IPv6-foredrag

Pent brukt 19-åring

Trond Endrestøl

Fagskolen Innlandet, IT-avdelingen

4. mai 2015

FAGSKOLEN INNLANDET

Foredragets filer I

- Filene til foredraget er tilgjengelig gjennom:
  - Subversion: `svn co svn://svn.ximalas.info/ipv6-foredrag`
  - Web: `svnweb.ximalas.info/ipv6-foredrag`
  - Begge metodene er tilgjengelig med både IPv4 og IPv6
- `ipv6-foredrag.foredrag.pdf` vises på lerretet
- `ipv6-foredrag.handout.pdf` er mye bedre for publikum å se på egenhånd
- `ipv6-foredrag.handout.2on1.pdf` og `ipv6-foredrag.handout.4on1.pdf` er begge velegnet til utskrift
- `*.169.pdf`-filene er i 16:9-format
- `*.1610.pdf`-filene er i 16:10-format

FAGSKOLEN INNLANDET

Foredragets filer II

- Foredraget er mekka ved hjelp av GNU Emacs, AUCTEX, pdfTEX fra MiKTEX, LATEX-dokumentklassa beamer, Dia, GIMP, Inkscape, Wireshark, Subversion, TortoiseSVN og Adobe Reader
- Hovedfila bærer denne identifikasjonen:
  `$Ximalas: trunk/ipv6-foredrag.tex 145 2015-05-04 13:29:56Z trond $`
- Driverfila for denne PDF-fila bærer denne identifikasjonen:
  `$Ximalas: trunk/ipv6-foredrag.handout.tex 78 2013-12-04 09:53:24Z trond $`
-
-

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 1: Kort om IPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 2: IPv6-header

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 3: IPv6 over Ethernet

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 4: Grunnleggende om adresser

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 5: Adressetyper

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 6: DNS

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 7: ICMPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 8: Neighbor Discovery

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 9: DHCPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt av hele foredraget

Del 10: Avansert multicast

FAGSKOLEN INNLANDET

61 Cisco IOS
- IPv6-unicast-routing
- IPv6-multicast-routing
- ACL-er
- DHCPv6
- Sperre for fremmed routerannonsering
- Sperre for falske DHCPv6-servere
- Kombinert ACL for kantporter

62 OS-konfig

FAGSKOLEN INNLANDET

Del I

Kort om IPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 1: Kort om IPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

Hva er IPv6?

- En lag-3-protokoll ment å erstatte IPv4
- Har eksistert siden desember 1995, først spesifisert i RFC 1883
- Enkel grunnheader med fast lengde
- Flere utvidelsesheadere, riktig rekkefølge er viktig
- 128-bit adresser
- Ny versjon av ICMP: ICMPv6
- ARP og RARP for IPv6 er en del av ICMPv6
  - Ikke nødvendig med ekstra lim for adressene i lagene 2 og 3
- Ny versjon av DHCP: DHCPv6
- Automatisk adressekonfigurasjon *uten* bruk av DHCPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

- Totalt antall IPv6-adresser:
- $2^{128} = 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456$
- Bare 1/8 kan brukes til offentlige unicast-adresser:
- $2^{125} = 42.535.295.865.117.307.932.921.825.928.971.026.432$
- Fortsatt er det mange flere IPv6-unicast-adresser enn det er IPv4-adresser:
- $2^{32} = 4.294.967.296$
- Mindre enn 3.702.258.688 IPv4-adresser kan bli brukt som offentlige IPv4-unicast-adresser
- Se Tronds utregning fra juli 2012: http://ximalas.info/2012/07/20/how-many-ipv4-addresses-are-there/

FAGSKOLEN INNLANDET

- Mobilmarkedet viser en enorm vekst: smarttelefoner, nettbrett m.m.
- Verden går tom for offentlige IPv4-adresser
- «IPokalypsen» er her!
- IANA gikk tom 3. februar 2011
  - APNIC gikk tom 19. april 2011
  - RIPE gikk tom 14. september 2012
  - LACNIC gikk tom 10. juni 2014
- Dersom disse RIR-ene oppfører seg pent:
  - ARIN kan holde på til 20. mai 2015
  - AFRINIC kan holde på til 13. januar 2019(!)

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

Hvorfor brukes ikke IPv6?

- Markedskreftene bestemmer
- «Vente-og-se»-holdning
- Stikker hodet ned i sanda
- Store selskaper:
  - Kjøper opp små selskaper og hamstrer IPv4-blokker
  - Kjøper IPv4-blokker på ettermarkedet/konkursbo:
    - Microsoft → $7,5 mill. → Nortel → 666.624 IPv4-adresser → Microsoft
    - Altibox → $1,3 mill. → ? → 130.000 IPv4-adresser → Altibox
  - Prisen for brukte IPv4-adresser har gått ned fra $11,25/adresse til $10/adresse

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

Hvorfor brukes ikke IPv6?

- Telebransjen satser fortsatt hardt på IPv4:
  - (Edge) NAT i CPE (RFC 1631)
  - Carrier-Grade NAT i stamnett (RFC 6264)
  - Shared Address Space etter behov i stamnett (`100.64.0.0/10`) (RFC 6598)
- Glem det!
- Ende-til-ende-konnektivitet oppnås best uten noen former for adresseoversettelse
- Før eller siden blir CGN for kostbart og komplisert å vedlikeholde
  - CGN gjør det mer komplisert å spore abonnenter
- 3G og 4G/LTE klarer kanskje å øke IPv6-presset (RFC 6459)
- IPv6 er det eneste tilgjengelige og realistiske alternativet til IPv4

FAGSKOLEN INNLANDET

- Hierarkisk adressestruktur
- Enklere planlegging av subnett sammenlignet med IPv4
  - De fleste IPv6-subnett bruker et 64-bit prefiks
  - Autokonfigurasjon *krever* et 64-bit prefiks
  - Fast prefikslengde på 64 bit er *ikke* et absolutt krav
  - DHCPv6 eller manuell konfigurasjon brukes når prefikslengda er ulik 64 bit

FAGSKOLEN INNLANDET

- Kortere rutingtabeller
  - Uninett annonserer disse IPv4-subnettene med BGP:
  - 78.91.0.0/16, 128.39.0.0/16, 129.177.0.0/16, 129.240.0.0/15, 129.242.0.0/16, 144.164.0.0/16, 151.157.0.0/16, 152.94.0.0/16, 156.116.0.0/16, 157.249.0.0/16, 158.36.0.0/14, 161.4.0.0/16, 193.156.0.0/15, 192.111.33.0/24, 192.133.32.0/24, 192.146.238.0/23
  - Uninett trenger bare å annonsere dette IPv6-prefikset:
  - 2001:700::/32

FAGSKOLEN INNLANDET

- Sjekksum er overlatt til høyere og lavere lag
- Fragmentering skal gjøres hos avsender, og ikke underveis
  - Avsender må sjekke veien lengre fremme og måle smaleste krøttersti
  - Path Maximum Transmission Unit Discovery (Path MTU, PMTUD)
- IPsec ble spesifisert som en del av IPv6
  - Finnes også for IPv4
  - Må konfigureres før den begynner å virke
  - Tilbyr:
    - Kryptert overføring (ESP), og/eller
    - Bekreftelse av avsenders identitet og beskyttelse mot gjentakelse («replay») (AH)
  - Ble omgjort fra krav til anbefaling for IPv6 av RFC 6434

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

IPv6 ved Fagskolen Innlandet

- 1994: Tildelt `128.39.174.0/24` av Uninett
- 1. juni 2005: Ny IT-ansvarlig, yours truly
- Høsten 2005: Fikk reservert IPv4-serien `128.39.172.0/23`
- Påska 2006: Fikk reservert IPv6-serien `2001:700:1100::/48`
- Før og etter pinsehelga 2006: Fiberlinjer fra serverrommet og til sentrale punkter i hver etasje i hovedbygningen
- Sommeren 2006: Nytt Cisco-gear som Catalyst 3560G og 2960 (Cisco IOS 12.2(25)SEB4)
  - `128.39.46.8/30` ble linknettet mellom HiG/Uninett og FSI
    - `128.39.46.9` ble brukt ved HiG
    - `128.39.46.10` ble brukt ved FSI
  - `128.39.174.0/24` ble delt opp i flere subnett og satt opp som servernett og ansattnett, m.m.
  - `128.39.172.0/24` ble delt opp i flere subnett og satt opp som nett for datalab
  - `128.39.173.0/24` ble satt opp for inntil 252 IPv4-klienter på trådløst studentnett

- 6. september 2006: IPv6-linknettet `2001:700:0:11D::/64` ble aktivert mellom HiG/Uninett og FSI
  - `2001:700:0:11D::1` ble brukt ved HiG
  - `2001:700:0:11D::2` ble brukt ved FSI
- Samme dag ble IPv6 innført for FSI-VLAN-ene 20, 30, 70 og 80:
  - FSI-VLAN 20: `2001:700:1100:1::/64` (ytre servernett)
  - FSI-VLAN 30: `2001:700:1100:2::/64` (indre servernett)
  - FSI-VLAN 70: `2001:700:1100:3::/64` (IT-kontornett)
  - FSI-VLAN 80: `2001:700:1100:4::/64` (IT-lekenett)
- Andre FSI-VLAN fikk IPv6 i ukene og månedene etterpå
- Sommeren 2007: Genererte og frivillig registrerte ULA-serien `FD5C:14CF:C300::/48`
  - Brukes i FSI-VLAN for internt bruk
    - Fikk første HP-skriver med IPv6-støtte og ville bruke IPv6
    - Noen år senere: IPv6-adresser på kantswitchene med Cisco IOS 12.2(40)SE

FAGSKOLEN INNLANDET

- Høsten 2010: Enda en IPv4-serie ble innført: `128.39.194.0/24`
  - `128.39.194.0/24` brukes til datalab med samme subnetting (inndeling) som den gamle `128.39.172.0/24`-serien hadde i 2006
  - `128.39.172.0/23` brukes nå for inntil 508 IPv4-klienter på trådløst studentnett
- Våren 2014: Tok i bruk nye linknett fordi `fig-gsw.fig.ol.no` ble tilkoblet `gjovik-gw1.uninett.no`
  - IPv4-linknett: `128.39.70.168/30`
    - `128.39.70.169` brukes ved HiG
    - `128.39.70.170` brukes ved FSI
  - IPv6-linknett: `2001:700:0:8074::/64`
    - `2001:700:0:8074::1` brukes ved HiG
    - `2001:700:0:8074::2` brukes ved FSI
- Vinteren 2015: La om datalabseriene, siden antallet av datalab er skikkelig knøttete

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

IPv6 ved Fagskolen Innlandet

- I dag er de fleste brukere ved FSI kasta over i nettet til Oppland fylkeskommune (OFK)
- Dette skjedde etter ombygginga av skolen i 2011–2012
- Andreklasse data er velsigna med å kunne velge mellom FSI- og OFK-nettene
- Andreklasse data velger som regel det førstnevnte, vanligvis FSI-VLAN 40 som tilbyr `128.39.194.0/26` og `2001:700:1100:8001::/64`
- Førsteklasse data ønsker det samme tilbudet; så vi får se . . .

FAGSKOLEN INNLANDET

- Alle FSI-VLAN har både IPv4- og IPv6-adresser (dual-stack)
- FSI-VLAN med offentlige IPv4-adresser, bruker offentlige IPv6-adresser fra `2001:700:1100::/48`-serien
- FSI-VLAN med private IPv4-adresser (RFC 1918), bruker private IPv6-adresser fra `FD5C:14CF:C300::/48`-serien
- Private adresser brukes for alt utstyr som ikke har behov for internettforbindelse:
  - Switcher
    - Med unntak av kjerneswitchen som er L3-router for nettverket ved FSI
  - Gammel WLAN-kontroller (AIR-WLC4402-25-K9) og gamle basestasjoner (AIR-LAP1231G-E-K9)
    - Den nyeste WLAN-kontrolleren (AIR-CT5508-K9) og de nyere basestasjonene (AIR-LAP1242AG-E-K9) er dytta inn i OFK-nettet
  - UPS-er
  - Skrivere
  - VPN-klienter

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

IPv6 andre steder i Norge

- Mesteparten av Uninett og deres kunder bruker IPv6
- Oppland FK har ingen planer om å innføre IPv6
- Hordaland FK har satt en IPv6-adresse på webserveren deres, 2a02:20a0:0:3::81:130
- Vest-Agder FK har også satt en IPv6-adresse på webserveren deres, 2001:67c:28ac:1::2
- Nasjonal kommunikasjonsmyndighet har satt en IPv6-adresse på webserveren deres, 2a02:228:105:d000::10
- VG tok IPv6 i bruk i 2010, 2001:67c:21e0::16
- Amedia AS' (tidl. A-pressen) mange (nett)aviser ble tilgjengelig med IPv6 samtidig med VG

FAGSKOLEN INNLANDET

- World IPv6 Day, 8. juni 2011
  - Målet var å teste IPv6 i 24 timer
  - Mer enn 400 deltakere
  - AOL, Akamai Technologies, BBC, Cisco, Comcast, Facebook, Google, Huawei, Juniper Networks, Limelight Networks, Mapquest, Mastercard, Microsoft, T-Online, Telmex US Department of Commerce, Vonage, Yahoo, Yandex, YouTube og ...
- World IPv6 Launch, 6. juni 2012
  - Denne dagen ble IPv6 slått på for alltid

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

IPv6 i utlandet

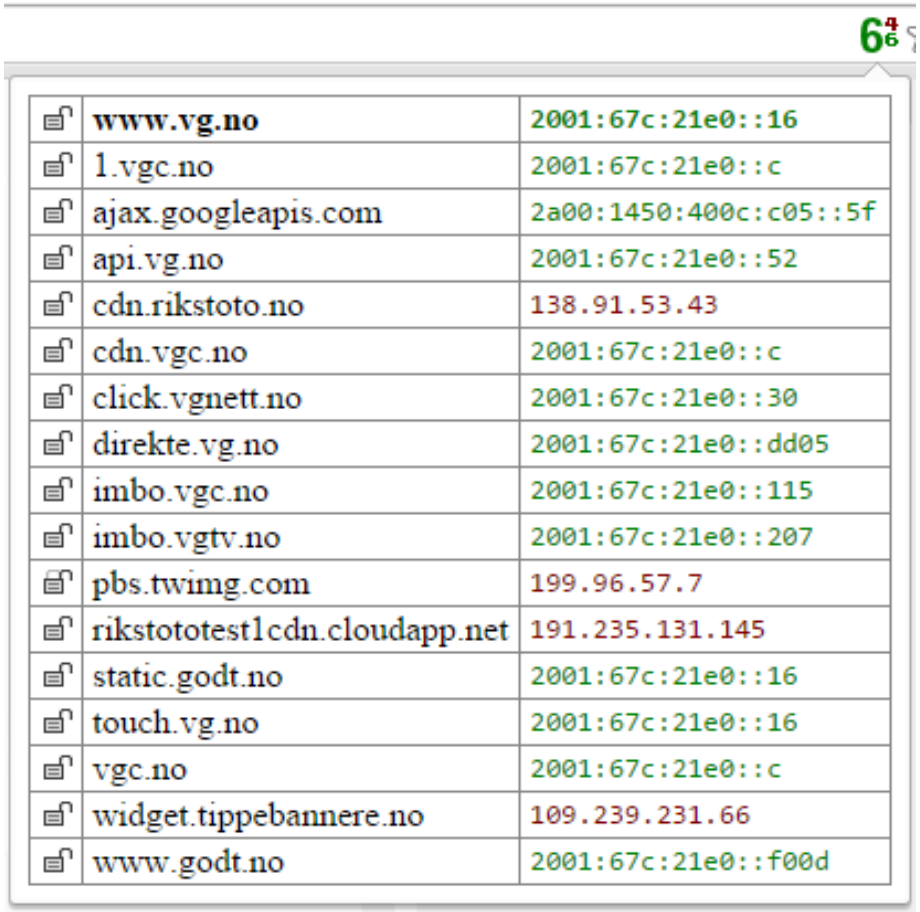
- Facebook er tilgjengelig med IPv6
  - `2a03:2880:2130:cf05:face:b00c:0:1` og
  - `2a03:2880:2110:df07:face:b00c:0:1`
- Google er tilgjengelig med IPv6
  - `2a00:1450:400c:c00::5e`,
  - `2a00:1450:400c:c00::8a` og
  - `2a00:1450:4010:c04::63`
- LinkedIn er tilgjengelig med IPv6
  - `2620:109:c007:102::5be1:f881`
- Snapchat er tilgjengelig med IPv6
  - `2a00:1450:400c:c00::79`

