

Datornätverk

IP-adressering i fastighetsnät

Lennart Franked

20 augusti 2026

- 1. IP-adressen**
- 2. Subnät i fastigheten**
- 3. Adresstilldelning**
- 4. ARP och adressfel**

Läsanvisningar

Denna föreläsning är baserad på

- [7, kapitel 7.4, 8.3]
- [4, kapitel 11]

För den som vill läsa primärkällorna:

- Privata adresser [10] och CIDR [8]
- DHCP [6] och link-local-adresser [3]
- ARP [9] och detektering av dubbletta adresser [2]

Table of Contents

1. IP-adressen

2. Subnät i fastigheten

3. Adresstilldelning

4. ARP och adressfel

Var vi är

Förra föreläsningen

- Switchen arbetar på *länklagret* (L2) och använder MAC-adresser
- Ett VLAN är en egen broadcastdomän
- Routern binder ihop broadcastdomänerna

Denna föreläsning

- Routern arbetar på *internetlagret* (L3) och använder *IP-adresser*
- Vilken adress hör till vilket nät?
- Hur får en styrenhet sin adress?

Ett VLAN utan ett IP-subnät är bara en tom låda.

Två adresser på varje paket

MAC-adress (länklagret, L2)

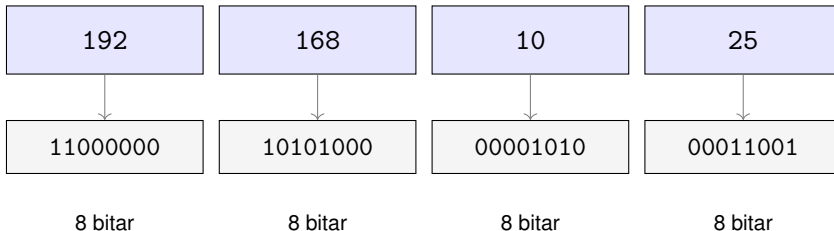
- 48 bitar, t.ex.
00:1B:44:11:3A:B7
- Sitter fast i hårdvaran från fabrik
- Gäller bara på den lokala länken
- Säger *vem* enheten är

IP-adress (internetlagret, L3)

- 32 bitar, t.ex. 192.168.10.25
- Tilldelas av den som driftar nätet
- Gäller i hela nätverket
- Säger *var* enheten sitter

Flyttar du en KNX/IP-router till en annan byggnad följer MAC-adressen med, men IP-adressen måste bytas.

IPv4-adressen: 32 bitar i fyra oktetter



- Fyra tal mellan 0 och 255, separerade med punkt (*punktnotation*)
- Punkterna finns bara för läsbarhet; enheten ser 32 bitar i rad
- $2^{32} \approx 4$ miljarder adresser totalt

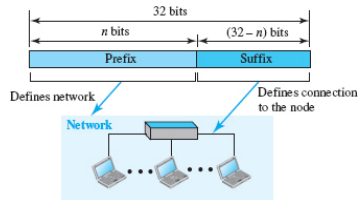
Prefix och suffix

Adressen har två delar

- **Prefix** — vilket *nätverk* enheten tillhör
- **Suffix** — vilken *enhet* i det nätverket

Detta är hela poängen

- Samma prefix → enheterna når varandra direkt
- Olika prefix → trafiken måste gå via en router



Figur: Prefix och suffix [7]

Subnätmasken avgör var gränsen går

Subnätmask

- En '1':a i masken → motsvarande bit i adressen tillhör *prefixet*
- En '0':a i masken → motsvarande bit tillhör *suffixet*
- Masken måste vara en sammanhängande sträng ettor följt av nollor

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 [4, kapitel 11]

Slashnotation (CIDR)

Två sätt att skriva samma sak

- 255.255.255.0 skrivs /24
- Siffran efter snedstreckat är antalet ettor i masken
- 192.168.10.25/24 innehåller både adressen och masken

Vanliga masker

Notation	Mask	Adresser
/24	255.255.255.0	256
/25	255.255.255.128	128
/26	255.255.255.192	64
/27	255.255.255.224	32

Klassfull adressering

Förlegat sedan 1993 [8]. Termerna klass A/B/C dyker fortfarande upp i äldre manualer och betyder då /8, /16 respektive /24. Lägg ingen energi på det.

