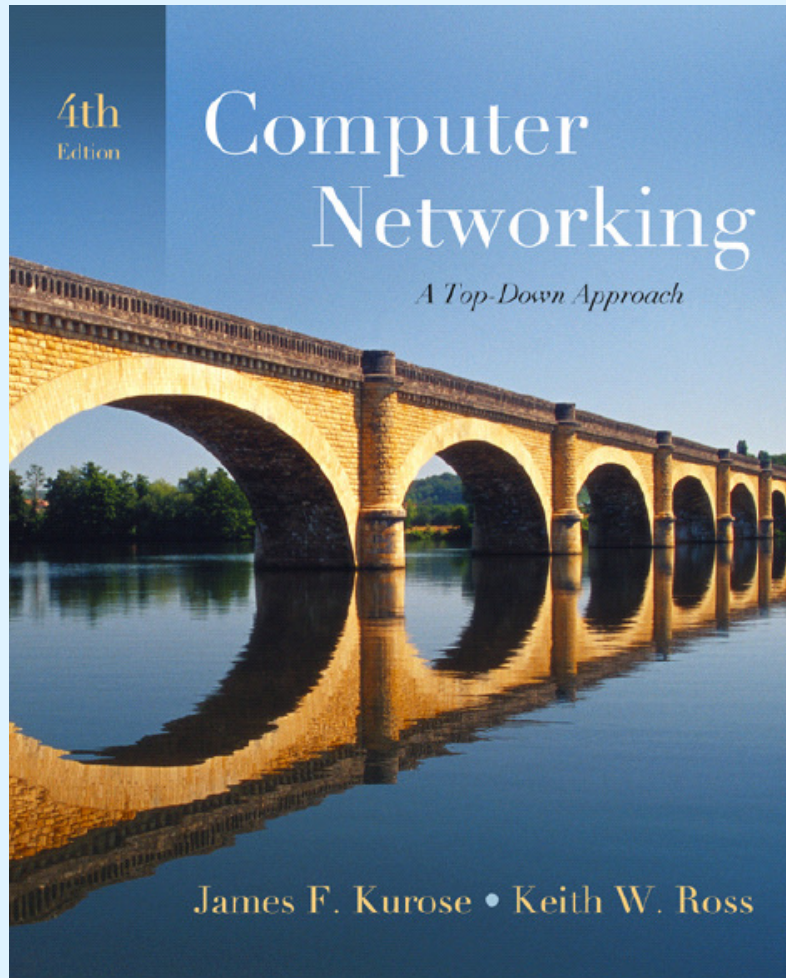


Link Layer

Lokala nät
(Ethernet och fältbussar)

Bildspelet omfattar till stor del bilder som hör till följande bok:



A note on the use of these ppt slides:

We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- ☐ If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- ☐ If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

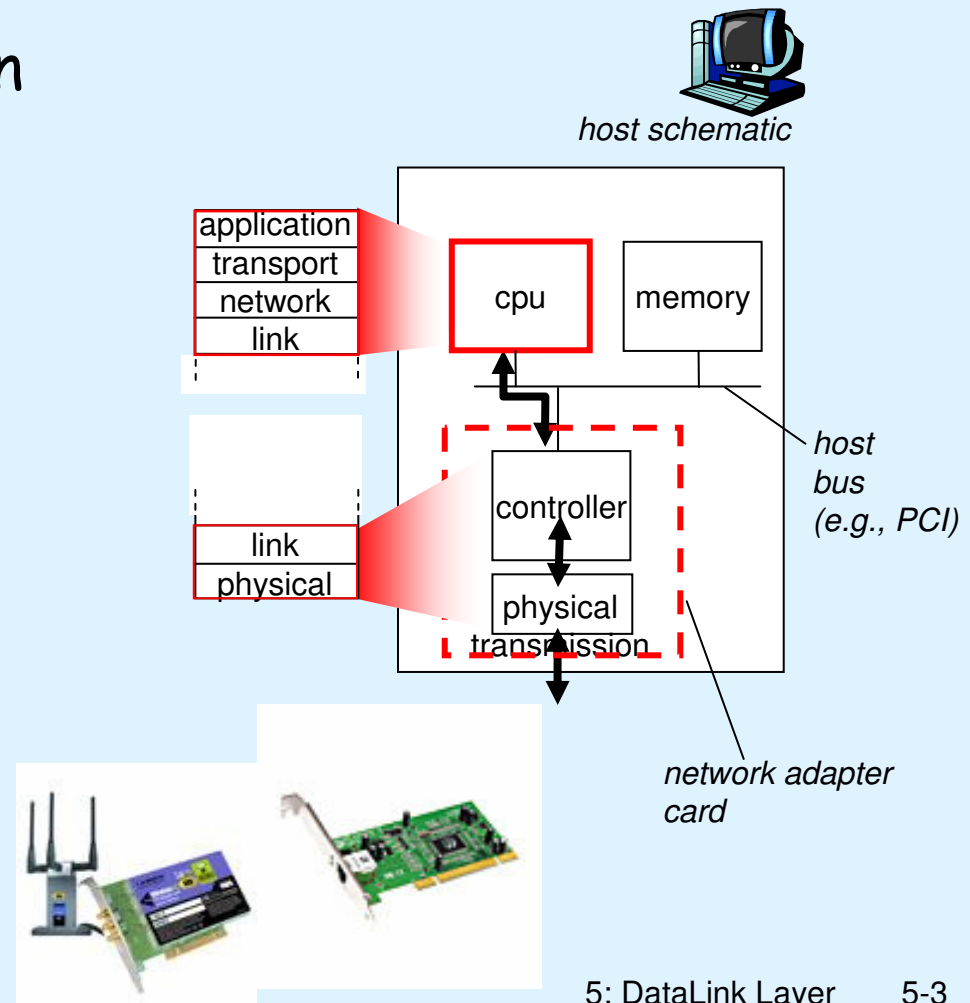
All material copyright 1996-2007
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Computer Networking: A Top Down Approach, 4th edition.
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, July 2007.

5: DataLink Layer

Where is the link layer implemented?

- ❑ in each and every host
- ❑ link layer implemented in "adaptor" (aka *network interface card* NIC)
 - Ethernet card, PCMCIA card, 802.11 card
 - implements link, physical layer
- ❑ attaches into host's system buses
- ❑ combination of hardware, software, firmware



Multiple Access Links and Protocols

Two types of "links":

- ❑ point-to-point
 - PPP for dial-up access
 - point-to-point link between Ethernet switch and host

- ❑ Broadcast
(multi-drop, shared wire or medium)
 - old-fashioned Ethernet
 - 802.11 wireless LAN

Ideal Multiple Access Protocol

Broadcast channel of rate R bps

1. when one node wants to transmit, it can send at rate R .
2. when M nodes want to transmit, each can send at average rate R/M
3. fully decentralized:
 - no special node to coordinate transmissions
 - no synchronization of clocks, slots
4. simple

MAC Protocols: a taxonomy

Three broad classes:

❑ Channel Partitioning

- divide channel into smaller "pieces" (time slots, frequency, code)
- allocate piece to node for exclusive use

