

Dator- och telekommunikation

Höstterminen 2012

Lärare:
Christian Nyberg
Mats Lilja

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



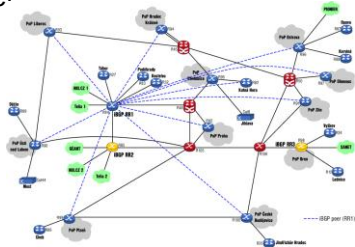
Tjänster

- Historik
- Operativsystem för mobiler
- Utveckling av appar



Routing

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

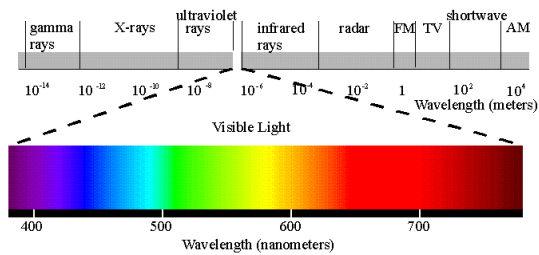


Kursens tidplan

- Före tentaperioden
 - Radionät
 - Protokoll
 - Kapacitet
 - Routing
- I tentaperioden: tentamen!
- Efter tentaperioden
 - Tjänster

Radionät

- Elektromagnetiska spektret



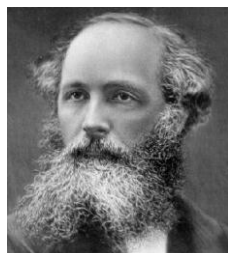
Radionät

- 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:

$$\begin{aligned}\nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{1}{c} \frac{d\mathbf{B}}{dt} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \frac{\mu}{c} \left(4\pi \mathbf{i} + \frac{d\mathbf{D}}{dt} \right) \\ \nabla \cdot \mathbf{D} &= 4\pi \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0\end{aligned}$$

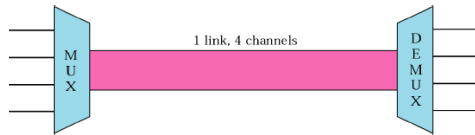


Multiplexering

- Allmän princip
- FDM (Frequency Division Multiplexing)
- WDM (Wavelength Division Multiplexing)
- TDM (Time Division Multiplexing)
- CDM (Code Division Multiplexing)

Multiplexering allmän princip

- Flera signaler sänds samtidigt över samma länk

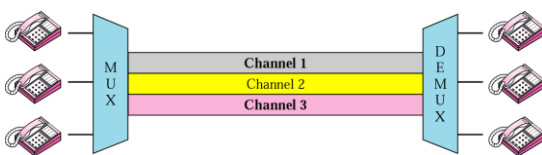


Multiplexering allmän princip

- 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)

