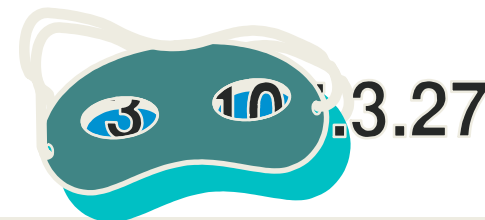


total datagram-
lengde (byte)

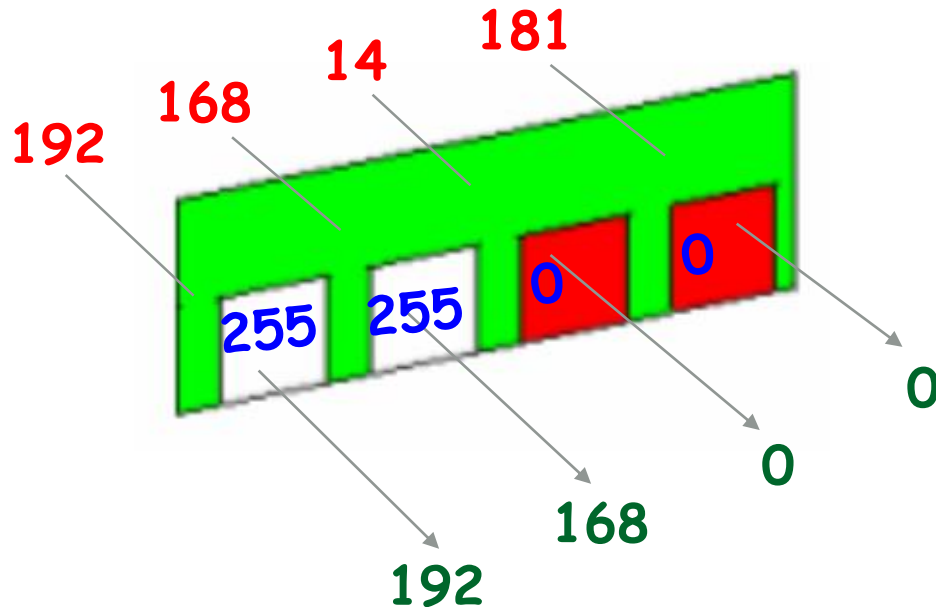
for
fragmentering/
sammensetting

F. eks.
tidsstempel,
record route,
spesifisere
liste av rutere
man skal innom

Nettmaske



- Nettmasken angir hvilke bit som er PREFIX og hvilke som er HOST
- En nettmaske er en bitmaske anvendt på en IP-adresse
 - Adresse 192.168.14.181, maske 255.255.0.0



$$\begin{array}{r}
 192.168.14.181 \\
 \text{AND } 255.255.0.0 \\
 \hline
 = 192.168.0.0
 \end{array}$$

IP-adresse & Nettmaske = IP-Nettverk

- Maskiner/adaptere må tilhøre samme IP-nettverk for å kunne sende direkte til hverandre
 - 10.21.**3**.5 / 255.255.**254**.0 kan sende direkte til 10.21.**2**.255 / 255.255.**254**.0
 - 10.21.**3**.5 / 255.255.**255**.0 må sende via **gateway** (router) for å nå 10.21.**2**.255 / 255.255.**255**.0
- **Prefixen** bestemmes av IP-adressen og nettmasken, og det er denne som bestemmer om man tilhører samme IP-nett eller ikke.

IP-adressering: CIDR

- “Classfull” adressering (A, B, C, D, ..):
 - ineffektiv bruk av adresserom, går fort tom for ledige adresser
 - f. eks: et klasse B nett har nok adresser til 65 000 maskiner, selv om det kun er f. eks. 2000 maskiner i nettet
- **CIDR: Classless InterDomain Routing**
 - Nettverksdel (prefix) av adressen er av vilkårlig lengde
 - adresseformat: **a.b.c.d/x**, hvor x er antall bit i nettverks-delen av adressen



200.23.16.0/23

Ex: Hvilket nettverk?

- 10.21.26.184 med nettmaske 255.255.252.0 tilhører hvilket nettverk?

```

10   . 21.0001 10 10.1011 1000
& 255.255.1111 11 00.0000 0000
-----
10   . 21.0001 10 00.0000 0000
22 bit til prefix, 10 bit til host
  
```

Nettverket er **10.21.24.0/22**

Laveste adresse er **10.21.24.1**

Broadcast er **10.21.27.255**

alle host-bit satt til 1!!!

Spesielle IP-adresser

- Noen IP-adresser er reservert for spesiell bruk
 - Private adresser
 - Dokumentasjon
 - Selv-konfigurering
 - Kringkasting
 - Multicast
 - Nettverksadresse (hele lokale IP-nett)
 - Midlertidig adressering
 - Loopback (meg selv)
- Se RFC 1166

Spesielle IP-adresser (2)

- *Private adresser* brukes bare innenfor et WAN
 - kan **ikke routes** utenfor LAN/WAN
 - droppes automatisk av Internett-routere
- Gir fleksibilitet for organisasjoner internt
- Samme adresse *kan* også ha ekstern IP (NAT)

IPv4 adresser	Nettverk
10.0.0.0 – 10.255.255.255	1 klasse A nettverk
172.16.0.0 – 172.31.255.255	16 klasse B nettverk
192.168.0.0 – 192.168.255.255	65536 klasse C nettverk

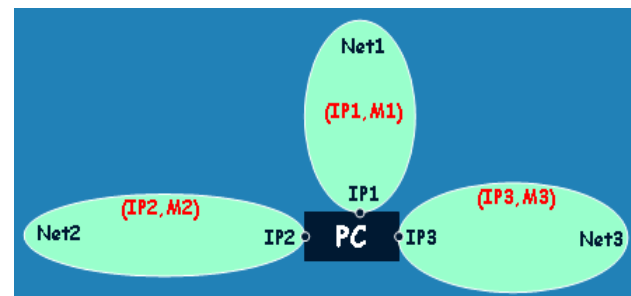
[RFC 1918](#)

Spesielle IP-adresser (3)

- I *dokumentasjon* skal man bruke adresser som ikke benyttes noe annet sted
 - 192.0.2.0/24
 - 198.51.100.0/24
 - 203.0.113.0/24
- Ved *selv-konfigurering* av IP-adresse kan det hende at DHCP-serveren er utilgjengelig.
 - bruker da en «automatisk», spesiell adresse:
 - **169.254.1.0 – 169.254.254.254 (/16)**
 - Disse er heller ikke route-bare
 - Oftest kan disse tolkes som at det er problemer med å få kontakt med DHCP-server, eller at du ikke har tilgang til LAN

Broadcast

- Ved kringkasting (generell spørring etter en tjeneste) kan man adressere **enten** det lokale adresserommet (subnett) **eller** hele IP-nettverket
- Begrenset kringkasting
 - **255.255.255.255**
- Nettverks-kringkasting
 - Bruker nett-delen av adressen
 - 192.0.2.235/24 vil bruke 192.0.2.255
 - 192.0.2.5/27 vil bruke 192.0.2.31
 - **110000000000000000000000000000001000011111**



