

Dator- och telekommunikation

(EITG01)

Höstterminen 2023

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

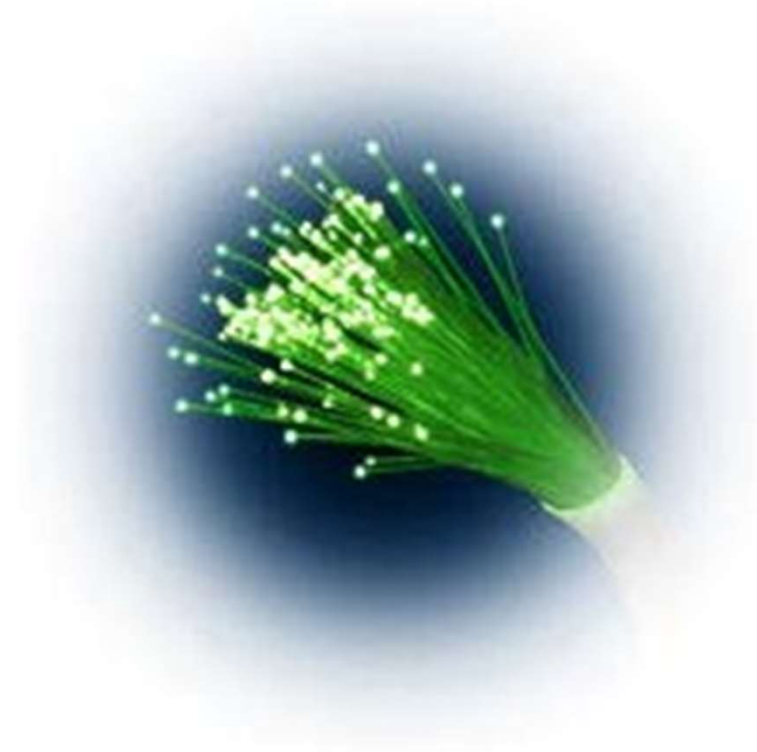
Radionät

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



Fasta nät

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



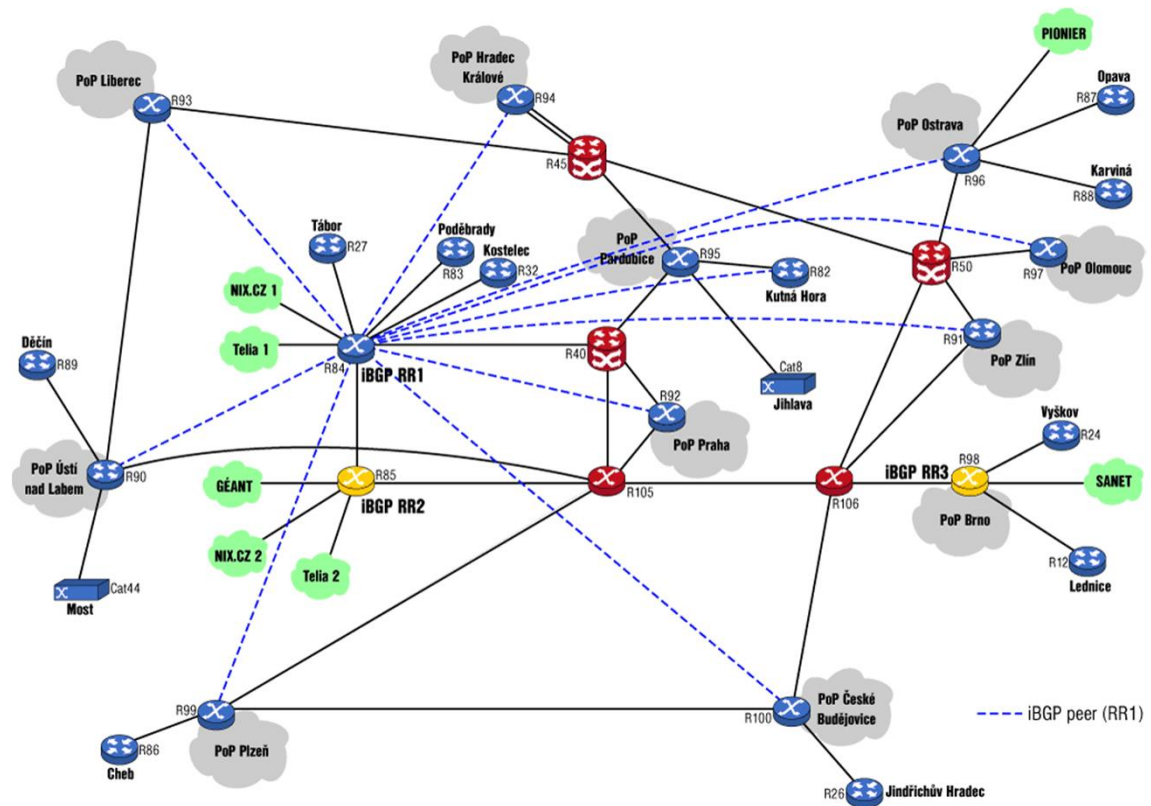
Kapacitet

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



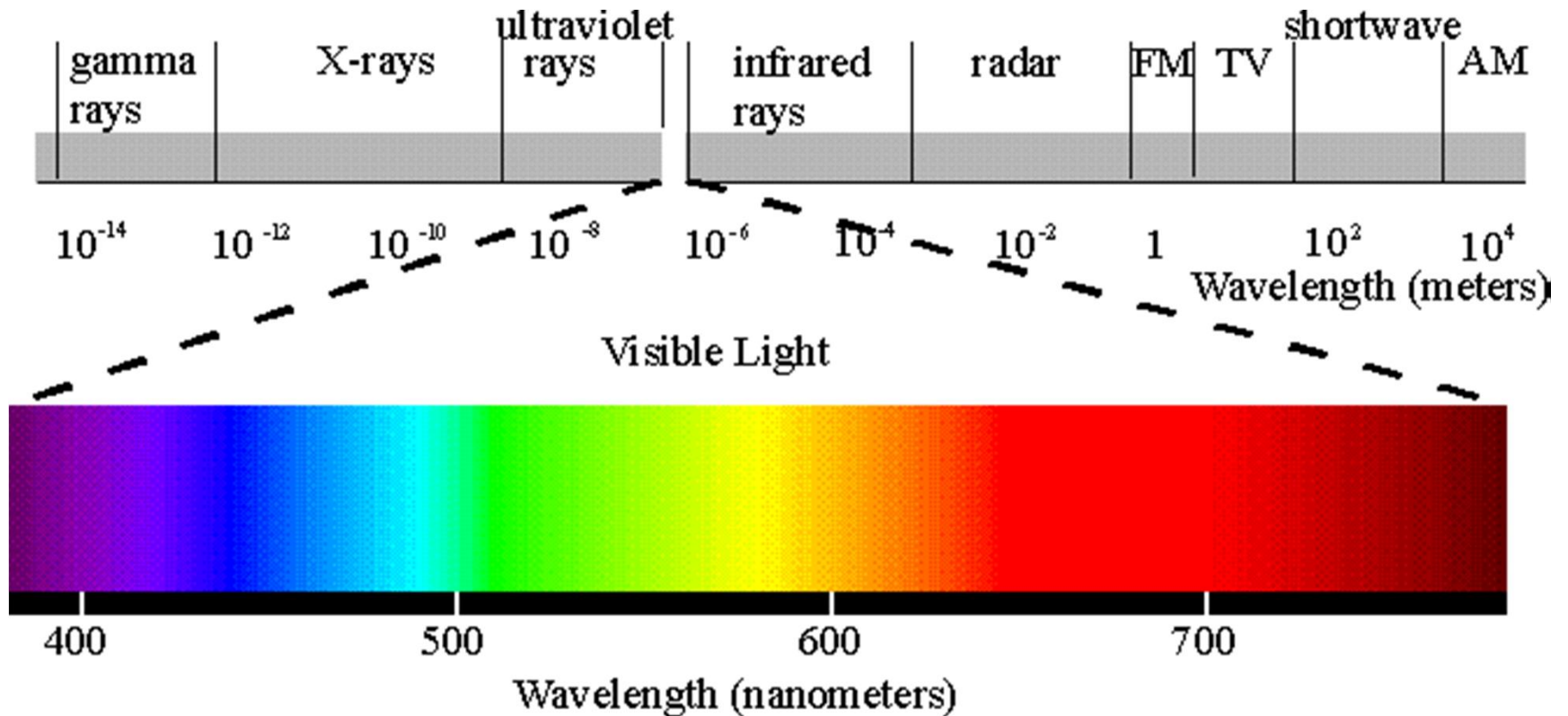
Routing

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



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

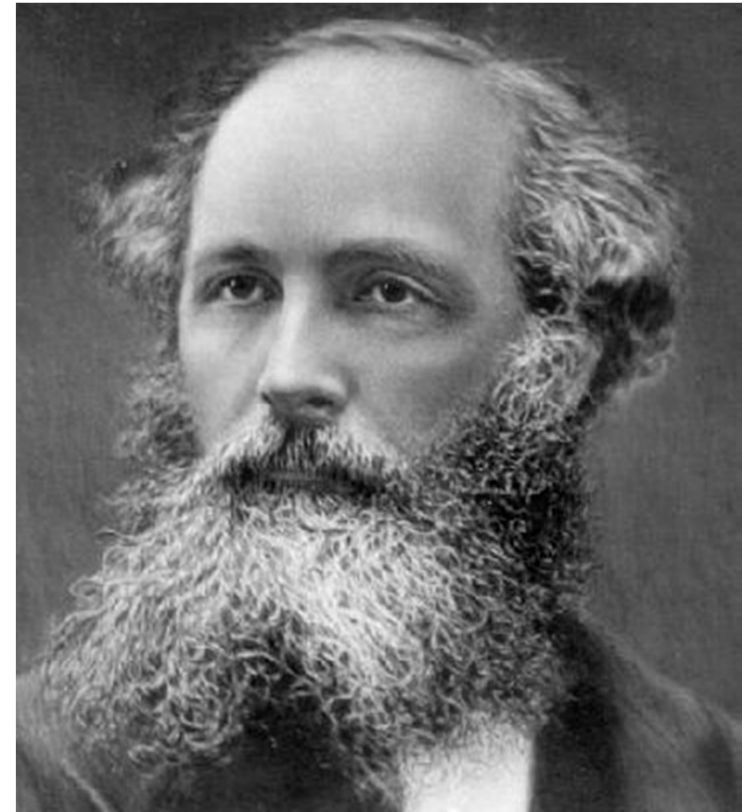
- Maxwells ekvationer:

