

REALIZATION OF QRS DETECTOR

Jakub Kašpar

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xkaspa36@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Vitek

E-mail: vitek@feec.vutbr.cz

Abstract: The Aim of this paper is to introduce my realization of QRS detector which is based on method „QRS detection using dynamic threshold“ proposed by authors Elgendi, Jonkman and De Boer. There is proposed several modifications and enhancements in order to get the best results possible. The detector was tested on whole CSE database using either standard and orthogonal leads data.

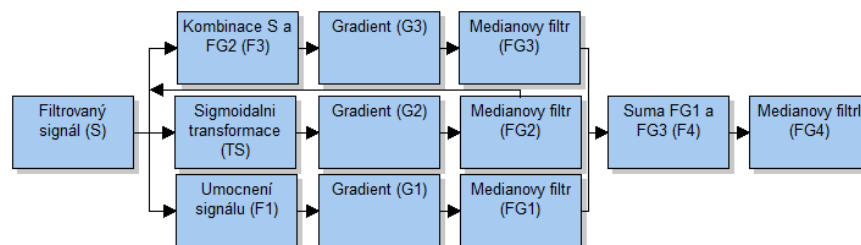
Keywords: QRS detection, CSE database, ECG signal.

1. ÚVOD

QRS komplex je nejvýraznější část celého EKG záznamu. Jedná se o záznam elektrické aktivity srdce v průběhu depolarizace komor, z jehož tvaru a délky trvání se zjišťují informace o aktuálním srdečním stavu. Vzhledem k jeho charakteristickému tvaru jsou na jeho základě postaveny některé automatické detektory srdečního pulzu. [2]

2. POPIS DETEKTORU

2.1. PŮVODNÍ DETEKTOR



Obrázek 1: Blokové schéma předzpracování detektoru

Tento detektor má poměrně dlouhou fázi předzpracování. Dochází zde k mnoha úpravám a několika kombinacím těchto úprav. Blokové schéma celého detektoru je na obrázku 1. Nejprve dochází k filtrování signálu přes pásmovou propust s mezní frekvencí 1 Hz a 13 Hz. Dojde tak k odstranění driftu a nepotřebných frekvencí. Nyní se úprava signálu rozděluje do tří větví. V první je signál umocněn (F1), vytvoří se jeho gradient (G1) a ten se nechá projít mediánovým filtrem (FG1). V druhé větvi se signál transformuje přes sigmoidální funkci (TS), opět se vytváří gradient (G2) a dochází k mediánové filtraci (FG2). Ve třetí větvi se násobí signál z druhé větve s původním filtrovaným signálem (F3). Z tohoto signálu je také vytvořen gradient (G3) a je vyfiltrován mediánovým filtrem (FG3). Nakonec se sečte se signálem z první větve (F4) a po opětovné mediánové filtraci (FG4) je signál připraven k detekci QRS komplexů. Nyní je potřeba zjistit detekční práh. Ten se vypočítá jako součet střední hodnoty a směrodatné odchylky gradientu signálu F4 (G4), na kterém se budou QRS komplexy detekovat. Poté se už jen porovnávají jednotlivé hodnoty signálu se získaným prahem a hodnoty větší se zaznamenávají. Výsledkem je vektor hodnot, který obsahuje informace o umístění a délkách jednotlivých R vln. [1]

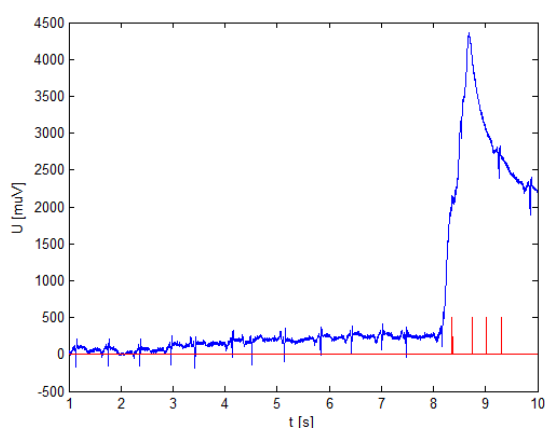
2.2. NAVRŽENÉ ÚPRAVY

Při sestrovování detektoru se narazí na několik nejasností. Z těch menších jsou to například chybné parametry transformační sigmoidální funkce, či rozdíly mezi blokovým schématem a slovním popisem principu, na kterém detektor funguje. Hlavním problémem je však mnohokrát používaný gradient. Autoři zde bohužel neuvádí žádnou bližší specifikaci, o co by se mělo konkrétně jednat, a program v tomhle místě z velké části selhává. Podle obrázků v návodu má dojít k lehkému vyhlazení signálu a potlačení ostatních vln mimo QRS komplex. Při realizaci se však některé části signálu, včetně QRS komplexů dostávají do záporných hodnot, což je pro detekci nežádoucí. Tento problém byl při realizaci vyřešen umocněním všech gradientů na druhou. Umocnění je výhodné také proto, že se zvýší poměr mezi R vlnami a ostatními složkami signálu. Z toho důvodu se k odstranění záporných hodnot gradientu nevyužívá absolutní hodnota. Po této úpravě detektor začal dosahovat mnohem lepších výsledků.

