

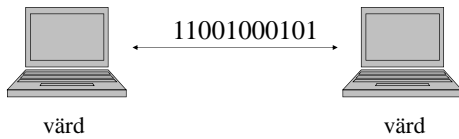
ETSF05

Repetition av KomSys

Jens A Andersson



Detta är vårt huvudproblem!



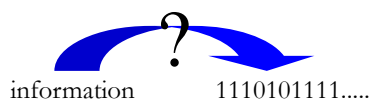
- ◆ Två datorer som skall kommunicera.
- ◆ Datorer förstår endast digital information, dvs ettor och nollor

2

Information och binärdata

Information = text, ljud, bilder och video i en form som vi människor kan förstå.

Binärdata = text, ljud, bilder och video i en form som datorer kan förstå.



3

Från information till binärdata

- ◆ Text, ljud och bilder måste omvandlas till binärdata.
- ◆ Detta kallas för *digitalisering*.
- ◆ Idé: Omvandla informationen till ett begränsat antal värden, dvs gör informationen *diskret*.
- ◆ Varje värde kan nu representeras av ett binärt tal.

4

Digitalisering av ljud

Omvandling av ljud till binär data sker i tre steg:

- 1) *Sampling*
- 2) *Kvantisering*
- 3) *Kodning*

Detta kallas för *Pulse Code Modulation* (PCM).

5

Sampling

- ◆ Att *sampla* en signal innebär att man mäter på den vid vissa tidpunkter.
- ◆ En signal består av en kombination av frekvenser.
- ◆ Om högsta frekvensen är N Hz, måste man sampla med frekvensen $2N$ Hz [Nyquist].

6

Kvantisering

- ◆ *Kvantisering* innebär att man avrundar de samplade mätvärdena till ett begränsat antal amplitudnivåer.
- ◆ Antalet amplitudnivåer bestämmer hur många bitar som behövs för att representera signalen.
- ◆ Exempel: 256 nivåer kräver 8 bitar ($2^8=256$).

7

Exempel: Bithastighet för telefoni

- Analog signal i frekvensbandet 0 - 4kHz.
- Nyquist-teoremet medför att samplingsfrekvensen blir 8 kHz = 8000 sampel per sekund.
- 8-bitars kodning av varje sampel.



Bithastigheten blir 64 kbit per sekund

8

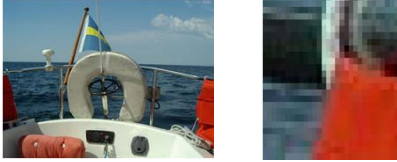
Kodning

- ◆ Alla avrundade mätvärden kodas till binära tal.
- ◆ Resultatet blir en följd av binära tal som kan lagras i datorn!

9

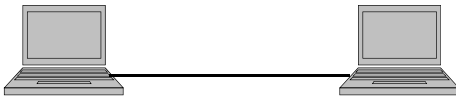
Från bilder till binärdata

- Dela in bilden i bildelement (*pixels*).
- Varje bildelement ges ett bildvärde.
- Bildvärdena kvantiseras och kodas.
- Färgbilder har tre bildvärden för varje pixel.



10

Dataöverföring på en länk



Två datorer kommunicerar över en *länk*.
Länken består av ett *utbredningsmedium*.

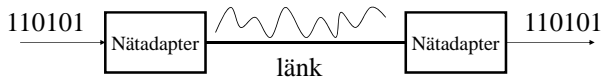
11

Länkens kapacitet

- En länk kan överföra data med en viss hastighet, som anges i *bitar per sekund*.
- Ett annat mått på länkens kapacitet är *bandbredd*.
- En definition på bandbredd är den högsta och lägsta frekvens som får finnas i en signal som skickas på länken.
- Hög bandbredd medför hög överföringshastighet. Listig kodning innebär ännu högre överföringskapacitet

12

Digital kommunikation

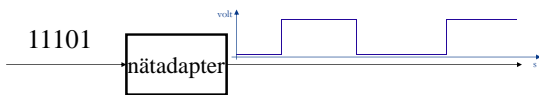


- I sändaren finns det en nätadapter som omvandlar bitarna till signaler som sedan skickas på länken.
- Nätadaptorn i mottagaren översätter signalerna till bitar igen.

13

Översättning från bitar till signaler

Det enklaste sättet att skicka bitar på en länk är genom att använda olika spänningsnivåer, så kallad *linjekodning*.



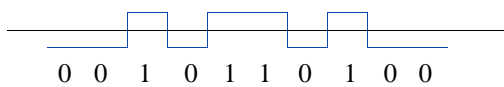
Mottagaren läser av amplitudnivån och tolkar signalen.

14

Non-return to zero (NRZ)

Nolla = låg spänningsnivå

Etta = hög spänningsnivå



Problem?

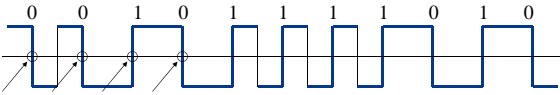
Synkronisering!

15

Manchester

Kombinerar NRZ och en klockpuls.

Inga problem med synkronisering.



Signalfrekvensen är dubbelt så hög jämfört med NRZ.

16

Översättning från bitar till signaler (2)

Ett annat sätt att skicka bitar över en länk är genom att använda så kallad *modulering*.

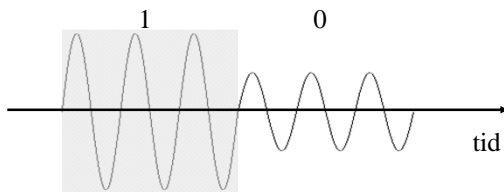
Bitarna representeras av en sinusvåg som är olika beroende på om det är en etta eller nolla som skickas.

Sinusvåg: $g(x) = A \cdot \sin(Fx + P) \quad x = 0..2\pi$

Grundfrekvensen i sinusvågen utgör den så kallade *bärfrekvensen*.

