

# Datornätverk

# IP-adresser och Subnetting

Lennart Franked

6 maj 2026

# 1. Nätverkslagret

## 2. IPv4

# Läsanvisningar

Denna föreläsning är baserad på

- [2, Chapter 7.4, 8.3]

Denna föreläsning är ett komplement till läsanvisningarna.

# Table of Contents

## 1. Nätverkslagret

## 2. IPv4

# Protokoll på nätverkslagret

- Tre huvudsakliga protokoll som används på Nätverkslagret
  - IPv4 (Adressering)
  - IPv6 (Adressering)
  - IGMP (Multicast)
- Tre stödprotokoll
  - ICMP (Status och felkontroll)
  - ARP (IP till MAC)
  - DHCP (Dynamisk tilldelning av IP)

Vi kommer fokusera på IPv4 i denna föreläsning.

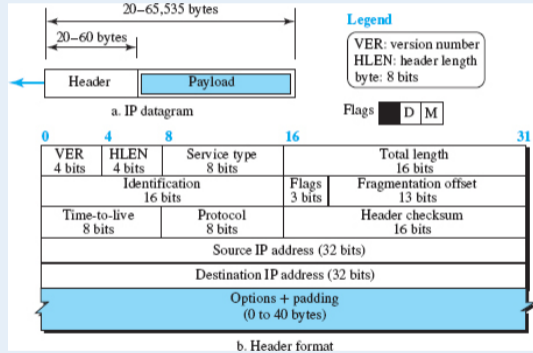
# Table of Contents

## 1. Nätverkslagret

## 2. IPv4

# IPv4-header

## IPv4 Header



Figur: IPv4-Header [2, fig 7.13]

# IPv4 Adressrymd

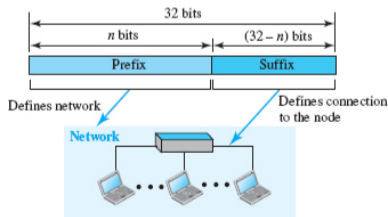
## Käll och Destinationsadress

- 32 bitar är avsedda för att representera en IPv4 adress.
  - $2^{32} \approx 4$  miljarder adresser

# Segmentera ett nätverk på nätverkslagret

## Nätverkssegmentering (del 1)

- En IP-adress är uppbyggd av en nätverksdel (prefix) och en hostdel (suffix).
- Alla enheter som delar prefix (adressrymd) kan kommunicera med varandra utan att behöva passera en router.
- Enheter med olika prefix kan bara kommunicera genom en router.

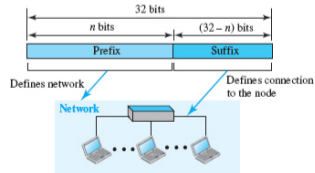


Figur: Prefix och suffix [2]

# Segmentera ett nätverk på nätverkslagret

## Nätverkssegmentering (del 2)

- En subnätmask används för att avgöra vilken del av adressen är vad.
- Subnätmasken måste bestå av en kontinuerlig sträng med '1':or, följt av '0':or.
- En '1':a i subnätmasken innebär att motsvarande bit i IP-adressen tillhör prefixet.
- En '0':a i subnätmasken innebär att motsvarande bit i IP-adressen tillhör suffixet.



Figur: Prefix och suffix [2]

# Subnätmask

Prefix Length	Subnet Mask	Subnet Mask in Binary (n = network, h = host)	# of hosts
/8	255.0.0.0	<pre> nnnnnnnn . hhhhhhhh . hhhhhhhh . hhhhhhhh 11111111 . 00000000 . 00000000 . 00000000           </pre>	16,777,214
/16	255.255.0.0	<pre> nnnnnnnn . nnnnnnnn . hhhhhhhh . hhhhhhhh 11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000           </pre>	65,534
/24	255.255.255.0	<pre> nnnnnnnn . nnnnnnnn . nnnnnnnn . hhhhhhhh 11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000           </pre>	254

Figur: Subnätmask [1, Chapter 11]

# Nätverks-, Host- och Broadcast-adresser

Varje nätverksrymd har två reserverade adresser

## Nätverks-ID

- Nätverks-ID: "Namnet" för nätverket.
- Alla bitar i suffixet är '0'
- Används vid routing för att identifiera ett specifikt nätverk.
- *Kan inte tilldelas till en värd.*