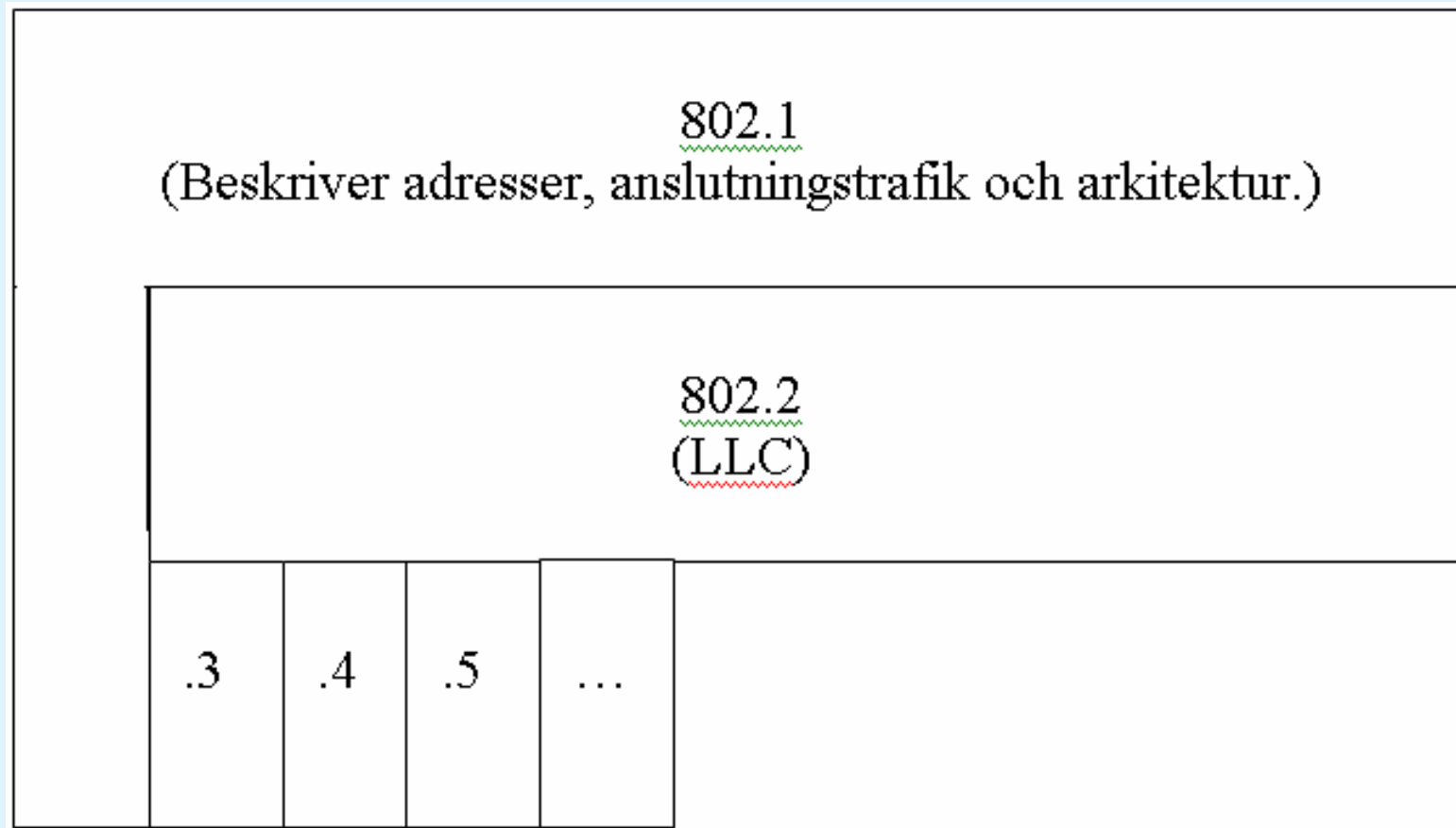
❑ Random Access

- channel not divided, allow collisions
- "recover" from collisions

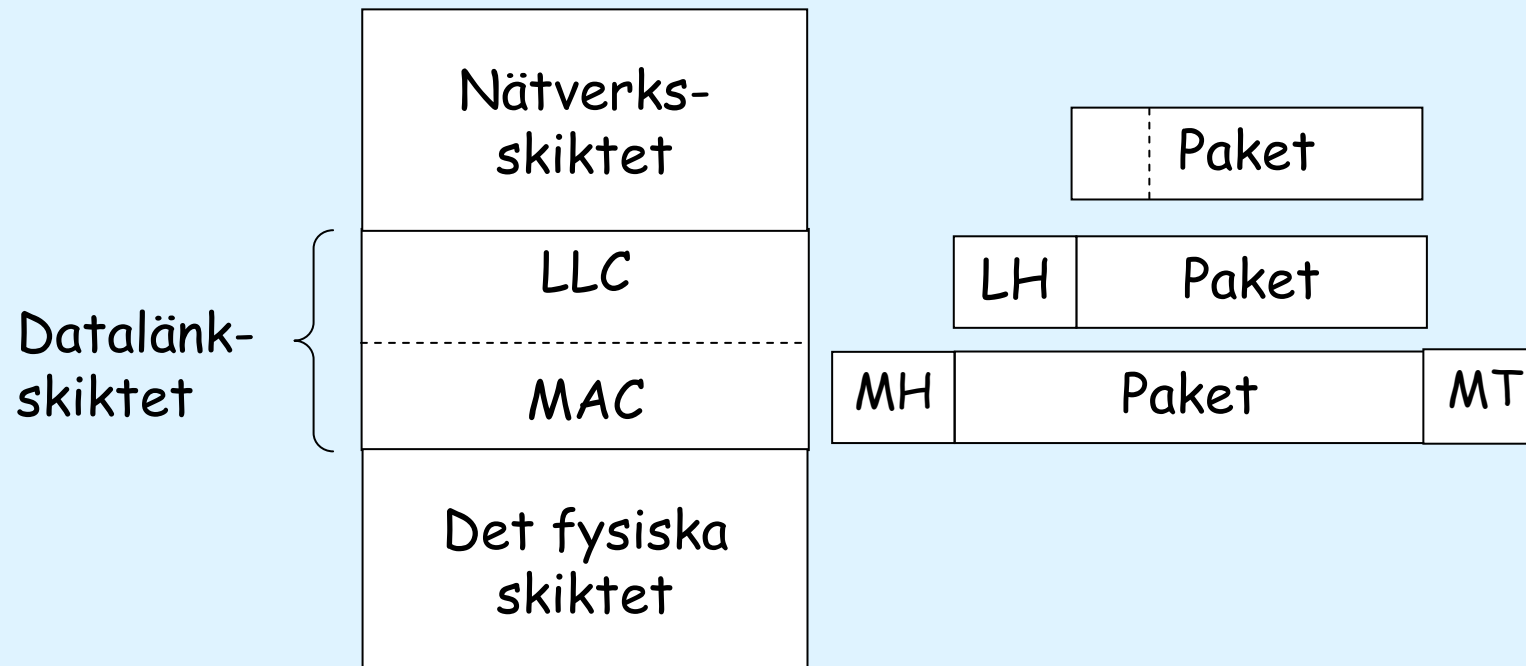
❑ "Taking turns"

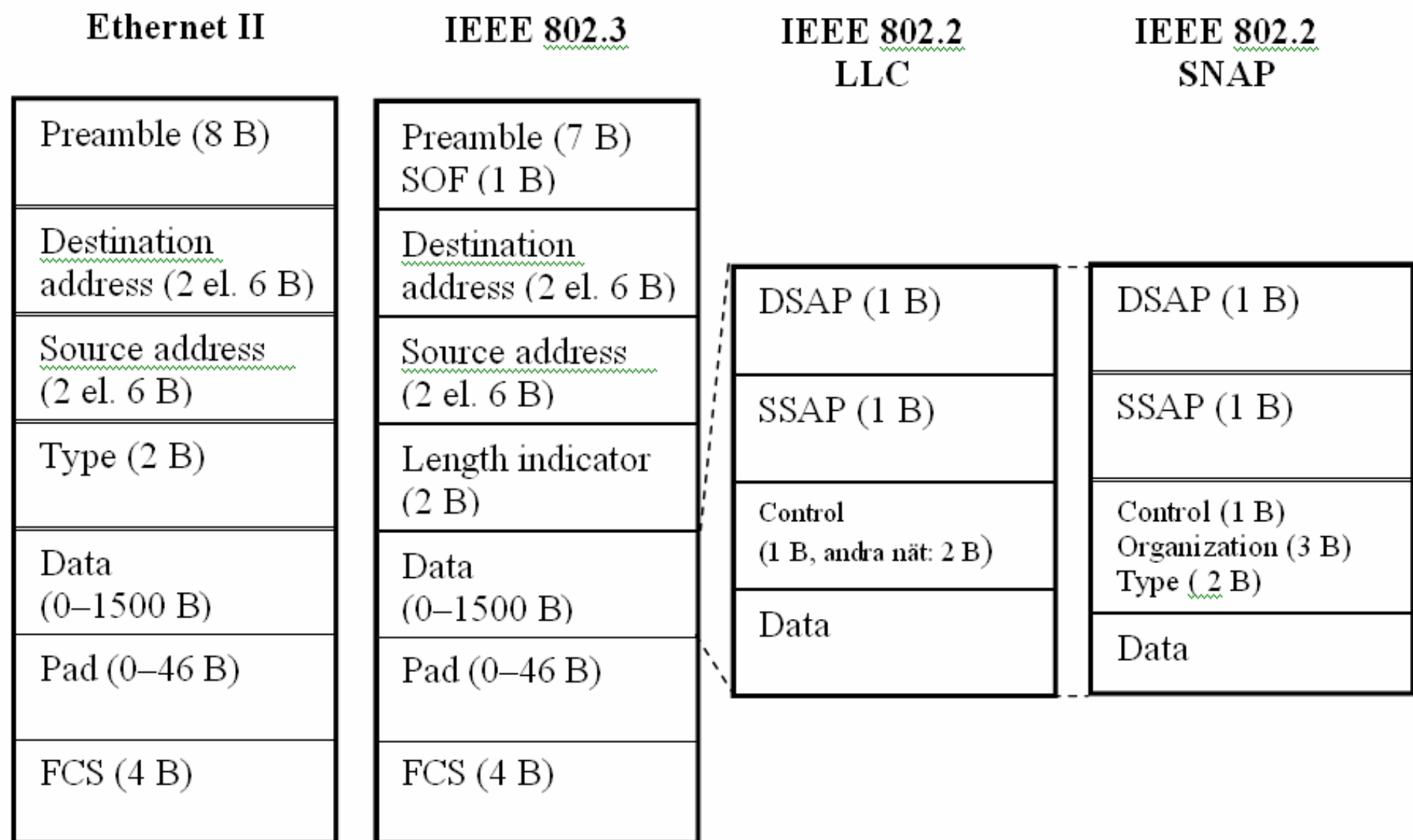
- nodes take turns, but nodes with more to send can take longer turns