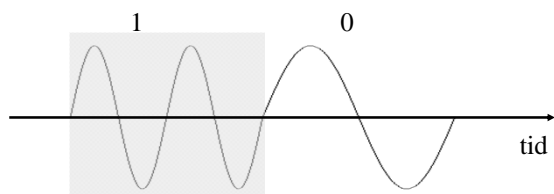
17

Amplitudmodulering



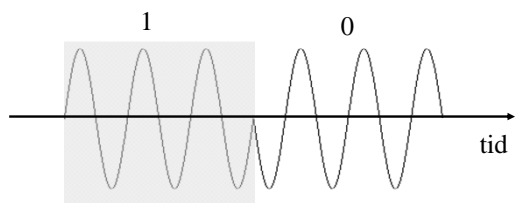
18

Frekvensmodulering



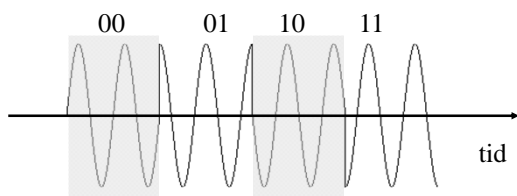
19

Fasmodulering (1)



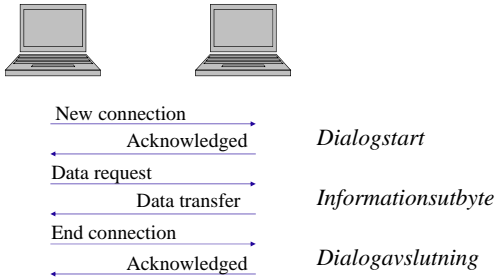
20

Fasmodulering (2)



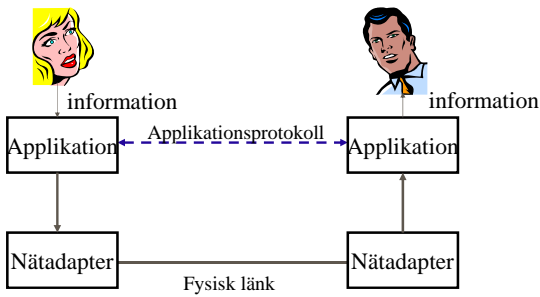
21

Datordialog



22

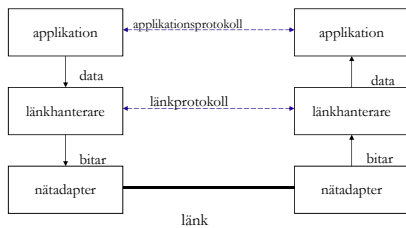
Protokoll



23

Länkprotokoll

Om en etta kommer fram som en nolla har det inträffat ett bitfel.
I varje dator finns det en **länkhanterare** som ser till att data skickas på ett tillförlitligt sätt över en länk.
Länkhanteraren i sändaren och mottagaren använder ett **länkprotokoll** för att kunna förstå varandra.



24

Datapaket

När data skall skickas mellan två datorer delas den (oftast) först upp i mindre delar, så kallade paket.

Ett paket består av upp till tre delar:

huvud, data och svans

huvud (header)	data (payload)	svans (tail)
----------------	----------------	--------------

Huvud och svans innehåller kontrollinformation.

25

Att hitta bitfel

Det är viktigt att mottagaren kan hitta de bitfel som uppstår.

Sändaren lägger till en eller flera bitar vars värde beror på innehållet i paketet.



26

Att hitta bitfel (2)

Mottagaren kontrollerar att data och extrabit stämmer överens.

Om de gör det, har paketet kommit fram korrekt.

Annars är paketet felaktigt och måste kastas.

OBS Man hittar fel bara med en viss sannolikhet.

Säkert är att om man hittar fel så är det fel.

27

Två metoder

- Paritetsbitar
 - CRC ett sätt räkna fram paritetsbitarna
- Checksumma
 - Räkneschema

28

Paritetsbit

Sändaren lägger till en bit i slutet av paketet.

Jämn paritet = jämnt antal ettor i hela paketet.

Ojämn paritet = ojämnt antal ettor i hela paketet.

Exempel på jämn paritet:

$$\boxed{10011100} + \boxed{0} = \boxed{100111000}$$

29

Kontrollsumma (checksum)

- ◆ Upptäcker fler fel än paritetsbit
- ◆ Princip, sändning:
 - Dela upp bitströmmen i flera lika stora segment
 - Summera segmenten
 - Överskjutande ettor adderas till
 - Gör ett-komplement på den nya summan
 - Skicka segmenten + komplementet av summan
- ◆ Princip, mottagning:
 - Gör samma sak på meddelande+extrabitarna
 - Om summan=0 så gick det bra

30

Cyklisk Redundanscheck (CRC)

Låt bitarna i paketet representeras av ett polynom.

Exempel:

$$10011010 = x^7 + x^4 + x^3 + x = M(x)$$

Använd ett generatorpolynom av grad k .

Exempel: $C(x) = x^3 + x^2 + 1$ ($k=3$)

Dividera meddelandet med generatorpolynomet. Skicka meddelandet + resten vid divisionen

31

CRC forts.

Hitta ett annat polynom, $R(x)$, så att

▪ $M(x) \cdot x^k + R(x) = C(x) \cdot f(x)$

[$f(x)$ är ett ointressant polynom]

▪ betyder att $M(x) \cdot x^k + R(x)$ jämnt delbart med $C(x)$

▪ Skicka iväg bitarna som representeras av $M(x) \cdot x^k + R(x)$

32

CRC hos mottagaren

▪ Mottagaren tar emot $M(x) \cdot x^k + R(x) + E(x)$
 $E(x)$ är feltermen. $E(x) = 0$ vid felfri överföring

▪ Mottagaren utför $[M(x) \cdot x^k + R(x) + E(x)] / C(x)$

▪ Om $E(x) = 0$ är resten vid divisionen $= 0$

33

Felkorrigering

När ett felaktigt paket har detekterats måste felet korrigeras.

