Tillförlitlig dataöverföring
Egenskaper hos en länk
Accessmetoder

Jens A Andersson

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).

Exempel: Bithastighet för telefoni

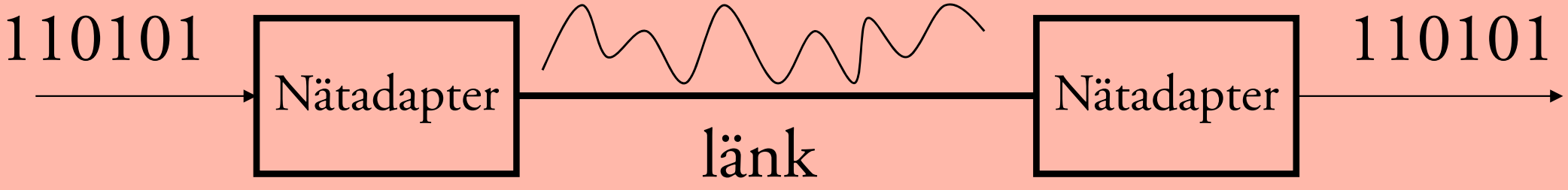
- Analog signal i frekvensbandet 0 - 4kHz.
- Nyqvist-teoremet medför att samplingsfrekvensen blir 8 kHz = 8000 sampel per sekund.
- 8-bitars kodning av varje sampel.

Bithastigheten blir 64 kbit per sekund

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*.
- Hög bandbredd medför hög överföringsshastighet.

Digital kommunikation (2)

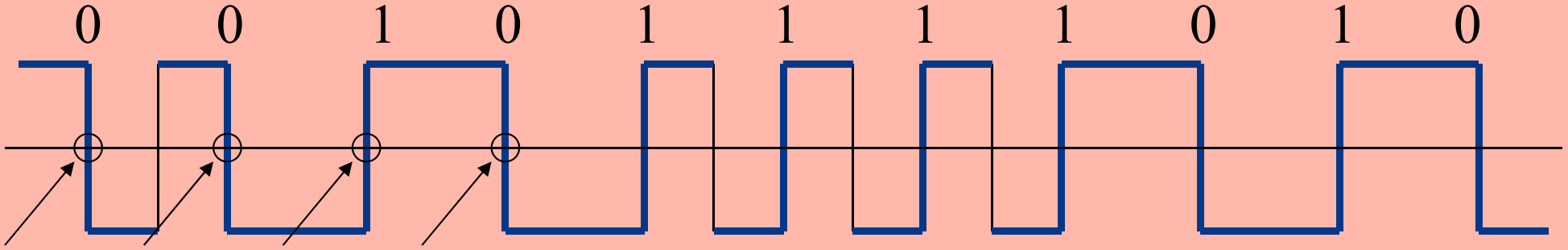


- Digital transmission: Bitarna representeras av digitala signaler.
- Analog transmission: Bitarna representeras av analoga signaler.

Manchester

Kombinerar NRZ och en klockpuls.

Inga problem med synkronisering.



Signalfrekvensen är dubbelt så hög jämfört med NRZ.

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.

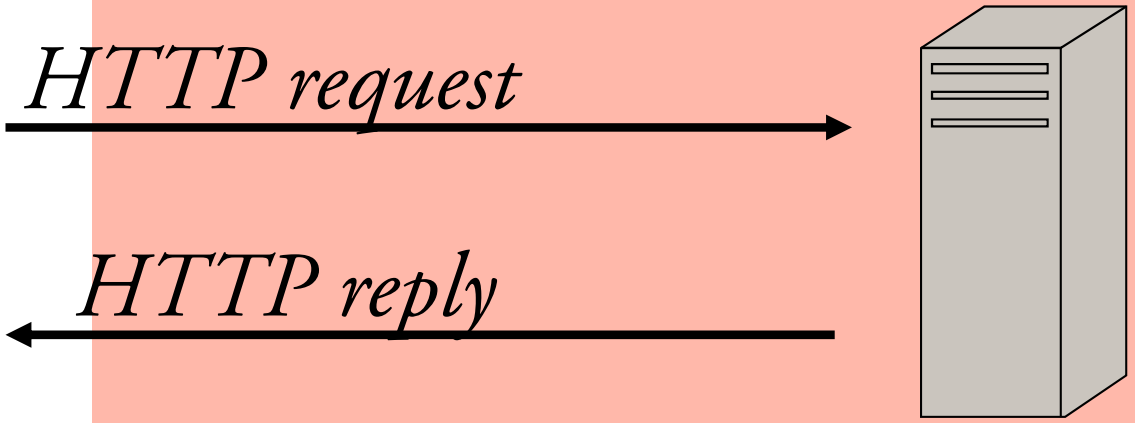
Sinusvåg: $g(x)=A*\sin(Fx+P)$ $x=0..2\pi$

Grundfrekvensen i sinusvågen utgör den så kallade *bärfrekvensen*.

HTTP, ett applikationsprotokoll

Hyper Text Transfer Protocol = HTTP

Med HTTP kan man hämta web-sidor.



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 och svans innehåller kontrollinformation.

Motiv för paketförmedling

- Varje paket – i stället för hela meddelandet – hanteras var för sig av nätet
- Kontroll om fel uppstått kräver en begränsad mängd data att arbeta med

- Nackdelar:
  - Varje paket måste ha adress mm – overhead ökar
  - Varje paket måste ha ett ordningsnummer så man vet i vilken ordning de ska sorteras

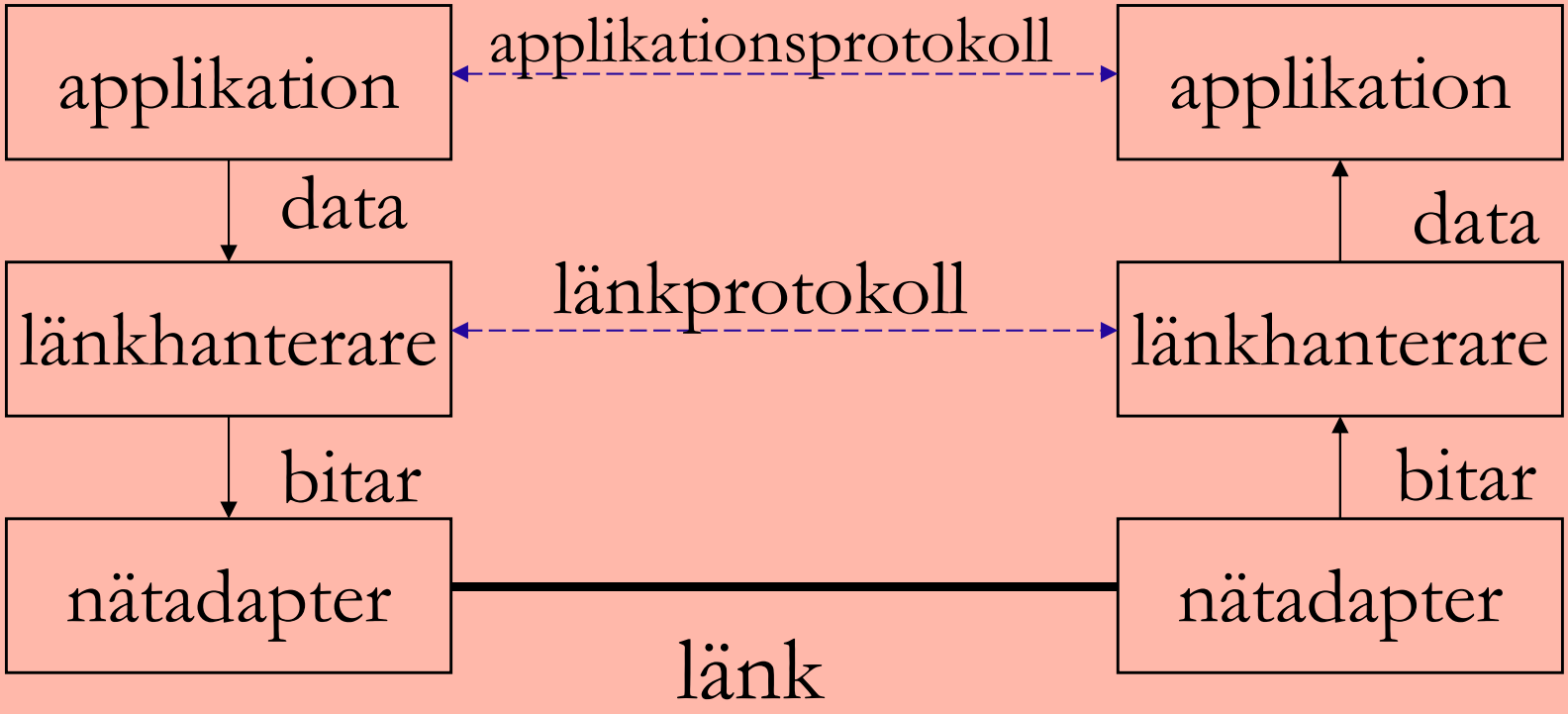
Tillförlitlig dataöverföring??

Om en etta kommer fram som en nolla har det inträffat ett bitfel.

Tillförlitlig dataöverföring innebär att sändare och mottagare ser till att all information kommer fram korrekt!

Länkprotokoll

Länkhanteraren i sändaren och mottagaren använder ett länkprotokoll för att kunna förstå varandra.



