

DELINEATION OF EXPERIMENTAL ECG RECORDS

Kateřina Bucsuházy

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xbucus00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Vítek

E-mail: vitek@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with QRS complex detection and ECG delineation. The proposed method is based on redundant dyadic discrete wavelet transform. It is designed for experimental electrocardiograms of isolated rabbit hearts and it is evaluated through manually determined references. The obtained results showed good accuracy and detection sensitivity and are comparable with another methods.

Keywords: QRS detection, ECG delineation, wavelet transform, experimental ECG.

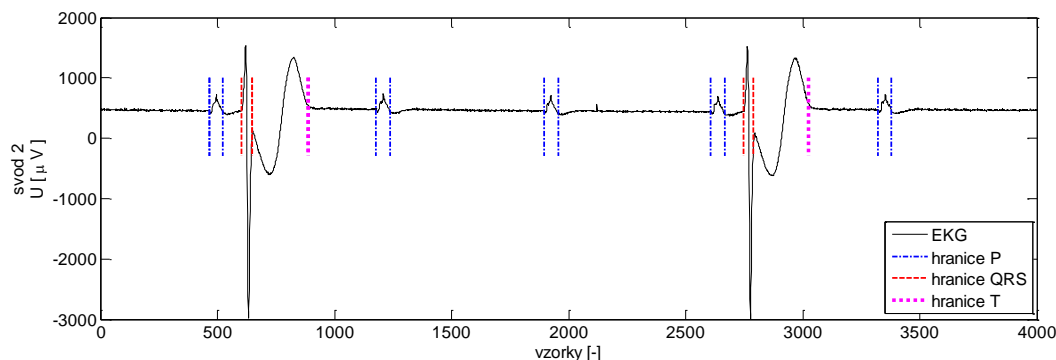
1. ÚVOD

Snímání a analýza elektrokardiografických signálů je důležitým nástrojem pro diagnostiku srdečních patologií. Jedná se především o informace o délce trvání některých významných intervalů, případně vln a kmitů. V této práci bude představeno rozměření experimentálních záznamů EKG získaných z izolovaných králičích srdcí pomocí Langendorffova perfuzního systému.

2. METODY

Pro realizaci rozměřovacího algoritmu byla využita redundantní dyadická diskretní vlnková transformace, tedy varianta bez podvzorkování výstupů, neboť tato varianta je výhodná pro detekci charakteristických útvarů. Pro transformaci byla použita vlnka s lichou symetrií, která transformuje extrémy v signálu na průchody nulou. Konkrétně byla dle [2] použita vlnka bior1.5.

Výchozím krokem je detekce komplexů QRS a jejich hranic. Přesnost tohoto kroku určuje spolehlivost rozměrování. Pro maximalizaci spolehlivosti bylo využito kombinace jednotlivých svodů. Na detekci komplexů QRS a jejich hranic navazuje detekce vln T, po níž následuje detekce vln P. Oddělení detekce vln T a P umožňuje detekci nevázaných vln P (obrázek 1).



Obrázek 1: Ukázka rozměření úseku signálu z vlastní databáze

Vlny T a jejich konce jsou detekovány v signálu s eliminovanými komplexy QRS. Eliminace je realizována už v jednotlivých rozkladových pásmech, přičemž signál je následně rekonstruován pomocí zpětné transformace. Eliminace je zpřesněna v rekonstruovaném signálu. Vlny P a jejich hra-

nice jsou detekovány v signálu s eliminovanými komplexy QRS a vlnami T. V tomto případě je eliminace realizována nahrazením úseku od počátku komplexu QRS po konec vlny T přímkou.