## Broadcast-adress

- Broadcast-adress: En adress som används för att nå alla värdar i nätverket.
- Alla bitar i suffixet är '1'
- *Kan inte tilldelas till en värd.*

*Vid beräkning av hur många värdar ett nätverk kan ha, måste man därför dra av 2 adresser.*

# Nätverks-, Host- och Broadcast-adresser

Network, Host, and Broadcast Addresses

	Network Portion	Host Portion	Host Bits
Subnet mask <b>255.255.255.0</b> or /24	255    255    255 11111111 11111111 11111111	0 00000000	
Network address <b>192.168.10.0</b> or /24	192    168    10 11000000 10101000 00001010	0 00000000	All 0s
First address <b>192.168.10.1</b> or /24	192    168    10 11000000 10101000 00001010	1 00000001	All 0s and a 1
Last address <b>192.168.10.254</b> or /24	192    168    10 11000000 10101000 00001010	254 11111110	All 1s and a 0
Broadcast address <b>192.168.10.255</b> or /24	192    168    10 11000000 10101000 00001010	255 11111111	All 1s

Figur: Adresstyper [1, Chapter 11]

# Klassfull och klasslös adressering

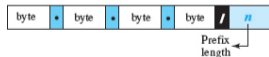
## Klasslös

- Längden på subnätmasken anges med en “slash notation”
- t.ex. /24 innebär 24st '1'or, implicerar 8st '0'or

## Klassfull

Förlegat, används inte. Lagg ingen energi på detta.

Kan ibland användas för att hänvisa till ett /8 (Klass A), /16 (Klass B) eller /24 (Klass C) nätverk.



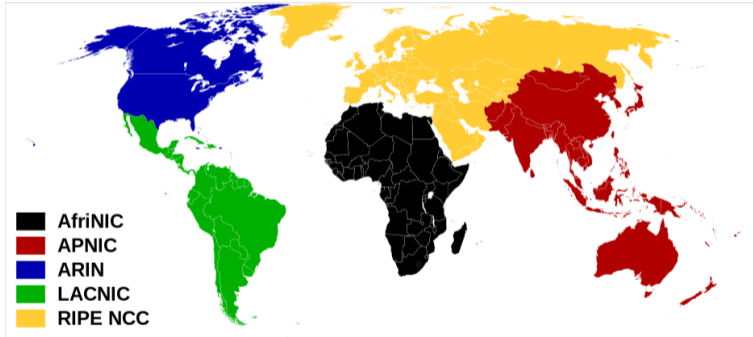
Examples:  
12.24.76.8/8  
23.14.67.92/12  
220.8.24.255/25

Figur: CIDR/Slashnotation [2]

# Prefixtilldelning

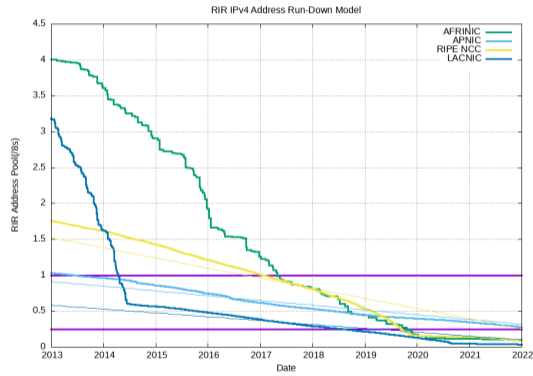
- IANA (Internet Assigned Numbers Authority)
- IP-adresser och Autonomous System numbers (ASN)
- Tilldelar adressrymder (prefix) till regionella internet registrarer.
  - APNIC (Asia-Pacific Network Information Centre)
  - AfriNIC (African Network Information Centre)
  - ARIN (American Registry for Internet Numbers)
  - LACNIC (Latin-America and Caribbean Network Information Centre)
  - RIPE (Réseaux IP Européens, European IP Networks)

