

B2B31CZS cvičení 13 - Hilbertova transformace (HT), Výpočet okamžitých obálek signálu

Výpočet obálek signálu pomocí Hilbertovy transformace a pomocí klouzavých průměrů

Počítajte obálku signálu pro následující zpracovávané signály:

- **s1** ... reálný signál `speech_16k_HT.cs0` (vzorkovaný kmitočtem $f_s=16$ kHz, binární formát bez hlavičky, pro načtení do MATLABu použijte funkci `loadbin.m`),
- **s2** ... sinusovka s konstantní amplitudou s následujícími parametry $f=50$ Hz, $f_s=500$ Hz, délka $N_x=100$ vzorků.
- **s3** ... sinusovka s exponenciální amplitudou (modulovaná) s následujícími parametry $f=50$ Hz, $f_s=500$ Hz, délka $N_x=100$ vzorků, koeficient exponenciálního poklesu amplitudy $a=0.95$,

$$s_3[n] = a^n \cdot \sin\left(2\pi f \cdot \frac{n}{f_s}\right).$$

```
% Signál s1 - reálný signál
s1 = loadbin("speech_16k_HT.cs0");
fs = 16000; % Hz

% Signál s2 - sinus s konstantní amplitudou
f = 50; % Hz
fs = 500; % Hz
Nx = 100;

% Signál s3 - modulovaný sinus
f = 50; % Hz
fs = 500; % Hz
Nx = 100;
a = 0.95;
```

Vypočítejte analytický signál pomocí Hilbertova transformátoru, tj. $\hat{s}[n] = s[n] + j \cdot \tilde{s}[n]$ (v MATLABu funkce `hilbert`. **POZOR. Funkce vrací přímo analytický signál!**).

- Určete okamžitou obálku signálu z analytického signálu, tj. $s_{env}[n] = \sqrt{s^2[n] + \tilde{s}^2[n]}$, tj. z absolutní hodnoty analytického signálu.
- Spočítejte obálku také na základě klouzavých průměrů okamžitého výkonu signálu. Počítejte s řádem MA filtru $M=10, 30, 100$ vzorků. Vysvětlete pozorované výsledky.

```
% Výpočet analytických signálů a obálek
```

Pro signály **s1**, **s2**, **s3** zobrazte:

- asový průběh analyzovaného signálu
- Okamžitou obálku pořítanou na základě HT v reálné i imaginární složky analytického signálu
- Obálku pořítanou na základě MA filtru

```
% Zobrazení výsledk
```

Amplitudová demodulace pomocí Hilbertovy transformace.

Vezměte jako nízkofrekvenční (NF) užitečný signál $x[n]$ následující krátký úsek řečového signálu [speech_16k_HT_frame.cs0](#) (vzorkovací kmitočet NF užitečného signálu je $f_{s_x} = 16\text{kHz}$).

- Zvolte vzorkovací kmitočet VF signálu $f_{s_a} = 10 \cdot f_{s_x}$.
- Převzorkujte signál $x[n]$ na vzorkovací kmitočet f_{s_a} , tj. signál $x_a[n]$ (funkce `resample`).
- Vygenerujte nosný signál, tj. kosinusovku o kmitočtu $f_n = \frac{f_{s_a}}{8}$ stejné délky jako převzorkovaný signál $x_a[n]$.
- Vytvořte modulovaný signál podle vztahu pro amplitudovou modulaci, tj.
$$x_{am}(t) = \cos(2\pi f_n \cdot t) \cdot (1 + k \cdot x_a(t)).$$
 Hloubku modulace volte $k = 0.8$.
- Proveďte demodulaci signálu $x_{am}[n]$ na základě výpočtu okamžité obálky pomocí Hilbertovy transformace.
- Srovnajte demodulovaný signál s původním NF signálem.

```
% Vytvoření signálu a modulace  
x = loadbin("speech_16k_HT_frame.cs0");  
fsx = 16000; % Hz
```

Zobrazte:

- NF řečový signál $x[n]$
- Převzorkovaný řečový signál $x_a[n]$
- VF nosný harmonický signál $s[n]$
- AM modulovaný VF signál $x_{am}[n]$
- Okamžitou obálku signálu $x_{am}[n]$
- Demodulovaný signál, tj. podvzorkovanou okamžitou obálku modulovaného VF signálu

```
% Zobrazení výsledk
```

Srovnejte také amplitudová spektra signál $x[n]$, $xa[n]$, $s[n]$ a $x_{am}[n]$.