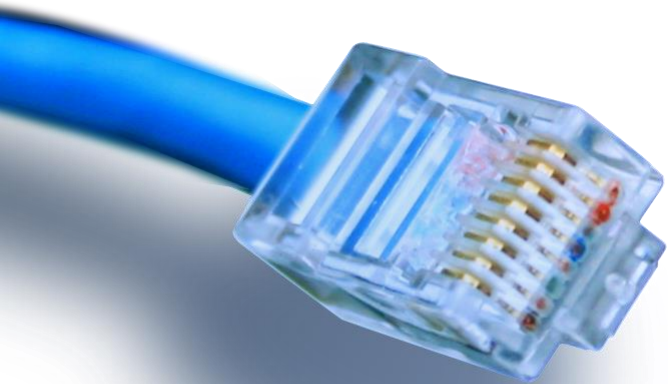


# Network



HOUSE OF  
TECHNOLOGY



- en del af **mercantec**<sup>+</sup>

## Grundlæggende netværk

Region Syd Grundlæggende netværk



# Basic Networking

- Numeriske systemer – Bits og bytes
- Ethernet (MAC Address etc.).
- IP Adressen/Subnet mask.
- ARP: Sammenspil imellem MAC og IP adresse.
- Switching.
- VLAN.
- Default Gateway og grundlæggende Routing.
- Opgaver:
  - Find din MAC og IP adresse.
  - Kommandoer: ipconfig, ping og traceroute.



# NUMMERISKE SYSTEMER

## BITS OG BYTES

A fatal exception 0E has occurred at 0028:C0011E36 in UXD UMM(01)  
00010E36. The current application will be terminated.

- \* Press any key to terminate the current application.
- \* Press CTRL+ALT+DEL again to restart your computer. You will lose any unsaved information in all applications.

Press any key to continue \_



# Nummeriske systemer



- $B_{16} = 11_{10}$ 
  - 16 = hexadecimal
  - 10 = decimal
- $B_{16} = 1011_2$
- $A6_{16} = 10100110_2$
- $B6_{16} = 182_{10}$ 
  - $B_{16} = 11_{10}$
  - $6_{16} = 6_{10}$

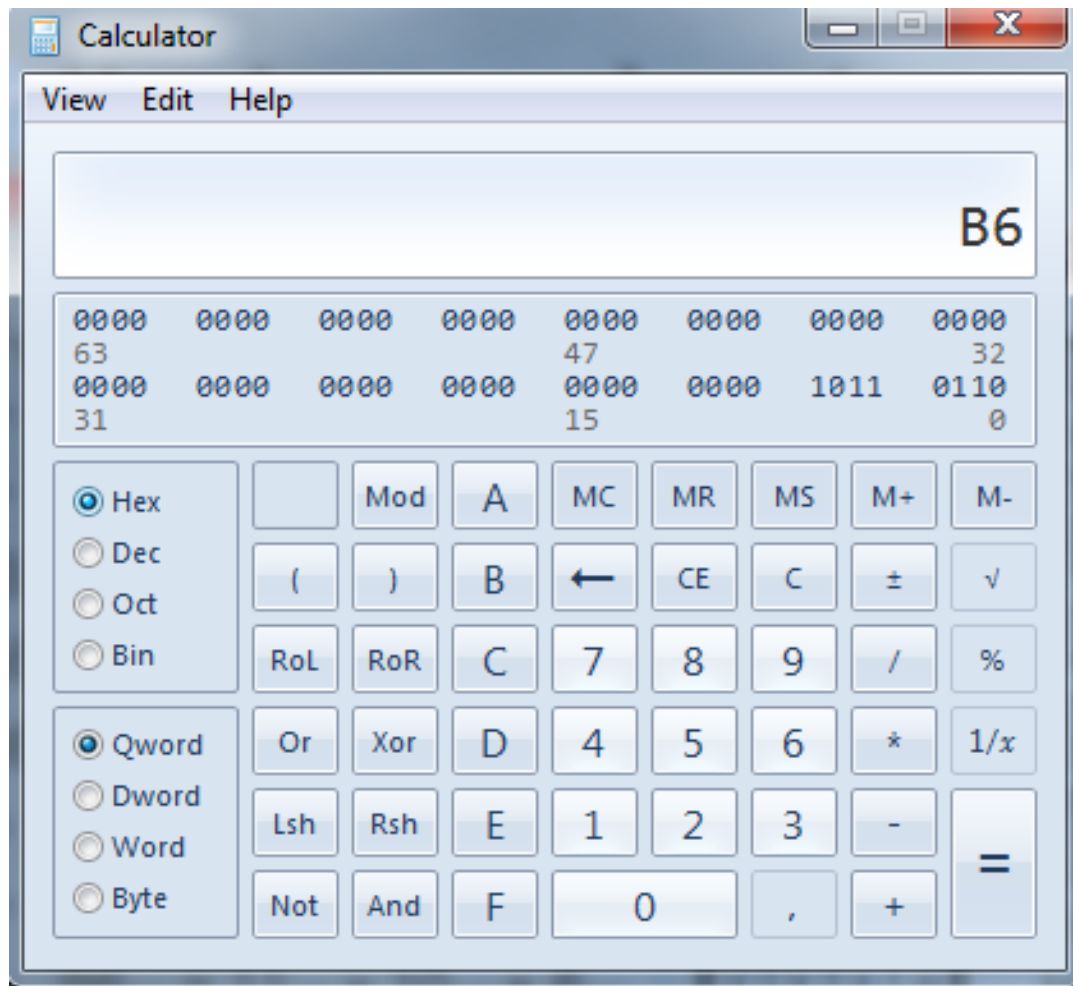
Binary				decimal	Hexa- decimal
D	C	B	A		
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	10	A
1	0	1	1	11	B
1	1	0	0	12	C
1	1	0	1	13	D
1	1	1	0	14	E
1	1	1	1	15	F

$$B6_{16} = 11_{10} \times 16_{10} + 6_{10} = 182_{10}$$



# Lommeregner

- Windows 7 lommeregner i Programmør

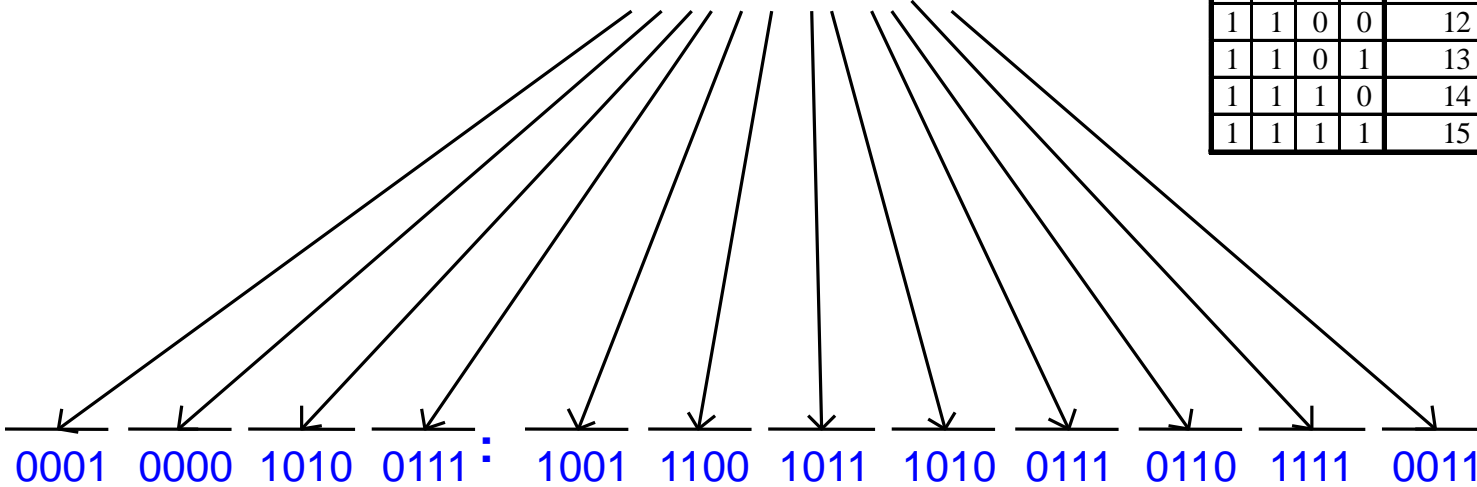


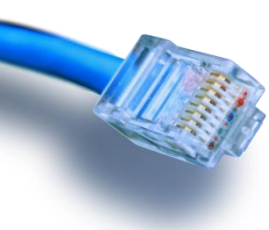


# Oversæt hex til binær

Binær				decimal	Hexa-decimal
D	C	B	A		
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	10	A
1	0	1	1	11	B
1	1	0	0	12	C
1	1	0	1	13	D
1	1	1	0	14	E
1	1	1	1	15	F

10A7:9CBA76F3





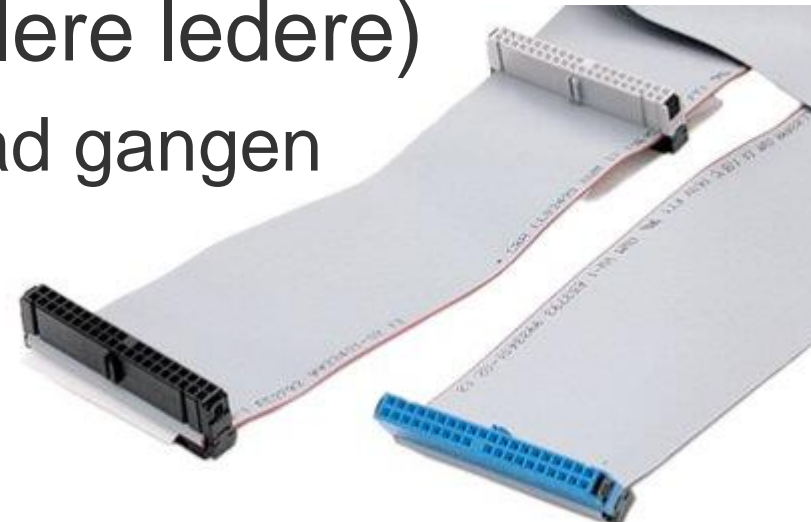
# Data lager

- En Byte er 8 bits
  - For eksempel  $10110111_2$
- 1 KiloByte (KB) = 1.024 bytes =  $2^{10}$  bytes
- 1 MegaByte (MB) = 1.048.576 bytes =  $2^{20}$  bytes
- 1 GigaByte (GB) = 1.073.741.824 bytes =  $2^{30}$  bytes
- 1 TeraByte (TB) = 1.099.511.627.776 bytes =  $2^{40}$  bytes
- 1 PetaByte (PB) = 1.125.899.906.842.624 =  $2^{50}$  bytes
- 1 exabyte (EB) = 1.152.921.504.606.846.976 bytes .....
- 1 zetabyte (ZB) = 1.180.591.620.717.411.303.424 bytes ...
- 1 yottabyte (YB) = 1.208.925.819.614.629.174.706.176 ...
- .....



# Serial vs. parallel

- Serial transmission: (en leder)
  - En bit bliver overført ad gangen
  - Eksempler:
    - Ethernet
    - SATA (harddisk interface)
    - USB
- Parallel transmission: (Flere ledere)
  - Flere bits bliver overført ad gangen
  - Eksempler
    - 32 eller 64 bit CPU
    - IDE kabler

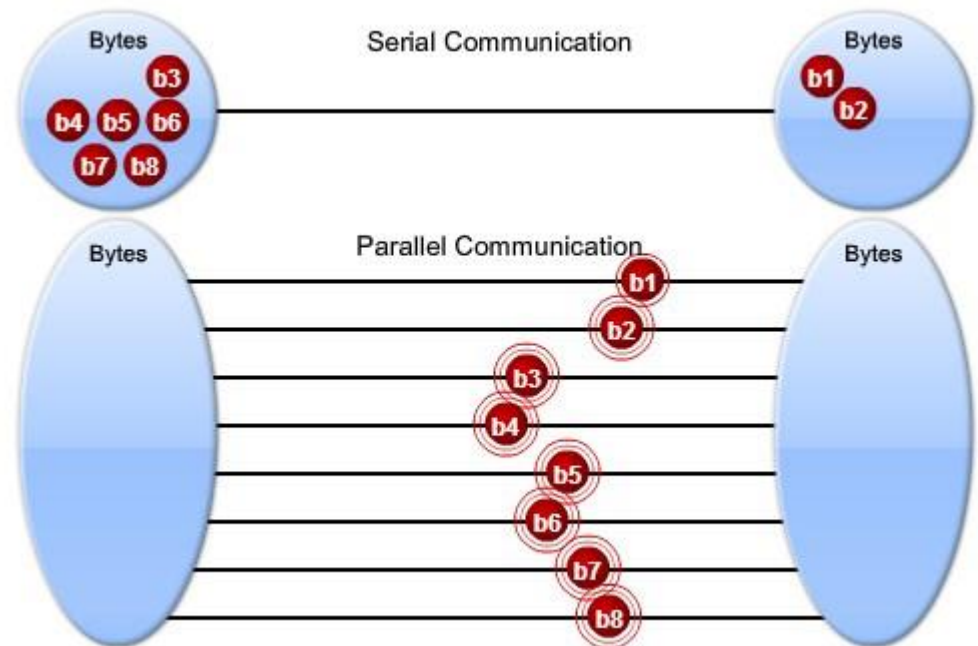






# Serial vs. parallel

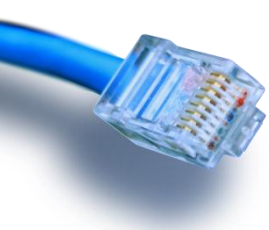
- Seriel
  - Langsom, men stabil
- Parallel
  - Hurtigere
  - Clock Screw
  - Interference
  - Crosstalk





# Transmission hastighed

- Målt i bits per sekund (bps)
- Eller Bytes per sekund (Bps)
  - Bemærk: B = Byte og b = bit
  - 10 **M**bps = 10 Mega **bits** per sekund
  - 10 **m**bps = 10 **milli** bits per sekund (slow)
- Ethernet findes i versioner fra
  - 10 Mbps til 100 Gbps



# Communications buzzwords

- UNICAST:
  - Communications from One host to One host.
  - Like a telephone conversation
- MULTICAST:
  - Communications from One host to multiple hosts
  - Like a radiostation. One transmitter
- HALF DUPLEX:
  - Communications between two hosts



