

## **Høst – 2011 - Løsningsforslag**

### **Oppgave 1 - Mobilsystemer**

*a) Vis hovedelementene i GSM-arkitekturen og beskriv hovedoppgavene til de forskjellige funksjonelle enhetene i arkitekturen*

- MS: Mobile station
- BTS: Base transceiver station støtter radiogrensesnittet (sending og mottak) i en enkelt celle.
- BSC: Base station controller kontrollerer flere BTS. Støtter signaladministrasjon, signalreformatting og aksessadministrasjon.
- MSC: Mobile-services controller kontrollerer flere BSC. Støtter handover mellom BTS og er linken til PSTN.
- VLR: Visitor location register lagrer abonnentinformasjon ++
- HLR: Home location register lagrer telefonnummer gitt til bruker, SIM-identitet (IMSI - international mobile subscriber identity) og posisjonsinformasjon om hver bruker (location area identitet og nettverksidentitet)

*b) Vis hvordan en samtale kobles opp fra en GSM-telefon til en telefon i fastnettet.*

1. MS sender en channel-request til BTS.
2. BTS allokere kanalen mellom MS og MSC og sender en request-granted melding til MS.
3. MSC/VLR autentiserer MS.
4. MSC er nå linket til det linjesvitsjede telefonnettverket.

c) *Beskriv kort hvordan en mobiltelefon autentiseres i GSM.*

1. Et tilfeldig tall blir generert i MSC/HLR og sendes til MS.
2. Nøkkelen lagret i både SIM-kortet i MS og i AC (authentication center i HLR) og det tilfeldige tallet blir brukt i en-veiskrypteringsalgoritmen  $A_3$  i både MS og MSC.
3. Resultatet fra MS blir sendt til MSC og sammenliknes med det som ble funnet lokalt i MSC.
4. Hvis det stemmer har brukeren/SIM-kortet blitt autentisert.

## **Oppgave 2 - Multipleksing**

a) *Hva er en statistisk multiplekser?*

- En statistisk multiplekser deler kapasiteten over alle kanalene, i motsetning til statisk multipleksing som tildeler en fast båndbredde til hver kanal som låses uavhengig om de er i bruk eller ikke.

b) *Vis prinsippene for frekvensdelt multipleksing.*

- Overfører flere ulike signaler samtidig på et felles overføringsmedium.
- Deler båndbredden opp i uavhengige frekvensområder med en fast båndbredde.
- FDD bruker en ringmodulator til å reprodusere baseband-signalet som en amplitudeversjon av carrier-signalet med en frekvens  $f_0+nB$  hvor B er avstanden mellom kanalene. Ringmodulatoren vil produsere kopier av signalet over og under carrier-frekvensen. Et høypassfilter kan brukes til å fjerne den negative signalkomponenten.
- Signaler unngås å moduleres til frekvenser lavere enn  $f_0$  pga støy.
- En pilot-tone plasseres på en kjent frekvens og brukes til å bestemme carrier-frekvens,  $w_0$  og B.

c) *Vis prinsippene for tidsdelt multipleksing.*

- Deler båndbredden opp i uavhengige time-slots. Kan multiplekseres statisk eller statistisk.
- I statisk TDM låses hver kanal til en fast time-slot uavhengig om den er i bruk eller ikke.
- I statistisk TDM deler alle kanaler på kapasiteten.

### **Oppgave 3 - Synkronisering**

a) *Hvordan virker et elastisk lager?*

- Et elastisk lager lagrer et visst antall bits,  $n$ , og justerer faseforskjeller og små variasjoner i overføringstid (eller små variasjoner fra ekte isokronisme i en bit-strøm) mellom en sender og en mottaker ved å tillate små deviasjoner i inn- og utlesingstiden til lageret.
- En mulig realisering av elastisk lager er et skiftregister hvor alle bits i registeret blir flyttet en plass til høyre når det ankommer en ny bit (på venstre side av registeret).
- Den standard utlesningsposisjonen er i midten av registeret og inkrementeres/dekrementeres når en bit ankommer/leses ut.

b) *Hva er et "unique word" og hva brukes det til?*

- Et unique word er bitsekvenser som brukes til å finne starten på payload i radiosystemer.

c) *Hvordan brukes flagg til å finne starten og slutten på datapakker?*

- Flagg brukes i variabel-lengde-enheter i starten på hver datapakke. I HDLC brukes flagget 0111 1110. For å unngå simulering av flagget i payload settes en ekstra 0 inn etter 5 etterfølgende 1'ere (transparency stuffing).