Spesielle IP-adresser (5)

- *Multicast* er det samme som kringkasting begrenset til en gruppe noder i en liste (som ligger på router)
 - 224.0.0.0 – 239.255.255.255

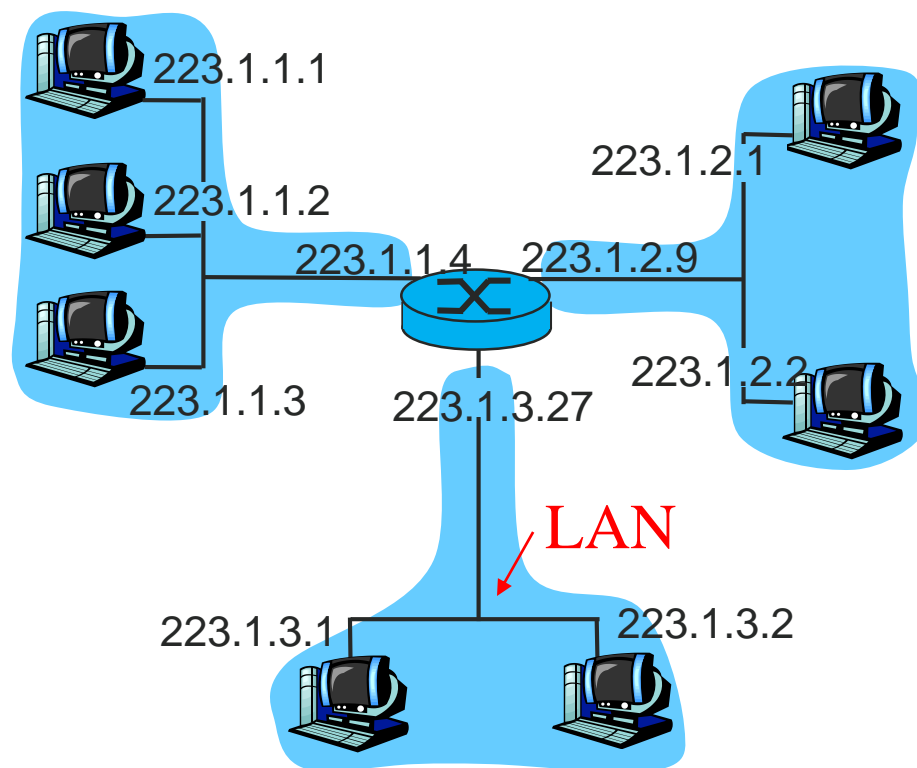
Spesielle IP-adresser

- Ved booting *kan* en maskin identifisere seg med en *midlertidig adresse*
 - 0.0.0.0 (default route)
- *Loopback* betyr å adressere seg selv
 - 127.0.0.1
 - På mange systemer brukes 127.0.0.0/8
- Laveste (nettverket) og høyeste (broadcast) adresse brukes altså ikke i vanlige adressering av vertsmaskiner (hosts) eller routere



Subnett

- **IP-adresser – to deler:**
 - subnettdel (mest signifikante bits, bits i venstre ende)
 - maskindel (minst signifikante bits, bits i høyre ende)
- **Hva er et subnett?**
 - grensesnitt med lik subnettdel av IP-adressen
 - kan nå hverandre fysisk uten å gå via ruter