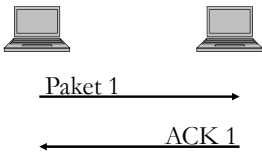
Två sätt:

- Felkorrigerande koder, så kallad **Forward Error Correction (FEC)**
- Felkorrigering via **omsändningar**.
 - ◆ Paketet numreras - sekvensnummer

34

Att bekräfta paket

Grundprincipen i omsändningsproceduren är att mottagaren **bekräftar** alla paket som kommer fram korrekt.



Metoder för felkorrigering

- Stop-and-wait
- Go-back-n
- Selective-repeat

35

Stop-and-wait ARQ

Send and wait

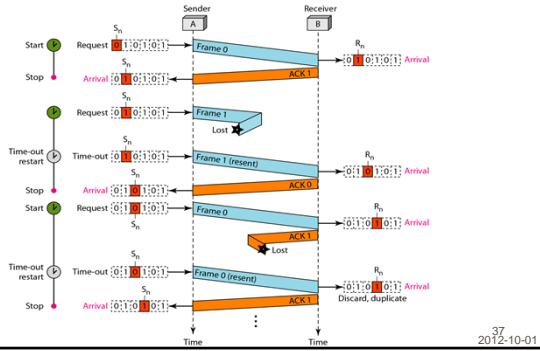
- ◆ Keep time
- ◆ Wait for ACK
- ◆ Retransmit

Automatic repeat request

- ◆ Frames (SEQ++)
- ◆ Acknowledgements (SEQ+1)
- ◆ Make sure SEQ is long enough so no mismatch occur!

2012-10-01

Stop-and-wait ARQ flow diagram



Stop-and-wait ARQ inefficiency

Too much waiting

Solution

- ◆ Keep the pipe full
- ◆ But not too full

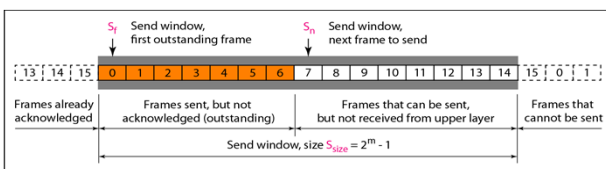


Sliding window

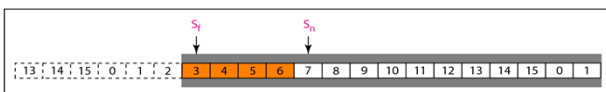
- ◆ Size matters
- ◆ Window size <math>< 2^m</math>

2012-10-01

Sliding window



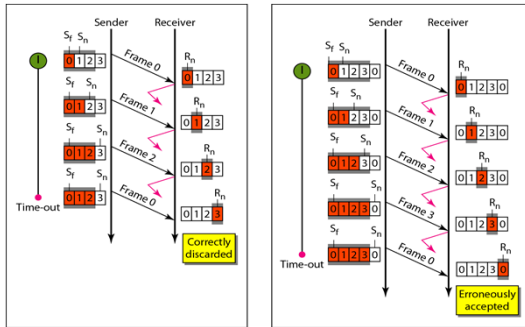
a. Send window before sliding



b. Send window after sliding

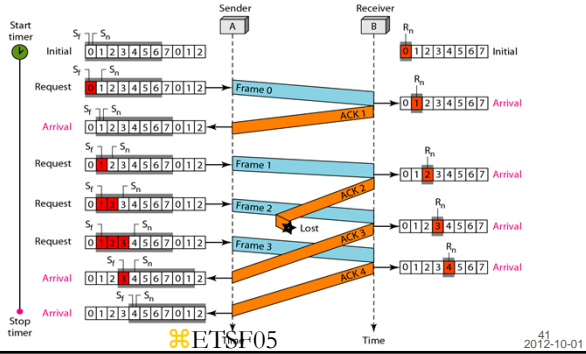
2012-10-01

Go-back-N ARQ window size



2012-10-01

Go-back-N ARQ flow diagram



Selective repeat ARQ

Why?

- ◆ Too many retransmissions

What if?