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

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

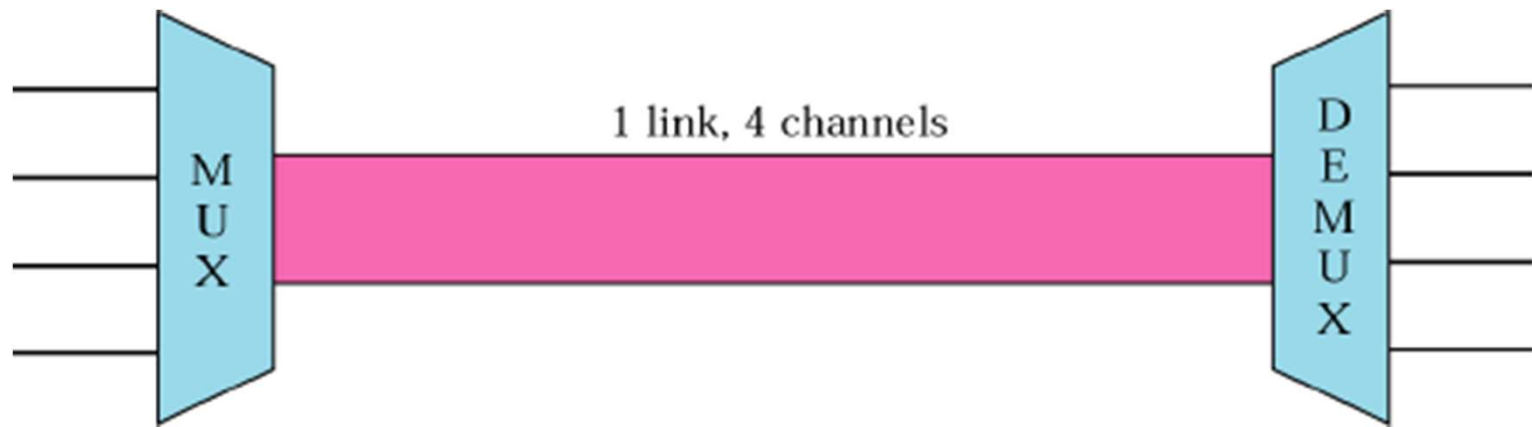
$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 4\pi\rho$$

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



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)

