

# Kompaktní senzorický systém pro sběr biologických signálů

Matouš POKORNÝ<sup>1</sup>, Jan HAVLÍK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra teorie obvodů

[pokormat@fel.cvut.cz](mailto:pokormat@fel.cvut.cz)

*Abstrakt:* Tento článek pojednává o kompaktním senzorickém systému pro sběr biologických signálů se zaměřením na asistivní technologie a telemedicínské aplikace. Senzorický systém je určen pro dlouhodobý sběr biologických signálů v běžném životě pacienta, hendikepované osoby či seniora. Základním požadavkem na senzorický systém je věrohodnost naměřených dat a komfort uživatele. Na základě získaných signálů by mělo být možné indikovat a predikovat krizové stavy monitorované osoby, jako např. srdeční arytmie, zástava dechu, pád osoby na zem a podobně. V článku je uveden návrh řešení takového to senzorického systému a diskuze možných problémů při realizaci a aplikaci.

## 1. Úvod

Rychlý vývoj elektroniky a techniky obecně umožňuje konstrukci stále dokonalejších diagnostických a monitorovacích lékařských přístrojů. Tyto přístroje pomáhají lékařům a zdravotnímu personálu při diagnóze, léčbě a zdravotnické péči převážně v lékařských zařízeních, nemocnicích a klinikách. Zde jsou rizikové osoby, u kterých je vyšší pravděpodobnost ohrožení zdraví či života, jako jsou pacienti s chronickým onemocněním, hendikepované osoby a senioři pod dohledem a v případná riziková situace je okamžitě indikována a řešena. Popsaný projekt má pomoci implementovat jednoduché dohledové a diagnostické funkce (kontrola dechu, srdečního rytmu, fyzické aktivity) do běžného života rizikových osob tak, aby se bez většího omezení mohli věnovat svým běžným činnostem. Senzorický systém tvoří část mobilní jednotky, kterou má monitorovaná osoba neustále u sebe. Pokud mobilní jednotka vyhodnotí daný okamžik jako krizovou situaci, upozorní své okolí (zvukově, opticky, vibrací) a neprodleně reportuje (bezdrátově pomocí mobilní sítě) stav např. ambulanci, nejbližší pohotovosti, blízkým postižené osoby.

Popisovaný senzorický systém se skládá z několika více či méně inteligentních snímačů, sbírá a případně předzpracovává měřené biosignály tak, aby krizové stavy byly vyhodnoceny spolehlivě a v co nejkratší možné době (desítky sekund). Konkrétní provedení senzorického systému musí být kompaktní a pohodlné na užívání, jako například naslouchátko pro nedoslýchavé, náramkové hodinky nebo pouzdro upevněné na paži pro běžce, a zároveň funkční (v závislosti na fyzikálním principu snímačů) tak, aby naměřená data byla věrohodná a aktuální. Takové to požadavky na senzorický systém přinášejí mnoho teoretických a praktických problémů, které není snadné odstranit. Je třeba vyřešit například principy měření požadovaných biosignálů, napájení celého systému, konstrukční provedení vzhledem k užívání 24 hodin denně / 7 dní v týdnu a uživatelskou přívětivost.

Senzorický systém ve formě prstenu je popsán v článku (4), článek (5) popisuje systém pro monitorování osob v domácím prostředí. V (6) je uveden komplexní systém detekce a reportu krizových situací pomocí mobilní sítě.

## 2. Návrh senzorického systému

Uvedený sensorický systém snímá biologické signály, které jsou vstupem algoritmů indikujících a predikujících krizové stavy monitorované osoby. Výběr snímaných biologických signálů má zásadní vliv na výslednou funkci celého systému. Samotný snímač musí být neinvazivního charakteru a musí spolehlivě měřit fyzikální veličinu v běžném životě monitorované osoby (aktivní pohyb, spánek, atd.). Biologické signály a způsoby snímání uvažované pro detekci krizových stavů jsou shrnuty v tabulce 1. Snímače byly vybírány tak, aby jejich princip, konstrukce a umístění co nejméně obtěžovaly monitorovanou osobu.