Två adresser är upptagna i varje nät

Nätverksadress (nätverks-ID)

- Alla bitar i suffixet är '0'
- "Namnet" på nätverket, används i routingtabeller
- *Kan inte tilldelas en enhet*

Broadcastadress

- Alla bitar i suffixet är '1'
- När alla enheter i nätet samtidigt
- *Kan inte tilldelas en enhet*

Antal användbara adresser i ett nät med n suffixbitar: $2^n - 2$.

192.168.10.0/24

192.168.10.0	nätverksadress
192.168.10.1	första användbara
⋮	
192.168.10.254	sista användbara
192.168.10.255	broadcast

$2^8 - 2 = 254$ användbara adresser

Broadcastadressen är värd att lägga på minnet. BACnet/IP bygger på den, och den stannar inom sitt eget nät.

Adresstyper

Network, Host, and Broadcast Addresses

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

Figur: Adresstyper [4, kapitel 11]

Table of Contents

1. IP-adressen

2. Subnät i fastigheten

3. Adresstilldelning

4. ARP och adressfel

VLAN, subnät och broadcastdomän

Tre ord för samma gräns

ett VLAN = en broadcastdomän = ett IP-subnät

- Skapar du ett VLAN för ventilationen ska det ha ett eget subnät
- Routern (eller L3-switchen) har ett ben i varje subnät — det benet är enheternas *default gateway*
- Två enheter i samma VLAN men med olika prefix ser *inte* varandra, trots att de sitter i samma switch

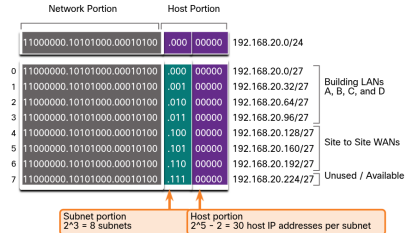
Ett vanligt driftsättningsfel

Enheten står i rätt VLAN men har fel subnätmask. Den tror då att grannen ligger i ett annat nät och skickar allt till gatewayen, som inte vidarebefordrar tillbaka in i samma nät.

Varför dela upp ett nät?

Subnetting

- Dela ett tilldelat prefix i mindre nät
- Begränsar broadcasttrafik till sitt eget segment
- Ger en naturlig plats för brandväggsregler
- Gör felsökning möjlig då adressen avslöjar systemet



Figur: Subnetting [4, kapitel 11]

Exempel: adressplan för en fastighet

Tilldelat: 10.20.0.0/16 — ett /24 per system

System	VLAN	Subnät	Gateway
Värme och ventilation	10	10.20.10.0/24	10.20.10.1
Belysning (KNX/IP)	20	10.20.20.0/24	10.20.20.1
Passersystem	30	10.20.30.0/24	10.20.30.1
Kameror	40	10.20.40.0/24	10.20.40.1
Kontorsnät	50	10.20.50.0/24	10.20.50.1

- VLAN-numret återkommer i tredje oktetten, gratis dokumentation
- 254 adresser per system räcker med god marginal i de flesta byggnader
- Det behövs ingen binärräkning för att läsa den här planen

Att dela ett /24 — när det behövs

192.168.10.0/24 delas i fyra /26

Lånar 2 bitar från suffixet: $2^2 = 4$ subnät med $2^6 - 2 = 62$ användbara adresser vardera.