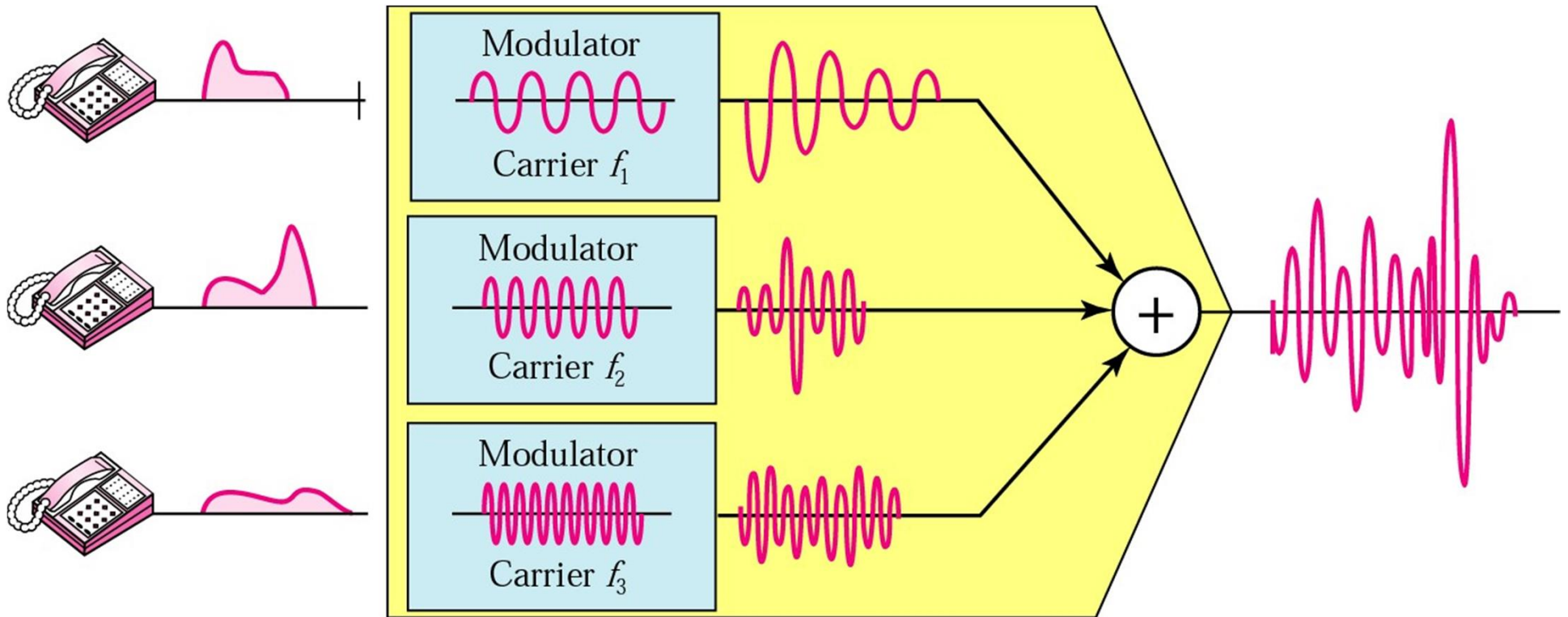
Multiplexering FDM

- Kombination av signaler med olika frekvens



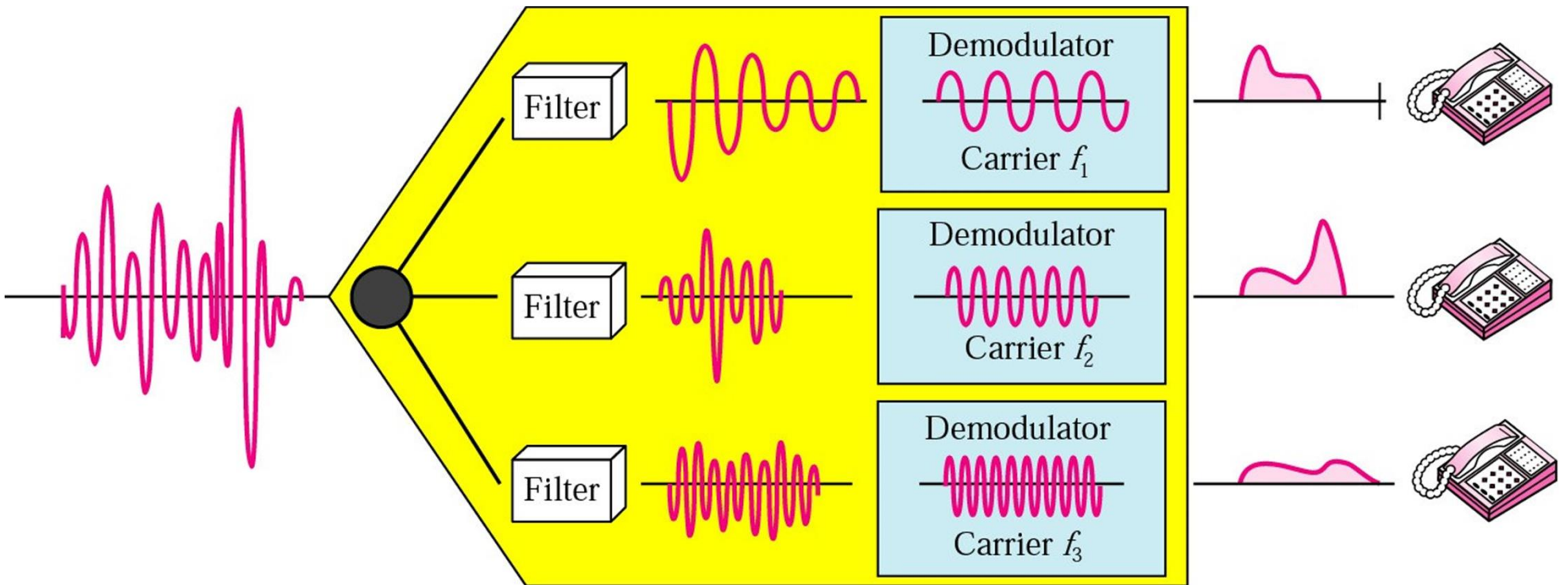
Multiplexering, FDM

- Modulering och summation



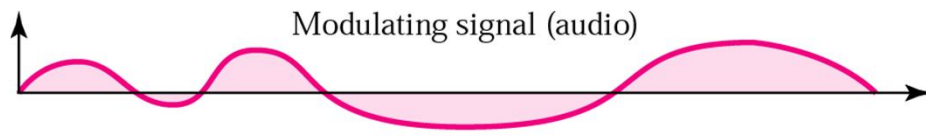
Multiplexering, FDM

- Filtrering och demodulering

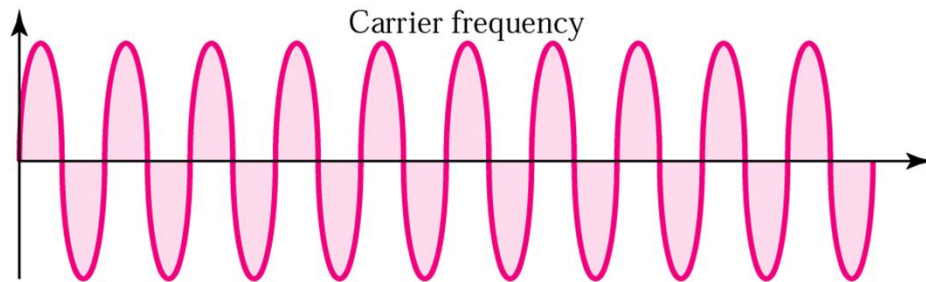


Multiplexering, FDM

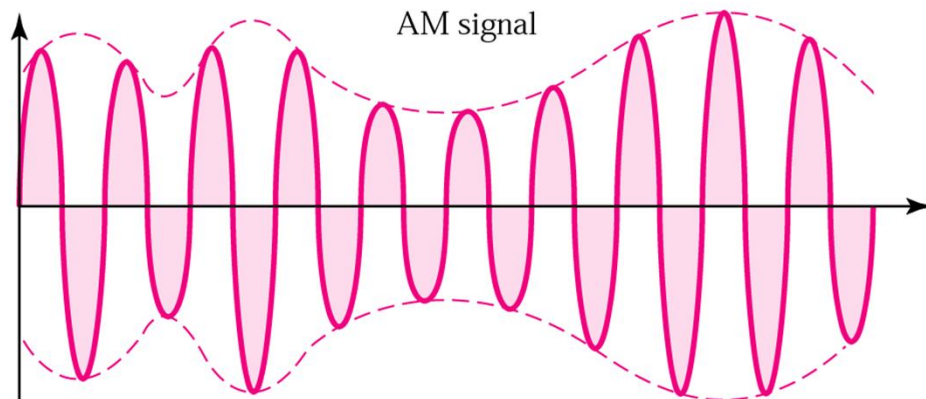
- Amplitudmodulering av en signal



$$m(t)$$



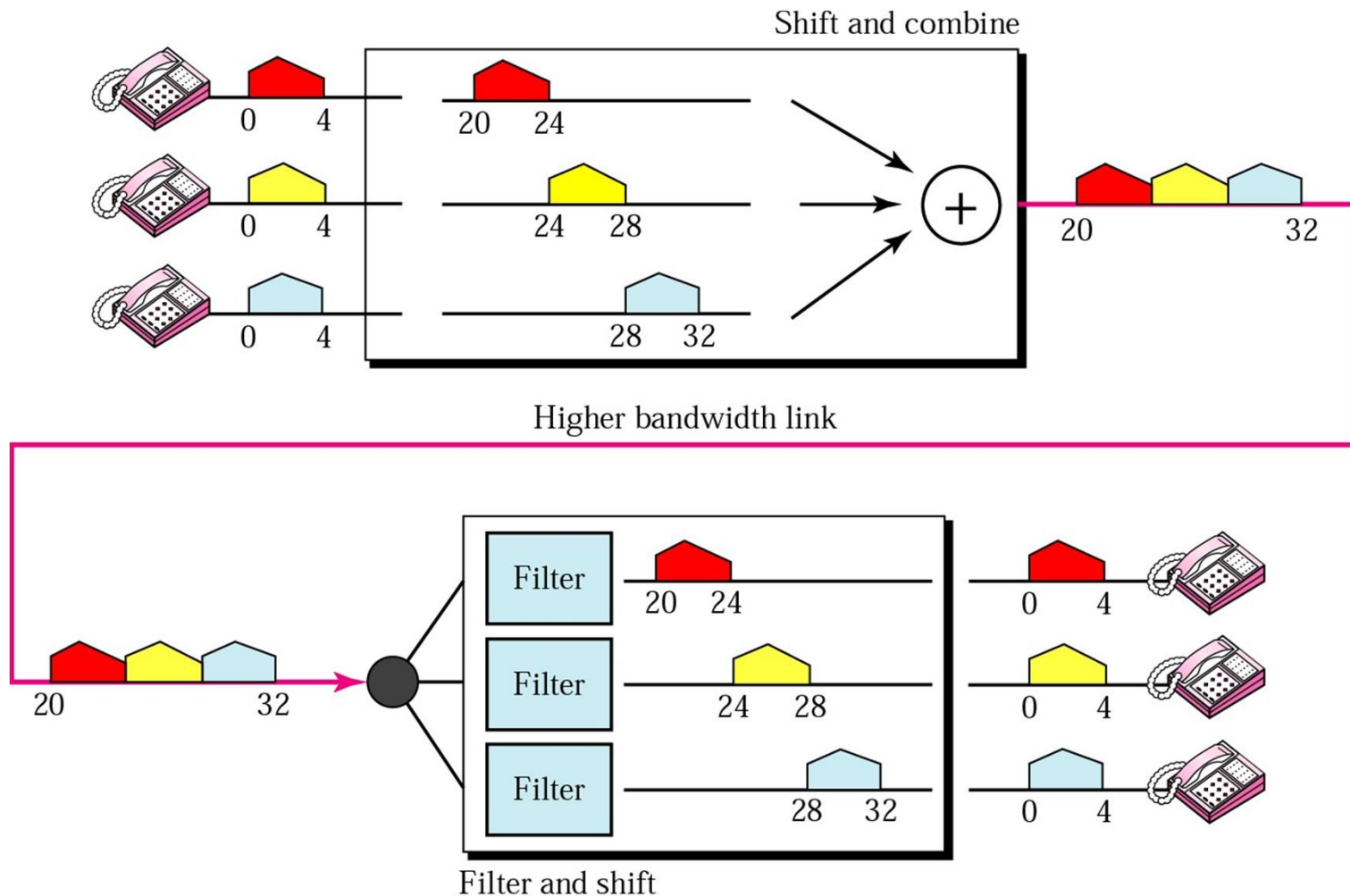
$$b(t) = \sin 2\pi f_c t$$



