

MUSCLE NOISE FILTERING IN ECG SIGNAL

Jiří Novotný

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xnovot0b@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Lukáš Smital

E-mail: smital@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with muscle noise filtering in ECG signals using wiener filtration and optimization of Wiener filter numerical parameters. The optimization was performed by using the exhaustive search method, which belongs to the brute force methods and seeks the global solution. The Criterial function in the optimization process was the average SNR of filtered signals. The testing was performed on 20 random signals from the CSE database. The testing has shown that the greatest difference between the input SNR and the average output SNR was at the minimum input SNR.

Keywords: Wiener filter, wavelet transform, optimization, standard database of CSE

1. ÚVOD

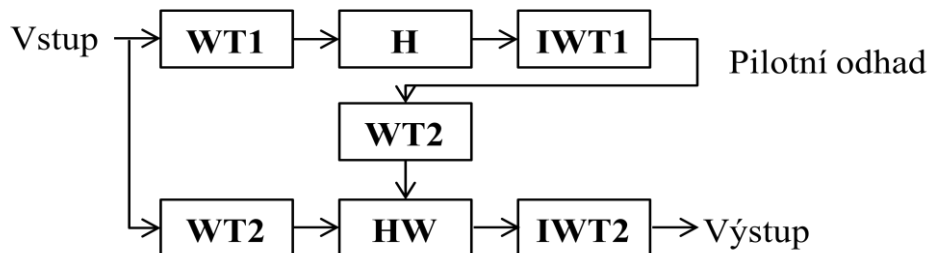
Pro filtraci signálů EKG je možné zvolit buď lineární, nebo vlnkovou filtraci. Protože se tato práce věnuje filtraci svalového rušení, které reprezentuje širokopásmové rušení a navíc se spektrum rušení a spektrum užitečného signálu prolínají, byla zvolena metoda vlnkové filtrace za použití Wienerova filtru [2].

2. VLNKOVÁ WIENEROVSKÁ FILTRACE

Vlnková Wienerova filtrace se používá k odstranění širokopásmového šumového signálu od signálu užitečného, pokud se jejich spektra navzájem prolínají. Filtrace Wienerovým filtrem se dělí do dvou větví. V horní větvi, která obsahuje vlnkovou transformaci, úpravu rozkladových koeficientů prahováním a zpětnou vlnkovou transformaci, získáme pilotní odhad signálu. V dolní větvi probíhá v bloku HW samotná Wienerova filtrace koeficientů vstupního signálu korekčním faktorem, viz Obr. 1.

$$y_m(n) = y_m(n) * g_m(n) = y_m(n) * \frac{u_{pm}^2(n)}{u_{pm}^2(n) + \sigma_{vm}^2} \quad (1)$$

Rovnice (1) je ukázkou vlastní Wienerovy filtrace, kde člen $y_m(n)$ odpovídá koeficientům v jednotlivých rozkladových pásmech vstupního signálu po vlnkové transformaci a $g_m(n)$ představuje korekční člen, v jehož čitateli se vykytují kvadráty rozkladových pásem pilotního odhadu, který je ve jmenovateli zvětšen o odhad směrodatné odchylky rozkladových pásem vstupního signálu [1].



Obr. 1: Schéma Wienerova filtru

Úprava vlnkových koeficientů je v této práci provedena prahováním rozkladových koeficientů. Pro optimalizaci číselných parametrů byl u Wienerovy filtrace realizován adaptivní empirický výpočet prahové hodnoty. Tato hodnota je vypočítána pomocí plovoucího okna, kdy se okno posunuje po signálu vždy o celou velikost okna. Tato technika je sice méně přesná než posun okna o jeden vzorek, ale časově méně náročná pro následnou optimalizaci tohoto algoritmu. K tomuto typu výpočtu prahové hodnoty byla zvolena prahovací technika hybridního (garrote) prahování.

