

MULTICHANNEL EMG SIGNAL PROCESSING FOR GESTURE RECOGNITION

Štěpán Brázdil

Bachelor Degree Programme (3.), FEEC BUT

E-mail: xbrazd18@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Vratislav Harabiš

E-mail: harabis@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with the complex solution of the problem concerning the design and implementation of the system for the collection, classification and visualization of EMG signal. Project is designed with respect to possible future applications like implementation of a real limb model controlled by the proposed system. The main goal of this work is developing of functional program code in Matlab that allows visualization basic upper limb gestures (e. g. grip, finger extension) in the graphical user interface.

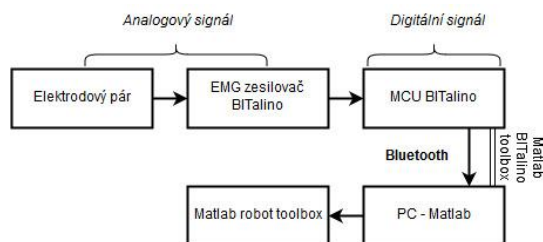
Keywords: EMG, classification, BITalino, Matlab, gestures of upper limb

1 ÚVOD

Vývoj v oboru protetiky je jednou z klíčových oblastí, která může pomoci reálně přispět ke zlepšení životního komfortu pacientů s amputovanou končetinou, či usnadnit každodenní život interaktivním ovládáním elektronických prvků (např. použití gest pro ovládání robotických zařízení). V současné době lze evidovat celou řadu nízkonákladových systémů, které mohou pomoci k masovému rozšíření elektronicky ovládaných protéz. Pouze malá část z nich zahrnuje prostředky pro testování a snímání EMG signálu. Tato práce si klade za hlavní cíl navrhnout a vytvořit potřebný systém, kterým by bylo možné snímat a zároveň graficky zobrazovat signál EMG (včetně modelu končetiny), a tím přispět ke snazší budoucí implementaci robotického systému ovládaného právě elektromyografickým signálem. To vše zahrnuje výběr vhodných akvizičních prostředků (mikrokontrolér a zesilovač) a softwarového vybavení pro klasifikaci.

2 HARDWAROVÉ ŘEŠENÍ

V této pasáži budou probrány jednotlivé komponenty, ze kterých je navržený akviziční systém sestaven. Vzájemné propojení komponent ilustruje schéma níže.

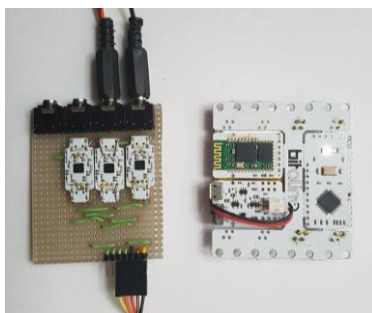


Obrázek 1: schéma propojení

2.1 ZESILOVAČ A MIKROKONTROLÉR BITALINO

Byl zvolen zesilovač a AVR vydaný pod značkou BITalino. Jsou navrženy přímo pro aplikace snímání elektromyografických signálů. Zařízení komunikuje s počítačem pomocí připojení Bluetooth 2.0 [3]. Pro snadnou manipulaci a jednoduché připojení nalepovacích elektrod byla navržena a

vytvořena základní deska plošného spoje (univerzální plošný spoj), která umožňuje připojení elektrod pomocí konektoru jack 3.5 mm. Počet elektrod akvizičního systému je ovlivněn počtem využívaných kanálů mikrokontroléru. Použité AVR umožňuje využít maximálně 4 kanály (pro 10 bitové rozlišení). Využívá se bipolárního zapojení, kdy pro všechny požadované kanály je zapojena pouze jedna referenční elektroda.



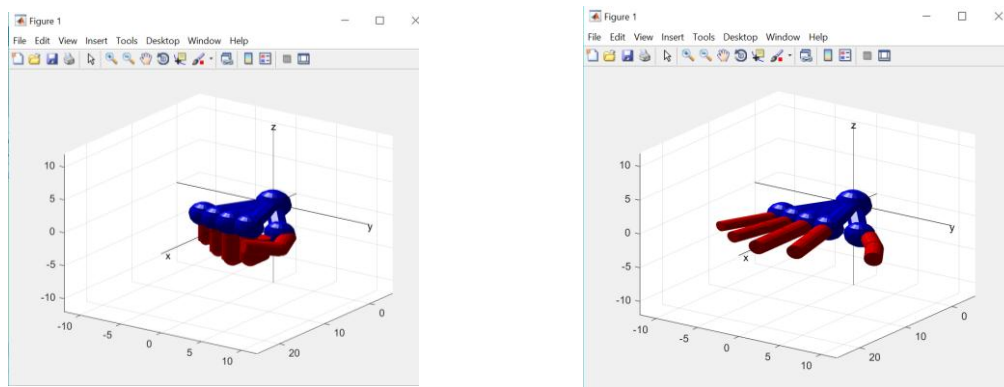
Obrázek 2: hardwarové vybavení

3 SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ

Celý programový kód je napsaný v jazyce Matlab. Pro rozšíření základních možností programu jsou využívány dodatečné toolboxy.