IEEE 802-serien



IEEE 802-serien i OSI-modellen



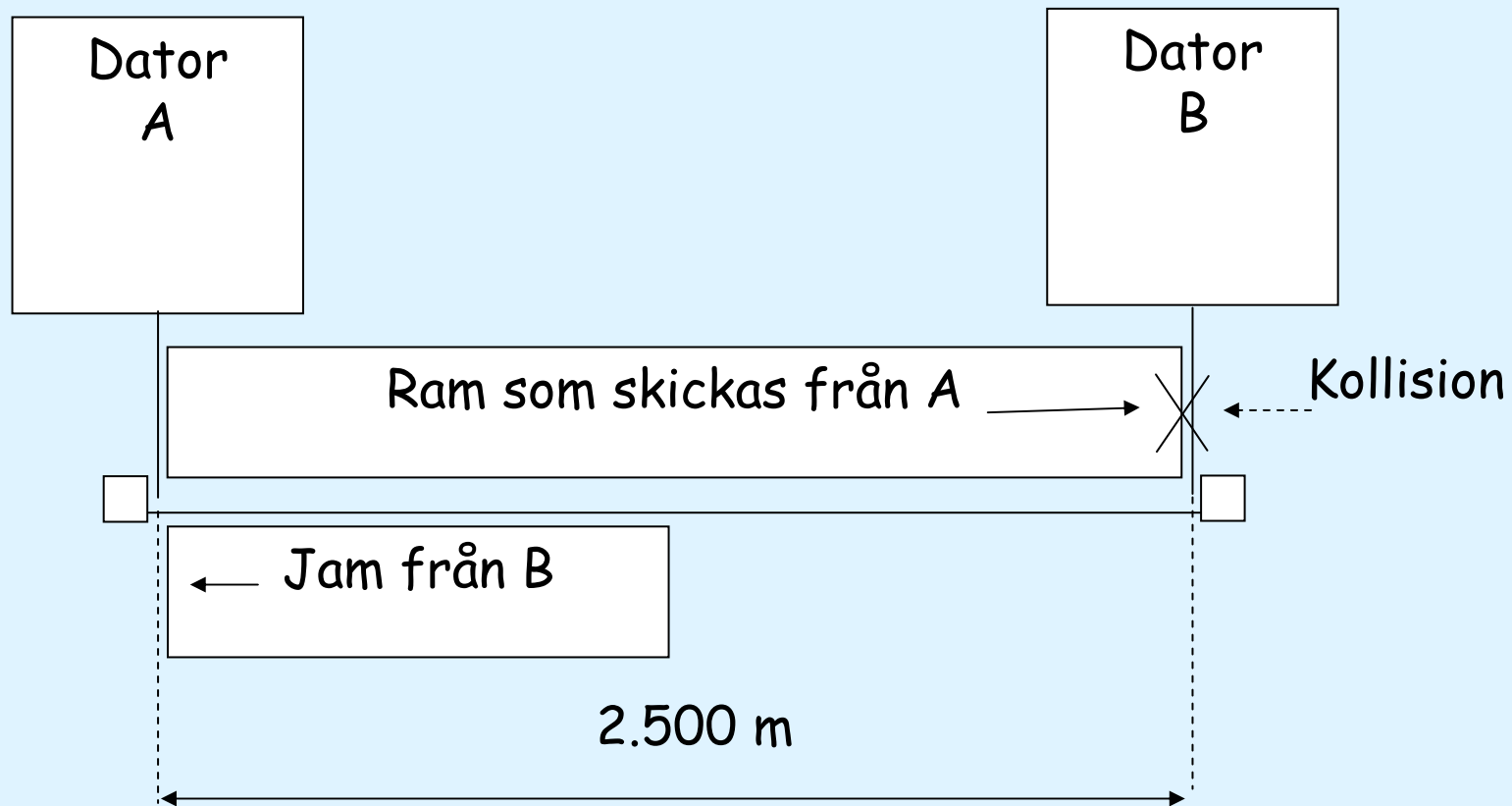


(Truncated) binary exponential backoff

Omsändningsförsök nr	K	R
1	1	0, 1
2	2	0, 1, 2, 3
...
10	10 (backoff limit)	0, 1, 2, ..., 1023
11	10	0, 1, 2, ..., 1023
...
16 (max)	10	0, 1, 2, ..., 1023

Slot time

(1)



Slot time

(2)

- Slot time

= 2·(utbredningstiden) + (säkerhetsmarginalen)

- Minimal ram

minimal ram = (slot time)·(max bithast)

Exempel med 10 Mbps:

$$51,2 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^6 = 512 \text{ b} = 64 \text{ B}$$

Ger i sin tur storleken för Pad (0-46 B).

Kabelbeteckningar

- [max. bithastighet] BASE/BROAD -Y [max. segmentlängd]

- Praktiska exempel

1BASE5 (StarLAN, telefontråd)

10BASE2 (tunn koaxialkabel, RG58, maximalt 185 m)

10BASE5 (tjock koaxialkabel, RG11)

10BASE-T (TP-kabel)

10BASE-FP (fiber passive)

10BASE-FL (fiber link)

10BROAD36 (bredband, radio i koaxialkabel, 2·1800 m)

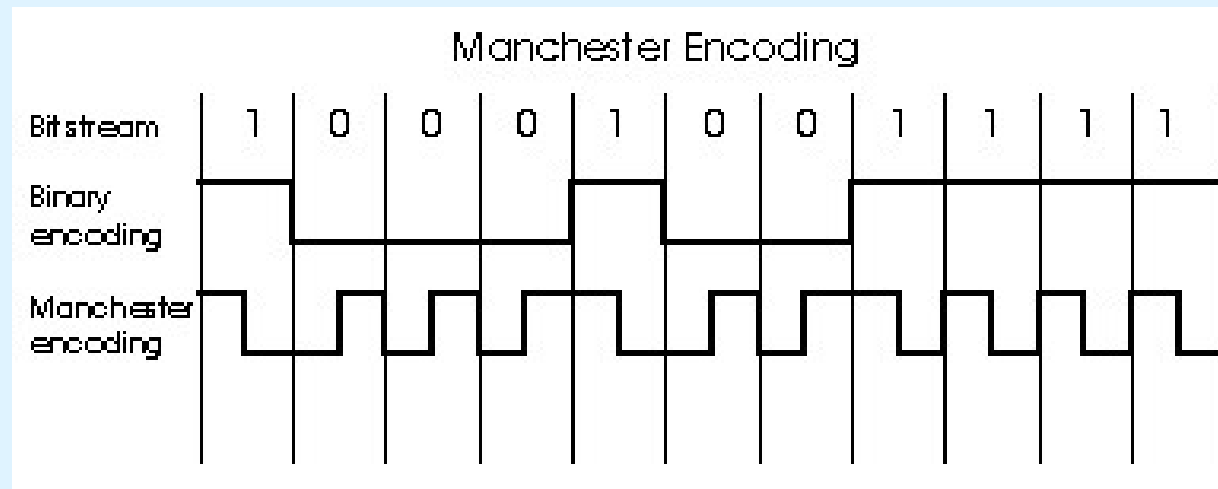
5-4-3-regeln

- ❑ Max 5 kabelsegment
- ❑ Max 4 repeterare eller hubbar
- ❑ Max 3 aktiva kabelsegment

Ethernet (IEEE 802.3, CSMA/CD)

- ❑ Slot time = $51,2 \mu\text{s}$
- ❑ Minsta ramstorlek = $512 \text{ b} = 64 \text{ B}$
- ❑ Interframe gap = $9,6 \mu\text{s}$
- ❑ Maximal bithastighet = 10 Mbps
- ❑ Maximal kabellängd på fysisk buss
(med fem segment, $5 \cdot 500\text{m}$) = 2.500 m
- ❑ Maximal längd på en droppkabel
(till tjock koaxialkabel) = 50 m
- ❑ Maximal längd på en TP-kabel = 100 m
- ❑ Kod (för kopparkablar): Manchester

Manchester encoding



- ❑ used in e.g. 10BaseT
- ❑ each bit has a transition
- ❑ allows clocks in sending and receiving nodes to synchronize to each other
 - no need for a centralized, global clock among nodes!
- ❑ Hey, this is physical-layer stuff!

Fast Ethernet

(IEEE 802.3u, CSMA/CD för halv duplex, flerpunkts-förbindelse)

- ❑ Slot time = 5,12 μ s
- ❑ Minsta ramstorlek = 512 b = 64 B
- ❑ Maximal bithastighet = 100 Mbps
- ❑ Maximal längd på en TP-kabel = 100 m

Kabelbet för Fast Ethernet

- ❑ 100BASE-X (samlingsnamn)

X = används för halv eller full duplex

100BASE-TX (1 par sänd/1 par mott)

100BASE-FX (1 fiber i vardera riktningen)

- ❑ 100BASE-T (samlingsnamn)

100BASE-T2 (1 par sänd/1 par mott)

100BASE-T4 (3 par sänd/mott + 1 par koll.det)

100BASE-TX

Halv och full duplex

- Halv duplex

Flerpunktsförbindelser (CSMA/CD)

- Full duplex (X-versionerna)

Punkt till punkt-förbindelser (802.3x)

Store-and-forward switch

Cut-through switch (1 par sänd + 1 par mott)

Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z , 802.3ab)

- ❑ Slot time = 4,096 μ s
- ❑ Minsta ramstorlek = 512 b = 64 B
- ❑ Maximal bithastighet = 1 Gbps
- ❑ Kod: 8b10b (åtta bitar kodas med 10 bitar)

Kabelbet för Gigabit Ethernet

- ❑ 1000BASE-T, 1000BASE-TX (4-pars UTP)
- ❑ 1000BASE-CX (2 par i STP, max 25 m)
- ❑ 1000BASE-LX (longwave)
- ❑ 1000BASE-SX (shortwave)

