

# Dator- och telekommunikation

(EITG01)

Höstterminen 2022

# Kursupplägg

- Föreläsningar

*För att strukturera och hjälpa Er igenom litteraturen*

Computer Networking- A Top-Down Approach

James F Kurose Keith W Ross

Pearson (Förlag)

- Övningar

*Träna och öva på exempel på det som finns i litteraturen*

*Övningar och svar hittas på hemsidan*

- Laborationer

*3 st (2h, 2h, 4h) Förberedelser som skall vara gjorda.*

*Laborationer hittas på hemsidan*

*Anmälan på hemsidan ca 1 vecka före respektive laboration,*

*Dessa ges i lv 5, 6 och 7.*

- Projekt

*Börjar i slutet på läsperioden och sista inlämning i sista delen av LP2*

*Man skall programmera sin egen "app"*

- Tentamen

*Uppgifter av både förklarande och problemlösande karaktär (oktober)*

# Kurskrav

- Laborationsförberedelserna skall vara gjorda för att få laborera
- Laborationerna skall vara genomförda till belåtenhet för labhandledarna
- Projektet skall vara godkänt
- Tentamen skall vara godkänd
  - Övningsmaterialet skall förstås, dvs liknande uppgifter (fakta, svårighetsgrad) skall kunna lösas
  - Laborationerna skall förstås och frågor som visar på förståelse för detta skall kunna besvaras
  - Kursmaterialet (de kapitel som finns på föreläsningsschemat) skall man kunna svara för i stora drag
  - Föreläsningarna (det som diskuteras på föreläsningarna, delar av det totala kursmaterialet) skall man kunna svara på i detalj

# Dator- och telekommunikation

- Radionät
- Protokoll
- Kapacitet
- Tjänster

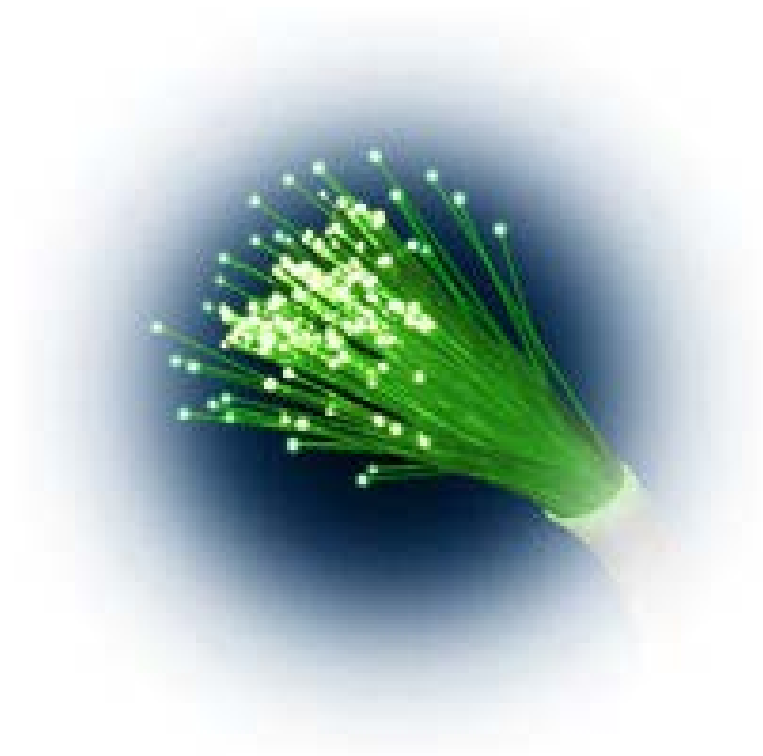
# Radionät

- Historia
- Radiovågor, modulering och kodning
- Trådlösa LAN
- AdHoc-nät (Bluetooth, ZigBee)
- Mobiltelefoni
- Satelliter, GPS



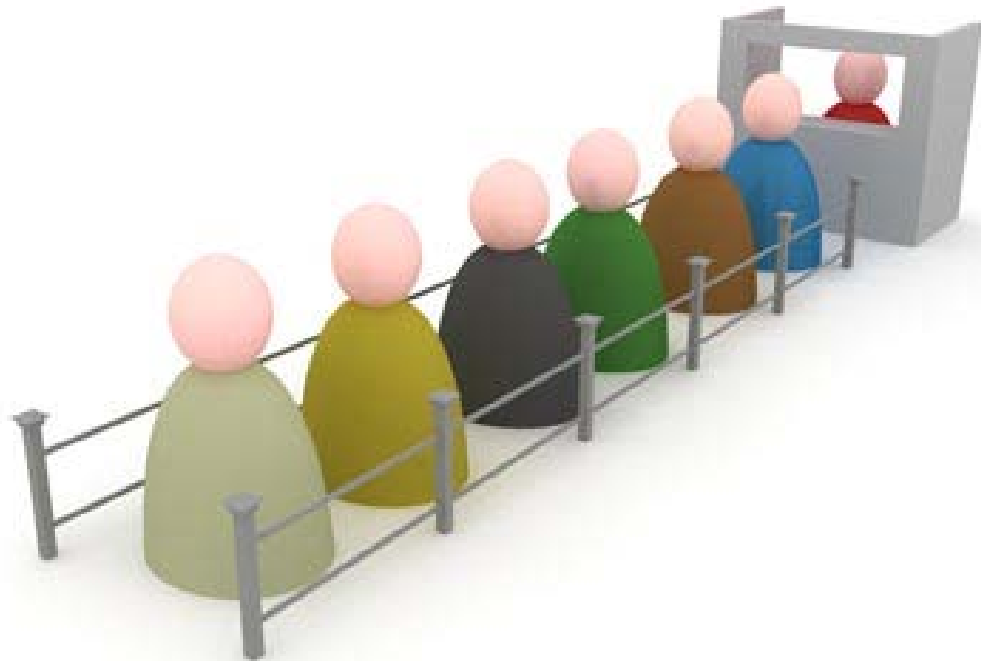
# Fasta nät

- IPv6
- Virtual circuit-nät
- Routing
- xDSL
- PPP



# Kapacitet

- Hur vet man om nät är snabba nog?
- Från Erlang till nutiden...
- Köteori
- Simulering



# Tjänster

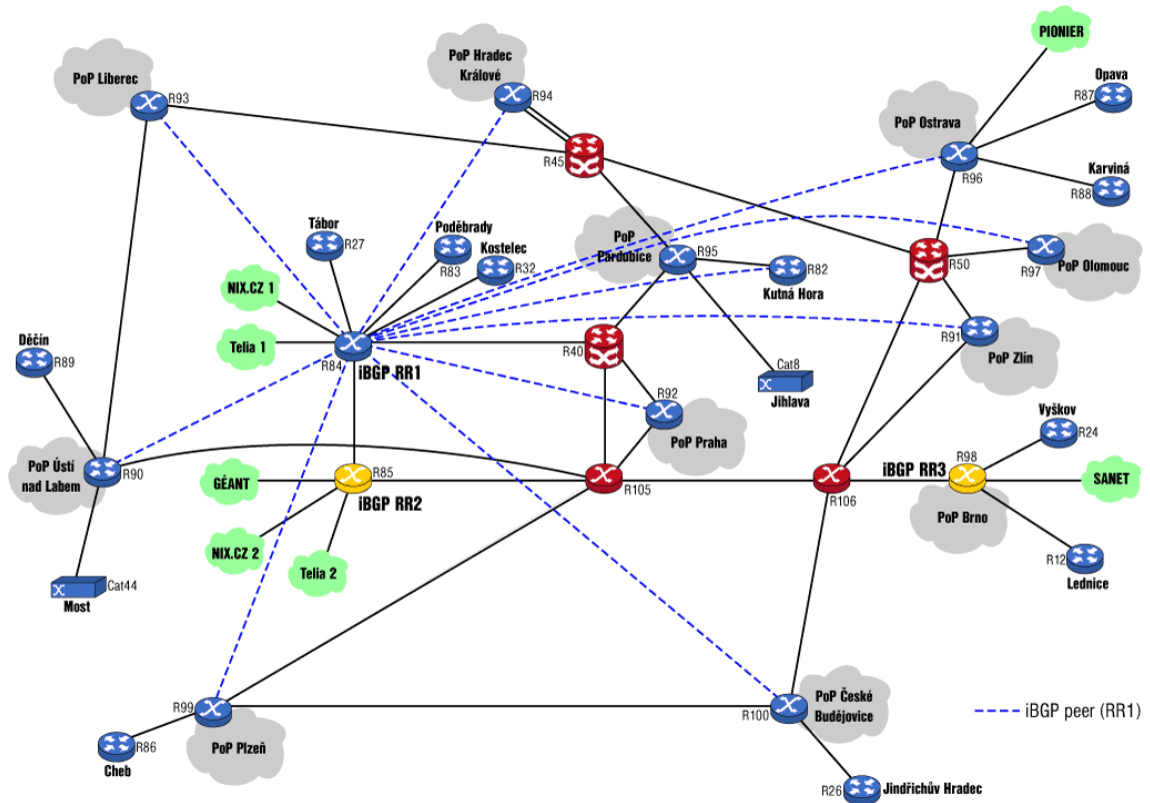
- Historik
- Operativsystem för mobiler
- Utveckling av appar





# Routing

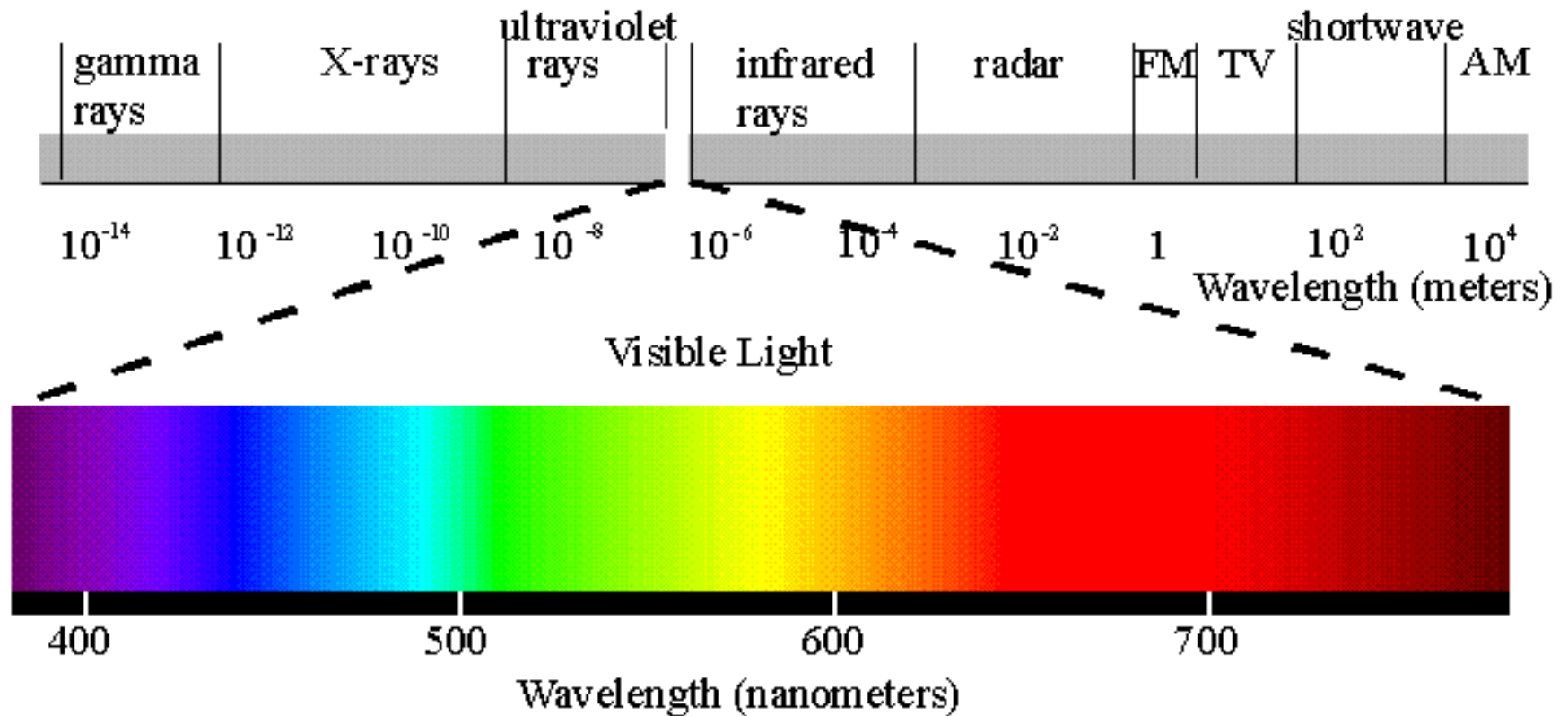
- Hur hittar IP-paket rätt?
- Algoritmer för att skapa och uppdatera routingtabeller



