

تشخیص نوع گرفتن اشیا توسط پروتز مصنوعی FUM Bionic Hand به وسیله RFID

- سعید بهرامی مقدم¹، حامد جعفر زاده²، صدرا نداف³، احمد حاجی پور⁴، علیرضا اکبر زاده⁵
1- دانشجوی کارشناسی ارشد مکترونیک دانشگاه حکیم سبزواری Saeedbahramimoqadam69@gmail.com
2- دانشجوی کارشناسی سخت افزار دانشگاه فردوسی مشهد HJafarzadeh511@gmail.com
3- دانشجوی کارشناسی سخت افزار دانشگاه فردوسی مشهد naddafsadra@gmail.com
4- عضو هیئت علمی دانشگاه حکیم سبزواری Ahmad.hajipoor@gmail.com
5- عضو هیئت علمی دپارتمان مکانیک دانشگاه فردوسی A_akbarzadeh_t@yahoo.com

خلاصه

FUM Bionic Hand در آزمایشگاه روباتیک دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شده است. این پروتز دست هوشمند قابلیت ارتباط بیسیم با رایانه و تلفن همراه را دارد. مبنای کنترل آن تنها با یک کانال سیگنال EMG دریافتی از عضله دو سر بازویی (biceps) انجام می پذیرد. این پروتز دارای 5 درجه آزادی است (هر انگشت یک درجه آزادی را شامل می شود)، واضح است که با یک کانال ورودی امکان کنترل 5 انگشت میسر نیست، لذا برای رفع این مشکل از فناوری RFID جهت شناسایی اجسام مختلف استفاده نموده ایم زیرا که معلول با صرف کمترین زمان ممکن و کمترین هزینه از هر 5 درجه آزادی این پروتز می تواند استفاده نماید. در این سیستم به دلیل استفاده مستقیم از سیگنال EMG و با توجه به مشکلات ذاتی آن و همچنین حذف اثر عضلات بر روی یکدیگر، تنها از یک سیگنال ورودی EMG استفاده شده است.

کلمات کلیدی: RFID، دست مصنوعی، EMG، FUM Bionic Hand

1. مقدمه

در ایران افراد زیادی دچار معلولیت های قطع دست و پا به دلایل مختلفی همچون سوانح، جنگ و یا بیماری های از قبیل دیابت و معلولیت مادرزادی می باشند. در بیشتر موارد افراد معلول بدون استفاده از پروتز یا پروتزهای ساده و بدون هیچ گونه قابلیت حرکتی با معلولیت خود کنار می آیند. از سوی دیگر در سالیان اخیر، به دلیل پیشرفت های شگرف در حوزه های فناوری مانند مکانیک، کامپیوتر و الکترونیک و در کل علم بایونیک شاهد معرفی محصولات پیشرفته هستیم که زندگی را برای انسان ها ساده تر کرده است. اکنون پروتزهای مصنوعی بایونیک با قابلیت های حرکتی گوناگون و قابلیت فرمان پذیری به صورت مستقیم از انسان می باشند. است. در ایران، با وجود نیاز فراوان، [این محصولات بسیار کمیاب تر از سایر بازارهای منطقه و بسیار پرهزینه است [1]. هر شخصی که عضوی را از دست می دهد با توجه به محدودیت هایی که در طول زندگی با آن ها مواجه می شود از پروتز جایگزین انتظارات بالایی همانند عضو از دست داده ی خود دارد. گرچه محققان بسیاری در حال حاضر روش های مختلف کنترل را بر روی انواع پروتزهای دست پیاده سازی کرده اند، اما هنوز به نمونه ای بامهارت و

چابکی دست انسان نرسیده‌اند و متأسفانه فاصله بسیاری با نمونه زنده و طبیعی دارند. دلیل اصلی این محدودیت‌ها [ضعف فناوری در صنایع مختلف مرتبط است] 2]