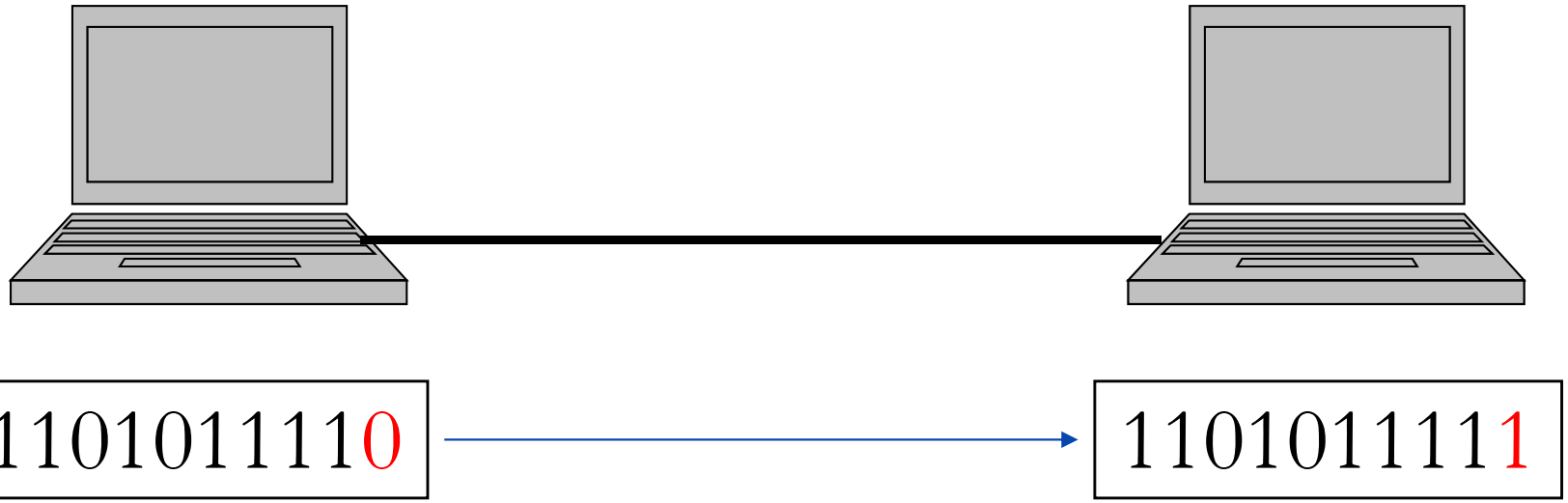
Från bitar till paket

Hur kan mottagaren omvandla en bitström till en följd av datapaket?

Ett exempel är att använda flaggor.

En flagga är ett antal bitar med ett specifikt värde. När en flagga kommer vet mottagaren att en ny ram startar eller slutar.

Vad gör man när det blir fel?

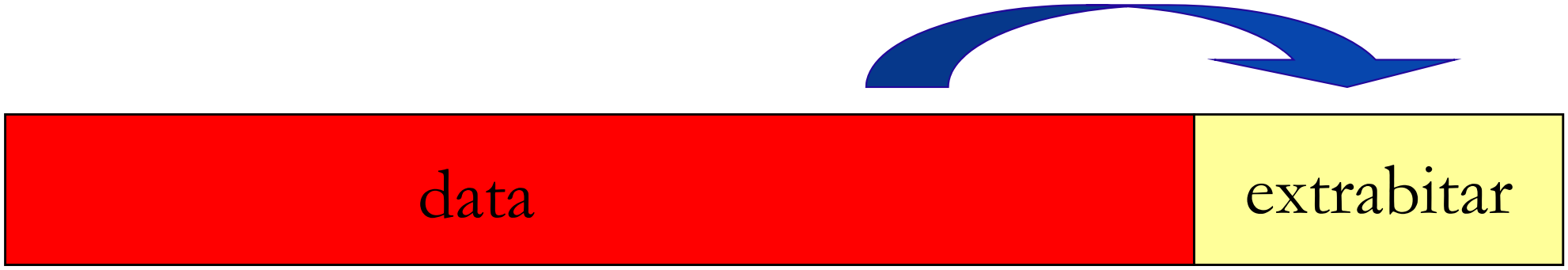


Om datapaket inte kommer fram korrekt kan mottagaren inte förstå informationen.

Att upptäcka bitfel

Det är viktigt att mottagaren kan detektera om bitfel uppstår.

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



Att upptäcka bitfel (2)

Mottagaren kontrollerar att data och extrabitar stämmer överens.

Om de gör det, har paketet kommit fram korrekt.

Annars är paketet felaktigt och måste kastas.

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:

10011100 + 0 = 100111000

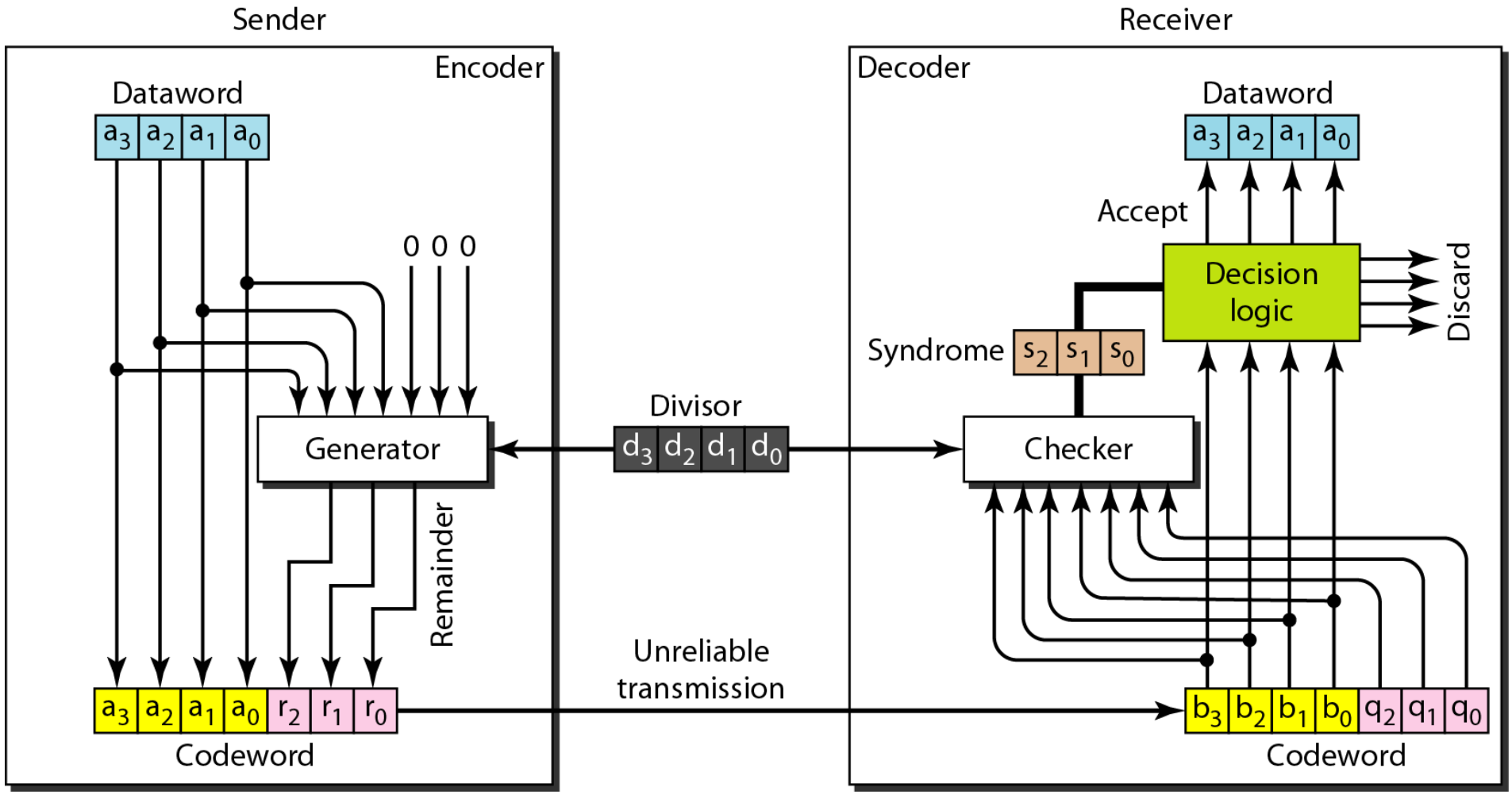
Kontrollsumma (checksum)

- 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

Kontrollsumma (checksum) (2)

- Princip, mottagning:
  - Dela upp hela mottagna bitströmmen i segment (lika stora som mottagaren)
  - Addera alla segmenten
  - Addera överskjutande bitar
  - Tag ett-komplement av summan
  - Om komplementet av summan = 0 är mottagen bitström korrekt

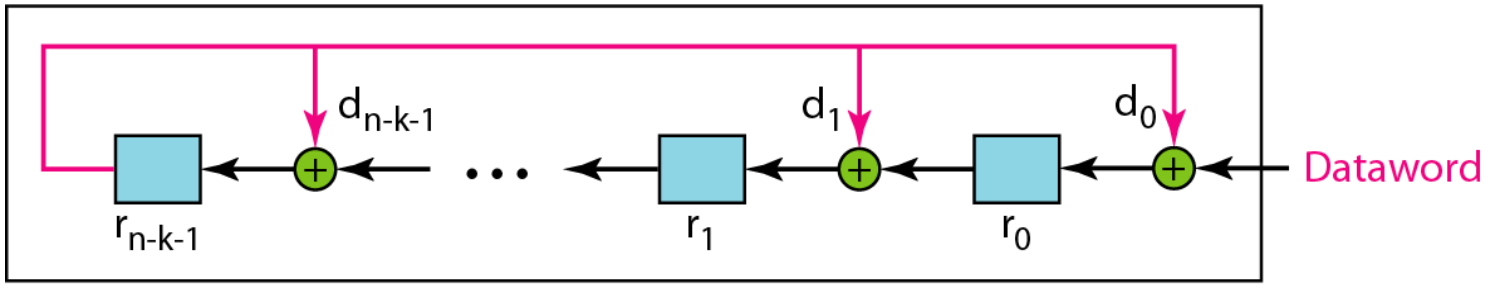
CRC blockdiagram



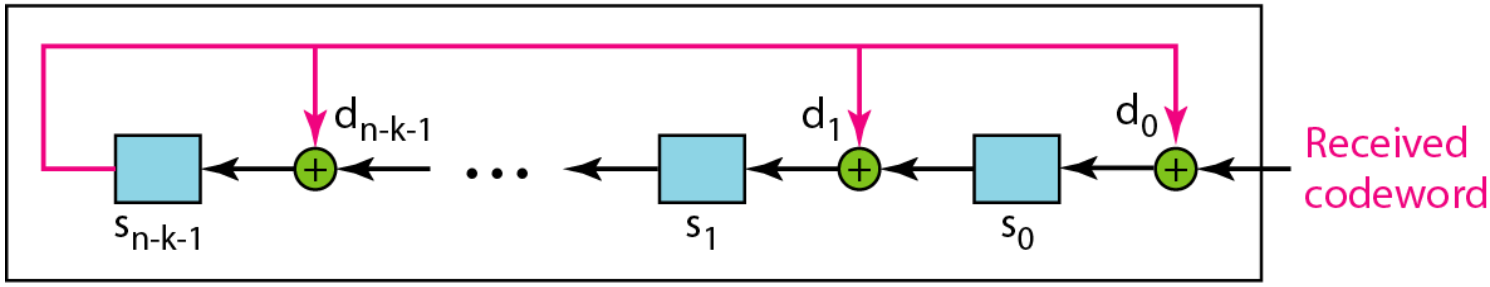
CRC divisionen elektroniskt

Note:

The divisor line and XOR are missing if the corresponding bit in the divisor is 0.