10 Gigabit Ethernet

- ❑ Full duplex
- ❑ IEEE 802.3ae

Punkt till punkt-förbindelser på WAN

40 och 100 Gigabit Ethernet

- ❑ Full duplex
- ❑ IEEE 802.3ba

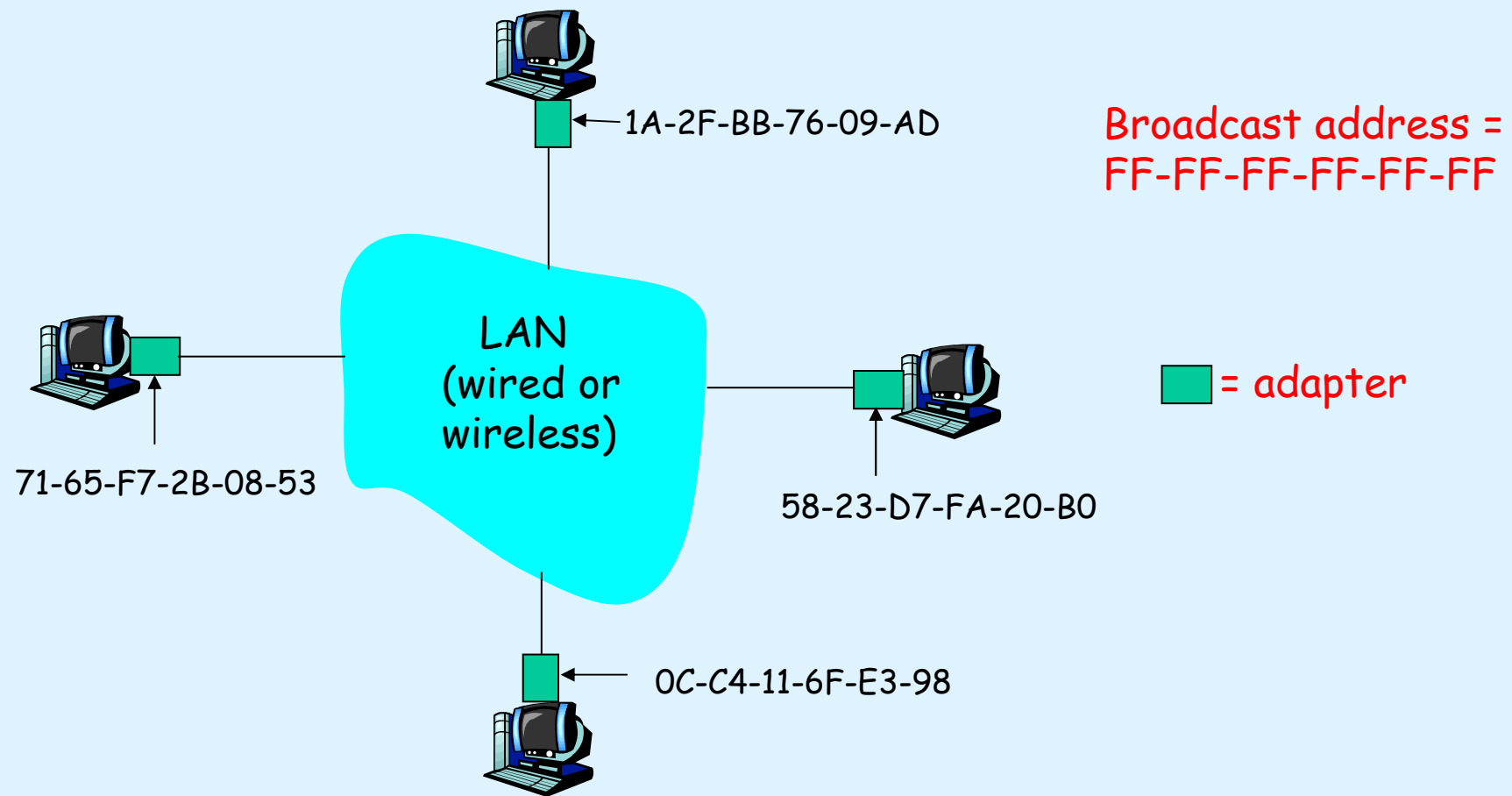
Punkt till punkt-förbindelser på WAN

LAN Address

- ❑ MAC address (12 hex, 6 B) allocation administered by IEEE
- ❑ Manufacturer buys portion of MAC address space (to assure uniqueness)
- ❑ MAC flat address → portability
 - can move LAN card from one LAN to another
- ❑ IP hierarchical address NOT portable
 - address depends on IP subnet to which node is attached

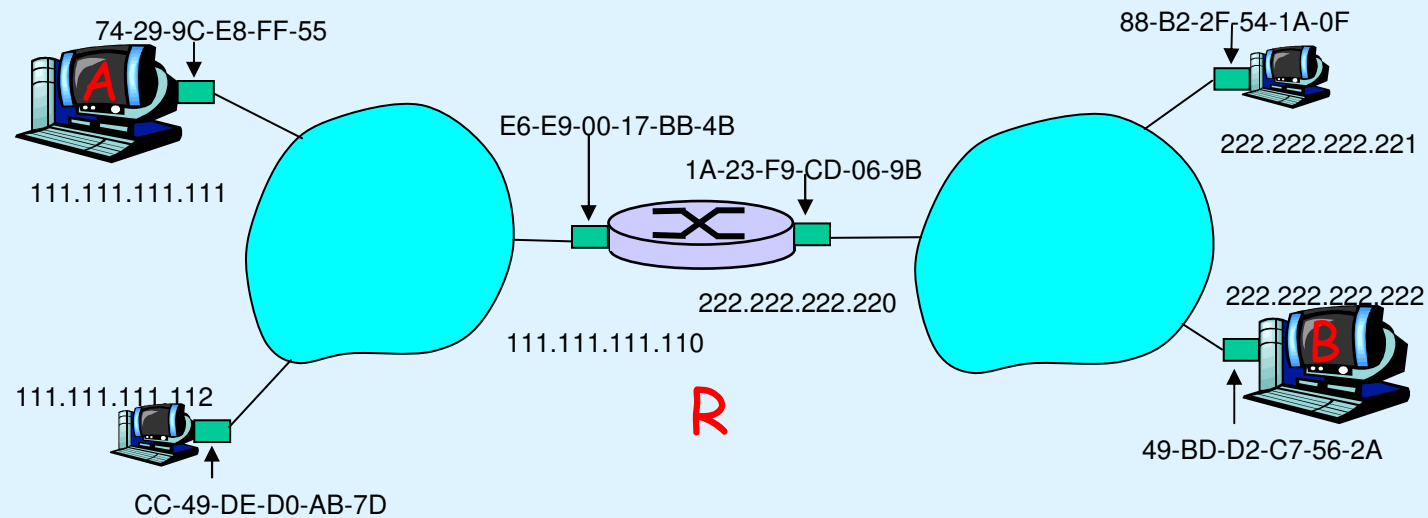
LAN Addresses and ARP

Each adapter on LAN has unique LAN address



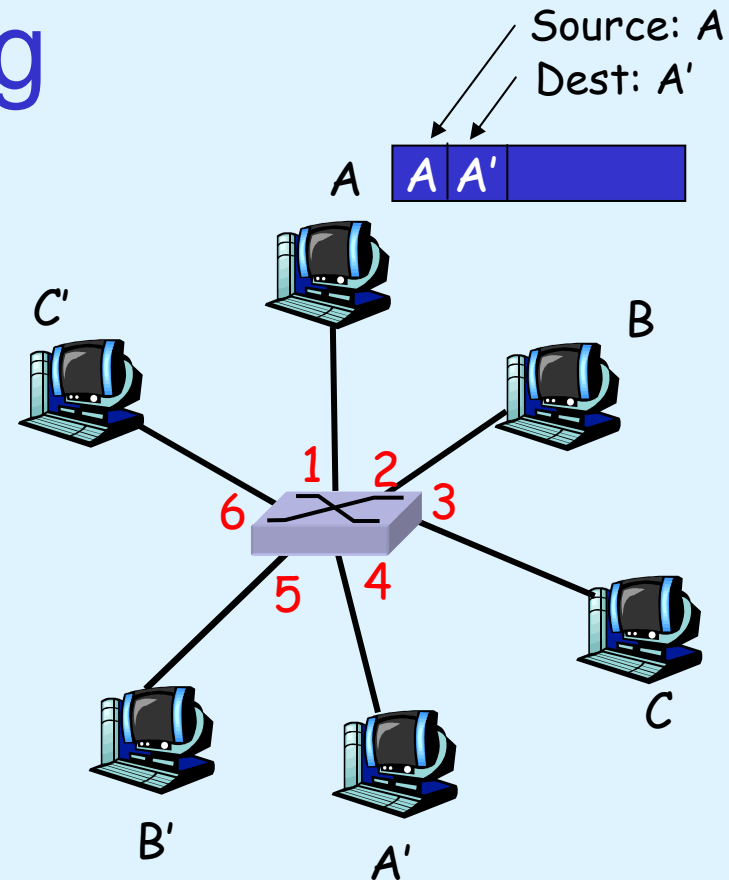
Proxy router

This is a **really** important example - make sure you understand!



