

IPv6-foredrag

Grunnleggende

Trond Endrestøl

Fagskolen Innlandet

19. september 2013

Foredragets filer

- ▶ Filene til foredraget er tilgjengelig gjennom:
 - ▶ Subversion: `svn co \`
`svn://svn.ximalas.info/ipv6-foredrag-grunnleggende`
 - ▶ Web:
`svnweb.ximalas.info/ipv6-foredrag-grunnleggende/`
- ▶ Hovedfila bærer denne identifikasjonen:
`$Ximalas: trunk/ipv6-foredrag-grunnleggende.tex 17`
`2013-09-19 15:22:15Z trond $`
- ▶ Foredraget er mekket ved hjelp av [GNU Emacs](#), [AUCTEX](#), [MiKTeX](#), dokumentklassa [beamer](#), [Subversion](#), [TortoiseSVN](#) og [Adobe Reader](#)

Kort om IPv6

Hva er IPv6?

- ▶ En lag-3-protokoll ment å erstatte IPv4
- ▶ Har eksistert siden desember 1995, [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

Kort om IPv6

Hva er IPv6?

- ▶ 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 mye mer enn det fullstendige IPv4-adresserommet:
 - ▶ $2^{32} = 4.294.967.296$
- ▶ Bare 3.702.258.688 IPv4-adresser kan bli brukt som offentlige IPv4-unicast-adresser
- ▶ Se Tronds utregning fra 2012: <http://ximalas.info/2012/07/20/how-many-ipv4-addresses-are-there/>

Kort om IPv6

Hvorfor trenger vi IPv6?

- ▶ Verden går tom for offentlige IPv4-adresser
- ▶ IANA gikk tom i februar 2011
 - ▶ APNIC gikk tom i april 2011
 - ▶ RIPE gikk tom i september 2012
 - ▶ Dersom disse RIR-ene oppfører seg pent:
 - ▶ LACNIC kan holde på til juni 2014
 - ▶ ARIN kan holde på til desember 2014
 - ▶ AFRINIC kan holde på til oktober 2020

Kort om IPv6

Hvorfor trenger vi IPv6?

- ▶ NAT (RFC 2663), CGN (RFC 6264) og Shared Address Space (RFC 6598) er bare støttebandasje med kort utløpstid
 - ▶ Glem det
 - ▶ Ende-til-ende-konnektivitet blir best oppnådd uten noen former for adresseoversettelse
- ▶ 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 (kan) brukes når prefikslengda er ulik 64 bit
- ▶ Kortere rutingtabeller

Kort om IPv6

Hvorfor trenger vi IPv6?

- ▶ 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
- ▶ Til gjengjeld trenger Uninett bare å annonsere dette IPv6-prefikset:
- ▶ 2001:700::/32

Kort om IPv6

IPv6 ved Fagskolen Innlandet

- ▶ 1994: Ble 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 hovedetasjen
- ▶ Sommeren 2006: Nytt Cisco-gear som Catalyst 3560G og 2960
 - ▶ 128.39.174.0/24 ble brukt til servernett og ansattnett, m.m.
 - ▶ 128.39.172.0/24 ble brukt til datalab
 - ▶ 128.39.173.0/24 ble brukt til klienter på trådløst studentnett

Kort om IPv6

IPv6 ved Fagskolen Innlandet

- ▶ 6. september 2006: IPv6-linknettet 2001:700:0:11D::/64 ble aktivert mellom HiG/Uninett og FSI
 - ▶ 2001:700:0:11D::1/64 brukes hos HiG
 - ▶ 2001:700:0:11D::2/64 brukes hos FSI
- ▶ Samme dag ble IPv6-subnett innført for FSI-VLAN-ene 20, 30, 70 og 80.
 - ▶ FSI-VLAN 20: 2001:700:1100:1::/64
 - ▶ FSI-VLAN 30: 2001:700:1100:2::/64
 - ▶ FSI-VLAN 70: 2001:700:1100:3::/64
 - ▶ FSI-VLAN 80: 2001:700:1100:4::/64
- ▶ Sommeren 2007: [Genererte](#) og [registrerte](#) ULA-serien [FD5C:14CF:C300::/48](#) for FSI-VLAN som tidligere bare brukte [RFC-1918](#)-adresser.

Kort om IPv6

IPv6 ved Fagskolen Innlandet

- ▶ Høsten 2010: Enda en IPv4-serie ble innført:
128.39.194.0/24
 - ▶ 128.39.172.0/23 brukes til klienter på trådløst studentnett
 - ▶ 128.39.194.0/24 brukes til datalab etter samme mønster som for 128.39.172.0/24
- ▶ I dag er de fleste brukere kasta over til OFK-nettene
- ▶ Dette skjedde etter ombyggingen i 2011–2012
- ▶ Andreklasse data er velsignet med å kunne velge mellom FSI- og OFK-nettene
- ▶ Andreklasse data velger som regel det førstnevnte, vanligvis FSI-VLAN 48, 128.39.194.192/27 og 2001:700:1100:8008::/64

Kort om IPv6

IPv6 ved Fagskolen Innlandet

- ▶ Alle FSI-VLAN har både IPv4- og IPv6-adresser
- ▶ 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)
 - ▶ Basestasjoner
 - ▶ WLAN-kontroller
 - ▶ UPS-er
 - ▶ Skrivere
 - ▶ VPN-klienter