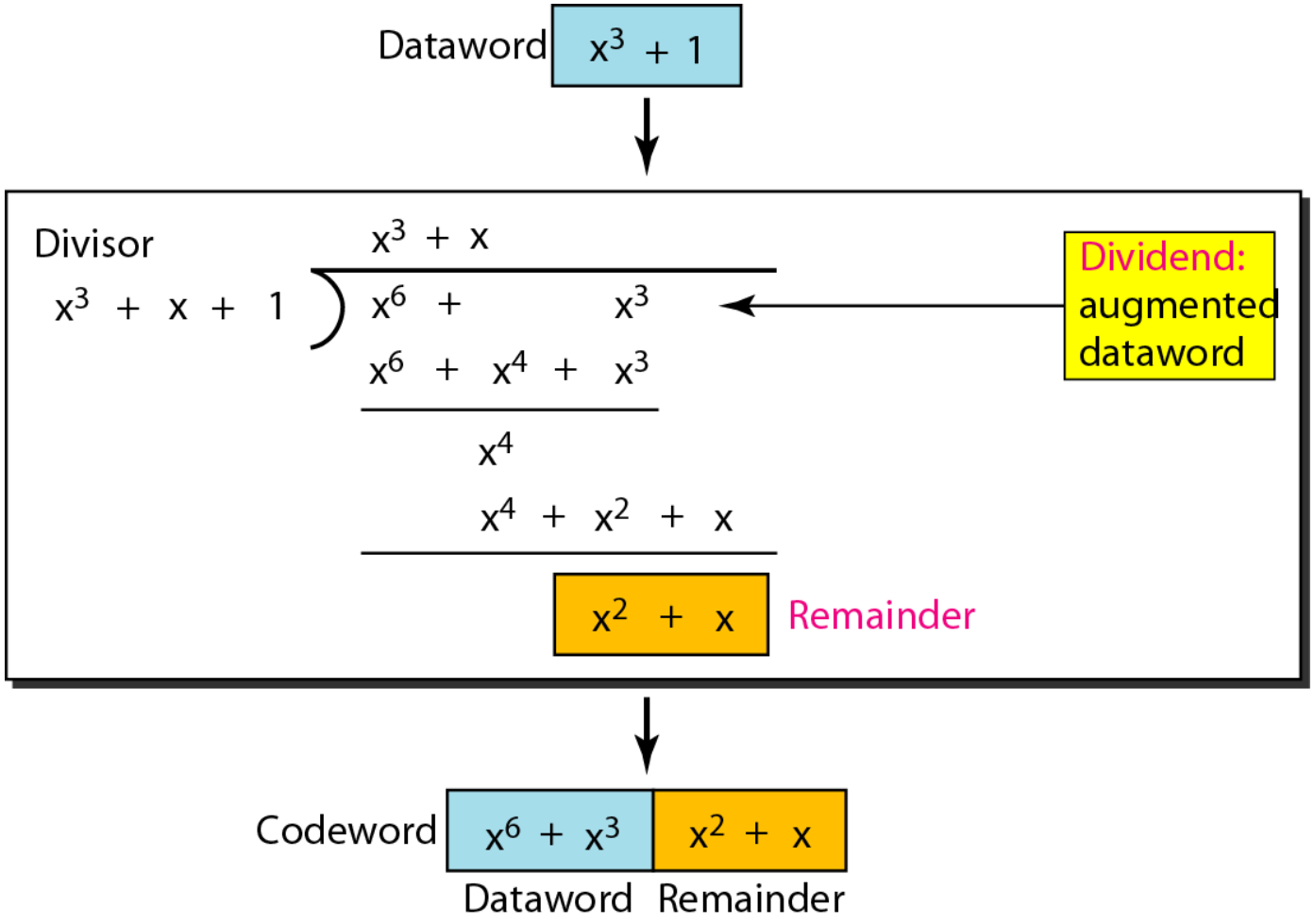


a. Encoder



b. Decoder

CRC divisionen



CRC

- CRC är ingen teori i sig själv
- Det är en (av många) tillämpningar av teori
- Den råkar ;-) vara väldigt enkel att bygga i hårdvara

Cyklisk Redundanscheck (CRC)

Låt bitarna i paketet representeras av ett polynom.

Exempel:

$$\boxed{10011010} \quad = \quad x^7+x^4+x^3+x = M(x)$$

Använd ett generatorpolynom av grad k.

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

CRC forts.

Hitta paritetsbitarna, R(x)

- Skicka iväg bitarna som representeras av
  $M(x)*x^k+R(x)$

- $M(x)*x^k + R(x)$ ska vara jämnt delbart med C(x)
  - Resten vid division ska vara = 0

- $[M(x)*x^k+R(x)]/C(x) = f(x)$

  [f(x) är ett ointressant polynom]

CRC hos mottagaren

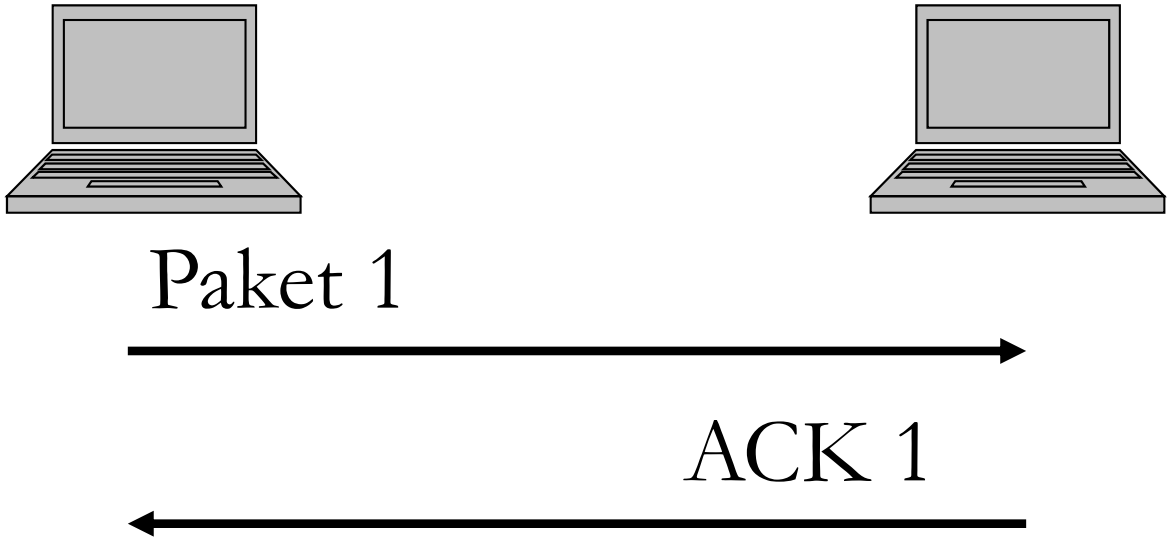
- Mottagaren tar emot $M(x)*x^k+R(x)+E(x)$

  $E(x)$ är feltermen. $E(x) = 0$ vid felfri överföring

- Mottagaren utför $[M(x)*x^k+R(x)+E(x)]/C(x)$
- Om $E(x)=0$ är resten vid divisionen $=0$

Att bekräfta paket

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



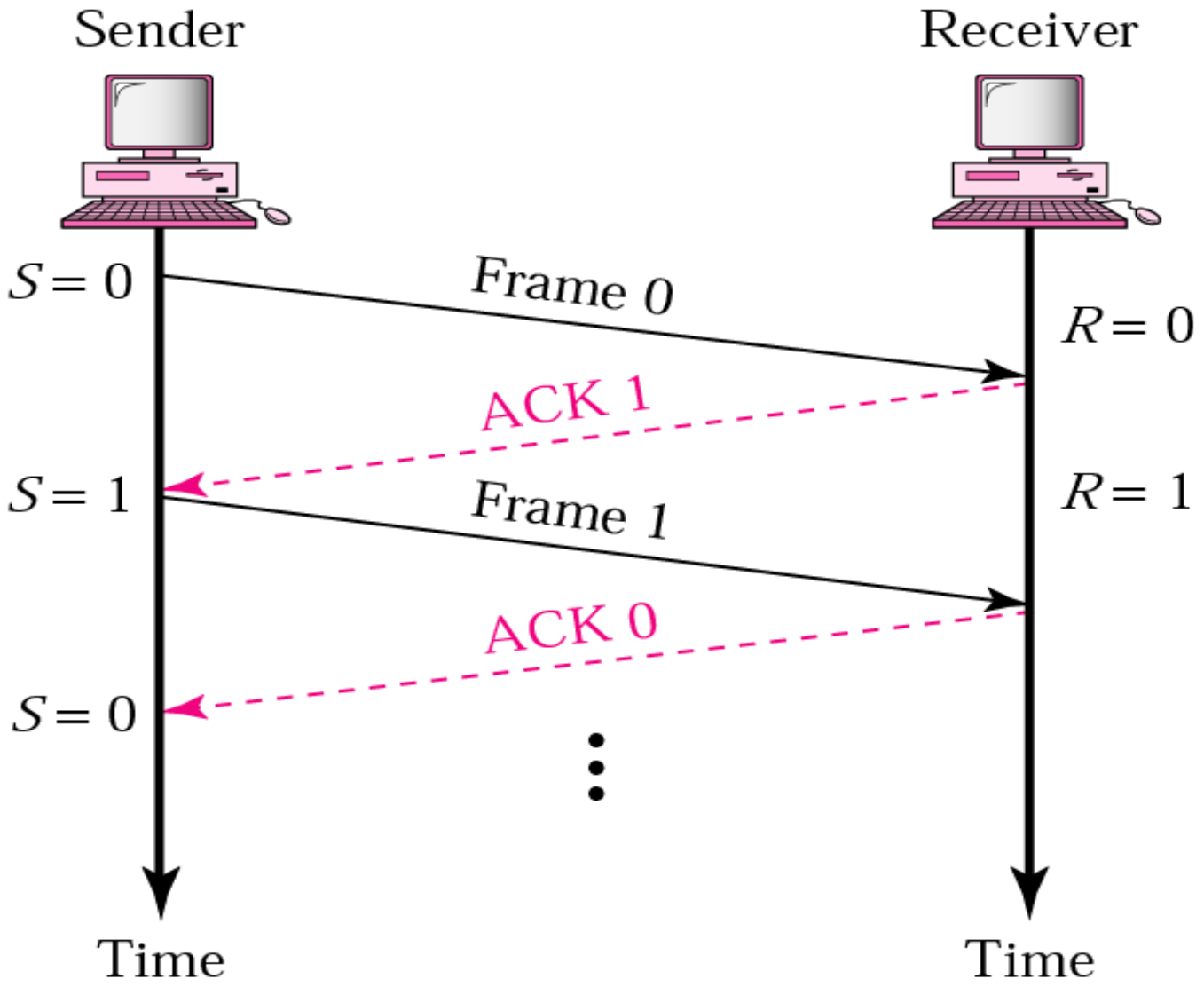
Stop-and-wait

Mottagaren skickar en ACK för varje paket.