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

Google Chrome og IPvFoo

- IPvFoo for Google Chrome lar deg se hvilke IP-adresser som innholdet ble hentet fra
- Her er et eksempel fra `http://vg.no/`:



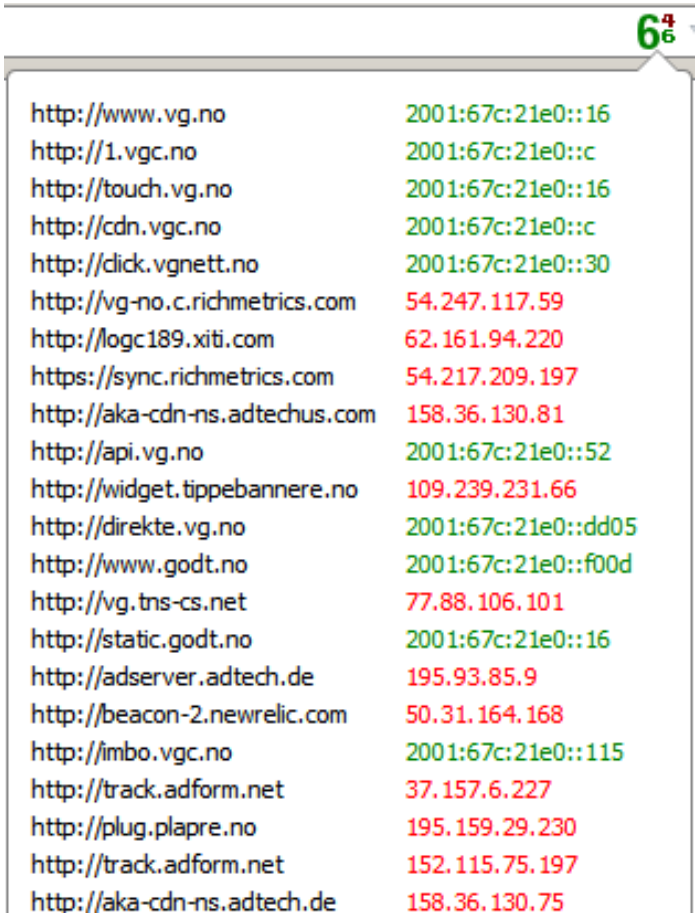
www.vg.no	2001:67c:21e0::16
1.vgc.no	2001:67c:21e0::c
ajax.googleapis.com	2a00:1450:400c:c05::5f
api.vg.no	2001:67c:21e0::52
cdn.rikstoto.no	138.91.53.43
cdn.vgc.no	2001:67c:21e0::c
click.vgnett.no	2001:67c:21e0::30
direkte.vg.no	2001:67c:21e0::dd05
imbo.vgc.no	2001:67c:21e0::115
imbo.vgtv.no	2001:67c:21e0::207
pbs.twimg.com	199.96.57.7
rikstototest1cdn.cloudapp.net	191.235.131.145
static.godt.no	2001:67c:21e0::16
touch.vg.no	2001:67c:21e0::16
vgc.no	2001:67c:21e0::c
widget.tippebannere.no	109.239.231.66
www.godt.no	2001:67c:21e0::f00d

FAGSKOLEN INNLANDET

Kort om IPv6

Mozilla Firefox og IPvFox

- IPvFox gjør det samme for Mozilla Firefox som IPvFoo gjør for Google Chrome
- Her er enda et eksempel fra `http://vg.no/`:



FAGSKOLEN INNLANDET

Del II

IPv6-header

FAGSKOLEN INNLANDET

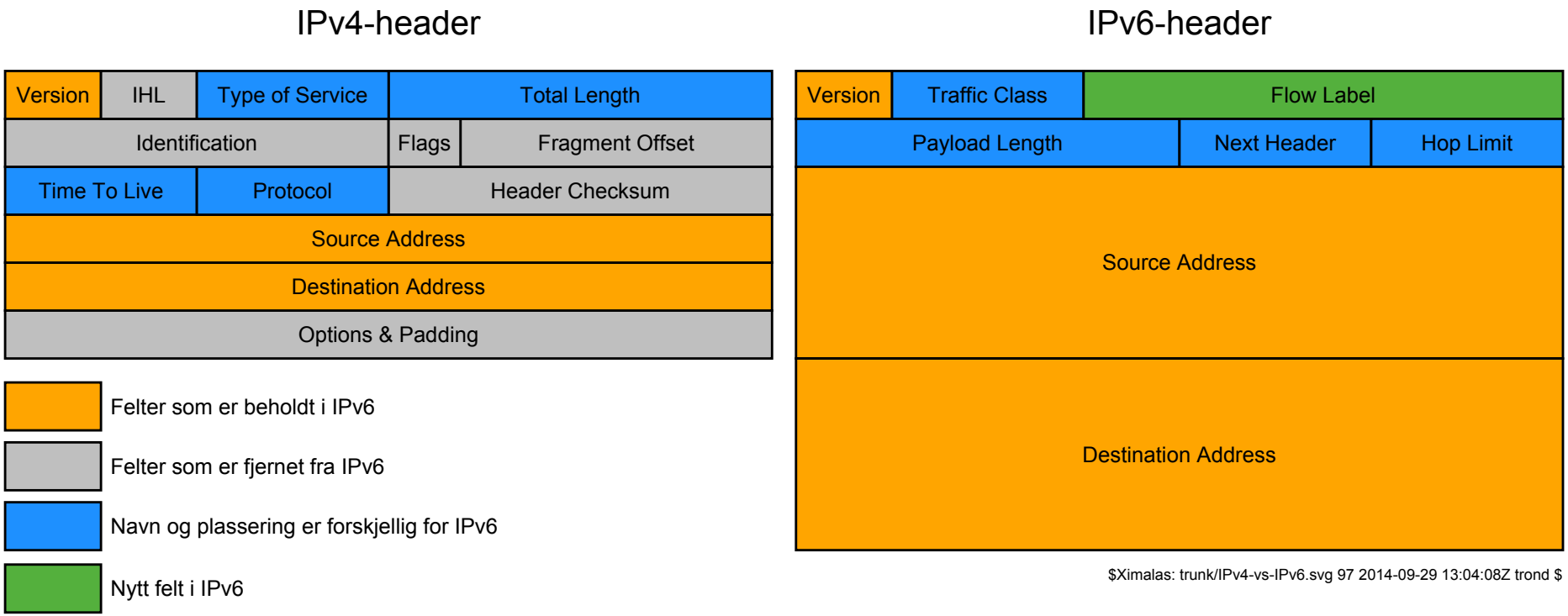
Oversikt over del 2: IPv6-header I

11 IPv6-header
- Flow Label

12 Utvidelsesheadere
- Hop-by-hop Options Header
- Destination Options Header
- Routing Header
- Fragment Header
- Authentication Header
- Encapsulating Security Payload
- Mobility Header

FAGSKOLEN INNLANDET

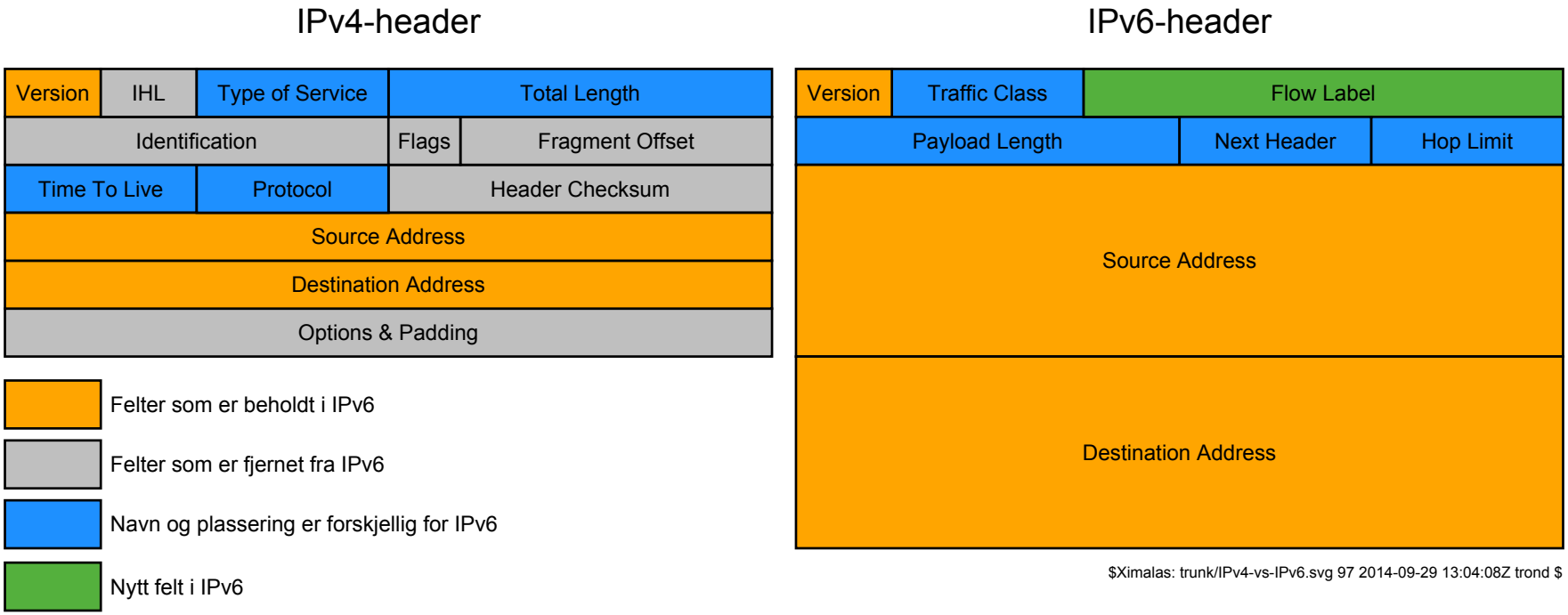
IPv6-header



$Ximalas: trunk/IPv4-vs-IPv6.svg 97 2014-09-29 13:04:08Z trond $

FAGSKOLEN INNLANDET

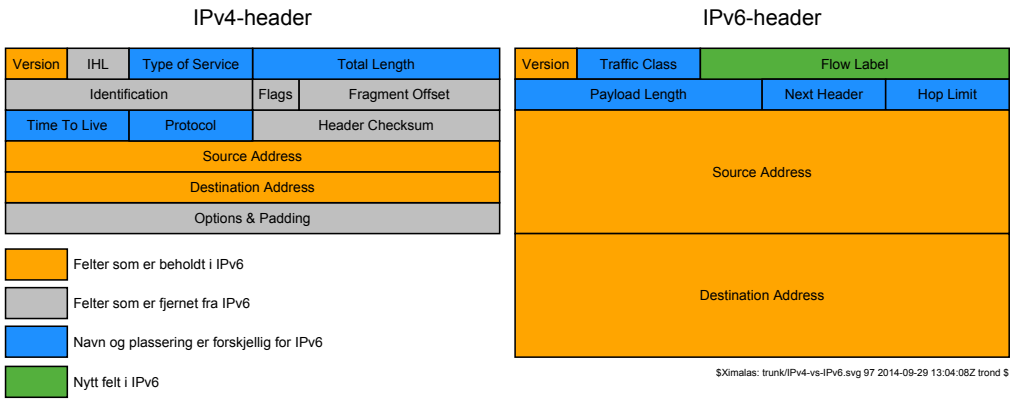
IPv6-header



- IPv6-headeren er dobbelt så stor som IPv4-headeren (40/20 oktetter)
- IPv6-headeren har færre felter enn IPv4-headeren
- De utelatte feltene er i stor grad flyttet over til egne utvidelsesheadere

FAGSKOLEN INNLANDET

IPv6-header



- Versjonsfeltet (4 bit) settes til 0110
- Traffic Class (8 bit) er det samme som Type of Service i IPv4
- Flow Label (20 bit) er et nytt felt, se neste slide
- Payload Length (16 bit) er det samme som Total Length i IPv4
- Next Header (8 bit) er det samme som Protocol i IPv4
- Hop Limit (8 bit) er det samme som Time To Live i IPv4
- Avsender og mottaker er 128-bit IPv6-adresser
- IPv4-feltene Internet Header Length (IHL), Identification, Flags, Fragment Offset, Header Checksum, Options og Padding, er enten fjernet for godt eller flyttet til egne utvidelsesheadere

FAGSKOLEN INNLANDET

- Flow Label-feltet kan brukes av sanntidsapplikasjoner
- Flow Label-verdien angir pakker som tilhører samme sesjon
- Routere bør videresende pakker med samme verdi i Flow Label-feltet fra samme avsender på samme grensesnitt, slik at rekkefølgen bevares
- Verdien 0 (null) brukes for individuelle pakker
- Routere bør videresende pakker med 0 i Flow Label-feltet fra samme avsender på samme grensesnitt, slik at rekkefølgen bevares
- Tilfeldig valgte verdier brukes for pakker som hører sammen
- Flow Label-feltet kan også brukes til å smugle data sammen med legitim trafikk, eller merke slik trafikk, se avsnitt 6.1 i RFC 6437
- Se RFC 2460, RFC 3595, RFC 6294, RFC 6436 og RFC 6437

FAGSKOLEN INNLANDET

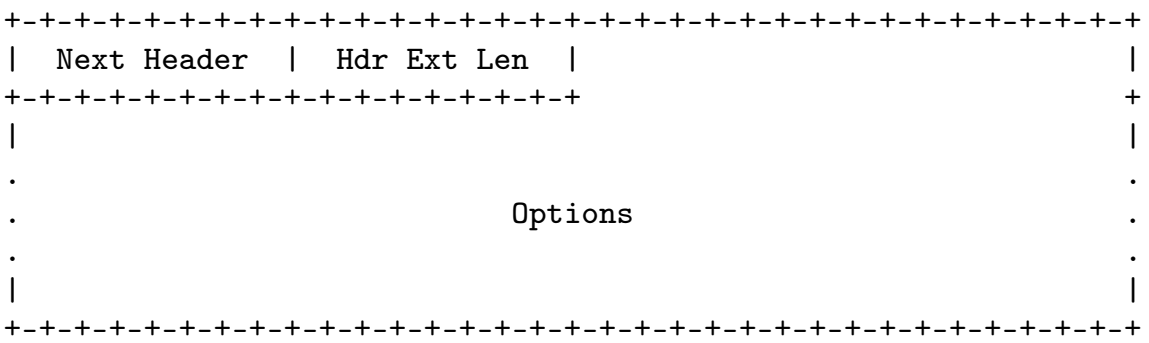
Utvidelsesheadere

- Utvidelsesheaderne finnes i stort antall:
  1. Hop-by-hop Options Header
  2. Destination Options Header
  3. Routing Header
  4. Fragment Header
  5. Authentication Header
  6. Encapsulating Security Payload
  7. Mobility Header
- Se RFC 2460, RFC 4302, RFC 4303, RFC 6275 og RFC 7045