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

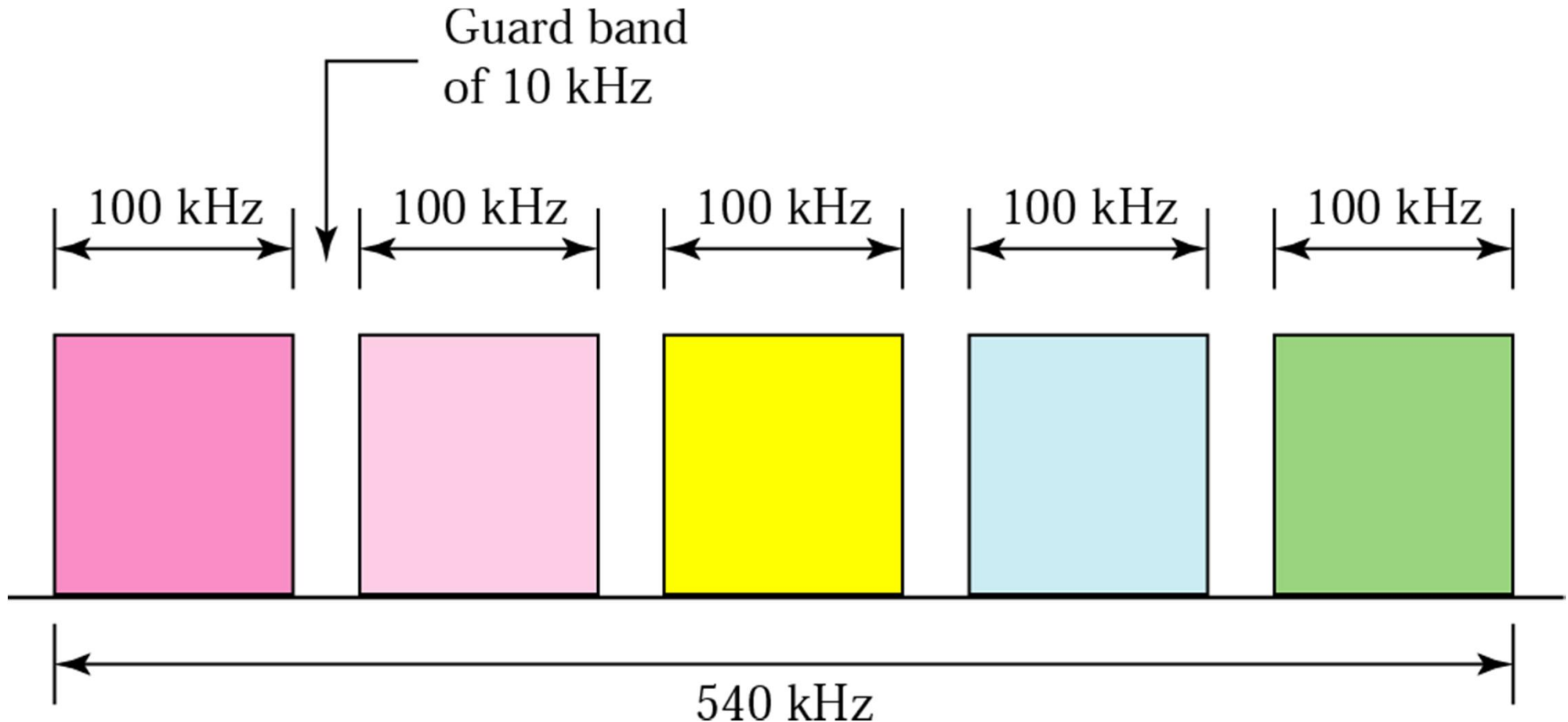
Multiplexering FDM

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



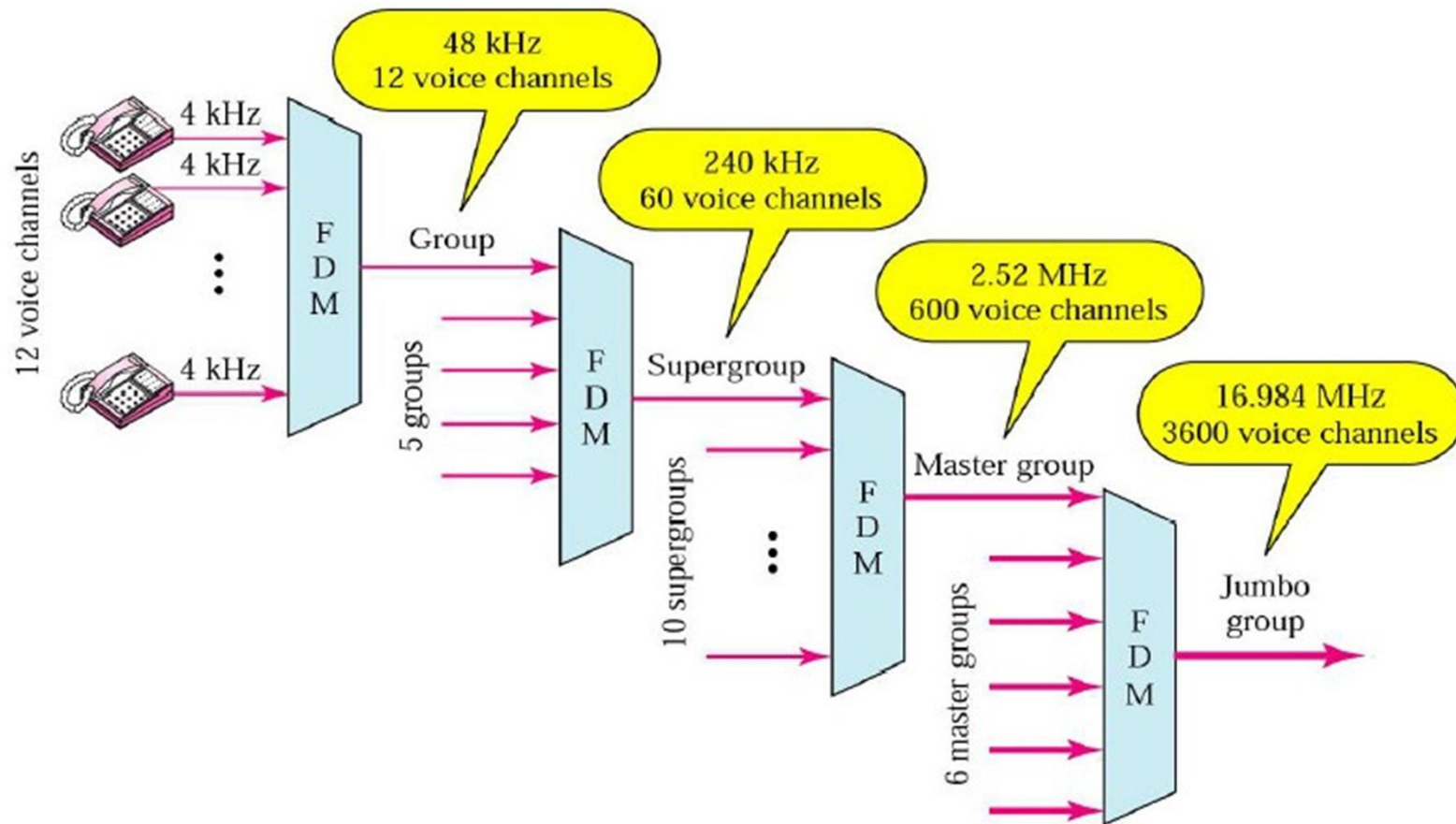
Multiplexering, FDM

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



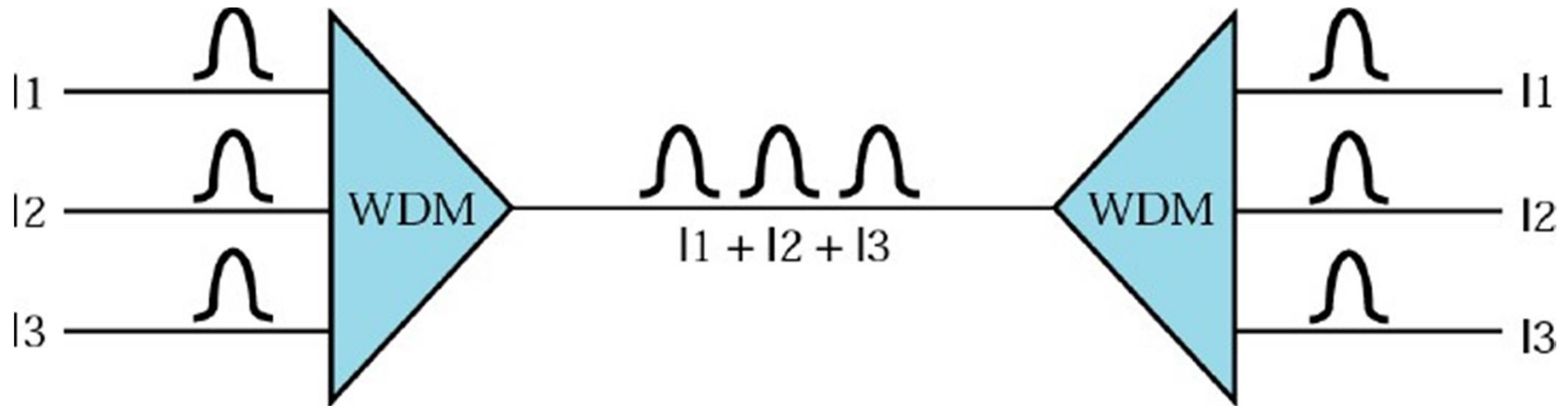
Multiplexing, FDM

- Analog hierarki



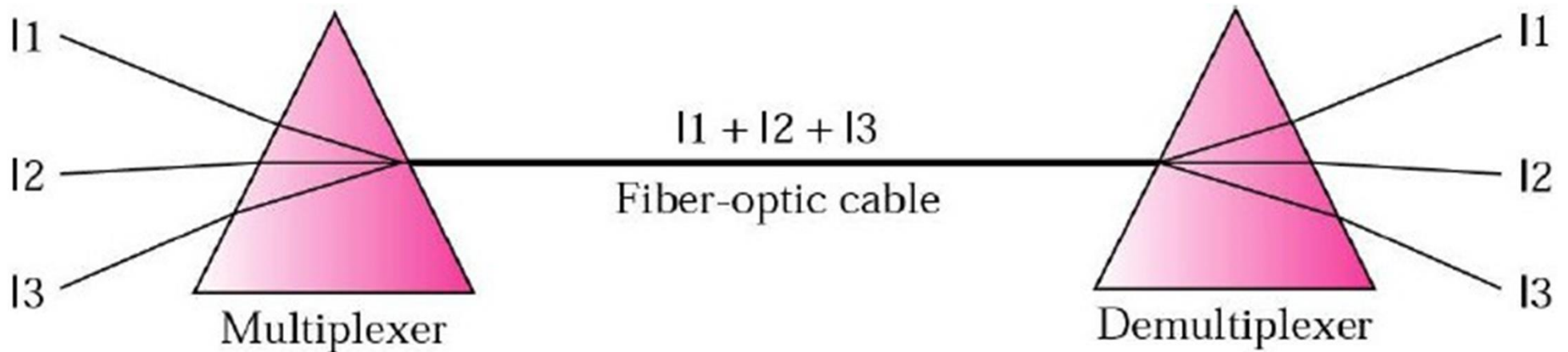
Multiplexing, WDM

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



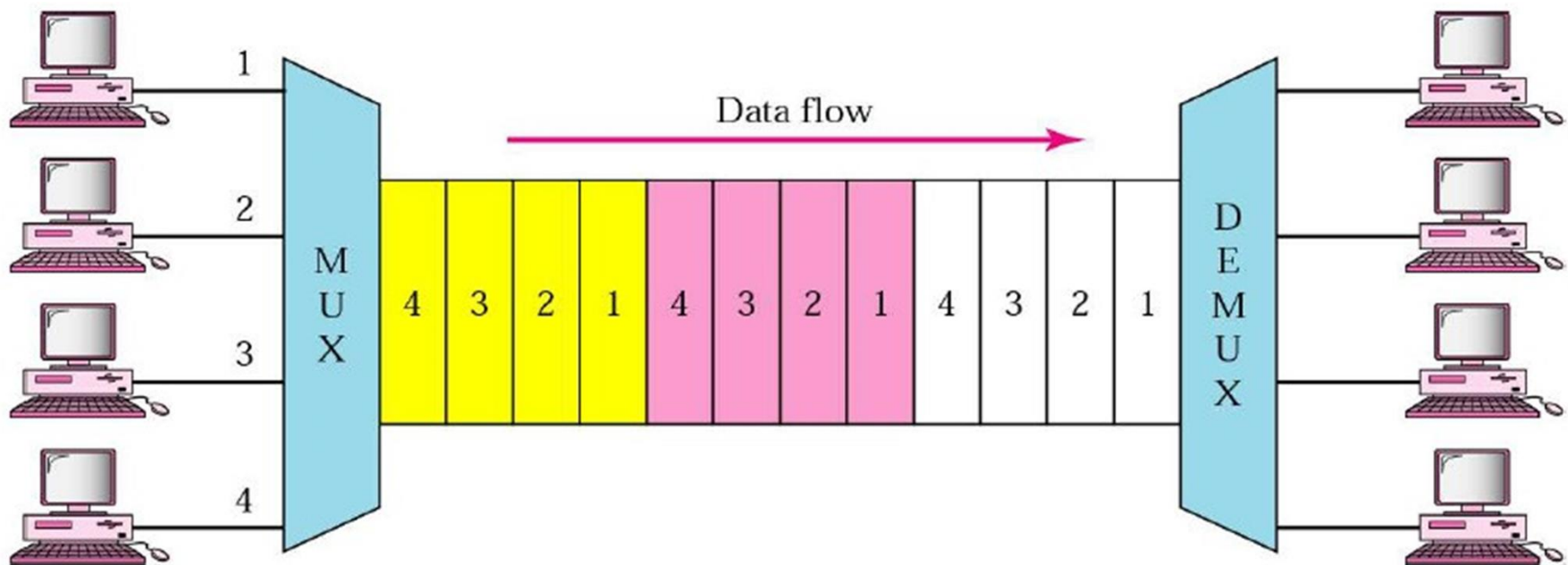