Switch: self-learning

- switch *learns* which hosts can be reached through which interfaces
 - when frame received, switch "learns" location of sender: incoming LAN segment
 - records sender/location pair in switch table

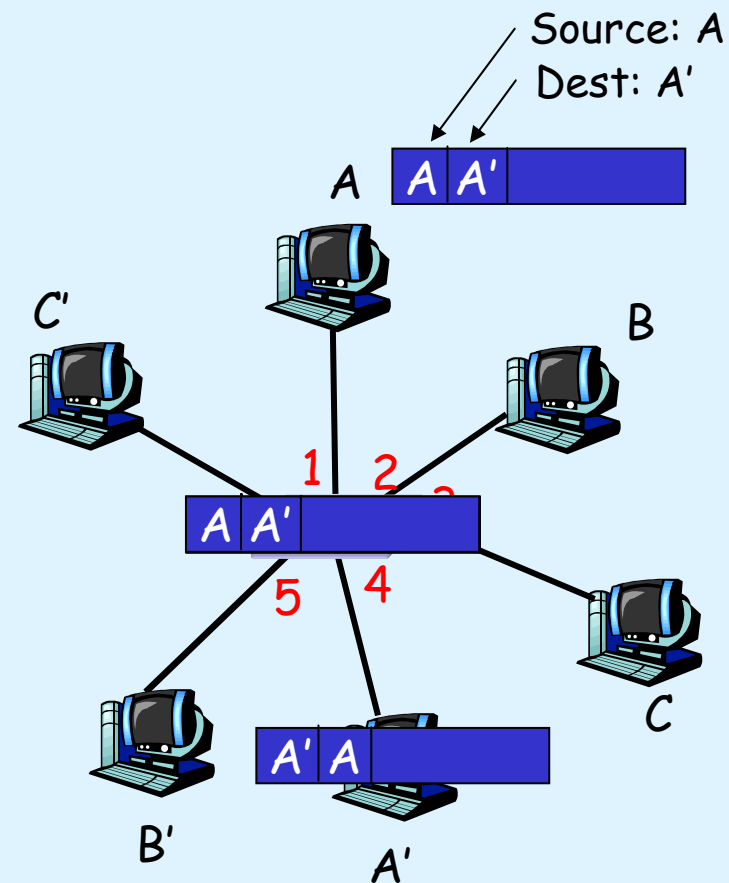


MAC addr	interface	TTL
A	1	60

*Switch table
(initially empty)*

Self-learning, forwarding: example

- ❑ frame destination unknown: *flooding*
- ❑ destination A location known: *selective send*



MAC addr	interface	TTL
A	1	60
A'	4	60

*Switch table
(initially empty)*

Summary comparison

	<u>hubs</u>	<u>routers</u>	<u>switches</u>
traffic isolation	no	yes	yes
plug & play	yes	no	yes
optimal routing	no	yes	no
cut through	yes	no	yes

Virtual Local Area Network (VLAN)

- ❑ Många olika definitioner
- ❑ Port-baserat VLAN (vanligast)
 - Bestämda switchportar för olika MAC-delnät
 - Medför trafikisolering (trafiksegmentering)
 - Medför enklare administration av användare
 - "Trunk links" för expansion av switchar
Hopkoppling för att erhålla fler portar.
 - Speciellt: MAC-delnät lika med IP-delnät
Effektiv trafikisolering.
Kräver förstås också routrar.

Fältbussar

- Lokala nät i fordon, hissar, etc.

Små system

Controller Area Network (CAN)

- Lokala nät för tillverknings- och processindustri

Stora system

Process Field Bus (Profibus)

Fördelar med fältbussar

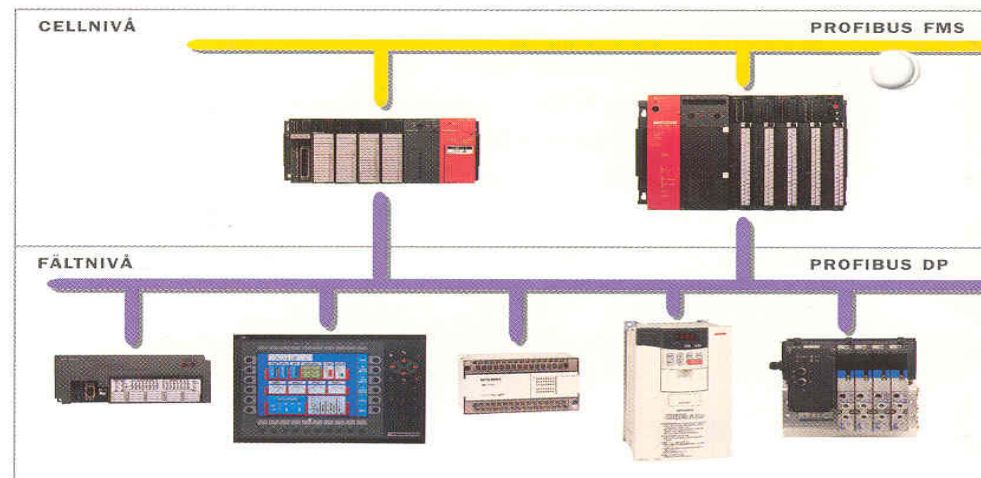
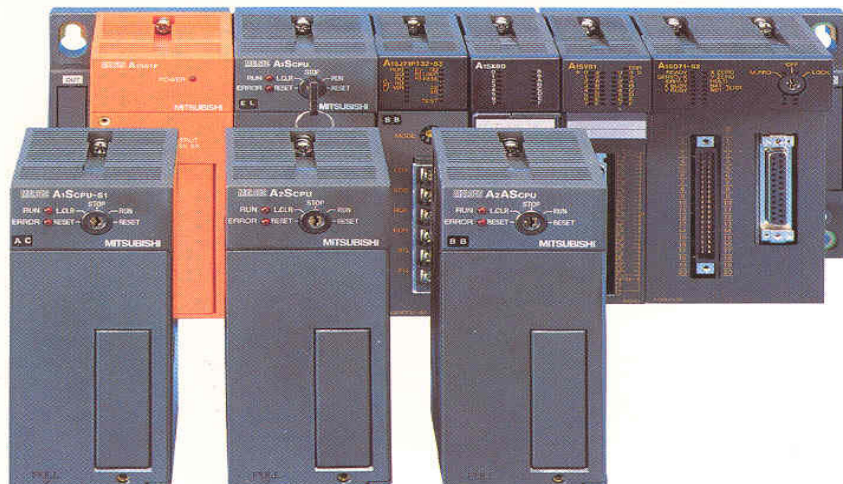
- ❑ Färre kablar
- ❑ Högre driftssäkerhet
- ❑ Enklare inkoppling
- ❑ Enklare felsökning
- ❑ Kommunikation även mot överordnade datasystem
- ❑ Kan vara billiga

Principen master/slave

- ❑ Masters styr slaves på fältbussen.
- ❑ Masters: överordnade enheter (aktiva noder) - i allmänhet programmerbara, t.ex. PC och PLC.
- ❑ Slaves: underordnade enheter (passiva noder), t.ex. I/O-modul, operatörsterminal och frekvensomvandlare.
- ❑ Monomastersystem: en aktiv master under drift.
- ❑ Multimastersystem: flera aktiva masters under drift.

Masterenheter

Ett PROFIBUS-system består av ett antal master- och slavenheter anslutna till en buss. Masterenheter, de aktiva stationerna, turas om att ha kontroll över bussen. Detta sker med ett speciellt telegram, sk token eller stafettpinne, som skickas mellan masterenheter. När en masterenhet har stafettpinne kan den adressera alla övriga master- och slavenheter på bussen. Därefter överlämnar den pinne till nästa masterenhet. Slavenheter, de passiva noderna, kan aldrig ha kontroll över bussen utan adresseras alltid av en masterenhet.



Mitsubishi Electric's PLC-system

Till Mitsubishi Electric's programmerbara styrsystem MELSEC A och MELSEC Q finns mastermoduler för både PROFIBUS DP och FMS. Ett PLC-system kan innehålla flera mastermoduler i valfri kombination. Programmering och konfiguration görs med Windows-programmet ProfiMap.

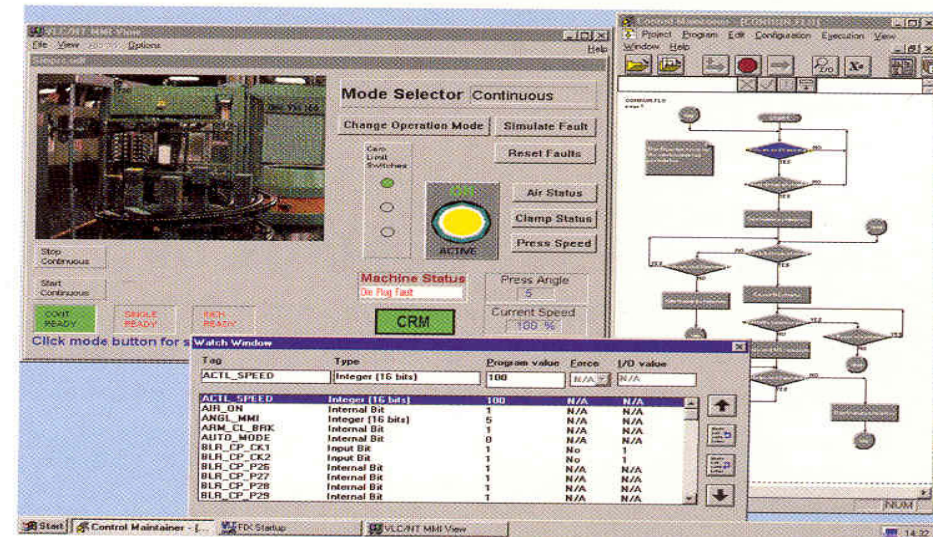
Modul	Beskrivning
A1SJ71PB96F	FMS-modul för AnS/AnAS/QnAS, upp till 1,5 Mbits/s
AJ71PB96	FMS-modul för AnN/AnU/QnA, upp till 500 Kbits/s
A1SJ71PB92D	DP-modul för AnS/AnAS/QnAS, upp till 12 Mbits/s
AJ71PB92	DP-modul för AnN/AnU/QnA, upp till 1,5 Mbits/s

PC-baserad styrning

Beijer Electronics PC-baserade styrkoncept för Windows NT bygger på Steeplechase Softwares styr- och HMI-mjukvara Visual Logic Controller (VLC), Mitsubishi Electric's in- och utgångsmoduler samt E-seriens operatörsterminaler.