Subnät	Användbara
192.168.10.0/26	.1 — .62
192.168.10.64/26	.65 — .126
192.168.10.128/26	.129 — .190
192.168.10.192/26	.193 — .254

Så räknar man

- Antal suffixbitar för v värdar:
 $\lceil \log_2(v + 2) \rceil$
- Prefixlängd = 32 – suffixlängd
- Varje subnät måste vara en tvåpotens i storlek

Steget mellan näten

$256 - 192 = 64$. Näten börjar på 0, 64, 128 och 192. Samma tanke för /25 (steg 128) och /27 (steg 32).

I praktiken delas prefixen ut av IT-avdelningen. Det ni behöver kunna är att läsa planen och avgöra om två adresser ligger i samma nät.

Ligger dessa två i samma nät?

Kontrollfråga

En KNX/IP-router har 192.168.10.70/26.

Driftdatorn har 192.168.10.50/26.

Ser de varandra utan router?

Svar

- .50 ligger i 192.168.10.0/26 (spannet .0 — .63)
- .70 ligger i 192.168.10.64/26 (spannet .64 — .127)
- Olika prefix → *nej*, trafiken måste gå via router

Med mask /24 hade båda legat i 192.168.10.0/24 och nått varandra direkt.

Masken avgör, inte hur nära talen ser ut att ligga.

Ligger dessa två i samma nät?

Kontrollfråga

En KNX/IP-router har 192.168.10.70/26.

Driftdatorn har 192.168.10.50/26.

Ser de varandra utan router?

Svar

- .50 ligger i 192.168.10.0/26 (spannet .0 — .63)
- .70 ligger i 192.168.10.64/26 (spannet .64 — .127)
- Olika prefix → *nej*, trafiken måste gå via router

Med mask /24 hade båda legat i 192.168.10.0/24 och nått varandra direkt.

Masken avgör, inte hur nära talen ser ut att ligga.

Adressrymder man bör känna igen

Adressrymd	Källa	Betydelse
10.0.0.0/8 172.16.0.0/12 192.168.0.0/16	[10]	<i>Privata adresser.</i> Routas aldrig på internet. Här ligger i princip alla fastighetsnät.
127.0.0.0/8	[1]	<i>Loopback.</i> Trafiken lämnar aldrig enheten. ping 127.0.0.1 testar bara den egna TCP/IP-stacken.
169.254.0.0/16	[3]	<i>Link-local.</i> Enheten satte adressen själv för att DHCP inte svarade. Se nästa avsnitt.
224.0.0.0/4	[5]	<i>Multicast.</i> KNXnet/IP routing använder detta. Passerar inte routrar utan särskild konfiguration.

Table of Contents

1. IP-adressen

2. Subnät i fastigheten

3. Adresstilldelning

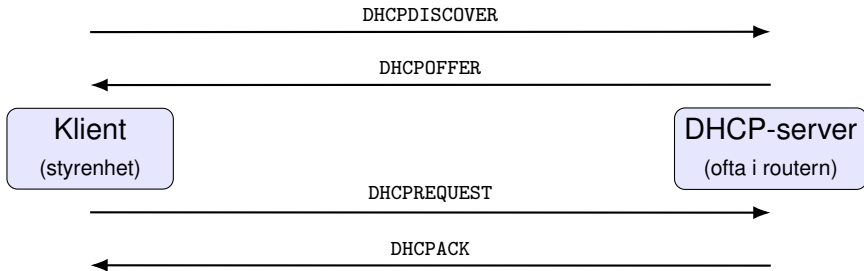
4. ARP och adressfel

Tre sätt att ge en enhet en adress

Metod	Så fungerar det	Passar
Statisk adress	Adressen skrivs in i enheten. Ingen server inblandad.	Routrar, gateways, servrar, men blir en handpåläggning per enhet och kräver doku- mentation.
DHCP	Enheten frågar en server vid uppstart och får ett lån (<i>lease</i>) på en adress [6].	Klienter, bärbara datorer, till- fälliga enheter.
DHCP- reservation	DHCP-servern är konfigure- rad att alltid ge <i>just den</i> MAC- adressen <i>samma</i> IP-adress.	Styrenheter och paneler. Adressen är fast, men admi- nistreras på ett ställe.

