B2B31CZS cvičení 11 - Číslicová filtrace ve frekvenční oblasti, Metoda sčítání přesahů (OLA) s obecným oknem

Úkoly:

OLA s obecným oknem - základní implementace algoritmu

POZNÁMKA: Tato část je opakování, následující úkoly byly součástí minulého cvičení, úkoly 1 - 2.

Vytvořte posloupnost reprezentující impulzní odezvu filtru klouzavého průměru (MA) řádu $M = 100$, tj. délky $N_1 = 101$ vzorků.

Vytvořte posloupnost délky $N_2 = 4000$ vzorků reprezentující signál $x[n]$, která bude obsahovat součet:

- Sinusového signálu s nulovým fázovým posuvem a parametry $A = 1, f = 12\text{Hz}, f_s = 8000\text{Hz}$
- Bílého šumu s normálním rozložením s nulovou střední hodnotou a jednotkovým rozptylem.

Realizujte filtraci výše uvedeným filtrem pro potlačení přítomného náhodného šumu na bázi lineární konvoluce (funkce `conv`) těchto dvou posloupností a zobrazte:

- Impulsní odezvu filtru klouzavých průměrů $h[n]$ (`stem`)
- Vstupní signál $x[n]$ (`plot`)
- Výstupní signál $y[n]$, tj. výsledek lineární konvoluce $y[n] = x[n] * h[n]$ (`plot`)

```
M = 100; % Řád MA filtru
N1 = 101; % Délka imp. odezvy MA filtru
N2 = 4000; % Délka signálové směsi
A = 1; % Amplituda sinusového signálu
f = 12; % Hz
fs = 8000; % Hz

% Vytvoření signálů


% Filtrace lineární konvolucí
```

Realizace metody sčítání přesahů (OLA) s obecným oknem pro filtraci dlouhého signálu ve frekvenční oblasti

Parametry metody a jednotlivé dílčí kroky postupu jsou následující:

1. Délka okna: $\text{wlen} = 512$
2. Krok segmentace (příp. překryv okna - `overlap`): $\text{wstep} = \text{wlen}/2$
3. Typ váhovacího okna wtype: Hannovo
4. Výpočet počtu zpracovávaných oken: wnum

5. Generace nulového výstupní signálu (preallocation)
6. Hlavní cyklus pro zpracování i-tého segmentu (výběr segmentu, modifikace spektra, přičtení k výstupní posloupnosti)
7. Korekce pro nastavení jednotkového zesílení: wnorm

Vyzkoušejte jak bude vypadat výsledek při použití různých oken (Hammingovo, Blackmanovo, obdélníkové) a různých úrovní překryvu (25%, 50%, 75%).

Zobrazte a srovnejte výstupní signály vypočtené na bázi lineární konvoluce a s využitím metody OLA s obecným oknem při použití Hammingova okna s 50% (případně 75%) překryvem.

```
wlen = 512;
wstep = wlen/2;
wtype = "hann";

% wnum = ;
% y = ; % Prealokace výstupního vektoru
% Hlavní cyklus:


% Korekce jednotkového zesílení:


% Srovnání výstupních signálů lineární konvoluce a OLA s obecným oknem
```

Implementace pásmové filtrace ve frekvenční oblasti

Realizujte ve frekvenční oblasti pásmovou filtraci do telefonního pásma pro signál vzorkovaný kmitočtem $f_s = 16\mathrm{kHz}$ s využitím výše uvedené metody OLA s Hammingovým oknem a 75% překryvem. **Délku okna volte 32 ms!**

Filtraci realizujte **vytvořením masky** nulující frekvenční komponenty komplexního spektra mimo propustné pásmo $300\mathrm{Hz} \leq f \leq 3400\mathrm{Hz}$.

1. **Zobrazte vytvořenou masku filtru** (ideální frekvenční charakteristiku).
2. **Zobrazte časový průběh a spektrogram vstupního signálu** *SA107S06.CS0* ($f_s = 16\mathrm{kHz}$, bez hlavičky, 16-bit PCM, signál lze načíst pomocí funkce loadbin.m, délku okna pro krátkodobou analýzu při výpočtu spektrogramu volte $\mathrm{tlen} = 32\mathrm{ms}$).
3. **Zobrazte časový průběh a spektrogram** výstupního signálu **po filtraci** do telefonního pásma.
4. Vstupní a výstupní signály **srovnejte** rovněž **poslechem**.

```
% Vytvoření a zobrazení masky filtru


% Časový průběh a spektrogram vstupního signálu
```

```
fs = 16000; % Hz
tlen = 0.032; % s
sig = loadbin("SA107S06.CS0"); % Signál


% Filtrace do telefonního pásma


% Zobrazení časového průběhu a spektrogramu výstupního signálu
```

- *Opakujte při použití překryvu pouze 50%* a informativním poslechem ověřte kvalitu výstupního signálu.
- *Opakujte při použití pravoúhlého okna* a poslechem ověřte vliv nespojitostí na hranicích segmentů.
- *Opakujte případně s dalšími okny a různými úrovněmi překryvu* a informativním poslechem ověřte kvalitu výstupního signálu.
- *Opakujte pro řečové signály* s různými vzorkovacími kmitočty uložené v souboru speech_8_16_44.mat (binární formát v MATLABu, obsahuje 3 signály uložené v proměnných `sig8`, `sig16` a `sig44`, pro načtení použijte příkaz `load speech_8_16_44.mat`).
- Zobrazte a srovnejte časové průběhy a spektrogramy širokopásmového vstupního signálu `sig44` vzorkovaného kmitočtem $\mathrm{fs} = 44.1\mathrm{kHz}$ a výstupního signálu omezeného do telefonního pásma.

