

HEART RATE MEASUREMENT USING SMARTPHONE ACCELEROMETER

Jiří Víteček

Biomedical Technology and Bioinformatics, FEEC BUT

E-mail: xvitec03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Andrea Němcová

E-mail: xnemco01@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: The article deals with the possibility of the heart rate measuring using smartphone's accelerometer. This method is shortly described in the first part of this article. The second part describes methodology and testing. Testing confirmed the possibility of using the proposed method for successful measurement of heart rate using smartphone's accelerometer. Finally, the conclusion and recommendations are described.

Keywords: Heart rate, heart rate measurement, smartphone, accelerometer

1 ÚVOD

Jednou ze základních vyšetřovacích metod v lékařství je měření tepové frekvence (TF). Pozorováním změn TF můžeme odhalit změny v krevním oběhu. Pokles či vzrůst TF pod/nad určitou mez je varovným signálem v činnosti srdce. Kardiovaskulární onemocnění jsou celosvětově nejčastější příčinou smrti člověka [3]. Na tato onemocnění každoročně umírá asi 17,5 milionu lidí, což představuje 31 % všech úmrtí. Měření TF pomáhá včas odhalit poruchy srdečního rytmu. Hlavními faktory ovlivňujícími TF jsou věk, pohlaví, dechová nedostatečnost, léky, onemocnění, stres a další. Zlatým standardem pro měření TF je elektrokardiografie (EKG) [2]. Mezi další metody stanovení TF patří vyhodnocení z impedančních změn, objemových změn tkáně či akustických projevů srdce [1]. Novější metody využívající chytrý telefon pro měření TF používají např. integrovanou zadní kameru s diodou, přední kameru, mikrofon či akcelerometr. Tyto metody, které pracují s chytrými telefony, jsou levné, rychlé, neustále dostupné a snadno použitelné. Tento článek představuje metodu stanovení TF využívající akcelerometr, s jehož pomocí je získán tzv. balistokardiogram. Metoda vychází z článku [5] a rozšiřuje jej. Zpracováním balistokardiogramu lze pak získat samotnou TF. Tato metoda se zatím běžně nepoužívá v chytrých telefonech.

2 METODA MĚŘENÍ

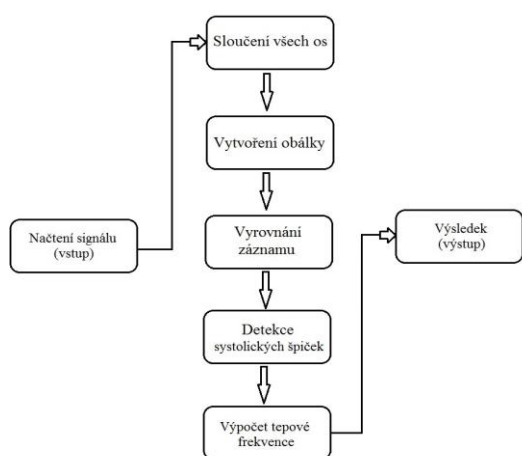
Metoda měření TF pomocí akcelerometru vychází z principu balistokardiografie. U této neinvazivní metody se snímají mechanické pohyby těla způsobené činností srdce. Akcelerometr je součástka, které měří zrychlení a v chytrých telefonech se běžně používá např. pro monitoraci pohybu člověka či ve stabilizátorech fotoaparátů.

Pro získání dat z mobilního telefonu je využita mobilní aplikace Matlab Mobile, která po spuštění příkazu bezdrátově odešle data do předem spárovaného PC se spuštěným programem Matlab. V tomto programu byl také vytvořen algoritmus pro záznam i následný výpočet TF. Algoritmus shrnuje blokové schéma na Obrázku 1.

