Laborationsrapport i TSKS10 *Signaler, Information och Kommunikation*

Christian Habib
chrha376, 9406083916

2021-05-06

1 Inledning

Denna laboration gick ut på att implementera en sändare och mottagare i Matlab. Syftet med sändarfunktionen var att I/Q-modulera givna signaler och sedan förbereda den resulterade signalen för att skickas genom kanalen. Kanalen gav upphov till en tidsförskjutning och en amplitudskalning. Mottagarfunktionen skulle ta reda på tidsförskjutningen och amplitudskalning som kanalen gav upphov till, samt korrigera och I/Q-modulera där komponenterna skulle vara likt de som skickats in till sändarfunktionen.

2 Metod

I denna sektion kommer implementationen av sändaren och mottagaren att beskrivas.

2.1 FIR-filter

De filter som används i implementationen av sändar- och mottagarfuntionen är FIR-filter med gradtal 500. Vi har blivit tilldelade ett frekvensband mellan 125 kHz och 145 kHz, det vill säga en bandbredd på 20 kHz. När filtrering sker krävs det att vi tar bort de första $N/2$ sampel i den resulterade signalen, där N är FIR-filtrets gradtal.

2.2 Sändare

De givna signalerna $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ har en sampelfrekvens på 20 kHz. Kanalen tar endast emot signaler med sampelfrekvens på 400 kHz, därför uppsamplar vi både $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ innan vi I/Q-modulerar dem. I samband med uppsampling krävs det att vi filtrerar signalerna för att få tillbaka samma signaler fast med en högre sampelfrekvens. Vi lågpassfiltrerar med hjälp av ett FIR-filter som vi tidigare beskrev i avsnitt 2.1. Vi använder en gränsfrekvens på 10 kHz. Vi betecknar dessa signaler $x_{Iu}(t)$ och $x_{Qu}(t)$.

Därefter lägger vi till en chirpsignal $c(t)$ som är 1 sekund lång med en startfrekvens på 0 och med en slutfrekvens på 200 Hz. Signalen $c(t)$ har värdet 0 för alla t utanför intervallet 0 till 1. Vi uttrycker vår nya I-komponent som

$$x_{Ic}(t) = x_{Iu}(t)||c(t) \tag{1}$$

Vi kommer att använda denna chirpsignal för att beräkna tidsfördröjningen och amplitudskalningen vid mottagarfunktionen. Vi lägger även till nollor i slutet av $x_{Qu}(t)$ för att båda ska vara samma längd, vi betecknar signalen som $x_{Qc}(t)$.

Signalerna $x_{Qc}(t)$ och $x_{Ic}(t)$ I/Q-moduleras och sänds ut i kanalen med hjälp av följande ekvation från kurslitteraturen

$$x(t) = x_{Ic}(t)\cos(2\pi f_c t) - x_{Qc}(t)\sin(2\pi f_c t) \tag{2}$$

där f_c är bärfrekvensen 145 kHz.

2.3 Mottagare

Mottagarfunktionen kommer att ta emot en tidsfördröjd och amplitudskalad version av $x(t)$ och även andras signaler,

$$y(t) = Ax(t - \tau) + w(t) \tag{3}$$

Där τ är tidsfördröjningen, A är amplitudskalningen och $w(t)$ är andra användares signaler. För att bli av med andra användares signaler bandpassfilterar vi signalen $y(t)$ med hjälp av ett FIR-filter med gränsfrekvenserna 135 kHz och 155 kHz som beskrevs i avsnitt 2.1, vi betecknar den nya signalen $y_b(t)$. Efter att vi bandpassfiltererat $y(t)$, I/Q demodulerar vi resultatet. Detta görs med hjälp av följande ekvationer från kurslitteraturen,

$$z_I(t) = \mathcal{H}^{LP}_{B/2}\{2y_b(t)\cos(2\pi f_c t)\} \tag{4}$$

$$z_Q(t) = -\mathcal{H}^{LP}_{B/2}\{2y_b(t)\sin(2\pi f_c t)\} \tag{5}$$

Där B är vår bandbredd på 20 kHz. För att hitta tidsfördröjningen beräknar vi dels korskorrelationen mellan $z_I(t)$ och vår chirpsignal och dels korskorrelationen mellan $z_Q(t)$ och vår chirpsignal. Därefter jämför vi det maximala värdet av absolutbeloppet för båda korskorrelationerna för att veta var chirpsignalen befinner sig, där den korskorrelation med högst värde i sitt maxima används för att beräkna tidsfördröjningen τ. Vi kan beräkna fördröjningen genom att se för vilket värde på τ vårt maxima befinner sig. Efter detta förskjuter vi $y_b(t)$ med den beräknade τ.

Efter att vi tidsförskjutit $y_b(t)$ I/Q-demodulerar vi en sista gång och beräknar vår amplitudskalning A. Vi vet att autokorrelationen för vår pulsform kommer att ha ett maxima vid $\tau = 0$ och att det maximala värdet kommer att vara $f_s/2$ då chirpsignalen är 1 sekund lång, där f_s är vår samlingsfrekvens 400 kHz. Vi beräknar därefter amplitudskalningen genom att dividera det maximala värdet av korsskorellationen, betecknat Q_I, med autokorrelationen.

$$A = 2Q_I/f_s \tag{6}$$

Därefter dividerar vi $z_I(t)$ och $z_Q(t)$ med A för att motverka amplitudskalningen. Vi betecknar dessa signaler $z_{Ia}(t)$ och $z_{Qa}(t)$

För att få $z_{Ia}(t)$ och $z_{Qa}(t)$ i samma sampelfrekvens som först skickades in till sändarfunktionen, det vill säga 20 kHz, krävs det att vi nedsamplar med en faktor av 20. Med denna nedsampling tillkommer en amplitudskaling 1/20 som vi behöver korrigera genom att multiplicera med 20. Efter det har vi fått tillbaka $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ som vi hade i början med ett signal till brus förhållande på över 33 dB.

3 Resultat

Den sökta informationen:

- Kanalens fördröjning är $\tau = 60$ µs
- Kanalens amplitudskaling är $A = 1{,}5$