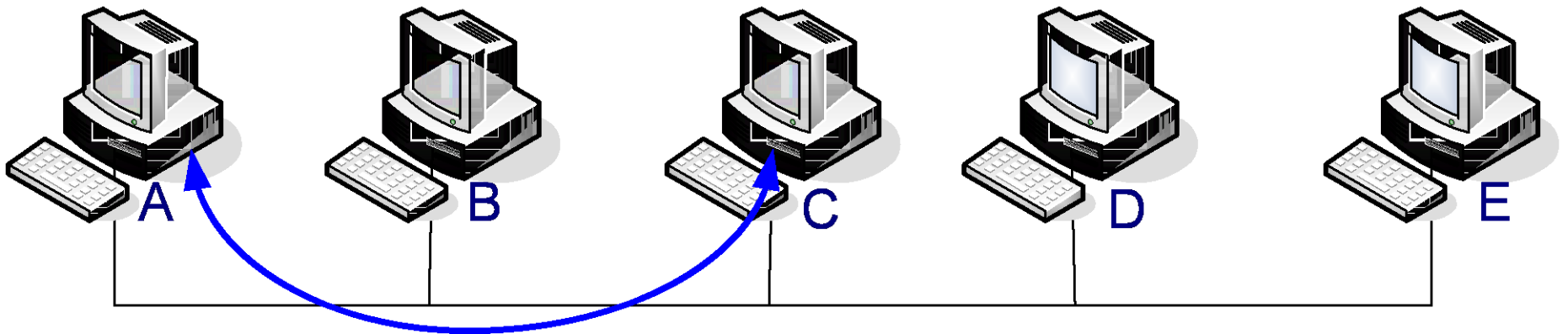
# Kommunikations termer

- Unicast
  - Kommunikation fra en enhed til en anden
- Multicast
  - Kommunikation fra en enhed til flere
- Broadcast
  - Kommunikation fra en enhed til alle på netværket
- Half Duplex og Full Duplex



# Unicast

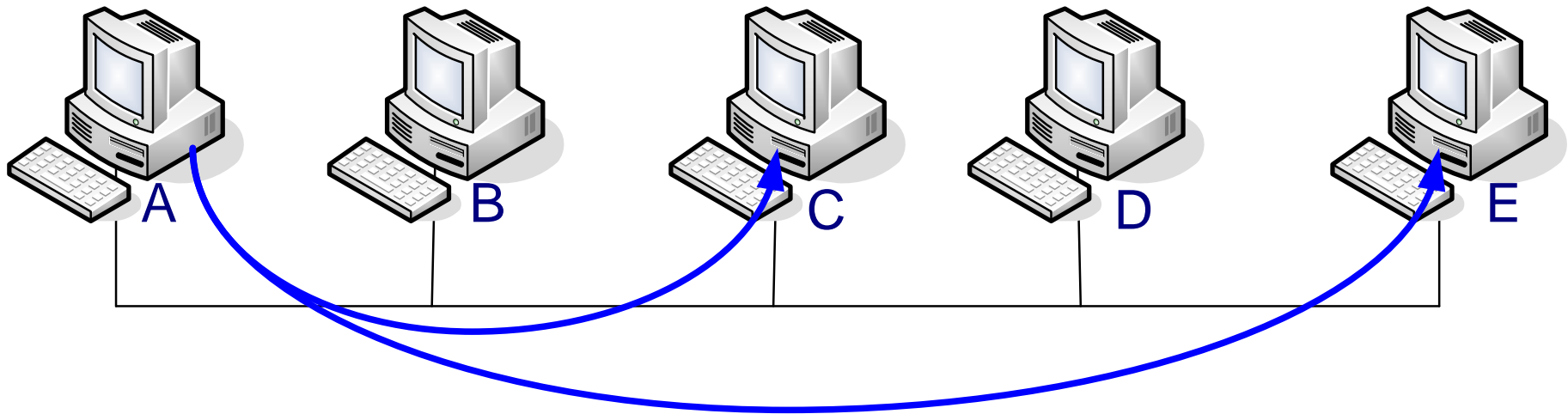
- **Unicast** transmission er når man sender en besked til en enkelt netværks destination defineret af en unik adresse.





# Multicast

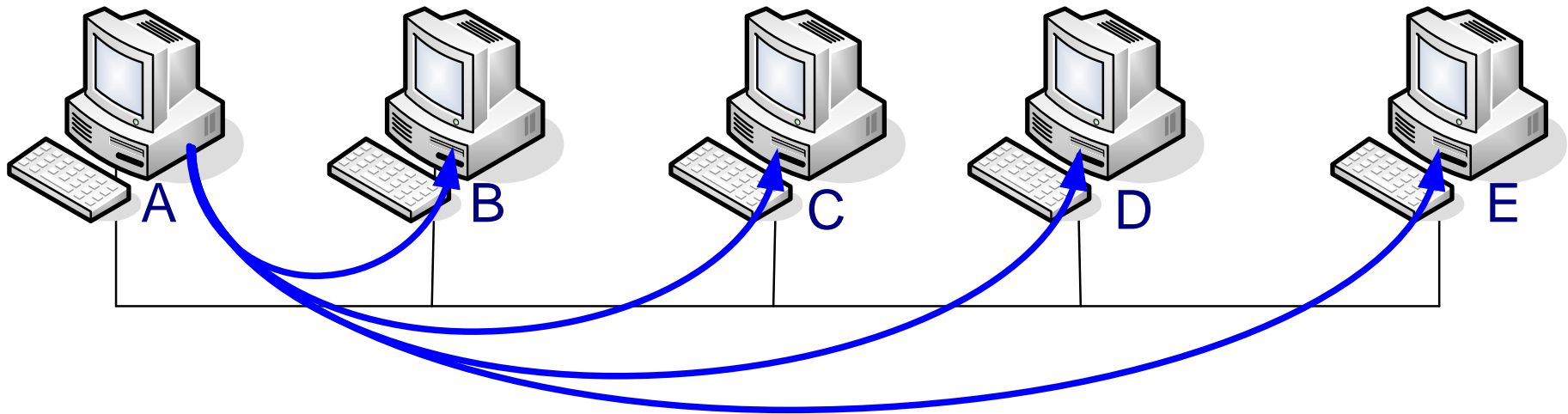
- **Multicast** er når man transmitterer en besked til en gruppe af enheder i en enkelt transmission.





# Broadcast

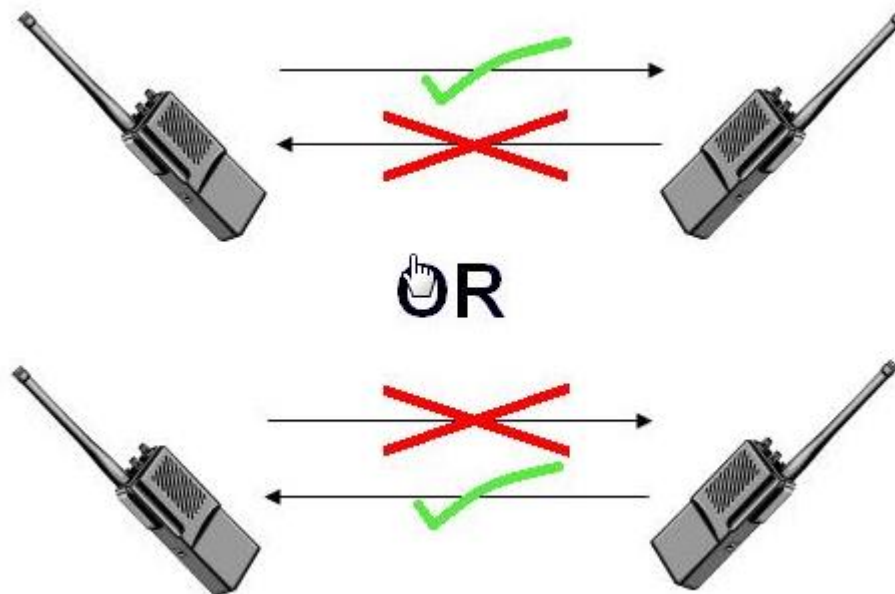
- **Broadcast** er når man sender en besked til alle enheder I en enkelt transmission





# Half duplex

- Et *half-duplex* (HDX) system giver kommunikation i begge retninger, men kun i en retning af gangen.
  - Ikke samtidig.

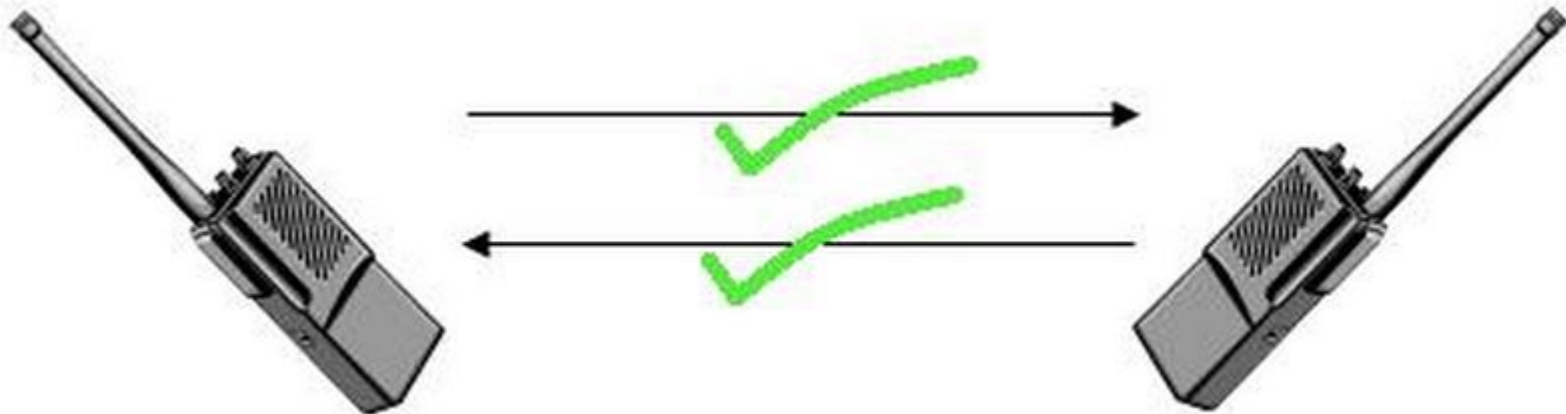






# Full duplex

- Et *full-duplex* (FDX) system tillader kommunikation af flyde I begge retninger på same tid.





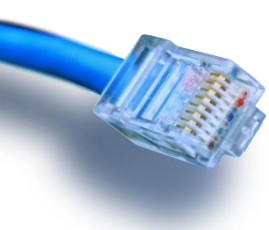
# NETVÆRKS KOMMUNIKATION





# Kommunikation

- I kommunikation arbejder vi med 3 elementer:
  - Et budskab – ”Vi har fri kl 16”
  - En protokol – Sprog, etikette
  - Et bæremedie – Brev, lydbølger
- Data netværket arbejdet med de 2 sidste elementer
- Når flere protokoller bruges kaldes det en protokol stak(Protocol Suite).



# Kommunikation

- Eksempel på protokoller i en protokol stak kunne være:
    - Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
    - Transmission Control Protocol (TCP)
    - Internet Protocol (IP)
    - Ethernet
    - 100BaseT
- } Network Access laget



# Kommunikation

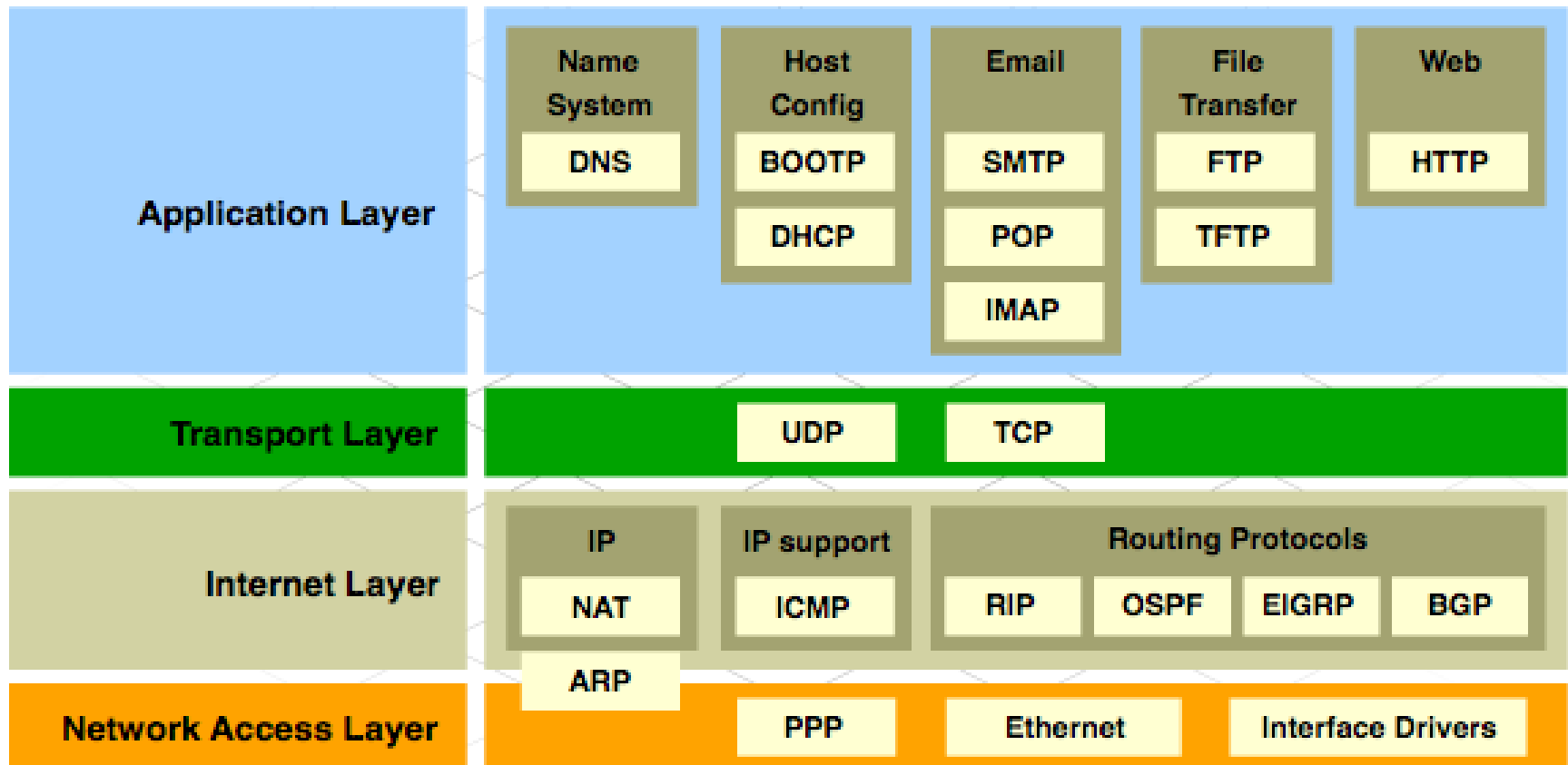
- Historisk set har der været mange protocol suites

	TCP/IP	ISO	AppleTalk	Novell Netware
7	HTTP DNS DHCP FTP	ACSE ROSE TRSE SESE	AFP	NDS
6				
5				
4	TCP UDP	TP0 TP1 TP2 TP3 TP4	ATP AEP NBP RTMP	SPX
3	IPV4 IPV6 ICMPV4 ICMPV6	CONP/CMNS CLNP/CLNS	AFP	IPX
2	Ethernet PPP Frame Relay ATM WLAN			
1				



# Kommunikation

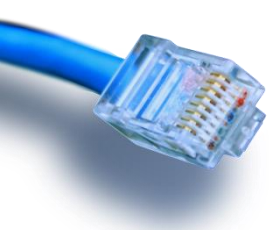
- I dag er TCP/IP den mest brugte og den internettet understøtter