3.1 MODEL KONČETINY

Pro vizualizaci a namodelování virtuální končetiny je použit Matlab robot toolbox [1]. Tento balíček umožňuje pomocí Denavit-Hartenbergovy reprezentace soustav vyjádřit libovolný pohyb vymodelované robotické soustavy. Na základě empirických znalostí byla vytvořena trajektorie základních gest končetiny. Celý systém má podobu znázorněnou na obr. **Obrázek 3**.



Obrázek 3: grafické znázornění horní končetiny

3.2 KLASIFIKAČNÍ ALGORITMUS

Celý program je rozdělený na učící a vybavovací část. V učící části je nejdříve nutné signál z jednotlivých kanálů zpracovat a rozdělit na aktivní a pasivní část. Toho je docíleno pomocí nastavení prahu v okně, dle vypočítaného parametru RMS, který udává míru výkonu signálu v časové oblasti.

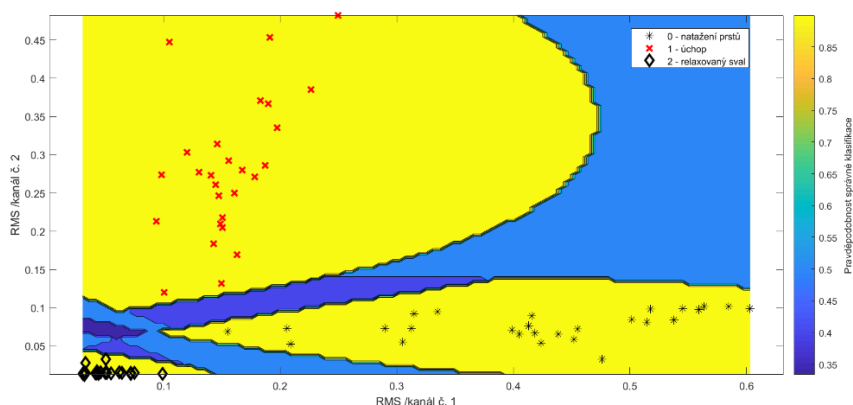
$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n^2} \quad (1)$$

Z takto rozčleněných signálů, které byly nasnímány při vykonávání jednotlivých svalových pohybů (gest), jsou přímo parametry RMS zpracovány v klasifikační metodě SVM (support vector machines). Tento klasifikátor se vyznačuje rychlou výpočetní schopností a nastavením pouze několika

parametrů. Bylo využito Gaussovy transformační funkce pro možnosti řešení nelineárně separabilního problému. Zbývající dva parametry nutné k vytvoření klasifikátoru jsou nalezeny automaticky, na základě Bayesova optimalizačního algoritmu. Toto řešení umožní rychlou adaptaci na aktuální sestavení elektrod, a tedy hodnot napětí signálu. K jednotlivým nacvičeným gestům byly přiřazeny indexy a systém SVM je tímto připraven pro klasifikaci. Druhá vybavovací část se již skládá ze snímání EMG signálu v reálném čase, zpracování v okně 256 ms, výpočet parametru RMS a vstup vektoru příznaků do natrénovaného systému SVM. Výstupem je číselný index, který odpovídá provedenému gestu. Tato informace je následně zobrazena ve formě provedeného gesta na vytvořeném modelu. [2]

4 DOSAVADNÍ VÝSLEDKY

V této fázi vývoje lze konstatovat, že propojení celého systému je zcela funkční. Lze zpracovávat informace v reálném čase, s přijatelným zpožděním s ohledem na zpětnou vazbu vůči uživateli. Pro základní gesta sevření, rozevření dlaně včetně stavu nečinnosti je systém téměř bezchybný a dokáže rozpoznat a ovládat model končetiny s 95% úspěšností. Testování proběhlo na jedné osobě po dobu 10 minut, přičemž počet provedených klasifikací byl přibližně 2300 (vzhledem k použitému oknu 256ms). Pro klasifikaci bylo využito signálů ze 2 kanálů, snímaných ze svalové skupiny flexor a extensor digitorum. Trénování probíhalo v 20 sekundovém cyklu pro každé gesto zvlášť.



Obrázek 4: grafické znázornění natrénovaného SVM z hlediska vymezení oblastí klasifikace

5 ZÁVĚR

Z dosavadních výsledků je patrné, že systém je vhodný pro zobrazení základních pohybů, tj. binární klasifikaci. Pro zjišťování složitějších gest je systém stále vylepšován a v tomto směru bude probíhat další vývoj. Celkové požadavky systému vyžadují jednak programové prostředí Matlab a díky grafickému prostředí alespoň základní grafický akcelérátor. Pro nasazení jakožto nositelnou elektroniku systém momentálně není uzpůsoben.

REFERENCE

- [1] PAJAK, I. The Matlab Toolbox for Modeling Complex Mechanisms. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering* [online]. 2014, 19(2), 285-301 [cit. 2017-10-14]. DOI: <https://doi.org/10.2478/ijame-2014-0019>. ISSN 1734-4492.
- [2] R. NAIK, Ganesh, ed. Computational Intelligence in Electromyography ANALYSIS – A Perspective on Current Application and Future Challenges. Rijeka (Chorvatsko): InTech, 2012. ISBN 978-953-51-0805-4.
- [3] *Electromyography (EMG) Sensor Data Sheet*. Lisabon, 2016. Dostupné také z: http://bita-lino.com/datasheets/EMG_Sensor_Datasheet.pdf