Implementace spektrálního prahování a spektrálního odečítání pro potlačení bílého šumu ve směsi sinusovek

Realizujte potlačení aditivního šumu v signálu metodou spektrálního prahování a OLA s obecným oknem pro modelovaný signál $x[n] = s[n] + b[n]$:

Čistý signál $s[n]$ je součet 2 sinusových signálů s nulovým fázovým posuvem s následujícími parametry:

- Amplituda prvního sinu: $A_1 = 0.8$
- Frekvence prvního sinu: $f_1 = 100\mathrm{Hz}$
- Amplituda druhého sinu: $A_2 = 0.5$
- Frekvence druhého sinu: $f_2 = 427\mathrm{Hz}$
- Vzorkovací kmitočet (v obou případech): $f_s = 8000\mathrm{Hz}$
- Délka signálu: $t_0 = 0.5s$

Aditivní šum $b[n]$ je bílý šum s:

- Normálním rozložením
- Nulovou střední hodnotou: $\mu = 0$
- Rozptylem: $\sigma^2 = 1.5$
- Délka signálu: $t_0 = 0.5s$

```
% Vytvoření vstupních signálů a jejich směsi
```

```
% Siny:
A1 = 0.8;
f1 = 100; % Hz
A2 = 0.5;
f2 = 427; % Hz
fs = 8000; % Hz
t0 = 0.5; % s


% Šum:
m = 0;
s = 1.5;
% t0 = 0.5;
```

Úroveň prahu pro spektrální prahování **zvolte vhodně** nad spočítanou úrovní bílého šumu v amplitudovém spektru.

Amplitudové spektrum bílého šumu pro spektrální odečítání **odhadněte z výkonu bílého šumu určeného průměrováním v horní polovině frekvenčního pásma.**

Po odečtení odhadnutého amplitudového spektra aditivního šumu vynulujte záporné hodnoty a pro převod do časové oblasti použijte fázi vstupního (zašuměného) signálu.

```
% Spektrální prahování
```

1. Zobrazte krátkodobé amplitudové spektrum vstupního zašuměného signálu v prvním zpracovávaném segmentu.
2. Vykreslete do odhadu spektra hladinu odpovídající amplitudovému spektru bílého šumu a zvolenou úroveň prahu.
3. Zobrazte časové průběhy vstupního signálu a signálu s potlačeným šumem.
4. Vyčíslete SNR pro vstupní zašuměný signál a pro výstupní signál po spektrálním prahování (SNR z prostředního úseku po odstranění počátečního a koncového neúplného výstupu, např. pro vzorky 1000:3000).

```
% Zobrazení výsledků
```

PRÁCE NA DOMA:

Implementace spektrálního odečítání

Realizujte potlačení aditivního šumu v signálu SA107S06_auto2.CS0 (věta, $f_s = 16\text{kHz}$, bez hlavičky, 16-bit PCM) metodou spektrálního odečítání a OLA s obecným oknem.

- Odhad výkonu šumu určete průměrováním amplitudového spektra v počátečním úseku bez řečové aktivity.
- Po odečtení amplitudového spektra aditivního šumu negativní složky vynulujte a pro zpětný převod do časové oblasti použijte fázi vstupního (zašuměného) signálu.

1. Zobrazte krátkodobé amplitudové spektrum vstupního zašuměného signálu v prvním zpracovávaném segmentu.
2. Vykreslete do odhadu spektra hladinu odpovídající amplitudovému spektru šumu.
3. Zobrazte časové průběhy a spektrogramy vstupního signálu a signálu s částečně potlačeným šumem.
4. Signály si ilustrativně poslechněte.

Další možné signály k filtraci:

- *SA110992_auto1.CS0* - (slovo) $f_s = 16\text{kHz}$, bez hlavičky, 16-bit PCM
- *ma034014_auto3.ils* - (věta ve stojícím automobilu) $f_s = 16\text{kHz}$, bez hlavičky, 16-bit PCM

Realizace potlačení aditivního šumu ve vlastním nahraném řečovém signálu

Nahrajte si vlastní promluvu s rušivým pozadím vzorkovanou frekvencí `16 kHz`. Při nahrávání zachovejte minimálně 1 vteřinovou pauzu na začátku promluvy a amplitudové spektrum šumu pozadí odhadněte průměrováním krátkodobých spekter v počátečním úseku bez řečové aktivity. Realizujte spektrální odečítání dle postupu výše.

1. Zobrazte časové průběhy a spektrogramy vstupního (zašuměného) i výstupního signálu s potlačeným rušivým pozadím.
2. Vstupní i výstupní signály srovnejte rovněž ilustrativním poslechem.