



دانشگاه زنجان - دانشکده ی فنی مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان:

کنترل بازوی یک روبات با به کارگیری سیگنال های الکترومایوگرام دست انسان

استاد راهنما: دکتر مصطفی چرمی

نگارش: مهدیس محمدی زرکوب

دی ماه ۱۳۹۵

کنترل بازوی یک ربات با به کارگیری سیگنال های الکترومایوگرام دست انسان

چکیده:

در این پروژه سعی شده است تا ساختار سخت افزاری با استفاده از روش های کنترلی جدید معرفی شود که راهی کارآمد و مؤثر در جهت ارتقای سطح کنترلی و کارکردی روبات ها باشد. ابتدا به بررسی استفاده از سیگنالی مطلوب برای فرمان دهی پرداخته شده است. سیگنال پیشنهادی الکترومایوگرام است. در واقع روبات موجود بایستی فرمان حرکت در راستای بالا و پایین را از سیگنال الکترومایوگرام بگیرد. به عبارتی روبات همزمان در راستای حرکت دست شخص عمل می کند؛ که در آینده می توان این طرح را به تقلید حرکت های بیشتری تعمیم داد. در ابتدای کار با ضبط ۱۰ نمونه سیگنال الکترومایوگرام در هنگام حرکت ساعد دست کاربر به بالا و پایین به تحلیل و شناخت سیگنال الکترومایوگرام پرداخته شده است. سپس سخت افزاری با استفاده از جدیدترین فناوری های حال حاضر دنیا شامل یک برد آردوینو، سه عدد الکتروود به همراه لیدوایر^۱ های اتصال به برد اصلی، برد حسگر عضله مایوور^۲، سرو SG5010 و در نهایت بازوها که برای سبک بودن از جنس پلک سی گلاس^۳ هستند، ساختاری سبک، قابل جابه جایی و نسبتاً دقیقی معرفی شده است که بدون نیاز به حضور شخص متخصص می تواند به راحتی توسط کاربر جهت کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار گیرد. در آینده جهت افزایش دقت در ساختار پیاده سازی شده می توان علاوه بر سیگنال الکترومایوگرام از سیگنال الکتروانسفالوگرام نیز فرمان گرفت.

واژه های کلیدی: سیگنال الکترومایوگرام – EEG – EMG – آردوینو – سنسور – بازو – الکتروود

¹ LeadWire

² MyoWare Muscle Sensor

³ PlexiGlass

۲۳	۵-۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:
۲۴	فصل ششم: مقایسه‌ی دو سیگنال زیستی EEG و EMG
۲۴	۱-۶ معرفی اجمالی سیگنال تصور مغزی (EEG):
۲۵	۱-۱-۶ منشأ سیگنال EEG:
۲۵	۲-۱-۶ خصوصیات امواج مغزی:
۲۷	۳-۱-۶ روش‌های ثبت سیگنال EEG
۲۸	۴-۱-۶ نکات قابل توجه در طراحی یک دستگاه EEG:
۲۸	۵-۱-۶ کاربردهای دستگاه EEG:
۲۸	۶-۱-۶ پارامترهای قابل توجه در انتخاب دستگاه EEG:
۲۹	۲-۶ جمع‌بندی:
۳۱	۳-۶ نتیجه‌گیری:
۳۲	فصل هفتم: معرفی آردینو
۳۲	۱-۷ آردینو:
۳۲	۲-۷ آردینو چه‌کار می‌تواند انجام دهد؟
۳۳	۱-۲-۷ وایرینگ:
۳۳	۲-۲-۷ پروسیسینگ:
۳۴	۳-۷ انواع مختلف آردینو:
۳۴	۱-۳-۷ آردینو اونو:
۳۵	۲-۳-۷ آردینو نانو:
۳۶	۳-۳-۷ آردینو لی‌لی‌پد:
۳۷	۴-۳-۷ آردینو مگا ۲۵۶۰:
۳۸	۵-۳-۷ آردینو نندوینو:
۳۹	۴-۷ محیط‌های کد نویسی آردینو:
۳۹	۱-۴-۷ بهترین IDE برای آردینو:
۳۹	۲-۴-۷ برنامه‌ها:
۴۰	۳-۴-۷ تفاوت کامپایلر و IDE:
۴۱	۵-۷ مقایسه‌ی آردینو، میکروپروسسور و میکروکنترلر:
۴۱	۱-۵-۷ میکروپروسسور:
۴۲	۲-۵-۷ میکروکنترلر:
۴۳	۳-۵-۷ آردینو:
۴۵	۴-۵-۷ نتیجه‌گیری:
۴۶	فصل هشتم: سنسور دریافت سیگنال الکترومایوگرام