Multiplexing, WDM

- Användning av prismetor för WDM



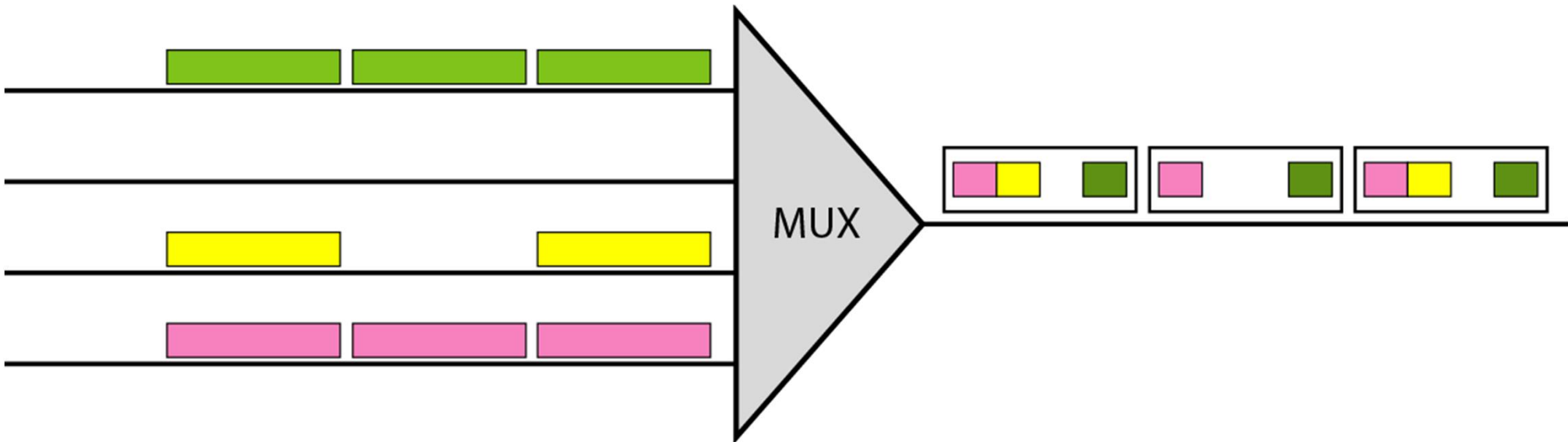
Multiplexing, TDM

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



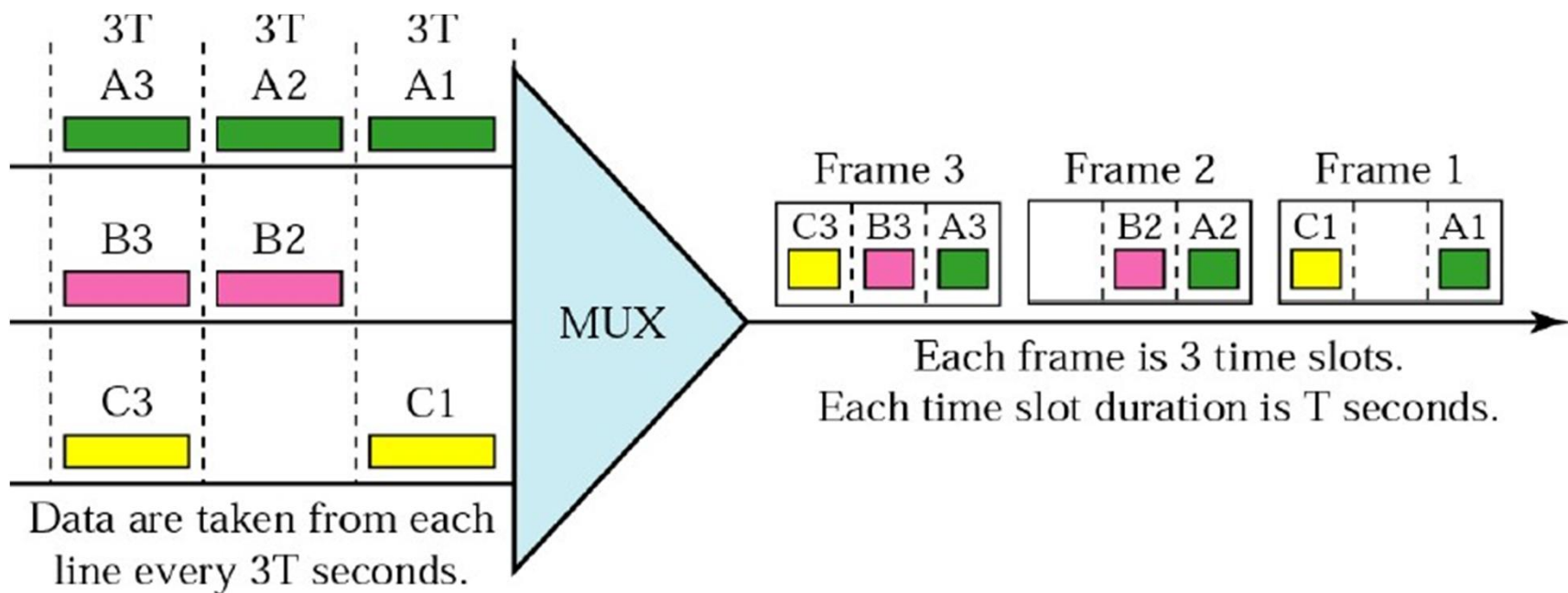
Multiplexering, TDM

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



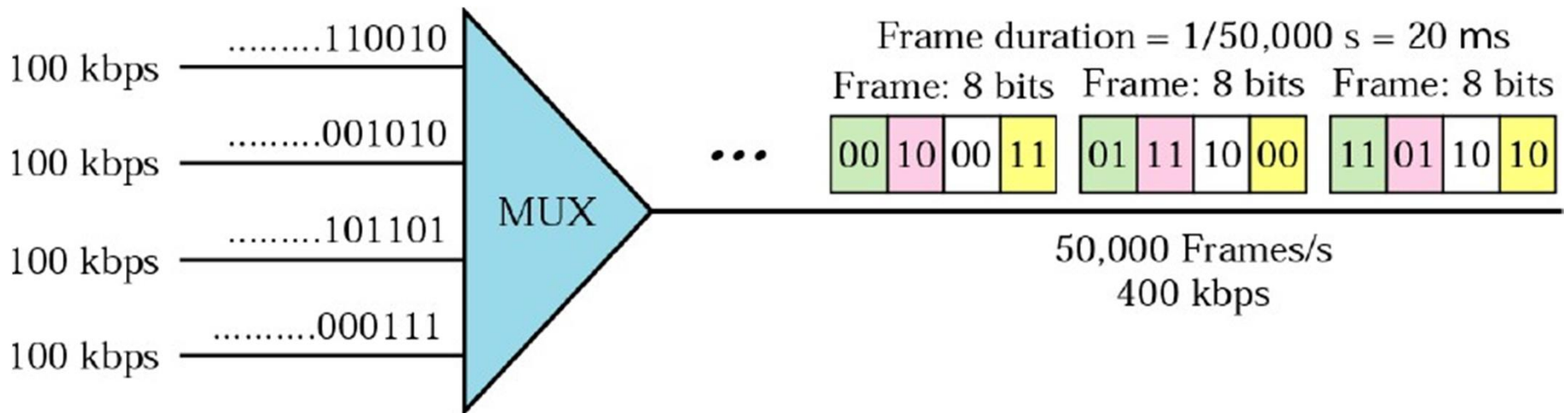
Multiplexing, TDM

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



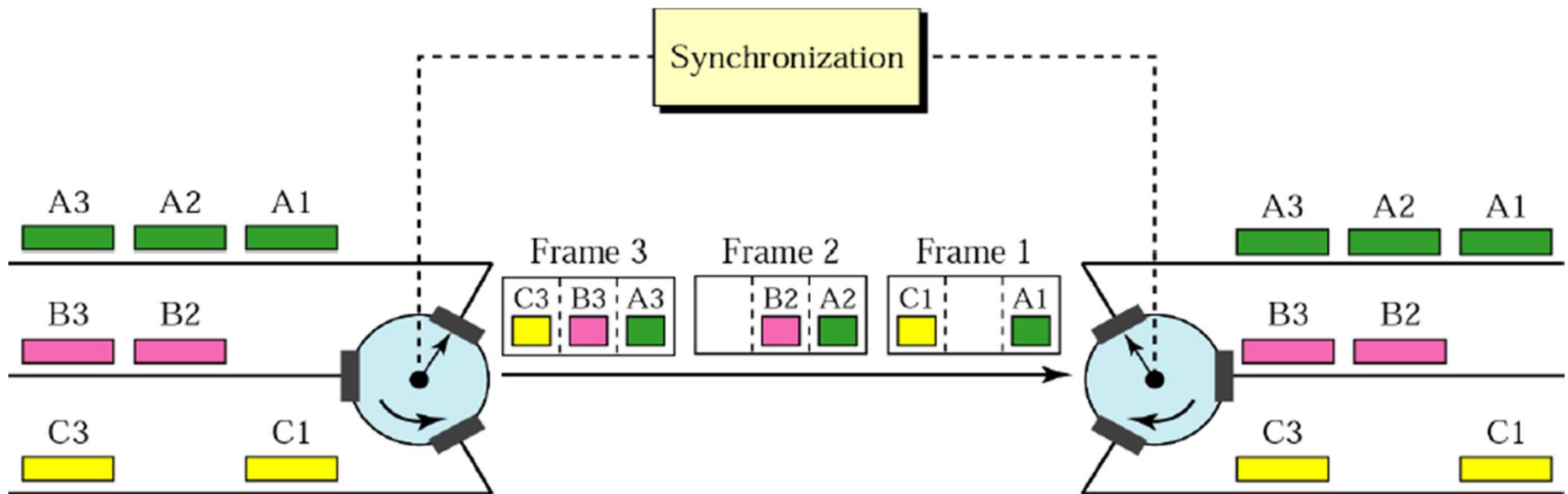
Multiplexering, TDM

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