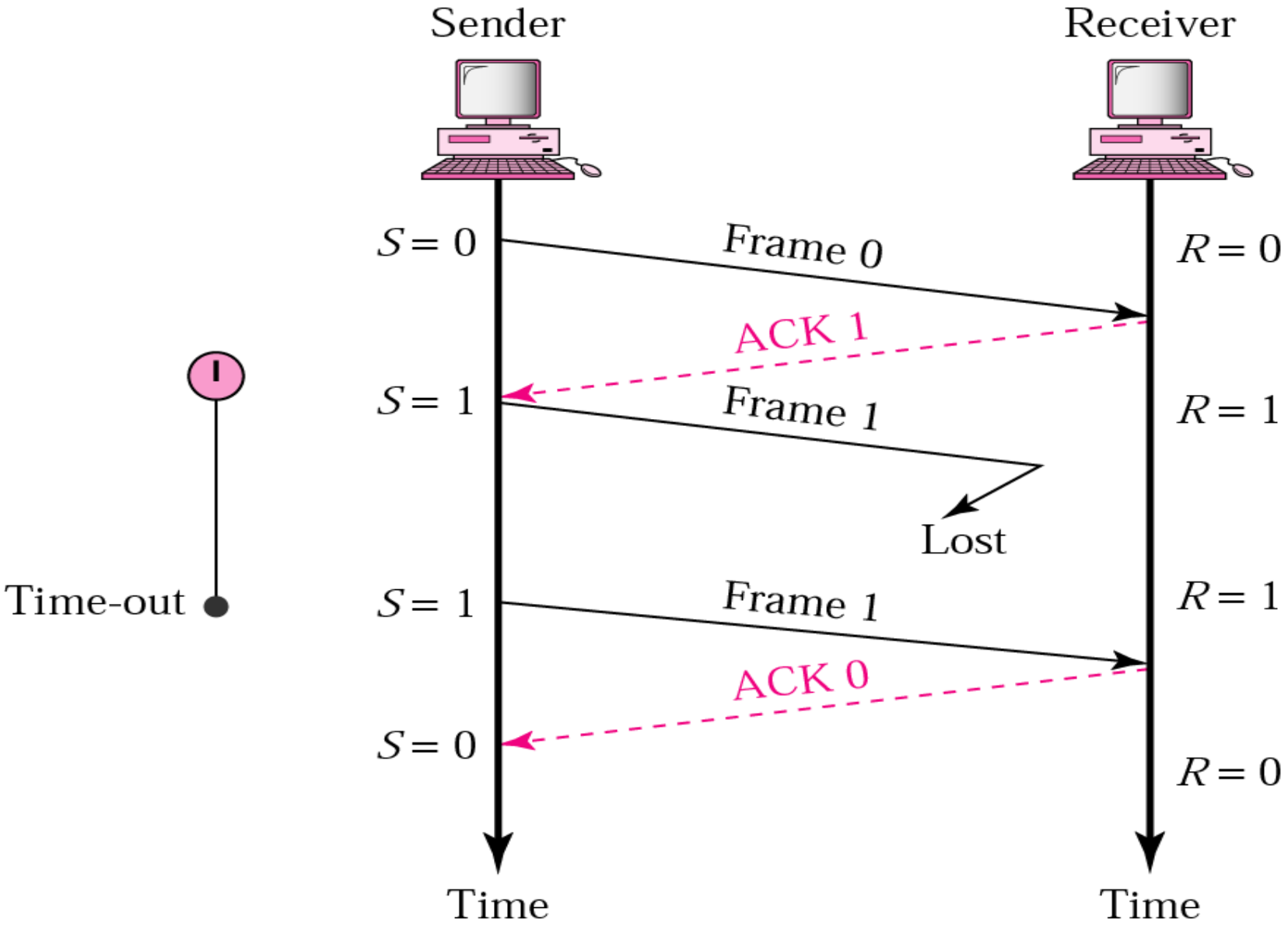
Sändaren skickar nästa paket när den fått en ACK för det senast skickade paketet.

Om inget ACK kommer inom en viss tid, skickas paketet igen.

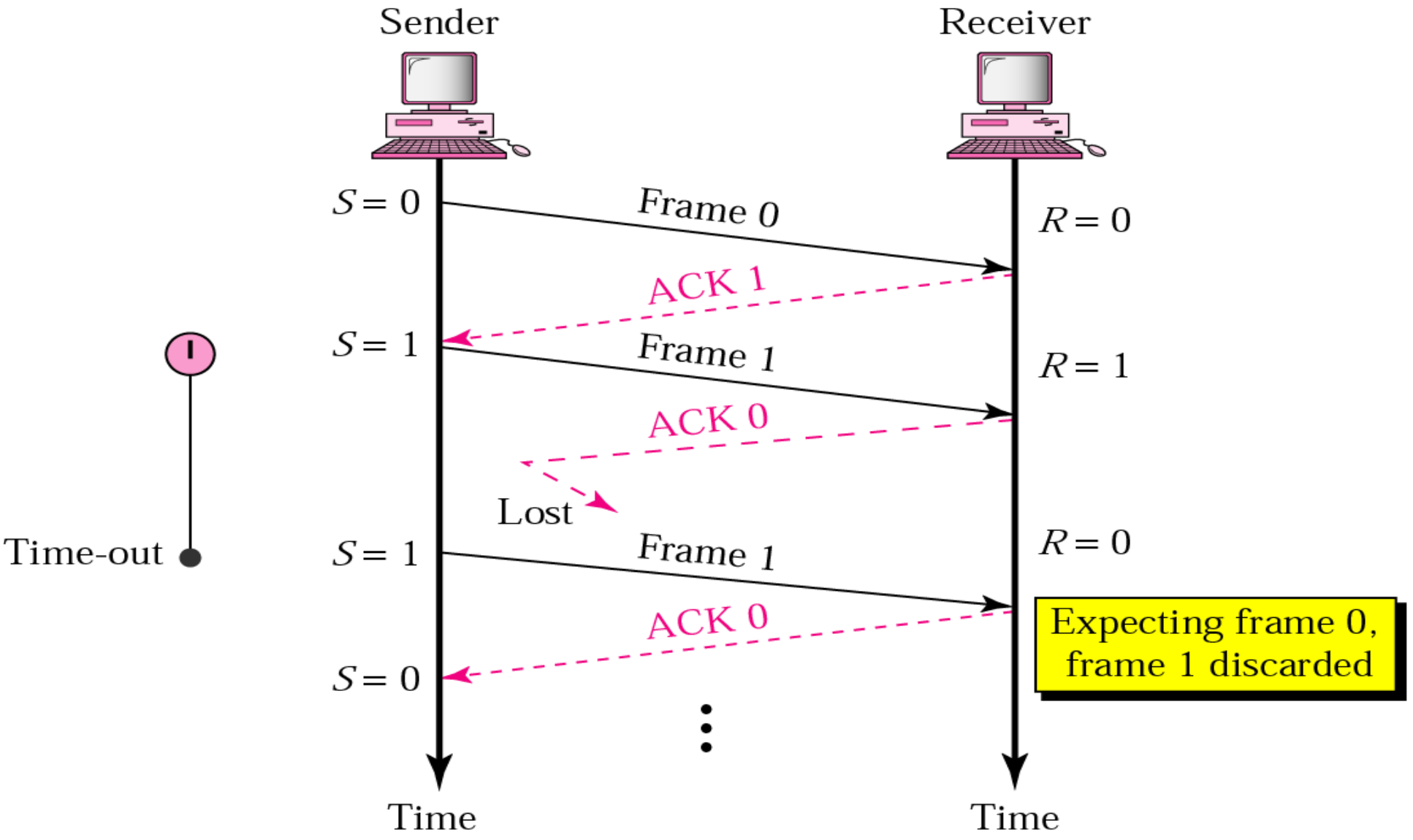
⌘11.1 Normal operation



⌘11.2 Stop-and-Wait ARQ, lost frame



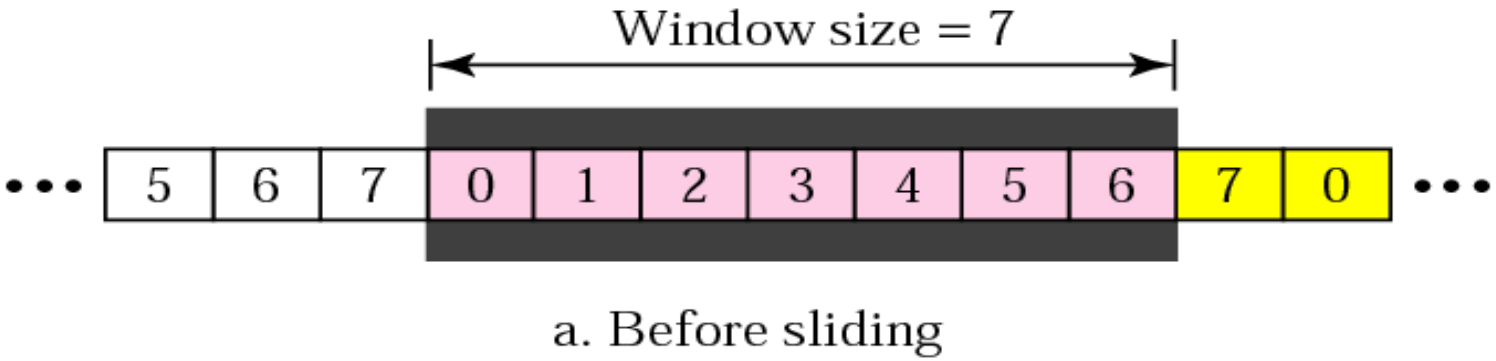
⌘11.3 Stop-and-Wait ARQ, lost ACK frame



Go-back-n

- Sändaren kan skicka flera paket åt gången. Varje paket får egen ”klocka” (time-out)
- Antalet paket som kan skickas bestäms med hjälp av ett så kallat sändfönster.
- Mottagaren skickar ACK för de paket som tas emot *i rätt ordning*.
- Nya paket kan skickas i samma takt som mottagaren skickar ACK.
- Mottagaren sparar de paket som kommer i fel ordning.
- (ej nödvändigt)

