

Laborationsrapport i TSKS10 *Signaler, Information och Kommunikation*

Anders Luong
andlu434, 010103-5236

2023-05-09

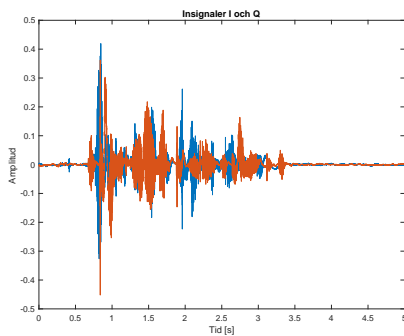
1 Inledning

Denna laboration gick ut på att kommunicera två audiosignaler via en kanal med hjälp av IQ-modulering. Dessa två audiosignaler kommer från två ljudfiler som placerades i varsin I- och Q-komponent. Signalerna hade sampelfrekvens $f_s = 20000$ Hz med bandbredd $B \approx 5000$ Hz.

Det tillåtna frekvensbandet för denna laboration var mellan 130000 Hz till 150000 Hz vilket faller naturligt med en bärfrekvens $f_c = 140000$ Hz. Eftersom bandbredden ligger på ungefär 5000 Hz kommer signalen att klara sig inom frekvensbandet ty denna signal kommer ligga mellan $f_c - B \approx 135000$ Hz och $f_c + B \approx 145000$ Hz.

2 Metod

Laborationen utfördes i MATLAB med en okänd kanal som var tilldelat. Utförandet av laborationen bestod av två delar: en avsändare som modulerade en signal till kanalen; och en mottagare som tog emot från kanalen och demodulerade signalen igen för att få samma signal som avsändaren skickade.



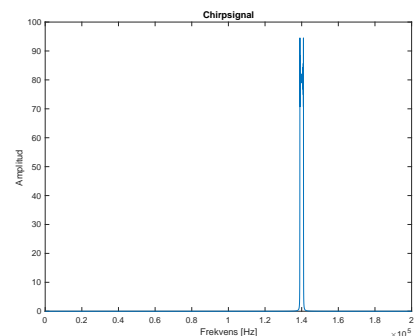
Figur 1: Samplade insignaler. Röd signal är I-komponent och blå signal är Q-komponent.

2.1 Avsändare

Avsändaren tog emot en I- och Q-komponent som hade sampelfrekvensen $f_s = 20000$ Hz, se Figur 1. Eftersom signalen måste skickas till kanalen mellan 130000 Hz till 150000 Hz, var det lämpligt att först uppsampla sampelfrekvensen till 400000 Hz för att undvika vikningsdistorsion. En vikning uppkommer när samplings-

teoremet inte är uppfyllt, det vill säga då $f_s < 2f_c + B$ i det här fallet. För att få samplingsfrekvensen 400000 Hz skedde en nollinbakning med $(M - 1)$ nollor mellan varje sampel där $M = 400000/20000 = 20$ är uppsamplingsfaktorn. Sedan användes ett FIR-filter med gradtal 100 i form av en lågpasfilterring med gränshfrekvensen $f_s/2 = 10000$ Hz för att åstadkomma en interpolering mellan de ursprungliga sampel. FIR-filtret skapar en linjär fördröjning relativt gradtalet vilket behöver kompenseras genom att trunkera fördröjningen i början av signalen. Fördröjningen från ett FIR-filter är $\text{gradtal}/2$. Den filtrerade signalen multiplicerades sedan med uppsamplingsfaktorn $M = 20$ vilket är en effekt på M^2 . Detta görs för att kompensera för nollinbakningen och lågpasfiltereringen som båda gör att signalens medeleffekt blir en faktor M mindre, det vill säga M^2 .

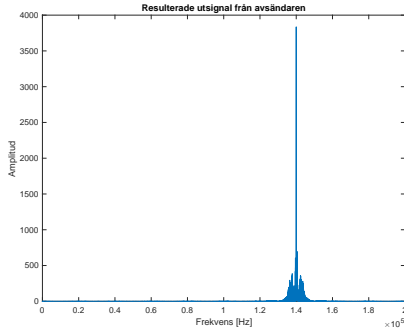
Sedan designades en chirpsignal för att mottagaren skulle kunna bestämma tidsfördröjningen och amplitudskalningen som uppkommer från kanalen. Chirpsignalen placerades mellan $f_c - B_{chirp}$ och $f_c + B_{chirp}$ där f_c är bärfrekvensen och samma som ovan och B_{chirp} är chirpsignalens bandbredd och satt till 1000. En amplitudskalning på 0,018 gjordes också för att få amplituden att vara ungefär samma som insignalen. Den designade chirpsignalen kan ses i Figur 2 vilket visar tydligt var chirpsignalen är placerad i frekvensdomänen.



Figur 2: Chirpsignal i frekvensdomän. Bärfrekvensen f_c är 140000 Hz och bandbredden B_{chirp} är 1000 Hz.