--- iBGP peer (RR1)

# Radionät

- Elektromagnetisk strålning



# Radionät

- Magnetism (känt sedan mycket länge)
- Statisk elektricitet (känt sedan antiken)
- Ljus
  - Partiklar (Newton)
  - En vågrörelse (Young)
- Elektrisk ström (Galvani och Volta, 1700-talet)
- Ström och magnetism hänger ihop (Örsted)
- Elektriska och magnetiska fält (Faraday)
- Elektromagnetisk fältteori (Maxwell)

# Radionät

- Maxwells ekvationer:

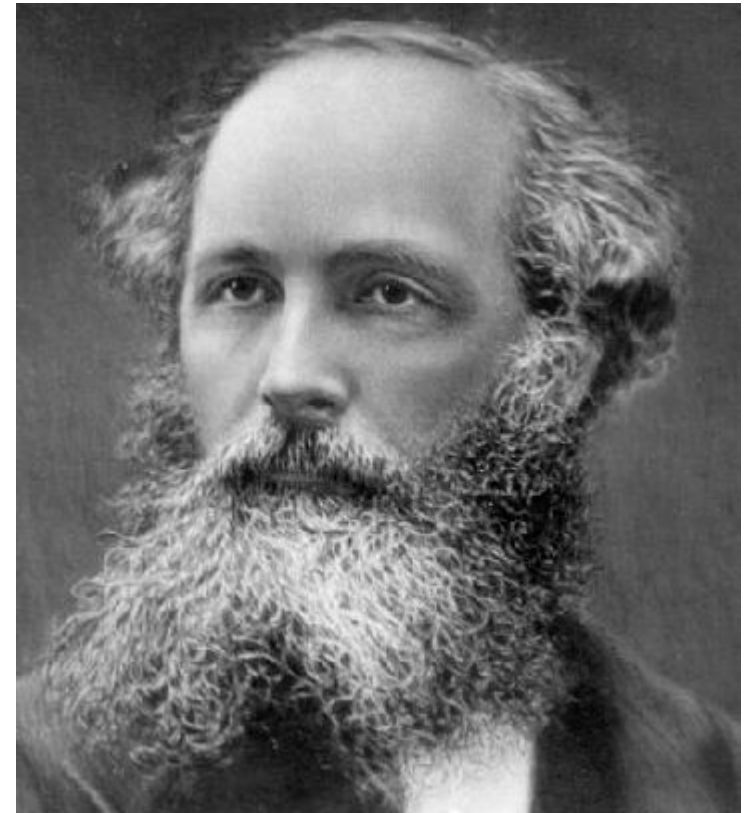
$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \frac{\mu}{c} \left( 4\pi \mathbf{i} + \frac{d\mathbf{D}}{dt} \right)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 4\pi \rho$$

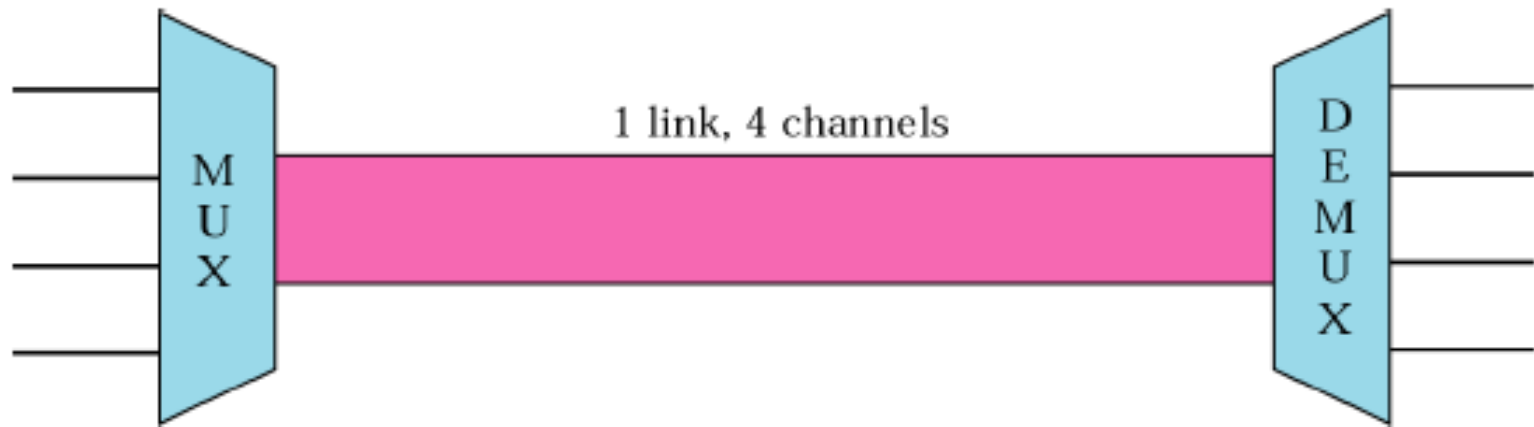
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

SCIENCEPHOTOLIBRARY



# Multiplexering allmän princip

- Flera signaler sänds samtidigt över samma länk

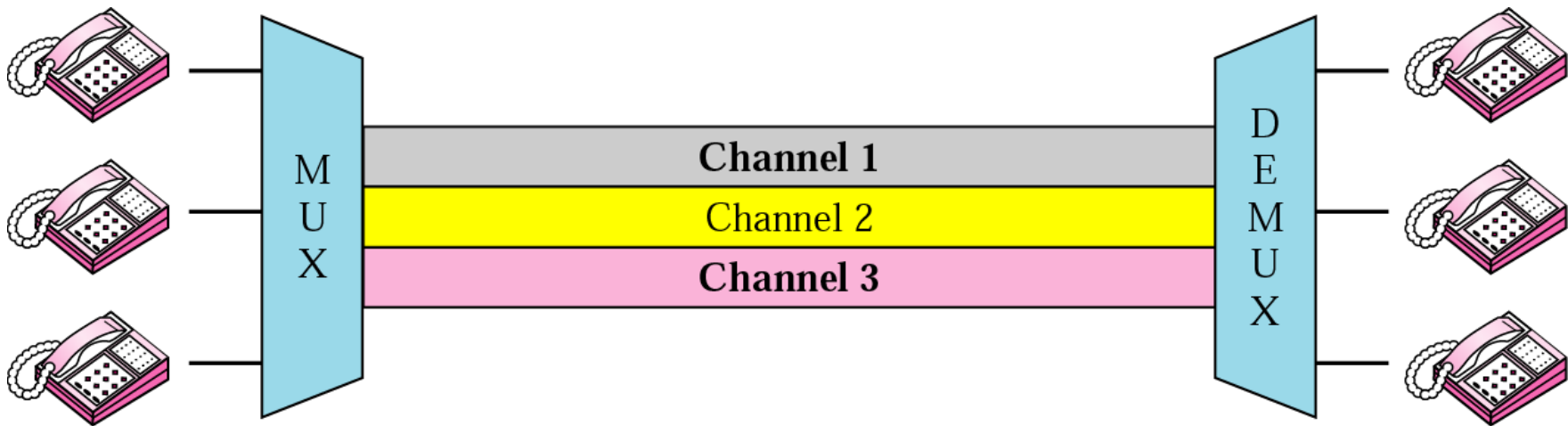


# Multiplexering allmän princip

- En gemensam kanal delas på något av följande sätt
  - FDM (Frequency Division Multiplexing)
  - WDM (Wavelength Division Multiplexing)
  - TDM (Time Division Multiplexing)
  - CDM (Code Division Multiple Access)