Mjukvaran för PC-baserad styrning överträffar de flesta konventionella PLC-systems centralenheter, både när det gäller snabbhet och kapacitet. Styrprogrammet, representerat som flödesdiagram eller som reläschema, har högsta prioritet i persondatorn och överlever både ett Windows- och ett hårddiskhaveri. Funktioner för simulering av både styrprogram och HMI förkortar programmerings- och testtiden.

Persondatorn kan antingen förses med ett interface för PROFIBUS DP eller ett bussinterface för A-seriens expansionsplattor. I det senare fallet placeras mastermodulen för PROFIBUS DP på expansionsplattan.



Mjukvaran gör process- och maskinstyrningen intuitiv genom att kombinera dynamisk visning av flödesscheman med operatörsbilder.



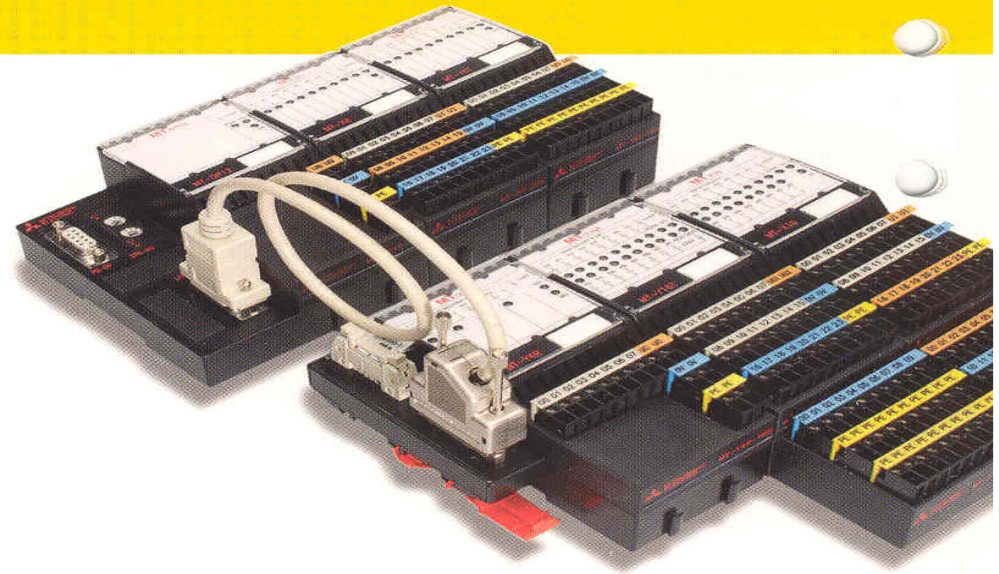
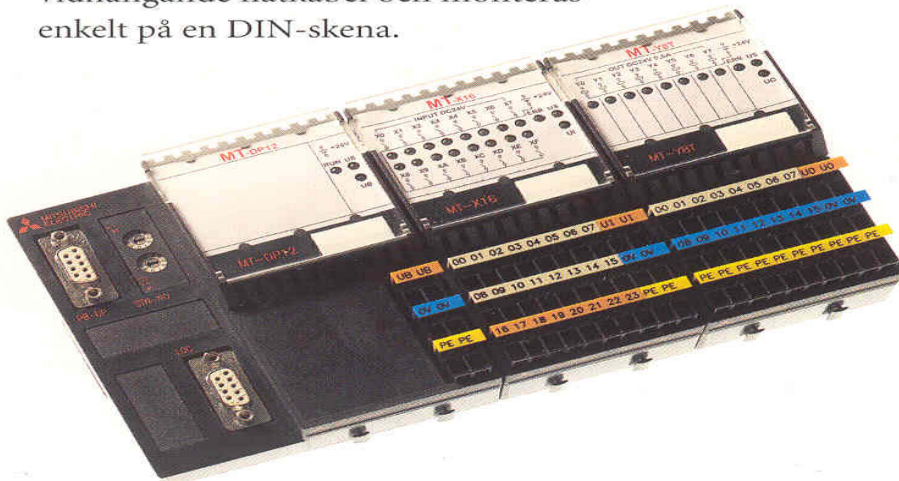
Slavenheter

Typiska slavenheter är I/O-moduler, operatörsterminaler och frekvensomriktare. Även mindre PLC-system kan vara slavenheter i ett större system. Slavenheter, sk passiva stationer, kan aldrig ha kontroll över bussen utan adresseras alltid av en masterenhet.

MT-seriens modulära I/O-moduler för PROFIBUS DP

Mitsubishi Electric's MT-serie är ett modulärt I/O-system för fältbussen PROFIBUS DP. I serien ingår en mängd olika moduler för både digitala och analoga in- och utgångar. Modulerna har 4, 8 eller 16 I/O-kanaler beroende på signaltyp.

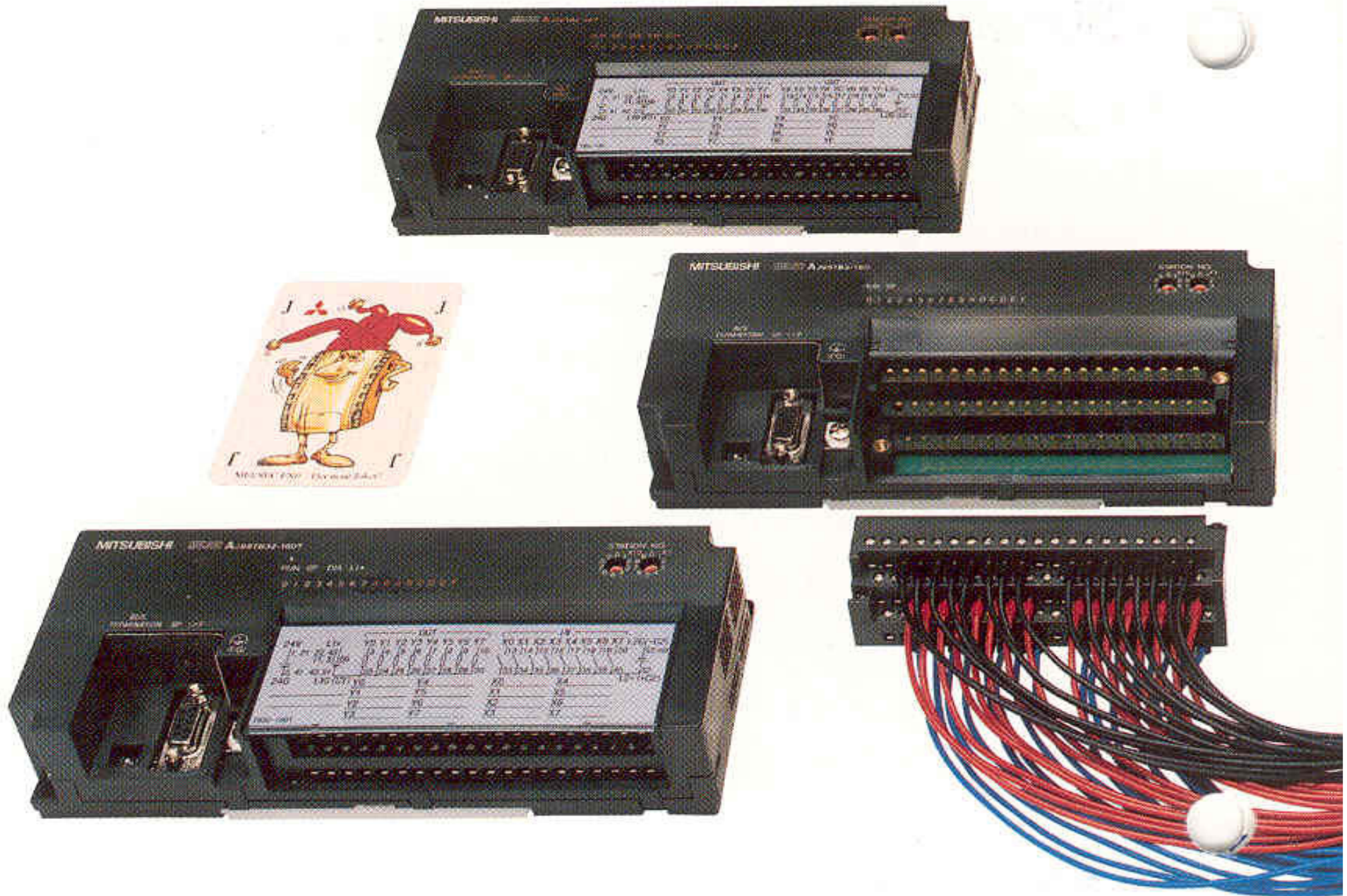
En I/O-station byggs upp med en bussnod plus ett antal I/O-moduler. En nod kan byggas ut till maximalt 192 in- och utgångar. Modulerna ansluts till varandra med en vidhängande flatkabel och monteras enkelt på en DIN-skena.