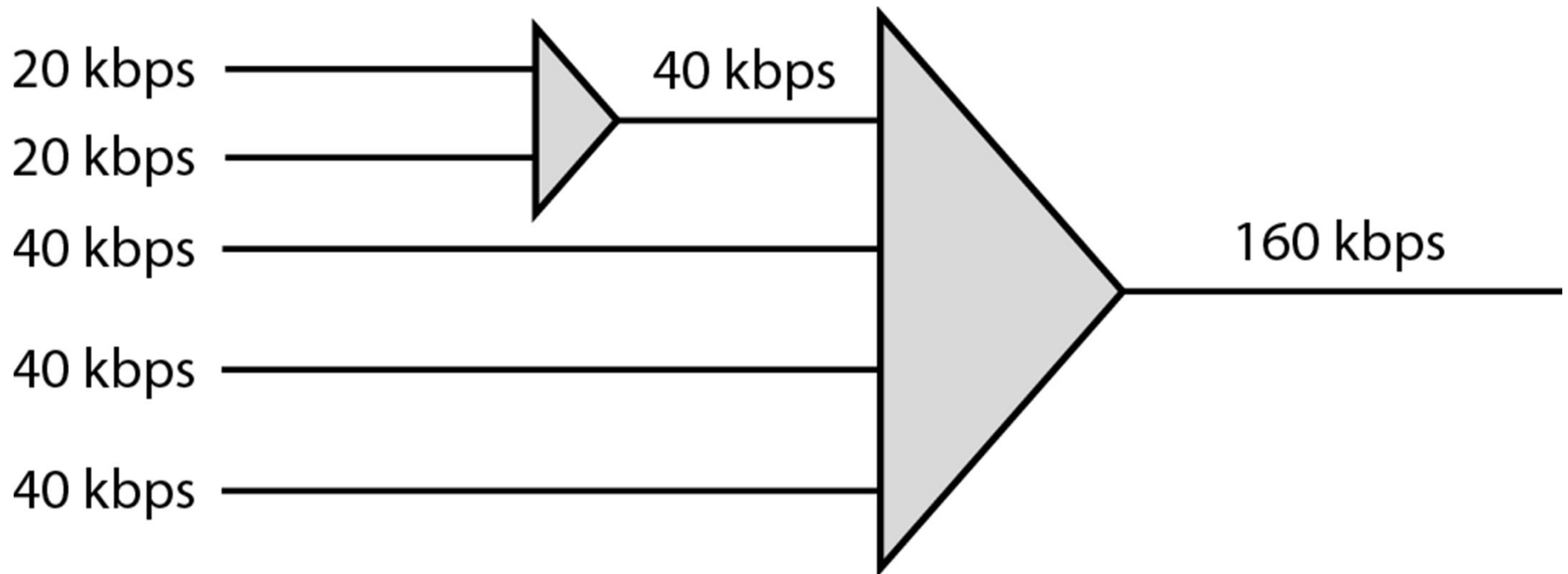
Multiplexering, TDM

- Interleaving med synkronisering



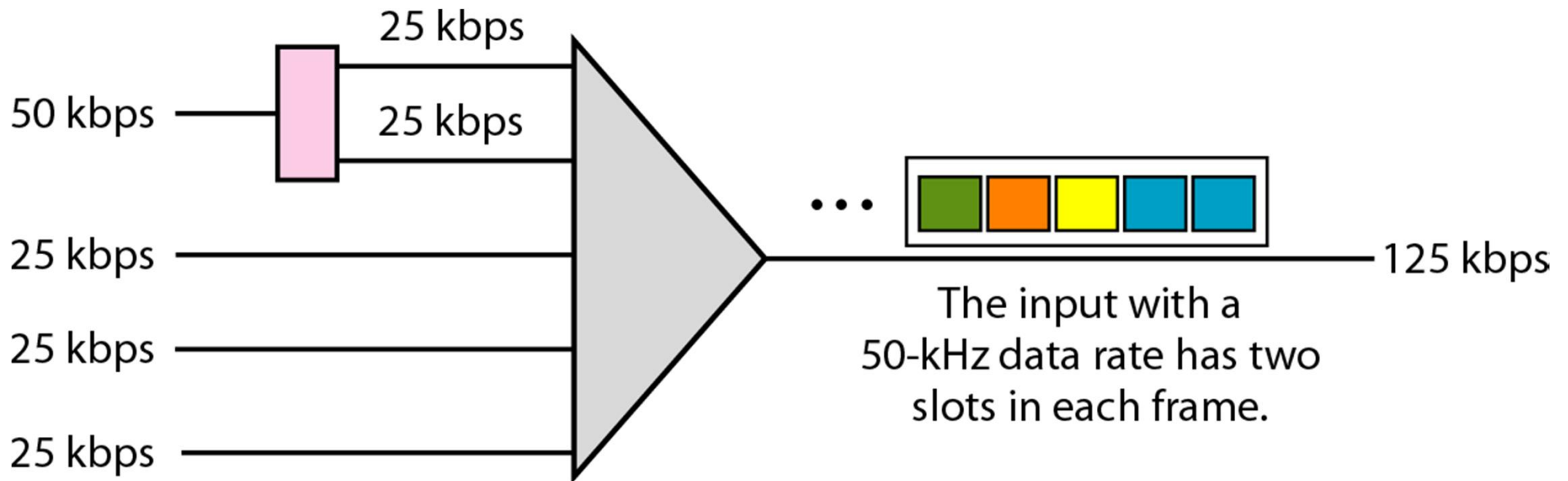
Multiplexering, TDM

- Exempel på flernivå-multiplexering



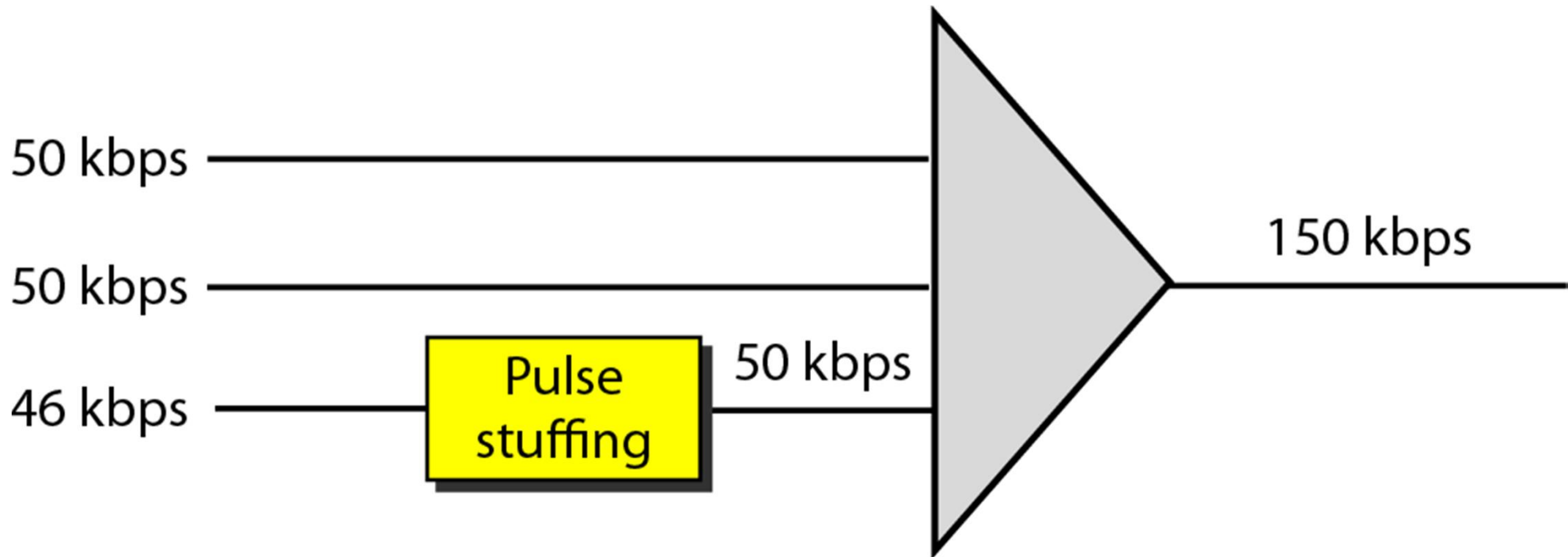
Multiplexering, TDM

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



Multiplexering, TDM

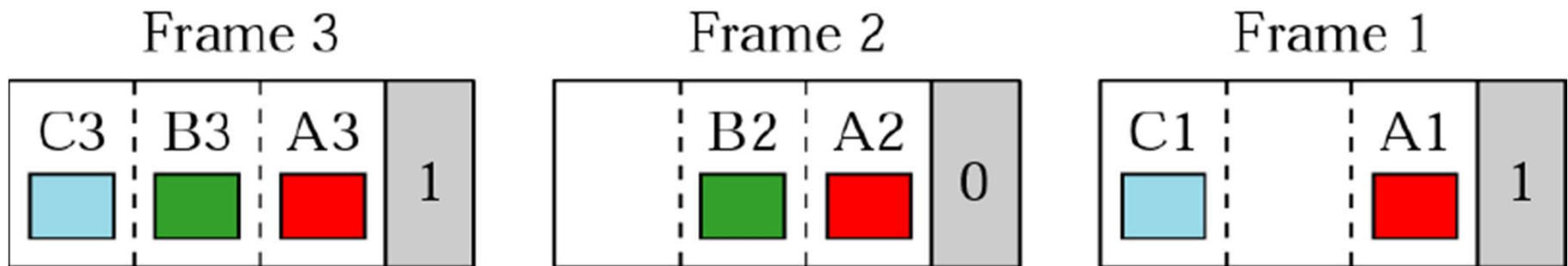
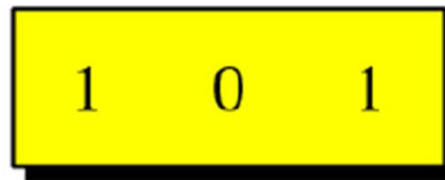
- Exempel på utfyllnad vid multiplexering (pulse stuffing, bit stuffing, bit padding)



