



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Reikniverkefni I

Fjölrásun með hornstæðum
undirböndum (COFDM)

17. nóvember 2006

Sævar Öfjörð Magnússon

Fjölrásun með hornstæðum undirböndum (COFDM)

COFDM

Í OFDM eða *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* er bitastraum sem senda skipt upp í nokkra samhliða bitastrauma, yfirleitt tugir til þúsunda. Það tíðniband sem nota á til sendinga er skipt upp í ákveðinn fjölda undirrása, og hver bitastraumur sendur yfir undirrás með því að móta bitastrauminn með einhverri staðlaðri móttunaraðferð, s.s. PSK, QAM o.s.frv. Tíðnirnar sem nota á til sendinga eru valdar þannig að þær séu hornréttar hver á aðra, sem þýðir, fræðilega séð, að truflanir milli tveggja samskiptarása séu engar.

COFDM er notað í mörgum breiðbandslausnum í dag. Nokkur dæmi:

- ADSL og VDSL breiðbandstengingar gegnum koparvíra símafyrirtækja.
- IEEE 802.11a/g þráðlaus staðarnet.
- IEEE 802.16 eða WiMax þráðlaust net.
- Samskipti yfir rafínur eða PLC.

Fræði

Útfærsla á COFDM fer eins og áður sagði fram þannig að senditíðnir eru valdar hornréttar hver á aðra. Áður en merkið er sent á burðartíðni er það kóðað þannig að tekin er andhverf stakræn Fourier vörpun eða IFFT af innmerkinu. Vitað er að innmerkið er ávallt raungilt og við gerum þá kröfu útmerki IFFT sé líka raungilt, svo hægt sé að senda merkið. Í þeim tilgangi speglum við innmerkið svo að tíðnirófið sé samhverft um 0-tíðni.

Merki $x[n]$ af lengd N er hægt að senda samhliða í COFDM þegar það er kóðað á $2N + 1$ burðartíðni. Svo er tekin IFFT af kóðaða merkinu til þess að fá merkið sem senda á, $S[n]$, sem gefið er með

$$S[n] = \sum_{k=0}^{N-1} x[k] e^{j2\pi kn/N},$$

og má því vinna upphaflega merkið úr móttteknu merki með FFT:

$$x[k] = \sum_{n=0}^{N-1} \hat{S}[n] e^{-j2\pi kn/N}.$$

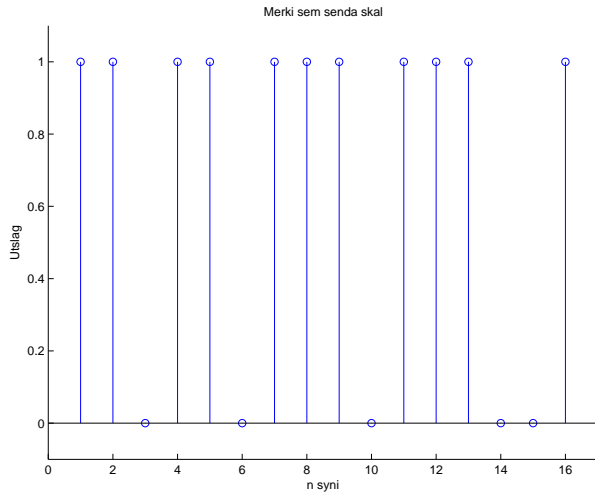
Hér er táknað $\hat{S}[n]$ merkið sem safnað er úr senda merkinu $S[n]$. Athuga þer að því að safna þarf með söfnunartíðni sem er tvöföld hæstu tíðni senda merkisins.

Matlab útfærsla

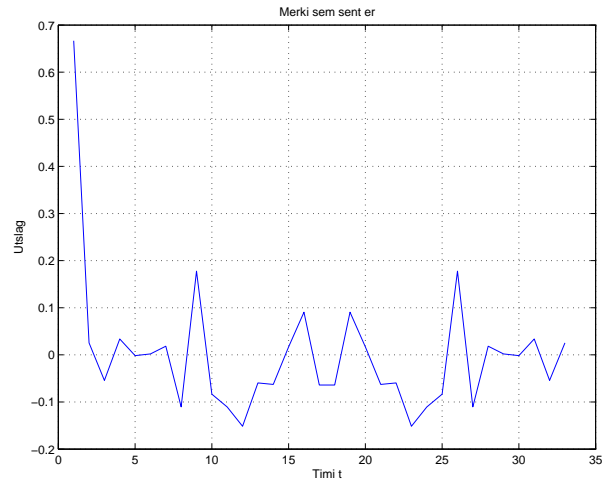
Algoritminn hér að ofan var útfærður í Matlab. Föllin `cofdm_tx` og `cofdm_rx` eru notuð til þess að senda og móttaka gögn. Fjöldi burðartíðna er reiknaður út frá bitafjölda merkisins sem senda á og eru þær alltaf einni fleiri en bitarnir þar sem ekki er hægt að senda á núlltíðni. Útmerkið sem sent er er fengið með IFFT, og við móttöku er innmerkinu safnað og FFT tekið af safnaða merkinu til þess að vinna upprunalegt merki.