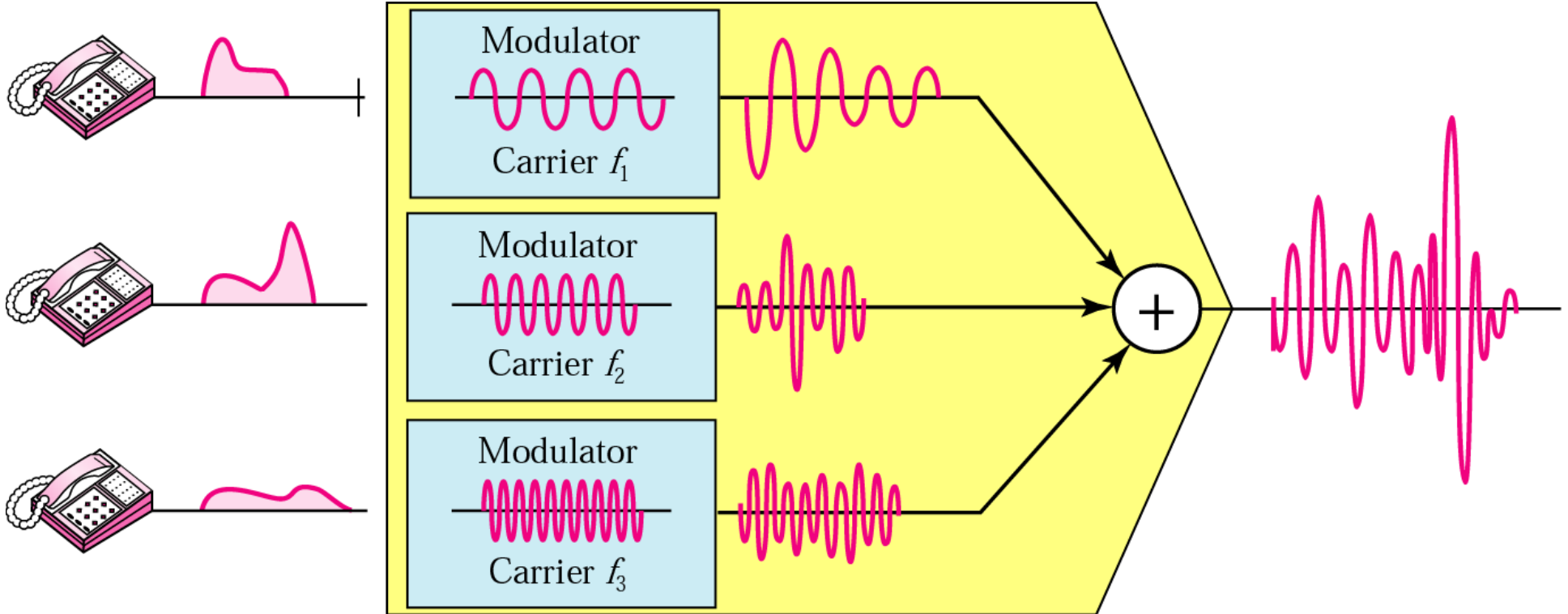
# Multiplexering FDM

- Kombination av signaler med olika frekvens



# Multiplexing, FDM

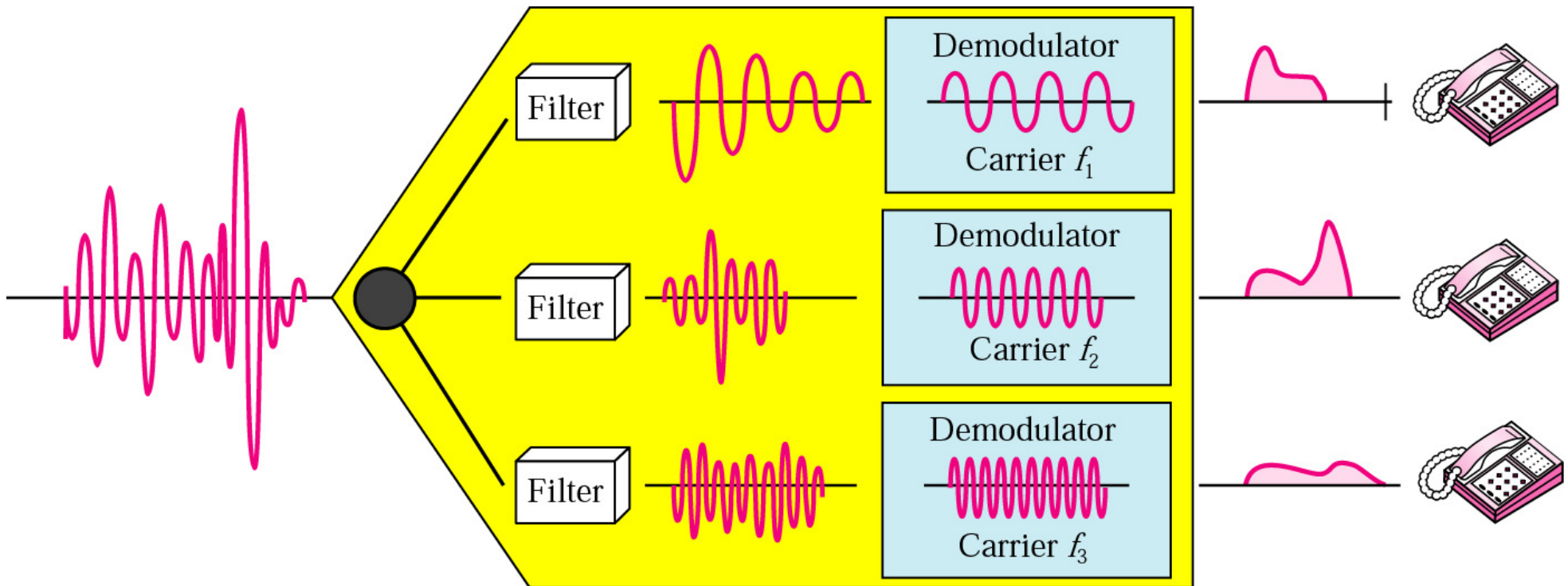
- Modulering och summation





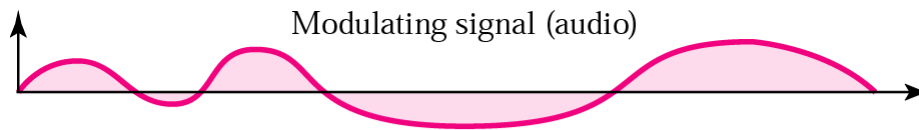
# Multiplexering, FDM

- Filtrering och demodulering

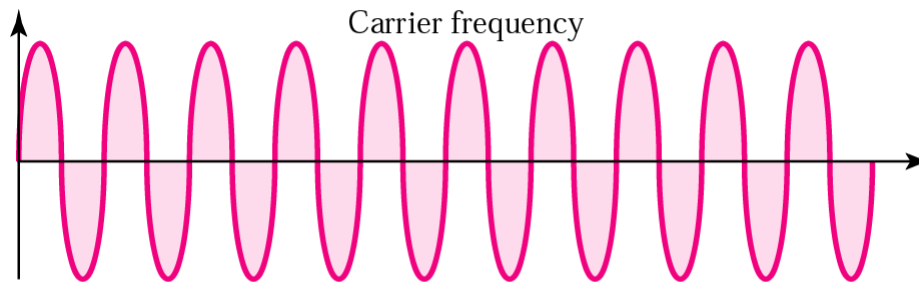


# Multiplexing, FDM

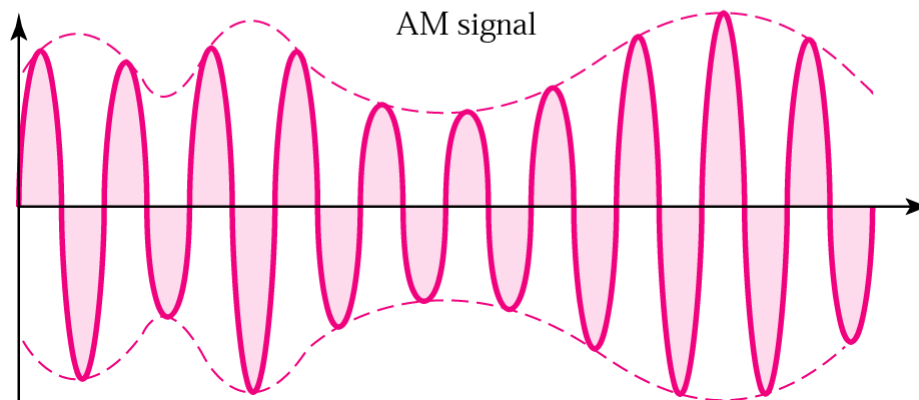
- Amplitudmodulering av en signal



$$m(t)$$



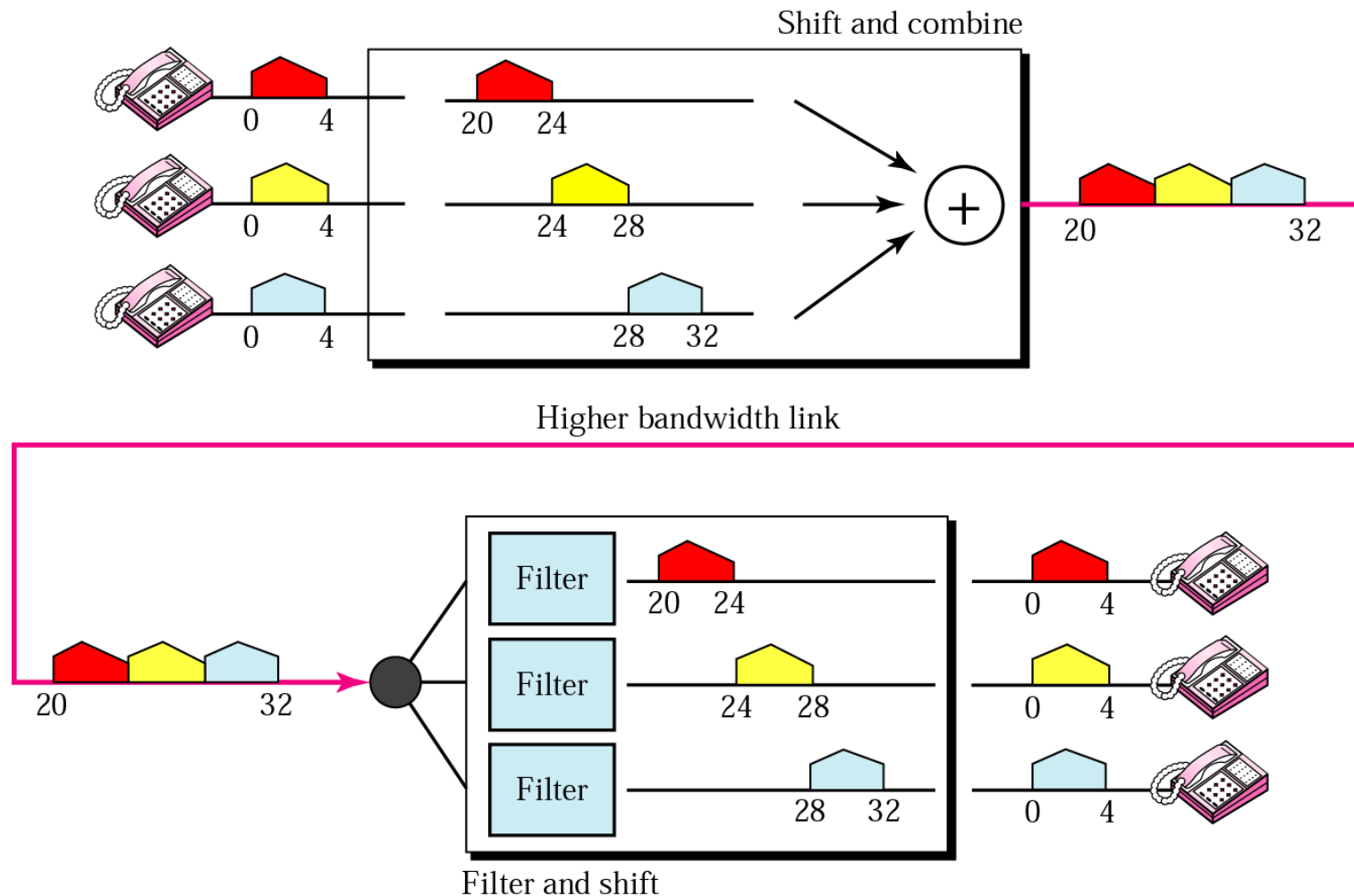
$$b(t) = \sin 2\pi f_c t$$



$$x(t) = m(t) \cdot b(t)$$

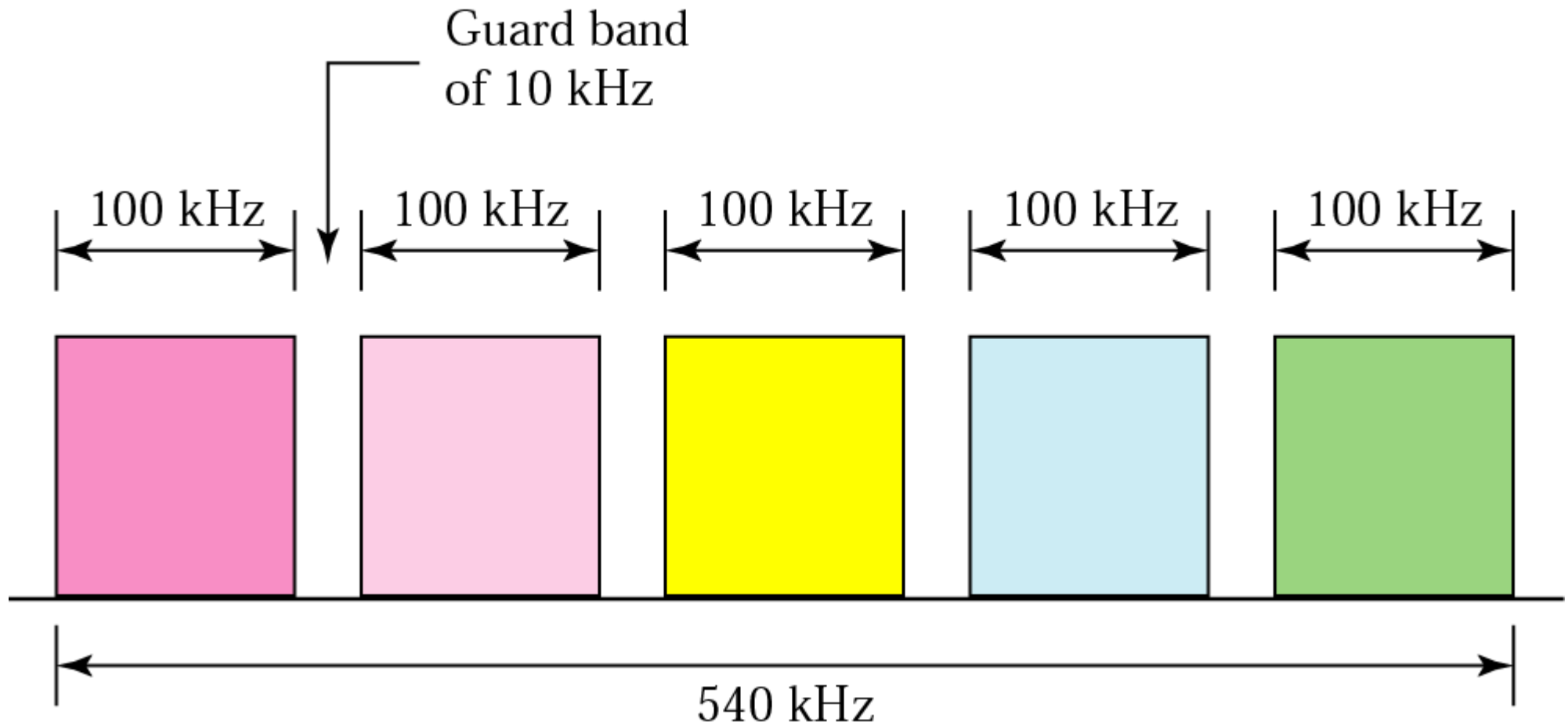
# Multiplexing FDM

- Exempel: Multiplexering av 3 talsignaler (4 kHz bandbredd)  
(3 olika modulationsfrekvenser,  $f_c = 20, 24$  och  $28$  kHz)



