

Extrahera information dolt i en ljudfil med hjälp av korskorrelation

EQ1270 STOKASTISKA SIGNALER OCH SYSTEM

29 februari 2016

Carl-Johan Larsson
910307-3152
Email: cjlarss@kth.se

Gustaf Rydholm
900821-1238
Email: grydholm@kth.se

Sammanfattning—En journalist vid namn Sven-Sune Skugga har kommit över ett hemligt meddelande som har gömts i en ljudfil. Meddelandet i ljudfilen avslöjar att smuggelgoods ska levereras till en studentstad i Sverige av en person. S3 har kontaktat de två skickligaste elektrikerna i världen. Utöver denna ljudfil har S3 även kommit över en kodbok för att tolka det dolda meddelandet. Det hemliga meddelandet avkodades genom att använda korskorrelering. Meddelan

Autokorrelationsfunktionen hos en svagt stationär stokastisk process anger hur signalen beror av tidigare värden. För att undersöka hur två signaler samvarierar kan man använda en generalisering av autokorrelationsfunktionen, som kallas korskorrelationsfunktionen. För två diskreta signaler $X(n)$ och $Y(n)$ definierade på samma utfallsrum ges korskorrelationsfunktionen av:

I. INTRODUKTION

Målet med projektet var att avkoda ett okänt meddelande som skickats dolt i en ljudsignal. Avkodning utfördes genom att korskorrelera ljudsignalen med de givna signaler som det okända meddelandet bestod av. Denna metod var möjlig då det okända meddelandet och ljudsignalen var okorrelerade.

II. TEORI

För att tolka signalen skapas en signalmodell där signalen y kan anses som en realisation av en stokastisk process $Y(n)$. $Y(n)$ består av två ergodiskt svagt stationära processer, $R(n)$ samt $S(n)$, där $R(n)$ är den ljudsignal som döljer den hemliga kodsekvensen $S(n)$, enligt:

$$Y(n) = R(n) + S(n) \quad (1)$$

Det är givet i uppgiftsbeskrivningen att det hemliga meddelandet, $S(n)$, kan modelleras enligt:

$$S(n) = a_s \sin(2\pi\nu_s n + \Phi_s) \quad (2)$$

Där a_s är en okänd amplitud, ν_s är en given normerad frekvens ur tabell III och Φ_s är en stokastisk variabel med rektangulär täthetsfunktion och utfallsrum $\Omega \subseteq (0, 2\pi]$.

$$E[Y(n_1)X(n_2)] = E[Y(n_1 + k)X(n_2 + k)] \quad (3)$$

Om processerna är simultant svagt stationära kan korskorrelationen beskrivas i en variabel:

$$r_{YX} = E[Y(n + k)X(n)] \quad (4)$$

För att undersöka beroendet mellan två datasekvenserna $\{x(1), \dots, x(N)\}$ samt $\{y(1), \dots, y(N)\}$ kan korskorrelationsfunktionen i ekvation 4 skattas enligt:

$$\hat{r}_{YX}(k) = \frac{1}{N - k} \sum_{n=1}^{N-k} y(n + k)x(n) \quad (5)$$

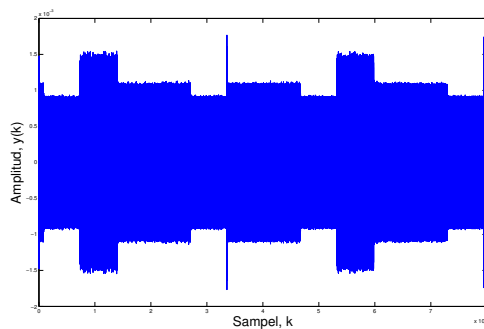
III. PRAKTIK

För att få fram det hemliga meddelandet ur ljudfilen y skapas först tre stycken hjälpsignaler, dessa hjälpsignaler har samma frekvens, se tabell I, och egenskaper som $S(n)$ och därmed kommer hjälpsignalerna och $S(n)$ att korrelera. Det är givet ur uppgiftsbeskrivningen att en bit i meddelandet är $N = 2^{16} = 65536$ lång. För att enkelt kunna urskilja de olika bitarna i meddelandet ges hjälpsignalerna denna sampellängd.