Dæmi um virkni

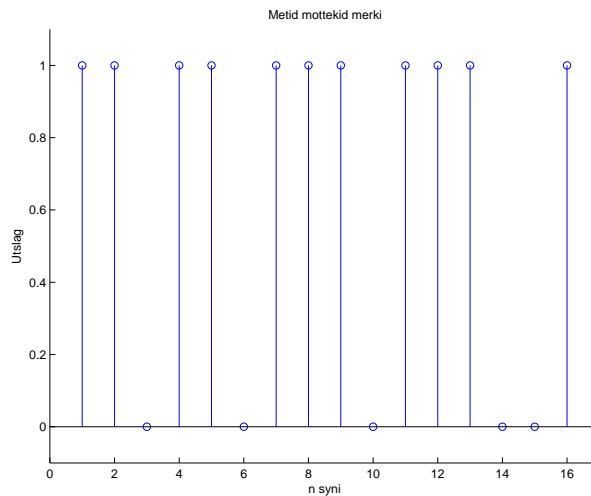
Bitaruna til þess að senda var gefin í verkefni, eða $x=1101101110111001$. Á mynd 1(a) má sjá merkið sem kóða skal til sendingar. Því er rennt í gegnum `cofdm_tx` fallið og þá fæst merkið sem er hæft til sendingar á mynd 1(b). Að lokum er því merki rennt í gegnum fallið `cofdm_rx` til þess að fá metið móttækið merki en það er sýnt á mynd 1(c).



(a) Merki sem kóða skal til sendingar.



(b) Merki sem sent er.



(c) Merki metið er eftir móttöku og afkóðun.

Við sjáum á þessum myndum að aðgerðin heppnast vel, merkið er rétt metið á móttökuefndanum.

Matlab skrár

Senda COFDM:cofdm_tx.m

```
1 function s = cofdm_send(x,N)
2     M = N-1;
3     sizex = size(x);
4     if mod(sizex(2),M) ~= 0
5         x = [x zeros(1,M-sizex(1))];
6     end
7     null = zeros(2*M+1,ceil(sizex(1)/M));
8     for k = 0:ceil(sizex(1)/M)-1
9         sx = x(k*M+1:(k+1)*M);
10        sx_speglad = [0 sx fliplr(sx)];
11        isx = real(fft(sx_speglad));
12        s(:,k+1) = isx;
13    end
```

Móttaka COFDM:cofdm_rx.m

```
1 function x = cofdm_rx(s,N)
2     M = 2*N-1;
3     sizes = size(s);
4     x = zeros(1,(N-1)*sizes(2));
5     for k = 0:sizes(2)-1
6         xs = s(:,k+1);
7         fxs = real(fft(xs'));
8         x(k*(N-1)+1:(k+1)*(N-1)) = fxs(2:N);
9     end
```

Keyrsluskrá: rv1.m

```
1 x = [1 1 0 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1];
2 N = length(x)+1;
3 s = cofdm_tx(x,N);
4 x_est = cofdm_rx(s,N);
5
6 figure(1)
7     stem(x);
8     axis([0 17 -0.1 1.1]);
9     xlabel('n_syni')
10    ylabel('Utslag')
11    title('Merki_sem_senda_skal')
12    print -depsc fj_rv1_1
13
14 figure(2)
15    plot(s);
16    grid on
17    title('Merki_sem_senta_er')
18    xlabel('Tími_t')
19    ylabel('Utslag')
20    print -depsc fj_rv1_2
21
22 figure(3)
23    stem(x_est)
24    axis([0 17 -0.1 1.1]);
25    title('Metid_mottekid_merki')
26    xlabel('n_syni')
27    ylabel('Utslag')
28    print -depsc fj_rv1_3
```