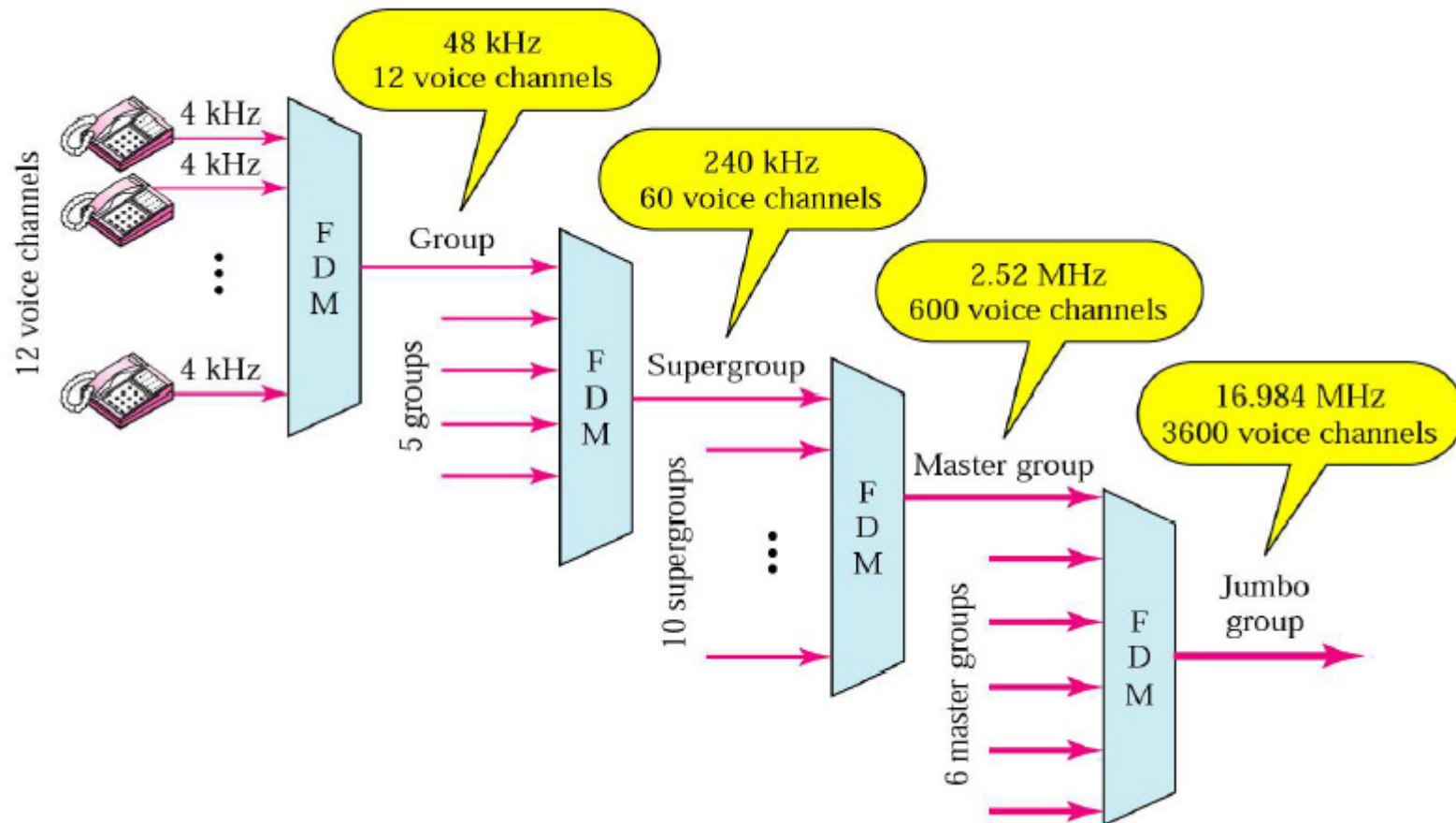
# Multiplexering, FDM

- Exempel: Multiplexering av 5 signaler (bandbredd 100 kHz) med "lucka" (guard band) på 10 kHz



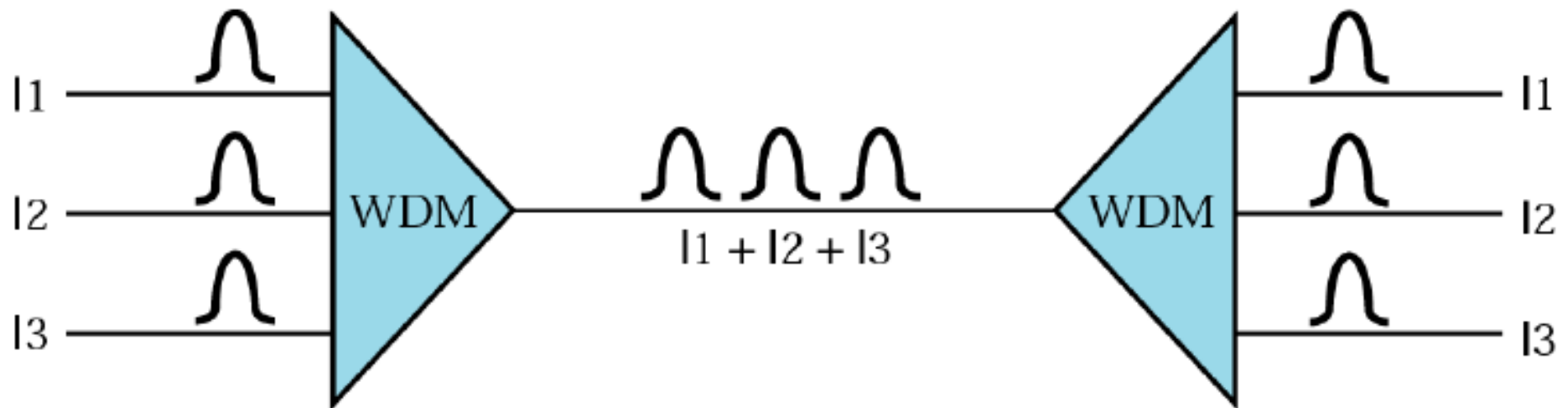
# Multiplexing, FDM

- Analog hierarki



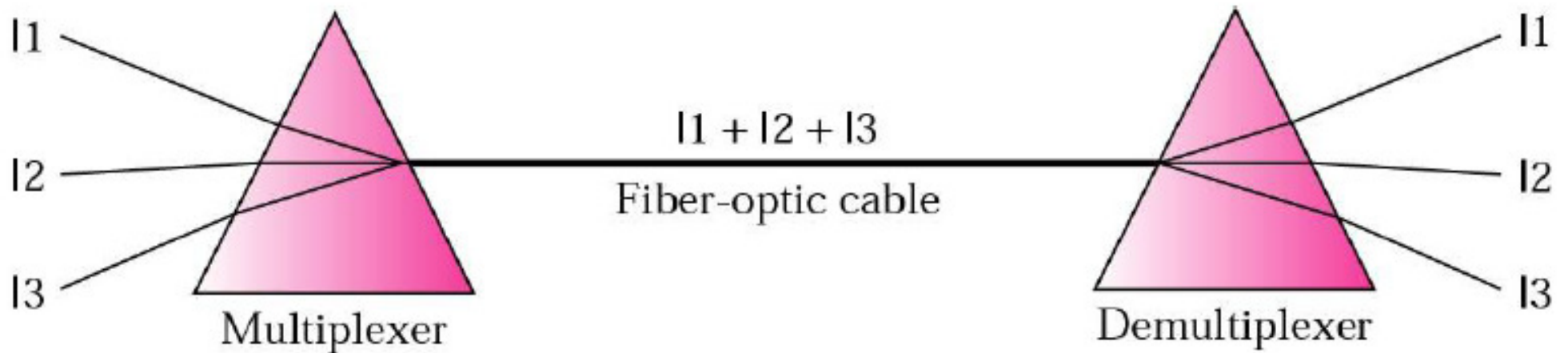
# Multiplexing, WDM

- I princip samma som FDM fast för ljus i optiska fibrer (höga frekvenser)