# Standard Organisationer





# Standard Organisationer

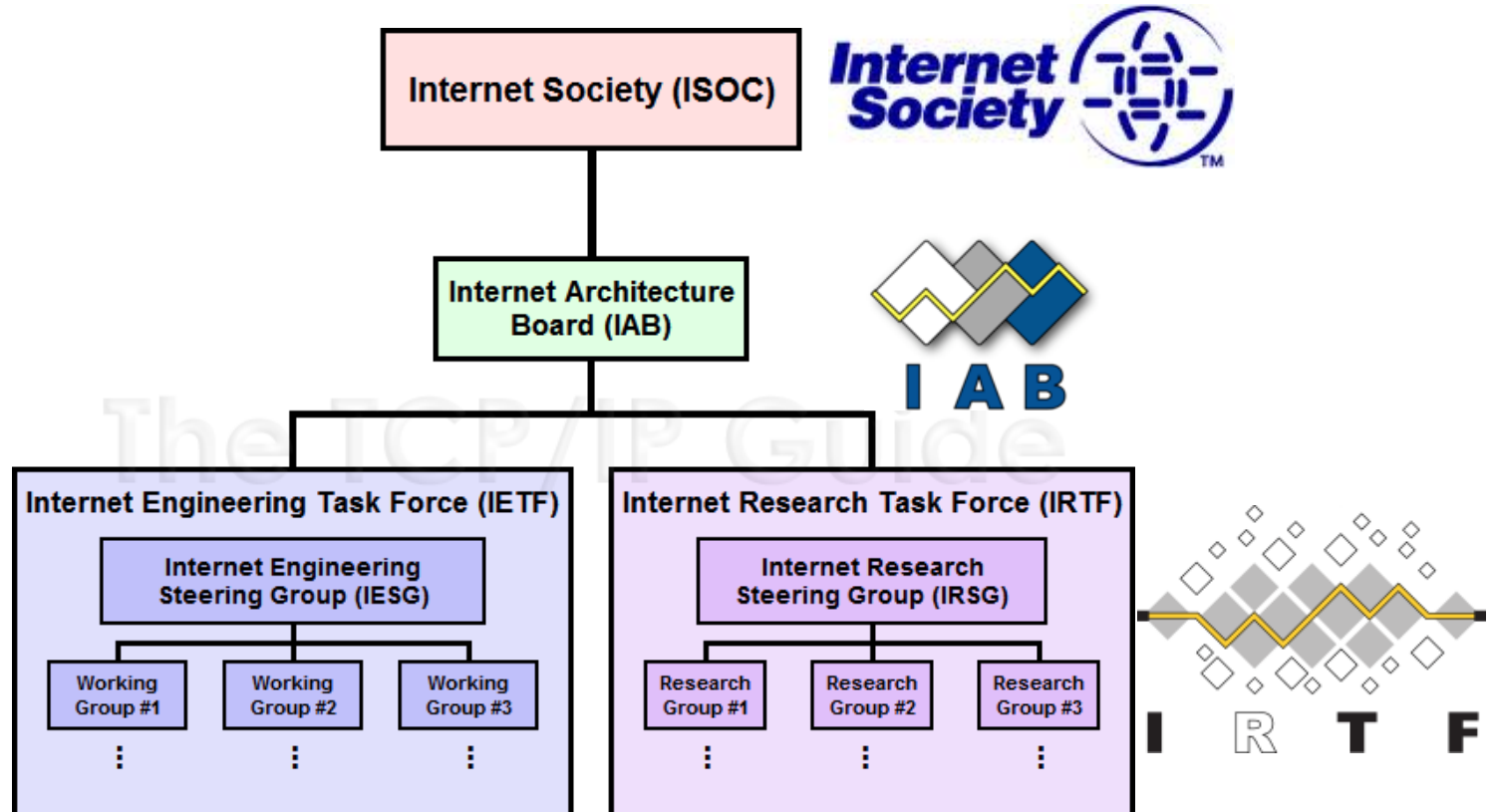
- Åbne Standarder
  - The Internet Society (ISOC)
  - The Internet Architecture Board (IAB)
  - The Internet Engineering Task Force (IETF)
  - Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
  - The International Organization for Standards (ISO)

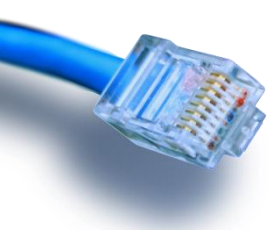




# Standard Organisationer

- ISOC, IAB og IETF





# Standard Organisationer

- IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers
  - 39 societies
  - 1,300 conferences each year
  - 1,400 standards and projects
  - 430,000 members
  - 160 countries
  - IEEE 802.3
  - IEEE 802.11

## IEEE Working Groups

802.1 Higher Layer LAN Protocols Working Group

802.3 Ethernet Working Group

802.11 Wireless LAN Working Group

802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN) Working Group

802.16 Broadband Wireless Access Working Group

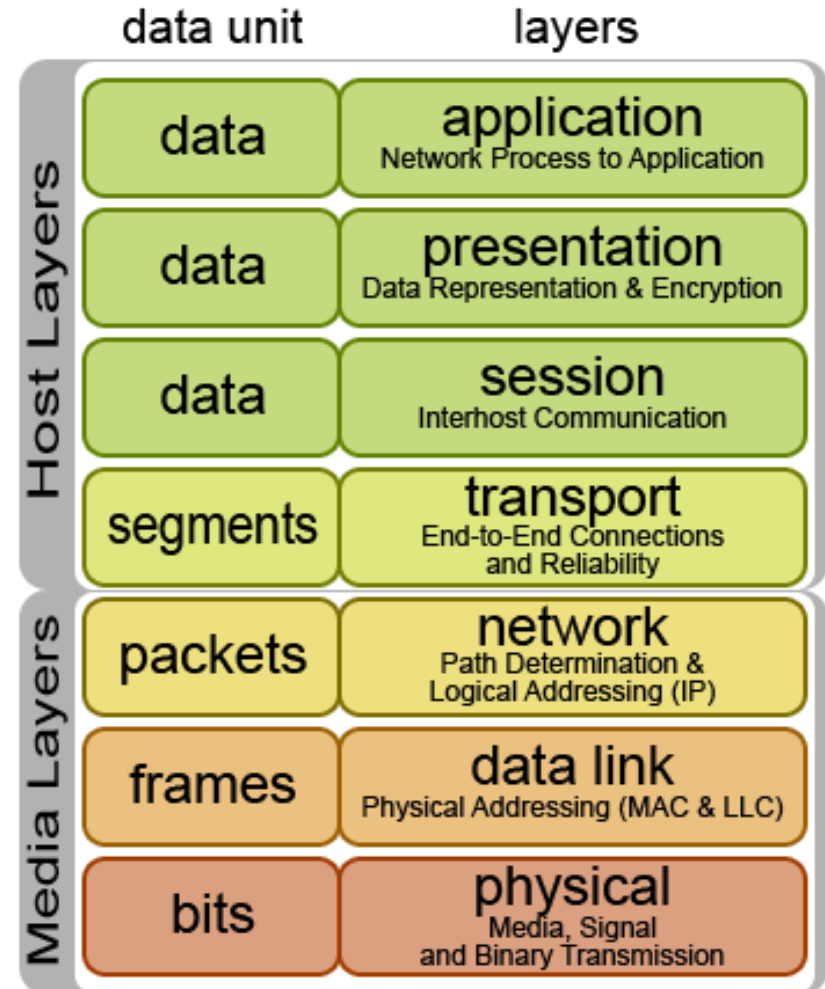


# Standard Organisationer

- ISO



## OSI Model





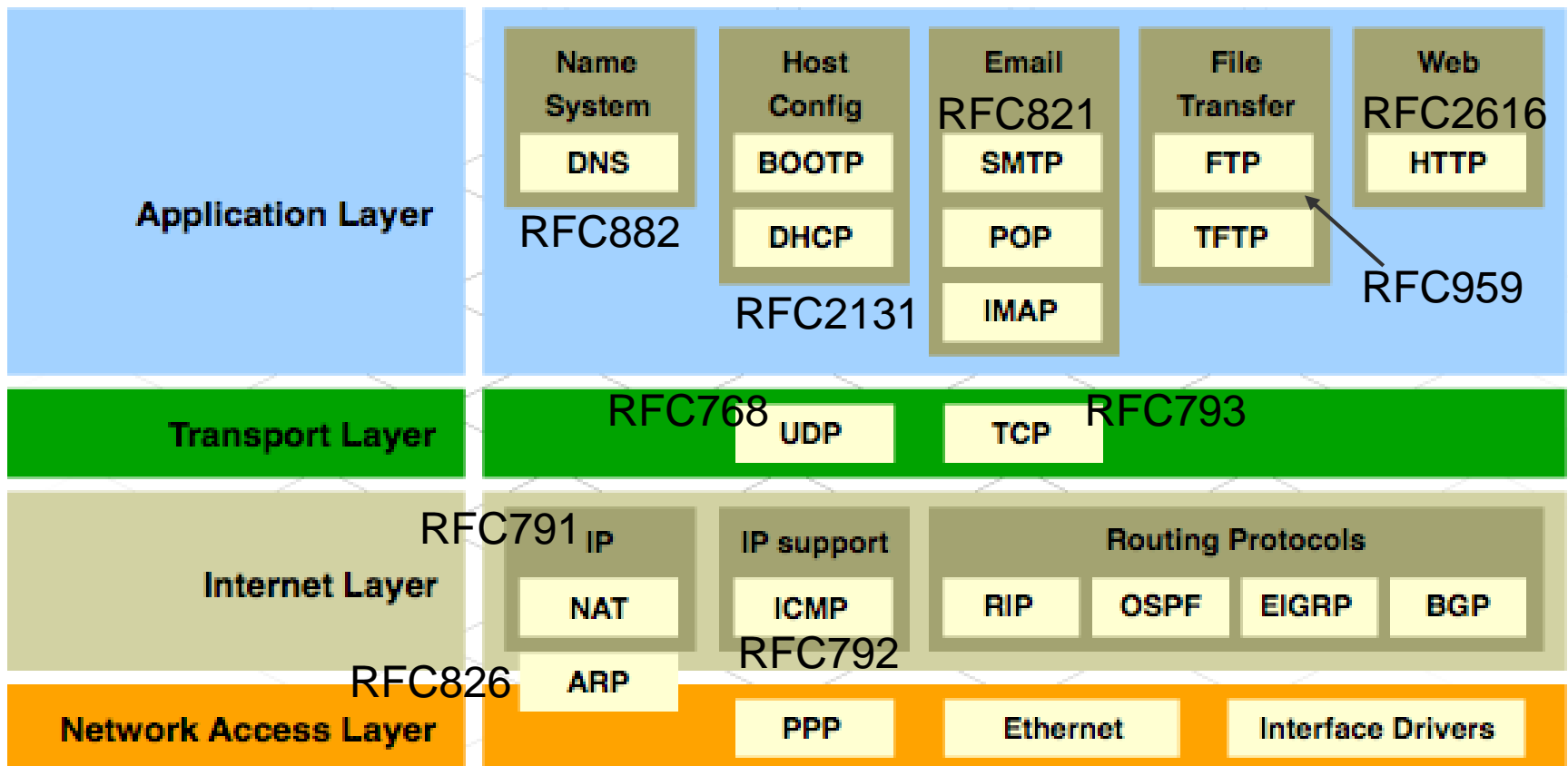
# Standard Organisationer

- Andre vigtige organisationer
  - The Electronic Industries Alliance (EIA)
  - The Telecommunications Industry Association (TIA)
  - The International Telecommunications Union – Telecommunications Standardization Sector (ITU-T)
  - The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)
  - The Internet Assigned Numbers Authority (IANA)



# Standard Organisationer

- Lidt konkret

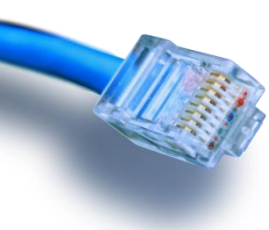


IEEE 802.3



# Standard Organisationer

- Opgave



# IP Adresser (Version 4)



# IP Version 4

- IPv4 Headers

Version		IP Header Length		Differentiated Services		Total Length	
				DSCP	ECN		
Identification				Flag	Fragment Offset		
Time To Live		Protocol		Header Checksum			
Source IP Address							
Destination IP Address							
Options (optional)						Padding	

<https://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>





# IP Version 4

- IPv4 adressen består af 4 bytes (32 bit)
- Decimal dotted notation fx. 194.182.53.13
  - Dots imellem hver 8 bit byte
  - Binær 11000010.10110110.00110101.00001101
- Hver byte kan være imellem 0 og 255

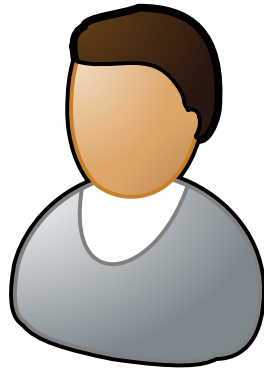
$$255 = 11111111_2$$

```
C:\>ipconfig
Ethernet adapter Local Area Connection:
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.139.122
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.139.1
```

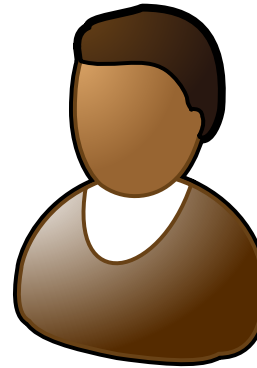


# IP Version 4

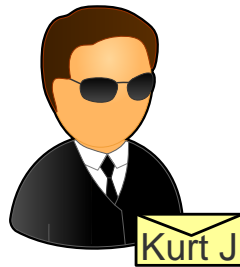
## Kolding



Peter Hansen

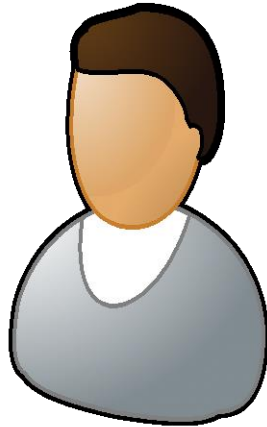


Kurt Jensen



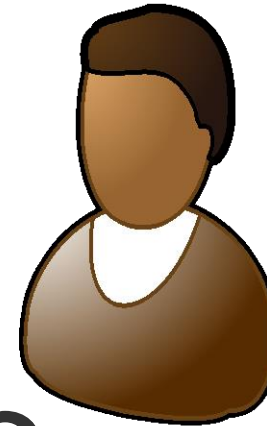


# IP Version 4

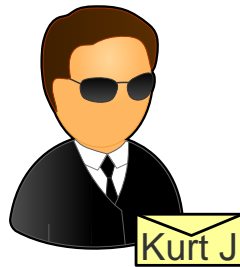


Peter Hansen

Kolding

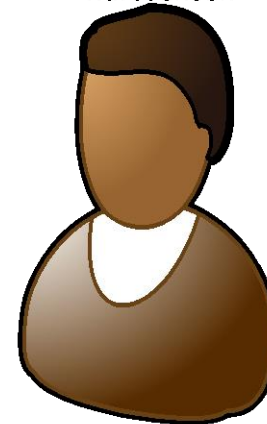


Kurt Jensen



Odense

Kurt Jensen





# IP Version 4

- Vi har altså både brug for et områdenavn og et værts navn
- Område navnet kaldes for en logisk netværks adresse
- Enhedens adresse indenfor området kaldes for host adressen.