## Oppgave 4 - Multippel aksess

### a) Beskriv kort de tre aksessmetodene

- *Pure aloha:*
  - En random access teknikk hvor senderen sender pakker når den er klar.
  - Med pakkelengde  $T$  og trafikkintensitet  $\mu$  er sannsynligheten for at pakken ikke kolliderer  $p = e^{-2\mu T}$
  - Throughput vil altså være  $T = \mu T e^{-2\mu T}$
  - Brukes i INMARSAT
- *Slotted aloha:*
  - En random access teknikk hvor kanalen deles inn i slots av lengde  $T$ .
  - En pakke som blir klar til å sendes i slot  $T$  blir sendt ved starten av slot  $T$ . Kollisjoner skjer kun når to eller flere pakker blir klare i samme slot.
  - Throughput vil være  $T = \mu T e^{-\mu T}$
- *CSMA:*
  - Kildene lytter til kanalen før de sender.
  - I 1-persistent CSMA sender kilden pakken hvis mediet er ledig. Dersom mediet er opptatt venter kilden til det er ledig.
  - I p-persistent CSMA brukes følgende algoritme når kilden lytter til en ledig kanal:
    - Pakken blir sendt i første ledige slot med sannsynlighet  $p$ .
    - Med sannsynlighet  $p-1$  går kilden videre til neste slot og sender med sannsynlighet  $p$  hvis sloten er ledig.
    - Hvis sloten ikke er ledig kan en back-off algoritme bli brukt.
  - I non-persistent CSMA sender kilden med en gang hvis kanalen er ledig. Hvis den er opptatt venter den en random tid før den prøver igjen.
    - Urettferdig for noen kilder som må vente lenge.
    - I IEEE 802.11 (WLAN) blir nedtellingen av random tid stoppet når kanalen blir opptatt (Collision Avoidance - CSMA/CA)

### b) I CDMA brukes begrepene bit-rate, chip-rate og kodegain. Beskriv kort hva som menes med disse begrepene, og vis hvordan kodegain henger sammen med bit-rate og chip-rate.

- Hver bit blir erstattet av en bitstreng kalt chip. Chipraten er forholdet mellom bitrate og lengden på hver chip. Dersom 1 bit blir erstattet med en 1000-bits streng er chipraten  $1000 \cdot \text{bitraten}$ .
- Chipsekvensen,  $C$ , er en pseudostøysekvens generert av et skiftregister.  $C \otimes C = K$  hvor  $K$  er antall chips. I mottaker korreleres signalet og blir  $K$  for logisk 1 og  $-K$  for logisk -1.
- Effekten av hver chip =  $p$ . Effekten av hver bit etter korrelasjon =  $Kp$ . Dette medfører at vi kan sende chips på et effektnivå tilsvarende  $1/K$  av en

enkelt bit. Kodegain er altså lik  $K$ , antall chips i sekvensen  $C$ . (Uttrykt i dB:  $10\log K$ )

c) *Hva er hovedforskjellen mellom SFH og FFH?*

- "Dwell-time" er tiden systemet blir på en frekvens. Hovedforskjellen mellom SFH og FFH er denne dwell-tiden.
- I SFH er dwell-time større (vanligvis mye større) enn lengden på en bit i duty-signalet. Altså "hopper" systemet mellom frekvenser med intervaller som er lenger enn en bit.
- I FFH er dwell-time kortere enn lengden på en bit. Altså "hopper" systemet mellom frekvenser med intervaller som er kortere enn en bit.