# Regionala internetregistrarer



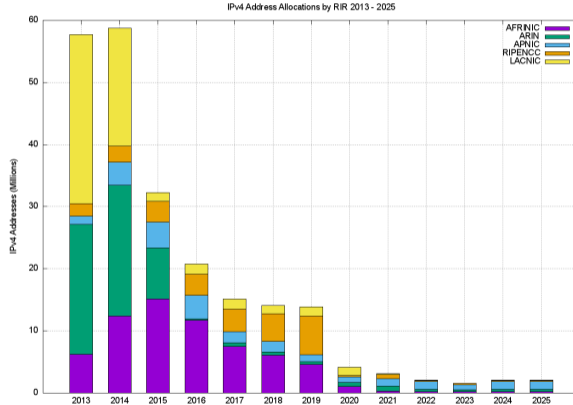
Figur: Regional Internet Registries [5]

# Projektion från 2022



Figur: Projection of consumption of Remaining RIR Address Pools [4]

# Tilldelade prefix 2013 — 2025



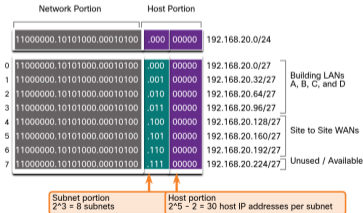
Figur: Tilldelade adresser 2013 — 2025 [3]

## Några viktiga adressrymder

- RFC 1122 — Loopbackadresser, trafik som inte lämnar värden.  
(127.0.0.1/8)
- RFC 1918 — Anger privata adressrymder (10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, 192.168.0.0/16)
- RFC 3021 — Tillåter subnät med mask /31 (Stöds av de flesta moderna tillverkare, men undantag förekommer)
- RFC 3927 — Dynamiska IPv4 adresser när ingen DHCP finns.  
(169.254.0.0/16)
- RFC 6598 — CGNAT, privat adressrymd inom en ISP (100.64.0.0/10)
- RFC 5771 — Multicast (224.0.0.0/4)

# Subnetting

- Dela upp ett givet prefix i mindre nätverk.
- Möjliggör för en prefixägare att lokalt segmentera upp den adressrymd de blivit tilldelade
- ISPer skapar små subnät för att hyra ut till kund
- Organisationer kan segmentera upp deras nätverk
- Optimerar trafikflöden.

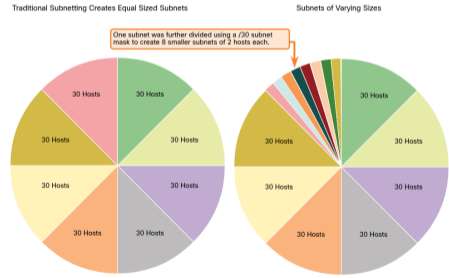


Figur: Subnetting [1, Chapter 11]

# Variable Length Subnet Masking (VLSM)

## VLSM

- Tillåter oss att inte behöva ha lika stora nät.
- Möjliggör ett effektivt utnyttjande av adressrymden.

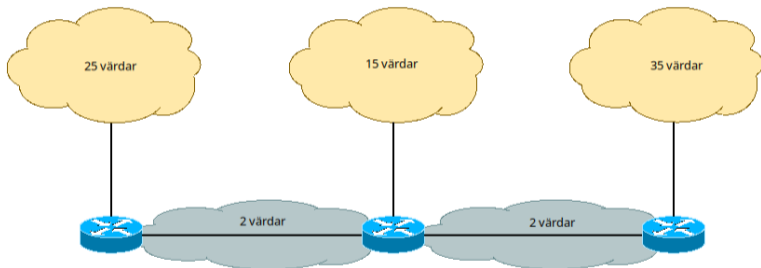


Figur: VLSM [1, Chapter 11]

# Subnetting exempel

## Subnetting-exempel

- 5st nätverk
- 3st LAN
  - 25 värdar
  - 15 värdar
  - 35 värdar
- 2st point-to-point



Figur: VLSM exempel

# Adressrymder

## Adresser per subnät

- Suffix-längden på ett subnät avgör antalet adresser
- Längden avser antalet bitar, därav måste varje subnät vara en potens av 2.
- Andra-logaritmen kan användas för att ta reda på antalet bitar som måste finnas i suffixet.

## Beräkningsexempel

Vi behöver en adressrymd med 500 adresser. Vad blir längden på suffixet och prefixet? Hur många adresser totalt kommer adressrymden inrymma?