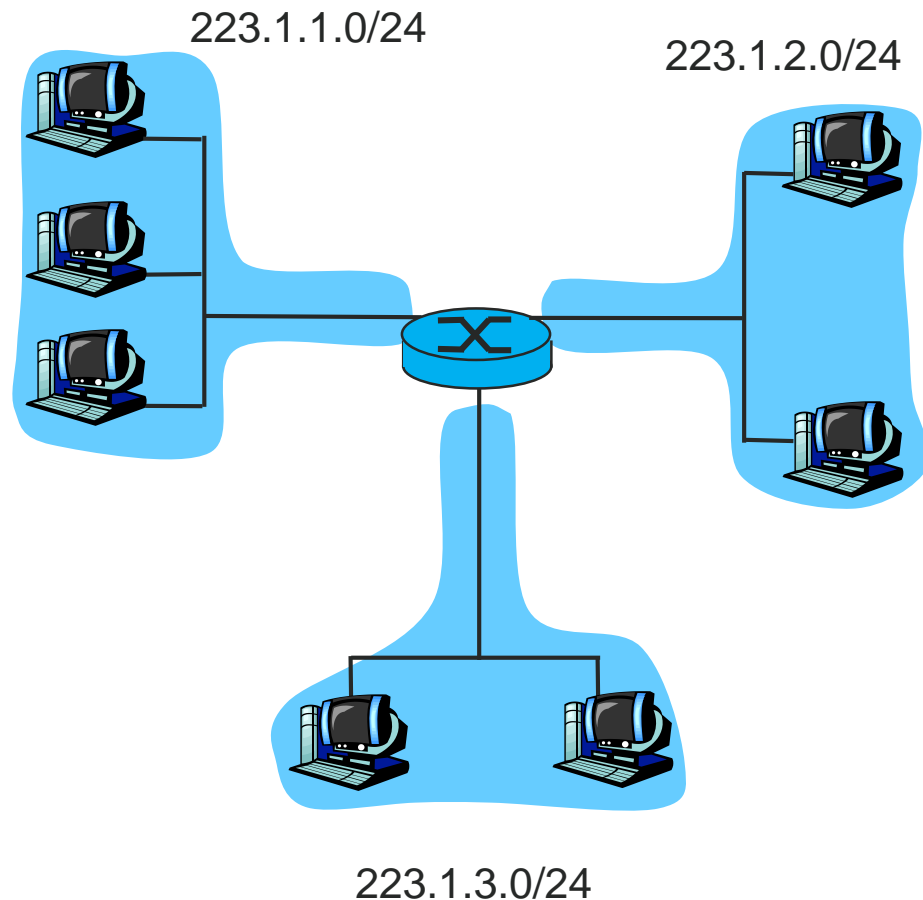


nettverk bestående av 3 IP-nett

Subnett

Oppskrift

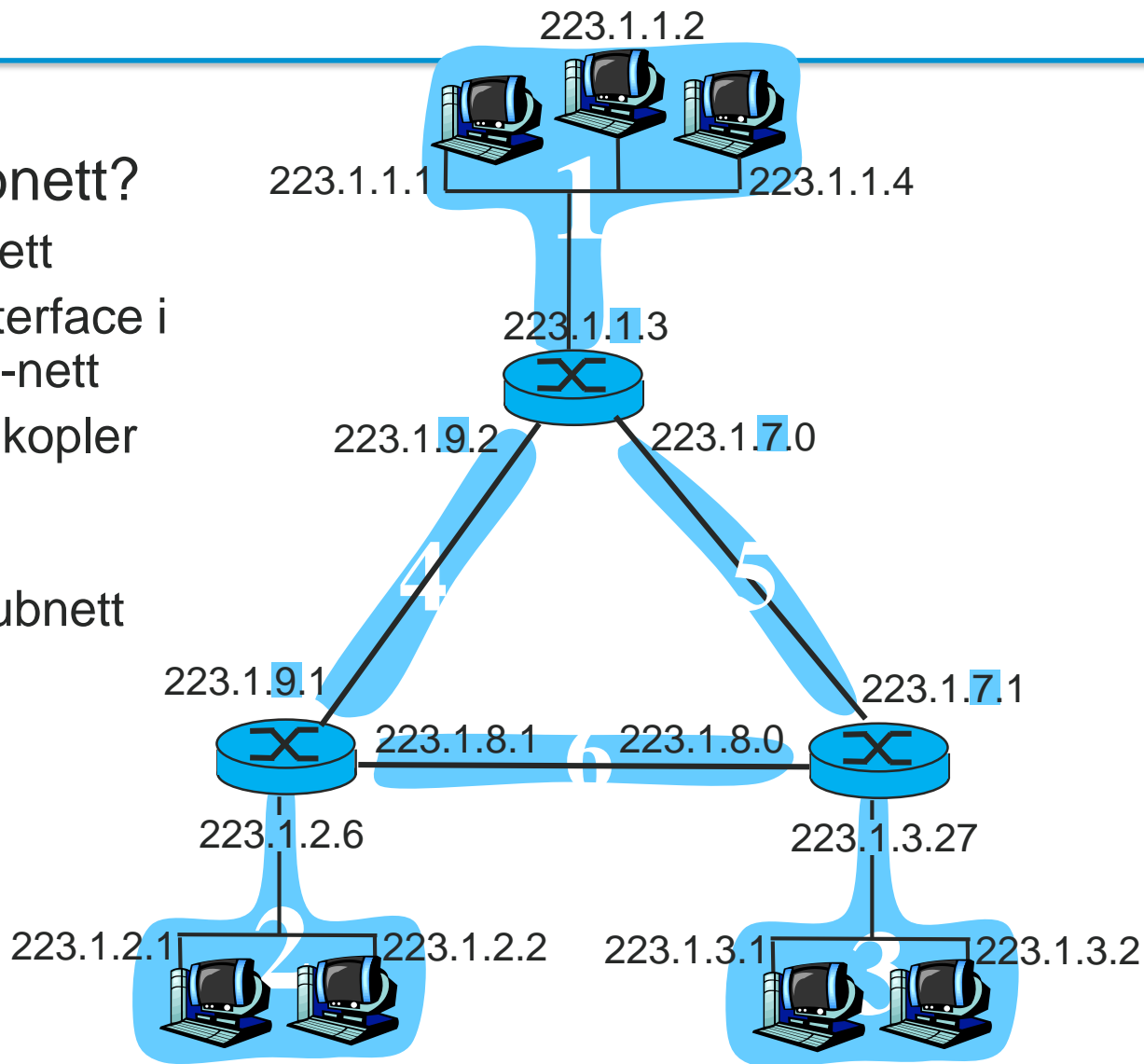
- For å finne subnettene, koble hvert interface fra sin maskin eller ruter slik at vi får øyer av isolerte nett. Hvert isolerte nett kalles da et **subnett**.
- Maskiner på ulike subnett må da ha en router i mellom for å få kontakt med hverandre



Subnett-maske: /24

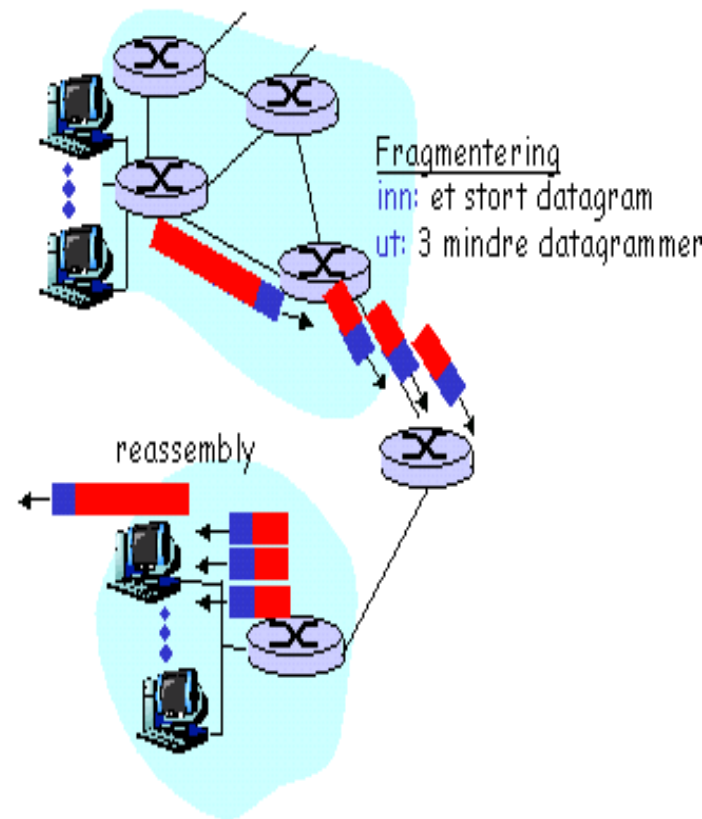
Subnett

- Hvor mange subnett?
 - 3 subnett/lokalnett
 - Routerne har interface i to forskjellige IP-nett
 - 3 “linknett” som kopler sammen de tre subnettene
 - 6 ulike Ip-nett/subnett



IP fragmentering

- Nettverk har begrensning på pakke-størrelsen, Maximum Transfer Unit (**MTU**)
 - Alle routere må minimum takle 576 byte MTU, så det har blitt defacto pakkestørrelse
 - De fleste routere har MTU 1500 bytes (inkl ethernet header, IP header, TCP header, osv)
- Store datagrammer deles opp i mindre, selvstendige men sammenhengende datagrammer
 - Fragmenterings-flagg
 - Offset
- Settes sammen hos mottaker
 - Feiler en, feiler alle
 - TCP resender hele datagrammet



IP fragmentering

	length	ID	fragflag	offset	
	=4000	=x	=0	=0	3980

Et stort datagram blir til
mange små datagrammer

	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=0	1480

	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=1480	1480

	length	ID	fragflag	offset	
	=1040	=x	=0	=2960	1020

INTERNET **C**ONTROL **M**ESSAGE **P**ROTOCOL

ICMP - Internet Control Message Protocol

- Brukes av host, router og gateway
 - Feil-rapportering
 - Ekko forespørsel/svar (ping)
- Nettverkslag "over" IP
 - ICMP multiplekseres med datagrammet
- ICMP-melding
 - Type, kode og første 8 byte i datagrammet med feilen
- ping og traceroute utnytter ofte ICMP