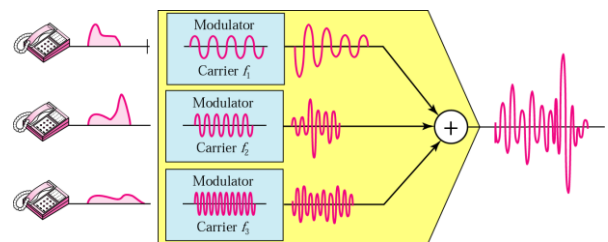
Multiplexering FDM

- Kombination av signaler med olika frekvens



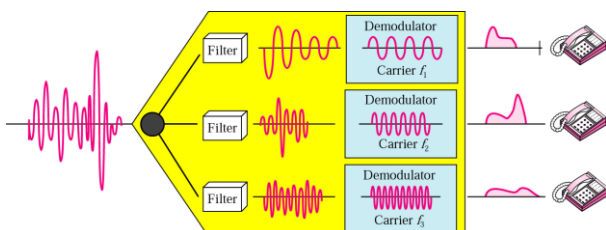
Multiplexering, FDM

- Modulering och summation



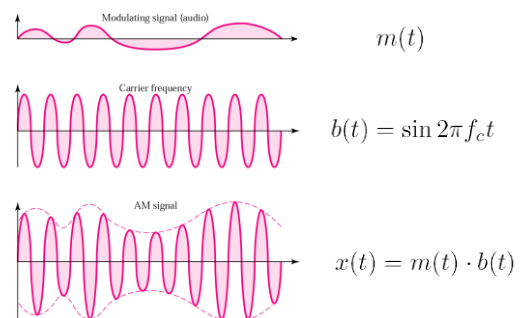
Multiplexering, FDM

- Filtrering och demodulering



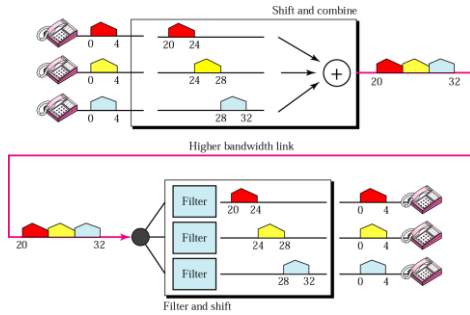
Multiplexering, FDM

- Amplitudmodulering av en signal



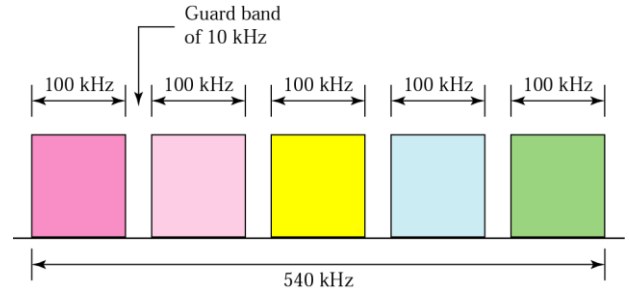
Multiplexering FDM

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



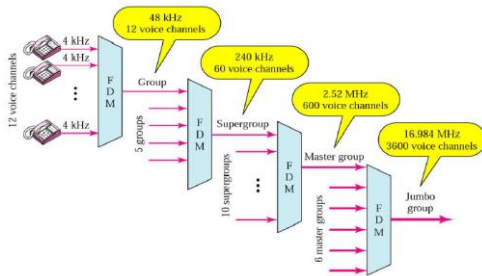
Multiplexering, FDM

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



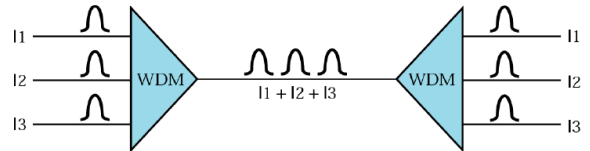
Multiplexing, FDM

- Analog hierarki



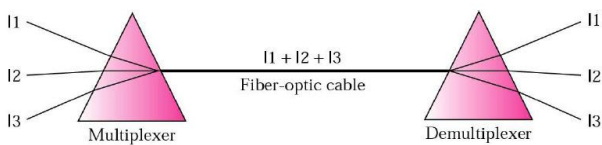
Multiplexing, WDM

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



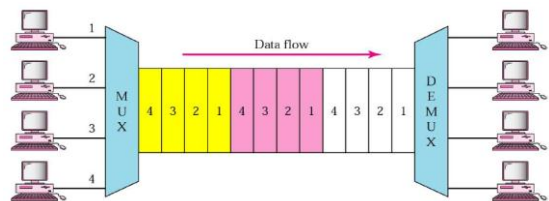
Multiplexing, WDM

- Användning av prismer för WDM



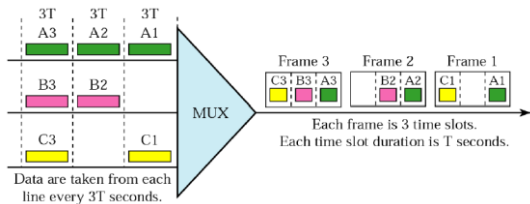
Multiplexing, TDM

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



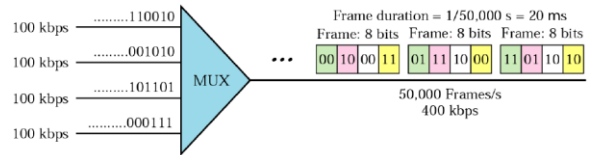
Multiplexing, TDM

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



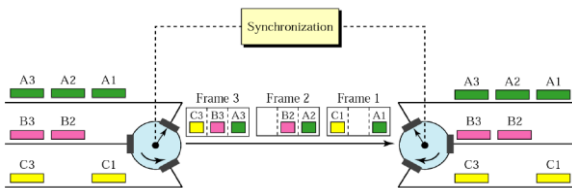
Multiplexering, TDM

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



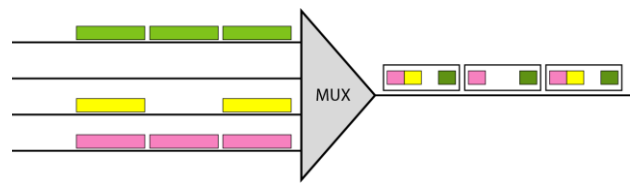
Multiplexering, TDM

- Interleaving med synkronisering