Suffixlängd:  $\lceil \log_2(500 + 2) \rceil = 9$

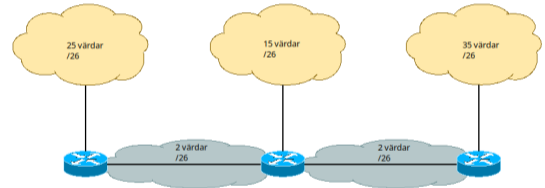
Prefixlängd:  $32 - 9 = 23$

Vilket ger  $2^9 = 512$  adresser

# Subnetting exempel forts.

## Utan VLSM

- Hitta största nätverket → 35 värdar
- Prefixlängd:  
 $32 - \lceil \log_2(35 + 2) \rceil = 26$
- Antal användbara adresser per adressrymd:  
 $2^6 - 2 = 62$
- 5st subnet á 62 = 310 användbara adresser för 79 värdar.



Figur: VLSM exempel

# Subnetting exempel forts.

## Med VLSM

Tabell: Hitta prefixlängd för respektive nätverk (börja alltid med största nätet)

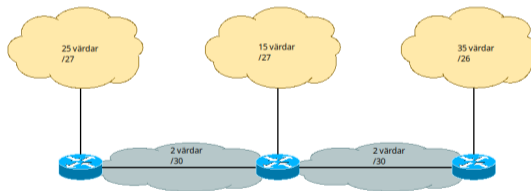
Prefixlängd	# Adresser
$32 - \lceil \log_2(35 + 2) \rceil = 26$	$2^6 - 2 = 62$
$32 - \lceil \log_2(25 + 2) \rceil = 27$	$2^5 - 2 = 30$
$32 - \lceil \log_2(15 + 2) \rceil = 27$	$2^5 - 2 = 30$
$32 - \lceil \log_2(2 + 2) \rceil = 30$	$2^2 - 2 = 2$
$32 - \lceil \log_2(2 + 2) \rceil = 30$	$2^2 \cdot 2 = 2$

$62 + 30 + 30 + 2 + 2 = 126$  användbara adresser för 79 värdar.

# Beräkningsexempel: Tildela adresser

## Tildela adresser

Nätverket i bilden har blivit tilldelade nätverksrymden 203.0.113.0/24  
Hur ska vi gå tillväga för att tildela dessa adresser?



Figur: VLSM exempel

## Beräkningsexempel: Tildela adresser

Vi har redan tagit fram storleken på de subnät vi behöver.

Tabell: Hitta prefixlängd för respektive nätverk (börja alltid med största nätet)

Prefixlängd	# Adresser	CIDR-notation
SN1: $32 - \lceil \log_2(35 + 2) \rceil = 26$	$2^6 - 2 = 62$	/26
SN2: $32 - \lceil \log_2(25 + 2) \rceil = 27$	$2^5 - 2 = 30$	/27
SN3: $32 - \lceil \log_2(15 + 2) \rceil = 27$	$2^5 - 2 = 30$	/27
SN4: $32 - \lceil \log_2(2 + 2) \rceil = 30$	$2^2 - 2 = 2$	/30
SN5: $32 - \lceil \log_2(2 + 2) \rceil = 30$	$2^2 - 2 = 2$	/30

# Exempelmetod: Bygga ett binärt träd

## Konvertera nätverksprefixet till binärt

$203/2 = 101$  rest = 1  
 $101/2 = 50$  rest = 1  
 $50/2 = 25$  rest = 0  
 $25/2 = 12$  rest = 1  
 $12/2 = 6$  rest = 0  
 $6/2 = 3$  rest = 0  
 $3/2 = 1$  rest = 1  
 $1/2 = 0$  rest = 1

$203_{10} = 11001011_2$

$0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0

$0_{10} = 00000000_2$

$113/2 = 56$  rest = 1  
 $56/2 = 28$  rest = 0  
 $28/2 = 14$  rest = 0  
 $14/2 = 7$  rest = 0  
 $7/2 = 3$  rest = 1  
 $3/2 = 1$  rest = 1  
 $1/2 = 0$  rest = 1  
 $0/2 = 0$  rest = 0