Type	Code	description
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

tracert / traceroute

- Applikasjon som setter **TTL** feltet i IP-headeren først til 1, så 2, så 3 osv.
- Utløser da ICMP tilbakemelding type 11 fra hver router langs veien
- Nyttig til å sjekke hvor på ruten forsinkelser/problem kan ha oppstått

```

~-->traceroute google.com
traceroute to google.com (173.194.32.51), 30 hops max, 60 byte packets
 1 stolav-gw4.uninett.no (158.36.84.169)  1.990 ms  1.947 ms  2.133 ms
 2 stolav-gw2.uninett.no (128.39.230.137)  2.118 ms  2.102 ms  2.187 ms
 3 dk-uni.nordu.net (109.105.102.25)  10.464 ms  10.453 ms  10.442 ms
 4 se-tug.nordu.net (109.105.97.9)  18.141 ms  18.129 ms  18.114 ms
 5 se-tug2.nordu.net (109.105.97.18)  18.100 ms  18.089 ms  18.074 ms
 6 google-gw.nordu.net (109.105.98.6)  18.059 ms  17.214 ms  17.207 ms
 7 216.239.43.122 (216.239.43.122)  17.770 ms  17.751 ms  17.747 ms
 8 216.239.43.255 (216.239.43.255)  18.858 ms  18.854 ms  18.850 ms
 9 arn06s02-in-f19.1e100.net (173.194.32.51)  17.992 ms  18.352 ms  18.335 ms

```

```

C:\>tracert google.com

Tracing route to google.com [173.194.32.51]
over a maximum of 30 hops:
  0  <1 ms    <1 ms    <1 ms    stolav-gw4.uninett.no [158.36.84.169]
  1  <1 ms    <1 ms    <1 ms    stolav-gw2.uninett.no [128.39.230.137]
  2  9 ms     9 ms     9 ms     dk-uni.nordu.net [109.105.102.25]
  3  16 ms    16 ms    16 ms    se-tug.nordu.net [109.105.97.9]
  4  16 ms    16 ms    17 ms    se-tug2.nordu.net [109.105.97.18]
  5  17 ms    16 ms    17 ms    google-gw.nordu.net [109.105.98.6]
  6  17 ms    17 ms    17 ms    216.239.43.122
  7  17 ms    17 ms    17 ms    216.239.43.122
  8  18 ms    17 ms    17 ms    216.239.43.255
  9  17 ms    17 ms    17 ms    arn06s02-in-f19.1e100.net [173.194.32.51]

Trace complete.