FAGSKOLEN INNLANDET

Utvidelsesheadere

Hop-by-hop Options Header



- Protokollnummer: 0
- Hop-by-hop Options Header må komme før andre Options Headere og før payload
- Alle ledd bør undersøke Hop-by-hop Options Header og dens innhold
- Høyhastighetsroutere vil enten ignorere H-b-H eller la en saktegående routingprosess ta seg av slike pakker

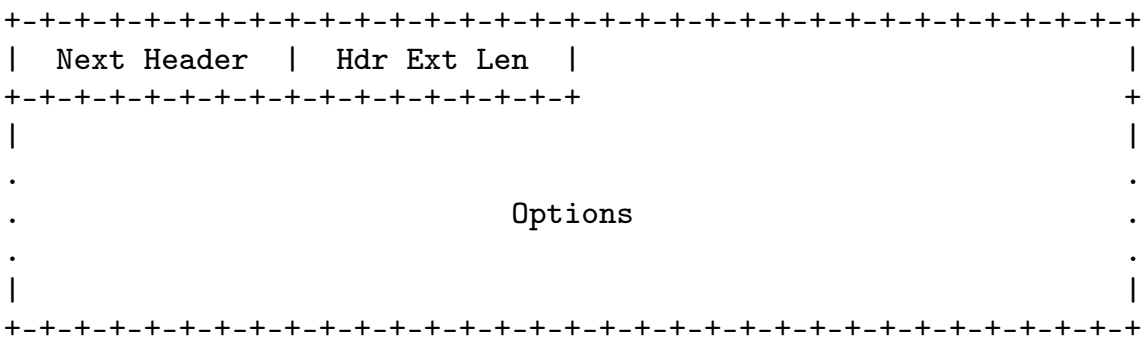
FAGSKOLEN INNLANDET

- Valgene `Pad1` og `PadN` er definert i RFC 2460
- Andre valg: Jumbo Payload (RFC 2675), RPL Option (RFC 6553), Tunnel Encapsulation Limit (RFC 2473), Router Alert (RFC 2711), Quick-Start (RFC 4782), CALIPSO (RFC 5570), SMF_DPD (RFC 6621), Home Address (RFC 6275), ILNP nonce (RFC 6744), Line-Identification Option (RFC 6788), IP_DFF (RFC 6971)
- Ref.: `http://www.iana.org/assignments/ipv6-parameters/ipv6-parameters.xhtml`

FAGSKOLEN INNLANDET

Utvidelsesheadere

Destination Options Header

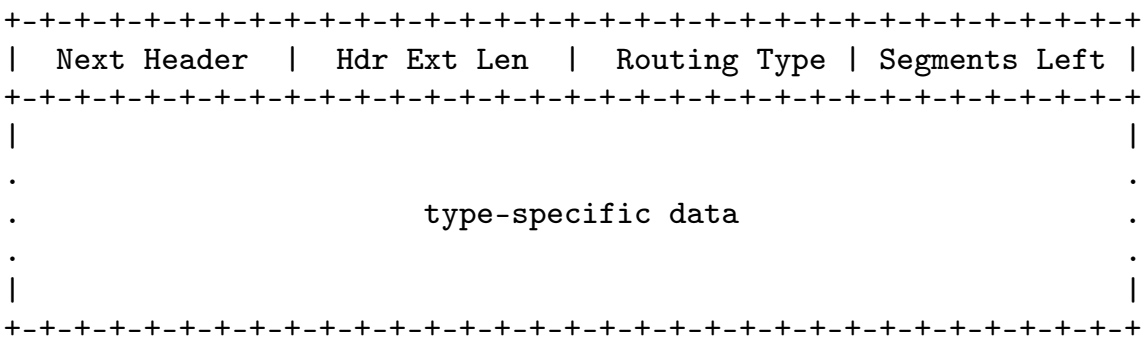


- Protokollnummer: 60

FAGSKOLEN INNLANDET

Utvidelsesheadere

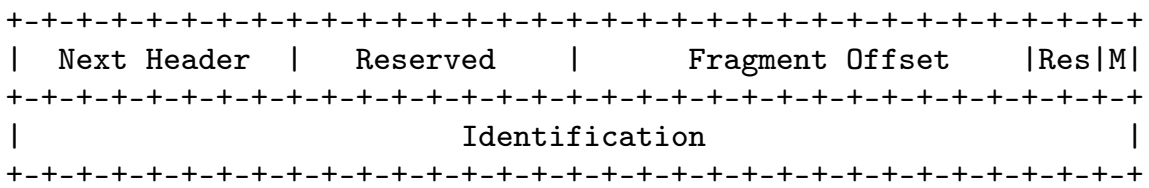
Routing Header



- Protokollnummer: 43

Utvidelsesheadere

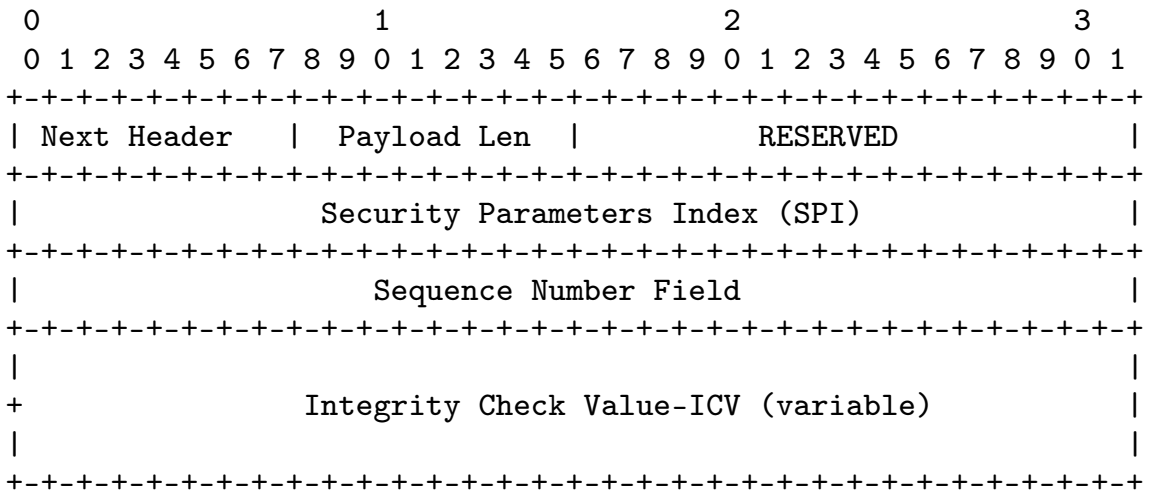
Fragment Header



- Protokollnummer: 44

Utvidelsesheadere

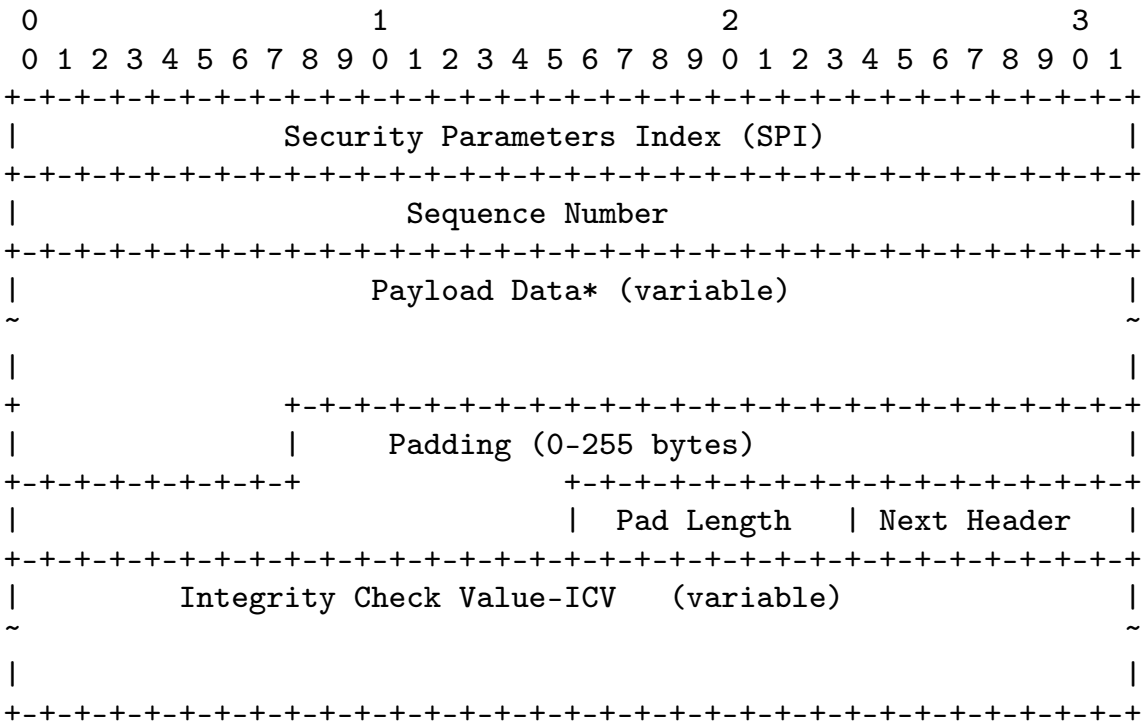
Authentication Header



- Protokollnummer: 51

Utvidelsesheadere

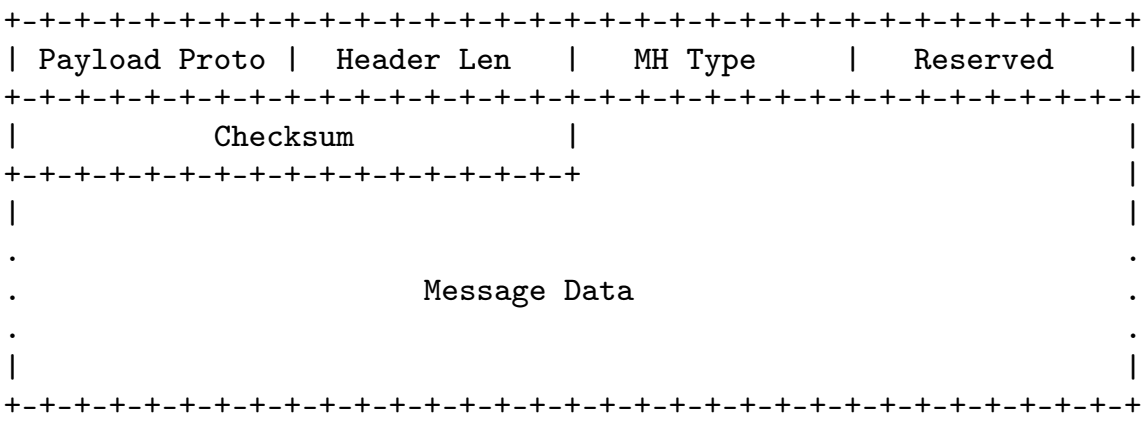
Encapsulating Security Payload



- Protokollnummer: 50

Utvidelsesheadere

Mobility Header



- Protokollnummer: 135

Del III

IPv6 over Ethernet

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 3: IPv6 over Ethernet I

FAGSKOLEN INNLANDET

IPv6 over Ethernet

- RFC 2464 definerer frameformatet for IPv6-datagrammer over Ethernet
- IPv6-datagrammer fraktes i standard Ethernetformat, RFC 894
  - Først angis mottakerens MAC-48-adresse
  - Deretter angis avsenders MAC-48-adresse
  - Frametypen settes til 86DD (heksadesimalt)
  - Deretter følger IPv6-header og resten av datagrammet
- Standard MTU for IPv6 over Ethernet er 1500 oktetter
- Minste tillatte MTU for IPv6 er 1280 oktetter
- Er største tilgjengelige MTU mindre enn 1280 oktetter, så må lagene under IPv6 sørge for fragmentering og sammensetting av IPv6-datagrammene (RFC 2460)

FAGSKOLEN INNLANDET

IPv6 over Ethernet

Programmet Wireshark fremstilte følgende lag-2-informasjon om en utsendt IPv6-pakke:

```
Ethernet II, Src: AsustekC_f2:72:40 (00:26:18:f2:72:40), Dst: Cisco_77:14:57 (00:17:e0:77:14:57)
    Destination: Cisco_77:14:57 (00:17:e0:77:14:57)
        Address: Cisco_77:14:57 (00:17:e0:77:14:57)
        .... ..0. .... .... .... .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
        .... ...0 .... .... .... .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Source: AsustekC_f2:72:40 (00:26:18:f2:72:40)
        Address: AsustekC_f2:72:40 (00:26:18:f2:72:40)
        .... ..0. .... .... .... .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
        .... ...0 .... .... .... .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Type: IPv6 (0x86dd)
```

- Presentert som heksadesimale oktetter/byter:
- 00 17 E0 77 14 57 00 26 18 F2 72 40 86 DD
  - 00 17 E0 77 14 57 er MAC-48-adressa til mottakeren, routeren
  - 00 26 18 F2 72 40 er MAC-48-adressa til avsenderen, klienten
  - 86 DD angir at et IPv6-datagram følger etter i lag 3

FAGSKOLEN INNLANDET

IPv6 over andre lag-2-typer

- FDDI: RFC 2467
- Token Ring: RFC 2470
- Non-Broadcast Multiple Access (NBMA) networks: RFC 2491
- ATM: RFC 2492
- ARCnet: RFC 2497
- Frame Relay: RFC 2590
- IEEE 1394 (FireWire): RFC 3146
- Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPAN): RFC 4919
- Point-to-point protocol (PPP): RFC 5072
- Brevduer: RFC 6214, basert på RFC 1149

FAGSKOLEN INNLANDET

Del IV

Grunnleggende om adresser

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 4: Grunnleggende om adresser I

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

- 128 bit
- Heksadesimal notasjon
- 16 og 16 bit grupperes og skilles med kolon
- Ledende nuller kan sløyfes
- To eller flere *sammenhengende* 16-bitblokker med nuller kan slås sammen til : : (dobbelkolon), bare én gang pr. adresse
- Prefikslengde angis ved å sette på en skråstrek og oppgi riktig antall av signifikante bit fra venstre mot høyre i adressa
  - Dette er helt likt CIDR-notasjon for IPv4 (RFC 4632)

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo

- Uninett:
  2001:0700:0000:0000:0000:0000:0000:0000
- FSI:
  2001:0700:1100:0000:0000:0000:0000:0000
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0000:0000:0000:0000
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Hierarkisk struktur

- Uninett:
  2001:0700:0000:0000:0000:0000:0000:0000
- FSI:
  2001:0700:1100:0000:0000:0000:0000:0000
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0000:0000:0000:0000
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: La oss forenkle adressene

- Uninett:
  2001:0700:0000:0000:0000:0000:0000:0000
- FSI:
  2001:0700:1100:0000:0000:0000:0000:0000
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0000:0000:0000:0000
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Ledende nuller

- Uninett:
  2001:0700:0000:0000:0000:0000:0000:0000
- FSI:
  2001:0700:1100:0000:0000:0000:0000:0000
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0000:0000:0000:0000
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Fjernet ledende nuller

- Uninett:
  2001:700:0:0:0:0:0:0
- FSI:
  2001:700:1100:0:0:0:0:0
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:0:0:0:0
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: La oss forenkle litt til