# IP adresser

- en IP adresse består af to dele:
  - En logisk netværk adresse
  - En host adresse

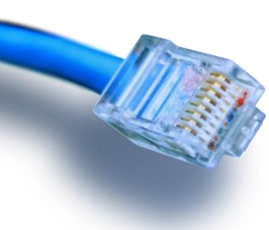
- Eksempel:

169.16.32.45

Network address

Host address

```
Command Prompt
C:\>ipconfig
Ethernet adapter Local Area Connection:
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.139.122
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.139.1
```



# Subnet masken

- Subnet masken definerer skille linjen imellem den logiske netværks del og host delen.
  - 255 betyder det er netværks adressen
  - 0 betyder det er host delen

Use the following IP address:

IP address: 172 . 16 . 0 . 100

Subnet mask: 255 . 255 . 0 . 0

- Logisk netværk adresse: 172.16
- Host adresse: 0.100



# The subnet mask

Use the following IP address:

IP address:

10 . 78 . 67 . 100

Subnet mask:

255 . 0 . 0 . 0

- Logisk netværks adresse: 10
  - Host adresse: 78.67.100
- Host adressen er altså 78.67.100 og den tilhører netværket 78.67.100



# Subnet masken

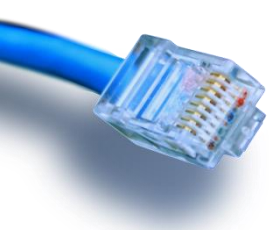
## • Opgave

– Find IP adressen på din computer med **ipconfig** kommandoen

- Hvad er netværks adressen?
- Hvad er host adressen?
- Hvad er subnet masken?

– Hvilket andet information får du fra **ipconfig** kommandoen?





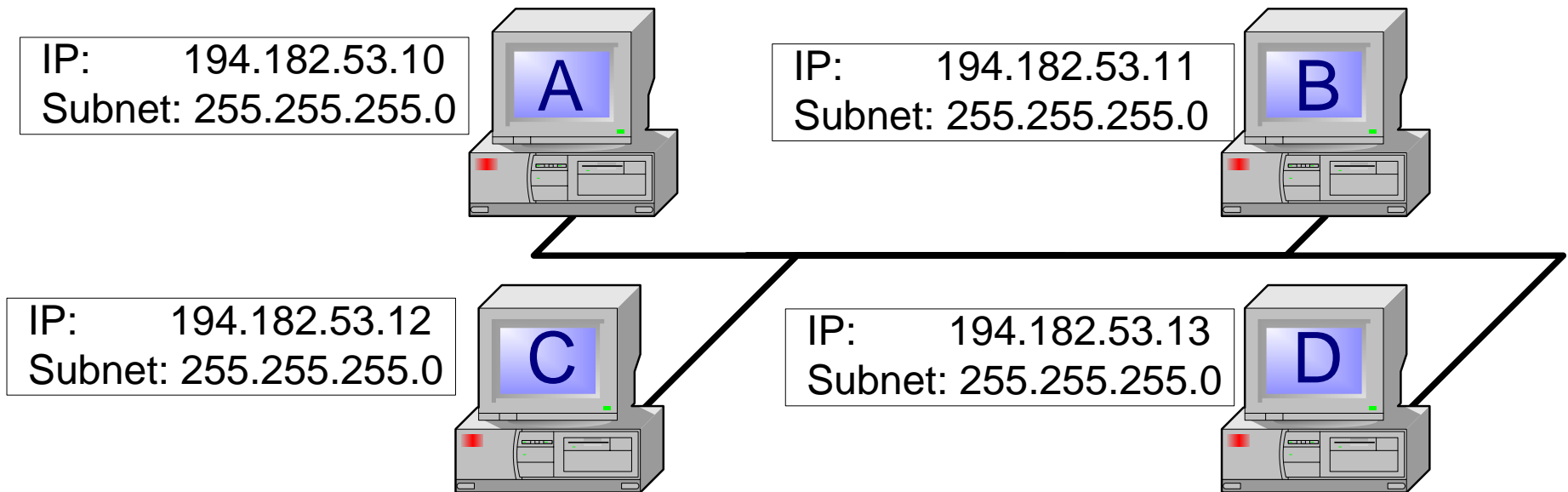
# Fysisk vs. Logisk

- Et fysisk netværk er et antal hosts forbundet til det samme netværks segment, hvor de alle kan kommunikere via MAC adresser
  - fx.
    - Hosts forbundet via ethernet hubs/switches.
    - Hosts forbundet til et trådløs WiFi netværk
- Det logiske netværk er den netværks delen af IP adressen. Delt af subnet masken



# IP Forbindelse

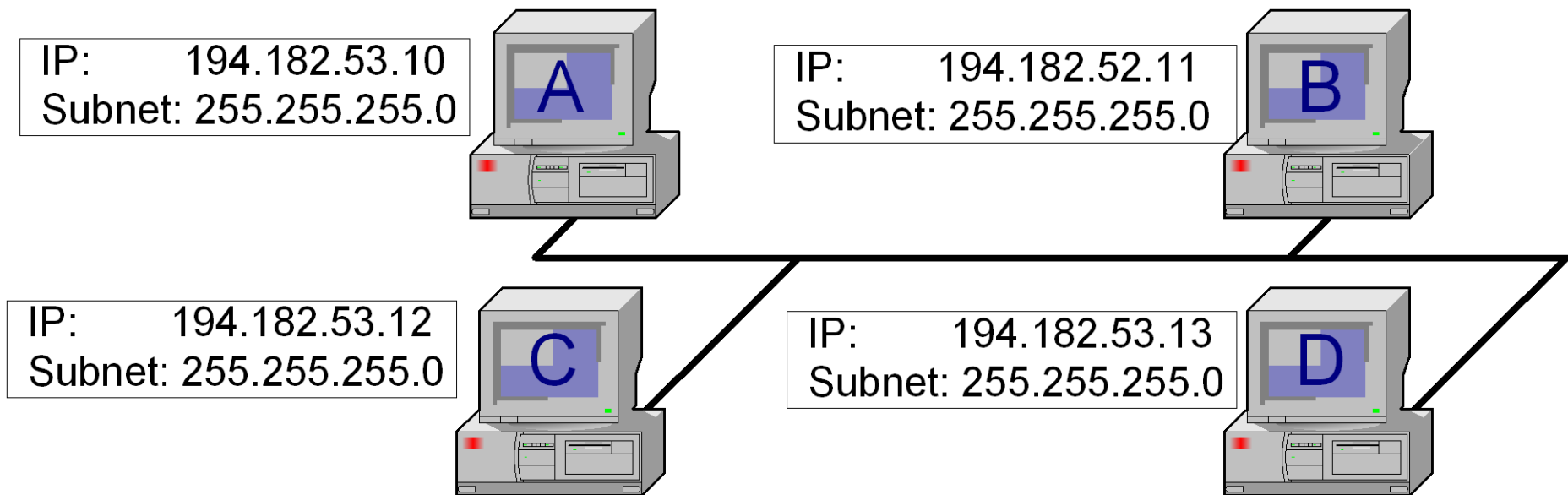
- Alle hosts herunder kan nu kommunikere med hinanden fordi:
  - De er alle på det samme fysiske netværk
  - De tilhører alle det samme logiske netværk





# IP Forbindelse

- Host B har ingen IP forbindelse til de andre host på netværket.
  - Alle hosts er på det samme fysiske netværk – men Host B tilhører et andet logisk net.



Der mangler en router til at forbinde de logiske net.



# Ping kommandoer

- Indbygget test funktion i IP
- Sender IP test pakker til en modtager
  - Kaldes ping pakker i daglig tale
  - Hedder faktisk ICMP echo request pakker
- Modtageren svarer med en test pakke
  - Kaldes pong pakker i daglig tale
  - Men hedder faktisk ICMP echo reply pakker
- OBS:
  - Firewalls blokerer ofte for ICMP pakker.



# Ping kommandoen



C:\ Command Prompt

```
C:\temp>ping 194.182.53.10
```

```
Pinging 194.182.53.10 with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 194.182.53.10: bytes=32 time<1ms TTL=128
```

```
Reply from 194.182.53.10: bytes=32 time<1ms TTL=128
```

```
Reply from 194.182.53.10: bytes=32 time<1ms TTL=128
```

```
Reply from 194.182.53.10: bytes=32 time<1ms TTL=128
```

```
Ping statistics for 194.182.53.10:
```

```
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
```