Avkodningsfrekvenser	
Signalens synkroniseringsfrekvens	$\nu_s = 4090/8192=0.499$
Logisk etta	$\nu_s = 4060/8192=0.496$
Logisk nolla	$\nu_s = 4030/8192=0.492$

Tabell I: Normerade frekvenser som representerar de olika bitarna.

Då det är givet att det hemliga meddelandet är högfrekvent används ett högpass filter för att verifiera att det meddelandet kan upptäckas. Då y filtreras kan man tydligt se ett periodiskt amplitudmönster vilket ger en indikation på att den dolda signalen har upptäckts.



Figur 1: Filtrerade signalen $y(k)$.

För att avkoda det dolda meddelandet skattas dataserier av de olika hjälpsignalerna med data-serien av signalen y enligt ekvation (5). När de tidsdiskreta hjälpsignalerna korreleras med y kan samvariationen upptäckas. Denna samvariation motsvarar då det hemliga meddelandet. Det är givet att meddelandet är kodat på ett sätt där informationen börjar och avslutas av en synkroniseringssignal. När korskorrelationen sedan illustreras grafiskt 2 kan man uttyda informationen i meddelandet. Meddelandet löd Dennis Morötter Uppsala".

Meddelandet kan tydliggöras ytterligare genom att illustrera vilken frekvens som korrelerar över vilka sekvenser. Från tabell I kan nu den slutgiltiga signalen tolkas. Se figur 3.

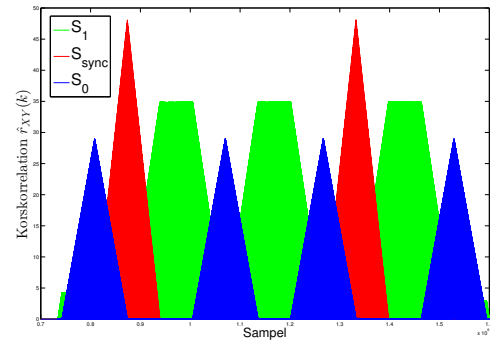
Det hemliga meddelandet kan nu avläsas till:

Synk 1 1 0 1 1 0 Synk

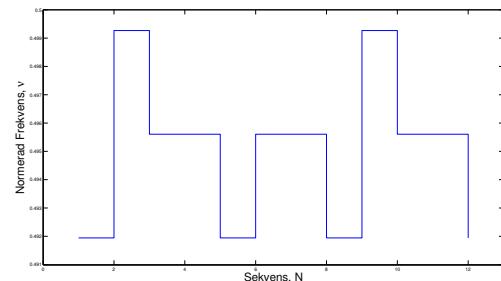
Där man med hjälp av informationen i tabell II kan tyda det dolda meddelandet ur kodboken, se tabell III.

Meddelandet som doldes i ljudfilen lyder följande:

Dennis Morötter Uppsala



Figur 2: Signalen y skattad mot hjälpsignalerna. S_1 motsvarar en hjälpsignal som representerar en logisk etta, S_0 mot en logisk nolla och S_{sync} mot synkroniseringsbiten



Figur 3: En sekvenslängd där de normalade frekvenserna representerar höjde. Detta göra meddelandet mer lättolkat.

bit 1-2	vem
bit 3-4	vad
bit 5-6	vart

Tabell II: Vilka bitar som motsvarar vad i tabell III

address	vem	vad	vart
0	Dave	Öl	Stockholm
1	Simon	Morötter	Lund
2	Petter	Fisk	Uppsala
3	Dennis	Mjöl	Linköping

Tabell III: Kodboken för att avläsa meddelandet.

IV. SLUTSATSER

När två superpositionerade signaler är okorrelerade så är korskorrelation ett otroligt effektivt verktyg för att extrahera information från signalen, givet att man känner till vid vilka frekvenser informationen skickas. I detta fall var det möjligt att erhålla resultat från filtrering, eftersom det var givet att en utav signalerna var högfrekvent.

I det generella fallet kan två signaler vara okorrelerade men ha liknande frekvenser, i det fallet är korskorrelering en mycket effektivare metod för att erhålla information i signalen än filtrering.