HÖG PRESTANDA

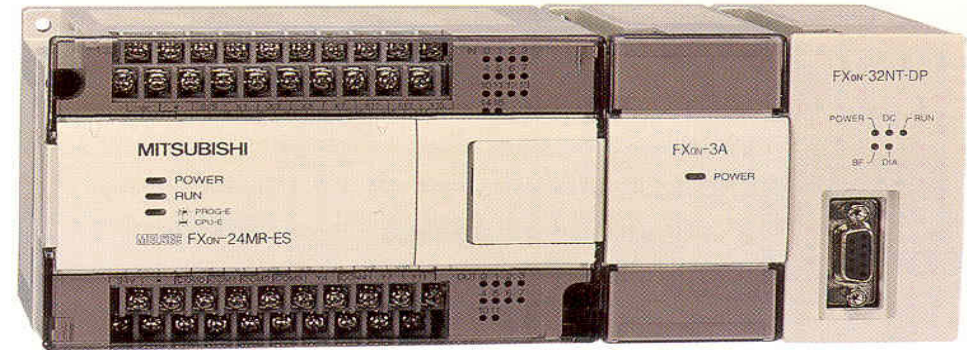
MT-serien följer den senaste PROFIBUS DP-standarden med en kommunikationshastighet på upp till 12 Mbit/s. Bussnoden känner automatiskt av vilken hastighet, baudrate, mastern använder och nodadressen ställs in med två vridomkopplare.

De digitala ingångsmodulerna har ingångar för 24 VDC och de digitala utgångsmodulerna har transistor- respektive reläutgångar. Transistorutgångarna har inbyggt kortslutningsskydd. Den analoga ingångsmodulen har fyra kanaler, till vilka valfri kombination av ström-, spännings- eller 4-tråds Pt100-givare kan anslutas. Den analoga utgångsmodulen har fyra spänningsutgångar.



Mitsubishi Electric PLC-system

MELSEC FX0N och MELSEC FX2N är två kompakta PLC-system som kan expanderas med upp till 128 respektive 256 in- och utgångar. Förutom att systemen kan expanderas fritt med digitala in- och utgångar kan även analoga in- och utgångar samt seriella kommunikationsportar ingå. Mitsubishi Electric har utvecklat en expansionsmodul för PROFIBUS DP, FX0N-32NT-DP, som gör det möjligt att ansluta PLC-systemen till fältbussen som slavenheter.

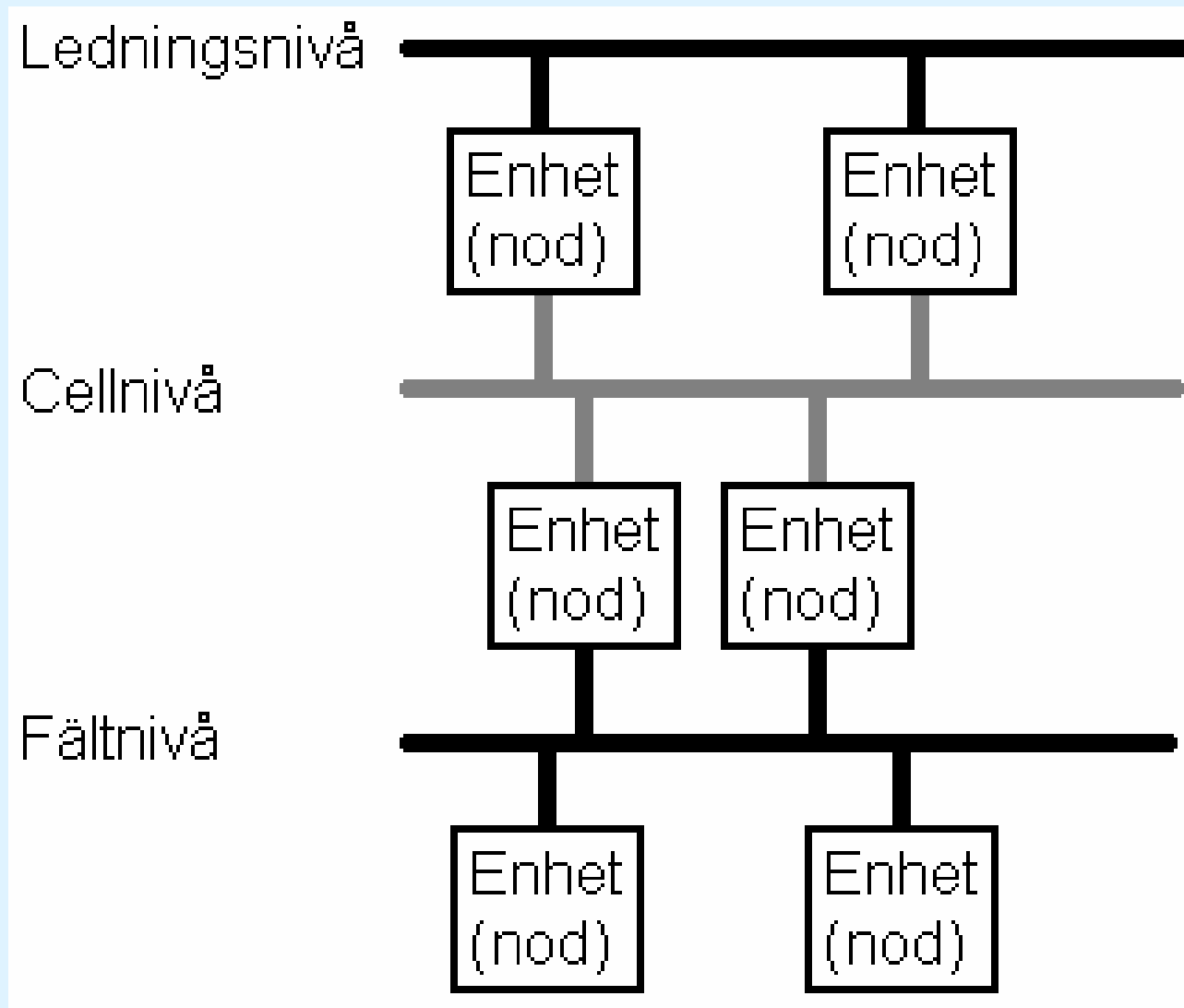


Frekvensomriktare för PROFIBUS DP

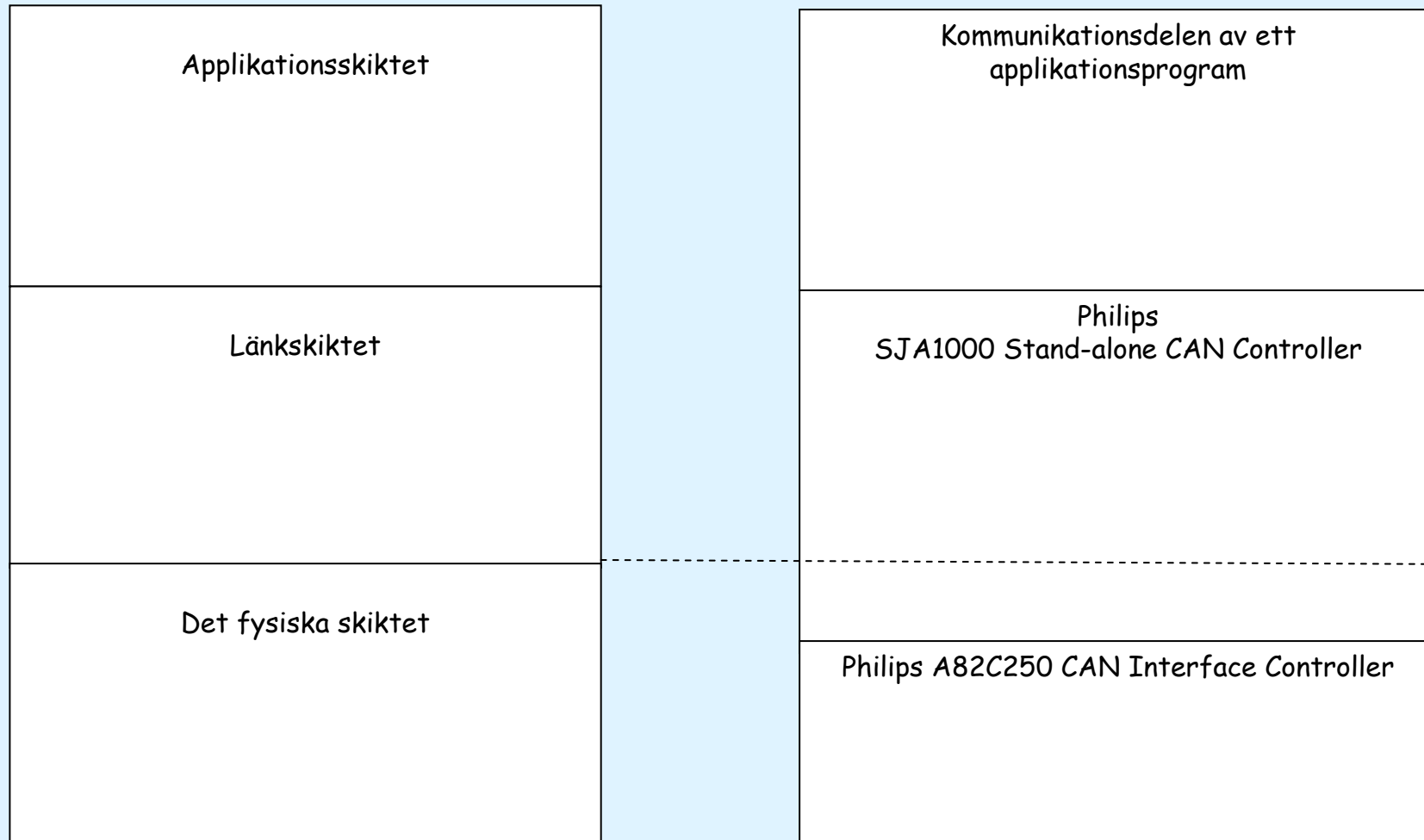
Mitsubishi Electric frekvensomriktare FR-A 540 EC kan anslutas som slavenheter till fältbussen PROFIBUS DP genom att de förses med ett optionskort, FR-A5NP. Via bussen kan frekvensomriktaren styras och kontrolleras samt omriktarens driftsparametrar justeras. FR-A 540 EC täcker effektområdet 0,4 till 55 kW och ger normala 3-fas asynkronmotorer en mycket hög varvtalsstabilitet utan någon återkoppling.