DHCP-reservation ger det bästa av två världar och är i regel rekommendationen för fasta installationer.

DHCP i fyra steg



- Klienten *broadcastar* sin förfrågan — den har ju ingen adress än [6]
- Servern svarar med adress, mask, gateway och DNS
- Broadcast *passerar inte routrar*, därför behövs en DHCP-server eller en *DHCP relay* per subnät.
- Lånet har en tidsgräns och förnyas

Varför styrenheter inte ska ha en vanlig DHCP-adress

Scenariot

Strömavbrott i fastigheten en fredagskväll. Allt startar om samtidigt. DHCP-servern delar ut adresserna i den ordning enheterna hinner fråga.

- Ventilationsstyrenheten som hade 10.20.10.42 får nu 10.20.10.57
- Driftpanelen är konfigurerad mot 10.20.10.42 och hittar ingen motpart
- Samma sak för KNX/IP-gateways, BACnet-styrenheter och allt som pekas ut med adress i en annan enhets konfiguration

Regeln

Allt som någon *annan* enhet pekar ut med IP-adress måste ha en *fast* adress. Statiskt eller via DHCP-reservation.

Om ingen DHCP-server är tillgänglig

169.254.x.y — link-local

- Enheten frågade efter DHCP och fick *inget svar*
- Då väljer den själv en adress ur 169.254.0.0/16 och kontrollerar med ARP att ingen annan har den [3]
- Windows kallar det APIPA

Vad det betyder i praktiken

Enheten kan i bästa fall prata med andra enheter som också misslyckats, men når varken gateway eller något annat subnät.

Orsak

- Kabeln sitter i en port i *fel VLAN*
- DHCP-servern är nere eller har slut på adresser
- DHCP relay saknas i det subnätet
- Porten är avstängd eller länken är nere

169.254 är inte ett fel i sig, det är ett symptom som säger exakt var man ska börja leta.

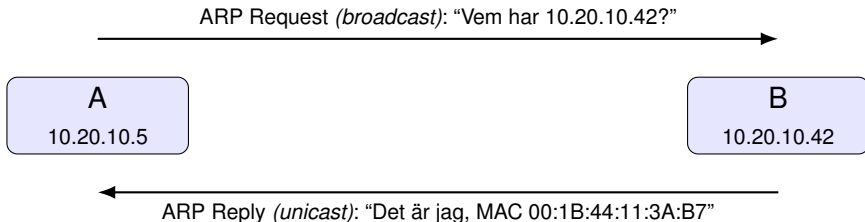
Table of Contents

1. IP-adressen
2. Subnät i fastigheten
3. Adresstilldelning
- 4. ARP och adressfel**

ARP — från IP-adress till MAC-adress

Problemet

Paketet ska till 10.20.10.42 i samma nät. Men för att lägga det i en Ethernet-ram behövs mottagarens *MAC-adress*.



- Svaret sparas i en *ARP-tabell* några minuter [9]
- Frågan är en broadcast — den når bara det egna subnätet
- Ska paketet till ett annat nät frågar A i stället efter *gatewayens* MAC-adress

Dubbltta IP-adresser

Hur det uppstår

- Två enheter statistiskt satta till samma adress
- En statisk adress som ligger inom DHCP-serverns utdelningsspann
- En reservdel driftsatt med fabriksadress

Symptom

- Kontakten fungerar *ibland* — beroende på vems svar som hamnade sist i ARP-tabellen
- `ping` ger svar men uppkopplingen dör
- Larm som kommer och går utan mönster

Diagnos

- Enheter upptäcker konflikten själva med ARP och loggar den, titta i enhetens logg [2]
- Windows och de flesta styrenheter visar en varning vid uppstart
- `arp -a` på en driftdator: samma IP kopplat till olika MAC vid olika tillfällen
- Switchens MAC-tabell visar vilken *port* varje MAC sitter på, så hittar man den fysiska enheten

Därför är en aktuell adressplan inte byråkrati utan felsökningsverktyg.