$113_{10} = 01110001_2$

$0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0  
 $0/2 = 0$  rest = 0

$0_{10} = 00000000_2$

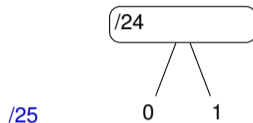


# Steg 1: Startnätverket

/24

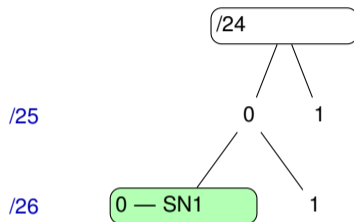
Startnätverket är 203.0.113.0/24

## Steg 2: Dela /24



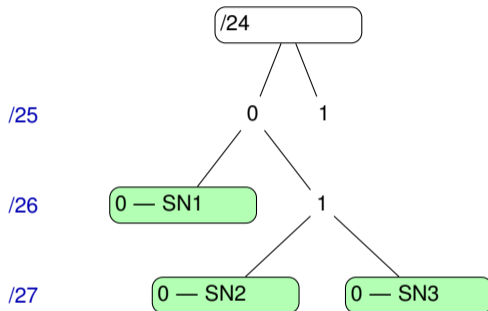
Dela /24 i två /25-nätverk (bit 25 avgör halvorna)

## Steg 3: Allokera SN1 (/26)



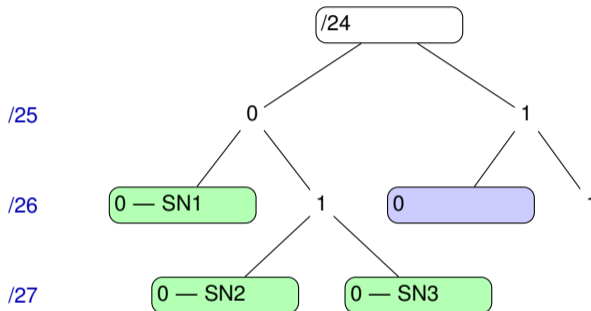
SN1 kräver /26 — allokeras det vänstra /26 ur vänster /25

## Steg 4: Allokerera SN2 och SN3 (/27)



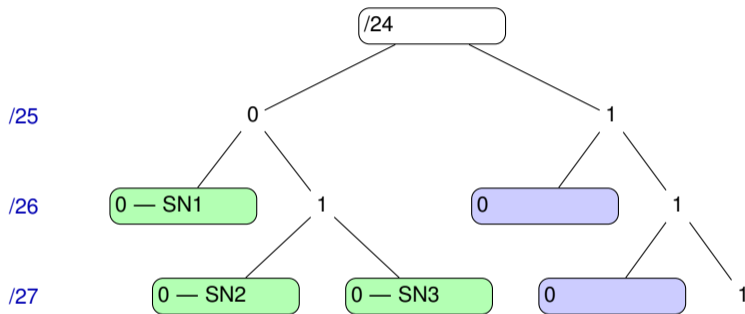
SN2 och SN3 kräver /27 — dela kvarvarande /26. Vänster /25 är nu fullt allokerat.

## Steg 5: Börja med SN4 och SN5



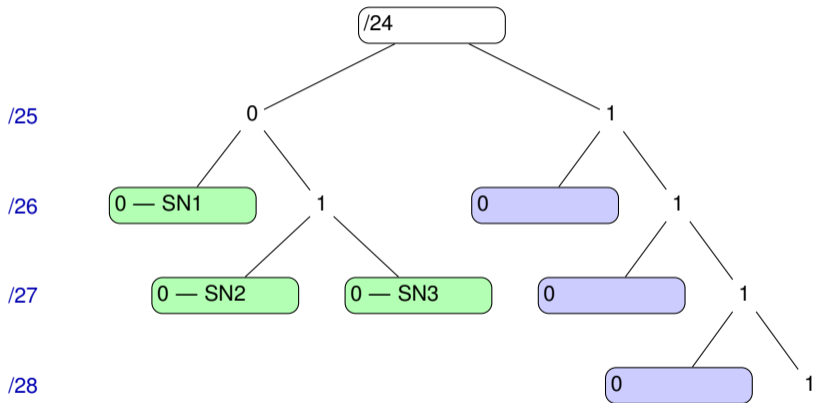
SN4 och SN5 kräver /30. Dela höger /25 — 0 oallokerad (blå), 1 delas vidare.