- Uninett:
  2001:700:0:0:0:0:0:0
- FSI:
  2001:700:1100:0:0:0:0:0
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:0:0:0:0
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: To eller flere sammenhengende 16-bitblokker med bare 0

- Uninett:
  2001:700:0:0:0:0:0:0
- FSI:
  2001:700:1100:0:0:0:0:0
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:0:0:0:0
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Erstattet med dobbelkolon

- Uninett:
  2001:700::
- FSI:
  2001:700:1100::
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3::
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

- Uninett:
  2001:700::
- FSI:
  2001:700:1100::
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3::
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Vis prefikslengde

- Uninett:
  2001:700::/32
- FSI:
  2001:700:1100::/48
- IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3::/64
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E/128

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Kompakte adresser med prefikslengde

- Uninett:
  `2001:700::/32`
- FSI:
  `2001:700:1100::/48`
- IT-avdelingen@FSI:
  `2001:700:1100:3::/64`
- Tronds D531 i IT-avdelingen@FSI:
  `2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E/128`

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

MAC-48-adresser

- MAC-48-adresser har følgende oppbygging, gitt av IEEE 802-2001:
  - `CC:cc:cc:nn:nn:nn` (heksadesimalt)
  - Den første halvparten er produsentnummer: `CC:cc:cc`
  - Den andre halvparten er løpenummer: `nn:nn:nn`
- Den første oktetten i produsentnummeret, `CC`, har en spesiell oppbygging:
  - `CCCCCCug` (binært)
  - Når `u`-bitet er satt til `0` (null), så gjelder formatet som er oppgitt her, altså `CC:cc:cc:nn:nn:nn` (heksadesimalt)
  - Når `u`-bitet er satt til `1`, så er alle `C`- og `c`-sifrene løpenummer, mens `u`- og `g`-bitene beholder sine spesielle betydninger
  - Når `g`-bitet er `0` så angir adressa en individuell node, og når `g`-bitet er `1` så er adressa en multicastgruppe

FAGSKOLEN INNLANDET

Grunnleggende om adresser

MAC-48-adresser

- Gitt denne MAC-48-adressa: 00:21:70:73:68:6E
- CC-oktetten har verdien 00 (heksadesimalt)
- På binær form er dette 00000000 (CCCCCCug)
- Vi ser at både u- og g-bitene er satt til 0
- Dette er en MAC-48-adresse som:
  - følger det vanlige mønsteret med produsent- og løpenummer
  - angir en individuell node
  - er produsert av «Dell Inc» ifølge OUI-lista hos IEEE (søk i fila etter 00-21-70)

FAGSKOLEN INNLANDET

- Unicast-adresser består av 2 ting:
  1. Prefiks
  2. Grensesnittidentifikator
- Bestemt av RFC 4941
- Grensesnittidentifikatorer er alltid på 64 bit
  - Dette gjelder ikke for adresser som starter på 000 (binært)
- Grensesnittidentifikatorer kan lages automatisk fra MAC-48-adresser
- Grensesnittidentifikatorer kan også angis manuelt eller velges tilfeldig
- Angis grensesnittidentifikatoren manuelt, så angis som regel en fullstendig IPv6-adresse
- Grensesnittidentifikatorer følger IEEE EUI-64-formatet med to unntak:
  1. Universal/local-bitet brukes med *invertert* betydning/verdi
     - Gruppebitet mister sin vanlige betydning i forbindelse med grensesnittidentifikatorer
  2. Oktettene på midten skal være `FF:FE` ved automatisk konvertering fra MAC-48 til EUI-64

- Grensesnittidentifikatorer lages fra MAC-48-adresser etter oppskriften i RFC 4291:
  - Gitt denne MAC-48-adressa: 00:21:70:73:68:6E
  - Invertér universal/local-bitet: 02:21:70:73:68:6E
    - Før: 00 (heksadesimalt) = 00000000 (binært)
    - Etter: 00000010 (binært) = 02 (heksadesimalt)
  - Sett inn FF:FE på midten: 02:21:70:FF:FE:73:68:6E
  - Ta bort overflødig kolon og nuller: 221:70FF:FE73:686E
  - Høyreskift hele stasen: ::221:70FF:FE73:686E
  - Nå er grensesnittidentifikatoren klar til å bli kombinert med ønsket prefiks
  - Prefiks annonsert av router: 2001:700:1100:3::/64
  - Fullstendig adresse: 2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

FAGSKOLEN INNLANDET

- OBS! Arbeidsuhell!
- Det skulle egentlig ha vært `FF:FF` i stedet for `FF:FE`
  - MAC-48 → EUI-64 skal bruke `FF:FF`
  - EUI-48 → EUI-64 skal bruke `FF:FE`
- Se `http://standards.ieee.org/develop/regauth/tut/eui.pdf`
- Fordi IPv6 bruker universal/local-bitet med invertert betydning/verdi, så er arbeidsuhellet akseptert
- Se RFC 4291
- IEEE 802.15 WPAN, IEEE 1394 FireWire, og ZigBee bruker EUI-64-adresser i lag 2

FAGSKOLEN INNLANDET

- Manuell grensesnittidentifikator innebærer at universal/local-bitet som regel er satt til 0
- De øvrige 63 bitene kan være hva som helst, bare verdien ikke skaper adressekollisjon i samme VLAN
- Normalt bruker man manuelle grensesnittidentifikatorer satt til lave verdier
- For eksempel `::53` (DNS-tjener, kanskje)
- Samme eksempel, men med et vilkårlig prefiks: `2001:db8:1234:8::53`

FAGSKOLEN INNLANDET

- Lav verdi for grensesnittidentifikatorer gjør at universal/local-bitet blir satt til null:
  - `::53` (heksadesimalt)
  - `::0:0:0:53` (heksadesimalt)
  - `::0000000000000000:00 ... 00:0000000001010011` (binært)
  - Veldig praktisk for lokalgitte adresser, ikke sant?
- *Uten* invertering av universal/local-bitet, måtte vi bruke manuelle grensesnittidentifikatorer på denne måten:
  - `::0200:0:0:53` (heksadesimalt)
  - `::0000001000000000:00 ... 00:0000000001010011` (binært)
  - Tungvint og upraktisk, ikke sant?
- Se her:
  - `2001:db8:1234:1:0200:0:0:53` vs
  - `2001:db8:1234:1::53`
  - Ja til den siste, nei til den forrige

FAGSKOLEN INNLANDET

- Det er ingenting i veien for å «kode» IPv4-adressa inn i IPv6-adressa:
- 2001:700:1100:3:128:39:174:67 (`excelsior.fig.ol.no`)
- Man må bare passe på verdien til universal/local-bitet
- 128 = 0 1 2 8 = 0000 0001 0010 1000 (heks, heks, bin)
- u-bitet er 0, altså en lokalgitt adresse
- Dette gikk bra!

FAGSKOLEN INNLANDET

- Verdiene
  - 0 = 0000,
  - 1 = 0001,
  - 4 = 0100,
  - 5 = 0101,
  - 8 = 1000,
  - 9 = 1001,
  - C = 1100, og
  - D = 1101,

  medfører 0 i u-bitet

FAGSKOLEN INNLANDET

- Konstant grensesnittidentifikator truer personvernet
- Eksempel med Tronds D531-læppis:
  - 2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E (IT-avdelingen@FSI)
  - 2001:700:1D00:8:221:70FF:FE73:686E (public-nettet@HiG)
- RFC 4941 beskriver bruk av tilfeldig grensesnittidentifikator
- Med tilfeldig grensesnittidentifikator:
  - 2001:700:1100:3:B9D9:B729:6CDD:4E5 (IT-avdelingen@FSI)
  - 2001:700:1D00:8:B9D9:B729:6CDD:4E5 (public-nettet@HiG)
- Disse byttes ut typisk hver dag:
  - 2001:700:1100:3:F503:1E6F:5F2F:F5F2 (IT-avdelingen@FSI)
  - 2001:700:1D00:8:F503:1E6F:5F2F:F5F2 (public-nettet@HiG)
- Man må bare passe på u/l-bitet og passe seg for adressekollisjon

FAGSKOLEN INNLANDET

- RFC 4941 angir en metode for generering av tilfeldig grensesnittidentifikator:
  1. Sett sammen historisk verdi fra forrige runde (eller et tilfeldig 64-bit heltall) med den konstante grensesnittidentifikatoren til et 128-bit heltall
  2. Beregn MD5-hash av resultatet fra trinn 1
  3. Bruk de 64 *mest* signifikante bitene og sett det sjuende mest signifikante bitet til null (dette indikerer en lokalgitt grensesnittidentifikator)
  4. Sammenlign den nye tilfeldige grensesnittidentifikatoren med lista over reserverte identifikatorer; oppdages en uakseptabel identifikator, gå til trinn 1 og bruk de 64 *minst* signifikante bitene fra trinn 2 som historisk verdi
  5. Ta i bruk den nye tilfeldige grensesnittidentifikatoren
  6. Lagre de 64 *minst* signifikante bitene fra trinn 2 som historisk verdi for bruk den neste gangen denne algoritmen brukes

FAGSKOLEN INNLANDET

- Nulladressa:
  - `0:0:0:0:0:0:0:0/128` eller `::/128`
    - Brukes av klienter som ennå ikke vet sin egen adresse (DHCPv6)
    - Brukes av tjenester som godtar forespørsler fra alle grensesnitt (sjekk ut `bind(2)`-systemkallet i «Juniks»)
  - `0:0:0:0:0:0:0:0/0` eller `::/0`
    - Brukes for å angi default route
  - Tilsvarer `0.0.0.0/32` og `0/32`, og `0.0.0.0/0` og `0/0` i IPv4

FAGSKOLEN INNLANDET

- Loopbackadressa: `0:0:0:0:0:0:0:1/128` eller `::1/128`
  - Velkjent adresse for å snakke med tjenester i samme node
  - Tilsvarer `127.0.0.1/32` i IPv4

- Dokumentasjonsprefiks: `2001:db8::/32`
  - Brukes for beskrivelse av IPv6-oppsett i lærebøker og annen generell dokumentasjon (RFC 3849)
  - Forbudt å bruke på det offentlige internettet
  - Bør blokkeres i *inngående* og utgående ACL-er for internettgrensesnittet til routere

FAGSKOLEN INNLANDET

- IPv4-mapped IPv6 addresses: `::FFFF:`$w.x.y.z$
  - Hvor $w.x.y.z$ er den opprinnelige IPv4-adressa skrevet på vanlige måte for IPv4-adresser
  - Eksempel: `::FFFF:128.39.174.1`
  - Brukes i systemer som har både IPv4- og IPv6-adresser, men hvor den enkelte tjeneste bare bruker IPv6-socketer og har slått av `IPV6_V6ONLY` med `setsockopt(2)` for lyttesocketen
  - Forbudt av sikkerhetshensyn i enkelte OS-er som OpenBSD, se OpenBSDs `ip6(4)`
  - Tjenestene må da åpne separate lyttesocketer for IPv4 og IPv6
- RFC 6890 inneholder en oversikt over alle spesialadresser for både IPv4 og IPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

- Når en unicast-adresse er generert skal man alltid sjekke at ingen andre bruker den samme adressa (RFC 4862)
- Dette gjøres ved å sende en «ICMPv6 Neighbor Solicitation-melding» til den genererte adressas «Solicited-node multicast address»
- ICMPv6-meldinga inneholder den genererte adressa i feltet for «Target Address» (RFC 4861)
- En «Solicited-node multicast address» er på formen `FF02::1:FF`*`aa`*`:`*`bbcc`*, hvor *`aabbcc`* er de 24 minst signifikante bitene fra den opprinnelige adressa (RFC 4291)
- Sett at den genererte adressa er `2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E`
- «Solicited-node multicast address» vil da være `FF02::1:FF73:686E`
- Vanligvis kommer det ikke noe svar på slike ICMPv6-meldinger

- . . . trodde vi . . .
- «Danger, Will Robinson!»
- Det er et stort potensiale for Denial of Service — DoS (RFC 3756)
- En «slabbedask» kan velge å svare på DAD og nekte oss å bruke *enhver* adresse
- Svaret kommer i form av en «ICMPv6 Neighbor Advertisement»-melding som forteller oss at en annen node bruker den samme adressa (RFC 4862)
- Resultat: «slabbedasken» kan bruke nettverket uforstyrra
- Dersom det er 2 eller flere «slabbedasker» i samme nettverk, hva da?
- Problemet kan løses med «SEcure Neighbor Discovery» (SEND), RFC 3971

FAGSKOLEN INNLANDET

Del V

Adressetyper

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 5: Adressetyper

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

- Det finnes flere adressetyper med forskjellige bruksområder:
  - Unicast-adresser:
    - Link-local-adresser
    - Site-local-adresser
    - Offentlige unicast-adresser
    - Unike, lokale, aggregerbare adresser
  - Anycast-adresser
  - Multicast-adresser
- Merk at broadcast er avskaffa og er i stor grad erstatta med link-local-multicast

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Link-local-adresser

- Definert: RFC 4291
- Bruksområde:
  - Lokal kommunikasjon internt i VLAN-et
  - Sentral for autokonfigurasjon (av unicastadresser)
  - Blir ikke videresendt av routere til andre VLAN eller til internett
  - Kan brukes i ad-hoc-nett
- Prefiks: `FE80::/10`
- De neste 54 bitene skal settes til null
- De siste 64 bitene er grensesnittidentifikator i modda EUI-64-format
- Eksempel: `FE80::221:70FF:FE73:686E`

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Site-local-adresser

- Definert: RFC 3513
- Bruksområde: private adresser på lik linje med RFC 1918
- Prefiks: `FEC0::/10`
- De neste 54 bitene brukes til subnet-ID
- De siste 64 bitene er grensesnittidentifikator i modda EUI-64-format
- Eksempel: `FEC0::DEAD:BEEF:1337`
- Ikke bruk site-local-adresser (RFC 3879)
- Site-local-adresser er erstatta med ULA (RFC 4193)

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Offentlige unicast-adresser

- Definert: RFC 4291 og RFC 3587
- Bruksområde: ende-til-ende-kommunikasjon på det offentlige internett
- Prefiks: 2000::/3
- De neste bitene allokeres hierarkisk, minimum i 4-bitblokker, men gjerne i 8- eller 16-bitblokker
- De siste 64 bitene er grensesnittidentifikator i modda EUI-64-format
- Det er vanlig at kundene blir tildelt /48-, /56- eller /62-bits prefiks av ISP-ene:
  - /48-bits prefiks gir $128 - 64 - 48 = 16$ subnetbit $\rightarrow 2^{16} = 65536$ subnett
  - /56-bits prefiks gir $128 - 64 - 56 = 8$ subnetbit $\rightarrow 2^{8} = 256$ subnett
  - /62-bits prefiks gir $128 - 64 - 62 = 2$ subnetbit $\rightarrow 2^{2} = 4$ subnett
- Eksempel: 2001:700:1100:1::1/128

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Unike, lokale, aggregerbare adresser

- Definert: RFC 4193
- Bruksområde: ende-til-ende-kommunikasjon internt i nettverket
- Veldig praktisk å ha faste, interne adresser uavhengig av offentlig prefiks tildelt av ISP
- Prefiks: `FC00::/7`
- Det åttende mest signifikante bitet skal settes til `1` inntil videre
- Det reelle prefikset er dermed `FD00::/8`
- Prefikset `FC00::/8` er reservert inntil videre

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Unike, lokale, aggregerbare adresser