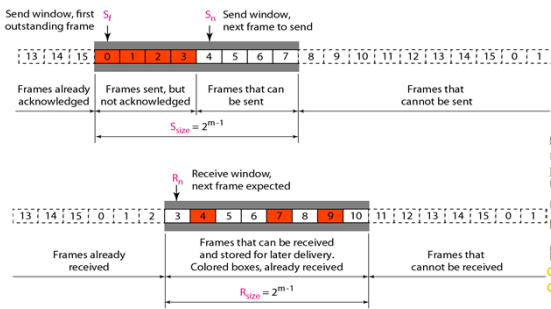
- ◆ Just send lost frames

Higher efficiency

- ◆ Higher receiver complexity

2012-10-01

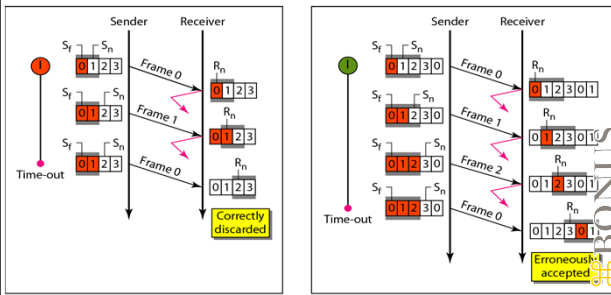
Windows again



2012-10-01

BONUS

Selective repeat ARQ window size



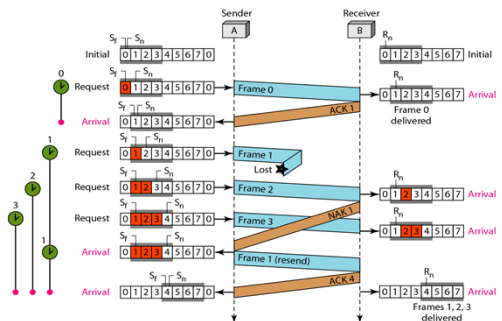
a. Window size = 2^{m-1}

b. Window size > 2^{m-1}

2012-10-01

BONUS

Selective repeat ARQ flow diagram



2012-10-01

BONUS

Ett länkprotokoll: HDLC

HDLC = High-level Data Link Control



Flagga = 01111110

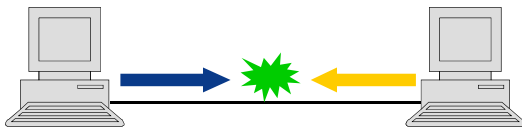
16- eller 32-bitars CRC

Go-back-N eller Selective-repeat ARQ

Bitstuffing

46

Multiplexering



Två datorer som skall skicka data över en länk får ej skicka samtidigt på samma frekvensband eftersom signalerna då överlagras och förstörs.

47

Kontroll av dataöverföring

- Simplex:
 - ◆ Endast en sändningsriktning är möjlig.
- Halv duplex:
 - ◆ Överföring i båda riktningarna, men inte samtidigt.
- Full duplex:
 - ◆ Båda sändningsriktningarna samtidigt.
 - ◆ Kräver uppdelning i två kanaler, där varje dator har en kanal.

48

Generell multiplexering

Man delar in länken i **kanaler** och låter en förbindelse kommunicera över en av dessa kanaler.



49

Kapacitetuppdelning

Länkens kapacitet kan delas upp på tre sätt:

1. Rumsmultiplex
2. Frekvensmultiplex
3. Tidsmultiplex
4. Koduppdelad multiplexering

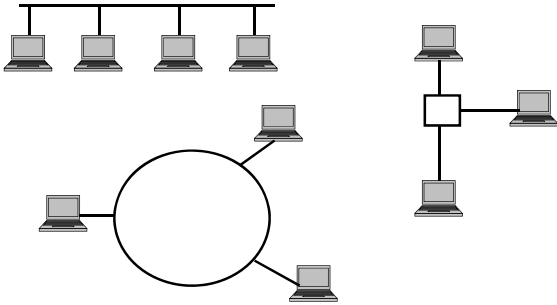
50

Lokala nät

- Ett lokalt nät (Local Area Network, **LAN**) är ett datanät med en begränsad storlek.
- Ett LAN kan i sin enklaste form bestå av endast *en* fysisk länk som flera datorer är kopplade till.
- Ett LAN kan också bestå av flera fysiska länkar som är sammankopplade med så kallade **bryggor**.

51

Olika länktopologier



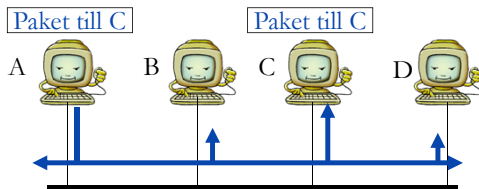
52

Egenskaper hos ett enlänks-LAN

- All information som skickas på länken når samtliga datorer (broadcast).
- Ett enlänks-LAN har en begränsad storlek eftersom en signal som skickas på länken
 - dämpas efter hand.
 - tar tid på sig att nå från ena änden till den andra.
- Länken kan förlängas med en **repeaterare**, som ”förstärker” signalen på länken.
(återskapar signalen, regenerering)

53

Att sända data på ett enlänks-LAN



Den dator som har rätt mottagaradress läser in paketet.

54

Att få tillgång till länken

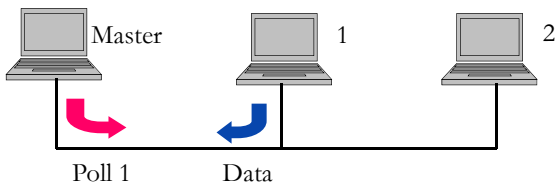
- För att få ett enlänks-LAN att fungera måste samtliga datorer vara överens om hur de skall få tillgång till länken.
- Detta kallas för en [accessmetod](#).

- överens = protokoll

55

Polling

Om ett lokalt nät använder polling, finns det en så kallad [master](#) som ser till att de andra datorerna (som kallas [slavar](#)) får skicka i turordning.



56

ALOHA

En dator skickar iväg alla datapaket direkt.
Sedan lyssnar datorn en viss tid på broadcastkanalen.
Om datorn får en bekräftelse (ACK) från centraldatorn har sändningen blivit lyckad.
Om inte, skickas paketet igen.

Vidareutveckling: Slotted ALOHA

57

CSMA/CD

- CSMA/CD = Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.
- När en dator har ett paket att skicka, ”lyssnar” den först på länken.
- Är länken ledig, skickar datorn sitt paket.
- Är länken upptagen, väntar datorn med att skicka paketet.

58

Token Ring

- Turordningsprincip.
- Den som har ”token” får skicka ett paket.
- När en dator har skickat ett paket lämnar den över token till nästa i ringen.

59

IEEE 802.x standarder

- Länkhanteraren delas in i två skikt:
 - Logical Link Control (LLC)
 - Medium Access Control (MAC)
- Alla 802.x-nät använder samma LLC-protokoll (802.2).
- MAC-protokollet beror på det fysiska nätet.
- En MAC-adress består av 48 bitar.