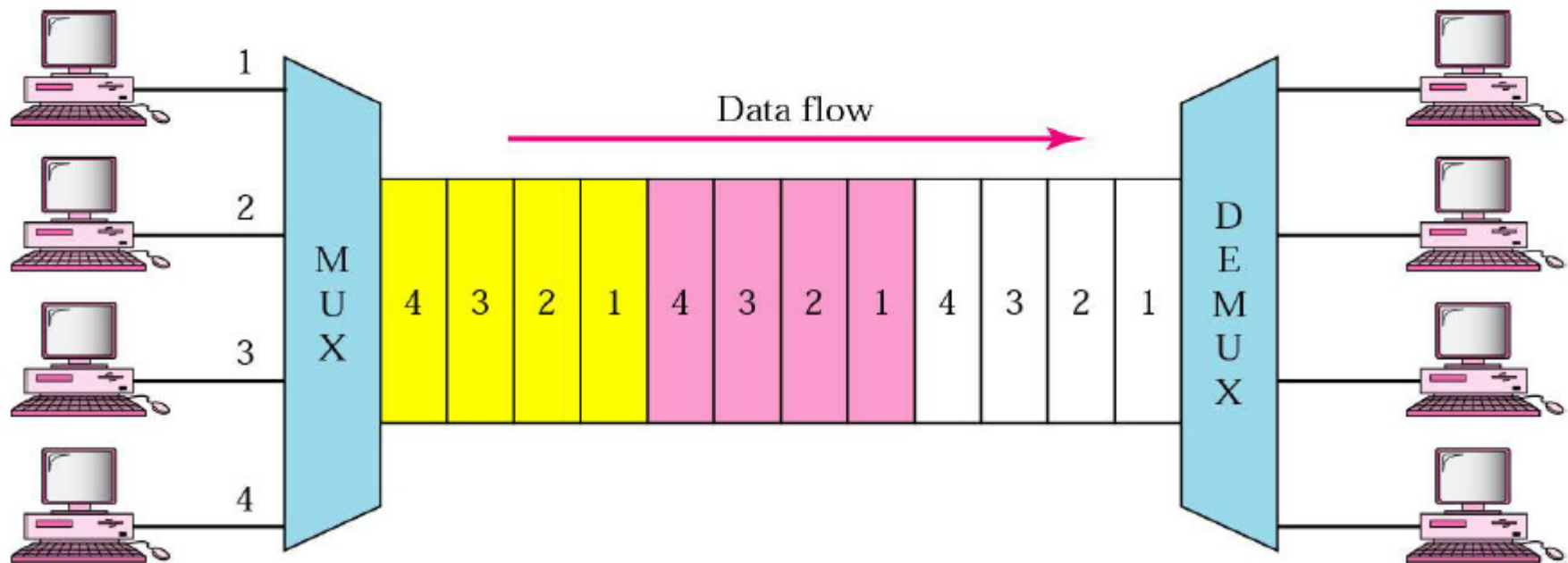
# Multiplexing, WDM

- Användning av prismor för WDM



# Multiplexing, TDM

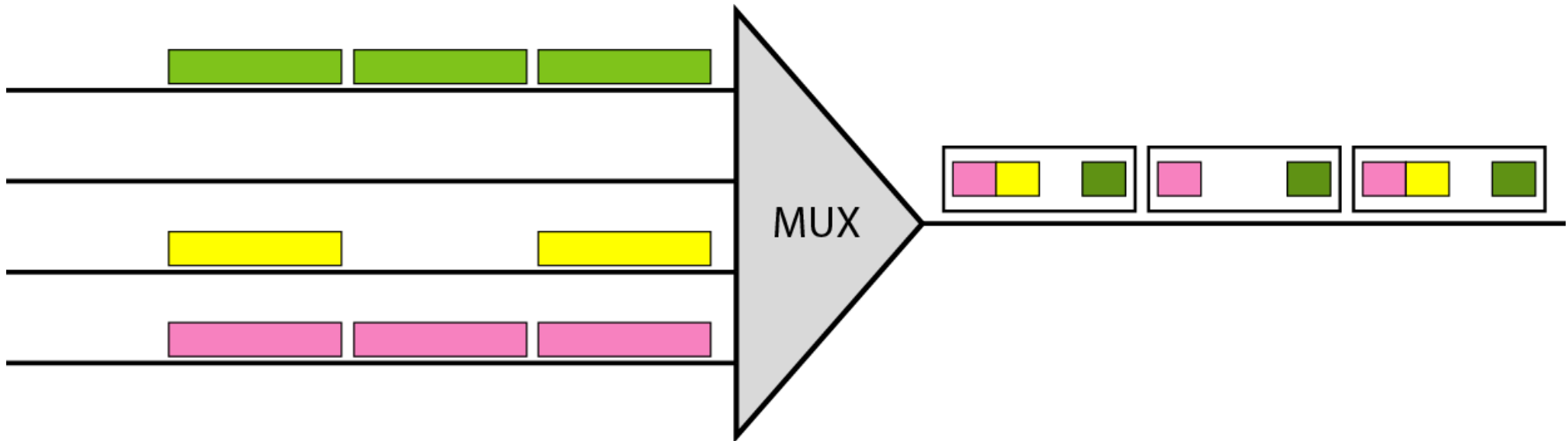
- Time-Division Multiplexing (TDM) kombinerar flera digitala signaler så att de skickas tillsammans i snabb takt





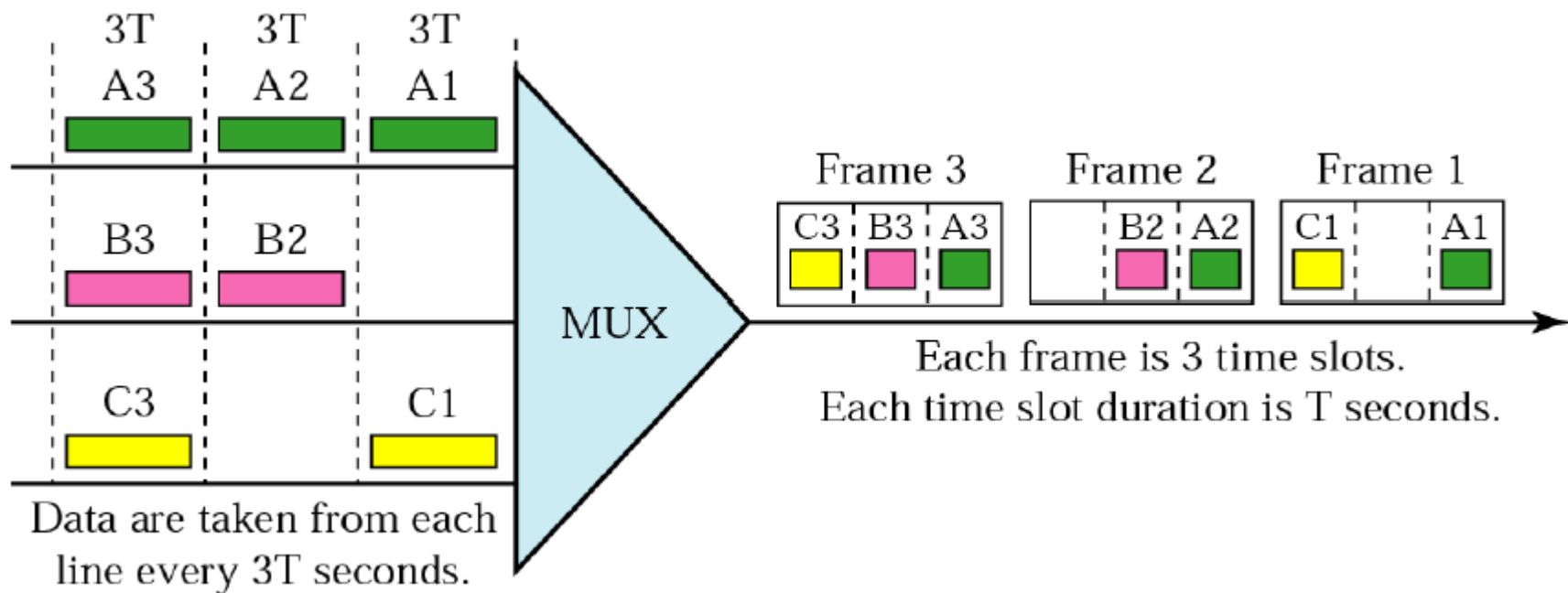
# Multiplexering, TDM

- Vissa positioner måste ibland lämnas tomma i en utgående ram beroende på indata



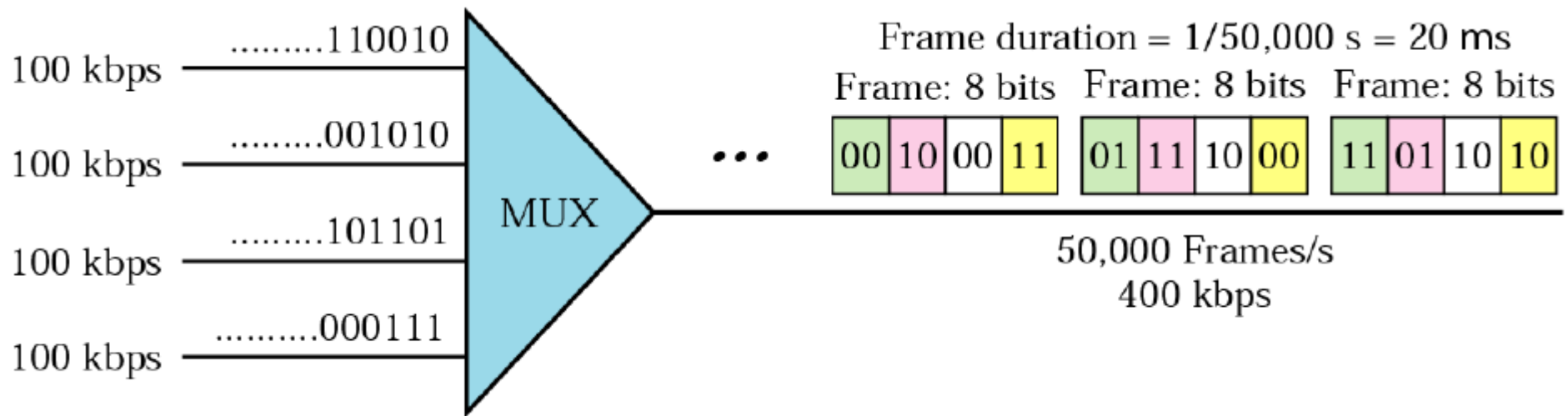
# Multiplexing, TDM

- Varje "tvärsnitt" skickas som en ram över länken fast  $N$  ggr så snabbt



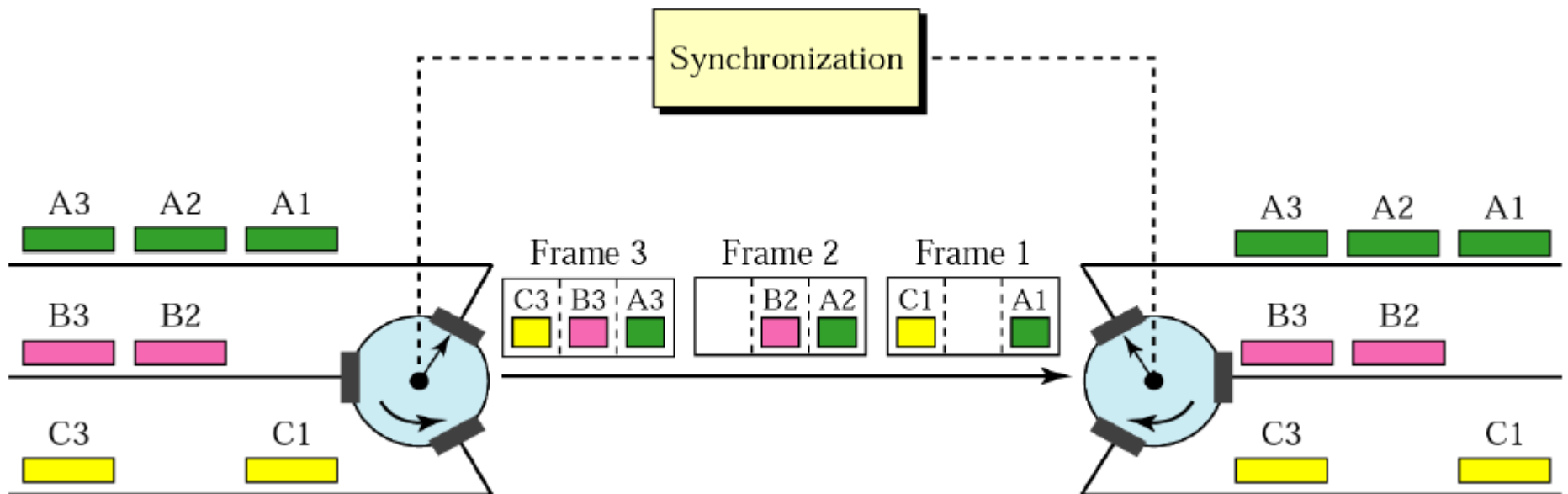
# Multiplexering, TDM

- Exempel: 4 st 100 kbps multiplexeras med 2 bitar per tidslucka. Bithastigheten på länken blir 400 kbps.