- Reelt prefiks: `FD00::/8`
- De neste 40 bitene genereres tilfeldig, gjerne som beskrevet i RFC 4193
- De neste 16 bitene brukes til subnett-ID
- De siste 64 bitene er grensesnittidentifikator i modda EUI-64-format
- Eksempel: `FD5C:14CF:C300:31::1/128`

FAGSKOLEN INNLANDET

- SixXS tilbyr bl.a.:
  - Generering av ULA-prefiks: http://www.sixxs.net/tools/grh/ula/
  - Registrering av ULA-prefiks: http://www.sixxs.net/tools/grh/ula/list/
- George Michaelson, seniorforsker ved APNIC, har oppdaget ULA-adresser i fri dressur ute på internett:
  - Tydeligvis klarer ikke folk å lese RFC-ene og holde seg til de fastsatte reglene
  - http://www.sixxs.net/archive/docs/IEPG2013_ULA_in_the_wild.pdf

FAGSKOLEN INNLANDET

- Her er algoritmen fra RFC 4193 for å generere de 40 tilfeldige bitene:
  1. Uttrykk nåværende øyeblikk som et 64-bit heltall i NTP-format (RFC 5905)
  2. Bruk en EUI-64-identifikator fra systemet som kjører denne algoritmen
     - Mangler du en EUI-64-identifikator, så kan du lage en fra en 48-bit MAC-adresse som angitt i RFC 4291
     - Kan du ikke lage en EUI-64-identifikator, så bruk en annen unik verdi som serienummeret til systemet
  3. Sett sammen de to 64-bit heltallene til et 128-bit heltall
  4. Beregn en SHA-1-hash som beskrevet i RFC 3174. Resultatet er et heltall på 160 bit
  5. Bruk de 40 minst signifikante bitene som global identifikator
- Har man tilgang på tilfeldige tall av god kvalitet, så kan man bruke de i stedet for metoden over

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Anycast-adresser

- Definert: RFC 4291
- Bruksområde: felles adresse for distribuerte tjenester, routerne bestemmer hvilken server som er nærmest og sender trafikken dit
- Prefiks: ingen, allokeres fra dine egne unicast-adresser og markeres som en anycast-adresse hos routerne og serverne
- Alle IPv6-adresser hvor alle bit i grensesnittidentifikatoren satt til null, er reservert som «Subnet-Router anycast address»
- Denne anycast-adressa brukes når man vil kontakte én av potensielt flere routere i subnettet der du er
- Eksempel: `2001:700:1100:1::/128` `anycast`
- Se også RFC 2526

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Multicast-adresser

- Definert: RFC 4291
- Bruksområde: én-til-mange-kommunikasjon
- Prefiks: `FF::/8`
- Flagg f og rekkevidde r er innebygget i adressa: `FF`fr`::/16`
- Eksempel: `FF0E::101/128` (global multicast-adresse for NTP)

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Multicast-adresser

- Flaggene heter `0RPT` (null, err, pe, te)
- Flagget `T` angir med `0` at adressa er velkjent (definert av IANA), og med `1` at adressa er midlertidig (lokalt definert)
- Flagget `P` angir med `1` at adressa inneholder et unicast-prefiks og skal følge reglene i RFC 3306
- Flagget `R` angir med `1` at adressa også inneholder et møtepunkt («rendezvous point») og skal følge reglene i RFC 3956
- Flaggene `P` og `R` gjør det enkelt å lage egne multicast-adresser for internt bruk i organisasjonen
- Bruk av flaggene `R`, `P` og `T` gjennomgås i detalj i del 10

FAGSKOLEN INNLANDET

- Følgende rekkevidder er definert i RFC 4921:
- 0: reservert
- 1: interface-local
- 2: link-local
- 3: reservert
- 4: admin-local
- 5: site-local
- 6: ikke definert
- 7: ikke definert
- 8: organization-local
- 9: ikke definert
- A: ikke definert, brukt av Uninett til å begrense trafikken innenfor «Uninettet»
- B: ikke definert
- C: ikke definert
- D: ikke definert
- E: global
- F: reservert

FAGSKOLEN INNLANDET

Adressetyper

Multicast-adresser

- Noen kjente IPv6-multicastadresser:
  - `FF02::1` All nodes on the local network segment
  - `FF02::2` All routers on the local network segment
  - `FF02::5` OSPFv3 All SPF routers
  - `FF02::6` OSPFv3 All DR routers
  - `FF02::8` IS-IS for IPv6 routers
  - `FF02::9` RIP routers
  - `FF02::A` EIGRP routers
  - `FF02::D` PIM routers
  - `FF02::16` MLDv2 reports
  - `FF02::1:2` All DHCP servers and relay agents on the local network segment
  - `FF02::1:3` All LLMNR hosts on the local network segment
  - `FF05::1:3` All DHCP servers on the local network site
  - `FF0`x`::C` Simple Service Discovery Protocol
  - `FF0`x`::FB` Multicast DNS
  - `FF0`x`::101` Network Time Protocol
  - `FF0`x`::108` Network Information Service
  - `FF0`x`::114` Used for experiments

FAGSKOLEN INNLANDET

- Kobling av multicast-adresser til lag-2-adresser:
  - Eksempel:
    - IPv6: `FF02::1` = `FF02::0000:0001`
    - MAC-48: 33:33:00:00:00:01
    - De 32 minst signifikante bitene kopieres fra IPv6-adressa og til MAC-48-adressa
    - Dette gir en viss overlapp for de multicast-adresser som tilfeldigvis slutter på de samme 32 bitene
    - Det går ganske bra i praksis
    - Se RFC 2464 og RFC 6085

FAGSKOLEN INNLANDET

Del VI

DNS

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 6: DNS I

FAGSKOLEN INNLANDET

DNS

AAAA og PTR

- Navn-til-IPv6-adresser bruker AAAA-poster
  - Eksempel:

    ```
    $ORIGIN fig.ol.no.
    svabu IN AAAA 2001:700:1100:1::4
    ```
- IPv6-adresser-til-navn bruker PTR-poster plassert i ip6.arpa.
  - Eksempel:

    ```
    $ORIGIN 1.0.0.0.0.0.1.1.0.0.7.0.1.0.0.2.ip6.arpa.
    4.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0 IN PTR svabu.fig.ol.no.
    ```
- Se RFC 3596

FAGSKOLEN INNLANDET

- A6-poster var foreslått som erstatning for AAAA-poster av RFC 2874, men ble endret til eksperimentell av RFC 3363, og senere til historisk av RFC 6563
- RFC 3364 diskuterer fordeler og ulemper med AAAA og A6
- En A6-post består av 2–3 ting:
  1. Prefikslengde fra og med 0 til og med 128
  2. Utdrag av IPv6-adressa
  3. Navn som henviser til resten av adressa
- Settes prefikslengda til:
  - 0, så er det ikke lov å oppgi noen henvisning, fordi dette navnet er det øverste eller det eneste nivået i en kjede
  - 128, så er det ikke lov å oppgi noen IPv6-adresse, fordi man henviser til et helt annet navn, tydeligvis et overflødig alternativ til CNAME

FAGSKOLEN INNLANDET

- Avsnittene 3.1.1 og 3.1.3 i RFC 2874 er ikke enige med hverandre når prefikslengda settes til 128
  - Avsnitt 3.1.1:
    The address suffix component SHALL NOT be present if the prefix length is 128.
  - Avsnitt 3.1.3:
    The IPv6 address MAY be be[sic] *absent if the prefix length is 128.*
- Med andre ord, avsnitt 3.1.1 forbyr IPv6-adresse når prefikslengda er 128, mens avsnitt 3.1.3 sier at IPv6-adresse *kan utelates* i det *samme* tilfellet
- Er det noe rart at noen av oss kan bli forvirra?
- Vil du leke med `A6` i et lukket miljø, så sjekk ut ISC BIND 9.2.x

FAGSKOLEN INNLANDET

- Et tenkt eksempel med A6:
- ```
  $ORIGIN ip6.uninett.no.
  uninett IN A6  0 2001:700::
  fig     IN A6 32 0:0:1100:: uninett

  $ORIGIN fig.ol.no.
  ext-servere.ip6 IN A6 48 0:0:0:1::  fig.ip6.uninett.no.
  svabu           IN A6 64        ::4 ext-servere.ip6
  ```
- Vi vil vite IPv6-adressa for `svabu.fig.ol.no.` og vi vil bruke A6-poster for å finne svaret

FAGSKOLEN INNLANDET
  ```

DNS

A6

- Et tenkt eksempel med A6:
- `$ORIGIN fig.ol.no.`
  `svabu IN A6 64 ::4 ext-servere.ip6`
- Forklaring:
  - `svabu.fig.ol.no.` oppgir `::4`, mangler de 64 mest signifikante bitene og henviser til `ext-servere.ip6.fig.ol.no.`

FAGSKOLEN INNLANDET

- Et tenkt eksempel med A6:
- ```
  $ORIGIN fig.ol.no.
  svabu            IN A6 64        ::4 ext-servere.ip6
  ext-servere.ip6 IN A6 48 0:0:0:1::  fig.ip6.uninett.no.
  ```
- Forklaring:
  - ext-servere.ip6.fig.ol.no. oppgir 0:0:0:1::, mangler de 48 mest signifikante bitene og henviser til fig.ip6.uninett.no.
  ```

- Et tenkt eksempel med A6:
- ```
  $ORIGIN fig.ol.no.
  svabu            IN A6 64        ::4 ext-servere.ip6
  ext-servere.ip6 IN A6 48 0:0:0:1::  fig.ip6.uninett.no.

  $ORIGIN ip6.uninett.no.
  fig      IN A6 32 0:0:1100:: uninett
  ```
- Forklaring:
  - `fig.ip6.uninett.no.` oppgir `0:0:1100::`, mangler de 32 mest signifikante bitene og henviser til `uninett.ip6.uninett.no.`

FAGSKOLEN INNLANDET
  ```

- Et tenkt eksempel med A6:
-
```
$ORIGIN fig.ol.no.
svabu            IN A6 64       ::4 ext-servere.ip6
ext-servere.ip6 IN A6 48 0:0:0:1:: fig.ip6.uninett.no.

$ORIGIN ip6.uninett.no.
fig      IN A6 32 0:0:1100:: uninett
uninett IN A6  0 2001:700::
```
- Forklaring:
  - Kjeden slutter med `uninett.ip6.uninett.no.` og her angis de 32 mest signifikante bitene, `2001:700::`

FAGSKOLEN INNLANDET

- Et tenkt eksempel med A6:
- ```
  $ORIGIN fig.ol.no.
  svabu            IN A6 64         ::4 ext-servere.ip6
  ext-servere.ip6 IN A6 48 0:0:0:1::  fig.ip6.uninett.no.

  $ORIGIN ip6.uninett.no.
  fig      IN A6 32 0:0:1100:: uninett
  uninett IN A6  0 2001:700::
  ```
- Vi har påvist følgende adressekjede:
  - 0000:0000:0000:0000::4 → svabu.fig.ol.no.
  - 0000:0000:0000:0001:: → ext-servere.ip6.fig.ol.no.
  - 0000:0000:1100:0000:: → fig.ip6.uninett.no.
  - 2001:0700:0000:0000:: → uninett.ip6.uninett.no.
- Bitvis-OR gir den fullstendige adressa 2001:700:1100:1::4

FAGSKOLEN INNLANDET
  ```

Del VII

ICMPv6

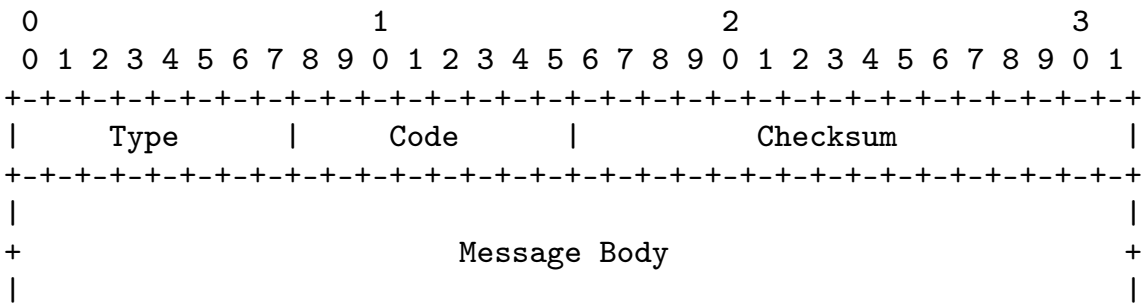
FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 7: ICMPv6 I

FAGSKOLEN INNLANDET

ICMPv6

- Feilrapportering- og feilsøkingstjeneste for IPv6
- Definert: RFC 4443 og RFC 4844
- ICMPv6-meldinger inneholder to tall som forteller noe om budskapets mening og innhold:
  - Type: hovednummer
  - Code: undernummer, settes til 0 når det ikke er definert noen undernummer
- I tillegg er det felter for sjekksum og andre opplysninger som er unike for hver type (og underkode) av meldingene
- Den generelle formen for ICMPv6-meldinger vises under



FAGSKOLEN INNLANDET

ICMPv6

- Fra RFC 4443
- Feilmeldinger:
  - 1: Destination Unreachable
  - 2: Packet Too Big
  - 3: Time Exceeded
  - 4: Parameter Problem
  - 100: Private eksperimenter
  - 101: Private eksperimenter
  - 127: Reservert for utvidelse av feilmeldingene
- Informative meldinger:
  - 128: Echo request (ping)
  - 129: Echo reply (pong)
  - 200: Private eksperimenter
  - 201: Private eksperimenter
  - 255: Reservert for utvidelse av informative meldinger

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 2710
- Angir tre nye ICMPv6-meldinger:
  - 130: Multicast Listener Query
  - 131: Multicast Listener Report
  - 132: Multicast Listener Done
- Brukes for å fortelle routere hvilke multicastadresser man vil motta trafikk for

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 4861
- Angir fem nye ICMPv6-meldinger:
  - 133: Router Solicitation
  - 134: Router Advertisement
  - 135: Neighbor Solicitation
  - 136: Neighbor Advertisement
  - 137: Redirect
- Sentral ved autokonfigurering av adresser
- Brukes for å bekrefte at nodene er oppegående og bestemme lag-2-adressene til mottakere
- Neighbor Discovery gjennomgås i detalj i del 8

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 2894
- Angir én ny ICMPv6-melding:
  - 138: Router Renumbering
- RFC 2894 angir følgende underkoder:
  - 0: Router Renumbering Command
  - 1: Router Renumbering Result
  - 255: Sequence Number Reset

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 4620
- Angir to nye ICMPv6-meldinger:
  - 139: Node Information Query
  - 140: Node Information Reply
- RFC 4620 angir følgende underkoder for type 139:
  - 0: Datafeltet inneholder en IPv6-adresse
  - 1: Datafeltet inneholder et navn
  - 2: Datafeltet inneholder en IPv4-adresse
- RFC 4620 angir følgende underkoder for type 140:
  - 0: Vellykket svar
  - 1: Svaret vil ikke bli avslørt
  - 2: Underkoden i forespørselen er ukjent

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 3122
- Angir to nye ICMPv6-meldinger:
  - 141: Inverse Neighbor Discovery Solicitation
  - 142: Inverse Neighbor Discovery Advertisement
- Gjør det mulig for én node å lære IPv6-adressen(e) til en annen node i samme VLAN, når man bare vet lag-2-adressa til den andre noden

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 3810
- Angir én ny ICMPv6-melding:
  - 143: Version 2 Multicast Listener Report
- Utvider MLDv1 (RFC 2710) med slik at bare bestemte avsendere er interessante (Source-Specific Multicast, RFC 3569)