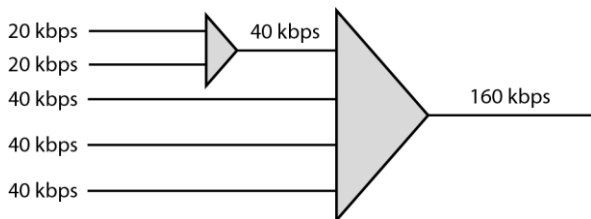
Multiplexering, TDM

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



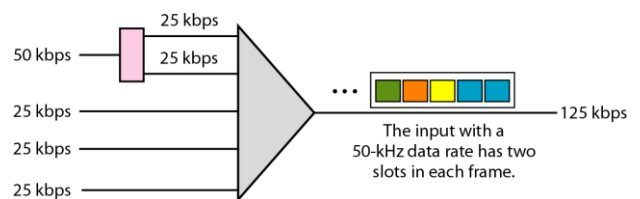
Multiplexering, TDM

- Exempel på flernivå-multiplexering



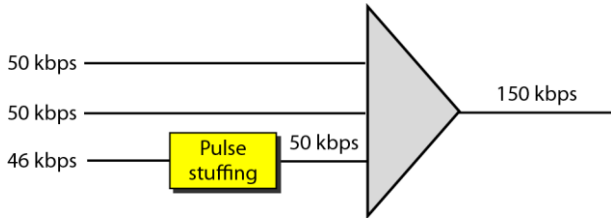
• Multiplexering, TDM

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



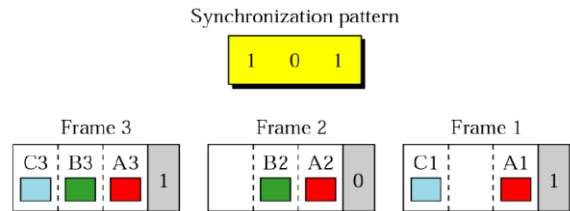
Multiplexering, TDM

- 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



Multiplexering, TDM

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

- Vad blir den total bithastigheten i varje inström?
- Vad är tiden för varje byte i en inström?
- Vad blir ramtakten?
- Vad är tiden för varje ram?
- Hur många bitar ingår i varje ram?
- 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.

- Vad blir den total bithastigheten i varje inström?
 $250 \times 8 = 2 \text{ kbps}$
- Vad är tiden för varje byte i en inström?
 $1/250 = 0,004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$
- Vad blir ramtakten?
 $250 \text{ ramar per sekund}$
- Vad är tiden för varje ram?
 4 ms
- Hur många bitar ingår i varje ram?
 $4 \times 8 + 1 = 33 \text{ bitar per ram}$
- 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"

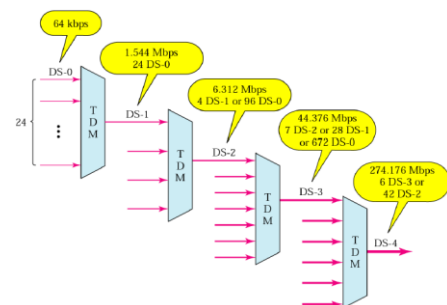
Ex.: Två dataströmmar med 100 kbps resp. 250 kbps ska multiplexeras. Hur ska detta göras och vad blir ramtakten resp. utströmmens bithastighet?