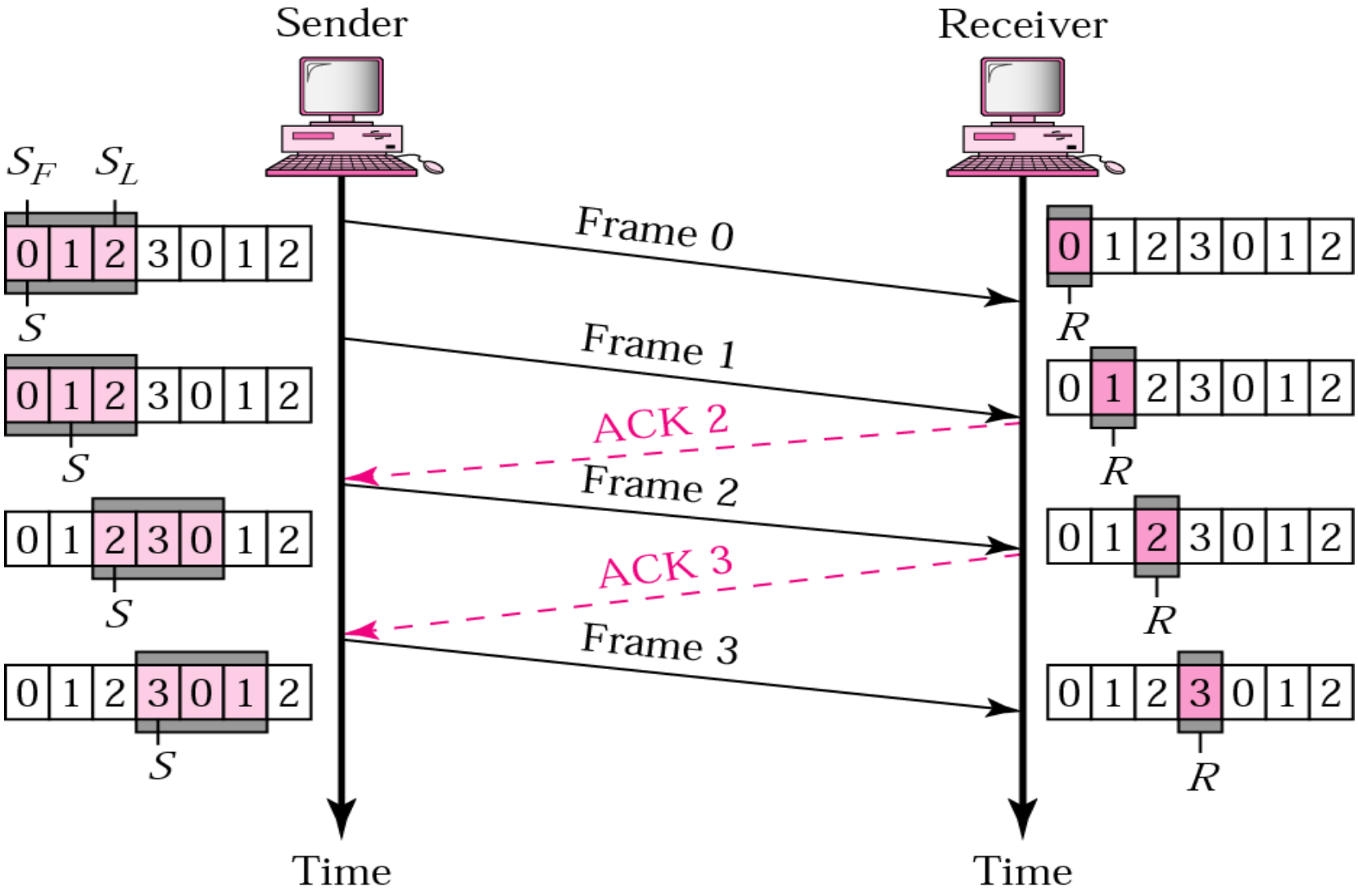
⌘11.6 Sender sliding window



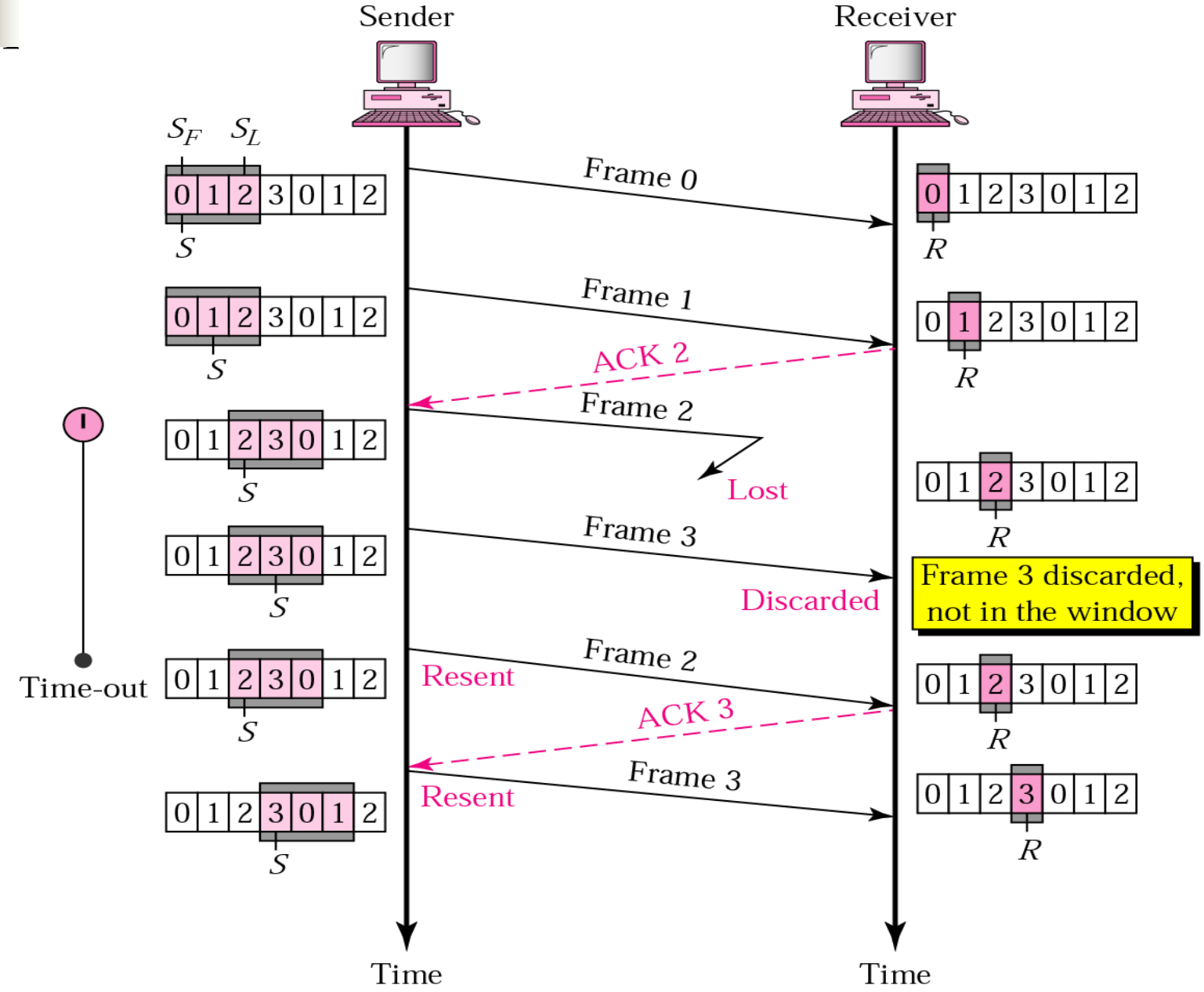
a. Before sliding

b. After sliding two frames

⌘11.9 Go-Back-N ARQ, normal operation



⌘11.10 Go-Back-N ARQ, lost

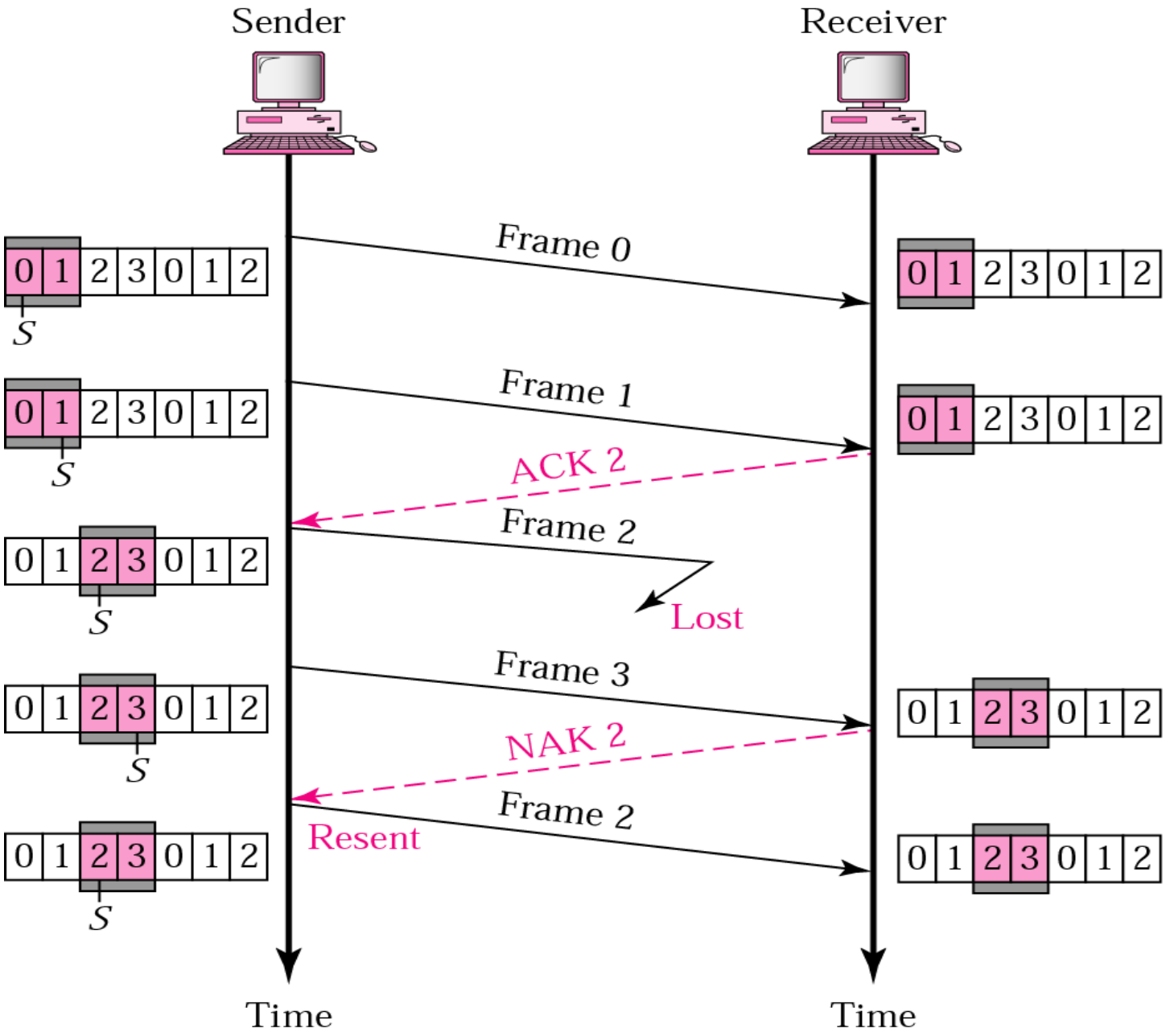


Selective repeat

Mottagaren skickar ACK för de paket den tar emot även om de kommer i fel ordning.

Endast de paket som blir fel sänds om.

⌘11.13 Selective Repeat ARQ, lost frame



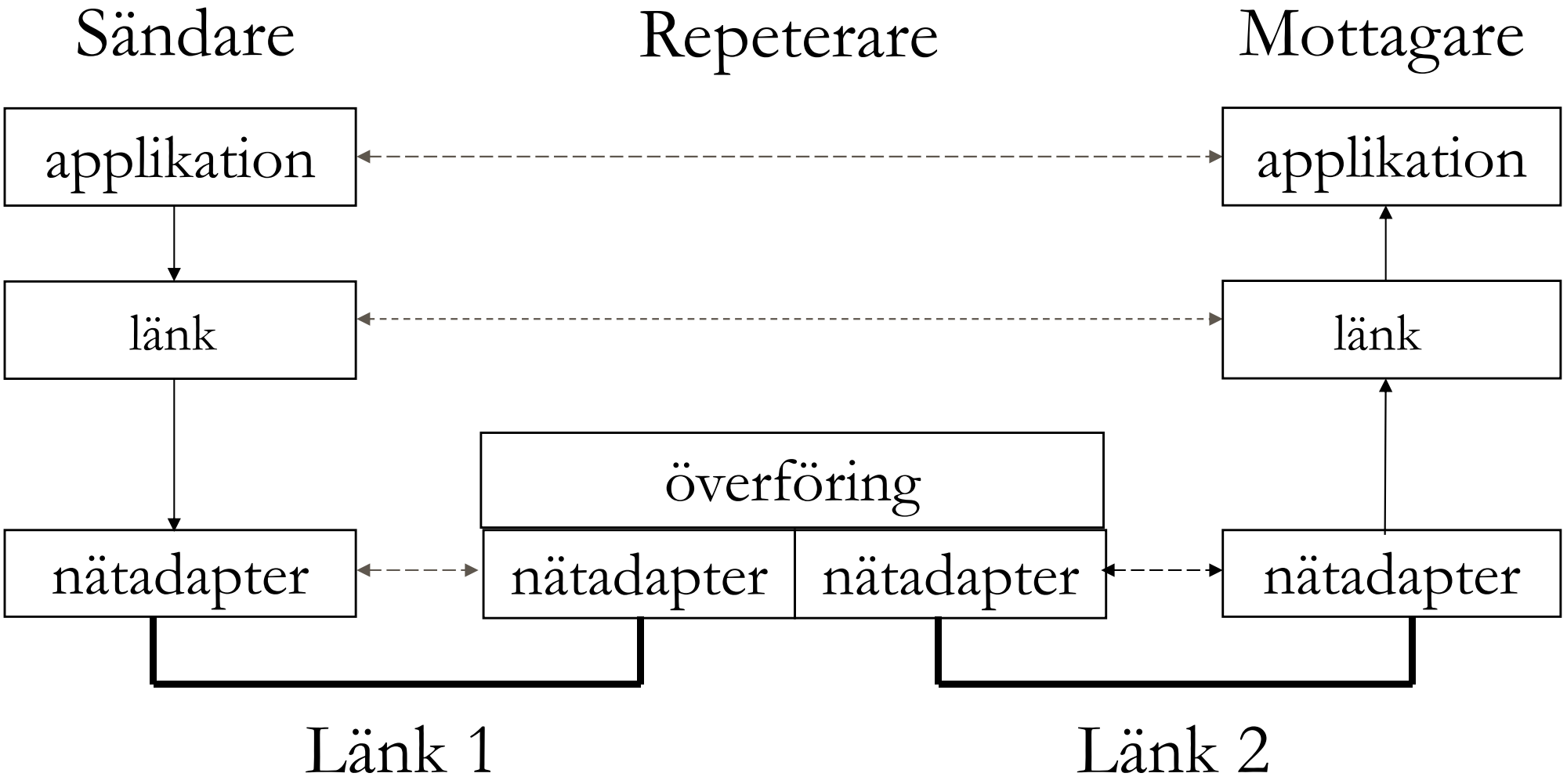