Till slut IQ-modulerades insignaler till en signal $x(t) = x_I(t) * \cos(2\pi f_c t) + x_Q * \sin(2\pi f_c t)$ där $x_I(t)$ är I-komponenten, $x_Q(t)$ är Q-komponenten, f_c är bärfrekvensen och t är tiden. Den designade chirpsignalens sampel placerades i början av $x(t)$ och resten

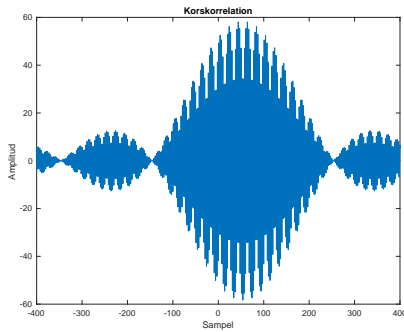
av signalen placerades därefter. Signalen kan ses i Figur 3. $x(t)$ skickades sedan till kanalen som efteråt togs upp av mottagaren.



Figur 3: Utsignal från avsändaren i frekvensdomän. Utsignalen innehåller både chirpsignalen och IQ-modulerade signalen.

2.2 Mottagare

Mottagaren tog emot en signal från kanalen som kan ha fördröjt och amplitudskalat signalen från avsändaren. Först filterades signalen till frekvensbandet som var av intresse med ett FIR-filter i form av ett bandpassfilter med gränshänsynen 130000 Hz till 150000 Hz för att få bort störningar som kan ha tillkommit från kanalen. Även här kompenserades signalen på grund av fördröjningen från filtreringen. Sedan extraherades chirpsignalen från signalen genom att välja de första sampel som innehöll chirpsignalen.

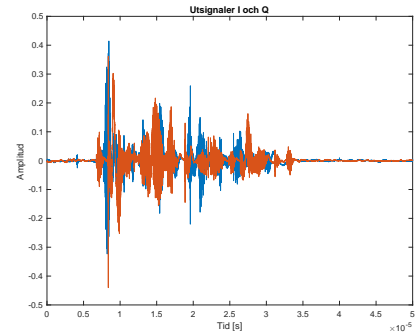


Figur 4: Korskorrelation mellan den mottagna chirpsignalen och den bestämda chirpsignalen. Grafen visar en del av korskorrelationen som är mest intressant för bestämning av amplitud och tidsfördröjning.

Efteråt användes en korskorrelation mellan den mottagna chirpsignalen och den bestämda chirpsignalen i avsändaren, som resulterade grafen i Figur 4. Detta gjordes för att kunna bestämma amplitudskalningen samt tidsfördröjningen. Här försummas störningen, vilket då ger $r_{x,y}(\lambda) = A \int_{-\infty}^{\infty} x(t - \lambda)x(t - \tau)dt$ där $r_{x,y}(\lambda)$ är korskorrelationen, A amplitud, $x(t)$ den sända chirpsignalen, λ tidpunkt och τ är tidsfördröjningen. Maxvärdet ges då $\lambda = \tau$ vilket betyder att tidsfördröjningen finns där korskorrelationen har sitt maximum. Då $\lambda = \tau$ är korskorrelationen $r_{x,y}(\lambda) = A \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t - \tau)dt$. Eftersom $x(t)$ är en

begränsad chirpsignal ges korskorrelationens amplitud vid maximum av AT där T är längden på den begränsade chirpsignalen. Då amplituden A fås genom att korskorrelationens amplitud vid maximum divideras med T behövs även T beräknas. Detta togs fram genom att göra en autokorrelation på $x(t)$ vilket ger $r_{x,x}(\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t - \lambda)x(t)dt$ där $r_{x,x}(\lambda)$ är autokorrelationen. Samma begränsade signal med längden T ger autokorrelationens amplitud vid maximum T . Amplitudskalningen var alltså korskorrelationens amplitud vid maximum dividerat med autokorrelationens amplitud vid maximum, där korskorrelationen genomfördes mellan den sända och mottagna chirpsignalen och autokorrelationen på den sända chirpsignalen.

När amplitudskalningen och tidsfördröjningen var bestämda, extraherades insignalen med I- och Q-komponenterna. Extraheringen tog hänsyn till amplitudskalningen och tidsfördröjningen genom att dividera signalen med amplitudskalningen och ta bort antal sampel från början av signalen beroende på tidsfördröjningen. Signalen IQ-demodulerades sedan för att få tillbaka de separata I- och Q-komponenterna där I-komponenten demodulerades med $x_I(t) = 2 * x(t) * \cos(2\pi f_c t)$ och Q-komponenten med $x_Q(t) = -2 * x(t) * \sin(2\pi f_c t)$. $x(t)$ är den filterade insignalen till mottagaren, f_c är bärfrekvensen och t är tid. Då IQ-demodulering också skapar oönskade signaler filterades dessa bort med ett FIR-filter i form av ett lågpasfilter med gränshänsynen $f_s/2 = 10000$ Hz. Även här behövde fördröjningen kompenseras. Till slut nedsamlades I- och Q-komponenterna till 20000 Hz vilket resulterade den i Figur 5 som ska godtyckligt efterlikna de signaler som ses i Figur 1. För att verifiera detta användes signal-brus-förhållande, förkortat SNR, där minst 25 dB var satt som godtagbar.



Figur 5: Utsignal från mottagaren i tidsdomän. Röd signal är I-komponent och blå signal är Q-komponent.

3 Resultat

Den sökta informationen:

- Kanalens fördröjning är $\tau = 54 \mu s$.
- Kanalens amplitudskalning är $A = -0,9$.
- SNR för I-komponent är 28,2 dB.
- SNR för Q-komponent är 36,1 dB.