یکی از مهم‌ترین بخش‌های طراحی یک پروتز دست، طراحی سیستم کنترلی آن هست که در [3] شرح داده شده است. پروتز نامبرده قدیمی‌ترین پروتز دست هوشمند هست. این پروتز دارای دو سطح کنترلی است؛ یک حلقه کنترلی حرکت و یک حلقه کنترلی ساده انطباق پذیر. در اوایل قرن اخیر با توجه به پیشرفت‌های علوم مهندسی سامانه‌های کنترلی تنها به کنترل موقعیت و سرعت محدود می‌شود، ولی در سال 1972 پروتز گروم برای اولین بار از سیستم کنترلی بازخورد نیرو از راه دور بهره گرفت [4]. در سیر تکامل پروتزها استفاده از موتور الکتریکی جایگزین ارتباط کابلی شد. آن‌ها نیز در ابتدا از یک درجه آزادی بهره می‌بردند اما با پیشرفت علم به درجات آزادی آن‌ها افزوده شد و برای حرکت دادن انگشتان آن از سیگنال EMG بهره برده شد [5].

اخیراً دست‌های مصنوعی باقابلیت حرکت هر انگشت به‌صورت مستقل به بازار عرضه شده‌اند اولین کمپانی عرضه‌کننده دست‌های مصنوعی کمپانی Touch Bionics است که محصول تولیدی آن I-limb نام دارد، مبنای طراحی I-limb انگشتهایی باقابلیت حرکت مستقل است (شکل-1) [6]. پس از این، شرکت RSL_ Steeper اقدام به معرفی پروتز دست BeBionic نمود (شکل-2). این دست در طراحی شباهت بسیار زیادی به دست دارد، اما تلاش شده است که قیمت آن از قیمت I-limb کمتر باشد [7].



شکل-2-BeBionic

شکل-1- I-LIMB

از سوی دیگر در حوزه تحقیقاتی نیز بر روی دست‌های پروتز کارهای زیادی انجام شده است. یکی از نمونه‌های بارز سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق بر روی این محصولات را سازمان تحقیقات پیشرفته دفاعی ایالات متحده DARPA دارا است. در چند سال گذشته این سازمان تصمیم گرفته است که سرمایه‌گذاری عظیمی بر روی تحقیقات این پروتزها جهت کمک به تعداد زیادی از سربازان که در میدان جنگ دچار معلولیت عضو گردیده‌اند انجام دهد. نتیجه این سرمایه‌گذاری‌ها دو دست APL (شکل-3) و DEKA (شکل-4) بود. این دو نمونه دست تقریباً قادر هستند بیشتر کارهایی که دست طبیعی انسان انجام می‌دهد را تکرار کنند. این پروتزها پیشرفته‌ترین گونه از نوع خود می‌باشند جهت بهرگیری کامل از درجات آزادی پروتز خود، کپسول‌های RFID را در باقیمانده عضله سربازان قطع عضو جایگذاری کرده‌اند که این فناوری به آن‌ها امکان شناسایی الگوهای حرکتی را برای پروتز فراهم می‌کند [8] [9].



شکل 4- پروتز DEKA



شکل 3- پروتز APL

گروهی دیگر از محققان تلاش خود را معطوف استخراج الگو از سیگنال‌های دریافتی از مغز [10 EEG] و گروهی نیز بر روی استخراج الگوهای حرکتی از سیگنال‌های دریافتی از عضلات EMG کرده‌اند [11]. در این مقاله ما تلاش بر این داریم که با استفاده از روشی ساده، کم‌هزینه، عملیاتی و با کمترین اتلاف وقت کاربر را جهت استفاده از پروتز دست آماده نماییم بنابراین ابتدا ویژگی‌های ساختاری FUM Bionic Hand را به‌طور مختصر شرح می‌دهیم و سپس با مقایسه ماژول‌های مختلف RFID بهترین گزینه را انتخاب می‌نماییم و در نهایت به نحوه ارتباط آن با پروتز، و چگونگی استفاده از آن می‌پردازیم.