3. OPTIMALIZACE

Pro další zpracování signálů je nutné získat signál s minimálním množstvím šumové složky, čehož je dosaženo užitím optimalizačních algoritmů na číselné parametry Wienerova filtru. V této práci probíhá optimalizace tří číselných parametrů Wienerova filtru neboli optimalizace v 3D prostoru, kdy každý optimalizovaný parametr představuje jeden rozměr. V této práci je kritériální funkce zvolena jako průměrný výstupní poměr výkonu signálu k výkonu šumu (SNR) z více signálů, pomocí kterého pak byla hodnocena úspěšnost metody filtrace širokopásmového rušení z EKG pomocí Wienerova filtru. Mezi optimalizované číselné koeficienty patří stupeň rozkladu pro vlnkovou transformaci WT1 a vlnkovou transformaci WT2. Protože byla realizována metoda adaptivního empirického prahu, bude jako zároveň optimalizována i hodnota empirické konstanty K, sloužící pro výpočet prahu [3].

3.1. ÚPLNÉ PROHLEDÁVÁNÍ

Tato optimalizační technika byla vybrána z důvodu vyhledání globálního (nejlepšího možného) řešení ve vymezených hodnotách optimalizovaných proměnných. Úplné prohledávání patří mezi metody, které se řadí do brute force metod, což znamená, že optimalizační metoda prochází veškerá možná přípustná řešení. Protože cílem této práce je optimalizace kritériální funkce ve smyslu nalezení jejího maxima, bude kritériální funkce před každým spuštěním algoritmu nastavena na nulovou hodnotu. U optimalizovaných parametrů platí, že čím hustěji jsou navzorkovány, tím přesněji lze získat polohu hledaného globálního extrému kritériální funkce. Jediné platné ukončení realizovaného algoritmu je průchod všemi přípustnými kombinacemi hodnot optimalizovaných parametrů.

Pro každé řešení je vypočtena hodnota kritériální funkce a porovnána s aktuální hodnotou kritériální funkce, která odpovídá dosud největšímu poměru SNR. Je-li nová hodnota lepší než doposud nalezená hodnota, je aktualizována stejně jako hodnoty optimalizovaných proměnných.

Hlavní nevýhodou realizované metody je její časová náročnost. Mezi hustotou vzorkování a časovou náročností algoritmu je přímá úměrnost.

4. VÝSLEDKY

Byly optimalizovány číselné koeficienty stupeň rozkladu 1 pro blok WT1, stupeň rozkladu 2 pro bloky WT2 a empirická konstanta K. Stupně rozkladu musí být celá čísla a jsou optimalizovány v intervalu $\langle 1, 10 \rangle$ s krokem 1 stejně jako odhad empirické konstanty K. Hodnota odhadu K byla následně zpřesněna v intervalu $\langle (\text{odhad } K) - 1; (\text{odhad } K) + 1 \rangle$ s krokem 0,1.

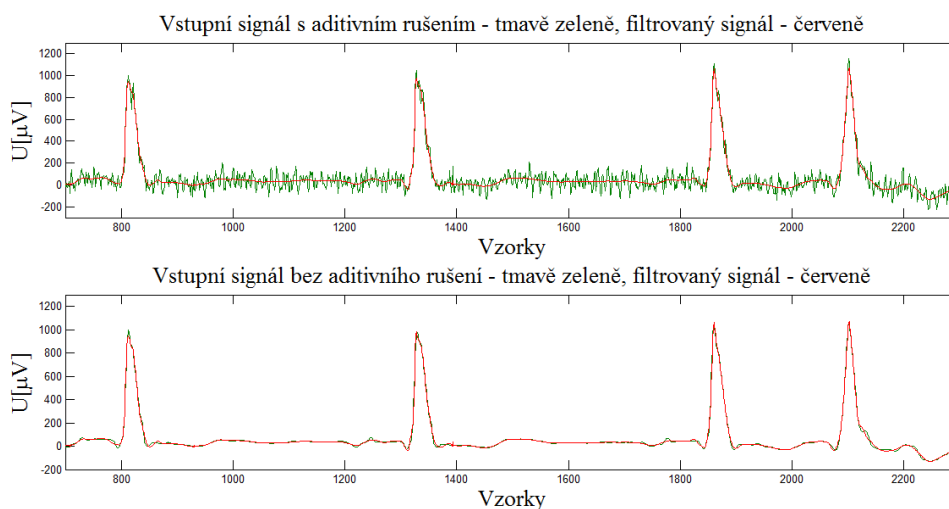
SNR_in [dB]	Stup_rozkl1	Stup_rozkl2	K	Průměrná SNR [dB]
5	4	5	2.9	20.57
10	4	5	2.9	23.73
15	4	4	3	27.21
20	4	4	2.9	30.69
25	4	4	2.6	34.20