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"

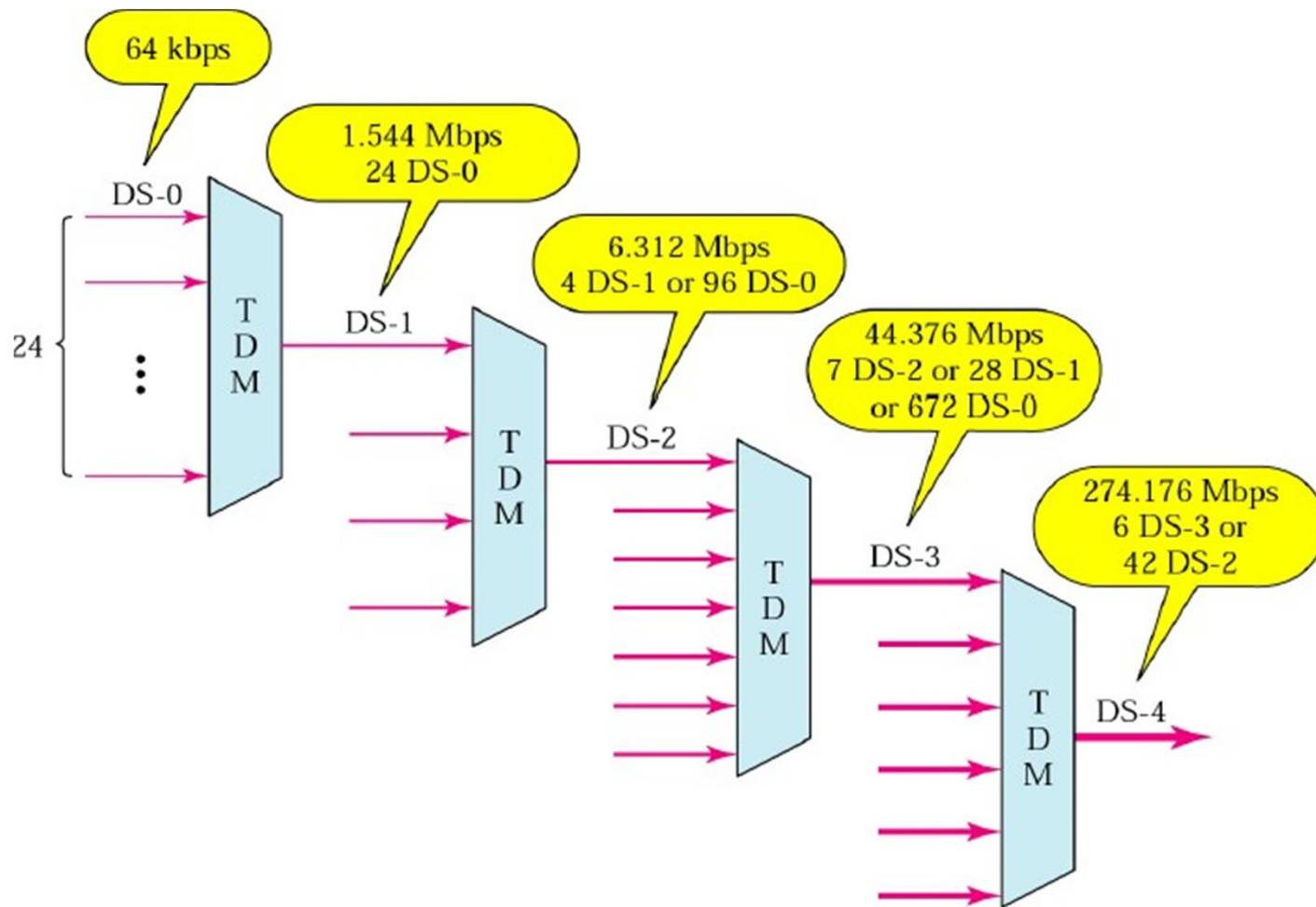
Exempel: Två dataströmmar med 100 kbps resp. 250 kbps ska multiplexeras. Hur ska detta göras och vad blir ramtakten respektive utströmmens bithastighet?

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 $4*100=400$ kbps.