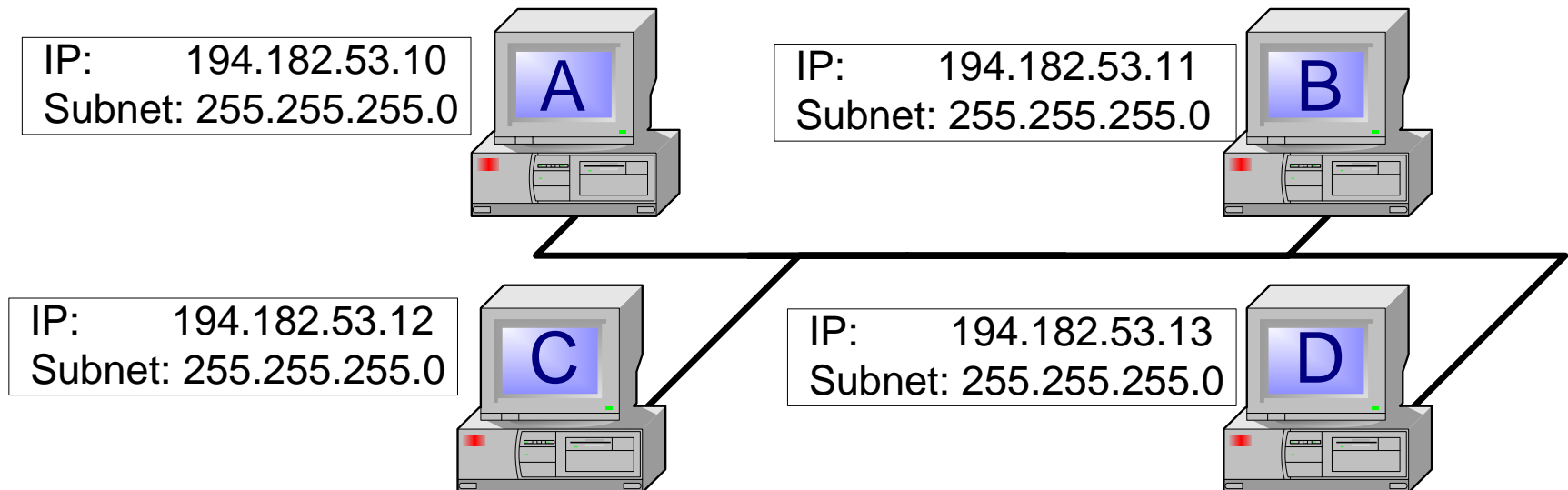
```
Approximate round trip times in milli-seconds:
```

```
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```



# Netværks Tegninger

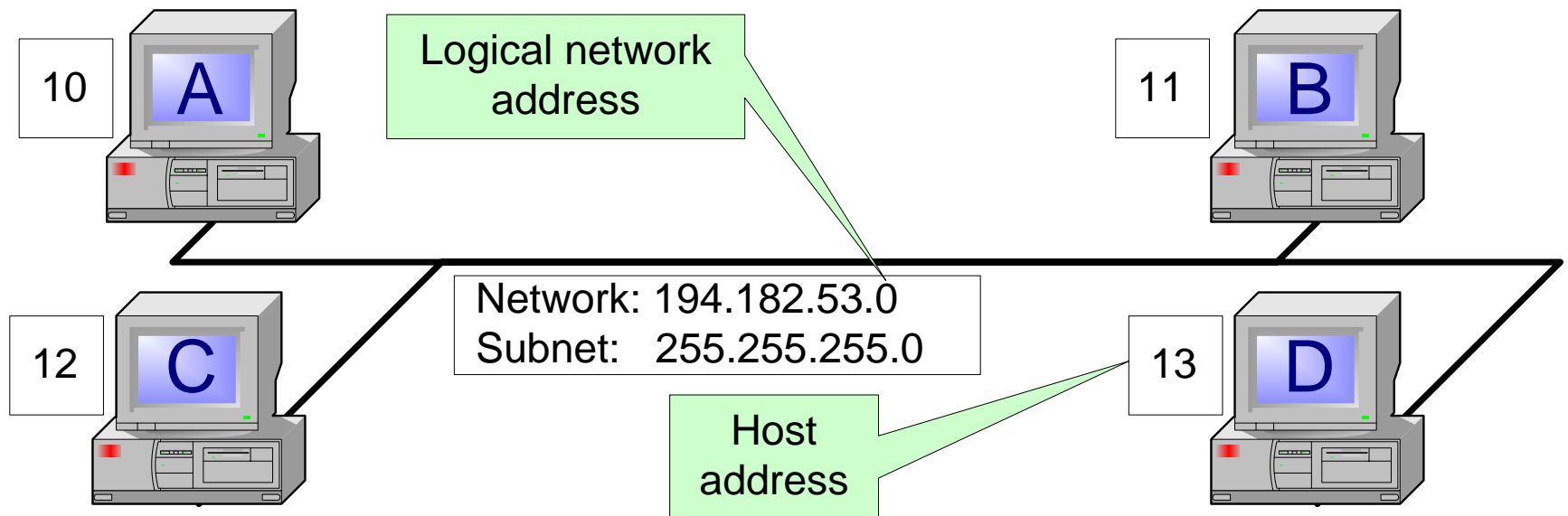
- Tegningen har mange information
- Alle hosts er på det samme fysiske netværk og må derfor også være på det samme logiske

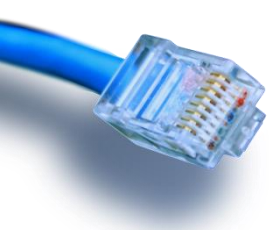




# Netværks Tegninger

- Saml redundant information.
- Alle hosts på det samme fysiske netværk tilhører samme logiske netværk
  - Nemmere at læse og ændre i tegningen





# Den "Nemme" måde

- Subnet masken er fire bytes eller 32 bits
  - For eksempel 255.255.255.0
    - I binær 11111111.11111111.11111111.00000000
  - De første 24 bits er alle 1'ere

Net: 194.182.53.0  
Subnet: 255.255.255.0

=

194.182.53/24

- Denne notations teknik hedder prefix notation





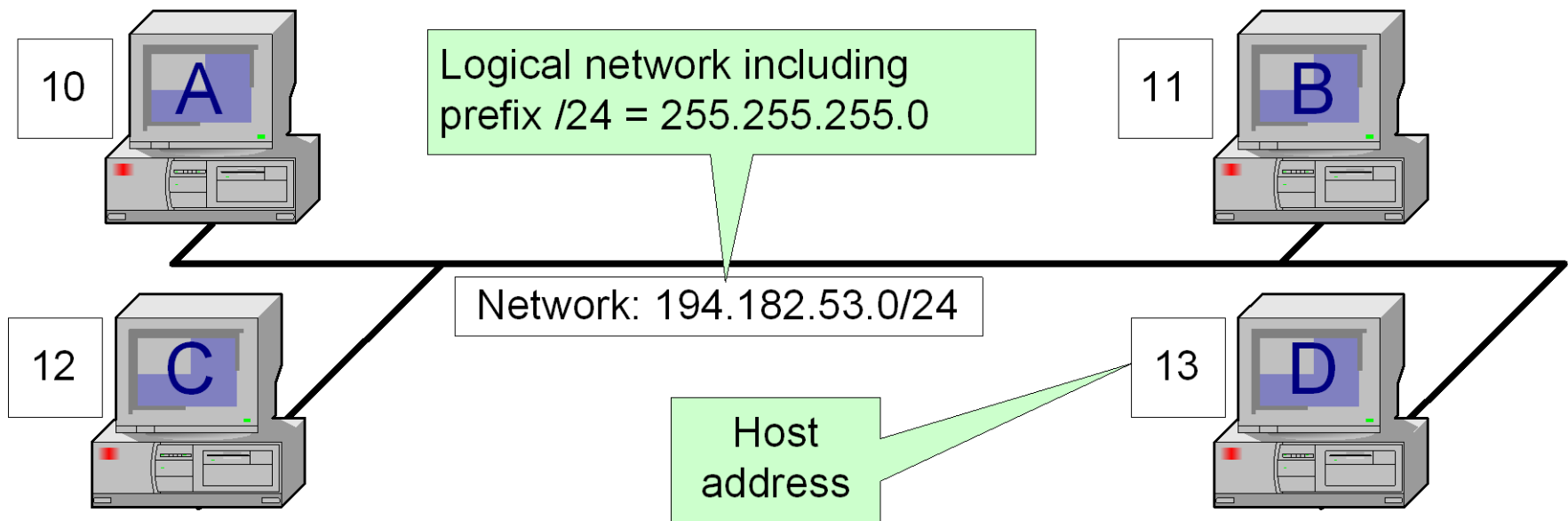
# Numre

- Lad os regne lidt på det.



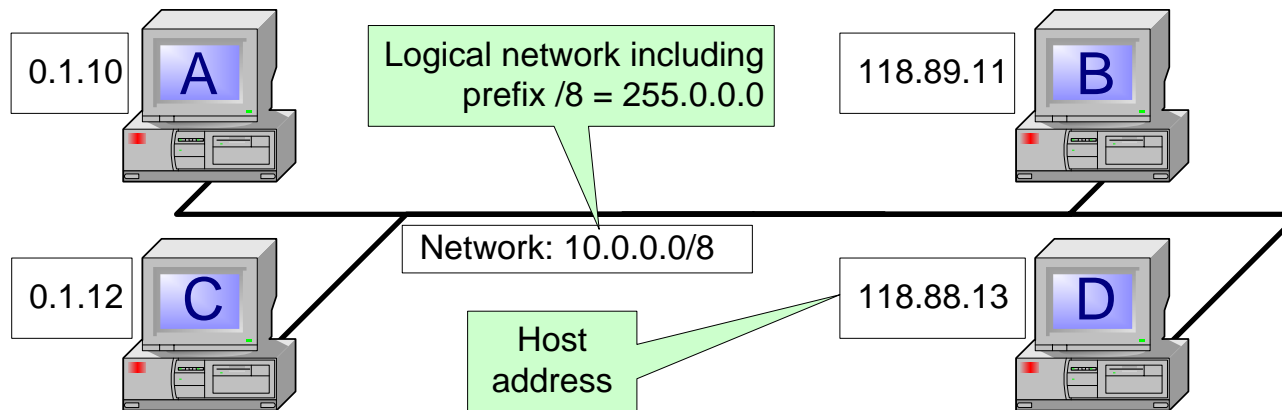
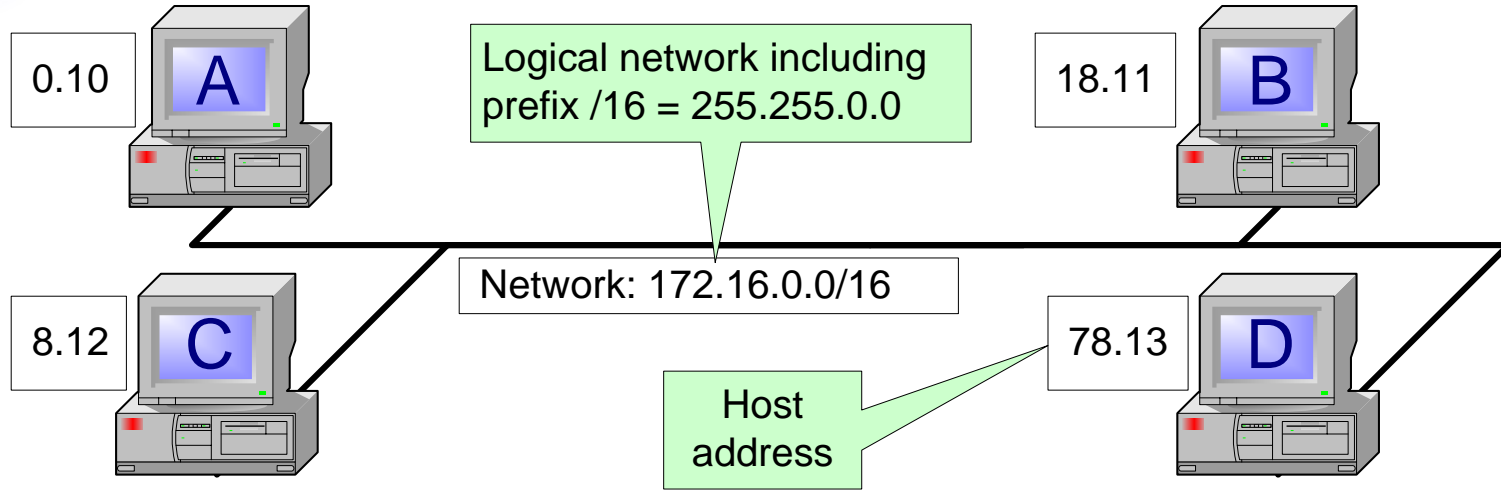
# Prefix notation

- Saml redundant information.
- Alle hosts på det samme fysiske netværk tilhører samme logiske netværk
  - Nemmere at læse og ændre i tegningen





# Prefix notation - eksempler





# IP adresse klasser

- Originalt var IP adresser indelt I tre unicast områder kaldet klasser
  - **Klasse A:** Kæmpe Store Netværk
    - 16,7 millioner IP adresser
  - **Klasse B:** Store Netværk
    - 65536 IP adresser
  - **Klasse C:** Små Netværk
    - 256 IP adresser



# IP address classes

- Den første byte bestemte hvilken klasse IP adressen tilhørte.
  - **Klasse A:**
    - Den første byte er mellem 0 og 127
    - For eksempel 13.56.89.225
  - **Klasse B:**
    - Den første byte er mellem 128 og 191
    - For eksempel 182.56.89.225
  - **Klasse C:**
    - Den første byte er mellem 192 og 223
    - For example 201.56.89.225



# Klasse eksempel



IP adresse 13.2.3.4

Klasse A adresse  
13 er imellem 0 og 127

Klasse C adresse  
194 er imellem 192 og 223

og

194.182.53.13



# Subnet masker og klasser

- Hver klasse har sin egen subnet maske
  - **Klasse A:**
    - Subnet maske 255.0.0.0
  - **Klasse B:**
    - Subnet maske 255.255.0.0
  - **Klasse C:**
    - Subnet maske 255.255.255.0



# IP Klasser

Klasse	Formål	Første byte	Subnet maske	Prefix	Max hosts
A	Unicast	0 og 127	255.0.0.0	/8	16.777.214
B	Unicast	128 og 191	255.255.0.0	/16	65.534
C	Unicast	192 og 223	255.255.255.0	/24	254

## Ekstra Klasser

Klasse	Formål	Første byte	Subnet maske	Prefix	Max hosts
D	Multicast	224 og 239	ingen special	ingen	-
E	Reserved	240 og 255	ingen	ingen	-





# Private adresser

- RFC 1918 definerer at nogle adresser ikke må eksistere på internettet
  - Klasse A = 10.0.0.0/8
  - Klasse B = 172.16.0.0/12
  - Klasse C = 192.168.0.0/16
- Andre special adresser inkluderer
  - 0.0.0.0/8 – Unspecified address
  - 127.0.0.0/8 – Loopback address
  - 169.254.0.0/16 – APIPA address



# Offentlige adresser

- Alle adresser som ikke er private eller reserveres "lejes" ud af IANA og de 5 Regional Internet Registers(RIRs)





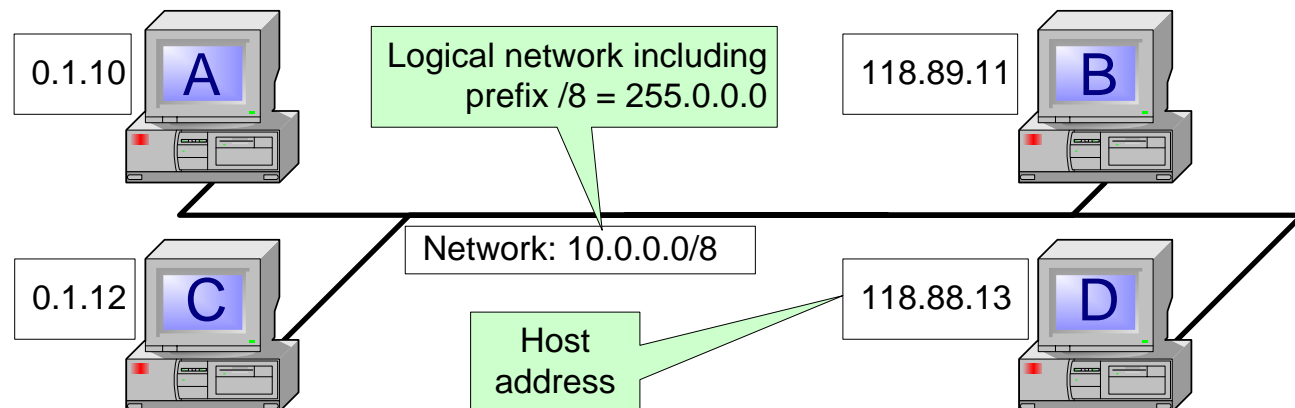
# Unicast Klasser

- Da internettet begynte at vokse indså man at de 3 klasser var ineffektiv tildeling
- I dag er IP adresser klasseløse.
- Alle IP adresser kan bruges med alle subnet masker
- Noget ældre udstyr arbejder dog stadig med klasser.



# Dokumentation

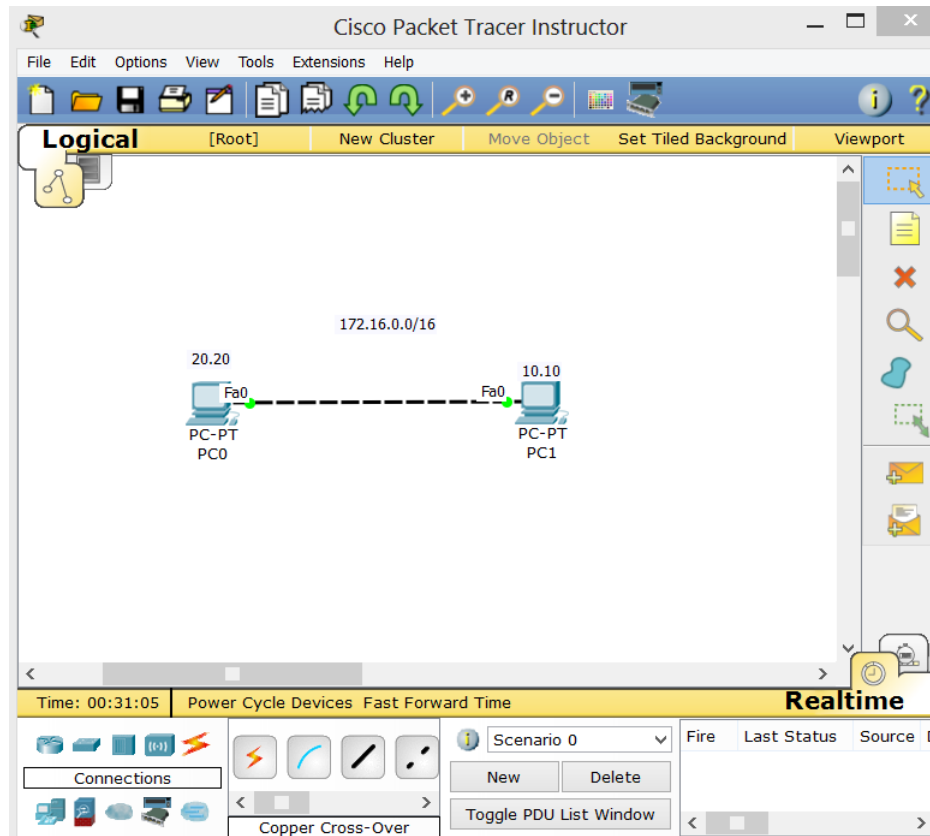
- Tegn et diagram over det netværk vi sidder på. Tegningen skal inkludere:
  - Computerne i din egen gruppe og gruppen ved siden af.
  - Netværks del/Subnetmask
  - Host del





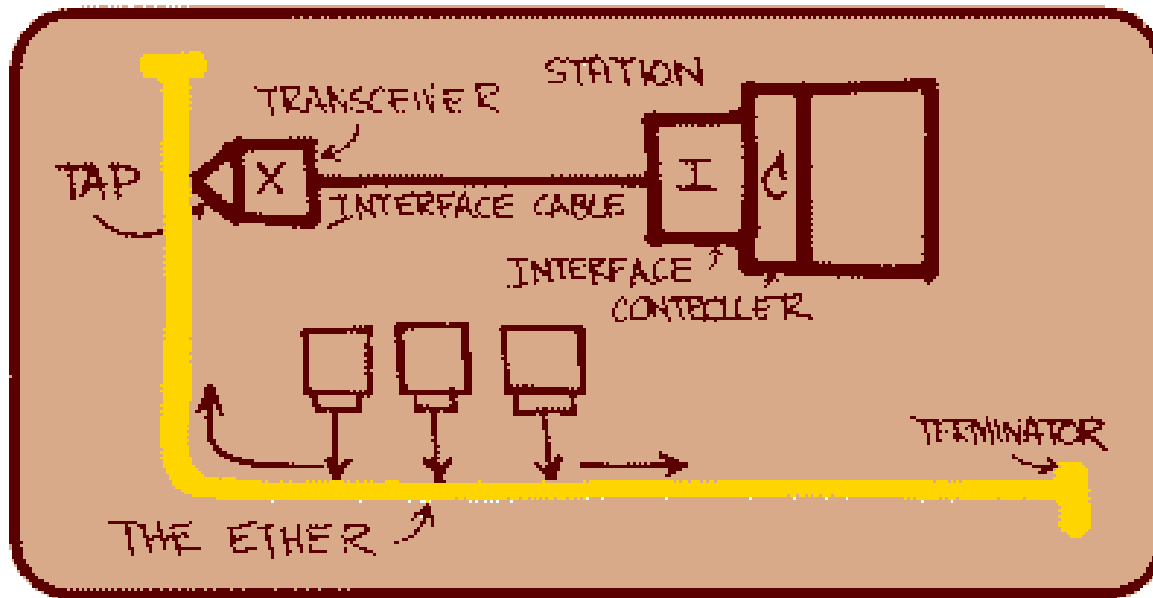
# Packet tracer

- Opgave

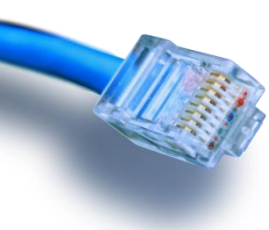




# ETHERNET



Robert Metcalfe's presentation of Ethernet in June 1976.



# Ethernet

- Formålet med Ethernet:
  - Udveksle digital information imellem forbundne stationer.
  - Arbejder indenfor et begrænset geografisk område..
    - LAN – Local Area Networks
    - Typisk med et maks på 100 meters i diameter
  - Hastigheder: 10 Mbps to 100 Gbps



# Ethernet

- Formålet med Ethernet:
  - Udveksle digital information imellem forbundne stationer.
  - Stations adresserer hinanden med en unik MAC adresse (Normalt skrevet I hexadecimal)
    - fx. 0010E2F11671 eller 00-10-E2-F1-16-71