60

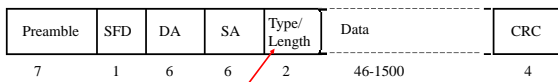
IEEE 802.3

- Länken har kapaciteten 10 Mbit/s per sekund
 - Koaxialkabel
 - Tvinnad partråd
 - Fiberkabel
- Bitarna omvandlas till signaler med hjälp av Manchesterkodning.
- MAC-protokollet är CSMA/CD.
- Idag: IEEE 802.3 u (100Mbps) och 802.3ab (1Gbps)

61

Ethernet

- Ethernet är en egen standard som utvecklades av Xerox, Intel och DEC redan 1976.
- IEEE 802.3 bygger på Ethernet.
 - Ethernet II ingår i 802.3
- Olika ramformat (båda kan samexistera på ett LAN).



SFD=Start frame delimiter DA=Destination address SA=Source address

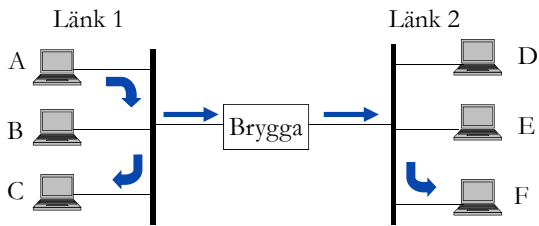
62

IEEE 802.11

- Kan vara uppbyggt kring en basstation eller fungera som ett ad-hoc nät.
- Använder MAC-protokollet CSMA/CA som är en ”snällare” version av CSMA/CD.

63

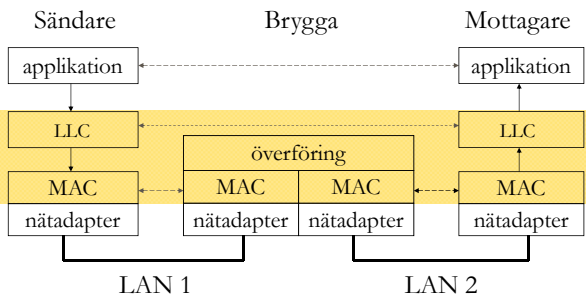
Bryggans funktion



Bryggan har en adresstabelle så att paket skickas till rätt länk när sändare och mottagare finns på olika länkar.

64

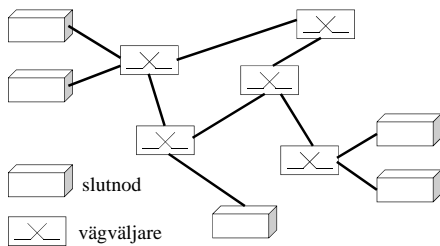
Protokollstruktur i en brygga



65

Nätarkitektur

- Vi måste koppla ihop LAN
- Alla stora datanät består av noder och länkar.

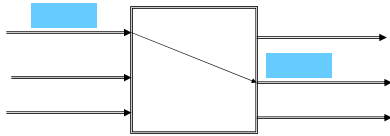


66

Vad är en vägväljare?

Till vägväljaren kommer det paket, som skall vidare till nästa länk.

Vägväljaren ”kopplar ihop” en inkommande länk med en utgående länk.



67

Dataöverföring i stora datanät

Det finns två typer av datanät:

- Kretskopplade nät
 - En direkt fysisk väg kopplas upp mellan sändare och mottagare
- Paketförmedlande nät
 - Data skickas i form av paket, ingen egen fysisk väg
 - Kan använda logiska vägar, så att alla paket går samma väg.

68

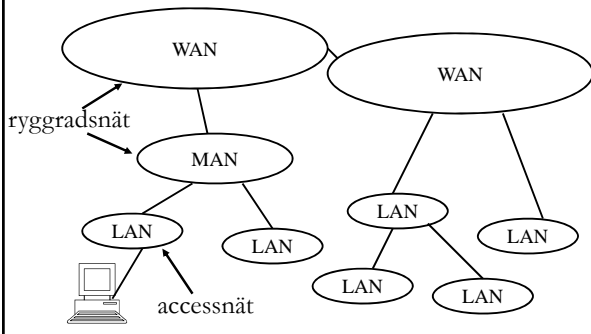
Paketförmedlad dataöverföring

Två typer av dataöverföring:

- Förbindelseorienterad
- Förbindelsefri

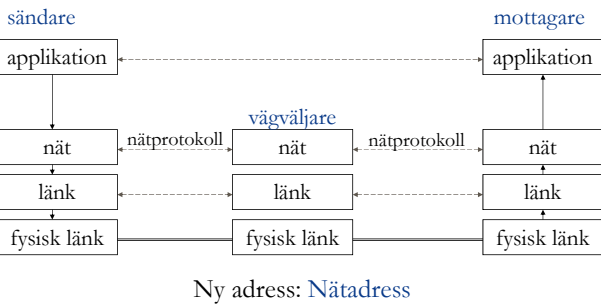
69

Sammankoppling av nät med olika länkprotokoll



70

Nätprotokoll



71

Ett nätprotokoll: IP

- IP = Internet Protocol
- IP är det nätprotokoll som används på Internet.
- Adresseringen sker med hjälp av IP-adresser.
- Data överförs i form av IP-paket.
- Förbindelsefri dataöverföring.
- Ingen felhantering eller kontroll att mottagaren kan ta emot datan.
- Sådan dataöverföring kallas för "best-effort".

72

Internet Protocol

Det finns idag två versioner av IP: version 4 (IPv4) och version 6 (IPv6). Alla datorer och vägväljare mellan sändare och mottagare måste använda samma version.

IPv4 är den ”gamla” versionen utvecklad på 70-talet.

IPv6 innehåller fler adresser, stöd för nya tillämpningar tex realtidsapplikationer samt funktioner för kryptering och autentisering.

73

IPv6-adresser

Varje värddator och router har en unik IPv6-adress.

Adressen består av **nätidentitet** (nät-id) och **värdidentitet** (värd-id).

Adressen skrivs som åtta hexadecimala tal (= 128 bitar) med : (kolon) emellan.

