HØGSKOLEN I STAVANGER

Institutt for elektroteknikk og databehandling

Stavanger, 9. mai 1995

Utlevering: 10/2/95
Innlevering: 21/2/95

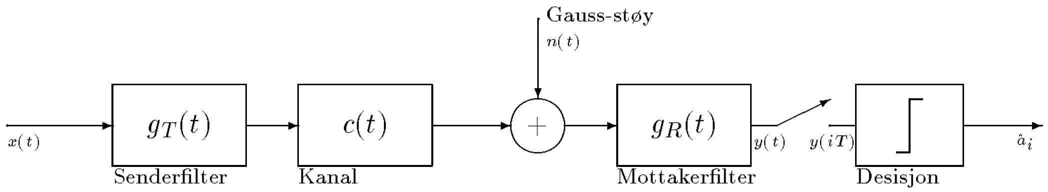
Digital transmisjon: Øving 2

Oppgave 1 Morsom

Noen lange gitarsoloer med Neil Young og Crazy Horse har blitt digitaliserte til vanlig CD-kvalitet (mono), dvs 16-bits PCM med 44.1 kHz samplingsfrekvens. Denne musikken skal overføres gjennom et digitalt overførings-system. Det er ingen feilkorrigerende koder innebygd i systemet, så bitstrømmen sendes direkte ut på kanalen uten at man legger inn ekstra paritetsbit. Hos mottakeren blir bitstrømmen omdannet til et analogt musikksignal i en digital-til-analog krets.

Riktignok er deler av musikken temmelig støyende, men en god antakelse er at Neil Young-entusiasten hos mottakeren ganske momentant vil hoppe i stolen når bitfeil inntreffer i overføringen. Avhengig av hvilken av de 16 bit'ene i et signalsample som blir feil, vil en få høyfrekvente 'spikere' av varierende styrke i det rekonstruerte musikksignalet. Disse er usedvanlig lite lyttervennlige, selv i et ellers røft og usminket lydbilde.

Figur 1 viser det digitale, basisbånd overføringssystemet som skal brukes.



Figur 1: Modell av digitalt transmisjonssystem.

Sven Ole Aase

Førsteamanuensis, dr.ing.

Høgskolen i Stavanger

Institutt for elektroteknikk
og databehandling

Postboks 2557 Ullandhaug

4004 Stavanger

Tel.: 51 83 20 09

Fax.: 51 83 17 50

E-mail: aase@hsr.no

Musikksignalet som påtrykkes systemet kaller vi $x(t)$, her gitt ved

$$x(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_i \, \delta(t - iT),$$

dvs at en bruker bipolar koding av binære symboler, med '0' som $a_i = -1$ og '1' som $a_i = +1$. Her svarer altså 16 etterfølgende a_i'er til et enkelt musikksample. En brukbar antagelse er at '0' og '1' forekommer like ofte.

a) Hva blir symbolvarigheten, T, og dataraten i bit/s?

b) Hva brukes senderfilteret, $g_T(t)$, til?

c) Hvorfor er det en fordel å bruke et mottakerfilter, $g_R(t)$, før sampling og desisjon? En kunne jo tenke seg situasjoner hvor en ganske enkelt samplet pulsen ut av kanalen (i toppverdien) og brukte denne verdien til å teste om '0' eller '1' var sendt.

d) Anta at senderfilteret er gitt ved

$$g_T(t) = \begin{cases} 10 \text{ volt} & ; \quad |t| \le \frac{T}{2} \\ 0 & ; \quad \text{ellers} \end{cases},$$

og at mottakerfilteret er gitt ved

$$g_R(t) = \begin{cases} 1 \text{ volt} & ; \quad |t| \le \frac{T}{2} \\ 0 & ; \quad \text{ellers} \end{cases}$$

Kanalen antas ideell, dvs at $C(f) = 1$. Er mottakerfilteret i dette tilfelle optimalt, dvs er det *signaltilpasset*? Begrunn svaret.

e) Regn ut og skisser systemets resulterende impulsrespons, dvs

$$h(t) = (g_T * c * g_R)(t).$$

f) Har systemet symbolinterferens?

g) Tegn øyekurven for systemet, og skisser signalet før sampling og desisjon ($y(t)$) når en påtrykker denne sekvensen:

$$\{a_i\} = \{-1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, -1\}.$$

h) Vi antar at støyen er hvit og gaussisk med null middelverdi og dobbeltsidig effektspektraltetthet $\eta = 5.7 \times 10^{-6} V^2 Hz^{-1}$. Finn støyeffekten σ^2 i desisjonstidspunktet.

i) Hva blir bitfeilsannsynligheten når vi foretar desisjon i optimalt tidspunkt, samt bruker optimal desisjonsterskel V_t.

j) Hva blir sannsynligheten for at vi får en eller flere bitfeil innenfor et enkelt 16-bits sample? Hint: Bruk formel for binomisk fordeling.

k) Med det gitte overføringssystemet, hvor mange ganger pr minutt vil Neil Young-entusiasten gjennomsnittlig hoppe i stolen? Vi kan anta at han hopper like høyt, uavhengig om det er en eller flere bitfeil i et musikksample. Hint: Bruk formel for gjennomsnittet av en binomisk fordelt variabel.