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 6275
- Angir fire nye ICMPv6-meldinger:
  - 144: Home Agent Address Discovery Request
  - 145: Home Agent Address Discovery Reply
  - 146: Mobile Prefix Solicitation
  - 147: Mobile Prefix Advertisement
- Brukes for å tilrettelegge for digitale nomader

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 3971
- Angir to nye ICMPv6-meldinger:
  - 148: Certification Path Solicitation
  - 149: Certification Path Advertisement
- Med SEND unngås DoS-problemene til Neighbor Discovery
- Routerne deler ut kryptografisk genererte adresser RFC 3972
- Dette krever sertifikatstruktur (RPKI, RFC 6494) i routere og i klienter
- Ikke implementert i Cisco IOS 12.2(55)SE for Catalyst 3560G
- Ikke spesielt aktuelt for FSI, for annet enn ansattnett, på grunn av den administrative byrden

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 4065
- Angir én ny ICMPv6-melding:
  - 150: Experimental Mobility Type
- «The Seamoby Candidate Access Router Discovery (CARD) protocol [RFC 4066] and the Context Transfer Protocol (CXTP) [RFC 4067] are experimental protocols designed to accelerate IP handover between wireless access routers»

- Definert: RFC 4286
- Angir tre nye ICMPv6-meldinger:
  - 151: Multicast Router Advertisement
  - 152: Multicast Router Solicitation
  - 153: Multicast Router Termination
- Catalyst 3560G har ikke støtte for annet enn IPv4-multicast
- Ved FSI har vi ikke fått testet IPv6-multicast

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 5568
- Angir én ny ICMPv6-melding:
  - 154: FMIPv6, Fast handovers, Mobile IPv6

ICMPv6

RPL Control Message

- Definert: RFC 6550
- Angir én ny ICMPv6-melding:
  - 155: RPL Control Message
- IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks

FAGSKOLEN INNLANDET

ICMPv6

ILNPv6 Locator Update Message

- Definert: RFC 6743
- Angir én ny ICMPv6-melding:
  - 156: ILNPv6 Locator Update Message
- Identifier-Locator Network Protocol
- En eksperimentell måte å håndtere digitale nomader

FAGSKOLEN INNLANDET

- Definert: RFC 6775
- Angir to nye ICMPv6-meldinger:
  - 157: Duplicate Address Request
  - 158: Duplicate Address Confirmation
- Neighbor Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)

FAGSKOLEN INNLANDET

Del VIII

Neighbor Discovery

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 8: Neighbor Discovery I

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

- Definert: RFC 4861
- Angir fem nye ICMPv6-meldinger:
  - 133: Router Solicitation
  - 134: Router Advertisement
  - 135: Neighbor Solicitation
  - 136: Neighbor Advertisement
  - 137: Redirect
- Sentral ved autokonfigurering av adresser
- Brukes for å bekrefte at nodene er oppegående og bestemme lag-2-adressene til mottakere

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Router Solititation

```
Internet Control Message Protocol v6
    Type: Router Solicitation (133)
    Code: 0
    Checksum: 0xc065 [correct]
    Reserved: 00000000
    ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:21:70:73:68:6e)
        Type: Source link-layer address (1)
        Length: 1 (8 bytes)
        Link-layer address: Dell_73:68:6e (00:21:70:73:68:6e)
```

- Avsenders IPv6-adresse er enten `::/0` eller en av utgående grensesnitts IPv6-adresser
- Mottakers IPv6-adresse er vanligvis `FF02::2`
- «Hop Limit» i IPv6-headeren skal settes til 255
- Det er god sedvane å angi sin egen lag-2-adresse i ICMPv6-meldinga

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Router Advertisement

```
Internet Control Message Protocol v6
    Type: Router Advertisement (134)
    Code: 0
    Checksum: 0xfa8c [correct]
    Cur hop limit: 64
    Flags: 0x48
        0... .... = Managed address configuration: Not set
        .1.. .... = Other configuration: Set
        ..0. .... = Home Agent: Not set
        ...0 1... = Prf (Default Router Preference): High (1)
        .... .0.. = Proxy: Not set
        .... ..0. = Reserved: 0
    Router lifetime (s): 1800
    Reachable time (ms): 0
    Retrans timer (ms): 0
    ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:17:e0:77:14:57)
        Type: Source link-layer address (1)
        Length: 1 (8 bytes)
        Link-layer address: Cisco_77:14:57 (00:17:e0:77:14:57)
    ICMPv6 Option (MTU : 1500)
        Type: MTU (5)
        Length: 1 (8 bytes)
        Reserved
        MTU: 1500
```

- Avsenders IPv6-adresse må være routerens link-local-adresse for utgående grensesnitt
- Mottakers IPv6-adresse er enten adressa til den noden som sendte «Router Solicitation» eller til `FF02::1` for generell annonsering
- «Hop Limit» i IPv6-headeren skal settes til 255

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Router Advertisement

```
Internet Control Message Protocol v6
    Type: Router Advertisement (134)
    Code: 0
    Checksum: 0xfa8c [correct]
    Cur hop limit: 64
    Flags: 0x48
        0... .... = Managed address configuration: Not set
        .1.. .... = Other configuration: Set
        ..0. .... = Home Agent: Not set
        ...0 1... = Prf (Default Router Preference): High (1)
        .... .0.. = Proxy: Not set
        .... ..0. = Reserved: 0
    Router lifetime (s): 1800
    Reachable time (ms): 0
    Retrans timer (ms): 0
    ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:17:e0:77:14:57)
        Type: Source link-layer address (1)
        Length: 1 (8 bytes)
        Link-layer address: Cisco_77:14:57 (00:17:e0:77:14:57)
    ICMPv6 Option (MTU : 1500)
        Type: MTU (5)
        Length: 1 (8 bytes)
        Reserved
        MTU: 1500
```

- Routeren er snill og oppgir:
  - Autokonfigurasjon av adresser skal utføres
  - Andre opplysninger er tilgjengelig med DHCPv6
  - Dette er ingen «Home Agent»
  - Routerens preferansenivå er «High»
  - Annonseringens levetid er 1800 s = 30 min
  - Routerens lag-2-adresse
  - Linkens MTU-verdi

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Router Advertisement

```
ICMPv6 Option (Prefix information : 2001:700:1100:3::/64)
    Type: Prefix information (3)
    Length: 4 (32 bytes)
    Prefix Length: 64
    Flag: 0xc0
        1... .... = On-link flag(L): Set
        .1.. .... = Autonomous address-configuration flag(A): Set
        ..0. .... = Router address flag(R): Not set
        ...0 0000 = Reserved: 0
    Valid Lifetime: 2592000
    Preferred Lifetime: 604800
    Reserved
    Prefix: it.ip6.fig.ol.no (2001:700:1100:3::)
```

- Routeren oppgir følgende om 2001:700:1100:3::/64
  - Prefikset er direkte tilgjengelig
  - Autokonfigurasjon er tillatt
  - Genererte adresser er gyldige i 30 dager, med foretrukket levetid på 7 dager

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Neighbor Solititation

```
Internet Protocol Version 6, Src: 2001:700:1100:3:226:18ff:fef2:7240, Dst: ff02::1:ff52:67e2
    0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 32
    Next header: ICMPv6 (58)
    Hop limit: 255
    Source: pc226-02-w7.fig.ol.no (2001:700:1100:3:226:18ff:fef2:7240)
    Destination: ff02::1:ff52:67e2
Internet Control Message Protocol v6
    Type: Neighbor Solicitation (135)
    Code: 0
    Checksum: 0x4571 [correct]
    Reserved: 00000000
    Target Address: monitor2.fig.ol.no (2001:700:1100:3:20b:dbff:fe52:67e2)
    ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:26:18:f2:72:40)
        Type: Source link-layer address (1)
        Length: 1 (8 bytes)
        Link-layer address: AsustekC_f2:72:40 (00:26:18:f2:72:40)
```

- I dette tilfellet ville
  1. 2001:700:1100:3:226:18FF:FEF2:7240 sjekke om
  2. 2001:700:1100:3:20B:DBFF:FE52:67E2 fortsatt var i live
- Forespørselen ble sendt til «Solicited-node multicast-adressa» FF02::1:FF52:67E2

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Neighbor Advertisement

```
Internet Protocol Version 6, Src: 2001:700:1100:3:20b:dbff:fe52:67e2, Dst: 2001:700:1100:3:226:18ff:fef2:7240
    0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 32
    Next header: ICMPv6 (58)
    Hop limit: 255
    Source: monitor2.fig.ol.no (2001:700:1100:3:20b:dbff:fe52:67e2)
    Destination: pc226-02-w7.fig.ol.no (2001:700:1100:3:226:18ff:fef2:7240)
Internet Control Message Protocol v6
    Type: Neighbor Advertisement (136)
    Code: 0
    Checksum: 0x157e [correct]
    Flags: 0x60000000
        0... .... .... .... .... .... .... .... = Router: Not set
        .1.. .... .... .... .... .... .... .... = Solicited: Set
        ..1. .... .... .... .... .... .... .... = Override: Set
        ...0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 = Reserved: 0
    Target Address: monitor2.fig.ol.no (2001:700:1100:3:20b:dbff:fe52:67e2)
    ICMPv6 Option (Target link-layer address : 00:0b:db:52:67:e2)
        Type: Target link-layer address (2)
        Length: 1 (8 bytes)
        Link-layer address: DellEsgP_52:67:e2 (00:0b:db:52:67:e2)
```

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Neighbor Advertisement

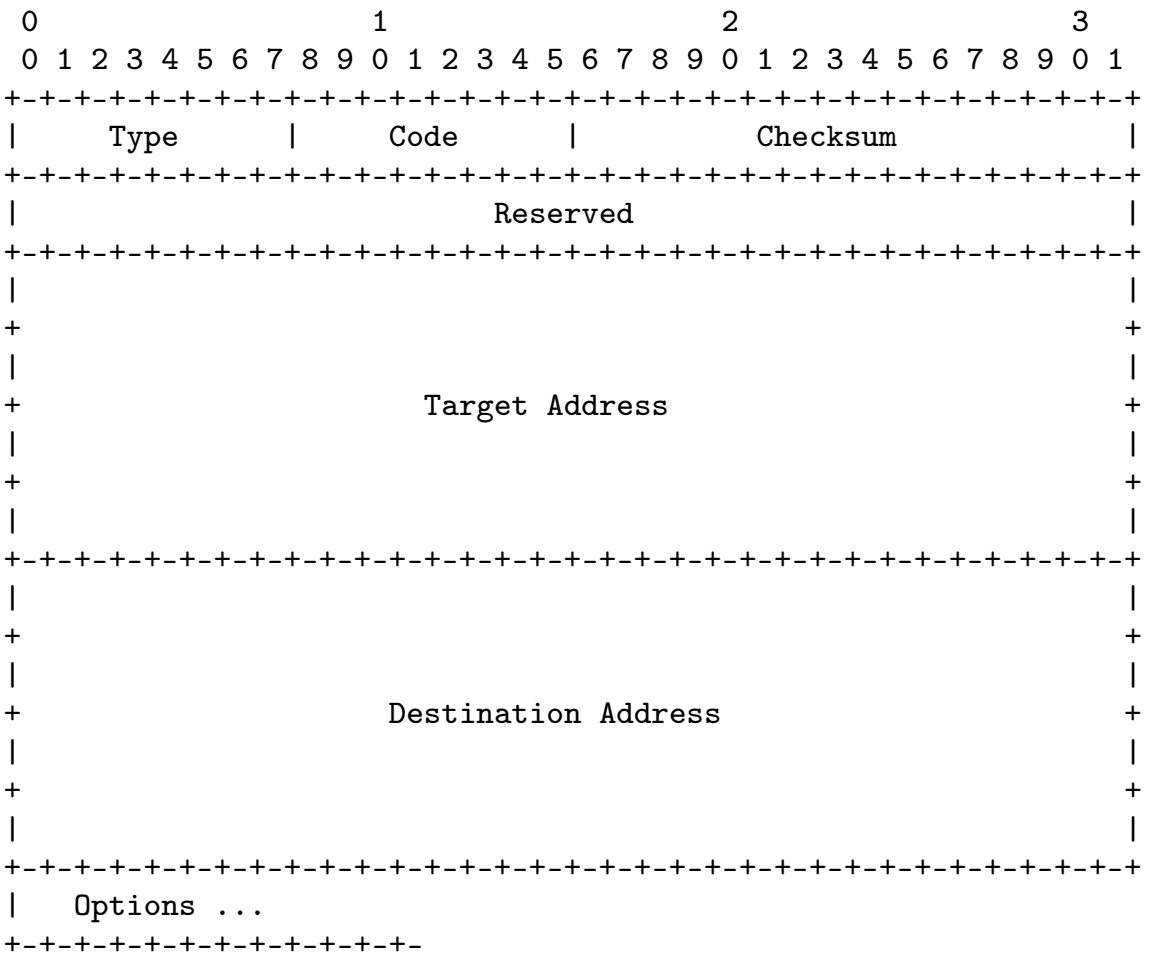
```
Internet Control Message Protocol v6
    Type: Neighbor Advertisement (136)
    Code: 0
    Checksum: 0x157e [correct]
    Flags: 0x60000000
        0... .... .... .... .... .... .... .... = Router: Not set
        .1.. .... .... .... .... .... .... .... = Solicited: Set
        ..1. .... .... .... .... .... .... .... = Override: Set
        ...0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 = Reserved: 0
    Target Address: monitor2.fig.ol.no (2001:700:1100:3:20b:dbff:fe52:67e2)
    ICMPv6 Option (Target link-layer address : 00:0b:db:52:67:e2)
        Type: Target link-layer address (2)
        Length: 1 (8 bytes)
        Link-layer address: DellEsgP_52:67:e2 (00:0b:db:52:67:e2)
```

- 2001:700:1100:3:20B:DBFF:FE52:67E2 sendte svar tilbake til 2001:700:1100:3:226:18FF:FEF2:7240 med klar beskjed om at
  - Den er ikke en router
  - Dette er et svar på en forespørsel og ikke en tilfeldig annonsering
  - Gamle opplysninger om 2001:700:1100:3:20B:DBFF:FE52:67E2 skal slettes
  - Lag-2-adressa er stadig 00:0B:DB:52:67:E2

FAGSKOLEN INNLANDET

Neighbor Discovery

Redirect



- Jeg har hittil ikke sett en eneste ICMPv6 redirect-melding

FAGSKOLEN INNLANDET

Del IX

DHCPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 9: DHCPv6 I

FAGSKOLEN INNLANDET

DHCPv6

- DHCPv6 er definert i RFC 3315 med oppdateringer fra RFC 3319, RFC 3633, RFC 3646, RFC 3736, RFC 4361, RFC 5007, RFC 5494, RFC 6221, RFC 6422, RFC 6603, RFC 6644 og RFC 7083
- Kommunikasjonen foregår først med multicast og UDP, og kan senere bytte til unicast og UDP
- Klientene bruker port 546, mens serverne og relay-agentene bruker port 547
- Klientene bruker sin egen link-local-adresse som avsender og multicast-adressa `FF02::1:2` som mottaker
- Relay-agentene videresender til multicast-adressa `FF05::1:3`, med mindre de kjenner og vil bruke unicast-adressa til serveren
- Serverne svarer med sin link-local-adresser som avsender og klientens link-local-adresse som mottaker

FAGSKOLEN INNLANDET

- Solicit
  - Fra klient til server/relay
  - Brukes for å oppdage servere
- Advertise
  - Fra server/relay til klient
  - Brukes for å varsle klienten om tjenestetilbudet
- Request
  - Fra klient til spesifikk server
  - Bruker for å etterspørre om adresser og andre opplysninger fra en bestemt server
- Confirm
  - Fra server/relay til klient
  - Brukes for å bestemme om tidligere oppgitt adresse fortsatt er gyldig