Egenskaper hos en länk

- All information som skickas på länken når samtliga datorer (broadcast).
- En länk 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 repeterare, som ”förstärker” signalen på länken.

  (återskapar signalen, regenerering)

  Repeteraren löser INTE tidsproblemet!

Protokollstruktur i en repeterare

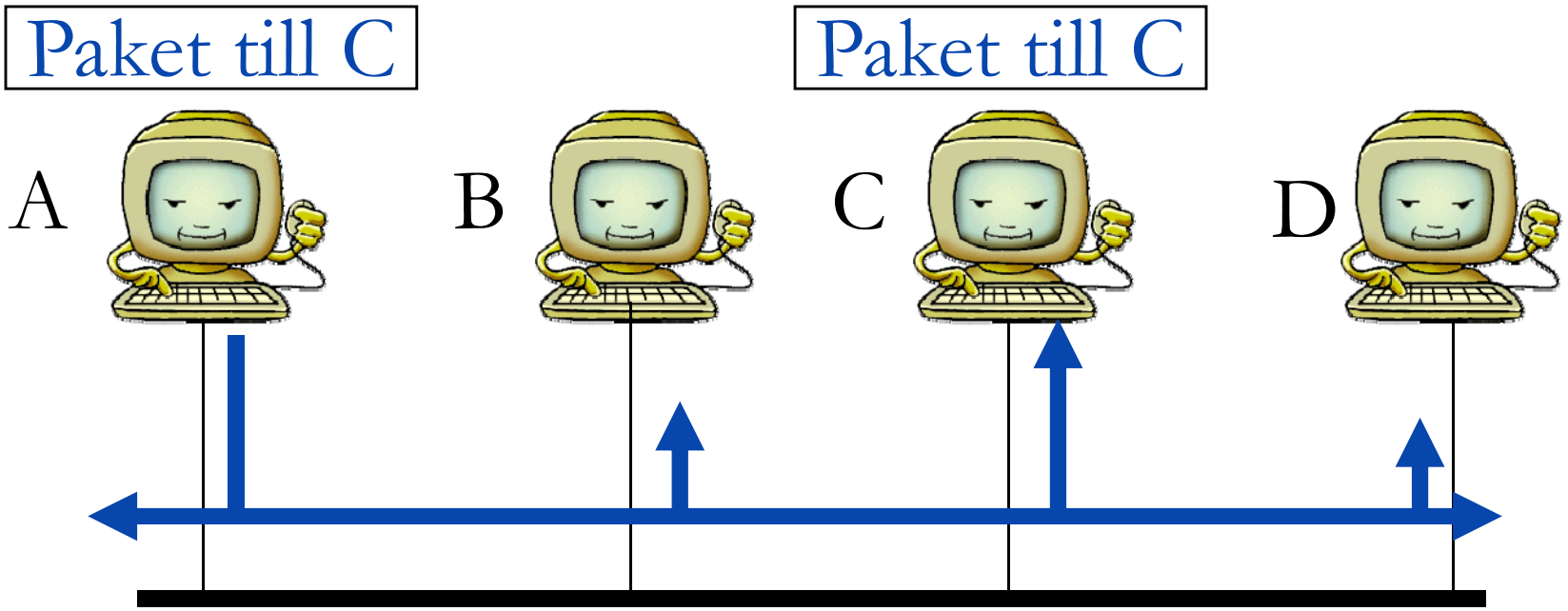


Hur hittar datorerna varandra?

För att en sändare skall kunna skicka information till rätt mottagare måste varje dator ha en adress.