Struktur för fältbussar



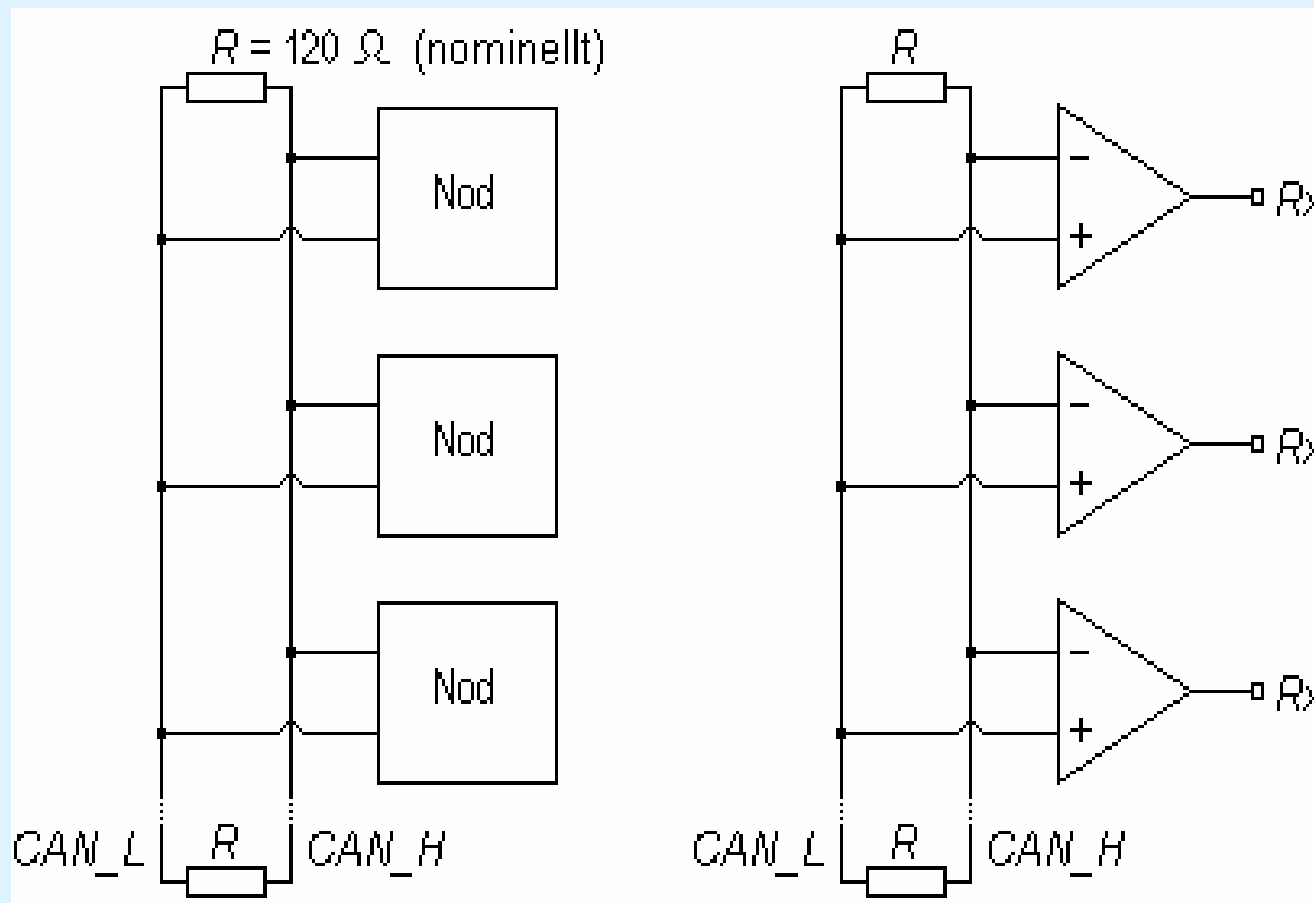
Referensmodell för fältbussar



CAN

(1)

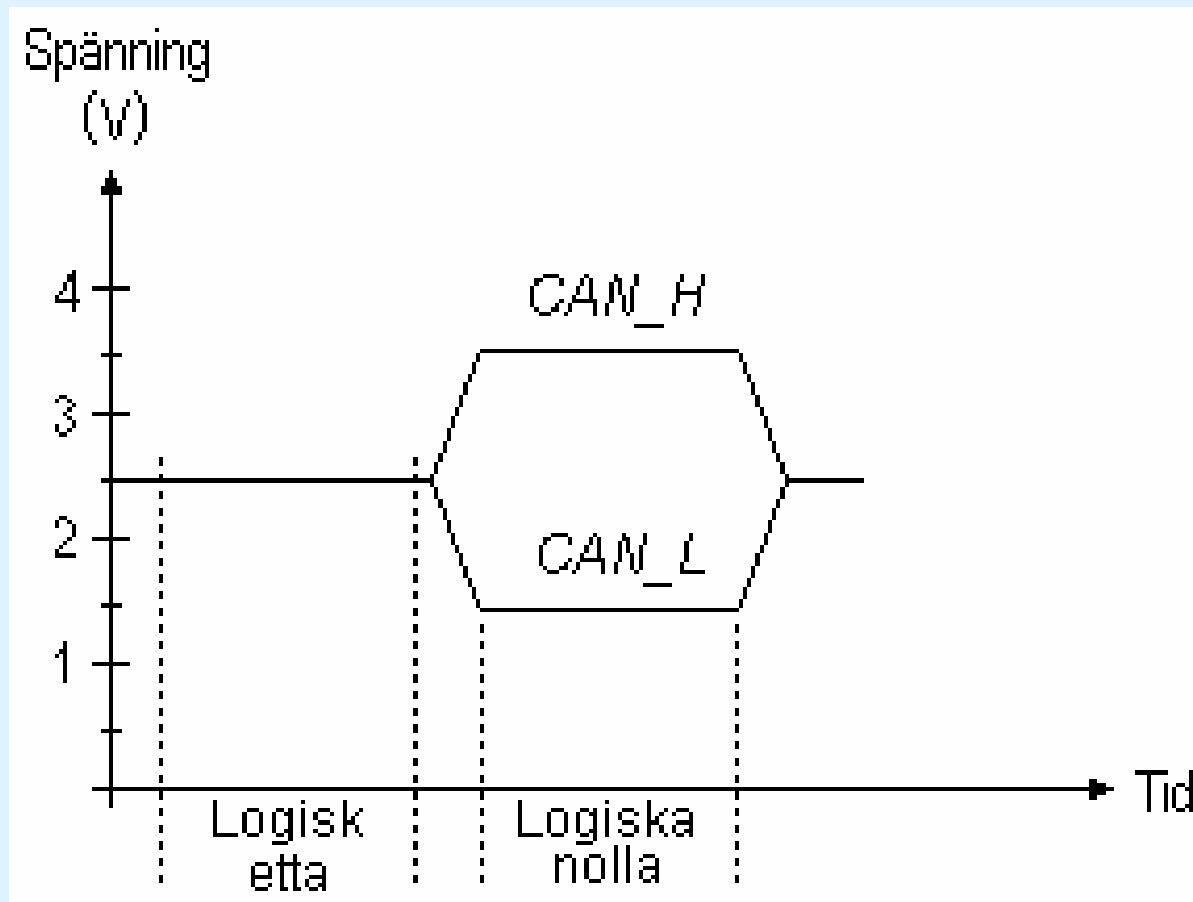
□ Differentiell tvåledarbuss (balanserad koppling)



CAN

(2)

□ Representation av nollor och ettor



CAN

(3)

□ Kod

En bitkod av typen non-return to zero (NRZ).

Etta = hög spänning

Ettor är recessiva, dvs. kan skrivas över.

Nolla = låg spänning

Nollor är dominanta, dvs. kan inte skrivas över.

CAN

(4)

□ Bit monitoring

Noden som sänder kontrollerar att det för varje bit blir rätt spänning på bussen.

Om etta istället har blivit nolla, sänder någon annan och försöket att sända avbryts omedelbart för att inte störa den andre.

Prioritet tillämpas.

CAN

(5)

□ Bit stuffing

Efter fem lika bitar sätts alltid en extra bit in med motsatt värde.

Detta ger god synkronisering.

NRZ ger annars dålig synkronisering -
få flanker (byte av spänningsnivåer, omslag).

Max. fem lika tecken efter varandra gör att

Active error flag (000000)

och

Passive error flag (111111)

blir unika.

Profibus

(1)

- ❑ **Profibus-FMS** (Field Message Specification)

Universell fältbuss på nivåerna fält och cell.

- ❑ **Profibus-DP** (Decentral Peripheral)

Snabb fältbuss på fältnivå.

- ❑ **Profibus-PA** (Process Automation)

Ger egensäkert område för t.ex. kemisk och petrokemisk industri.

Fältnivå.