## Steg 6: Dela höger /26



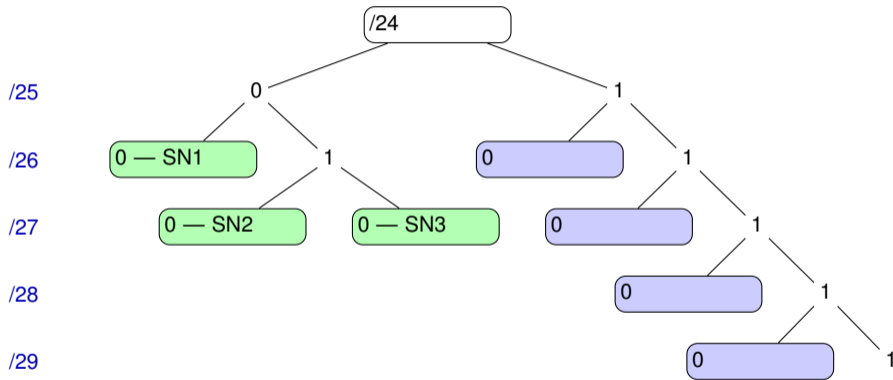
Fortfarande inte /30. Dela höger /26 — 0 oallokerad (blå), 1 delas vidare.

## Steg 7: Dela höger /27



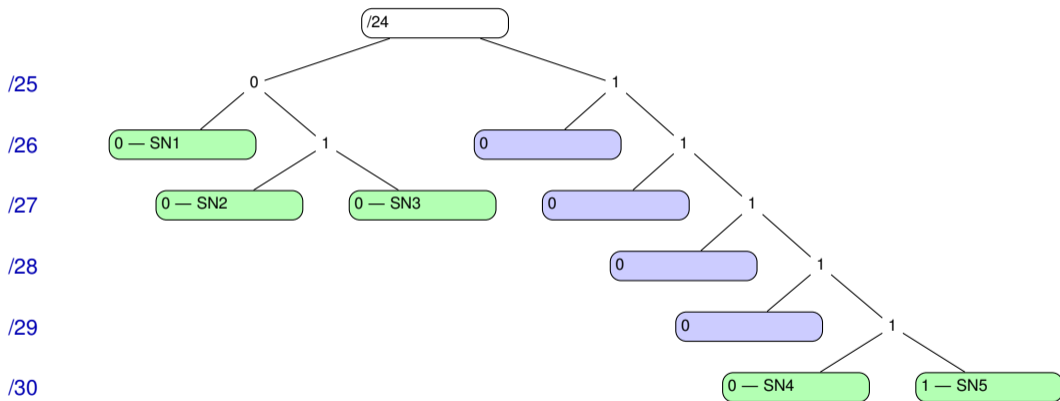
Fortfarande inte /30. Dela höger /27 — 0 oallokerad (blå), 1 delas vidare.

## Steg 8: Dela höger /28



Fortfarande inte /30. Dela höger /28 — 0 oallokerad (blå), 1 delas vidare.

## Steg 9: Allokerar SN4 och SN5 (/30)



Nu kan vi allokerar SN4 (0) och SN5 (1) som /30 ur höger /29.

# Konvertera tillbaka till decimalt (SN1)

$\underbrace{11001011.00000000.01110001}_{\text{Nätverksprefix}} . \underbrace{00}_{\text{Subnät}} \underbrace{000000}_{\text{Host}}$

## SN1 — 4e oktett

$$1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 203_{10}$$

$$0 * 2^7 + 0 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 0_{10}$$

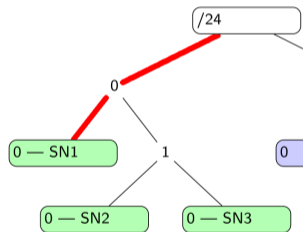
$$0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 113_{10}$$

$$0 * 2^7 + 0 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 0_{10}$$

Då SN1 har en prefixlängd på /26 ger det oss adressrymden

203.0.113.0/26 →

203.0.113.0 – 203.0.113.63



## Konvertera tillbaka till decimalt (SN2)

$\underbrace{11001011.00000000.01110001}_{\text{Nätverksprefix}} . \underbrace{010}_{\text{Subnät}} \underbrace{00000}_{\text{Host}}$