**Tab. 1: Biologické signály vhodné pro detekci krizových stavů**

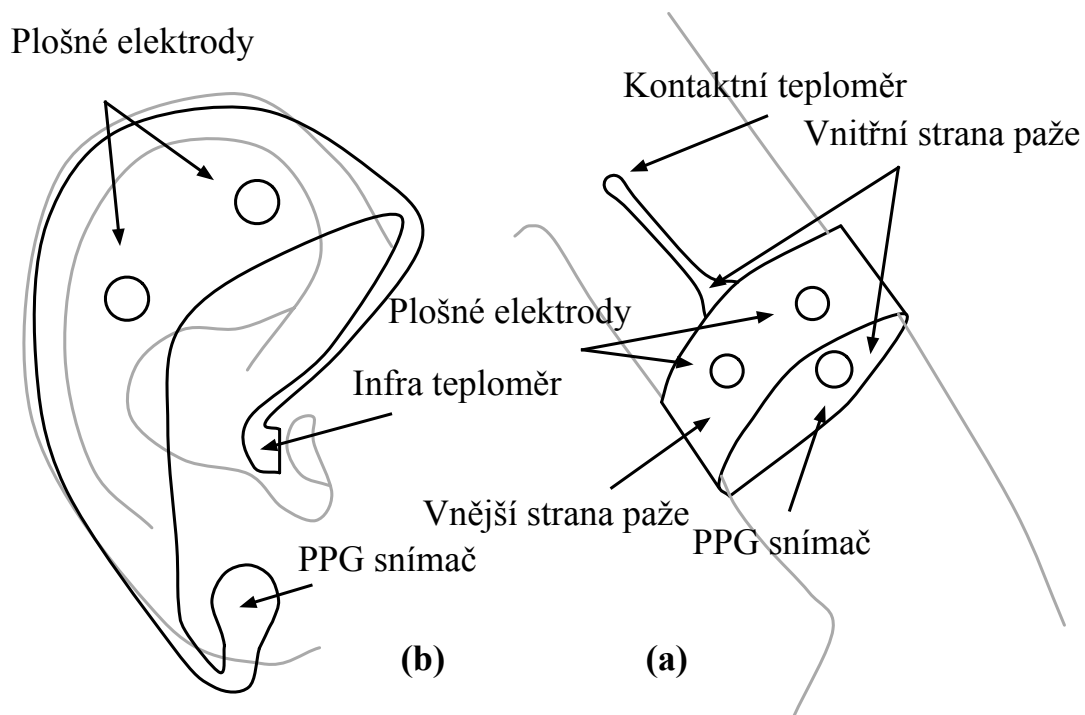
Měřený signál	Snímač	Aplikace
Tělesná teplota	kontaktní nebo infračervený teploměr	celkový stav organismu, detekce spánku
Okolní teplota	kontaktní teploměr	referenční hodnota
Povrchová vodivost kůže	plošné elektrody	psychické rozpoložení, fyzická aktivita, detekce spánku
Poloha, zrychlení a dráha	inerciální vztažná soustava	fyzická aktivita, výdej energie, poloha monitorované osoby
Photoplethysmogram	optický snímač (infračervená a viditelná červená vlnová délka)	poruchy srdečního rytmu, detekce dechu, okysličení krve

Z uvedených biologických signálů je velmi užitečný především photoplethysmogram (PPG) a povrchová vodivost kůže (Galvanic Skin Response – GSR), protože obsahují mnoho informací, které lze využít, a princip snímání je velmi jednoduchý. Z PPG lze určit většinu důležitých veličin souvisejících s fyzickou kondicí monitorované osoby jako je srdeční rytmus, dech, okysličení krve, krevní tlak, srdeční výdej a stav cév (1). PPG se měří pomocí optického snímače tak, že se dobře prokrvená tenká část těla (ušní lalůček, prst na ruce nebo noze) prosvěcuje infračervenou LED diodou a fotodioda měří intenzitu prošlého záření. Pro určení okysličení krve je třeba jako zdroj záření použít dvě LED diody, vyzařující infračervené záření (905, 910, nebo 940 nm) a viditelné světlo červené barvy (660 nm). Fotodioda měří intenzitu prošlého záření z každé LED diody samostatně, poměr těchto hodnot vyjadřuje okysličení krve. Povrchová vodivost kůže úzce souvisí s psychickým (stres, napětí, únava) i fyzickým stavem (teplo, fyzická aktivita) monitorované osoby. Nervový systém člověka automaticky řídí potní žlázy, které produkcí potu zvětšují vlhkost kůže a tím přímo ovlivňují vodivost kůže. Prudký pokles vodivosti kůže slouží jako indikátor, že nervový systém reaguje na nečekanou událost, například šok.