Exempel:

010A : 1234 : E4F5 : 1003 : 4567 : BC98 : 0000 : 2341₁₆

74

Exempel: Internetadresser (IPv4)

IPv4 använder en adress som består av 32 bitar.

Adressen är en kombination av nätadress och värdadress.

Adressen skrivs som fyra tal med punkter emellan.

Exempel:

10000010 11101011 00010010 10011110

=

130.235.18.158

75

Hur hitta nät-id

- ”Class full”
 - Adressrymden indelad i klasser med olika längd på nät-id
- Klasslös
 - man använder nätmask som visar nät-id

76

Klasslös adressering

Man använder en så kallad **mask** för att ange vilka bitar som hör till nät-id respektive värd-id.

En etta i masken indikerar att adressbiten på motsvarande plats ingår i nät-id.

77

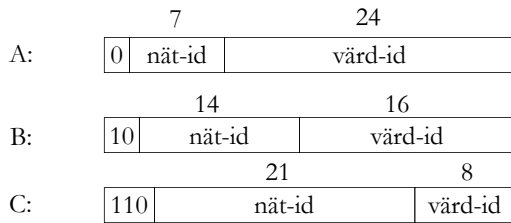
Adressexempel

Adress:	11011110 00010111 01000011 01000100
Mask:	11111111 11111111 11000000 00000000
Nät-id:	11011110 00010111 01000000 00000000
Värd-id:	00000000 00000000 00000011 01000100

78

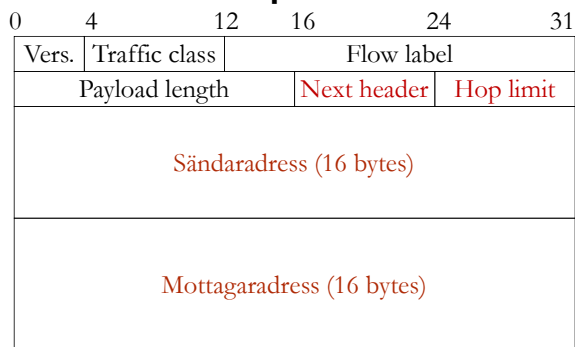
IP-adresser forts.

Det finns tre olika adressklasser: klass A, B och C.



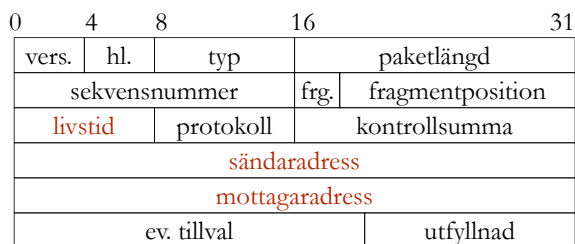
79

Innehållet i IPv6 pakethuvudet



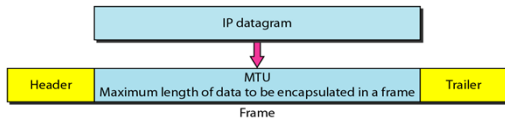
80

Innehållet i IPv4 pakethuvudet



81

Maximum datagram size



Protocol	MTU
Hyperchannel	65,535
Token Ring (16 Mbps)	17,914
Token Ring (4 Mbps)	4,464
FDDI	4,352
Ethernet	1,500
X.25	576
PPP	296

2012-10-01

Fragmentation

Needed when IP datagram size > MTU

IPv4

- ◆ Performed by the router meeting the problem

IPv6

- ◆ Performed by the source router only

Defragmentation by destination host



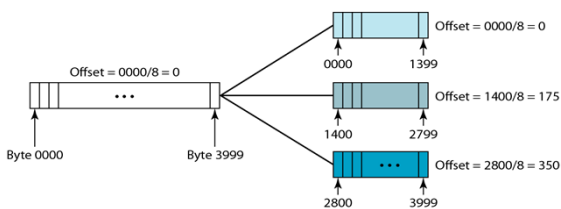
D: Do not fragment
M: More fragments

2012-10-01

Fragmentation offset

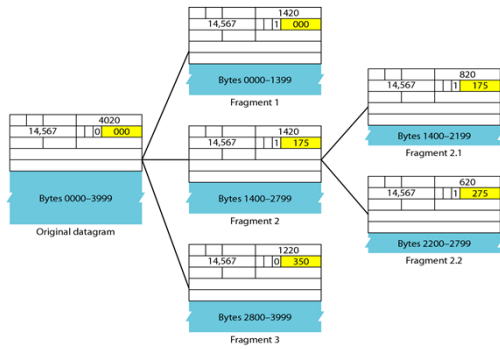
Relative location of fragments

13 bits < 16 bits → /8



2012-10-01

Fragmentation example



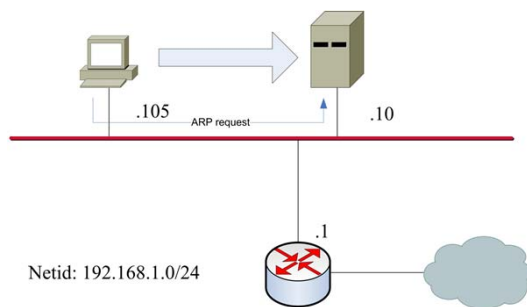
2012-10-01

What with TCP/UDP header?

- Where is TCP or UDP header in fragments?
- Problem?

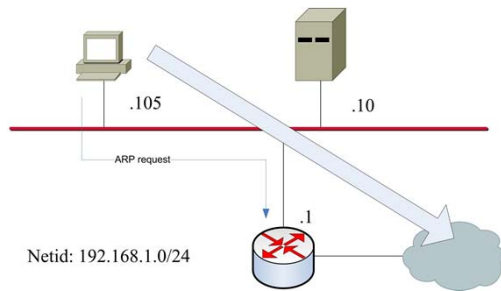
86

ARP (1)



87

ARP (2)



88

Vägvalsalgoritmer

Vägväljarna använder en [vägvalsalgo](#) för att hitta en väg genom nätet.

