

# Övning 1 Dator och telekommunikation 2013

---

## FDM

FDM är en förkortning av Frequency Division Multiplexing. Man kan amplitudmodulera en signal med en bestämd frekvens (bärvågen), sedan sänder man den.

1. Antag att man vill FDM-multiplexera fyra signaler på vardera 6 kHz med vaktband på 400 Hz. Hur stor bandbredd behövs?
2. Ställ upp en formel för hur stor bandbredd som krävs för att FDM-multiplexera  $n$  kanaler, var och en med frekvensen  $f_b$  om man använder guard bands av storleken  $f_v$ ?
3. Fem signalkällor ska multiplexeras med FDM där vaktband på 300 Hz används. Hur stor bandbredd kan varje signal högst få om kanalens totala bandbredd är 16200 Hz?

## TDM

Ett annat sätt att kombinera flera signaler och överföra dem på samma länk är via TDM (Time-Division Multiplexing). Multiplexering av  $n$  signaler görs då genom att "varva" signalerna (på t.ex. bitnivå) och sen skicka den kombinerade signalen över en snabb länk (minst  $n$  gånger så fort).

1. Fem kanaler med vardera 10 Mbps sammanförs och skickas över en länk med synkron TDM.
  - a. Vilken överföringshastighet måste länken klara?
  - b. Antag att multiplexeringen görs på bitnivå och att de fem kanalerna matas med följande bitströmmar:  
Kanal 1: 10110101  
Kanal 2: 01101110  
Kanal 3: 01010100  
Kanal 4: 11100001  
Kanal 5: 00010101  
Ange bitströmmen för den multiplexerade signalen och markera ramarna.
  - c. Ange hur många ramar per sekund som skickas över länken.
2. Tre signaler vardera med överföringshastigheten 5 kBytes/s ska skickas över en länk med användning av TDM.
  - a. Hur lång tid tar det att överföra en bit över länken?
  - b. Låt oss anta att de tre kanalerna innehåller följande tre byteströmmar:  
Kanal 1: QW  
Kanal 2: ER  
Kanal 3: TY  
Antag vidare att multiplexeringen görs på bytenivå. Vad blir då länkens byteström?
3. Tio signalkällor, 6 med bithastigheten 200 kbps och 4 med bithastigheten 400 kbps ska multiplexeras med flernivå-TDM utan synkroniseringsbitar. Multiplexeringen görs på bitnivå.
  - a. Hur många bitar kommer att ingå i en ram i slutet av synkroniseringen?
  - b. Hur många ramar överförs per sekund?
  - c. Hur hög blir bithastigheten på den utgående kanalen?

## CDMA

Delning av en kanal med hjälp av kodning kallas CDMA (Code-Division Multiple Access).

Varje signal kodas och de kodade signalerna adderas och skickas ut på den gemensamma kanalen. Kodningen ges av att en 0-bit kodas som -1, en 1-bit som +1 och ingen bit alls som 0.

Tekniken bygger på att de olika signalerna kodas så att de blir ortogonala med varandra och därför lätt kan extraheras ut ur summasignalen genom motsvarande skalärprodukt.

De ortogonala vektorer som behövs genereras av s.k. Walsh-matriser.

1. Bestäm Walsh-matrisen av ordning 8 genom att använda den rekursiva definitionen från föreläsningen.
2. Verifiera att varje par av skilda rader i matrisen  $W_8$  ovan är ortogonala mot varandra, det vill säga att skalärprodukten är 0. Ange också vad skalärprodukten av en rad med sig själv blir.
3. Antag att det finns 4 stationer (A, B, C och D) vars chipsekvenser utgörs av (raderna från  $W_4$ ): A:(1, 1, 1, 1), B:(1,-1, 1,-1), C:(1, 1,-1,-1) och D:(1,-1,-1, 1).  
Antag att följande kommer in till de 4 stationerna: A: 1-bit, B: 0-bit, C: 1-bit och D: Ingen bit alls.  
Ange den sekvens som blir resultatet av kodningen.
4. Visa hur sekvensen i förra uppgiften avkodas när den anländer till mottagaren.