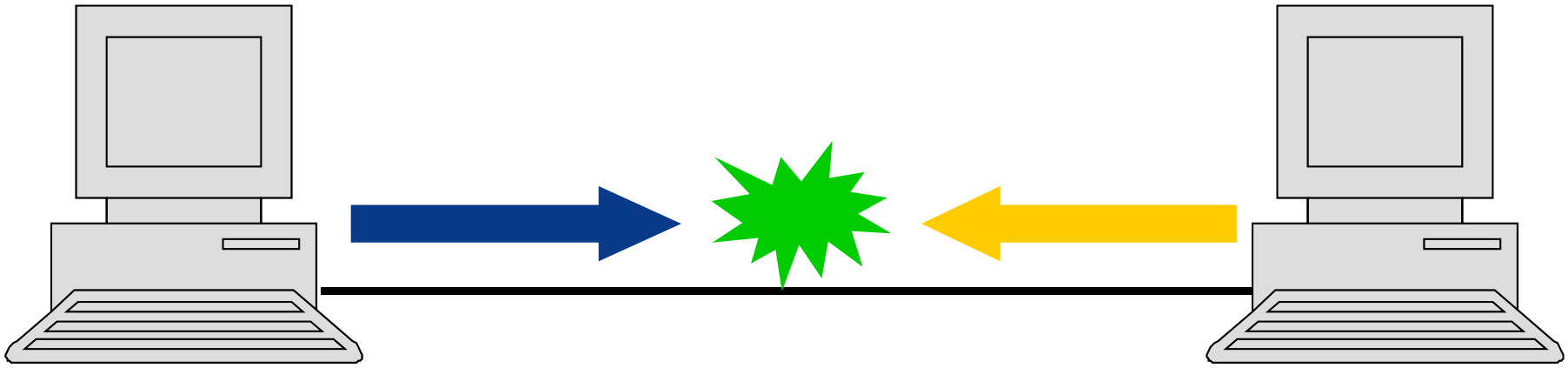
Alla datorer som kan kopplas till ett lokalt nät har en unik adress, som är inbränd i nätverkskortet.

Att sända data på en länk



- Alla datorer måste ha en unik adress.
- Den dator som har rätt mottagaradress läser in paketet.

Multipel access



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

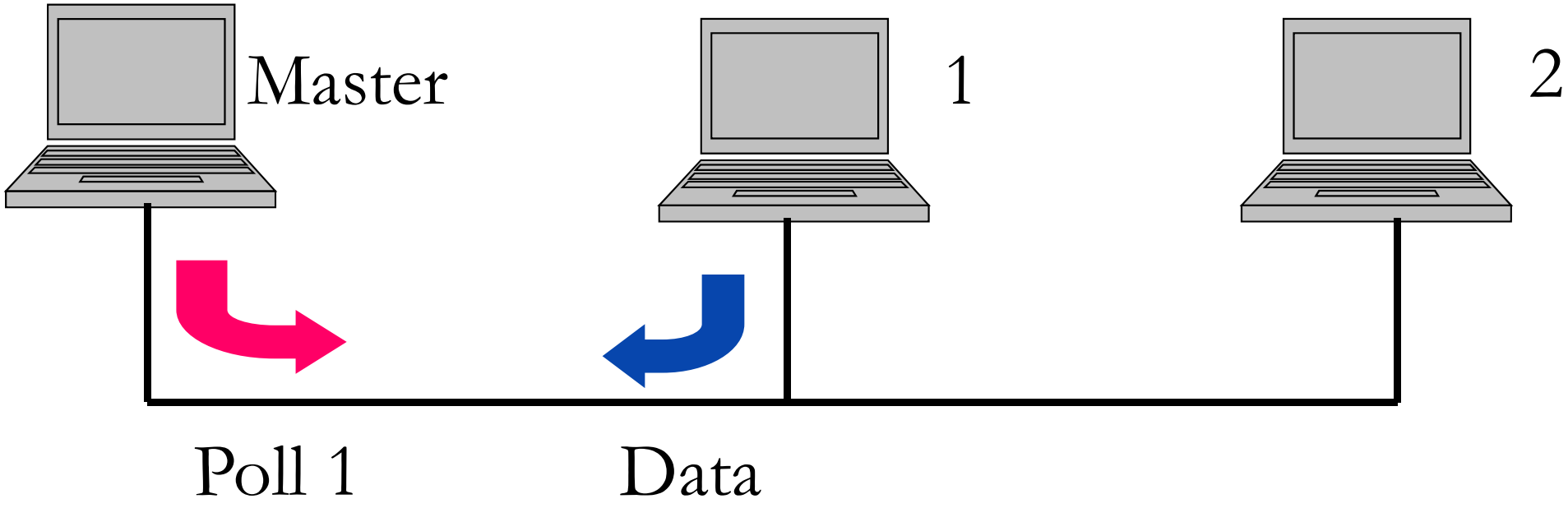
Att få tillgång till länken

- För att få en länk att fungera måste samtliga datorer vara överens om hur de skall få tillgång till länken.
- Detta kallas för en accessmetod.

- överens = protokoll

Polling

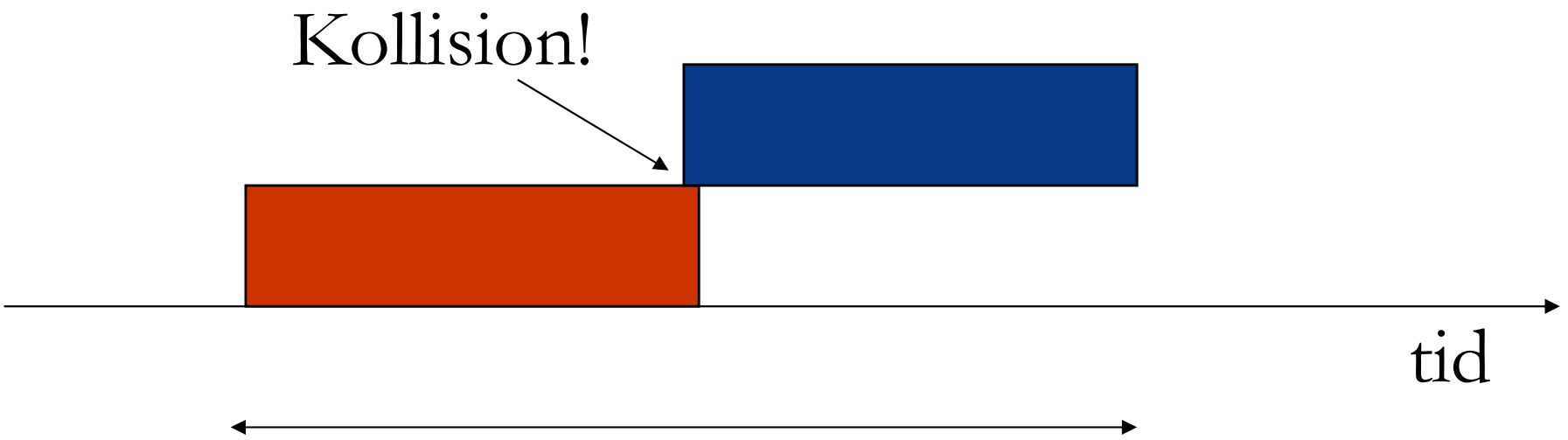
Om ett lokalt nät använder polling, finns det en så kallad master som ser till att de andra datorerna (som kallas slavar) får skicka i turordning.



ALOHA

- En centraldator, flera klienter. Länken = radio.
- Två gemensamma kanaler: till resp från centraldatorn
- 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.

Kollisioner i ALOHA



Tiden då ingen annan kan skicka = 2 ggr transmissionstiden

Maximal utnyttjning av länken blir 18%

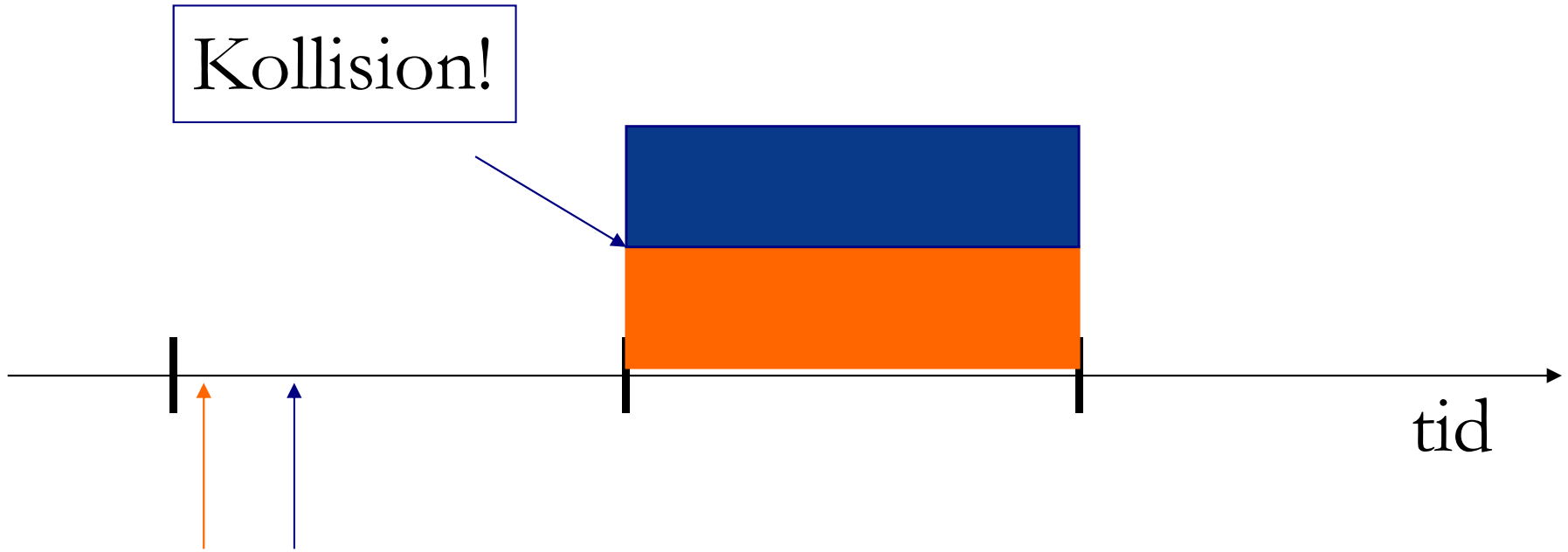
Slotted ALOHA

Tiden delas in i intervall, så kallade tidsluckor (slots).

En tidslucka rymmer precis ett datapaket.

En dator får endast börja sända i början av en tidslucka.

Kollisioner i Slotted ALOHA



Tid då ingen annan får sända = 1 ggr transmissionstiden

Maximal utnyttjning av länken blir 36%

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.

CSMA/CD (forts …)

- CD = Collision Detection
- Lyssna under sändning.
- Upptäcks kollision
  - Sluta sända
  - Vänta slumpvis lång tid
  - Försök igen

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.