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

Multiplexering, TDM

- Hierarkin hos 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

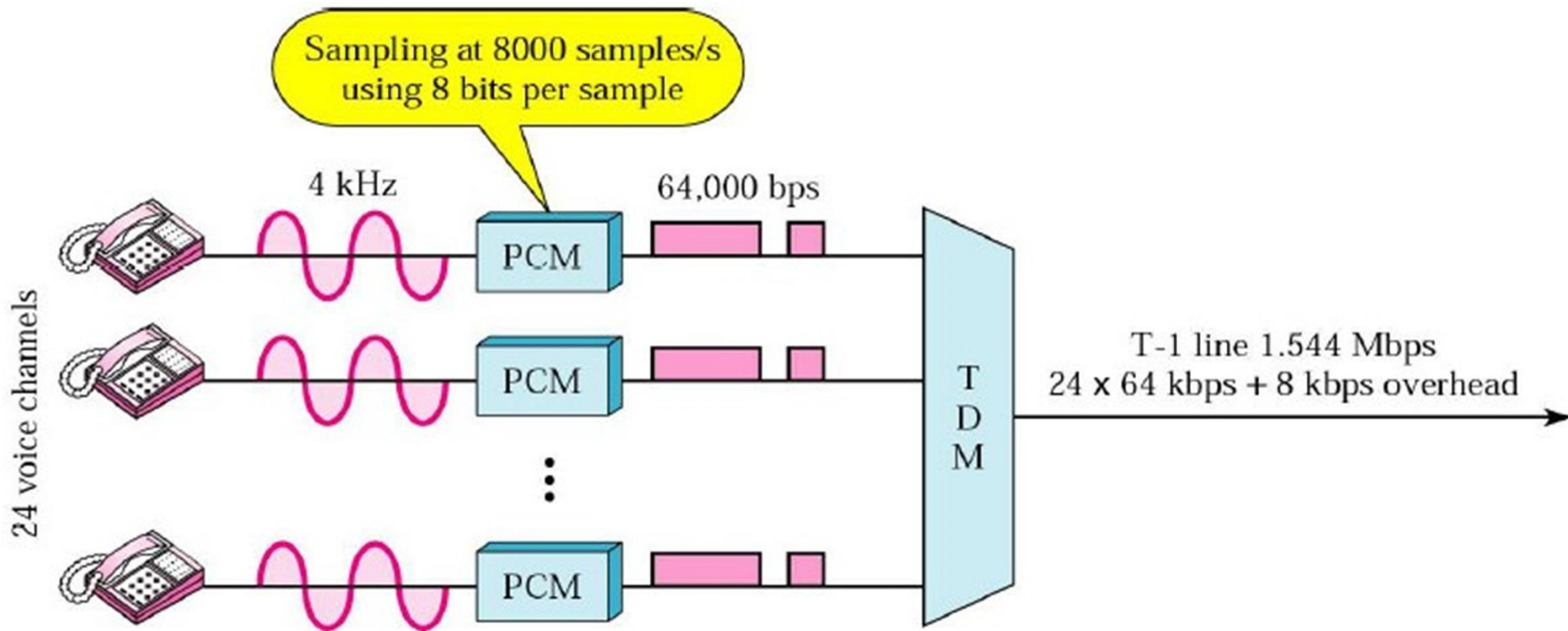
Multiplexing, TDM

- Tabell över de olika servicenivåerna

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

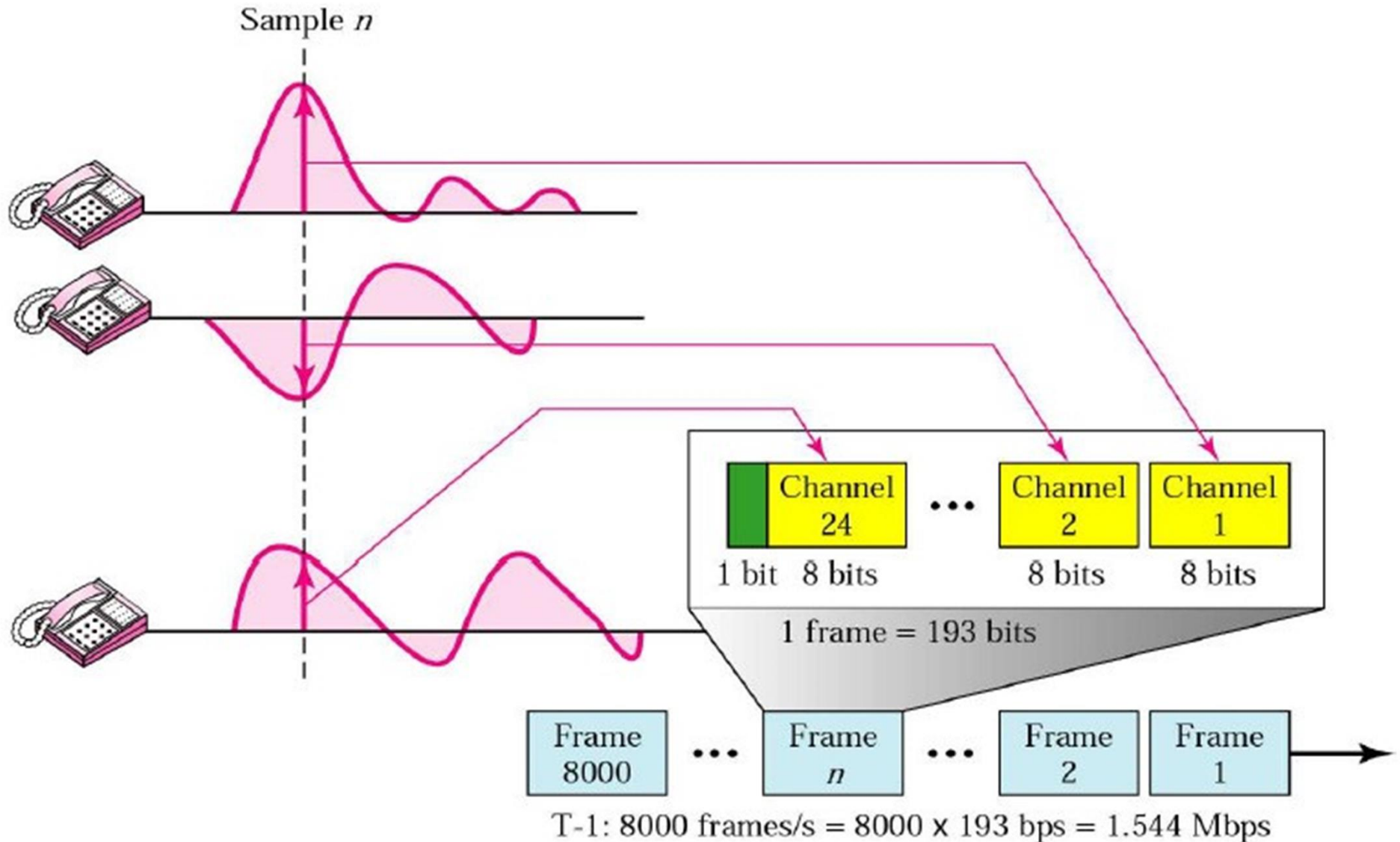
Multiplexing, TDM

- T1-linjens multiplexering



Multiplexering, TDM

- Uppbyggnaden av en T1-ram



Multiplexering, TDM

- Europeiska varianten

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

Multiplexering, CDM

- Varje sändare har en vektor c_i som är ortogonal mot alla andra sändares vektorer:

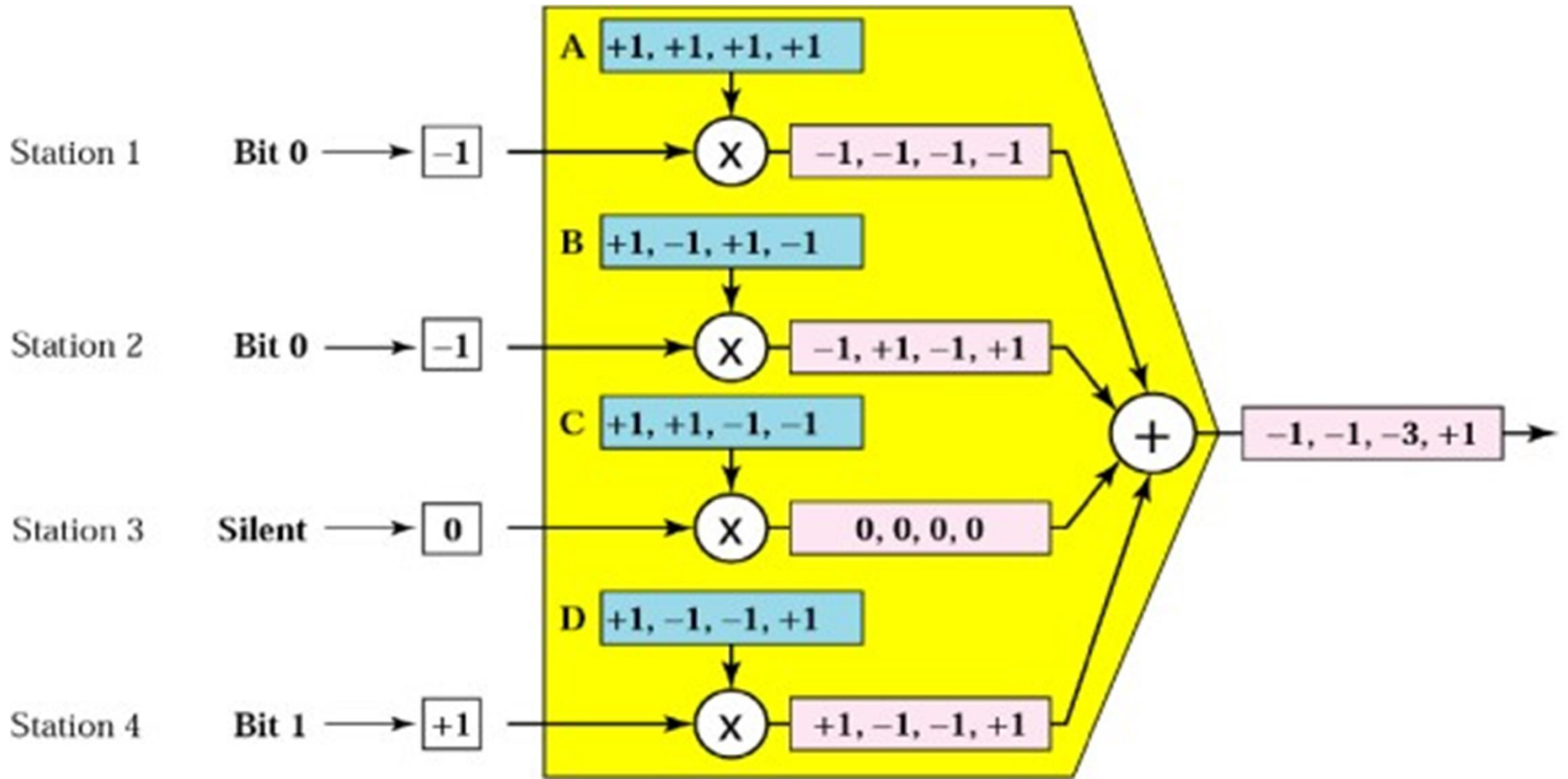
Om $i \neq j$ så är $c_i \cdot c_j = 0$

Dessutom gäller $c_i \cdot c_i = 1$

- Data som ska skickas av sändare i kallas d_i

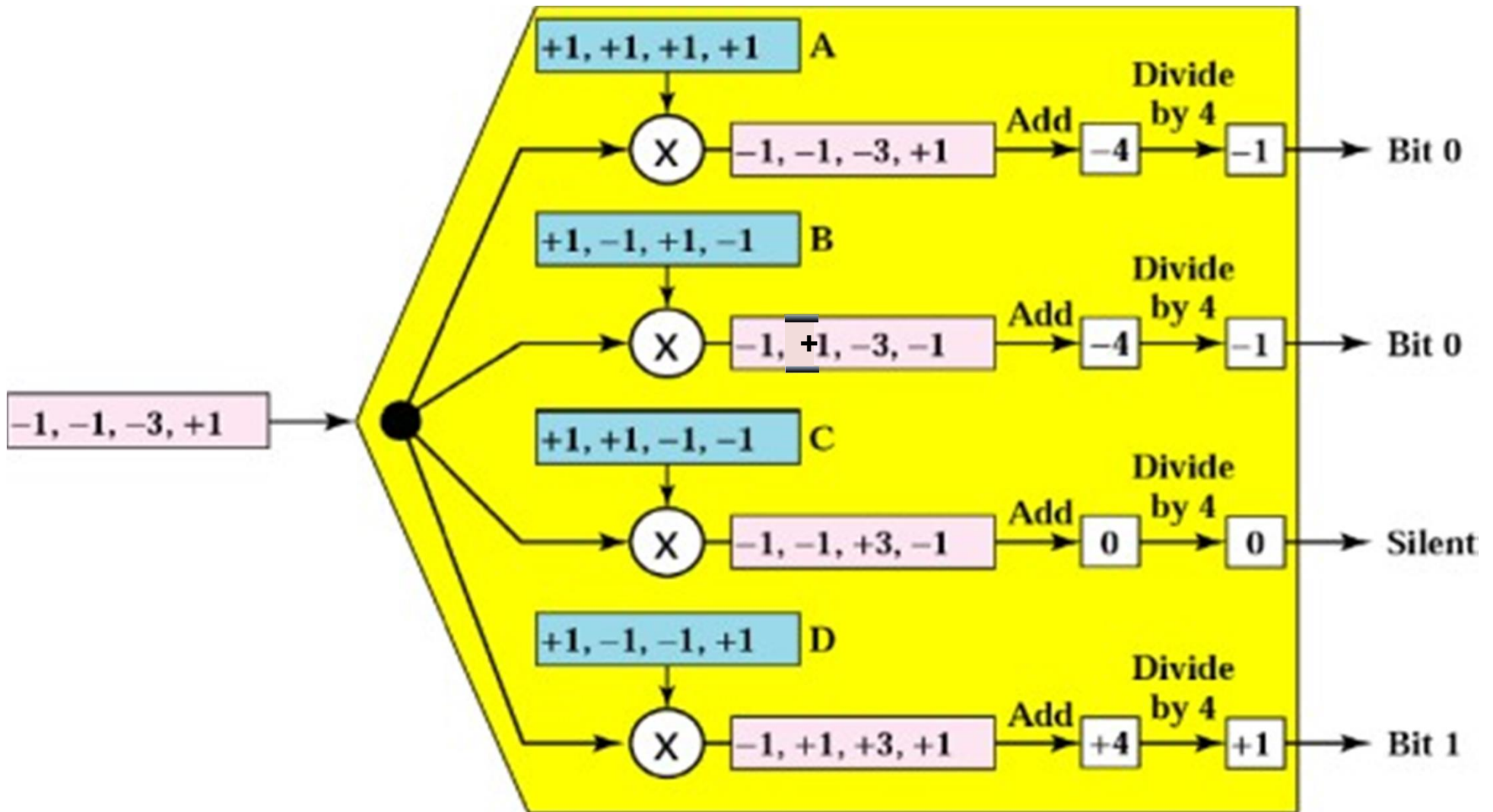


Multiplexing, CDM



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

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix}$$
$$W_2 = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix}$$
$$W_4 = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{bmatrix}$$

b. Generation of W_1 , W_2 , and W_4