```
Command Prompt
C:\>ipconfig/all
Ethernet adapter Local Area Connection:

Description . . . . . : Broadcom NetLink (
Physical Address. . . . . : 00-21-86-A0-CE-84
DHCP Enabled. . . . . : Yes
IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.14
```





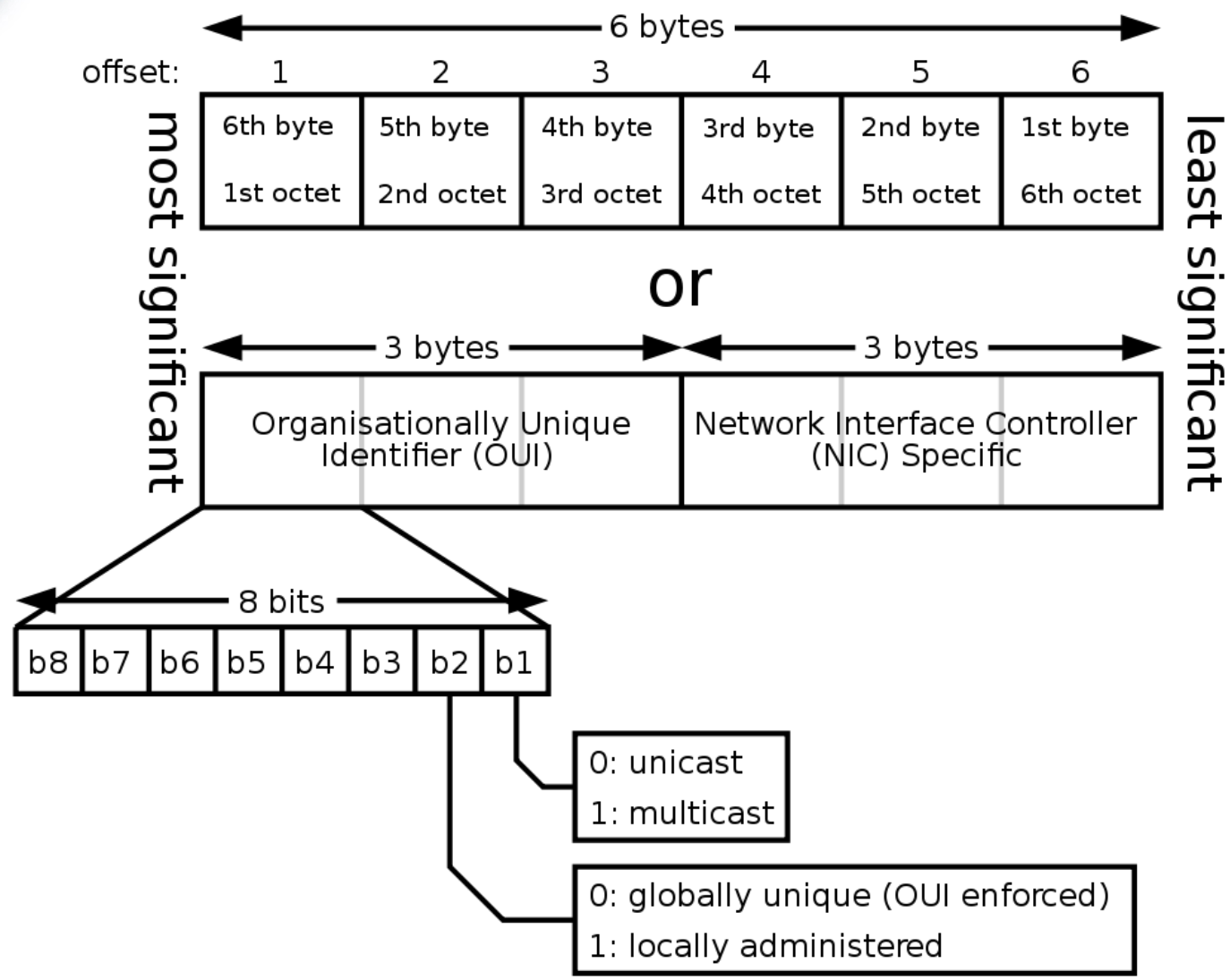
# MAC adresser

- MAC adresser er administreret af IEEE
- MAC adresser er 48 bits store
  - Eksempel på den samme adresse
    - Windows presentation: 00-10-F4-A3-10-41
    - UNIX/Linux presentation: 00:10:F4:A3:10:41
    - Cisco presentation: 0010.F4A3.1041
- MAC adresser er unike
  - “Brændt” ind i hardware





# MAC addresser



You can find the list of OUI if you search for "mac vendor" on google



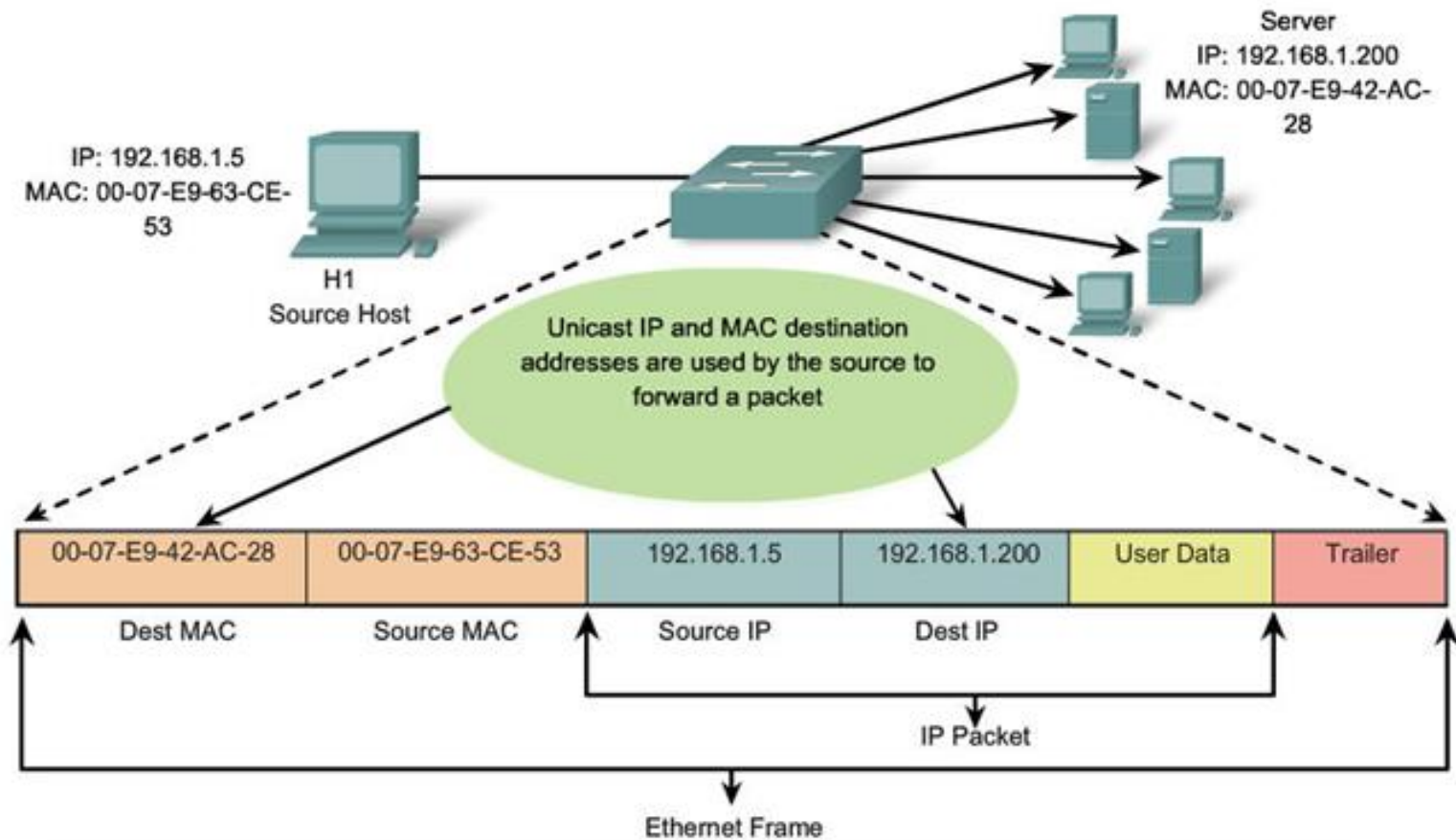
# MAC adresser

- Nogle MAC adresser har speciell betydning – all ones
  - FF-FF-FF-FF-FF-FF – Broadcast
  - 01:00:5E:XX:XX:XX - Multicast



# MAC adresser

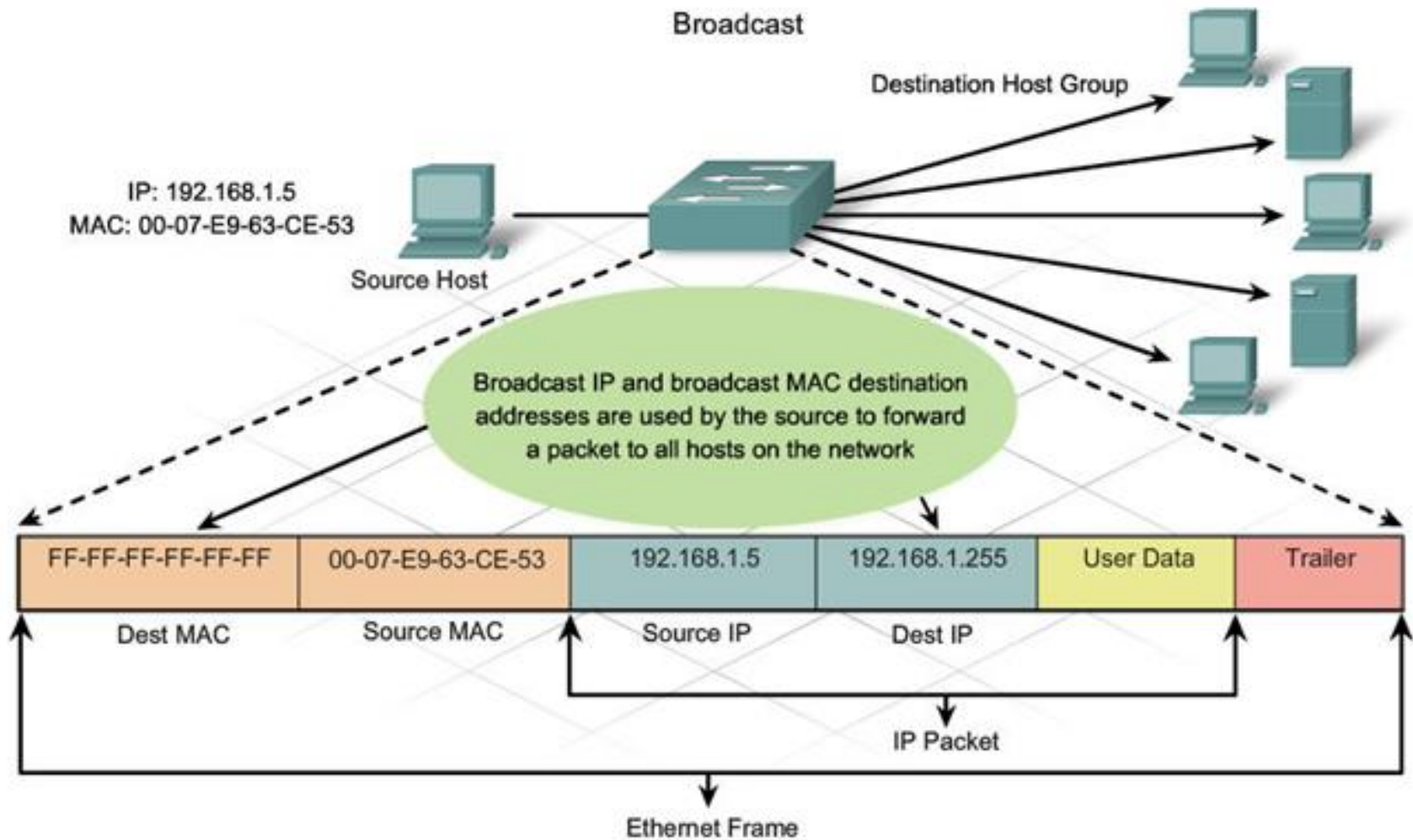
- Unicast MAC Adresser  
Unicast