فصل اول: مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از سیگنال‌های زیستی و دادن بایوفرمان^۱ ها به ربات‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. تصور کنید یک فیزیوتراپیست بتواند همزمان با قدم برداشتن خود، بیمار را به برداشتن قدم‌های درست هدایت کند؛ و یا یک بیمار قطع عضو، عضو مصنوعی خود را به خوبی عضو طبیعی باراده‌ی خویش حرکت دهد. یا تصور کنید اگر در منزل یا در هر محیط کاری که نیاز به جابه‌جایی اشیا باشد، از انرژی استفاده کنید که حتی از راه دور حرکت دست شما را تقلید کرده و در همان جهت با نیرویی چند برابر شده شیء را جابه‌جا کند، بدون اینکه هیچ فشار یا سنگینی را متحمل شوید تنها کافی است دست را در جهتی که می‌خواهید حرکت دهید. امروزه کشورهای پیشرو در زمینه‌ی رباتیک توانسته‌اند ماشین‌هایی را طراحی و پیاده‌سازی کنند که فرمان را مستقیماً از ذهن انسان دریافت می‌کند و تنها کافی است شما به آنچه می‌خواهید عمیقاً تمرکز کنید و مثلاً به خودروی خود با ذهن فرمان دهید که به سمت چپ یا راست بپیچد. این پروژه گامی است در جهت تحقق چنین اهدافی تا کیفیت پروتزها^۲ و ماشین‌های رباتیک ارتقا یافته و باعث بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها شود.

در این مقاله ابتدا به معرفی سیگنال الکترومایوگرام^۳ و چرایی استفاده از آن در مقایسه با الکتروانسفالوگرام^۴ پرداخته شده است. سیگنال‌های الکترومایوگرام در کاربردهای بسیاری از جمله بیویزشکی^۱، آزمایشگاهی، پروتز یا دستگاه‌های توان‌بخشی و ارتباطات ماشین‌های انسانی حضور مؤثری دارد، اگرچه نوین سیگنال‌های EMG

مانع مهمی در راه رسیدن به بهبود عملکرد کاربردهای فوق است. بازیابی، پردازش و تحلیل دسته‌بندی‌ها در الکترومایوگرام بسیار مطلوب است چراکه این عمل موجب استانداردسازی و ارزیابی دقیق‌تری از ویژگی‌های

¹ BioCommand

² Prosthesis

³ Electromyogram "EMG"

⁴ Electroencephalogram "EEG"

نوروفیزیولوژی، توان بخشی و یافته‌های مفید فناوری می‌شود. این مقاله به موضوعات پیش رو از دو جنبه می‌پردازد:

اول: معرفی و مقایسه به جهت توضیح چرایی استفاده

و دوم: پیاده‌سازی سخت‌افزاری سبک و نسبتاً کوچک که سادگی فوق‌العاده آن به هر شخص غیرمتخصصی به راحتی اجازه‌ی استفاده و تحلیل می‌دهد.

پردازش سیگنال الکترومایوگرام نه تنها برای تحقیقات در حوزه‌ی فیزیولوژی و درمان بالینی بیماری‌ها

اهمیت دارد بلکه برای مهندسين بیومدیکال^۱ که بایستی برای دست‌کاری‌ها و خلاقیت‌هایشان سیگنال‌های

فیزیولوژیکال^۲ را توسط طراحی سیستم‌ها و الگوریتم‌ها پردازش و ترجمه کنند نیز بسیار مهم است. با توجه

به اینکه تکنیک‌ها و روش‌های تحلیل سیگنال EMG به سادگی قابل دسترس هستند علاوه بر اینکه می‌توان

طبیعت و رفتار سیگنال را به درستی دریافت کرد، همچنین می‌توان سخت‌افزاری برای کاربردهای مختلف

مرتبط با سیگنال EMG پیاده‌سازی کرد. تا به حال تحقیقات و تلاش‌های وسیعی در این حوزه صورت گرفته

است، از جمله: به کارگیری الگوریتم‌های مطلوب‌تر، به روزرسانی اصول موجود، بهبود تکنیک‌های دریافت در

راستای تضعیف نویز و به دست آوردن سیگنال‌های EMG دقیق. فناوری ضبط EMG نسبتاً جدید است.

هنوز محدودیت‌هایی در آشکارسازی و نمایان کردن رفتار غیرخطی موجود در سیگنال‌های سطحی سیگنال

الکترومایوگرام^۳ وجود دارد از جمله: تخمین فاز و به دست آوردن اطلاعات دقیق؛ که با استفاده از اصول

قدیمی نمی‌توان اطلاعات دقیقی را که سیگنال را پوشش دهند به دست آورد. در طی این پروژه هدف یافتن

الگوریتم‌های پردازشی الکترومایوگرام نیست بلکه می‌خواهیم سخت‌افزاری به منظور ارتقای کیفیت طراحی

پروتزها معرفی و پیاده‌سازی کنیم که در نتیجه بتواند باعث بهبود کیفیت زندگی شود.