Kort om IPv6

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
- ▶ Path MTU: RFC 1981
- ▶ DHCPv6: RFC 3315, RFC 4361, RFC 5494, RFC 6221, RFC 6422 og RFC 6644
- ▶ Overføring av IPv6-pakker over Ethernet: RFC 2464 og RFC 6085

Kort om IPv6

RFC-er om IPv6

- ▶ Adressearkitektur: [RFC 4291](#), [RFC 5952](#) og [RFC 6052](#)
- ▶ Unicastadresser: [RFC 3587](#)
- ▶ ULA: [RFC 4193](#)
- ▶ Autokonfigurering av adresser: [RFC 4862](#)
- ▶ Random interface ID: [RFC 4941](#)
- ▶ Prefiks-baserte multicastadresser: [RFC 3306](#), [RFC 3956](#) og [RFC 4489](#)
- ▶ For programmerere av nettverksprogrammer: [RFC 4038](#)

IPv6-header

- ▶ Bla, bla, bla

Adresser

- ▶ 128 bit
- ▶ Heksadesimal notasjon
- ▶ 16 bit grupperes, adskilt med kolon
- ▶ Ledende nuller kan sløyfes
- ▶ To eller flere 16-bit-blokker med nuller kan slås sammen til :: (dobbelkolon), bare én gang pr. adresse
- ▶ Prefikslengde angis ved å slenge på en skråstrek og antall signifikante bit fra venstre mot høyre

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:
2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

Adresser

Adressedemo

- ▶ Uninett:

2001:0700:0000:0000:0000:0000:0000

- ▶ FSI:

2001:0700:1100:0000:0000:0000:0000

- ▶ IT-avdelingen@FSI:

2001:0700:1100:0003:0000:0000:0000

- ▶ Tronds D531:

2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

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:
2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

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:

2001:0700:1100:0003:0221:70FF:FE73:686E

Adresser

Adressedemo

- ▶ 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:
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

Adresser

Adressedemo

- ▶ 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:
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

Adresser

Adressedemo

- ▶ 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:
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

Adresser

Adressedemo

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

Adresser

Adressedemo

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

Adresser

Adressedemo

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

Adresser

Adressedemo

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

Adresser

MAC-48-adresser

- ▶ MAC-48-adresser har følgende oppbygging:
 - ▶ 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
 - ▶ Bitet g angir med 0 at adressa angir ett individ, eller med 1 at adressa er en multicastgruppe

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 (CCCCCug)
- ▶ 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 et enkeltindivid

Adresser

Modda IEEE EUI-64-format

- ▶ Unicast-adresser består av 2 ting:
 - ▶ Prefiks
 - ▶ Grensesnittidentifikator
- ▶ Grensesnittidentifikatorer kan lages automatisk fra MAC-48-adresser
- ▶ Grensesnittidentifikatorer kan også angis manuelt

Adresser

Modda IEEE EUI-64-format

- ▶ Automatiske grensesnittidentifikatorer lages 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
 - ▶ 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 fra router: 2001:700:1100:3::/64
 - ▶ Fullstendig adresse: 2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

Adresser

Modda IEEE EUI-64-format

- ▶ OBS! Arbeidsuhell!
- ▶ Det skulle egentlig vært FF:FF i stedet for FF:FE
 - ▶ MAC-48 → EUI-64 skal bruke FF:FF
 - ▶ EUI-48 → EUI-64 skal bruke FF:FE
- ▶ Siden IPv6 bruker universal/local-bitet med invertert betydning/verdi, så er arbeidsuhellet akseptert
- ▶ Se [RFC 4291](#)

Adresser

Modda IEEE EUI-64-format

- ▶ Manuell grensesnittidentifikator innebærer at universal/local-bitet er satt til 0
- ▶ De øvrige 63 bitene kan være hva som helst, bare verdien ikke skaper kollisjon
- ▶ Normalt setter man en lav verdi for grensesnittidentifikatoren
- ▶ For eksempel ::53 (DNS-tjener, kanskje)
- ▶ Dermed er universal/local-bitet satt til 0 og dette indikerer en manuell adresse

Adresser

Adressetyper

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

Adresser

Link-local-adresser

- ▶ Definert: [RFC 4291](#)
- ▶ Bruksområde: lokal kommunikasjon internt i VLAN-et, sentral for autokonfigurasjon, blir ikke videresendt til andre VLAN eller til internett
- ▶ Prefiks: FE80::/10
- ▶ De 54 neste bitene skal settes til null
- ▶ De siste 64 bitene settes til MAC-48-adressa omformet til modda EUI-64-format
- ▶ Eksempel: FE80::221:70FF:FE73:686E

Adresser

Site-local-adresser

- ▶ Definert: [RFC 3513](#)
- ▶ Bruksområde: privat, intern kommunikasjon på lik linje med [RFC 1918](#)
- ▶ Prefiks: `FEC0::/10`
- ▶ De 38 neste bitene settes til null
- ▶ De 16 neste bitene kan brukes til subnet-ID
- ▶ De siste 64 bitene kan settes til MAC-48-adressa omformet til modda EUI-64-format eller settes manuelt
- ▶ Eksempel: `FEC0::DEAD:BEEF:1337`
- ▶ Ikke bruk site-local-adresser ([RFC 3879](#))
- ▶ Site-local-adresser er erstatta med ULA ([RFC 4193](#))