Syftet med vägvalsalgoritmen är att hitta den bästa möjliga vägen genom nätet för varje sändar-mottagarpar.

Vägvalsalgoritmen måste också klara av förändringar i nätet.

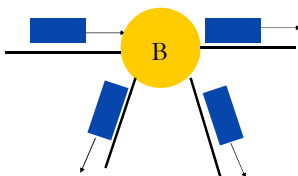
Vägvalsalgoritmer kräver [länkkostnader](#)

89

Flooding

I Flooding skickas ett inkommande paket ut på samtliga länkar.

En hop-count används för att inte skapa loopar.

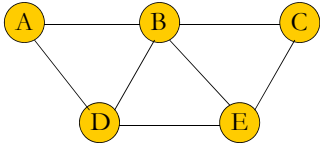


90

Least-hop path

Least-hop path fungerar bäst om alla länkar har samma kostnad.

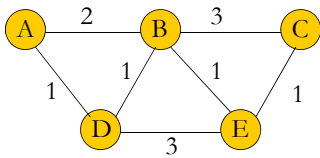
Den väg som innehåller minst antal steg är bäst.



91

Least-cost path

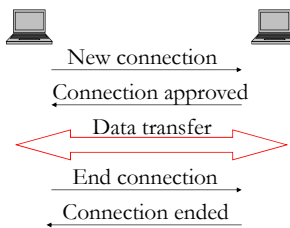
I Least-cost path väljs de vägar ut som kostar minst.



92

Förbindelseorienterad dataöverföring

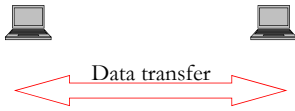
I förbindelseorienterad dataöverföring kopplas först en förbindelse upp mellan sändare och mottagare.



93

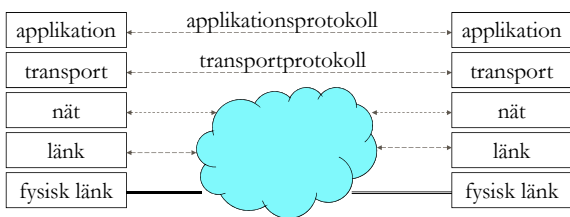
Förbindelsefri dataöverföring

I förbindelsefri dataöverföring sätts ingen förbindelse upp utan all data skickas direkt.



94

Transportprotokoll



95

Ett transportprotokoll: TCP

- TCP = Transport Control Protocol.
- TCP är ett av de transportprotokoll som används på Internet.
- Används för **förbindelseorienterad dataöverföring**.
- Tillförlitlig dataöverföring.
- Port-adresser

96

Ett annat transportprotokoll: UDP

- UDP = User Datagram Protocol.
- UDP är det andra transportprotokollet som används på Internet.
- Förbindelsefri dataöverföring.
- Ingen felhantering eller kontroll att mottagaren kan ta emot datan.
- ”best effort”
- Port-adresser

97

OSI-modellen

OSI-modellen innehåller 7 skikt el. nivåer (layers).

Applikation	7
Presentation	6
Session	5
Transport	4
Nät	3
Länk	2
Fysisk	1

98

Internets protokollstack

Internet har endast 3 skikt i sin protokollstack.

Applikation	HTTP, FTP, SMTP etc.	DNS
Transport	TCP UDP	
Nät	IP	ICMP ARP
Länk	Ethernet, PPP, ATM etc.	

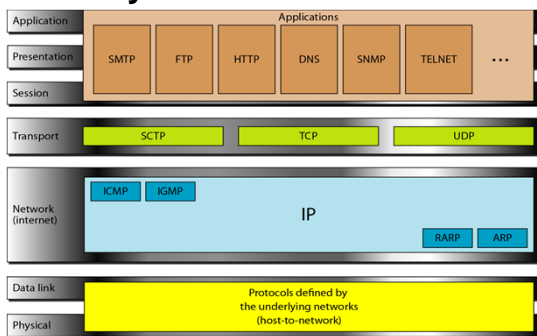
99

Jämförelse med OSI-modellen

OSI-modellen	TCP/IP-modellen
Applikation	Applikation
Presentation	
Session	
Transport	Transport
Nät	Nät
Länk	IP-bärande nät
Fysisk	

100

TCP/IP layers



2012-10-01

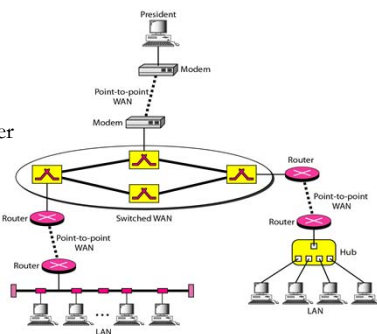
Network models

Why?

- ◆ Too complicated
- ◆ Divide and conquer

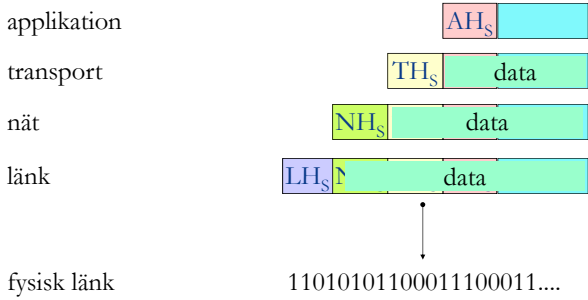
Layers

- ◆ Hierarchy
- ◆ Specialisation
- ◆ Simplification



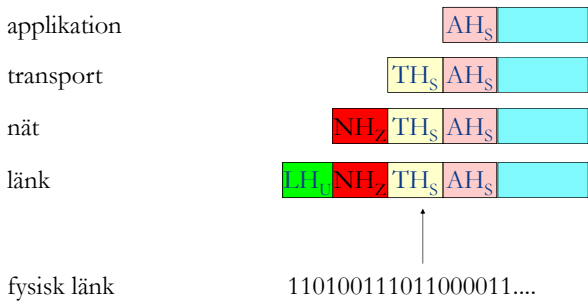
2012-09-03

Sändarsidan



103

Mottagarsidan



104

Domain Name System (DNS)

- Hierarkiskt namnsystem som består av ett antal nivåer.
- Internet delas in i ett antal **domäner** och varje domän får sin egen kod.
- Överst finns geografiska och organisatoriska domäner.
- Varje domän delas sedan in i underdomäner.