¹ BioMedical

² Physiological

^۳ یک تکنیک مخصوص برای مطالعه سیگنال‌های عضلانی

فصل دوم: معرفی سیگنال الکترومایوگرام

۲-۱ معرفی سیگنال الکترومایوگرام:

جریان‌های کوچک الکتریکی پیش از فراورده‌ی نیروی ماهیچه توسط فیبرهای ماهیچه‌ای تولید می‌شوند. این جریان‌ها توسط ردوبدل شدن یون‌ها در طول غشا فیبرهای ماهیچه‌ای به وجود می‌آیند که این بخشی از پردازش سیگنالی فیبرهای ماهیچه‌ای برای منقبض شدن است. سیگنالی که الکترومایوگرام^۱ نامیده می‌شود می‌تواند با استفاده از عناصر رسانا، الکترودهای سطحی پوستی و یا نفوذ به داخل ماهیچه اندازه‌گیری شود. دریافت سیگنال الکترومایوگرام سطحی^۲ معمول‌ترین روش اندازه‌گیری است چراکه بدون جراحی و نفوذ است و می‌تواند به صورت شخصی بدون نیاز به پزشک با کمترین ریسک و خطری صورت گیرد.

اندازه‌گیری الکترومایوگرام سطحی به تعدادی از فاکتورها بستگی دارد و دامنه‌ی سیگنال الکترومایوگرام سطحی از میکرو ولت (uV) تا میلی ولت (mV) متغیر است. دامنه، زمان و ویژگی‌های محدوده‌ی فرکانسی سیگنال الکترومایوگرام سطحی به فاکتورهایی نظیر موارد زیر وابسته است:

- زمان و شدت انقباض ماهیچه
 - فاصله‌ی الکترودها از ناحیه‌ی فعال ماهیچه
 - ویژگی‌های بافت زیرین (برای مثال: ضخامت پوست زیرین و بافت چربی)
 - ویژگی‌های الکترودها و تقویت‌کننده
 - کیفیت محل اتصال بین الکترودها و پوست
- در اغلب موارد، اطلاعات زمان و شدت انقباض ماهیچه مطلوب است. باقی فاکتورها تنها تغییرپذیری

ضبط‌های EMG را بدتر می‌کند و موجب سخت‌تر شدن تفسیر نتایج می‌شود. باین حال روش‌هایی وجود

¹ Electromyogram "EMG"

² Surface EMG "sEMG"

درد که اثر شدیدی را که فاکتورهای غیر ماهیچه‌ای روی ویژگی‌های سیگنال EMG دارند، کاهش می‌دهد. برای مثال بسیاری از این تغییرپذیری در سیگنال SEMG می‌تواند در طی موارد زیر به حداقل برسد:

- استفاده کردن از الکتروود و تقویت‌کننده‌ی یکسان (به‌منظور پارامترهای حالت سیگنال یکسان)
- تضمین سازگاری در کیفیت محل اتصال بین الکتروودها و پوست

در ارتباط با همین موضوع، تغییرپذیری سیگنال SEMG می‌تواند در جلسات متوالی ضبط با قرار دادن الکتروودها در محل یکسانی روی پوست نیز کاهش یابد. علاوه بر این، روش‌های دیگری نیز وجود دارند که سیگنال EMG را نرمالایز کنند تا تغییرپذیری را در هر صورت کاهش دهند. بسیاری از مهم‌ترین بحث‌ها پیرامون به دست آوردن و تحلیل سیگنال SEMG اخیراً در توافق‌نامه بین‌المللی طرحی به نام SENIAM¹، «الکترومایوگرام سطحی برای ارزیابی غیرتهاجمی ماهیچه‌ها» گردآوری شده است.

اندازه‌گیری و ارائه‌ی دقیق سیگنال SEMG به ویژگی‌های الکتروود و فعل‌وانفعالات آن‌ها با پوست، طراحی تقویت‌کننده و اندوخته‌ی قبلی سیگنال EMG از فرم آنالوگ به دیجیتال (تبدیل A/D²) بستگی دارد.

کیفیت EMG اندازه‌گیری شده غالباً با نسبت سیگنال EMG اندازه‌گیری شده به بخش‌های نویز ناخواسته‌ی ناشی از محیط بیان می‌شود. هدف افزایش دامنه‌ی سیگنال در ضمن کاهش نویز است. با فرض اینکه طراحی تقویت‌کننده و پردازش تبدیل A/D استانداردهای قابل قبول را داشته باشند، نسبت سیگنال به نویز به‌طور مشخص توسط الکتروودها و مخصوصاً ویژگی‌های الکتروود، کنترلیت، محل اتصال پوست، تعیین می‌گردد.