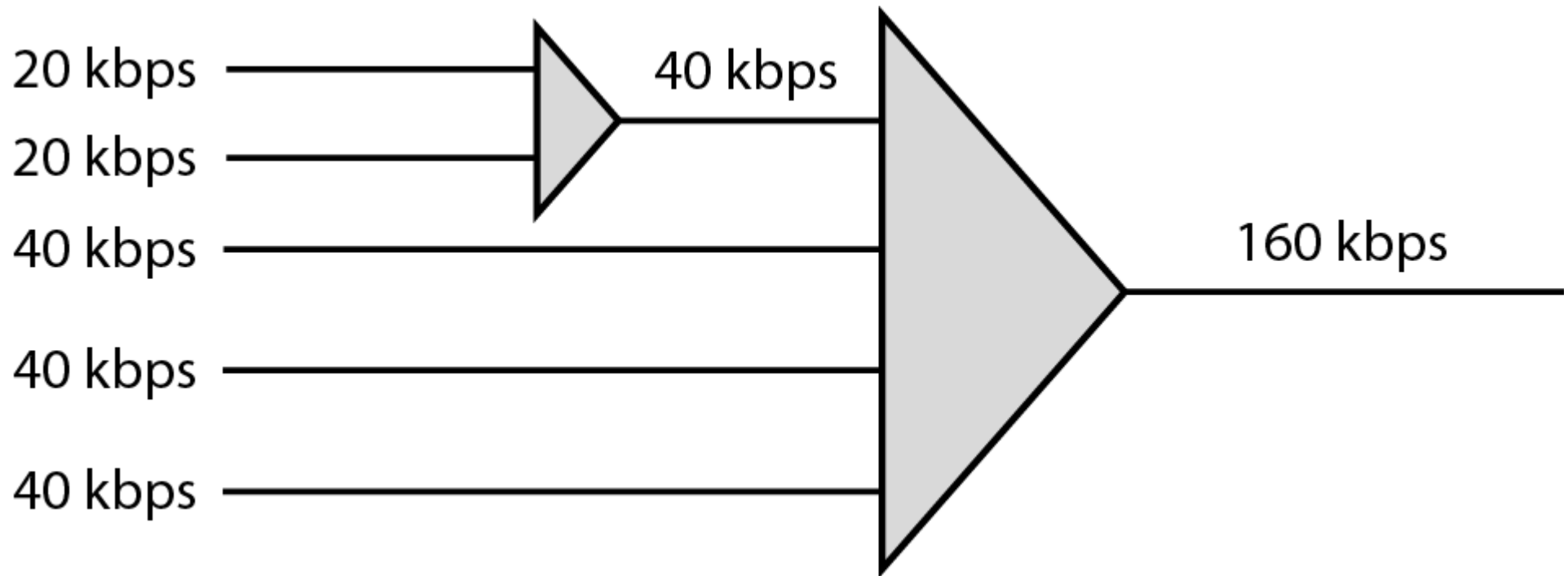
# Multiplexing, TDM

- Interleaving med synkronisering



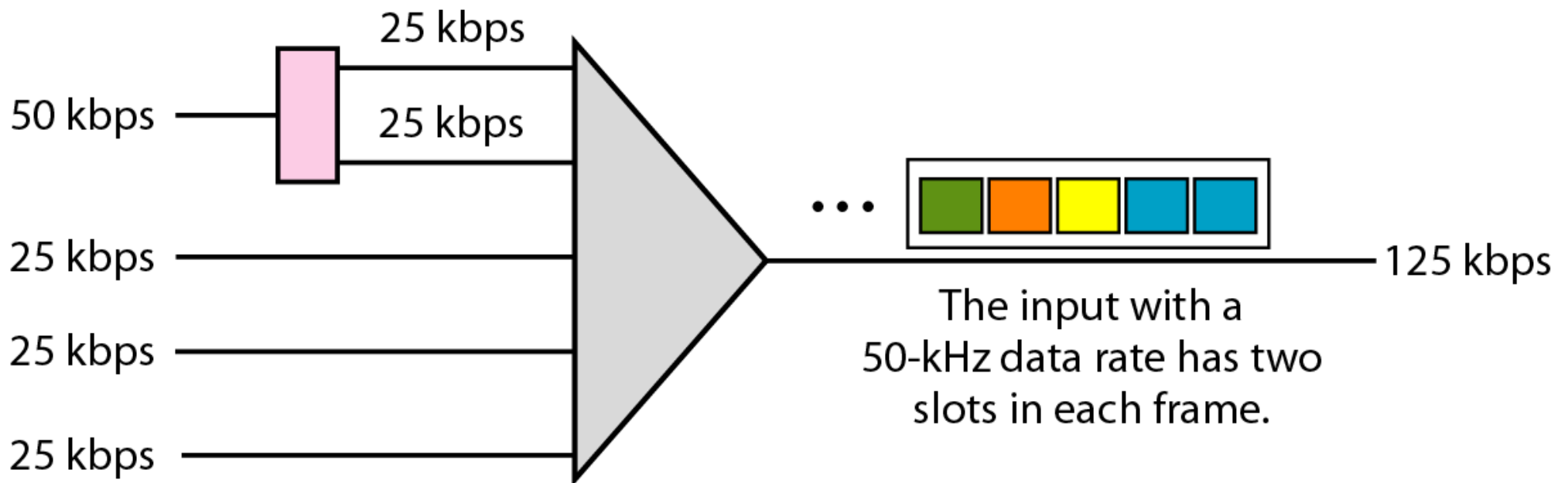
# Multiplexering, TDM

- Exempel på flernivå-multiplexering



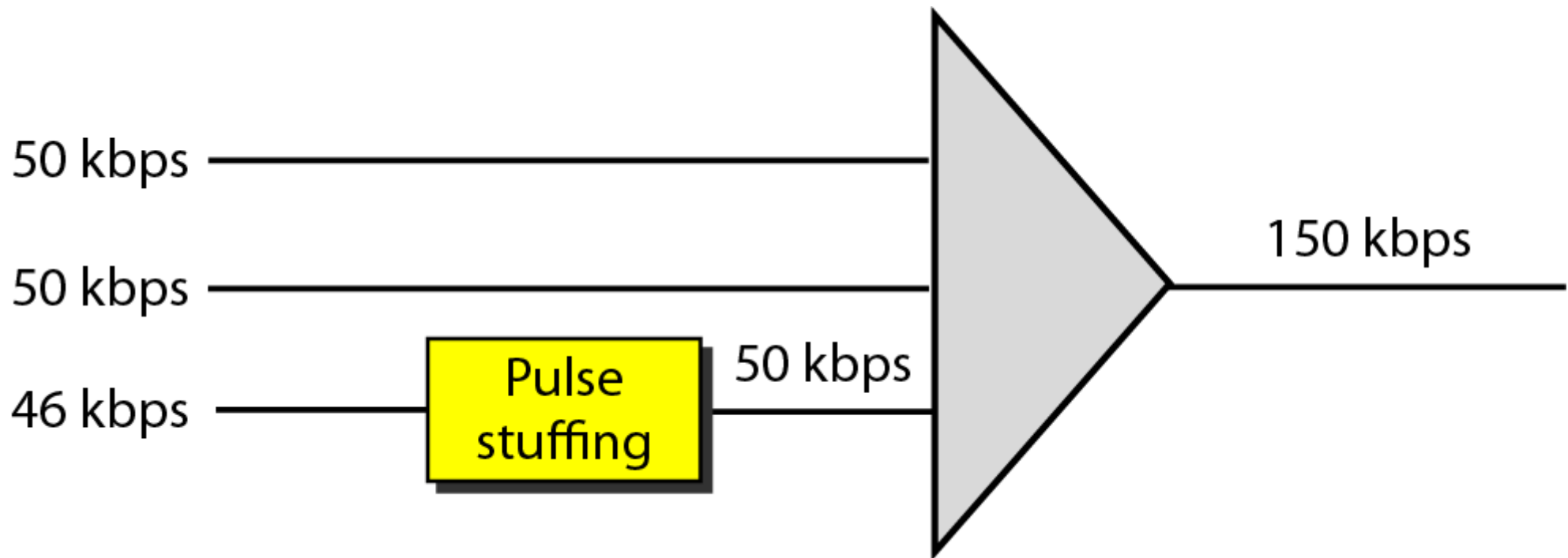
# Multiplexing, TDM

- Exempel på flerfacks-multiplexering (multiple-slot multiplexing)



# Multiplexering, TDM

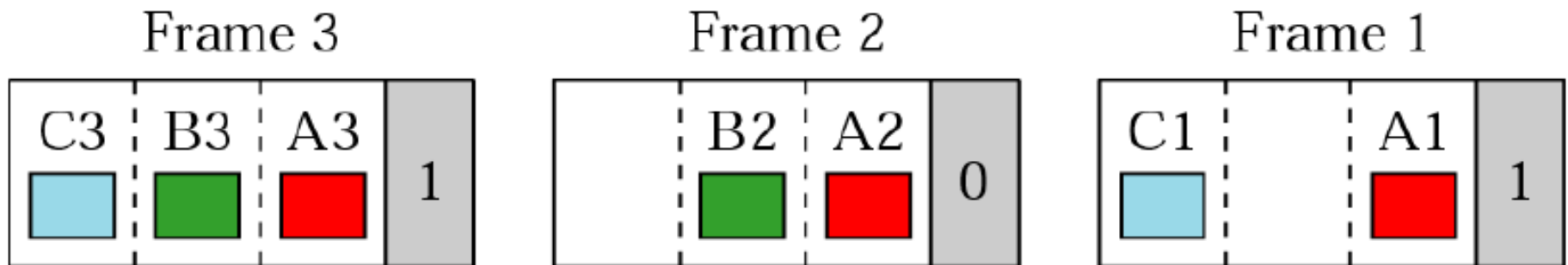
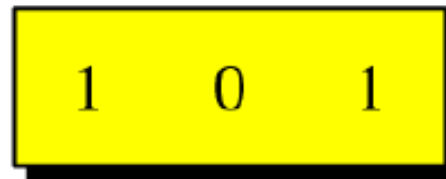
- Exempel på utfyllnad vid multiplexering (pulse stuffing, bit stuffing, bit padding)



# Multiplexering, TDM

- Synkronisering med rambitar (frame bits)  
Oftast bara enkelt alternerande mellan 0 och 1

Synchronization pattern





# Multiplexering, TDM

Exempel: 4 st strömmar med vardera 250 bytes/s multiplexeras på byte-nivå till en ström med en synkroniseringsbit i varje ram.

1. Vad blir den total bithastigheten i varje inström?
2. Vad är tiden för varje byte i en inström?
3. Vad blir ramtakten?
4. Vad är tiden för varje ram?
5. Hur många bitar ingår i varje ram?
6. Vilken bithastighet har den utgående strömmen?

# Multiplexering, TDM

Ex.: 4 st strömmar med vardera 250 bytes/s multiplexeras på byte-nivå till en ström med en synkroniseringsbit i varje ram.

1. Vad blir den total bithastigheten i varje inström?

$$250 \times 8 = 2 \text{ kbps}$$

2. Vad är tiden för varje byte i en inström?

$$1/250 = 0,004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$$

3. Vad blir ramtakten?

$$250 \text{ ramar per sekund}$$

4. Vad är tiden för varje ram?

$$4 \text{ ms}$$

5. Hur många bitar ingår i varje ram?

$$4 \times 8 + 1 = 33 \text{ bitar per ram}$$

6. Vilken bithastighet har den utgående strömmen?

$$250 \times 33 = 8250 \text{ bps}$$

# Multiplexering, TDM

- Bitpadding: Om två dataströmmar med olika bithastigheter ska slås ihop måste ibland någon dataström fyllas ut med bitar för att det ska "gå jämnt upp"