# MAC adresser

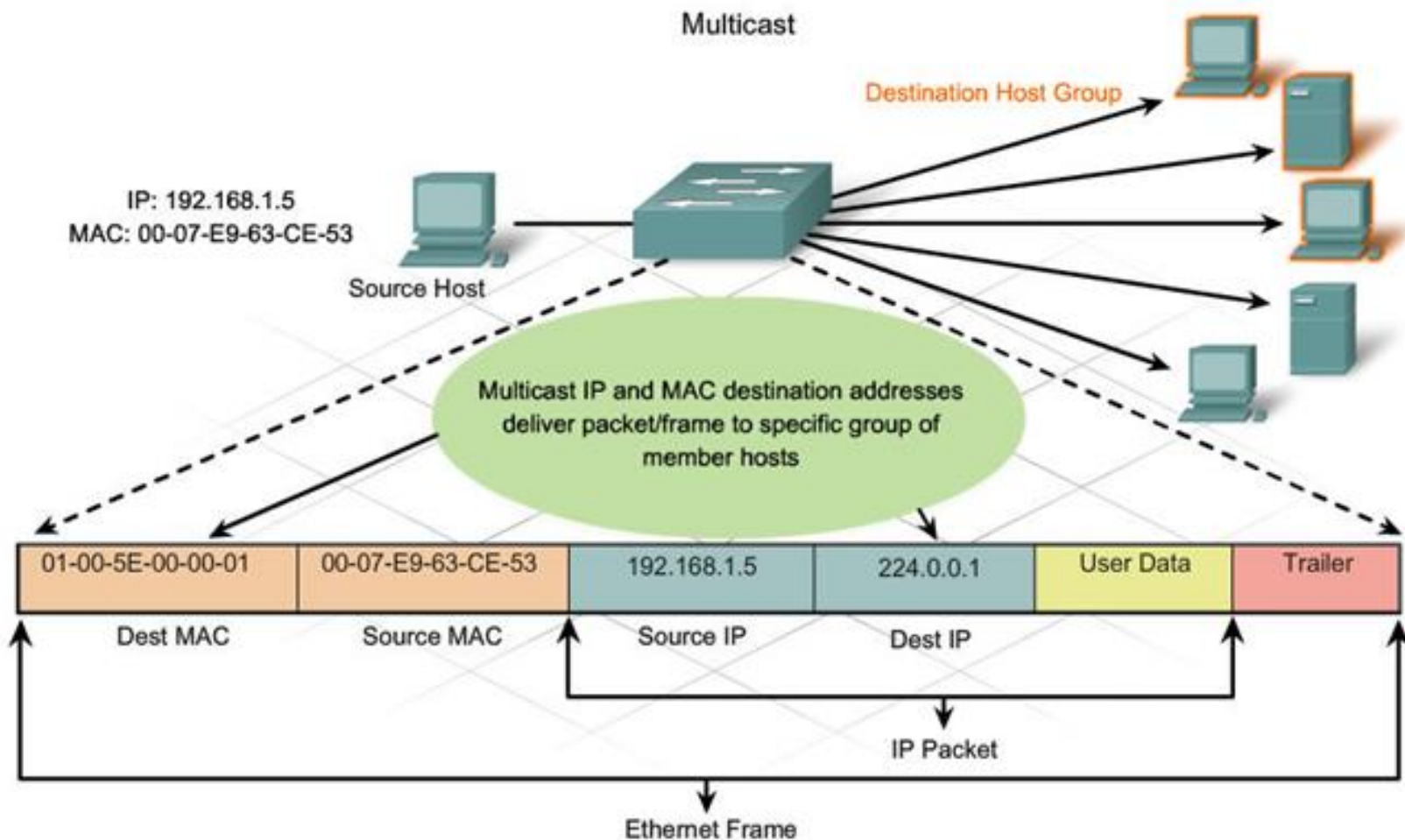
- Broadcast MAC Adresser





# MAC adresser

- Multicast MAC Adresser





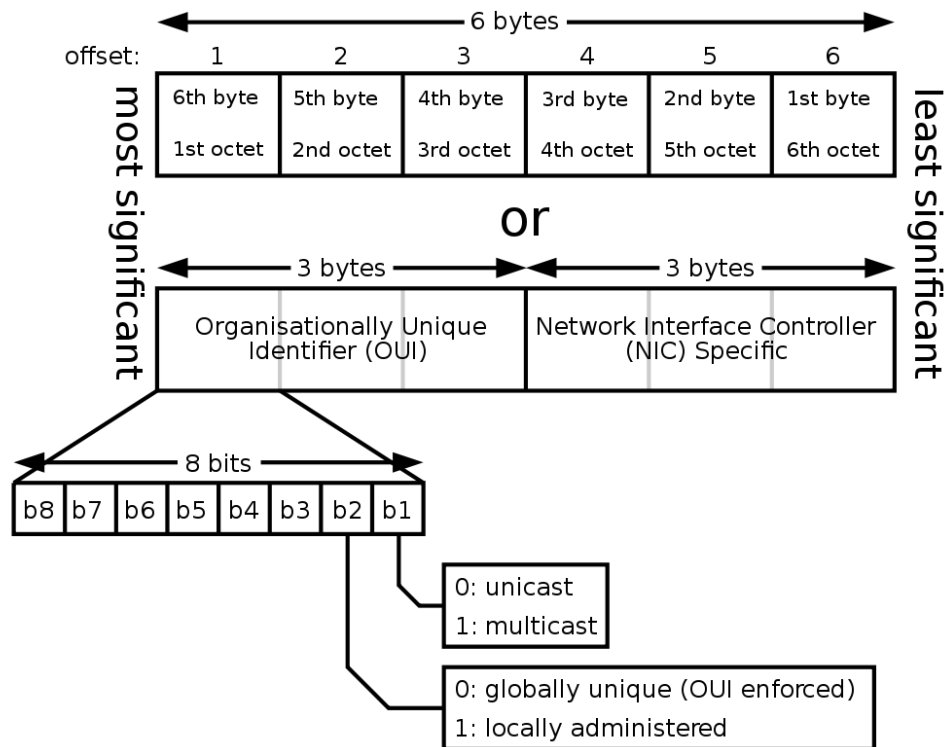
# MAC & IP

- MAC Adressen
  - Ændrer sig ikke\*
  - Unik for netkortet
  
- IP Adressen
  - Logisk tildelt
  - Ændrer sig efter computerens pladsering
  - Tildelt af en netværks administrator/DHCP



# MAC adresser - opgave

- Find din computers MAC adresse
- Hvem har produceret NIC?
- Er den global unik eller ændret?





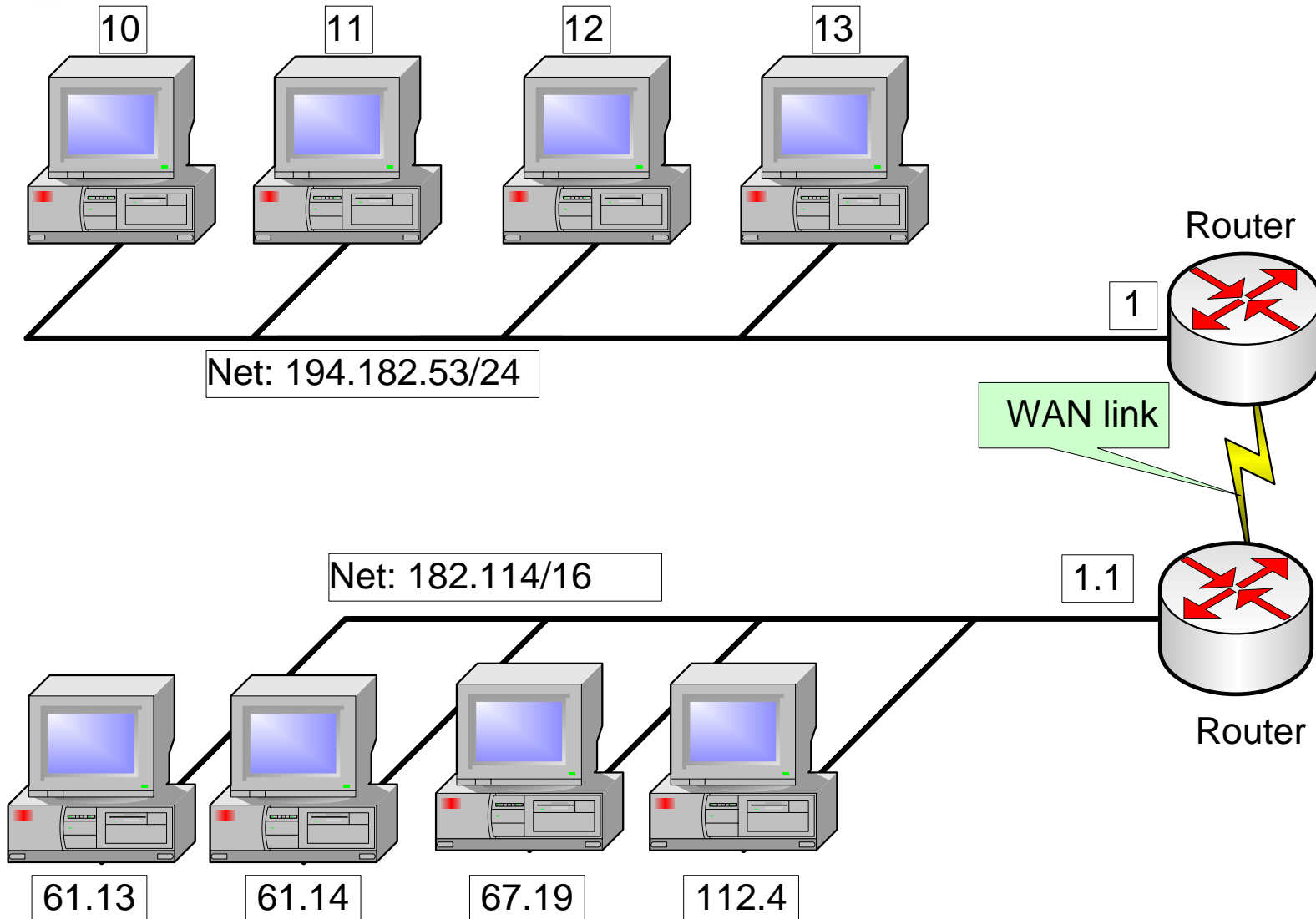


# BASIC ROUTING



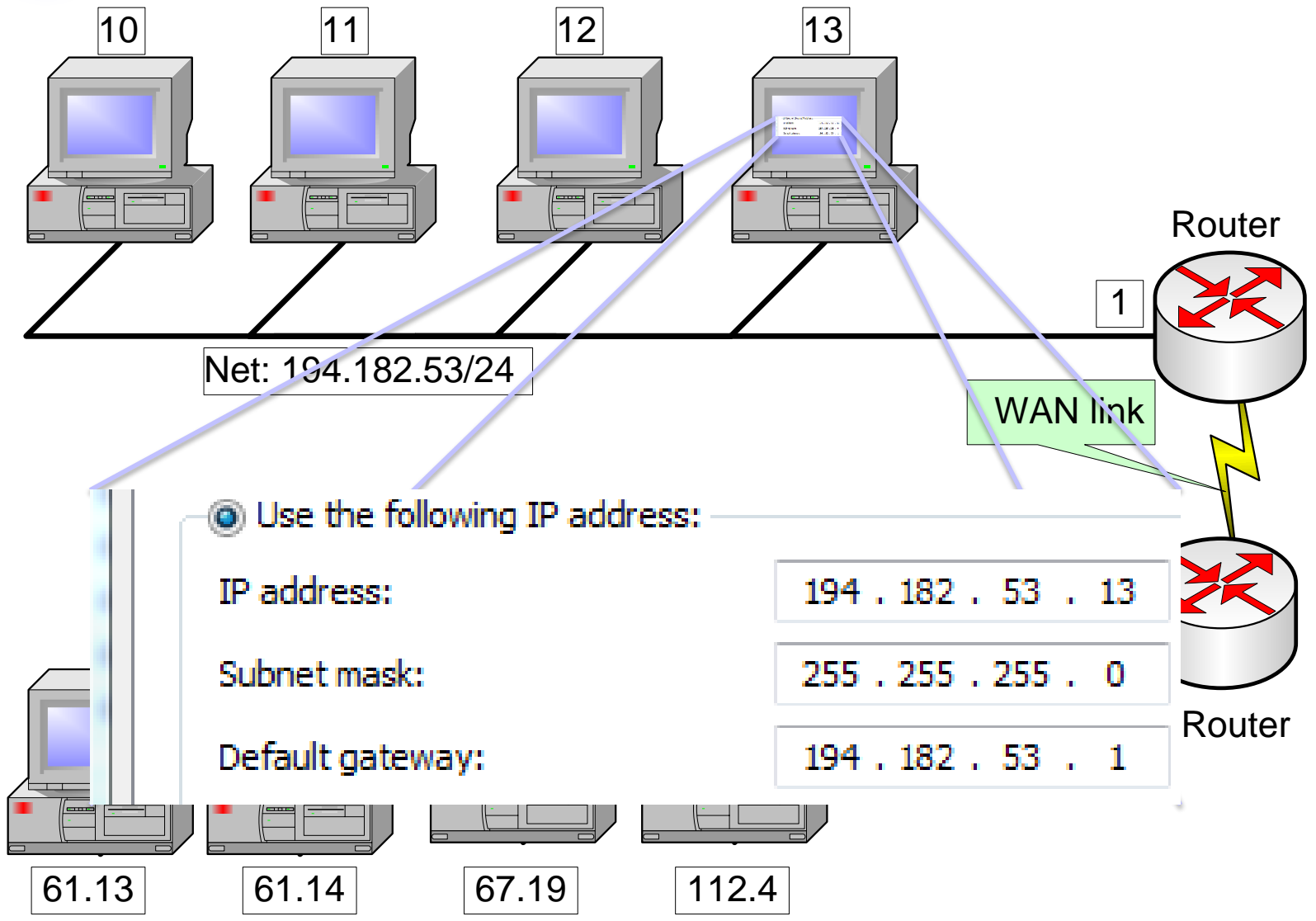


# Mellem logiske net





# Default gateway



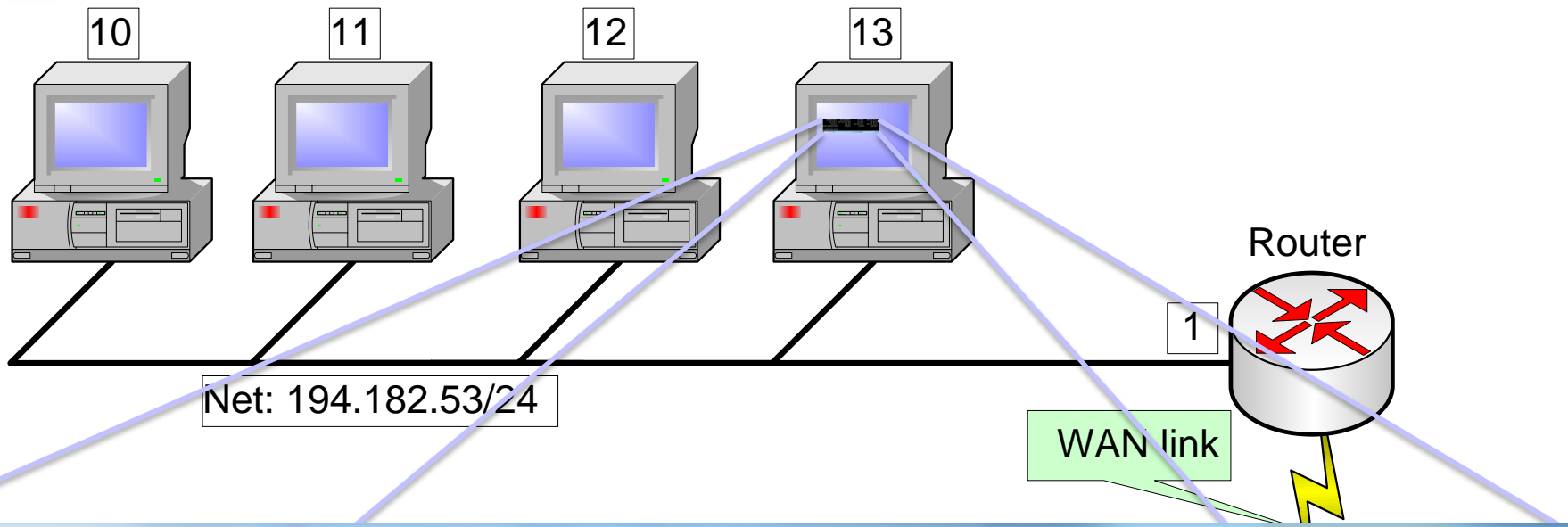


# Routing tabellen

- Routing tabellen er en liste af alle kendte logiske netværk hosten kender.
- Hvis en host ikke kender et logiske netværk sendes pakken til en default gateway
- Logisk gateway er kendt som `0.0.0.0/0`
  - `0.0.0.0/0` betyder alle netværk med alle subnet masker



# Routing tabellen