```

ping

- Sender en ICMP-ekkopakke til adressen man spesifiserer
- Nyttig til å sjekke om IP-adressen finnes og er mulig å nå.

```
~->ping vg.no
PING vg.no (195.88.55.16) 56(84) bytes of data.
64 bytes from www.vg.no (195.88.55.16): icmp_req=1 ttl=251 time=0.801 ms
64 bytes from www.vg.no (195.88.55.16): icmp_req=2 ttl=251 time=0.817 ms
64 bytes from www.vg.no (195.88.55.16): icmp_req=3 ttl=251 time=0.824 ms
^C
--- vg.no ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.801/0.814/0.824/0.009 ms
```

```
C:\>ping vg.no
```

```
Pinging vg.no [2001:67c:21e0::16] with 32 bytes of data:
Reply from 2001:67c:21e0::16: time<1ms
Reply from 2001:67c:21e0::16: time<1ms
Reply from 2001:67c:21e0::16: time<1ms
Reply from 2001:67c:21e0::16: time<1ms
```

```
Ping statistics for 2001:67c:21e0::16:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

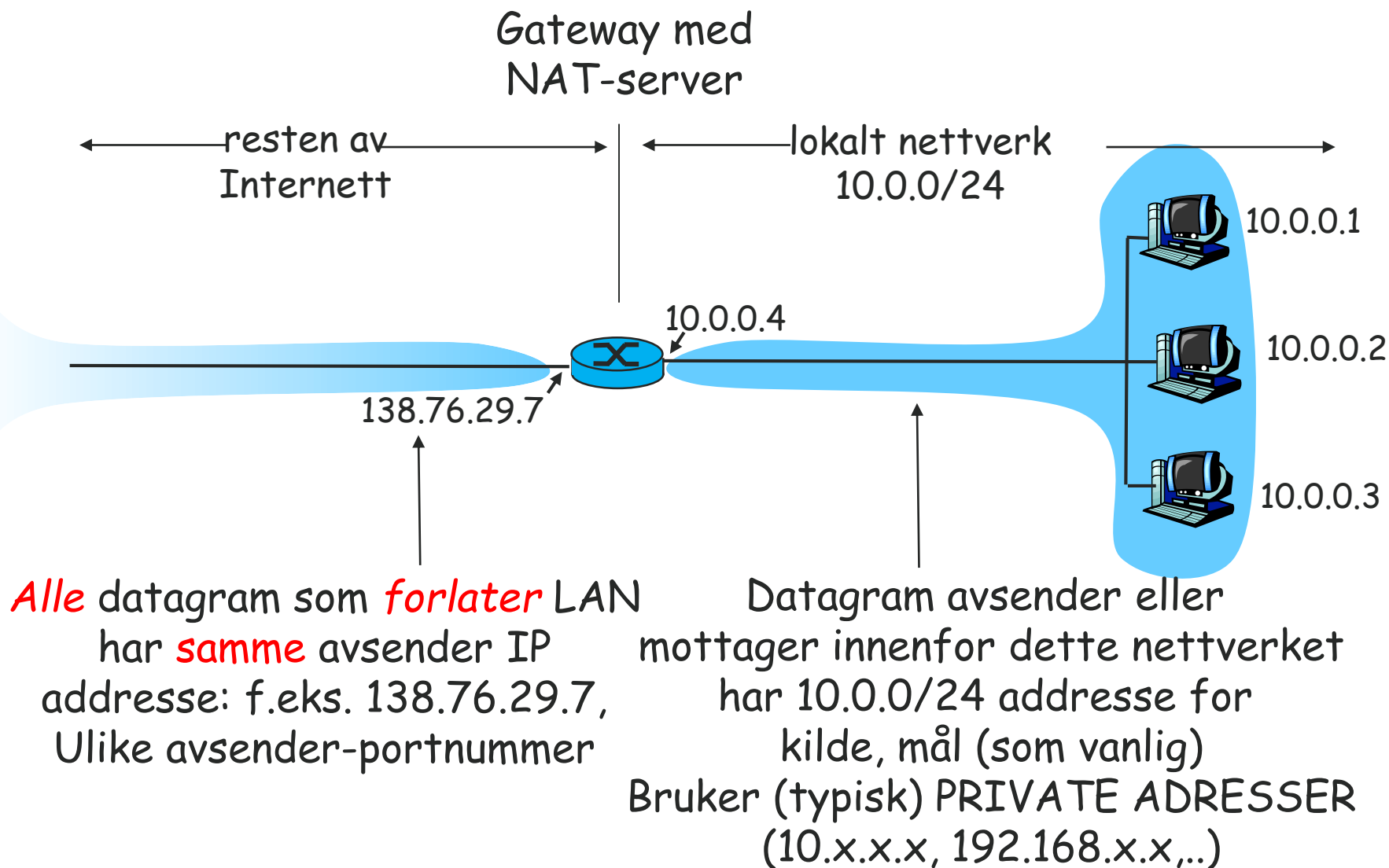
NETWORK **A**DDRESS

TRANSLATION

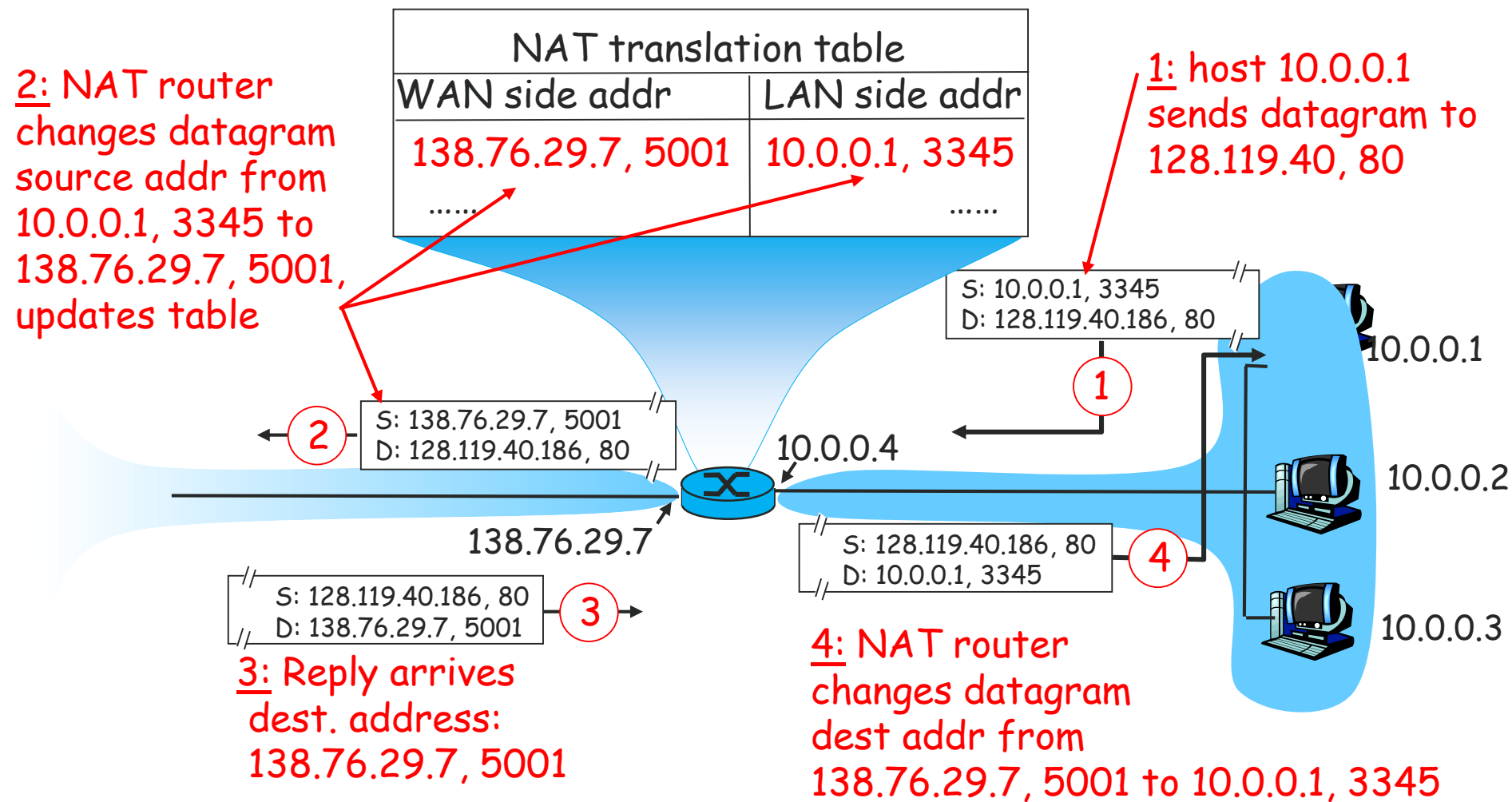
NAT: Network Address Translation

- **Hvorfor?:** LANet har kun en/noen få IP-adresse fra Internetts perspektiv:
- ISP slipper å tildele et adresseområde:
 - kun en/noen få IP-adresse(r) for en hel organisasjons nett
- Kan endre adresser innenfor LAN uten å måtte informere omverdenen om det
- Kan skifte ISP uten å måtte endre adresser i LANet
- Utstyr i LANet er direkte adresserbare eller synlige for utenforstående (bedre sikkerhet)

NAT: Network Address Translation



NAT: Network Address Translation



NAT: Network Address Translation

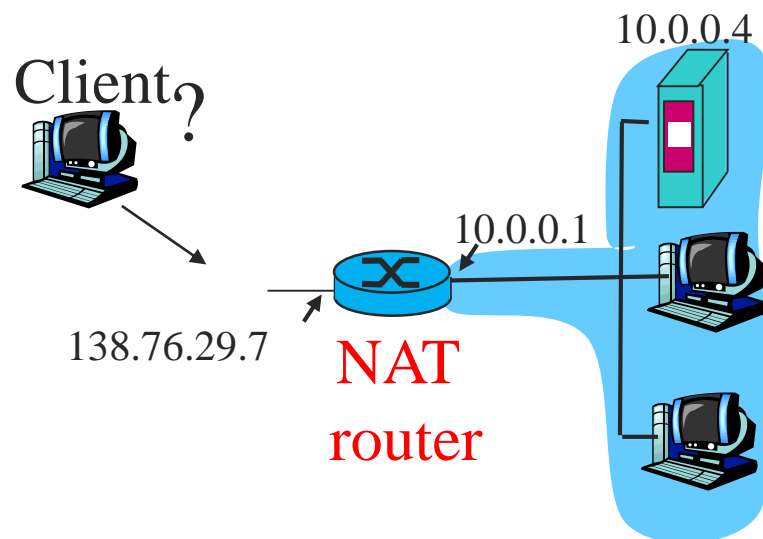
Implementasjon:

NAT-router:

- *utgående datagrammer: erstatte* avsender IP-adresse og portnummer med NAT IP-adresse og nytt portnummer
 - . . . maskiner som svarer vil da bruke NAT IP-adresse og det nye portnummer som mottager-adresse.
- *huske (i NAT translasjonstabell)* hvert (avsender IP-adresse, portnummer) til (NAT IP-adresse, nytt portnummer) oversettelsepar
- *innkommende datagrammer: erstatte* NAT IP-adresse og det nye portnummeret i mottagerfelter med de korresponderende avsender IP-adresse og portnummer lagret i NAT-tabell

NAT traversering problemet

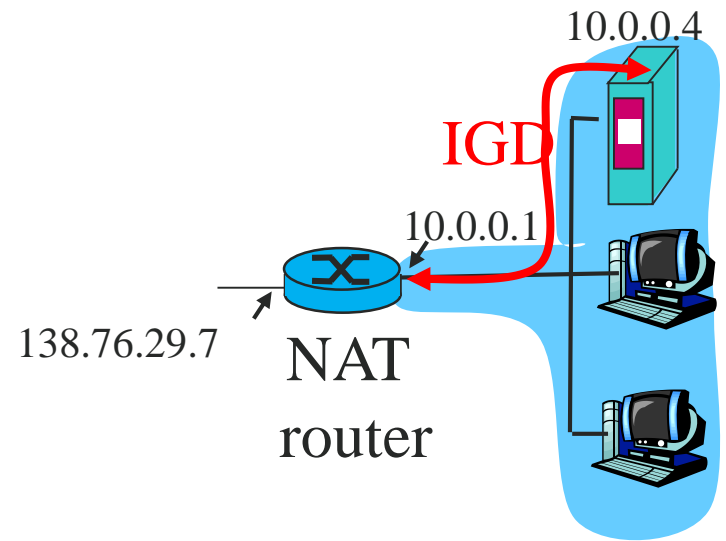
- Ekstern klient vil til server med adresse 10.0.0.4
 - server adressen 10.0.0.4 er lokal på LANet (klienten kan ikke bruke den som mottager-adresse)
 - Bare en eksternt synlig NATet adresse: 138.76.29.7
- Løsning 1: statisk konfigurere NAT til å videresende innkommende forbindelsespørsmål til en bestemt port på serveren