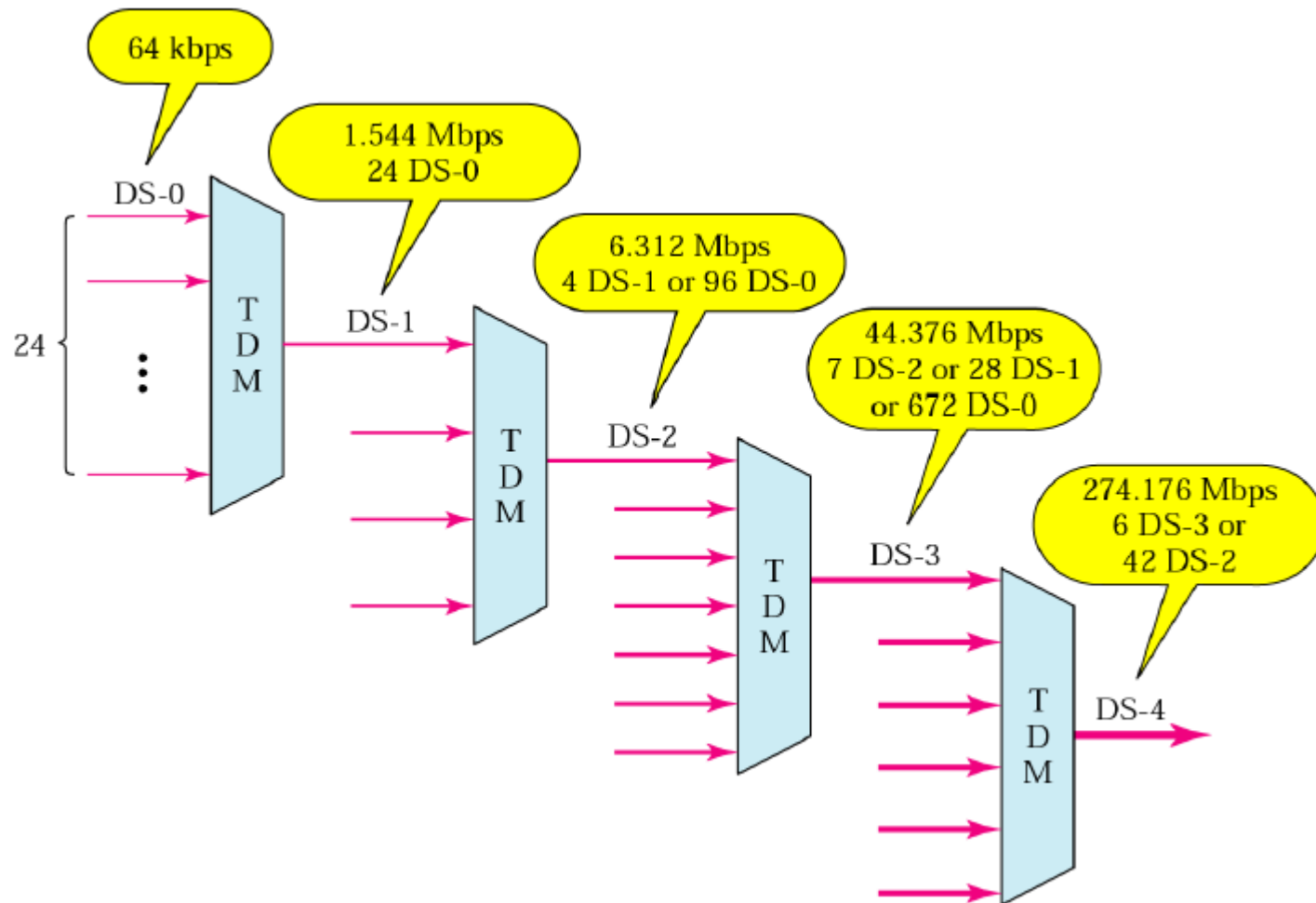
Exempel: Två dataströmmar med 100 kbps resp. 250 kbps ska multiplexeras. Hur ska detta göras och vad blir ramtakten respektive utströmmens bithastighet?

Med bitpadding används ramar med  $1+3=4$  bitar i. Detta innebär 50 kbps av "extrabit". Ramtakten blir 100 000 ramar/s och utgående dataström får bithastigheten  $4 \cdot 100 = 400$  kbps.

Utgämningen kan ske t.ex. på 2 ramar = 2 + 5 bitar + 1 extrabit

# Multiplexing, TDM

- Hierarchical Digital Signal (DS) Service



# Multiplexering, TDM

- Overhead på olika nivåer i DS-hierarkin:
  - DS-1:  $1544 - 24 \cdot 64 = 8$  kbps
  - DS-2:  $6312 - 4 \cdot 1544 = 136$  kbps  
Total overhead:  $136 + 4 \cdot 8 = 168$  kbps
  - DS-3:  $44376 - 7 \cdot 6312 = 192$  kbps  
Total overhead:  $192 + 7 \cdot 168 = 1368$  kbps
  - DS-4:  $274176 - 6 \cdot 44376 = 7920$  kbps  
Total overhead:  $7920 + 6 \cdot 1368 = 16128$  kbps

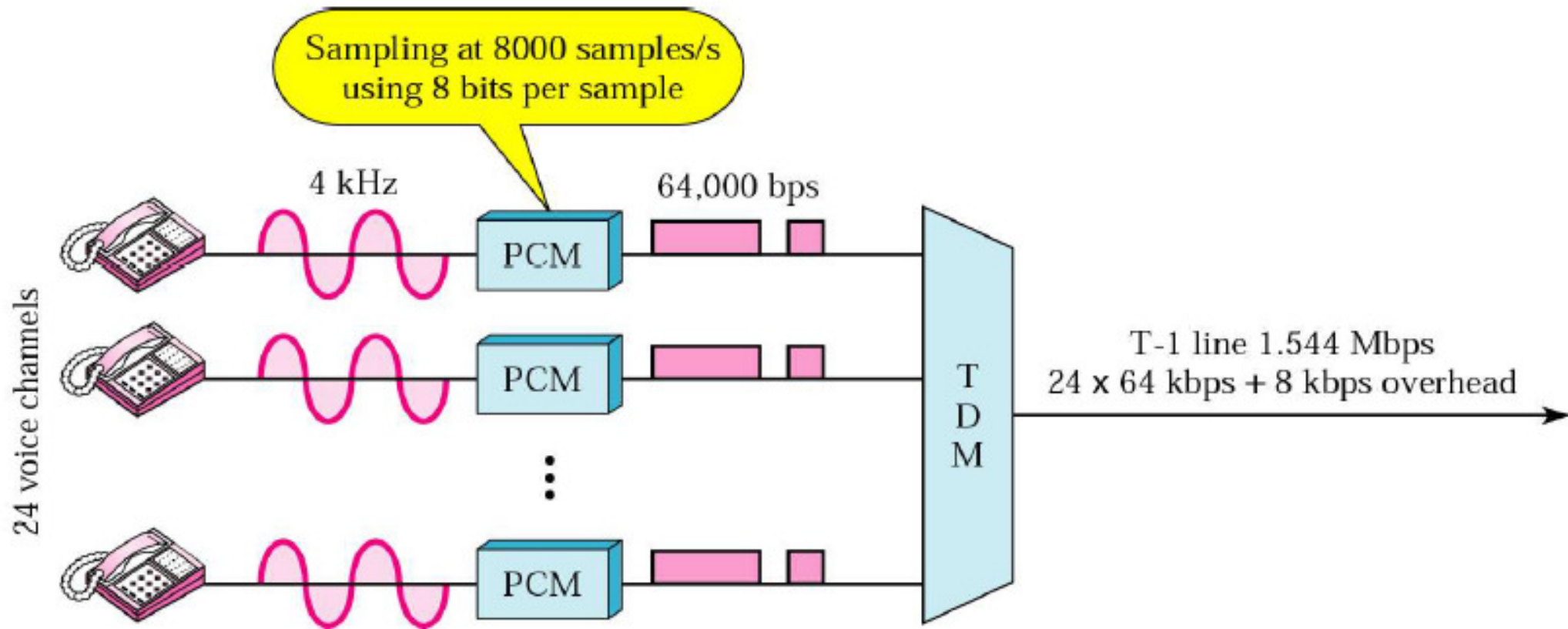
# Multiplexing, TDM

- Tabell över de olika servicenivåerna

Service	Line	Rate (Mbps)	Voice Channels
<b>DS-1</b>	T-1	1.544	24
<b>DS-2</b>	T-2	6.312	96
<b>DS-3</b>	T-3	44.736	672
<b>DS-4</b>	T-4	274.176	4032