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 $4 \times 100 = 400 \text{ kbps}$.

Utjämnningen kan ske t.ex. på 2 ramar = $2 + 5 \text{ bitar} + 1 \text{ extrabit}$

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

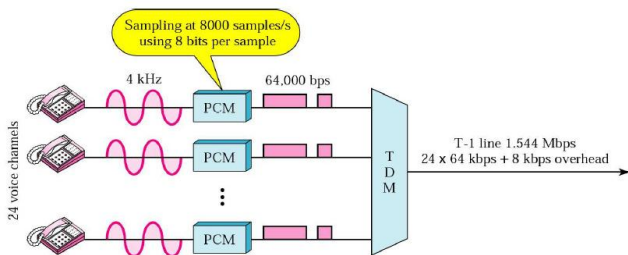
Multiplexing, TDM

- 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 |

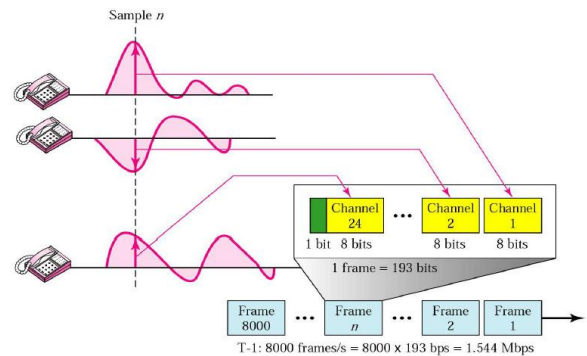
Multiplexering, TDM

- T1-linjens multiplexering



Multiplexering, TDM

- Uppbyggnaden av en T1-ram



• Multiplexering, TDM

- Europeiska varianten

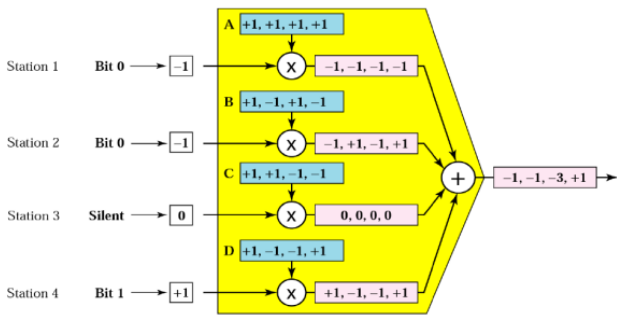
| E Line | Rate (Mbps) | Voice Channels |
|--------|-------------|----------------|
| E-1 | 2.048 | 30 |
| E-2 | 8.448 | 120 |
| E-3 | 34.368 | 480 |
| E-4 | 139.264 | 1920 |

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

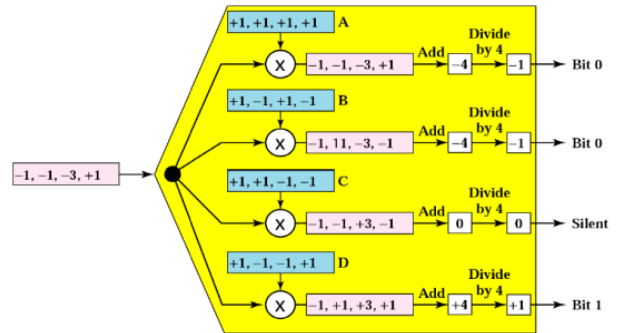


Multiplexering, CDM



Multiplexering, CDM

- Avkodning av signalen



Multiplexering, CDM

- Raderna i en Walsh-matris är ortogonala mot varandra

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

a. Two basic rules

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

b. Generation of W_1 , W_2 , and W_4