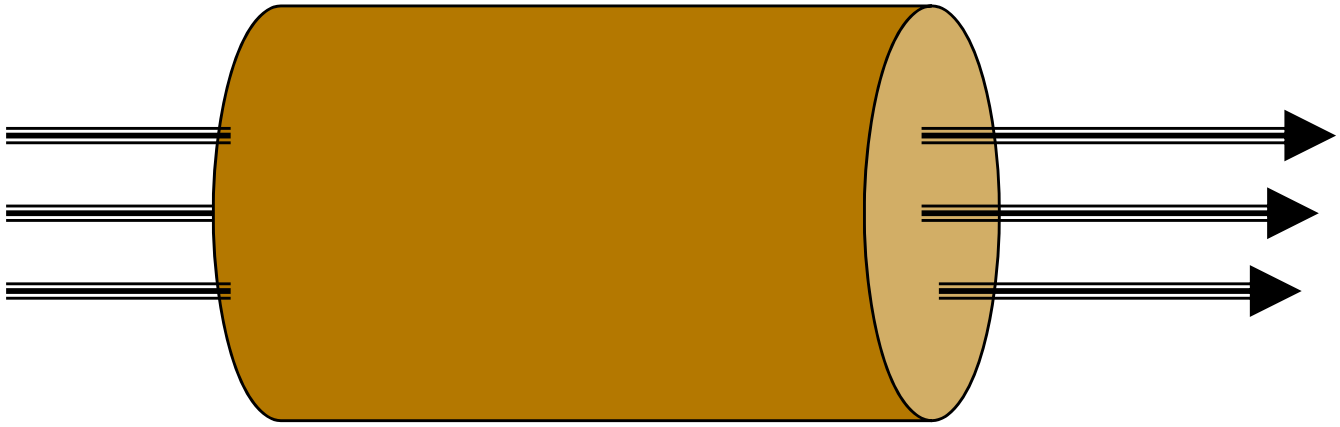
Kapacitetuppdelning

Länkens kapacitet kan delas upp på minst tre sätt:

1. Rumsmultiplex
2. Frekvensmultiplex
3. Tidsmultiplex
   - Synkron
   - Statistisk
4. Koduppdelad multiplexering

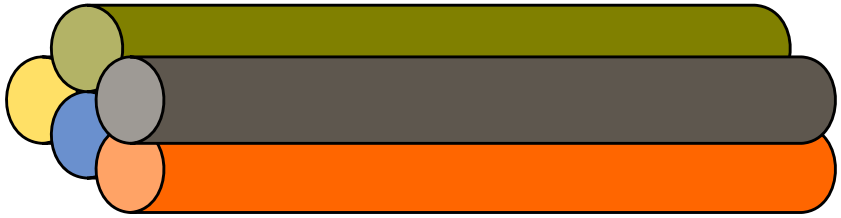
Generell multiplexering

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



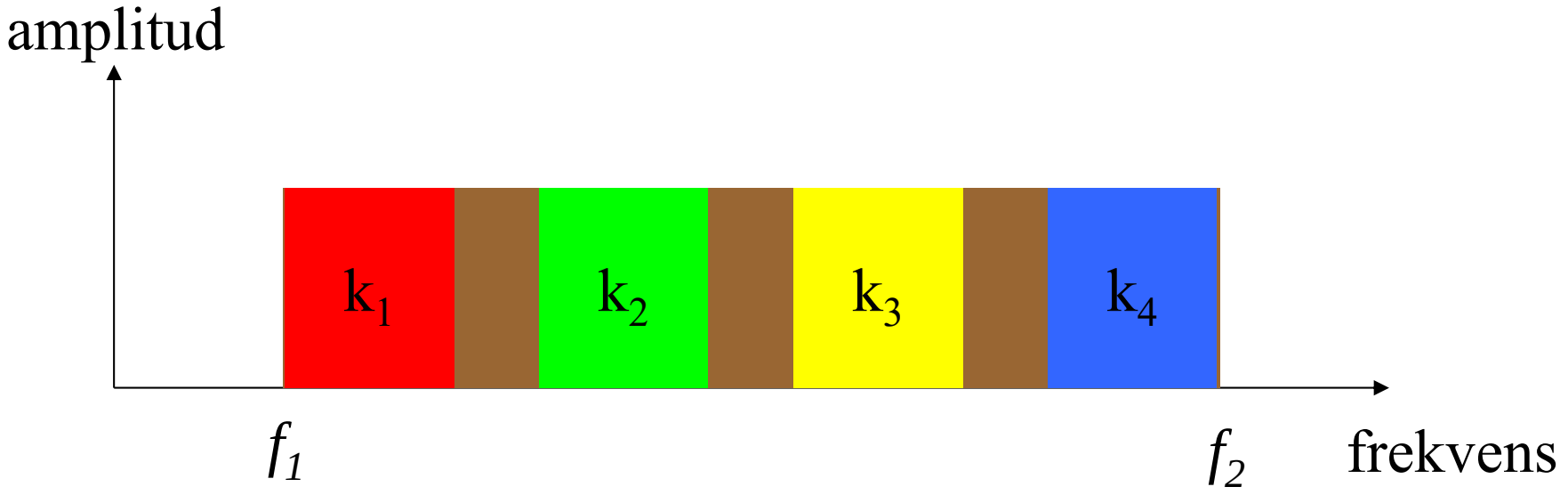
Rumsmultiplex

Används i tex. optiska fiberkablar som består av flera optiska fibrer.



Varje förbindelse får sin egen fiber (eller fiberpar).

Frekvensmultiplex

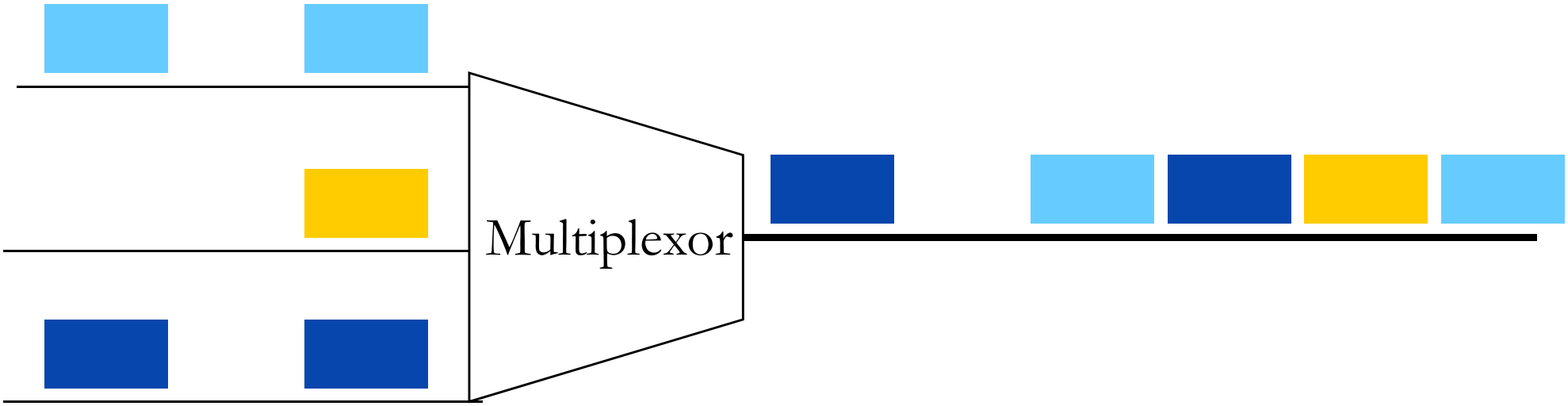


En fysisk länk kan delas in i flera *logiska kanaler* med olika frekvensband.

Synkron tidsmultiplex

Multiplexorn skickar ut paketen i tur och ordning.

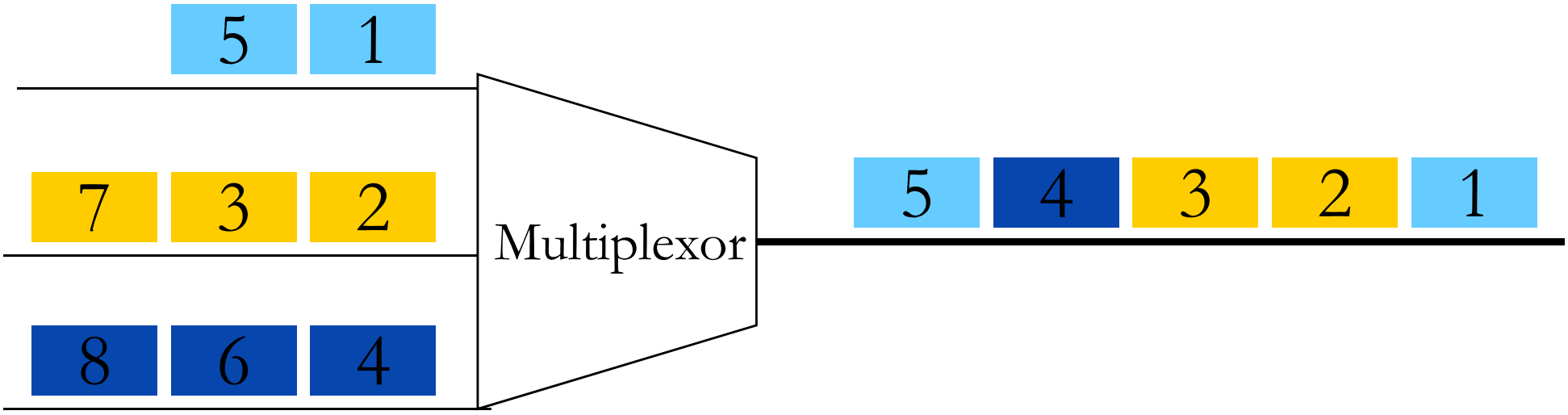
Om en kanal inte har något att sända kommer länken att vara tom.



Statistisk multiplexering

Paketen skickas ut på länken efterhand som de kommer till multiplexorn.

De kan behöva vänta ett tag innan de kan skickas vidare.



Koduppdelad multiplexering

- Endast trådlösa länkar
- Många använder samma länk och samma frekvensband samtidigt genom Spread Spectrum
- FHSS: Koden är hoppsekvensen
- DSSS: Koden är bit-sekvenser (chip)

Kontroll av dataöverföring (på varje kanal)

- 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 sändare/dator har en egen kanal.

Ett länkprotokoll: HDLC

HDLC = High-level Data Link Control

Flagga = 01111110

16- eller 32-bitars CRC

Go-back-N eller Selective-repeat ARQ

Bitstuffing

För att inte flaggans bitmönster skall finnas i själva datan används så kallad bitstuffing.

01111110111110011100011111

011111**0**10111110**0**0111000111110**1**