## GSM

I Europa används GSM (Global System for Mobile communication) för (2G-)mobiltelefoni. Det finns 3 olika frekvensområden tilldelade för GSM, vardera med ett uplinkband (mobiltelefon till basstation) på 25 Mhz och ett downlinkband (bas till mobil) på 25 MHz.

**GSM 900:** Uplink: 890-915 MHz, Downlink: 935-960 MHz

**GSM 1800:** Uplink: 1710-1785 MHz Downlink: 1805-1880 MHz

**GSM 1900** Uplink: 1850-1910 MHz Downlink: 1930-1990 MHz

Signalerna från 8 användare digitaliseras och multiplexeras med TDMA till multiramar med 26 st 8-bitars ramar. Därefter moduleras varje multiram till en 200 kHz signal. Till sist multiplexeras 124 sådana 200kHz-kanaler med FDMA till ett 25MHz-band.

1. Vid den sista multiplexeringen (med FDMA) används vaktband (guard bands) för att ha lite marginal mellan 200kHz-banden. Hur brett vaktband har använts?

För att inte undvika interferens mellan olika celler används aldrig samma frekvenser inom två angränsande celler. Därför varierar dessa med en viss återanvändningsfaktor(reuse factor) som kan variera från 3 till 7.

För GSM kan denna faktor ligga så lågt som 3.

2. Skissa hur ett mönster av celler kan se ut då återanvändningsfaktorn är 3.

## GPS

En signal från en GPS-satellit innehåller den exakta tiden när signalen skickades och satellitens position när signalen skickades. Antag att satelliten har positionen  $(x_1, y_1, z_1)$  i ett ortogonalt koordinatsystem och att signalen skickades vid tiden  $t_1$ . Om då mottagaren tar emot signalen vid tiden  $t$  så gäller att

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = c^2(t - t_1)^2$$

Här är  $(x, y, z)$  mottagarens okända position och  $c$  ljushastigheten. För att kunna beräkna  $(x, y, z)$  så behöver vi fler ekvationer och det kan man få genom att ta emot signaler från fler satelliter.

1. Hur många satelliter behövs för att entydigt bestämma positionen för mottagaren?
2. Antag att man vet att man befinner sig på jordytan nära havets nivå. Hur många satelliter behövs då för att entydigt bestämma mottagarens position?

För att förenkla räkningarna i resten av uppgifterna antar vi att mottagaren befinner sig på ett plan och att vi är intresserade av dess koordinater på detta plan. Vi antar också att sändarna befinner sig i planet. Mottagarens okända koordinater är  $(x, y)$ . Låt oss också anta att koordinaterna anges i meter och att tiden anges i mikrosekunder.

3. Hur många sändare behövs för att mottagaren ska kunna bestämma sin position i planet?
4. Antag att mottagaren tar emot följande information från två sändare:  
Sändare 1: Position  $(0, 3000)$ , sändningstid 56  
Sändare 2: Position  $(0, -3000)$ , sändningstid 44  
Antag att mottagaren tar emot signalen från sändare 1 vid tiden 76 och från sändare 2 vid tiden 64. Vilka positioner kan mottagaren ha?
5. Antag att mottagaren i den föregående uppgiften vet att den befinner sig nära en basstation som har positionen  $(5000, 100)$ . Vilken position har då mottagaren?
6. Tyvärr så går inte alltid mottagarens klocka rätt. Antag att mottagarens klocka avviker med  $\Delta$  mikrosekunder från rätt tid. Om mottagaren får signaler från ett antal sändare, skriv upp ett ekvations-system som kan användas för att bestämma mottagarens position och  $\Delta$ .
7. Antag att mottagaren tar emot följande signaler från tre sändare:  
Sändare 1: position  $(0, 0)$ , sändningstid  $t_1$   
Sändare 2: position  $(-d, 0)$ , sändningstid  $t_2$   
Sändare 3: position  $(d, 0)$ , sändningstid  $t_3$   
Mottagarens klocka visar 0 när signalerna tas emot. Beräkna hur mycket fel som mottagarens klocka går, det vill säga  $\Delta$ .