 - F.eks., (138.76.29.7, port 2500) alltid til 10.0.0.4 port 25000



NAT traversal problem

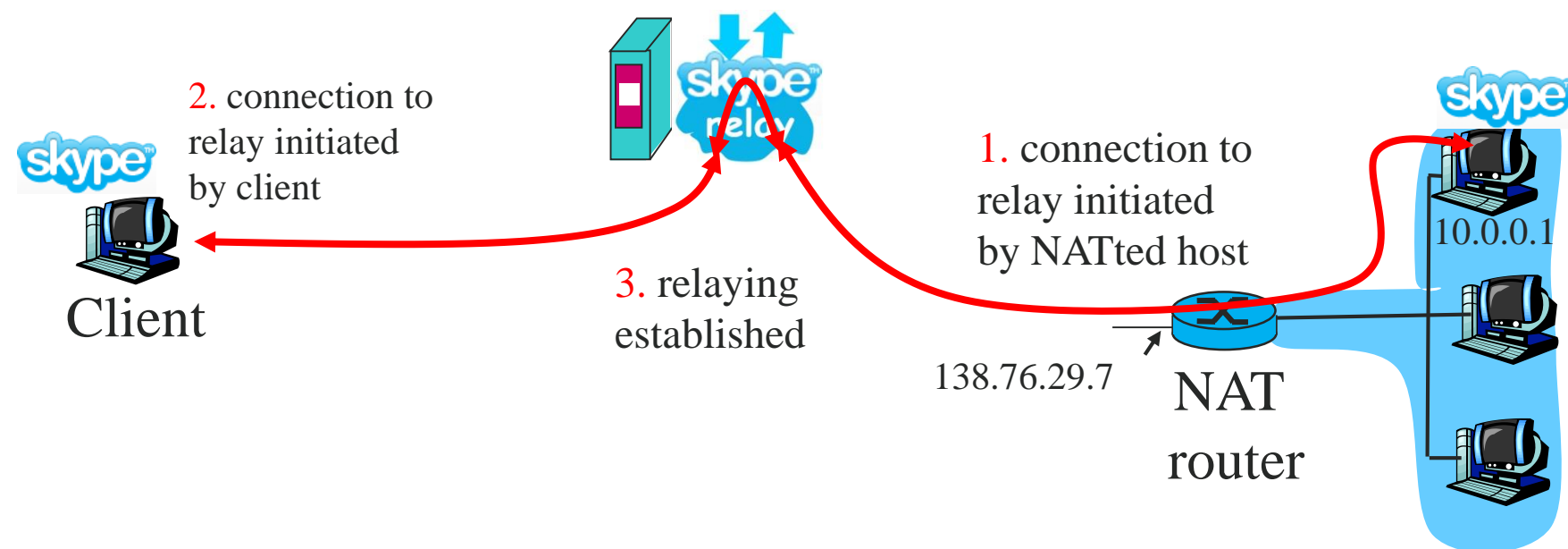
- Løsning 2: Universal Plug and Play (UPnP) Internet Gateway Device (IGD) protokoll. Tillater NATet maskin å:
 - lære offentlig IP adresse (138.76.29.7)
 - Legge til/fjerne portkartlegginger (med lease tider) på router

mao, automatiser statisk NAT “port map configuration”

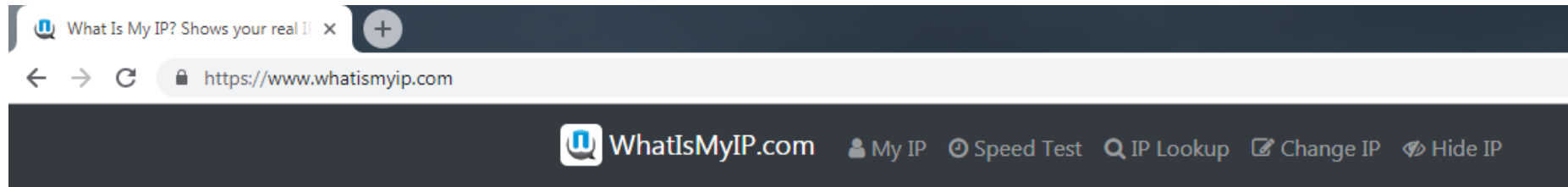


NAT traversal problem

- Løsning 3: relaying (f.eks. Skype)
 - NATet klient etablert forbindelse til relay
 - Extern klient oppretter forbindelse til relay
 - relay videresender pakker mellom to forbindelser



Finne din eksterne IP



Your Public IPv4 is: 89.9.184.84

Your IPv6 is: Not Detected

Your Local IP is: 192.168.43.76

Location: Oslo, 03 NO

ISP: Telia Norge AS

[Hide your IP information with a VPN](#)

INTERNET **IP** ROTOCOL **V6**

IPv4 → IPv6

- Den kolossale veksten av Internett krever stadig flere adresser
- 3. Feb. 2011 ble de siste IPv4 adresseblokkene tildelt Verdensdel-registratene!
- IPv6 **øker** adressefeltet **fra 32** til **128** bit
- **Forenkler** header-format
 - Fjerner mulighet for fragmentering
 - Fjerner sjekksummen
- Forenkler adressering og data-flyt
- Fast lengde på header = 40 byte

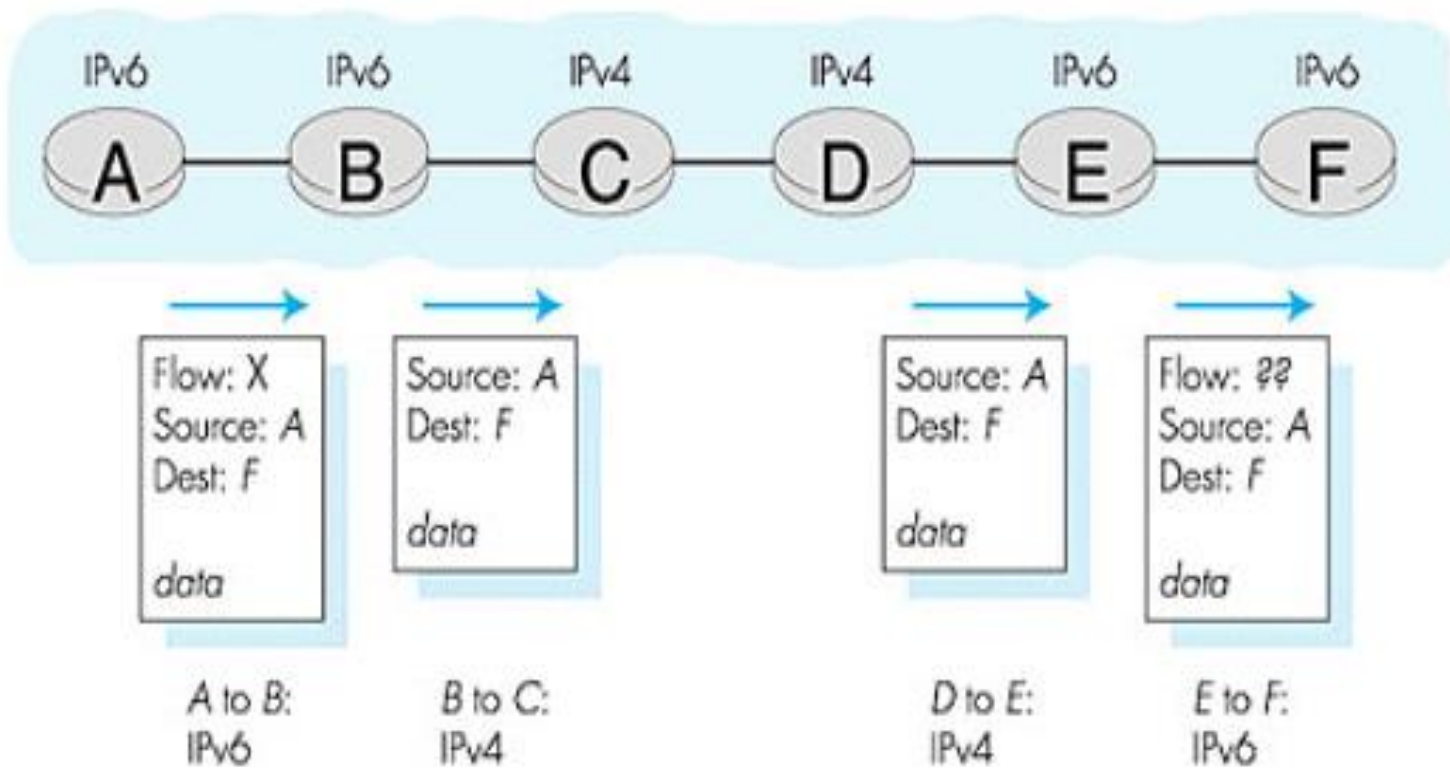
IPv6 header

- Version: 0110
- Traffic Class
 - Prioritering innad i en datastrøm
- Flow Label
 - QoS
 - Sikre differensiering i tjenestekvalitet
 - Noe uklart definert – variabel routerstøtte
- Payload length
 - Antall byte med nyttelast
- Next Header
 - Protokoll på nivået over i stacken (UDP, TCP, ...?)
 - Kan/vil også være Header-utvidelser slik som **IPSec**
- Hop Limit
 - Tilsvarende TTL slik det ble praktisert IPv4
- DATA

ver	pri	flow label	
payload len		next hdr	hop limit
source address (128 bits)			
destination address (128 bits)			
data			

Overgang fra IPv4 til IPv6

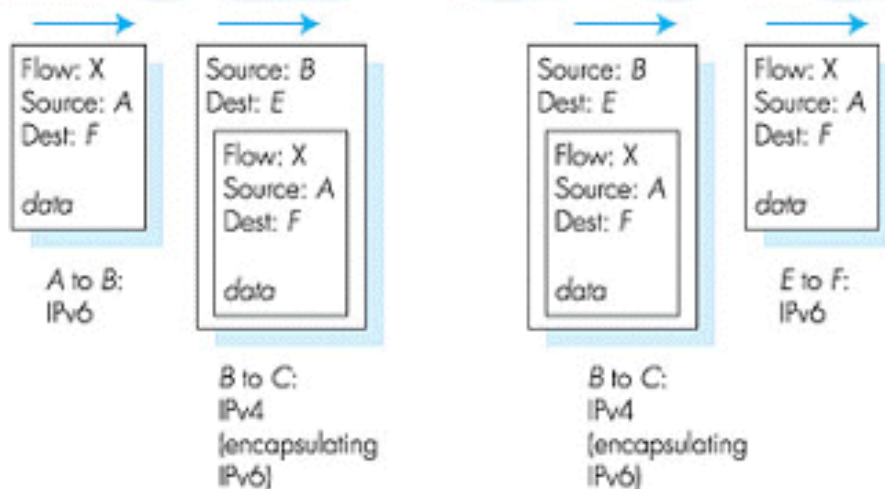
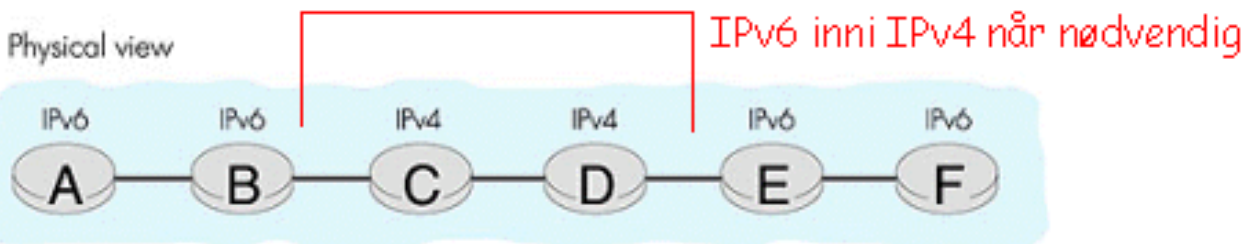
- Umulig å oppgradere alle routere samtidig
- Overgangsperiode hvor begge typer routere må kunne operere sammen
- To (tre) løsninger er i bruk
 - Dual stack
 - Routeren forstår begge protokoller og oversetter mellom disse
 - NAT64/DNS64, (SLAAC)
 - Tunneling
 - En IPv4 router behandler IPv6 datagram som data og slipper datagrammet urørt igjennom (innpakket i IPv4)
 - 6in4, 6rd, Teredo, ISATAP



Logical view



Physical view



- 128 bit (16 Byte) blir skrevet hexadesimalt i 8 grupper på 2 byte
- IPCONFIG /all gir f.eks.:

Ethernet-kort eth0:

```
Tilkoblingsspesifikt DNS-suffiks : oslo.nith.no
Beskrivelse . . . . . : Intel(R) PRO/1000 PL Network Connecti
on
Fysisk adresse . . . . . : 00-0E-7B-98-F8-A1
DHCP aktivert. . . . . : Ja
Automatisk konfigurasjon aktivert: Ja
IP-adresse . . . . . : 10.21.11.173
Nettverksmaske . . . . . : 255.255.255.0
IP-adresse . . . . . : fe80::20e:7bff:fe98:f8a1%5
Standard gateway . . . . . : 10.21.11.1
DHCP-server. . . . . : 10.21.11.20
DNS-servere. . . . . : 10.21.4.131
                        10.21.21.101
```

- %5 er Win-adapternr. (ikke egentlig del av standarden)
- fe80:: = fe80:0000:0000:0000 = nettprefix
- :: er minimum fire nuller, her 12 ut fra resten av adressen
- 020e:7bff:fe98:f8a1 er basert på MAC-adressen

IPv6 Notasjon

- Bruker CIDR for å angi nettverksprefix
- Noen spesielle adresser
 - **::/128** tilsvare 0.0.0.0 og brukes ikke annet enn internt på node
 - **::1** tilsvare 127.0.0.1 (localhost)
- **2000::/3** er Global Unicast (~»Vanlig Internett»)
 - 2001::/32 tildeles ISPer som typisk deler ut /48 og /64 nett til kunder
 - 2002::/16 vil bli "gamle internett" (IANA)
 - 6to4 -- Allokert til RIPE o.l.
 - **2001:db8::/32** benyttes i dokumentasjon
 - Merk: innledende null skrives ikke
 - **fe80::/64** er en local link adresse. Tilsvare på mange måter 169.254.X.X adresser (tas dersom IPv6-kapabel router ikke er tilgjengelig)
 - **::ffff:/96** benyttes på IPv4-overgangsadresser, som får formatet: **::ffff:192.0.2.114**

TYPER ADRESSER

- Broadcast videreføres ikke fra v4
 - Bruker **multicast** i stedet.
- Tre typer adresser
 - **Unicast**
 - Enkeltadresse
 - **Anycast**
 - Første som tar mot
 - Bestemmes av router
 - **Multicast**
 - Til en forhåndsdefinert gruppe (site)
 - Format: FF00::/8 (F.eks. FF02::1 alle noder på samme link)
 - Bruker MLD (Multicast Listener Discovery) og ND (Neighbour Discovery) protokollene.

IPv6

- ARP skal bort
- DHCP trengs ikke lenger
 - men **DHCPv6** kan brukes til å dele ut DNS-server og i administrerte nettverk (LAN/WAN)
 - Erstattes av IPv6 meldingsutveksling for å finne gateway som tildeler scope:globale adresse basert på MAC-adresse
- Ny ICMPv6
 - Kan «erstatte» DHCP-oppsett av router o.l.
 - Mange nye typer meldinger.
- Nye versjoner av RIP, OSPF og andre routing-protokoller.

- StateLess Address AutoConfiguration
 - Skal automatisk sette opp IPv6 nettet for deg.
- Typisk for bruk i lokal- og hjemme-nettverk med IPv6-kapabel **router og ISP som tilbyr IPv6**
- Bruker ICMPv6 til å finne router
 - får tildelt IPv6 adresse og andre parametere av routeren

Ipconfig /all (ifconfig -l) «forteller»

Wireless LAN adapter WLANUSB:

```

Connection-specific DNS Suffix  . : ad.nith.no
Description . . . . . : D-Link DWA-140 Wireless N USB Adapter(rev.B3)
Physical Address. . . . . : B8-A3-86-90-50-E8
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::50e5:40ff:6794:1d5a%16(Preferred)
IPv4 Address. . . . . : 10.21.26.56(Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.252.0
Lease Obtained. . . . . : 19. november 2013 14:29:14
Lease Expires . . . . . : 19. november 2013 22:29:14
Default Gateway . . . . . : 10.21.24.1
DHCP Server . . . . . : 1.1.1.1
DHCPv6 IAID . . . . . : 548971398
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-14-6A-F2-0B-D8-D3-85-77-A0-3F
DNS Servers . . . . . : 158.36.131.10
Primary WINS Server . . . . . : 158.36.131.10
NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

```

Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

```

Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix  . :
Description . . . . . : Teredo Tunneling Pseudo-Interface
Physical Address. . . . . : 00-00-00-00-00-00-E0
DHCP Enabled. . . . . : No
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes

```

IPv6 i virkeligheten

- I Windows, OSX og Linux (kernel 2.6.x) er IPv6 en del av "standardpakken"
- I Vista, Win7&8 er IPv6 aktivert pr default, OSX (Free BSD) også aktivert som "default" siden 10.4 (?)
- I realiteten må man basere seg på tunneling gjennom IPv4 og en god del håndarbeid.
 - Det kommer (kanskje) ikke til å vare (veldig..) lenge...
 - uPnP er gira mot IPv6 f.eks.

IPv6 problemer pr d.d.

- Tunneling ved **6in4** viser seg å stoppes av mange brannmurer fordi den legger en ny versjonskode (41) inn i IPv4-headeren
- Bare et fåtall **nettverksadministratorer** kan særlig mye om IPv6.
- Mange **ISP**er har ikke gjort noen forberedelser i det hele tatt...
- Kun få år siden **DNS** AAAA-records ble tilgjengelige i root-servere
- Mange **applikasjoner** klarer ikke å håndtere annet enn IPv4 sockets
- +++

OPPSUMMERING

Skal nå kunne?

- Forklare hvordan **prefix-routing** foregår
- Forklare hva en **IPv4 adresse** og **nettmaske** er
- Finne ut hvilket **IP-nett** en gitt IP-adresse tilhører, og beregne **broadcast**-adressen
- Vite viktigste **forskjeller** på **IPv4** og **v6**
- Kjenne igjen **localhost**, **private** og **selvkonfigurerte** adresser (IPv4)
- Forklare rollen til **Standard Gateway**

Skal nå kunne?

- Beskrive virkemåten til **DHCP**
- Beskrive virkemåten til **NAT** (NAT/PAT)
- Forklare rollen til **routerne** og routing-**tabeller**
- Kjenne til at routing i **stamnettet** er **hierarkisk** og foregår med **BGP** routing-protokollen
 - Forklare hva et **AS** og AS-nummer er.
- bruke **ipconfig** (ifconfig), **ping**, **tracert** (tracert) og **netstat -r** (**route print**)