

# 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 19  
2013-09-19 19:38:24Z trond $`
- ▶ Foredraget er mekket ved hjelp av [GNU Emacs](#), [AUCT<sub>E</sub>X](#),  
[MiK<sub>T</sub>E<sub>X</sub>](#), 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?

- ▶ 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 oppnås best uten noen former for adresseoversettelse
- ▶ 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

### Andre nyttige ting ved IPv6

- ▶ Fragmentering skal gjøres hos avsender
- ▶ Avsender må sjekke veien og måle smaleste krøttesti
- ▶ Path MTU
- ▶ Sjekksum overlatt til høyere lag
- ▶ 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

## 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 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 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 og WLAN-kontroller
  - ▶ UPS-er
  - ▶ Skrivere
  - ▶ VPN-klienter

## Kort om IPv6

### 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](#)
- ▶ 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

### Noen 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



## Grunnleggende om 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

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

## Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Hierarkisk struktur

- ▶ Uninett:  
2001:0700:0000:0000:0000:0000:0000
- ▶ 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

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

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

## 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:  
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

## 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:  
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

## Grunnleggende om adresser

Adressedemo: To eller flere sammenhengende 16-bitgrupper 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:  
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E

## Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Erstattet med dobbelkolon

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

## Grunnleggende om adresser

Adressedemo: Kompakt form

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

## 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:  
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E/128

## 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:  
2001:700:1100:3:221:70FF:FE73:686E/128

## Grunnleggende om 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
  - ▶ Når g settes lik 1, så blir også u satt lik 1

## 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 et enkeltindivid

## Grunnleggende om 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

## Grunnleggende om adresser

### Modda IEEE EUI-64-format

- ▶ 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
  - ▶ 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



## Grunnleggende om 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](#)

## Grunnleggende om 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 adressekollisjon i samme VLAN
- ▶ Normalt setter man en lav verdi for manuelle grensesnittidentifikatorer
- ▶ For eksempel ::53 (DNS-tjener, kanskje)
- ▶ Dermed er universal/local-bitet satt til 0 og dette indikerer en manuell adresse

## Adresstyper

- ▶ Det finnes flere adresstyper 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 i stor grad erstatta med link-local-multicast

## Adresstyper

### Link-local-adresser

- ▶ Definert: [RFC 4291](#)
- ▶ Bruksområde: lokal kommunikasjon internt i VLAN-et, sentral for autokonfigurasjon, kan brukes i ad-hoc-nett, 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

## Adresstyper

### Site-local-adresser

- ▶ Definert: [RFC 3513](#)
- ▶ Bruksområde: private adresser 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](#))

## Adresstyper

### Offentlige unicast-adresser

- ▶ Definert: [RFC 4291](#)
- ▶ 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
- ▶ Til slutt i adressa finner vi grensesnittidentifikator eller maskinadresse
- ▶ Eksempel: 2001:700:1100:1::1/128

## Adresstyper

### 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

## Adresstyper

### Unike, lokale, aggregerbare adresser

- ▶ Reelt prefiks: `FD00::/8`
- ▶ De neste 40 bitene genereres tilfeldig, gjerne som beskrevet i [RFC 4193](#)
- ▶ De neste 16 bitene kan brukes til subnett
- ▶ De siste 64 bitene angir grensesnittidentifikator eller maskinadresse
- ▶ Eksempel: `FD5C:14CF:C300:31::1/128`

## Adresstyper

### Anycast-adresser

- ▶ Definert:
- ▶ Bruksområde: felles adresse for distribuerte tjenester
- ▶ Prefiks: ingen, allokeres fra dine egne unicast-adresser
- ▶ Eksempel: 2001:700:1100::/128 anycast

## Adresstyper

### Multicast-adresser

- ▶ Definert:
- ▶ Bruksområde: en-til-mange-kommunikasjon
- ▶ Prefiks: FF::/8
- ▶ Flagg  $f$  og rekkevidde  $r$  er innebygget i adressa: FF $f$  $r$ ::/16
- ▶ Eksempel: FF0E::101/128