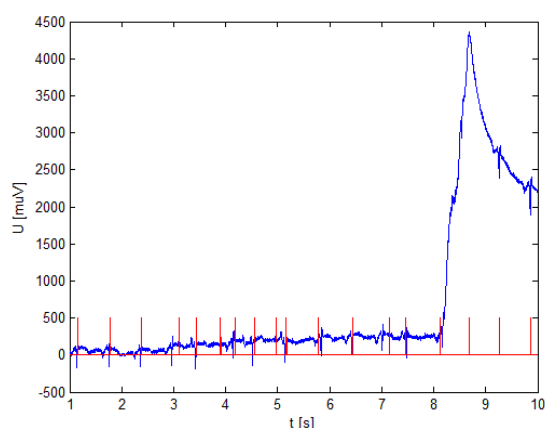
Další úpravou, která přispěla ke zlepšení výsledků detekce, byla změna signálu, ze kterého se počítá konečný práh. Místo posledního gradientního signálu je lepší využít úplně poslední signál, na kterém se poté QRS komplexy detekují.

Nezbytným přídavkem, který se musel do detekčního algoritmu přidat, bylo upravení způsobu zaznamenávání detekovaných R vln. Původní detektor totiž zaznamenával celý QRS komplex, což je pro testování na CSE databázi, kde je vždy zaznamenána jen jedna pozice R vlny, nepříjemné. Jako pozice R vlny byla tedy použita střední hodnota začátku a konce detekovaného QRS komplexu.

Při testování se narazilo na pár případů, kdy detektor nebyl schopen správně detekovat žádný QRS komplex. V drtivé většině případů byl tento problém způsoben náhlým mnohonásobným zvětšením či zmenšením amplitudy, která se vytváří pohyby pacienta při snímání. Takto velký výkyv značně ovlivní velikost detekčního prahu, což znemožní detekci ve zbytku signálu, i když by tam za normálních okolností detekce proběhla bez problému. Na začátek celého detektoru byl tedy přidán algoritmus, který po částech projíždí signál a hledá v něm maxima a minima. Poté každou z těchto hodnot porovnává s jejich mediánem. Pokud je některá z nich více než 1,4 krát větší, jsou v okně, kde se daná extrémní hodnota nacházela, všechny hodnoty větší jak medián přepsány na medián. Tím se ze signálu odstraní extrémní hodnoty a je možno detekovat ostatní QRS komplexy. Nevýhodou tohoto řešení je navýšení počtu chybně detekovaných QRS komplexů. Obrázek 2 ukazuje detekované QRS komplexy na problémovém signálu bez algoritmu omezení amplitudy a obrázek 3 ukazuje detekované QRS komplexy na stejném signálu poté, co byl tento algoritmus do detektoru přidán.



Obrázek 2: Nefiltrovaný signál s QRS komplexy zaznamenanými detektorem bez algoritmu omezení amplitudy



Obrázek 3: Nefiltrovaný signál s QRS komplexy zaznamenanými detektorem s algoritmem omezení amplitudy

3. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Detektor byl testován na celkové databázi CSE. Jedná se o 125 záznamů o dvanácti standardních svodech a 125 záznamů se třemi ortogonálními svody. Účinnost detektoru určují dvě statistické hodnoty. První z nich je senzitivita (SE), neboli procentuální vyjádření množství správně detekovaných QRS komplexů oproti všem QRS komplexům nacházejících se v EKG signálu. Druhou hodnotou je pozitivní předpovědní hodnota (+P). Ta procentuálně vyjadřuje, kolik z detekovaných QRS komplexů jsou skutečně QRS komplexy. Tyto dvě hodnoty se dále ještě rozdělují na lokální a globální. Lokální určují přesnost detekce v každém svodu, zatímco globální udávají přesnost detekce v celém EKG záznamu. [2]

Po porovnání detekovaných pozic sestrojeného detektoru s referenčními hodnotami z databáze CSE bylo dosaženo následujících výsledků.

Popisné hodnoty	Ortogonální svody	Standardní svody
SE(lokalní)	97,49 %	97,22 %
+P(lokalní)	95,56 %	96,13 %
SE(globální)	98,44 %	98,30 %
+P(globální)	98,71 %	99,11 %

Tabulka 1: Výsledky účinnosti detektoru na databázi CSE

Původní metoda dosáhla 97,5 % SE a 99,9 % +P. Byla však testována na databázi MIT/BIH, která navíc obsahovala pouze 19 EKG záznamů. Dále u těchto hodnot není uvedeno, jestli to jsou hodnoty lokální či globální.

Největší potíže měl detektor s detekováním QRS komplexů v EKG záznamech, kde se snímáný pacient nějak výrazně pohnul. Avšak díky části algoritmu, který se pokouší tento problém odstranit, se zvedla senzitivita detektoru o 1,5 %. Nechtěnou součástí je však i snížení pozitivní prediktivní hodnota o 0,8 %. Poměrově se však jedná o přínosnou operaci.

U ortogonálních svodů by se problém s nižší globální senzitivitou a pozitivní předpovědní hodnotou dal vyřešit umělou transformací na 12svodový systém.

4. ZÁVĚR

V této práci byl stručně popsán základní princip QRS detektoru s dynamickým prahem. Dále jsou diskutovány některé problémy, které se vyskytly při realizaci a jsou zde navrženy postupy a doplňky, jak tyto problémy opravit a zvýšit tak co nejvíce efektivitu detekce. Navržený detektor byl nakonec otestován na kompletní databázi CSE. Po porovnání výsledků detekce s referenčními hodnotami, byla vypočtena senzitivita a pozitivní prediktivní hodnota navrženého detektoru a to jak v lokální, tak globální oblasti.

REFERENCE

- [1] ELGENDI, M.; JONKMAN, M.; DE BOER, J. Improved QRS Detection Algorithm using Dynamic Threshold. Improved QRS Detection Algorithm using Dynamic Threshold. Vol. 2, No. 1, pp. 16., 2009.
- [2] KOHLER, B.U.; HENNING, C.; ORGLMEISTER, R. The principles of software QRS detection. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol. 21, No. 1, pp. 42-57, 2002.