Tab. 1: Optimalizace na 20-ti náhodně vybraných signálech ze standardní databáze CSE

V Tab. 1 jsou uvedeny optimalizované parametry a výsledná hodnota kritériální funkce v závislosti na poměru SNR_in pro pevně nastavené parametry Wienerova filtru: délka okna 430 vzorků, což

odpovídá průměrné srdeční frekvenci, vlnka 1 pro blok WT1 rbio1.3, vlnka 2 pro blok WT2 rbio4.4. Tato kombinace vlnek byla zvolena po předchozí analýze, protože dávala nejlepší výstupní poměr SNR. Z výše uvedené tabulky lze vyčíst, že čím větší je zastoupení šumové složky ve vstupním signálu, tím větší je rozdíl průměrného výstupního SNR oproti vstupnímu SNR.

Na Obr. 2 je z databáze CSE zobrazen signál MO1_074_12, svod aVL, který byl jedním ze signálů, na kterých byla provedena optimalizace. Optimalizované parametry jsou nastaveny pro `stup_rozk11` na hodnotu 4 a `stup_rozk12` na hodnotu 5, při velikosti empirická konstanty 2.9 pro vstupní úroveň šumu SNR_{in} o velikosti 10dB. Ostatní parametry Wienerova filtru jsou uvedeny pod Tab. 1. Ze spodního obrázku je patrné, že filtrace téměř nepoškozuje vysokofrekvenční pásmo signálu obsahující užitečnou informaci.



Obr. 2: Srovnání použitého signálu s filtrovaným

5. ZÁVĚR

V první části této práce byl realizován algoritmus vlnkového Wienerova filtru, který při výpočtu pilotního odhadu používá jako úpravu rozkladových vlnkových koeficientů adaptivní empirický výpočet prahu s prahovací technikou garrote.

Na wienerovský filtr navazuje optimalizační metoda úplného prohledávání. Kriteriační funkcí pro optimalizaci byla zvolena průměrná hodnota SNR na výstupu z Wienerova filtru. Optimalizace probíhala v 3D prostoru - byly optimalizovány 3 parametry - stupeň rozkladu pro blok WT1, stupeň rozkladu pro blok WT2 a empirická konstanta K.

Výsledky optimalizace pro realizovaný algoritmus vlnkového Wienerova filtru uvedené v Tab. 1 potvrdily předpoklad, že čím větší bude zastoupení šumu ve vstupním signálu, tím větší rozdíl bude mezi optimální průměrnou hodnotou poměru SNR u filtrovaného signálu oproti hodnotě SNR u vstupního signálu. Tabulkové hodnoty jsou podpořeny grafickým výstupem u jednoho signálu v porovnání s originálním signálem bez i s přidáním aditivním svalovým rušením.

REFERENCE

- [1] Chmelka, L., Kozumplík, J.: Wavelet-based Wiener filter for electrocardiogram signal denoising. *Computers in Cardiology*, 2005, roč. 32, s.771-774. ISSN 0276-6574.
- [2] SMITAL, L. Vlnková filtrace elektrokardiogramů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Jiří Kozumplík, CsC.
- [3] Zelinka, I.: Umělá inteligence v problémech globální optimalizace. 1. vyd.Praha: BEN-technická literatura, 2002. ISBN 80-7300-069-5.