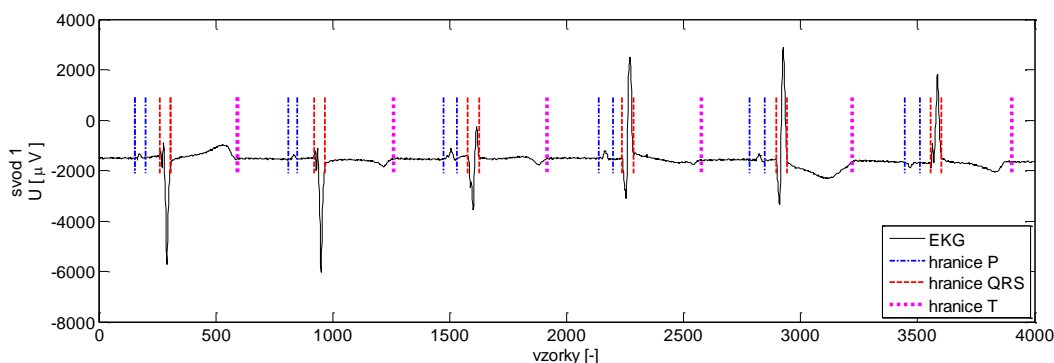
Jednotlivé útvary (kmitů a vlny) jsou hledány jako průchody nulou mezi páry maximum/minimum event. minimum/maximum. Za tímto účelem byly v jednotlivých rozkladových pásmech detekovány lokální extrémů signálu získané jeho derivací, přičemž vybírány byly pouze takové extrémů, jejichž absolutní hodnota přesahuje hodnoty prahu. Práh se odvíjí od směrodatné odchylky signálu a jeho hodnoty se pro jednotlivá rozkladová pásma i jednotlivé útvary liší. Volba rozkladových pásem se odvíjí od charakteru detekovaného útvaru v souladu s jejich spektrálními vlastnostmi. Pro komplexy QRS je využíváno pásmo první až páté, pro vlny T pásmo páté až sedmé. Detekce vln P využívá pásem dva až pět.

Detekované extrémů jsou následně zpracovány pomocí shlukové analýzy, přičemž průchod nulou odpovídající detekovanému útvaru je vyhledán mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou extrémů v každém ze shluků. Útvar je detekován, pokud je takovýto průchod nulou nalezen alespoň v polovině pásem. Falešně pozitivní detekce jsou potlačovány pomocí rozhodovacích pravidel.

Na detekci kmitů a vln navazuje nalezení jejich hranic. Využívány jsou opět nadprahové hodnoty lokálních extrémů. V případě detekce začátků kmitů a vln je hledána pozice extrémů příslušející danému shluku, která leží nejvíce vlevo. V případě detekce konců kmitů a vln je hledána pozice extrémů příslušející danému shluku ležící nejvíce vpravo. Konkrétní hodnota hranic se odvíjí od násobků hodnot prahu, přičemž hodnoty násobků se pro jednotlivé hranice liší. Taktéž volba rozkladového pásma, v němž je hranice hledána, se odvíjí od detekovaného útvaru.

3. VÝSLEDKY

Pro ověření algoritmu byla sestavena vlastní databáze z experimentálních signálů s vzorkovací frekvencí 2000 Hz, získaných z izolovaných králíčích srdcí. Vyřazeny byly signály, jejichž povaha je pro rozměření nevhodná, tedy signály, u nichž došlo v průběhu měření k vypadnutí jedné z elektrod, případně signály velmi postižené rušením. Pro tuto databázi byly po konzultaci s veterinářkou manuálně stanoveny referenční hodnoty.



Obrázek 2: Rozměření signálu z vlastní databáze – otáčení srdce v průběhu snímání

Do databáze byly zařazeny signály různé morfologie, převážinou sinusového rytmu, zařazeny byly ovšem i signály s blokádami převodního systému. Zajímavé jsou například signály, u kterých bylo v průběhu snímání srdcem otáčeno podél osy z, a tedy se mění charakter signálu v průběhu snímání (obrázek 2). Databáze obsahuje také signály s depresí či elevací ST úseku nebo signál s extrasystolou.