FAGSKOLEN INNLANDET

- Renew
  - Fra klient til server/relay
  - Brukes for å fornye leieavtalen og oppdatere andre opplysninger
- Rebind
  - Fra klient til server/relay
  - Brukes til annonsering i etterkant av en renew-melding, dersom det ikke kom noe svar på fornyelsen

FAGSKOLEN INNLANDET

- Reply
  - Fra server til klient
  - Serveren sender tildelt adresse og andre opplysninger i en reply-melding som svar på solicit-, request-, renew- og rebind-meldinger
  - Serveren sender konfigurasjonsparametre i en reply-melding som svar på en information-request-melding
  - Serveren sender en reply-melding som svar på en confirm-melding for å bekrefte eller avkrefte at adressa tilordnet klienten er gyldig eller ikke
  - Serveren sender en reply-melding for å kvittere for mottatt release- eller decline-meldinger
- Release
  - Fra klient til server/relay
  - Brukes for å frigjøre en utleid adresse

FAGSKOLEN INNLANDET

- Decline
  - Fra klient til server/relay
  - Brukes for å fortelle at en eller flere utdelte adresser allerede er tatt i bruk i nabolaget til klienten
- Reconfigure
  - Fra server til klient
  - Brukes for å gjøre klienten oppmerksom på nye opplysninger og at klienten må gjennomføre renew/reply- eller information-request/reply-transaksjoner for å få de nye opplysningene
- Information-request
  - Fra klient til server/relay
  - Brukes for å be om konfigurasjonsparametre uten å bli tildelt en adresse

FAGSKOLEN INNLANDET

- Relay-forward
  - Fra relay til relay/server
  - Brukes av relay for å videresende forespørsler fra klienter eller andre relay til en ny relay eller server
- Relay-reply
  - Fra server/relay til relay
  - Brukes av server for å videresende svar tilbake til klienter gjennom relay(kjeden)

FAGSKOLEN INNLANDET

DHCPv6

DHCP Unique Identifier, DUID

- Klientene identifiseres med DHCP Unique Identifier, DUID, som har variabel lengde og format
- Klientene kan ha flere nettverksgrensesnitt
- Hvert grensesnitt har i tillegg sin Identity Association Identifier, IAID, lengde 32 bit
- Klientene oppgir aktuell DUID og IAID i forespørslene
- DHCPv6-serverne har sine egne DUID og IAID, og oppgir disse i svarene

FAGSKOLEN INNLANDET

- DUID finnes i tre varianter:
  - Type 1: Linklagsadresse med tidspunkt for generering, `DUID-LLT`
  - Type 2: Unik identifikator basert på Enterprise-nummer utdelt av IANA, `DUID-EN`
  - Type 3: Linklagsadresse, `DUID-LL`

- Type 1 kan se slik ut:
  `00 01 00 01 13 10 43 9B 00 26 18 F2 72 40`
  - `00 01` angir at dette er DUID type 1.
  - `00 01` angir at det kommer en MAC-48-adresse til slutt
  - `13 10 43 9B` angir klokkeslettet målt i sekunder siden 1. januar 2000 UTC
    - I dette tilfellet: `0x1310439B` s, 319832987 s, 10.1351038909 år etter 1. januar 2000 UTC, altså 18. februar 2010, kl. 18:29:47 UTC
  - `00 26 18 F2 72 40` er MAC-48-adressa for systemet som dette eksempelet er hentet fra
- Type 3 kan se slik ut:
  `00 03 00 01 00 26 18 F2 72 40`
  - `00 03` angir at dette er DUID type 3.
  - `00 01` angir at det kommer en MAC-48-adresse til slutt
  - `00 26 18 F2 72 40` er MAC-48-adressa for systemet som dette eksempelet er hentet fra

FAGSKOLEN INNLANDET

- Type 1 er vanlig i Windows, og lagres i `Dhcpv6DUID` i `HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\services\TCPIP6\Parameters`
- Denne verdien må slettes før man lager et image av oppsettet, ellers vil alle maskinene identifisere seg som den samme klienten
- Type 3 er enklere og mer forutsigbart, og er det beste valget for statisk tildeling av IPv6-adresse via DHCPv6, spesielt med tanke på reinstallasjon av OS
- Jeg har ikke funnet noen måte å tvinge en bestemt DUID-type i Windows, annet enn å sette `Dhcpv6DUID` manuelt eller gjennom skript, og naturlig nok restarte Windows etterpå
- Dibbler og Unix-systemer er tradisjonelt langt snillere, og lar oss angi i konfigurasjonen de gangene vi ønsker `DUID-LL` istedet for `DUID-LLT`

FAGSKOLEN INNLANDET

DHCPv6

Identity association, IA

- RFC 3315
- Bla, bla, bla

FAGSKOLEN INNLANDET

DHCPv6

Identity association identifier, IAID

- RFC 3315
- Bla, bla, bla

FAGSKOLEN INNLANDET

Del X

Avansert multicast

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 10: Avansert multicast I

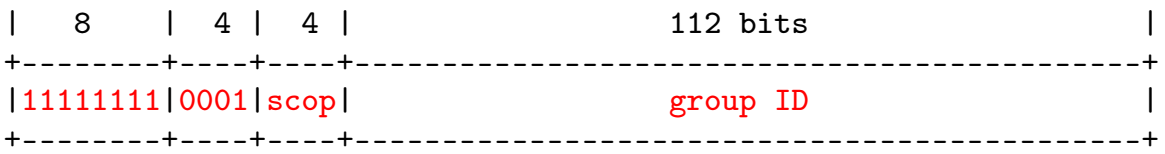
FAGSKOLEN INNLANDET

- Flaggene heter `0RPT` (null, err, pe, te)
- Flagget `T` angir med `0` at adressa er velkjent (definert av IANA), og med `1` at adressa er midlertidig (lokalt definert)
- Flagget `P` angir med `1` at adressa inneholder et unicast-prefiks og skal følge reglene i RFC 3306
- Flagget `R` angir med `1` at adressa også inneholder et møtepunkt («rendezvous point») og skal følge reglene i RFC 3956
- Flaggene `P` og `R` gjør det enkelt å lage egne multicast-adresser for internt bruk i organisasjonen

FAGSKOLEN INNLANDET

Avansert multicast

Når T er satt til 1

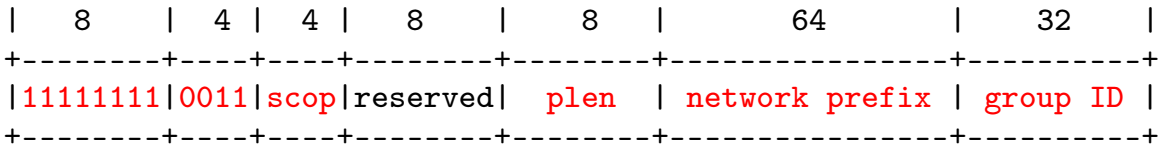


- Adresseformatet er gitt av RFC 4291
- De 12 mest signifikante bitene må beholdes som vist
- Rekkevidden settes til ønsket, lovlig verdi
- De 112 øvrige bitene kan settes fritt
- Eksempel:
  - `FF12:DEAD:BEEF:CAFE:0:FACE:B00C:1`
  - En midlertidig, link-local multicast-adresse

FAGSKOLEN INNLANDET

Avansert multicast

Når PT er satt til 11

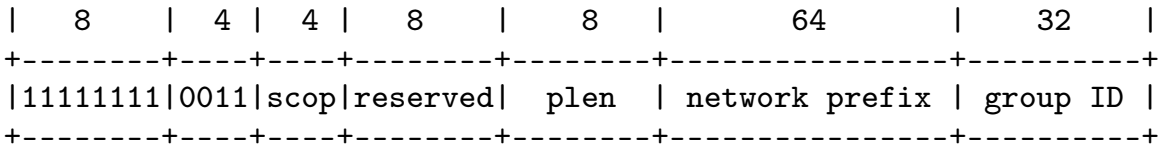


- Adresseformatet er gitt av RFC 3306
- De 12 mest signifikante bitene må beholdes som vist
- Rekkevidden settes til ønsket, lovlig verdi, og rekkevidden skal ikke overskride *utbredelsen* av det angitte nettverksprefikset
- Feltet «plen» settes til prefikslengden til nettverksprefikset for subnettet ditt, $0 < \texttt{plen} \leq 64$
- Nettverksprefikset er unicast-prefikset for subnettet ditt
- «Group ID» settes i tråd med retningslinjene til RFC 3307

FAGSKOLEN INNLANDET

Avansert multicast

Når PT er satt til 11

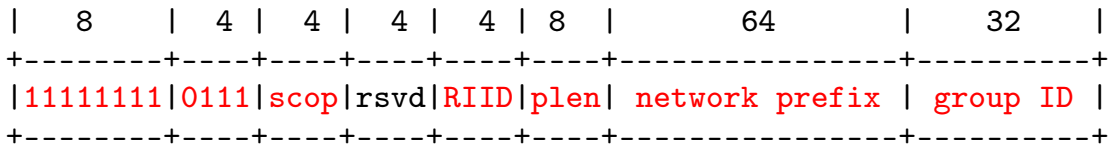


- Eksempler:
  - FF3E:0030:2001:700:1100:0:1337:1337
  - Den første adressa er begrenset til internett (global, 48-bit)
  - FF38:0030:2001:700:1100:0:1337:1337
  - Den andre adressa er begrenset til FSI, gitt at FSI er utgangspunktet (organizational-local, 48-bit)
  - FF32:0040:2001:700:1100:3:1337:1337
  - Den tredje adressa er begrenset til IT-avdelingen ved FSI, gitt at IT-avdelingen er utgangspunktet (link-local, 64-bit)

FAGSKOLEN INNLANDET

Avansert multicast

Når RPT er satt til 111

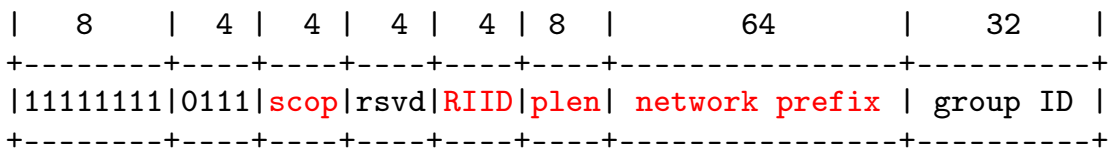


- Adresseformatet er gitt av RFC 3956
- De 12 mest signifikante bitene må beholdes som vist
- Rekkevidden settes til ønsket, lovlig verdi, og rekkevidden skal ikke overskride *utbredelsen* av det angitte nettverksprefikset
- Feltet «RIID» settes til møtepunktets grensesnittidentifikator
  - Feltet «RIID» kan ikke være 0, for dette skaper konflikt med «Subnet-Router Anycast Address» fra RFC 3513
- Feltet «plen» settes til prefikslengden til nettverksprefikset for subnettet ditt, $0 < \texttt{plen} \leq 64$
- Nettverksprefikset er unicast-prefikset for subnettet ditt
- «Group ID» settes i tråd med retningslinjene til RFC 3307

FAGSKOLEN INNLANDET

Avansert multicast

Når RPT er satt til 111



- Eksempel:
  - FF78:0130:2001:700:1100:0:1337:1337
    - Denne adressa er begrenset til organization-local
    - Nettverksprefikset er 2001:700:1100::/48
    - Møtepunktets adresse er 2001:700:1100::1
    - Møtepunktets adresse må konfigureres på et loopbackgrensesnitt i Fagskolens ytterste IPv6-multicast-router
    - ```
      interface Loopback1
       ipv6 address 2001:700:1100::1/128
      ```

FAGSKOLEN INNLANDET
      ```

Del XI

Konfigurasjon av IPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 11: Konfigurasjon av IPv6 I

61 Cisco IOS
- IPv6-unicast-routing
- IPv6-multicast-routing
- ACL-er
- DHCPv6
- Sperre for fremmed routerannonsering
- Sperre for falske DHCPv6-servere
- Kombinert ACL for kantporter

62 OS-konfig

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-unicast-routing

1. `configure terminal`
2. `sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6 default` (Rekonfigurere TCAM)
3. `end`
4. `reload`
5. `configure terminal`
6. `ip routing` (Nødvendig for IP-routing i det hele tatt)
7. `ipv6 unicast-routing`
8. `no ipv6 source-route` (Er unødvendig i nyere IOS)
9. `end`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-unicast-routing

```
1  interface GigabitEthernet0/49
2  description Linknett mellom FiG og Uninett/HiG
3  no switchport
4  ip address 128.39.70.170 255.255.255.252
5  ip access-group InetIPv4Inn in
6  ip access-group InetIPv4Ut out
7  ip pim sparse-mode
8  ip igmp version 3
9  ipv6 address 2001:700:0:8074::2/64
10 ipv6 nd ra suppress
11 ipv6 traffic-filter InetIPv6Inn in
12 ipv6 traffic-filter InetIPv6Ut out
```

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-unicast-routing

1. Default route:
   ```
   ipv6 route ::/0 GigabitEthernet0/49 2001:700:0:8074::1
   ```
2. Nullroute linknettet, og offisielle og private adresser:
   ```
   ipv6 route 2001:700:0:8074::/64 Null0
   ipv6 route 2001:700:1100::/48   Null0
   ipv6 route FD5C:14CF:C300::/48  Null0
   ```
3. Statisk routing av returtrafikk til VPN-klientene:
   ```
   ipv6 route FD5C:14CF:C300:A000::/52 Vlan29
   2001:700:1100:F002::2
   ```

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-unicast-routing

```
1  interface Vlan40
2  description Klasserom 100
3  ip address 128.39.194.1 255.255.255.192
4  ip access-group Vlan40IPv4InnFra in
5  ip access-group Vlan40IPv4UtTil out
6  ip helper-address 128.39.174.42
7  ip pim sparse-mode
8  ip igmp version 3
9  ipv6 address 2001:700:1100:8001::1/64
10 ipv6 nd other-config-flag
11 ipv6 nd router-preference High
12 ipv6 dhcp server offisiell
13 ipv6 traffic-filter Vlan40IPv6Infra in
14 ipv6 traffic-filter Vlan40IPv6UtTil out
```

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-multicast-routing

1. Global konfigurasjon:
   ```
   ipv6 multicast-routing
   ```
2. Begrense utbredelse av intern multicasttrafikk
   ```
   interface GigabitEthernet0/49
   ipv6 multicast boundary scope 8
   ```
   Bare trafikk med rekkevidde større enn 8 slipper ut på, og inn fra, internett
3. Kan du ikke bruke `ipv6 multicast boundary scope`, så må du bruke ACL-er og sperre for uaktuelle rekkevidder og *alle* mulige kombinasjoner av flagg! (Bare for å være føre var.)
4. Derfor burde flagg og rekkevidde ha omvendt rekkefølge i multicastadressene, men det toget har forlengst gått ...