105

SNMP

GET request
GET response
SET request
TRAP

MIB

- ◆ Management Information Base

106

Felsökning

”Att mäta är att veta”

ping

- ◆ icmp echo

traceroute

avlyssning (sniffning)

loggar

107

ICMP

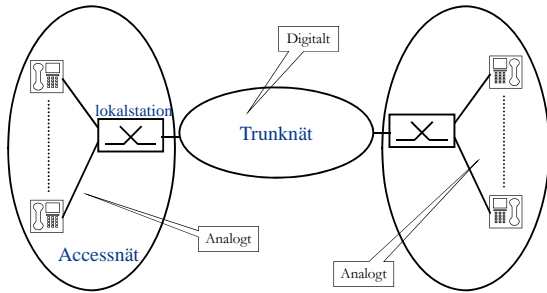
Hjälpprotokoll till IP

Meddelanden

- ◆ Felmeddelanden
 - Host unreachable
 - Net unreachable
 - TTL expired
- ◆ Förfrågningar
 - Echo request

108

Publika telenätet



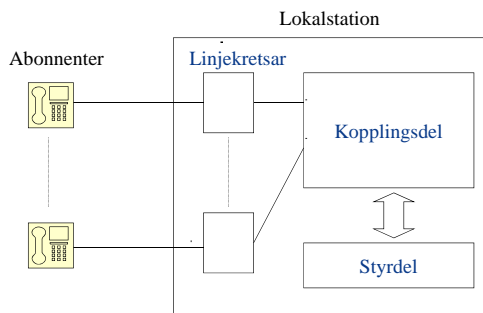
109

Dataöverföring

- Telenäten är digitala. Vårt tal digitaliseras med PCM i lokalstationerna och överförs sedan som 8-bitars sampel.
- Telenäten använder kretskopplad dataöverföring, dvs en permanent förbindelse sätts upp för varje samtal.
- Trunknätet använder synkron tidsmultiplexering.
 - ◆ SDH

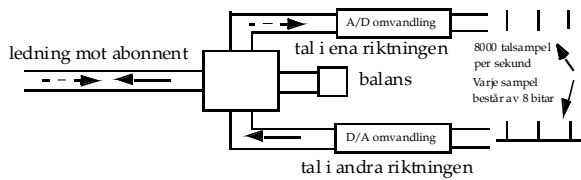
110

Lokalstationen



111

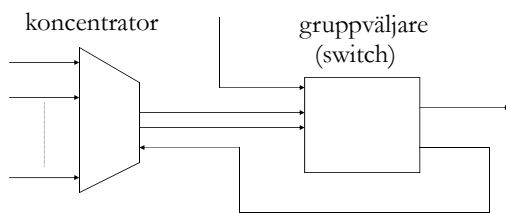
Linjekretsen



Enligt Nyquist-teoremet får man vid samplingen med alla frekvenser under 4000 Hz.

112

Kopplingsdelen



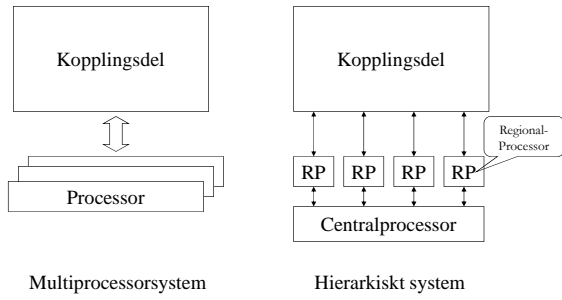
113

Styrdelen

- Dator med en eller flera processorer som innehåller ”intelligensen”.
- Ser till att kopplingsdelen utför rätt arbete.
- Stora krav på tillförlitlighet och hög processorkraft.

114

Systemarkitektur



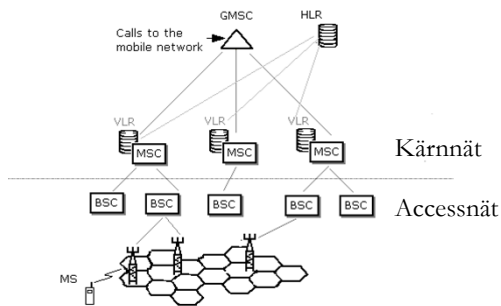
115

xDSL

- Digital Subscriber Line
- Utnyttja frekvensområdet 20kHz-1,1MHz
- ADSL
 - ◆ Discrete Multitone Technique
 - ◆ 256 kanaler 0-1,1MHz
 - ◆ Varje kanal:
 - ca 4kHz bandbredd med QAM (16-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM)
 - => max 1.44Mbps
 - ◆ Kanal 0, omodulerad, för telefoni

116

Mobila telenät, generell uppbyggnad



117

Frekvenser och kanaler

- Operatörer tilldelas frekvenser av PTS
 - ◆ fördelas på cellerna
- Frekvensområdet delas upp
 - ◆ FDMA
 - ◆ TDMA
 - ◆ CDMA
- Broadcast-kanal (för info från nätet till alla MT)

118

Vad händer när MT rör sig?

- Handover
 - ◆ Förflyttning mellan celler
 - ◆ Byte av basstation
- Roaming
 - ◆ Förflyttning mellan operatörer/länder
 - ◆ Byte av hela "strukturen"

119