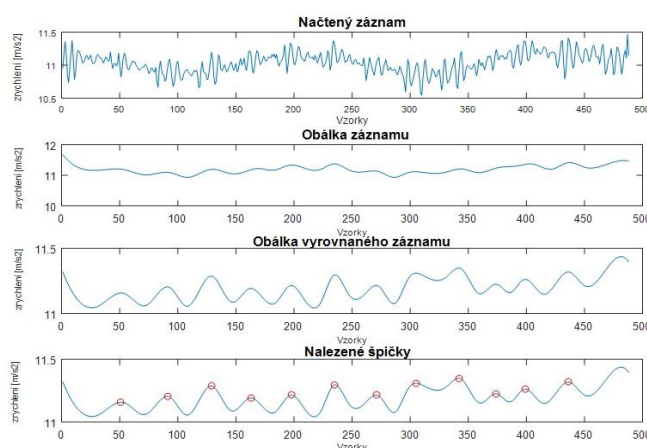
Akcelerometr snímá data ve 3 osách, proto jsou signály ze tří os sloučeny do jedné proměnné, se kterou se dále pracuje. Tep se projeví jako náhle zvýšené a snížené zrychlení, na grafu tedy vidíme periodicky se měnící výchylku záznamu. Z toho důvodu se jako další vhodný krok jeví vytvoření obálky. To je možné např. pomocí Hilbertovy transformace, Shannonovy energie či mediánového

filtru, mnou navržený algoritmus ovšem používá specifickou funkci programu Matlab2016b *envelope*. Tato funkce vytvoří obálku podle rozsahu analytického signálu, který je nalezen pomocí implementace diskrétní Fourierovy transformace v Hilbertově transformaci. Poté se odstraní zvlnění záznamu způsobené dýchacími pohyby. Následuje detekce systolických špiček v záznamu. Nakonec se provede samotný výpočet TF. Vzdálenosti mezi špičkami jsou přepočteny na sled hodnot TF a následně se ze získaných hodnot z 10 s záznamu vybere medián, který nám zajistí eliminaci případných extrémních a nepřesných hodnot. V App Designeru programového prostředí Matlab2016b byl vytvořen program pracující s tímto algoritmem. Obrázek 2 ukazuje postupně upravovaný záznam.

Navržený algoritmus je výpočetně nenáročný, a proto vhodný k implementaci v odpovídajícím programovém prostředí přímo pro Android, iOS či jiný mobilní operační systém.



Obrázek 1: Blokové schéma algoritmu.



Obrázek 2: Postupné zpracování záznamu v prostředí Matlab

3 .METODIKA

Pro úspěšné snímání dat je nutné, aby vyšetřovaná osoba ležela co nejvíce v klidu a pokud možno vodorovně, aby se mobilní telefon samovolně nepohyboval. Vyšetřovaná osoba může být průměrně oblečena (tričko, košile, mikina). Mobilní telefon se položí na tělo vyšetřované osoby, a to na oblast hrudníku či břicha. Nelze přesně určit místo pro umístění telefonu, jelikož proporce lidského těla jsou velice individuální. Během testování se jako nejvhodnější místo ukázala prostřední oblast břicha, konkrétně místo, kde končí hrudní kost a začíná dutina břišní. Z hlediska kvality signálu se jako téměř srovnatelná jeví oblast srdečního hrotu. Zde ovšem nastává problém u žen, jelikož prsa často působí překážku omezující dobré umístění mobilního telefonu.

4 TESTOVÁNÍ VYTVOŘENÉHO ALGORITMU

Vytvořená aplikace byla testována na 10 dobrovolnících, kteří byli poučeni a dali ústní informovaný souhlas. Při výběru dobrovolníků byl brán ohled na rovnoměrné zastoupení pohlaví i věkové kategorie. Testování bylo provedeno pomocí 3 mobilních telefonů s OS Android. Konkrétně se jednalo o Samsung Galaxy S5 Mini, Sony Xperia Z2 a Lenovo Vibe P1m. Každý z výše uvedených mobilních telefonů byl na každém dobrovolníkovi testován za 3 podmínek (se zadržným dechem, s dýcháním, po zátěži). Celkem bylo tedy provedeno 90 měření. Pokud bylo měření napoprvé neúspěšné, byl mobilní telefon posunut na místo s předpokladem získání lepšího záznamu. Takto se postupovalo nanejvýš 5× a poté bylo měření označeno jako neúspěšné. U starších osob nebyl vyžadován test po zátěži. Jako referenční údaj byla použita hodnota TF z pulsního oxymetru Nonin Onyx II. Kompletní výsledky měření uvádí Tabulka 1.