```
C:\temp>route print
```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface
	0.0.0.0	0.0.0.0	194.182.53.1	194.182.53.13
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1
	194.182.53.0	255.255.255.0	On-link	194.182.53.13

61.13      61.14      67.19      112.4



# Routing tabellen

- Hver linje beskriver et logisk netværk

List of known logical networks

The subnet mask of each known logical subnet mask

Command to see the route table

Which interface to send the packets out of

```
Command Prompt
C:\temp>route print

Network Destination    Netmask          Gateway          Interface
0.0.0.0                0.0.0.0         194.182.53.1    194.182.53.13
127.0.0.1             255.255.255.255 On-link         127.0.0.1
194.182.53.0         255.255.255.0   On-link         194.182.53.13
```

The gateway (router) to send the packet to.  
If not on-link (Same physical network)



# Routing tabellen

Command Prompt

```
C:\temp>route print
```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface
	0.0.0.0	0.0.0.0	194.182.53.1	194.182.53.13
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1
	194.182.53.0	255.255.255.0	On-link	194.182.53.13

- Hvis en host skal sende en pakke til destinationen 194.182.53.67, søger den sin routing table og finder 2 mulige destinationer
  - 0.0.0.0/0 via 194.182.53.1 ud af interface 194.182.53.13
  - 194.182.53.0/24 on-link ud af interface 194.182.53.13
- Her vælger den så den mest specifikke route. Den med længste subnet maske. /24 er bedre end /0



# Understanding the route table

```
C:\temp>route print
```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface
	0.0.0.0	0.0.0.0	194.182.53.1	194.182.53.13
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1
	194.182.53.0	255.255.255.0	On-link	194.182.53.13

- Hvis en host skal sende en pakke til destinationen 8.8.8.8 søger den sin routing table og finder 1 mulige destinationer
  - 0.0.0.0/0 via 194.182.53.1 ud af interface 194.182.53.13
- Pakken til 8.8.8.8 vil blive sendt til default gateway fordi 8.8.8.8 er på et andet logisk netværk





# Find din route table

- Find routing tabellen på din computer med **route print** kommandoen
- Hvad hedder din default gateway
- Tilføj den Default gateway Netværks diagrammet fra tidligere



# IP opsummering

- En host kan sende direkte til andre host på det lokale netværk
- Hvis den skal sende til andre logiske netværk skal den kende en router
  - En router er en enhed der sender pakker mod deres destination.
- 172.16.0.0/16 er et klasse B net
  - Netværk: 172.16.0.0
  - Subnet mask: 255.255.0.0

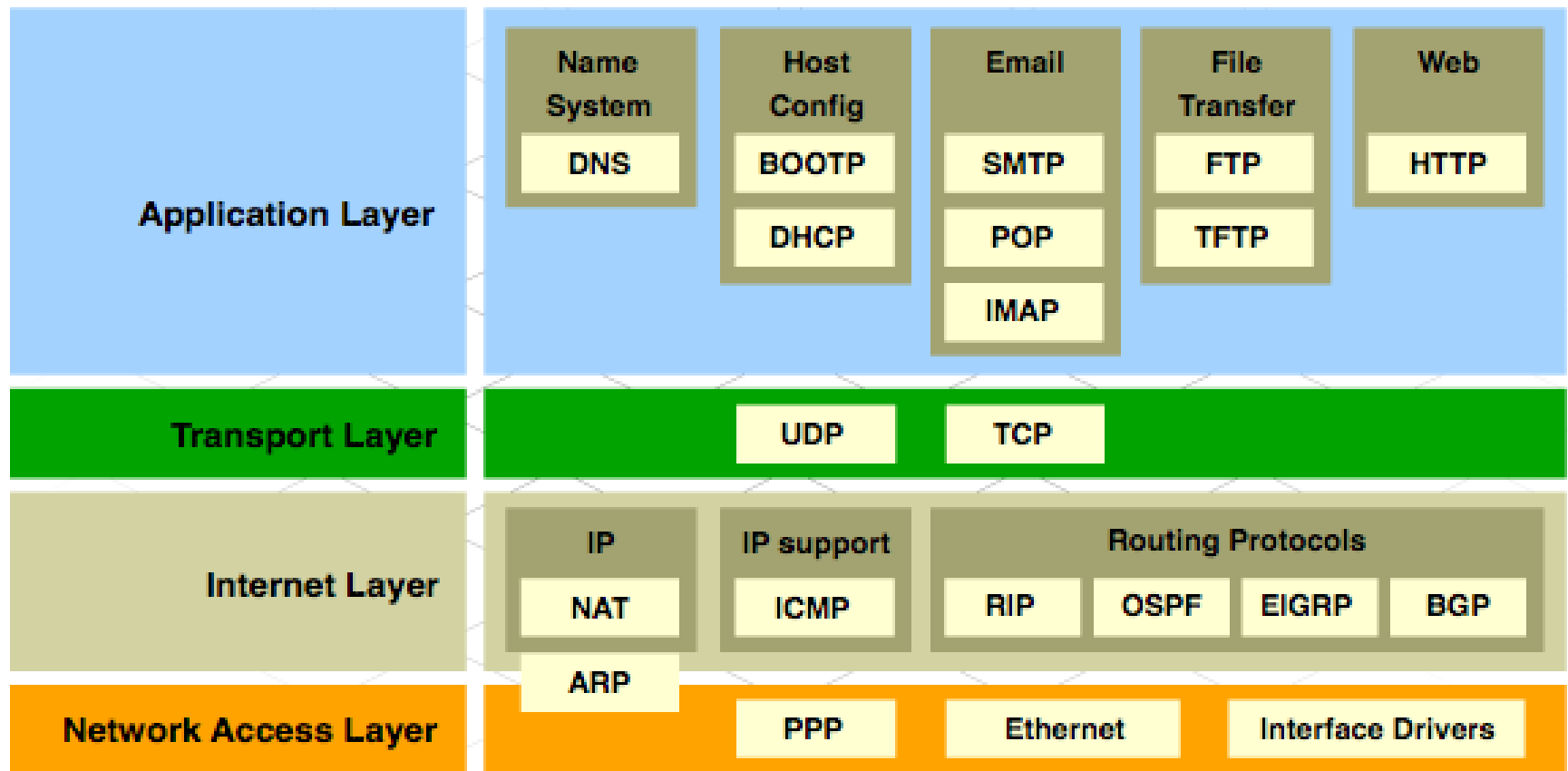


# IP opsummering

- En host kan sende direkte til andre host på det lokale netværk
- Hvis den skal sende til andre logiske netværk skal den kende en router
  - En router er en enhed der sender pakker mod deres destination.
- 172.16.0.0/16 er et klasse B net
  - Netværk: 172.16.0.0
  - Subnet mask: 255.255.0.0



# L2 & L3





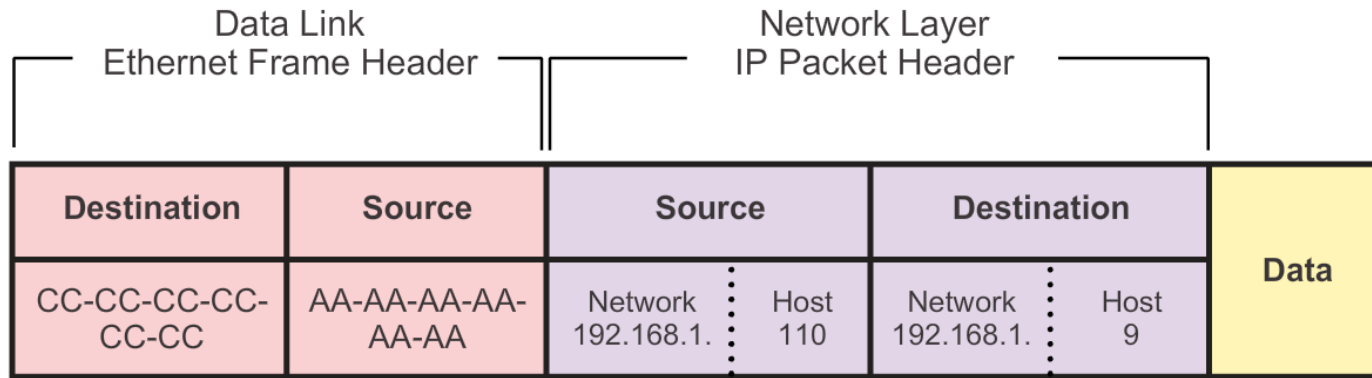
# L2 & L3

- Netværks adresser
  - Source IP adresse
  - Destinations IP adresse
- Datalink adresser
  - Source MAC adresse
  - Destinations MAC adresse

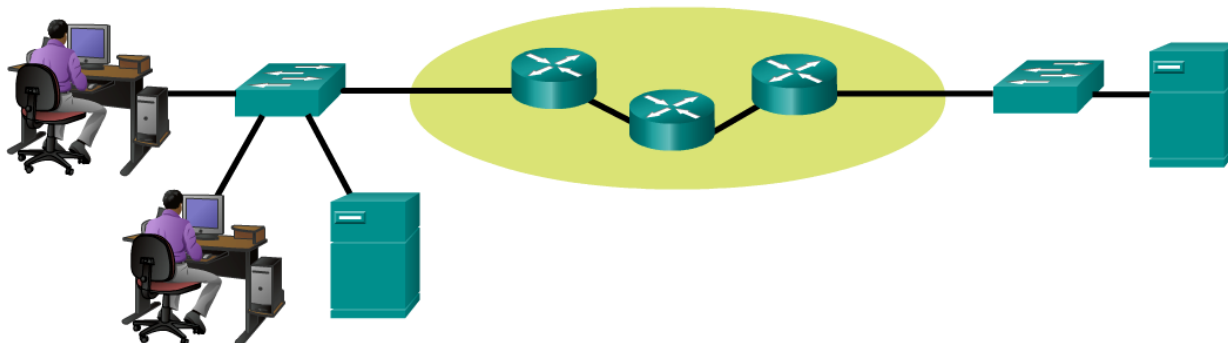


# L2 & L3

- Enheder på same netværk



**PC1**  
192.168.1.110  
AA-AA-AA-AA-AA-AA

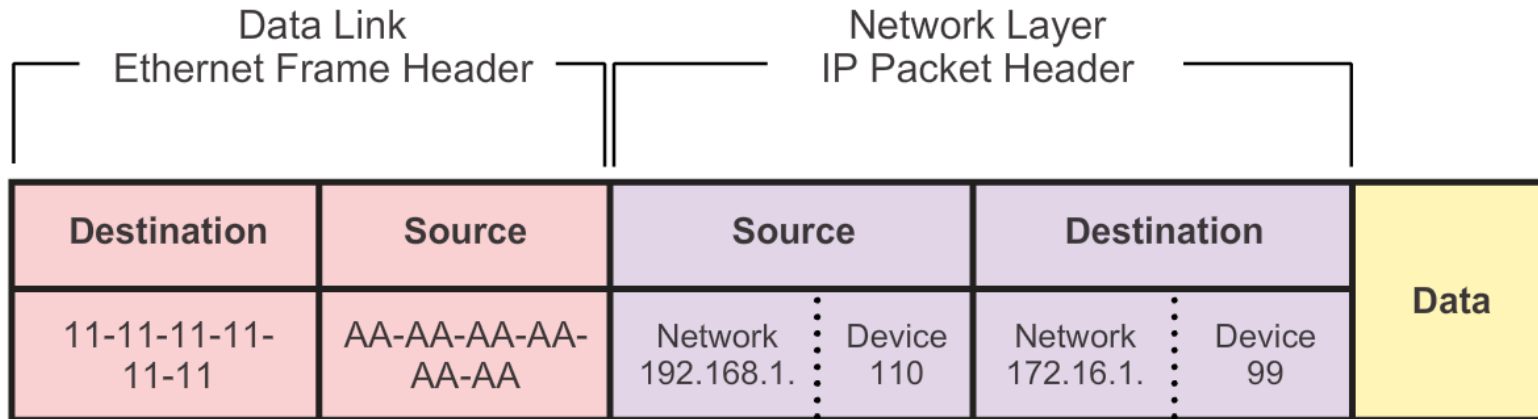


**FTP Server**  
192.168.1.9  
CC-CC-CC-CC-CC-CC



# L2 & L3

- Enheder på andre netværk

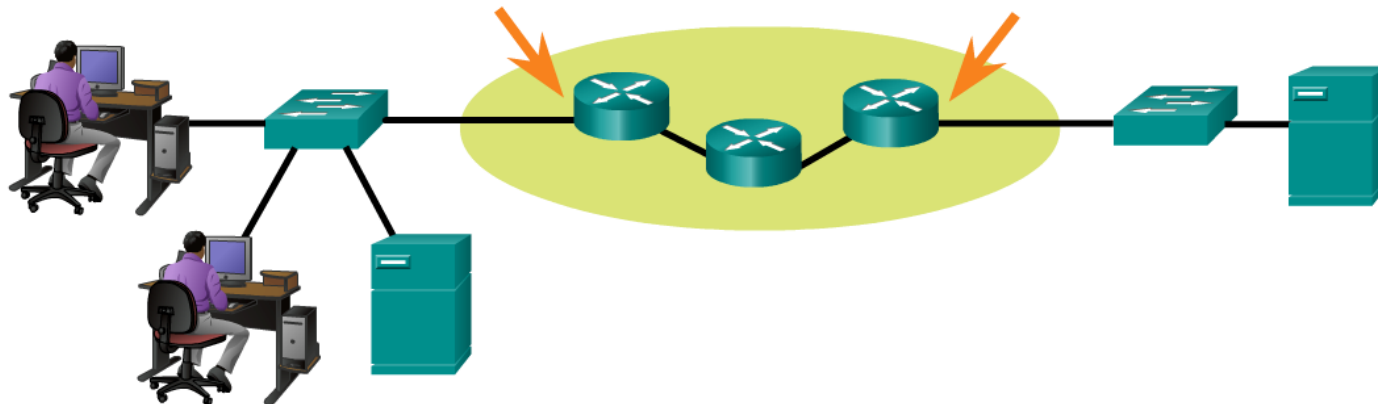


**PC1**  
192.168.1.110  
AA-AA-AA-AA-AA-AA

**R1**  
192.168.1.1  
11-11-11-11-11-11

**R2**  
172.16.1.99  
22-22-22-22-22-22

**Web Server**  
172.16.1.99  
AB-CD-EF-12-34-56





# L2 & L3

- Det betyder
  - Lag 2 adressen bruges til at sende pakken til next-hop enheden
  - Lag 3 adressen bruges til at sende pakken til ende destinationen.
  - Lag 2 adressen skifter for hvert hop, mens Lag 3 adressen forbliver den samme