Fyra fel som ser likadana ut

Fel	Symptom	Så ser du det
Ingen adress alls	Enheten syns inte överhuvudtaget	Adress 169.254.x.y → DHCP eller VLAN
Fel subnätmask	Vissa grannar nås, andra inte, utan tydligt mönster	Jämför mask med resten av segmentet
Fel default gateway	Lokalt fungerar allt, men inget utanför subnätet	ping till gatewayen fungerar, längre bort inte
Dubblett-IP	Fungerar ibland, dör oförutsägbart	Enhetens logg, arp -a, switchens MAC-tabell

Fråga alltid först: vilken adress, vilken mask, vilken gateway? Tre siffror som löser de flesta ärendena.

Sammanfattning

- En IPv4-adress är 32 bitar, uppdelad i ett *prefix* (nätverk) och ett *suffix* (enhet)
- *Subnätmasken* avgör var gränsen går, /24 är standardvalet i ett fastighetsnät
- Två adresser är alltid upptagna: *nätverksadressen* och *broadcastadressen*
- Ett VLAN, en broadcastdomän och ett subnät är samma gräns sedd från tre håll
- Fastighetsnät använder privata adresser ur RFC 1918
- Allt som pekats ut av en annan enhet ska ha *fast* adress. Statiskt eller genom *DHCP-reservation*
- 169.254.x.y betyder att DHCP inte svarade
- *ARP* översätter IP till MAC och är verktyget för att hitta dubbletta adresser

Nästa gång: hur paketen tar sig mellan de här subnäten, och varför KNX- och BACnet-trafik ofta inte gör det.

Referenser I

- [1] R. Braden. *Requirements for Internet Hosts — Communication Layers*. Request for Comments RFC 1122. Internet Engineering Task Force, okt. 1989. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1122> (hämtad 2026-08-14).
- [2] S. Cheshire. *IPv4 Address Conflict Detection*. Request for Comments RFC 5227. Internet Engineering Task Force, juli 2008. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5227> (hämtad 2026-08-17).
- [3] S. Cheshire, B. Aboba och E. Guttman. *Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses*. Request for Comments RFC 3927. Internet Engineering Task Force, maj 2005. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3927> (hämtad 2026-08-17).
- [4] Cisco Networking Academy. *Introduction to Networks Companion Guide (CCNAv7)*. Cisco Press, 2020.

Referenser II

- [5] M. Cotton, L. Vegoda och D. Meyer. *IANA Guidelines for IPv4 Multicast Address Assignments*. Request for Comments RFC 5771. Internet Engineering Task Force, mars 2010. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5771> (hämtad 2026-08-17).
- [6] R. Droms. *Dynamic Host Configuration Protocol*. Request for Comments RFC 2131. Internet Engineering Task Force, mars 1997. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2131> (hämtad 2026-08-17).
- [7] Behrouz A. Forouzan. *Data communications and networking with TCP/IP protocol suite*. Sixth edition. New York: McGraw Hill. ISBN: 9781260597820.

Referenser III

- [8] V. Fuller och T. Li. *Classless Inter-domain Routing (CIDR): The Internet Address Assignment and Aggregation Plan*. Request for Comments RFC 4632. Internet Engineering Task Force, aug. 2006. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4632> (hämtad 2026-08-17).
- [9] David C. Plummer. *An Ethernet Address Resolution Protocol*. Request for Comments RFC 826. Internet Engineering Task Force, nov. 1982. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc826> (hämtad 2026-08-17).
- [10] Y. Rekhter m. fl. *Address Allocation for Private Internets*. Request for Comments RFC 1918. Internet Engineering Task Force, febr. 1996. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1918> (hämtad 2026-08-17).