Spolehlivost rozměření kmitů a vln se odvíjí od spolehlivosti detekce těchto jednotlivých útvarů, neboť není-li správně detekován komplex QRS nebo vlny T a P, nemohou být správně nalezeny ani jejich hranice. Rozměření bylo ověřeno na 10 signálech. Dosažené výsledky detekce vln a kmitů ilustruje Tabulka 1, výsledky rozměření ilustruje Tabulka 2.

	P	QRS	T
Počet	264	237	246
SE/P+ [%]	99,24/99,62	99,58/99,58	99,58/99,58

Tabulka 1: Výsledky detekce vln P a T a komplexu QRS na vlastní databázi (SE: senzitivita detekce, P+: pozitivní prediktivita detekce)

	P začátek	P konec	QRS začátek	QRS konec	T konec
SE/P+ [%]	99,24/99,24	99,24/99,24	99,58/99,58	99,16/99,16	99,15/99,15
$m \pm s$ [ms]	$-2,9 \pm 5,6$	$-1,6 \pm 4,8$	$-1,3 \pm 1,6$	$-4,6 \pm 3,4$	$5,8 \pm 11,9$
2sCSE [2]	10,2	12,7	6,5	11,6	30,6
Martínez [1] $m \pm s$ [ms]	$-4,9 \pm 5,4$	$-1,0 \pm 6,4$	$1,3 \pm 6,3$	$5,8 \pm 10,9$	$1,3 \pm 21,8$

Tabulka 2: Porovnání výsledků rozměření na vlastní databázi (P+: pozitivní prediktivita detekce, SE: senzitivita detekce, m: průměrná odchylka mezi referenčními a detekovanými pozicemi, s: směrodatná odchylka mezi referenčními a detekovanými pozicemi, 2sCSE: maximální povolená směrodatná odchylka mezi referenčními a detekovanými pozicemi)

Spolehlivost detekce a rozměření komplexů QRS je snížena především případy, kdy komplex volně přechází ve vlnu T. Spolehlivost detekce a rozměření vln P je snížena mj. výskytem signálu s extrasystolou, po níž vlna P následuje nasuperponována na vlnu T. Tento případ nelze detekovat, neboť se výskyt vlny P překrývá s výskytem vlny T. Problematickým se jeví rozměření vlny T, která pomalu přechází do izoliny. Projevuje se zde také nevýhoda globálního detektoru, v případech kdy průběh vlny T v jednotlivých svodech není zcela shodný.

4. ZÁVĚR

V této práci bylo představeno rozměření záznamů EKG získaných z izolovaných králičích srdcí. Pro realizaci je využita redundantní dyadická diskretní vlnková transformace a antisymetrická vlnka bior1.5. Pro maximalizaci spolehlivosti jsou výsledná detekce a rozměření realizována jako vícesvodové.

Jako přínosné lze hodnotit oddělení detekce a rozměření jednotlivých útvarů, kdy detekce a rozměření komplexů QRS je výchozím bodem pro detekci vln T a jejich konců. Vlny P jsou detekovány a rozměřeny v signálu s eliminovanými vlnami T a komplexy QRS, což umožňuje rozměření signálů s několikanásobným výskytem vln P.

Vzhledem k tomu, že rozměření je realizováno na experimentální databázi, je algoritmus obtížně srovnatelný s publikovanými metodami. Pro srovnání byla tedy vybrána alespoň metoda využívající vlnkové transformace. Lze říci, že v případě rozměření vln P algoritmus dosahuje srovnatelných výsledků, v případě komplexů QRS a vln T jsou dosažené směrodatné odchylky nižší. Dosažené hodnoty směrodatné odchylky také splňují kritérium 2sCSE.

REFERENCE

- [1] Martínez, J. P.; Almeida, R.; Olmos, S.; Rocha, A. P.; Laguna, P. A wavelet-based ECG delineator: evaluation on standard databases. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 51, No. 4, pp. 570-581, 2004.
- [2] Vitek, M. Automatické rozměření signálů EKG. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 129 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Jiří Kozumplík, CSc.