Pokud se naměřené signály, které se významově doplňují nebo překrývají, vhodně sloučí, zvýší se spolehlivost a věrohodnost detekce krizových stavů.

Navrhované provedení senzoričkého systému jsou na obrázku 1. Varianta na obrázku 1(a) je inspirovaná MP3 přehrávačem pro běžce. PPG senzor je reflexní, umístěný z vnitřní strany paže, a je zaměřen na pažní tepnu. Snímač teploty je v tomto případě kontaktní a pracuje obdobně jako běžný lékařský teploměr, je umístěn v blízkosti podpaží. Výhodou této varianty je též, že na pásku senzoričkého systému může být přímo umístěna jednotka detekce kritických stavů, tvoří tak společně kompaktní celek. Problém může nastat v případě, že paže monitorované osoby neumožňuje (tuková vrstva, vrásčitá kůže) dostatečný průchod záření z PPG senzoru, tento problém nehrozí u senzoričkého systému inspirovaného naslouchátkem, obrázek 1(b), kde PPG senzor snímá prokrvení ušního lalůčku (lze i reflexně uvnitř boltce). Tělesná teplota je snímána bezkontaktně uvnitř ucha pomocí inteligentního infračerveného teploměru. Umístění inerciální vztažné soustavy (Inertial Measurement Unit – IMU) a elektrod pro určení povrchové vodivosti kůže již není tak kritické.

**Obr. 1: Navrhované varianty provedení kompaktního senzoričkého systému**



### 3. Realizace

Navržené varianty kompaktního senzoričkého systému budou vyrobeny v několika prototypch. Mechanická, ergonomicky tvarovaná, konstrukce se navrhne pomocí 3D CAD softwaru a vytiskne se z plastické hmoty (ABS, PA) na 3D tiskárně. Tento postup je velmi vhodný pro takoveto výroby a vzhledem ke kusové výrobě je i finančně nenáročný.

Finální prototypy se otestují v laboratorních podmínkách a hlavně na koncových uživatelích. Na základě dlouhodobě zaznamenaných dat ze snímačů (spolehlivost snímání, reprodukovatelnost dat) a dojmů uživatelů se vybere nejvhodnější varianta.

Funkční prototypy budou též zařazeny do výuky lékařské techniky jako demonstrace systému pro vzdálené monitorování pacienta.

## 4. Závěr

Článek pojednává o kompaktním senzorním systému pro sběr biologických signálů, který je určen pro asistivní technologie a telemonitoring pacientů. Popsány jsou požadavky na takovýto systém a dva návrhy možného řešení, senzorní systém snímající na paži a na uchu. Dále jsou diskutovány problémy při nasazení těchto řešení. Předložený projekt má navázat na úspěšný projekt Intelligent Primer Nurse, se kterým členové týmu Biomedical Electronics Group (2) získali první cenu v soutěži Autonomie: Integrated Electronic Solutions for Human Assistance (3).

## Poděkování

Práci na tomto projektu vede školitel specialista Ing. Jan Havlík, Ph.D., projekt je podporován grantem Českého vysokého učení technického v Praze číslo SGS12/143/OHK3/2T/13 a také výzkumným projektem číslo MSM 6840770012 Českého vysokého učení technického v Praze (sponzoruje Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky).

## Reference

- [1] Allen, J. Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological Measurement* (2007), vol. 28 no. 3.
- [2] Webové stránky Biomedical Electronics Group, <http://bmeg.fel.cvut.cz/>, duben 2012.
- [3] Webové stránky soutěže Autonomie: Integrated Electronic Solutions for Human Assistance, <http://www.stm32circle.com/projects/contest.php>, duben 2012.
- [4] Asada, H. H.; Shaltis, P.; Reisner, A.; Rhee, S.; Hutchinson, R. C. Mobile Monitoring with Wearable Photoplethysmographic Biosensors. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* (2003).
- [5] Kaňtoch, E.; Jaworek J.; Augustiniak, P. Design of a wearable sensor network for home monitoring system. *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, pp. 401–403
- [6] Rahman, A.; Alhamid, M. F.; Gueaieb W.; Saddik, A. An Ambient Intelligent Body Sensor Network For e-Health Applications. In International Workshop on Medical Measurements and Applications, Cetraro, Italy, May 29-30, 2009.