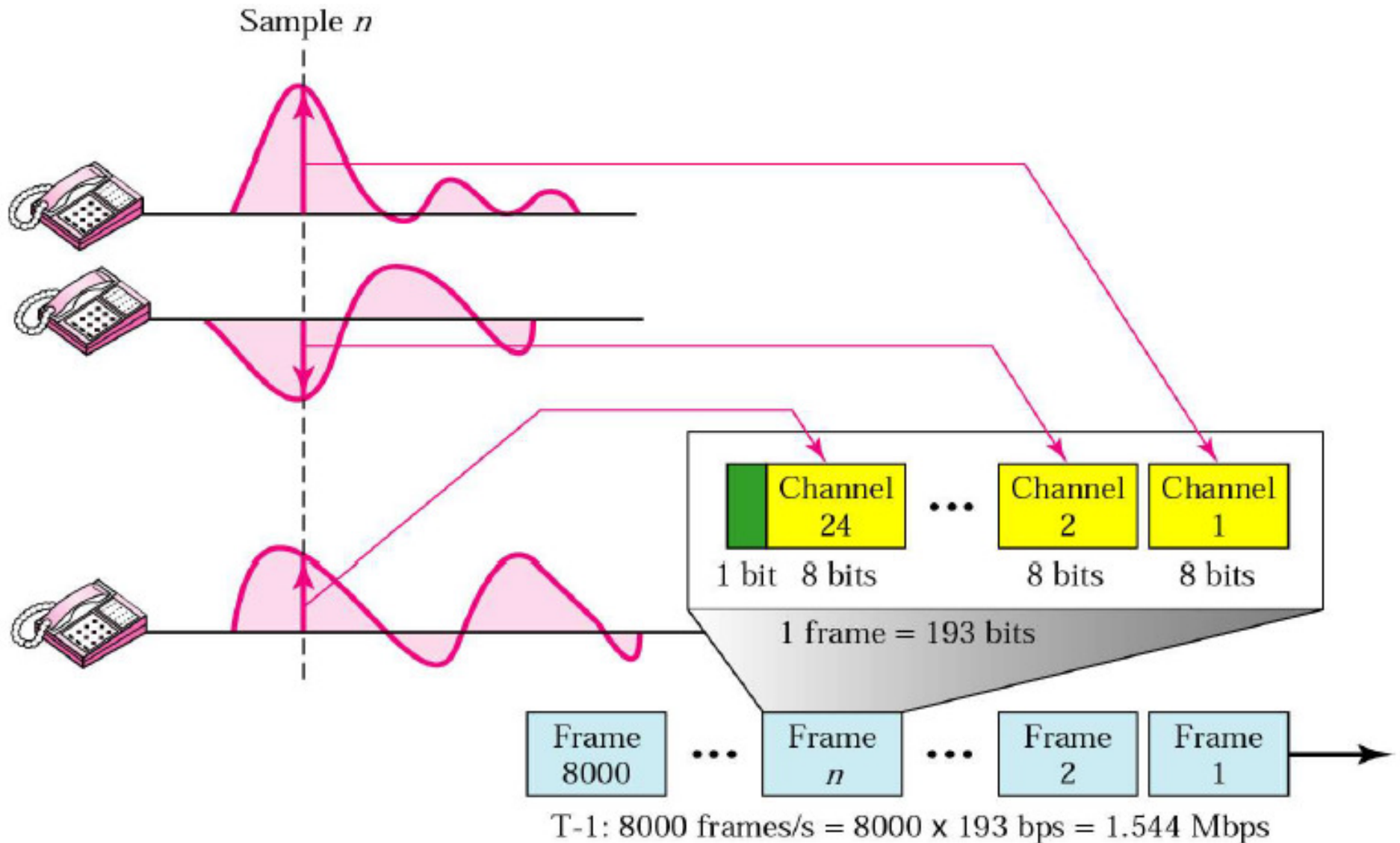
# Multiplexing, TDM

- T1-linens multiplexering



# Multiplexering, TDM

- Uppbyggnaden av en T1-ram





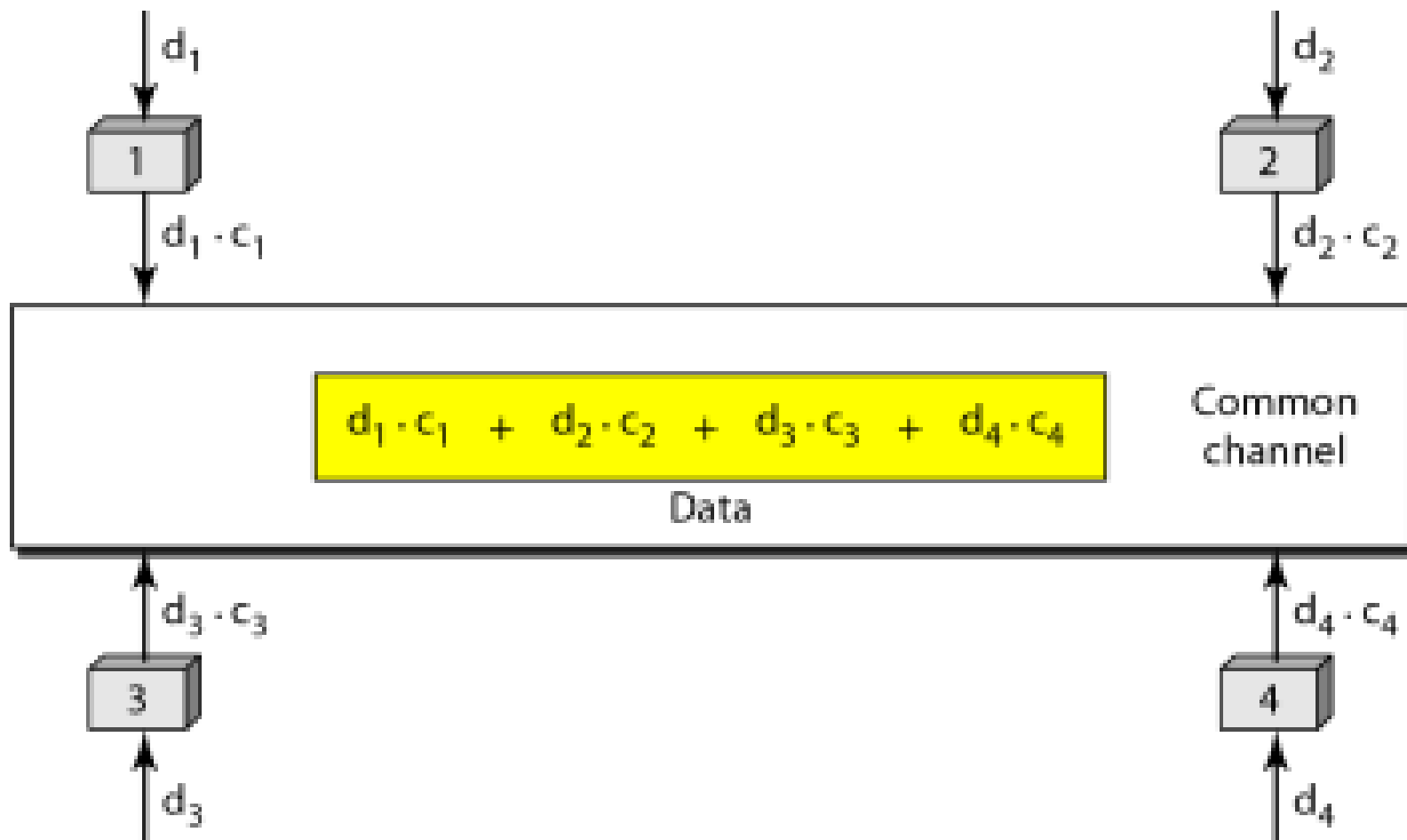
# Multiplexing, TDM

- Europeiska varianter

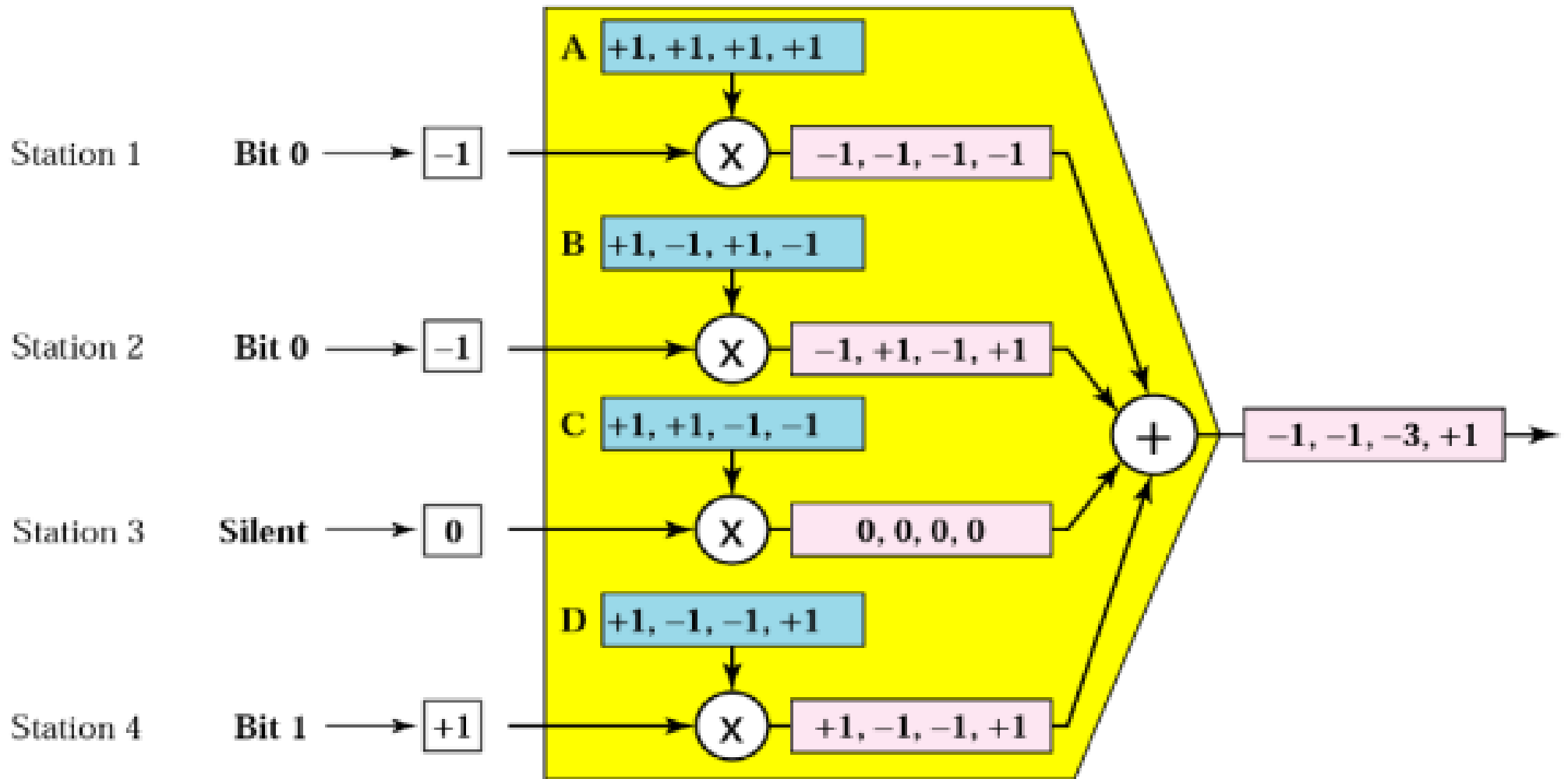
<b>E Line</b>	<b>Rate (Mbps)</b>	<b>Voice Channels</b>
<b>E-1</b>	<b>2.048</b>	<b>30</b>
<b>E-2</b>	<b>8.448</b>	<b>120</b>
<b>E-3</b>	<b>34.368</b>	<b>480</b>
<b>E-4</b>	<b>139.264</b>	<b>1920</b>

# Multiplexering, CDM

- Varje sändare har en vektor  $c_i$  som är ortogonal mot alla andra sändares vektorer:  
Om  $i \neq j$  så är  $c_i \cdot c_j = 0$   
Dessutom gäller  $c_i \cdot c_i = 1$
- Data som ska skickas av sändare  $i$  kallas  $d_i$

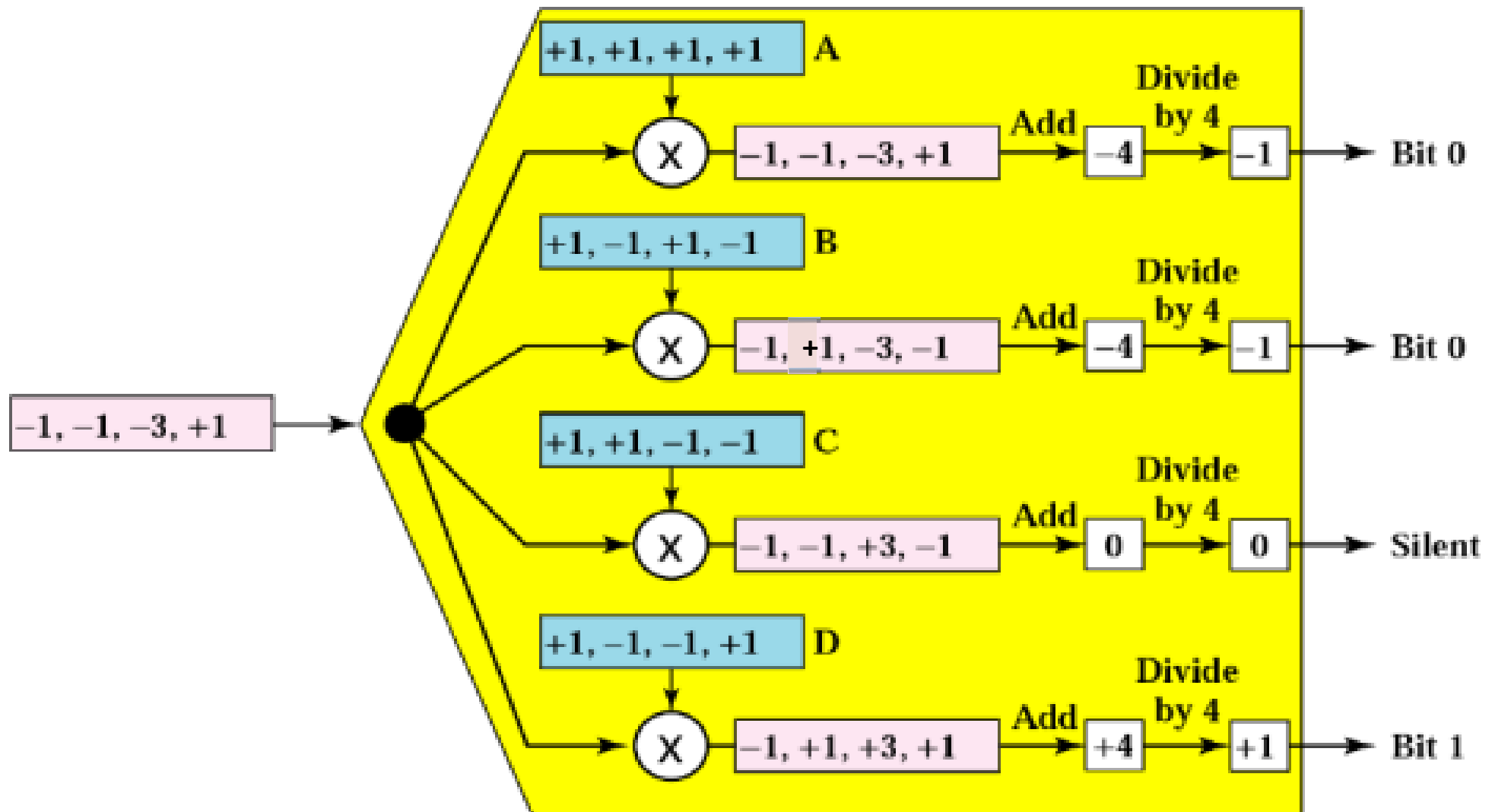


# Multiplexing, CDM



# Multiplexering, CDM

- Avkodning av signalen



# Multiplexing, CDM

- Raderna i en Walsh-matris är ortogonala mot varandra

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix} \qquad W_{2N} = \begin{bmatrix} W_N & W_N \\ W_N & \overline{W_N} \end{bmatrix}$$

a. Two basic rules

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix}$$

$$W_2 = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$W_4 = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & +1 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

b. Generation of  $W_1$ ,  $W_2$ , and  $W_4$