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-multicast-routing

- Alle flagg og rekkevidde lik 3

```
deny ipv6 any FF03::/16
deny ipv6 any FF13::/16
deny ipv6 any FF23::/16
deny ipv6 any FF33::/16
deny ipv6 any FF43::/16
deny ipv6 any FF53::/16
deny ipv6 any FF63::/16
deny ipv6 any FF73::/16
deny ipv6 any FF83::/16
deny ipv6 any FF93::/16
deny ipv6 any FFA3::/16
deny ipv6 any FFB3::/16
deny ipv6 any FFC3::/16
deny ipv6 any FFD3::/16
deny ipv6 any FFE3::/16
deny ipv6 any FFF3::/16
```

- Alle flagg og rekkevidde lik 4

```
deny ipv6 any FF04::/16
deny ipv6 any FF14::/16
deny ipv6 any FF24::/16
deny ipv6 any FF34::/16
deny ipv6 any FF44::/16
deny ipv6 any FF54::/16
deny ipv6 any FF64::/16
deny ipv6 any FF74::/16
deny ipv6 any FF84::/16
deny ipv6 any FF94::/16
deny ipv6 any FFA4::/16
deny ipv6 any FFB4::/16
deny ipv6 any FFC4::/16
deny ipv6 any FFD4::/16
deny ipv6 any FFE4::/16
deny ipv6 any FFF4::/16
```

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-multicast-routing

- Alle flagg og rekkevidde lik 5:

```
deny ipv6 any FF05::/16
deny ipv6 any FF15::/16
deny ipv6 any FF25::/16
deny ipv6 any FF35::/16
deny ipv6 any FF45::/16
deny ipv6 any FF55::/16
deny ipv6 any FF65::/16
deny ipv6 any FF75::/16
deny ipv6 any FF85::/16
deny ipv6 any FF95::/16
deny ipv6 any FFA5::/16
deny ipv6 any FFB5::/16
deny ipv6 any FFC5::/16
deny ipv6 any FFD5::/16
deny ipv6 any FFE5::/16
deny ipv6 any FFF5::/16
```

- Alle flagg og rekkevidde lik 6:

```
deny ipv6 any FF06::/16
deny ipv6 any FF16::/16
deny ipv6 any FF26::/16
deny ipv6 any FF36::/16
deny ipv6 any FF46::/16
deny ipv6 any FF56::/16
deny ipv6 any FF66::/16
deny ipv6 any FF76::/16
deny ipv6 any FF86::/16
deny ipv6 any FF96::/16
deny ipv6 any FFA6::/16
deny ipv6 any FFB6::/16
deny ipv6 any FFC6::/16
deny ipv6 any FFD6::/16
deny ipv6 any FFE6::/16
deny ipv6 any FFF6::/16
```

FAGSKOLEN INNLANDET

- Alle flagg og rekkevidde lik 7:

```
deny ipv6 any FF07::/16
deny ipv6 any FF17::/16
deny ipv6 any FF27::/16
deny ipv6 any FF37::/16
deny ipv6 any FF47::/16
deny ipv6 any FF57::/16
deny ipv6 any FF67::/16
deny ipv6 any FF77::/16
deny ipv6 any FF87::/16
deny ipv6 any FF97::/16
deny ipv6 any FFA7::/16
deny ipv6 any FFB7::/16
deny ipv6 any FFC7::/16
deny ipv6 any FFD7::/16
deny ipv6 any FFE7::/16
deny ipv6 any FFF7::/16
```

- Alle flagg og rekkevidde lik 8:

```
deny ipv6 any FF08::/16
deny ipv6 any FF18::/16
deny ipv6 any FF28::/16
deny ipv6 any FF38::/16
deny ipv6 any FF48::/16
deny ipv6 any FF58::/16
deny ipv6 any FF68::/16
deny ipv6 any FF78::/16
deny ipv6 any FF88::/16
deny ipv6 any FF98::/16
deny ipv6 any FFA8::/16
deny ipv6 any FFB8::/16
deny ipv6 any FFC8::/16
deny ipv6 any FFD8::/16
deny ipv6 any FFE8::/16
deny ipv6 any FFF8::/16
```

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: IPv6-multicast-routing

- Hadde bare flagg og rekkevidde byttet plass i spesifikasjonen:

```
deny ipv6 any FF30::/12
deny ipv6 any FF40::/12
deny ipv6 any FF50::/12
deny ipv6 any FF60::/12
deny ipv6 any FF70::/12
deny ipv6 any FF80::/12
```

- Dette ville bare gitt 6 regler i ACL-ene
- Det er en sterk kontrast til de 96 reglene som vi må bruke i ACL-ene når vi ikke kan bruke `ipv6 multicast boundary scope 8`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6 I

Cisco IOS: ACL-er

1. `configure terminal`
2. `ipv6 access-list` *`access-list-name`*
3. `deny` | `permit` *`protocol`* {*`source-ipv6-prefix/prefix-length`* | `any` | `host` *`source-ipv6-address`*} [*`operator port-number`*] {*`destination-ipv6-prefix/prefix-length`* | `any` | `host` *`destination-ipv6-address`*} [*`operator port-number`*] [`dest-option`] [`dest-option-type` *`value`*] [`dscp` *`value`*] [`flow-label` *`value`*] [`fragments`] [`hbh`] [`log`] [`log-input`] [`mobility`] [`mobility-type` *`value`*] [`reflect` *`access-list-name`*] [`routing`] [`routing-type` *`value`*] [`sequence` *`value`*] [`time-range` *`name`*] [`undetermined-transport`]

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6 II

Cisco IOS: ACL-er

4. `deny | permit tcp {`*`source-ipv6-prefix/prefix-length`* `| any | host` *`source-ipv6-address`*`} [`*`operator port-number`*`] {`*`destination-ipv6-prefix/prefix-length`* `| any | host` *`destination-ipv6-address`*`} [`*`operator port-number`*`] [ack] [dest-option] [dest-option-type` *`value`*`] [dscp` *`value`*`] [established] [fin] [flow-label` *`value`*`] [hbh] [log] [log-input] [mobility] [mobility-type` *`value`*`] [psh] [reflect` *`access-list-name`*`] [routing] [routing-type` *`value`*`] [rst] [sequence` *`value`*`] [syn] [time-range` *`name`*`] [urg]`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6 III

Cisco IOS: ACL-er

5. deny | permit udp {*source-ipv6-prefix/prefix-length* | any | host *source-ipv6-address*} [*operator port-number*] {*destination-ipv6-prefix/prefix-length* | any | host *destination-ipv6-address*} [*operator port-number*] [dest-option] [dest-option-type *value*] [dscp *value*] [flow-label *value*] [hbh] [log] [log-input] [mobility] [mobility-type *value*] [reflect *access-list-name*] [routing] [routing-type *value*] [sequence *value*] [time-range *name*]

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6 IV

Cisco IOS: ACL-er

6. `deny | permit icmp {`*`source-ipv6-prefix/prefix-length`* `| any | host` *`source-ipv6-address`*`}`
   `{`*`destination-ipv6-prefix/prefix-length`* `| any | host` *`destination-ipv6-address`*`} [{`*`icmp-type`* `[`*`icmp-code`*`]} |`
   `icmp-message``] [dest-option] [dest-option-type` *`value`*`]`
   `[dscp` *`value`*`] [flow-label` *`value`*`] [log] [log-input] [mobility]`
   `[mobility-type` *`value`*`] [reflect` *`access-list-name`*`] [routing]`
   `[routing-type` *`value`*`] [sequence` *`value`*`] [time-range` *`name`*`]`
7. `evaluate` *`reflexive-access-list-name`* `[sequence` *`value`*`]`
8. `remark` *`comment`*
9. `exit`

   Husk:
   `operator` $\in$ {`gt` | `lt` | `neq` | `eq` | `range`}
   `reflect` er bare gyldig for `permit`-regler

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6 V

Cisco IOS: ACL-er

10. `interface` *`interface-id`*
11. `ipv6 traffic-filter` *`access-list-name`* `{in | out}`
12. `end`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6 VI

Cisco IOS: ACL-er

- Alle IPv6-ACL-er har følgende 5 regler innebygget (eng. implicit) på slutten:
  1. `permit icmp any any nd-na`
  2. `permit icmp any any nd-ns`
  3. `permit icmp any any router-advertisement`
  4. `permit icmp any any router-solicitation`
  5. `deny ipv6 any any`
- Disse reglene tillater Neighbor Discovery, og blokkerer all annen IPv6-trafikk
- Dine egne regler kommer *alltid* før de 5 reglene over, og kanskje må du kopiere de innebygde reglene og gjøre dine egne justeringer, for eksempel slå på logging av blokkert trafikk

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6 VII

Cisco IOS: ACL-er

- Ønsker du logging av blokkert trafikk, men vil samtidig ikke blokkere Neighbor Discovery, så må du gjøre slik:

```
1  remark Øvrige regler kommer før denne linja
2  permit icmp any any nd-na
3  permit icmp any any nd-ns
4  permit icmp any any router-advertisement
5  permit icmp any any router-solicitation
6  deny   ipv6 any any log
7  remark Her kommer de skjulte, implisitte reglene
8  permit icmp any any nd-na
9  permit icmp any any nd-ns
10 permit icmp any any router-advertisement
11 permit icmp any any router-solicitation
12 deny   ipv6 any any
```

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: DHCPv6

- `ipv6 dhcp pool offisiell`
  - `dns-server 2001:700:1100:1::3`
  - `dns-server 2001:700:1100:1::2`
  - `domain-name fig.ol.no`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::2`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::3`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::4`
  - `information refresh 0 2`
- `interface Vlan40`
  - `ipv6 dhcp server offisiell`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: DHCPv6

- `ipv6 dhcp pool ULA`
  - `dns-server 2001:700:1100:1::3`
  - `dns-server 2001:700:1100:1::2`
  - `domain-name fig.netlocal`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::2`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::3`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::4`
  - `information refresh 0 2`
- `interface Vlan31`
  - `ipv6 dhcp server ULA`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: DHCPv6

- `ipv6 dhcp pool dynamisk-utdeling-vlan60`
  - `address prefix 2001:700:1100:6::/64`
  - `dns-server 2001:700:1100:1::3`
  - `dns-server 2001:700:1100:1::2`
  - `domain-name fig.ol.no`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::2`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::3`
  - `sntp address 2001:700:1100:1::4`
  - `information refresh 0 2`
- `interface Vlan60`
  - `ipv6 address 2001:700:1100:6::1/64`
  - `ipv6 nd managed-config-flag`
  - `ipv6 nd other-config-flag`
  - `ipv6 nd router-preference High`
  - `ipv6 dhcp server dynamisk-utdeling-vlan60`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: Sperre for fremmed routerannonsering

- Fremmed routerannonsering må sperres i inngående retning på kantporter
- Nyere IOS har egne kommandoer for dette:
  - `interface range GigabitEthernet0/1 - 48`
    - `ipv6 nd raguard`
- Eldre IOS må bruke port-ACL-er for å oppnå det samme:
  - `ipv6 access-list sperre-fremmed-RA`
    1. `deny   icmp any any router-advertisement`
    2. `permit ipv6 any any`
  - `interface range GigabitEthernet0/1 - 48`
    - `ipv6 traffic-filter sperre-fremmed-RA in`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

Cisco IOS: Sperre for falske DHCPv6-servere

- Falske DHCPv6-servere må sperres i kantportene, og det beste er å bruke port-ACL-er:
  - `ipv6 access-list sperre-falske-dhcpv6-servere`
    1. `deny   udp  any eq 547 any`
    2. `permit ipv6 any        any`
  - `interface range GigabitEthernet0/1 - 48`
    - `ipv6 traffic-filter sperre-falske-dhcpv6-servere in`

FAGSKOLEN INNLANDET

- Kombinert ACL for kantporter
  - `ipv6 access-list kantporter`
    1. `deny   icmp any        any router-advertisement`
    2. `deny   udp  any eq 547 any`
    3. `permit ipv6 any        any`
  - `interface range GigabitEthernet0/1 - 48`
    - `ipv6 traffic-filter kantporter in`

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

OS-konfig

- De fleste moderne operativsystemer har IPv6-støtte
- Windows 2000 har en eksperimentell IPv6-protokoll, men mangler DNS-oppslag for `AAAA`
- IPv6 må installeres manuelt i Windows XP og Server 2003
  - DNS-oppslag sendes alltid over IPv4
  - Noe av AD-trafikken sendes alltid over IPv4
  - RDP-server i XP og Server 2003 kan bare bruke IPv4
- IPv6 er påskrudd i Windows Vista, Server 2008 og nyere versjoner
  - DNS-oppslag kan nå sendes over IPv6
  - Nyere Windows kan fint fungere med bare IPv6
- Linux og *BSD har hatt IPv6-støtte i lang tid
- Autokonfig med tilfeldig grensesnittidentifikator er det mest vanlige for skrivebordssystemer
- Manuell konfigurasjon er mest vanlig for serversystemer

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

OS-konfig

- Windows:
  - `netsh interface ipv6 set address "`*`navn-på-grensesnitt`*`" `*`IPv6-adresse`*
  - `netsh interface ipv6 set route ::/0 "`*`navn-på-grensesnitt`*`" `*`routerens-IPv6-adresse`*
- Eksempel:
  - `netsh interface ipv6 set address "Lokal tilkobling" 2001:700:1100:8001::1337`
  - `netsh interface ipv6 set route ::/0 "Lokal tilkobling" 2001:700:1100:8001::1`
- Konfigurasjon gjennom grafisk grensesnitt i «Kontrollpanelet» er også mulig

FAGSKOLEN INNLANDET

Konfigurasjon av IPv6

OS-konfig

- *BSD:
  - `ifconfig` *`navn-på-grensesnitt`* `inet6` *`IPv6-adresse`* `prefixlen` *`prefikslengde`*
  - `route add -inet6 default` *`routerens-IPv6-adresse`*
- Eksempel:
  - `ifconfig em0 inet6 2001:700:1100:8001::1337 prefixlen 64`
  - `route add -inet6 default 2001:700:1100:8001::1`
- Vanligvis lagres slike innstillinger permanent, for eksempel i `/etc/rc.conf`
  - `ifconfig_em0_ipv6="inet6 2001:700:1100:8001::1337 prefixlen 64"`
  - `ipv6_defaultrouter="2001:700:1100:8001::1"`

FAGSKOLEN INNLANDET

Del XII

Noen RFC-er om IPv6

FAGSKOLEN INNLANDET

Oversikt over del 12: Noen RFC-er om IPv6 I

FAGSKOLEN INNLANDET

Noen RFC-er om IPv6

- IPv6-spesifikasjon: RFC 2460, RFC 5095, RFC 5722, RFC 5871, RFC 6437, RFC 6564, RFC 6935 og RFC 6946
- ICMPv6: RFC 4443 og RFC 4884
- Neighbor Discovery: RFC 4861, RFC 5942 og RFC 6980
- Krav til IPv6-noder: RFC 6434
- Path MTU: RFC 1981
- DHCPv6: RFC 3315, RFC 3319, RFC 3633, RFC 3646, RFC 3736, RFC 4361, RFC 5494, RFC 6221, RFC 6422, RFC 6644 og RFC 7083
- Overføring av IPv6-pakker over Ethernet: RFC 2464 og RFC 6085
- Adressearkitektur: RFC 4291, RFC 5952 og RFC 6052
- Unicastadresser: RFC 3587
- ULA: RFC 4193

FAGSKOLEN INNLANDET

Noen RFC-er om IPv6

- Autokonfigurering av adresser: RFC 4862
- Tilfeldig grensesnittidentifikator: RFC 4941
- Prefiks-baserte multicastadresser: RFC 3306, RFC 3956 og RFC 4489
- IPsec: RFC 4301, RFC 4302, RFC 4303, RFC 4304, RFC 4307, RFC 4308, RFC 4309, RFC 4312, RFC 4835 og RFC 5996
- For programmerere av nettverksprogrammer: RFC 3493, RFC 3542 og RFC 4038
- Grunnleggende krav til IPv6-routere hos sluttbrukere (CER): RFC 7084

FAGSKOLEN INNLANDET