S	Sony Xperia Z2						Lenovo Vibe P1m						Samsung Galaxy S5 Mini						
	Bez dýchání [tepů/min]		S dýcháním [tepů/min]		Po zátěži [tepů/min]		Bez dýchání [tepů/min]		S dýcháním [tepů/min]		Po zátěži [tepů/min]		Bez dýchání [tepů/min]		S dýcháním [tepů/min]		Po zátěži [tepů/min]		
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
1.	72	75	73	74	100	93	71	73	74	74	95	96	73	69	75	76	104	107	
2.	74	70	63	64	X	X	72	69	61	62	X	X	X	X	X	X	X	X	
3.	72	71	65	67	88	94	73	71	61	62	X	X	X	X	X	X	X	X	
4.	61	63	73	68	98	96	X	X	X	X	X	X	57	63	X	X	X	X	
5.	100	100	96	97	117	115	92	94	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
6.	66	70	66	68	75	79	70	72	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
7.	68	70	67	67	96	95	72	72	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
8.	75	76	67	68	93	94	62	62	63	65	81	84	68	65	73	69	87	85	
9.	63	65	X	X	N	N	67	63	X	X	N	N	60	58	X	X	N	N	
10.	58	58	X	X	N	N	55	56	65	59	N	N	48	53	55	53	N	N	
U	10/10	8/10	7/8	9/10	5/10	2/8	5/10	3/10	2/8										
	25/28						16/28						10/28						

Tabulka 1: Výsledky testování. (P – program, R – reference, S – subjekt, N – neměřeno, X – neúspěšné měření, U – počet úspěšně provedených měření/celkový počet).

5 VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Testování potvrdilo, že za určitých podmínek je možné měřit TF s dobrými výsledky. Mezi zásadní faktor pro úspěšné měření TF patří hodnota vzorkovací frekvence (F_{vz}) akcelerometru mobilního telefonu. Tento parametr v aplikaci Matlab Mobile nastavit nelze. Sony Xperia Z2 pracuje s $F_{vz} = 50$ Hz, Lenovo Vibe P1 s $F_{vz} = 15$ Hz a Samsung Galaxy S5 Mini s $F_{vz} = 10$ Hz. Již v průběhu testování bylo na vykreslených grafech vidět, že telefony s nižší F_{vz} nedokáží tak kvalitně zaznamenat tep. Pokud bychom brali F_{vz} jako údaj, který nelze změnit, vychází z testu jednoznačně nejlépe Sony Xperia Z2, tzn. pro úspěšné měření je zapotřebí F_{vz} alespoň 50 Hz. U telefonu Sony Xperia Z2 bylo úspěšně provedeno 89 % měření, u Lenovo Vibe P1 pak 57 % měření a u Samsung Galaxy S5 Mini jen 36 %. Z výsledků je dále patrné, že u mužů bylo měření častěji úspěšnější, než u žen. U žen se také častěji opakovaně hledalo vhodné místo pro měření. Také můžeme říci, že měření se zadržným dechem je přesnější a úspěšnější. Na kvalitu záznamu a následné zpracování má nejspíše dále vliv velikost a hmotnost telefonu, citlivost a rozlišení akcelerometru, vrstva oblečení, frekvence dýchání a tělesné proporce.

Zpracování záznamu a výpočet je v kódové části významně ovlivněn parametrem vzorkovacího intervalu funkce *envelope*, jelikož každý mobilní telefon pracuje s jinou F_{vz} . Dále je výpočet ovlivněn parametry u funkce *findpeaks*, která zajišťuje detekci špiček.

REFERENCE

- [1] CHMELARĚ, Milan a Jiří ROZMAN. Lékařská přístrojová technika I. Praha: SNTL, 1982.
- [2] COULSON, Morc a David ARCHER. Practical fitness testing analysis in exercise and sport. London: A. & C. Black, 2009. ISBN 9781408111048.
- [3] WHO, Fact sheet: Cardiovascular diseases (CVDs), Reviewed September 2016.
- [4] THALER, Malcolm S. EKG a jeho klinické využití. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4193-2.
- [5] GAVRIEL, Constantinos a Kim H. PARKER a A. Aldo FAISAL. Smartphone as an ultra-low cost medical tricorder for real-time cardiological measurements via ballistocardiography. 2015 IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN), 19 October 2015.