### SN2 — 4e oktett

$$1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 203_{10}$$

$$0 * 2^7 + 0 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 0_{10}$$

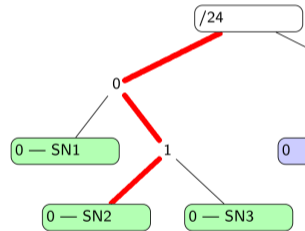
$$0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 113_{10}$$

$$0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 64_{10}$$

Då SN2 har en prefixlängd på /27 ger det oss adressrymden

203.0.113.64/27 →

203.0.113.64 – 203.0.113.95



# Konvertera tillbaka till decimalt (SN3)

$\underbrace{11001011.00000000.01110001}_{\text{Nätverksprefix}} . \underbrace{011}_{\text{Subnät}} \underbrace{00000}_{\text{Host}}$

## SN3 — 4e oktett

$$1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 203_{10}$$

$$0 * 2^7 + 0 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 0_{10}$$

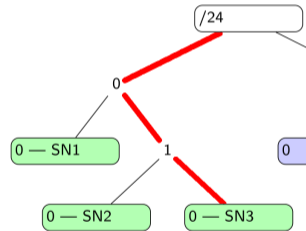
$$0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 113_{10}$$

$$0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 96_{10}$$

Då SN3 har en prefixlängd på /27 ger det oss adressrymden

203.0.113.96/27 →

203.0.113.96 – 203.0.113.127



# Konvertera tillbaka till decimalt (SN4)

$\underbrace{11001011.00000000.01110001}_{\text{Nätverksprefix}} . \underbrace{111110}_{\text{Subnät}} \underbrace{00}_{\text{Host}}$

## SN4 — 4e oktett

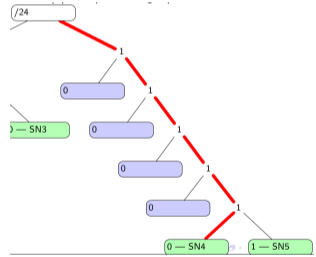
$$1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 203_{10}$$

$$0 * 2^7 + 0 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 0_{10}$$

$$0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 113_{10}$$

$$1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 1 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 248_{10}$$

Då SN4 har en prefixlängd på /30 ger det oss adressrymden  
 203.0.113.248/30 →  
 203.0.113.248 – 203.0.113.251



# Konvertera tillbaka till decimalt (SN5)

$\underbrace{11001011.00000000.01110001}_{\text{Nätverksprefix}} . \underbrace{111111}_{\text{Subnät}} \underbrace{00}_{\text{Host}}$

## SN5 — 4e oktett

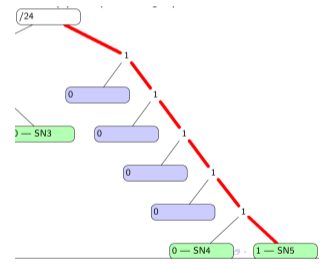
$$1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 203_{10}$$

$$0 * 2^7 + 0 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 0_{10}$$

$$0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 = 113_{10}$$

$$1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 1 * 2^3 + 1 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 252_{10}$$

Då SN5 har en prefixlängd på /30 ger det oss adressrymden  
 203.0.113.252/30 →  
 203.0.113.252 – 203.0.113.255



# Sammanfattning

- En IPv4-adress är 32 bitar och delas upp i ett *prefix* (nätverk) och ett *suffix* (värd).
- En *subnätmask* avgör vilka bitar som tillhör prefixet respektive suffixet.
- Varje nätverk har två reserverade adresser: *nätverks-ID* och *broadcast*.
- *VLSM* möjliggör subnät av olika storlek för effektivt utnyttjande av adressrymden.
- Subnät måste alltid vara en potens av 2 i storlek.
- Börja alltid med det största nätverket vid subnetting.



Mittuniversitetet  
MID SWEDEN UNIVERSITY