در ادامه فاکتورهایی را که رفتار سیگنال EMG را تحت تأثیر قرار می‌دهند با تأکید بر مکانیسم‌هایی که منجر به افزایش سازگاری و دقت سیگنال SEMG می‌شوند بررسی می‌کنیم.

¹ Surface EMG for the Non-Invasive Assessment of Muscles

² Analog to Digital Converter "ADC" or "A/D"

فصل سوم: منابع نویز

۱-۳ منابع نویز:

قبل از آنکه استراتژی‌های کاهش نویز را مطرح کنیم باید بدانیم که منابع نویز چه چیزهایی هستند. دو نوع نویز وجود دارد: نویز محدود^۱ و نویز مبدل^۲.

نویز محدود:

نویز محدود توسط دستگاه‌های الکترومغناطیسی مانند کامپیوتر، صفحات نیرو، خطوط قدرت و غیره تولید می‌شود. لزوماً هر دستگاهی که به روزنه‌ی جدار AC (جریان متناوب) وصل باشد نویز محدود را منتشر می‌کند. این نویز رنج وسیعی از اجزای فرکانسی را دارد اگرچه جز فرکانسی مسلط 50Hz یا 60Hz است، با در نظر گرفتن فرکانس منبع قدرت AC (روزنه‌ی جدار)^۳.

نویز مبدل:

نویز مبدل در الکتروود _ اتصال پوست^۴ تولید می‌شود. الکتروودها برای تبدیل جریان یونی تولیدشده در مهندسی گروه ماهیچه‌ها به جریان الکترونیکی که می‌تواند با مدار الکترونیکی دست‌کاری شود و به فرم آنالوگ یا دیجیتال تبدیل و به‌عنوان پتانسیل ولتاژی ذخیره گردد، به کار گرفته می‌شوند. دو نوع منبع نویز وجود دارند که از این تبدیل‌شدن فرم یونی به الکترونیکی به وجود می‌آیند:

● پتانسیل ولتاژ DC (جریان مستقیم): ناشی از اختلاف امپدانس بین پوست و سنسور الکتروود، برق آنالوگ واکنش‌های شیمیایی اکسیدکننده و تقلیل‌دهنده‌ای که در ناحیه اتصال بین الکتروود و ژل رسانا رخ می‌دهند.

¹ Ambient noise

² Transducer noise

³ Wall Outlet

⁴ Electrode-Skin Junction

مراجع

[1]- Day, Scott. "Important factors in surface EMG measurement." *Bortec Biomedical Ltd publishers* (2002): 1-17.

[2]- De Luca, Carlo J. "Surface electromyography: Detection and recording." *DelSys Incorporated* 10 (2002): 2011.

[3]- Sharma, Chanderpal, Manoj Duhan, and Dinesh Bhatia. "Filter Optimization of EMG Signal using MATLAB."

[4]- Robbins, Daniel. "An Introduction to EMG Signal Processing Using MatLab and Microsoft Excel." *Applications, Challenges, and Advancements in Electromyography Signal Processing* (2014): 95.

[5]- Ortiz-Catalan, Max Jair. "Towards Natural Control of Artificial Limbs." (2014).

[6]- Jamal, Muhammad Zahak. *Signal acquisition using surface EMG and circuit design considerations for robotic prosthesis*. INTECH Open Access Publisher, 2012.

[7]- Lalitharatne, Thilina Dulantha, Kenbu Teramoto, Yoshiaki Hayashi, and Kazuo Kiguchi. "Towards hybrid EEG-EMG-based control approaches to be used in bio-robotics applications: Current status, challenges and future directions." *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics* 4, no. 2 (2013): 147-154.

[8]- What is the Difference Between an EEG and an EMG?. WiseGeek. Available at: URL: <http://www.wisegeek.com/what-is-the-difference-between-an-eeeg-and-an-emg.htm>. Accessed 2015

[9]-Justin Garrison.What is Arduino? Learn About This Open-Source Electronics Platform. How to Geek. Available at: URL: <http://www.gooyait.com/1390/10/25/what-is-arduino.html>. Accessed 2015

[10]-What will you do with the wiring?. Wiring. Available at: URL: <http://wiring.org.co>. Accessed 2015

[11]- Processing. Processing. Available at: URL:<https://www.processing.org>. Accessed 2015

[12]- Questions. Electrical Engineering. Available at: URL:<http://electronics.stackexchange.com/questions/99434/arduino-vs-microprocessor-vs-microcontroller>. Accessed 2015