2. روش تحقیق

FUM Bionic Hand.1-2

دست مصنوعی FUM Bionic Hand (شکل-5) دارای شش درجه آزادی است. هر یک از انگشتها یک درجه آزادی و یک درجه آزادی دیگر نیز جهت چرخش مچ دست در نظر گرفته شده است. یکی از مهمترین ویژگیهای طراحی شده دست مزبور این است که کلیه موتورهای و بردهای الکترونیکی در قسمت کف دست جانمایی شده‌اند. انگشتها نیز به‌صورت دوبندی طراحی شده‌اند. جهت کوپل کردن حرکت دو بند هر انگشت نیز از مکانیسم تاندون استفاده شده و انگشت شست در این پروتز به‌صورت یک درجه آزادی و پایه ثابت طراحی شده است. جهت طراحی دست با ابعاد نزدیک به دست انسان، از داده‌های آماری که با اندازه‌گیری ابعاد قسمت‌های مختلف دست افراد به‌دست آمده استفاده شده است. در مورد انتخاب موتور گشتاور و سرعت موردنیاز در هر یک از انگشتان دست با رجوع به مقالات مرتبط در زمینه ی طراحی پروتزها مشخص گردید که سرعت زاویه‌ای هر یک از مفاصل دست طبیعی انسان در حدود 3 تا 4 رادیان بر ثانیه (حدوداً بین 28.6 تا 38.2 دور بر دقیقه) است. همچنین گشتاور تقریبی 193 میلی نیوتون متر گشتاور موردنیاز در موتور است [12].



شکل 5- FUM Bionic Hand

یکی از اولویت‌های مهم در انتخاب موتور قابلیت جاسازی در کف دست بود. به همین جهت و با توجه به تحقیقات میدانی. انجام‌گرفته موتور DC ای که تقریباً تمامی معیارهای مهم از جمله وزن، گشتاور، دور موتور و اندازه‌ی مطلوب ما را داشته باشد، موتور مدل Zheng سری ZGA12 جهت استفاده برای حرکت انگشتان انتخاب گردید. این نوع موتورها دارای گیربکس ساده در خروجی خود میباشند. مزیت اصلی این موتورها قیمت ارزان و فراوانی در بازار ایران است. جنس تاندونها از نخ ماهیگیری انتخاب‌شده است. نوع خاصی از نخ ماهیگیری به نام مونوفیلانت به‌عنوان تاندون استفاده‌شده است. این نوع نخهای ماهیگیری از فیبر پلاستیک ساخته‌شده‌اند. مونوفیلانتها در ضخامتها و استحکام کششی متفاوتی به روش اکستروژن ساخته می‌شوند [13][14].

مدارات الکترونیکی دست مصنوعی ساخته‌شده، از دو قسمت اصلی تشکیل‌شده است، قسمت اول پردازنده‌ی صلی قسمت دوم واحد راه‌انداز موتورها است. در این مدارات به دلیل اینکه فشار محاسباتی زیادی بر روی پردازنده وجود دارد، می‌بایست از پردازنده‌ای استفاده گردد که به تواند با Multi-Tasking سازگار باشد و به تمام وظایف رسیدگی کند. به همین دلیل کنترل‌کننده‌ی STM32F407VGT6 انتخاب‌شده که توان پردازشی 210 میلیون دستور در ثانیه را دارد. یکی از بزرگترین چالش‌ها برای طراحی مدار، قرار دادن 5 درایور برای 5 موتور و اندازه‌گیری جریان آن‌ها بود. برای حل این مشکل از درایورهای L293 استفاده شد، این درایورها که به‌صورت SMD در بازار موجود هستند، نسبت به نمونه‌های مشابه کوچک‌ترین ابعاد ممکن را دارند. اندازه‌گیری فعالیت عضلانی به‌وسیله پتانسیل الکتریکی، الکترومایوگرافی EMG نامیده می‌شود. الکترومایوگرافی از دیرباز جهت تحقیقات پزشکی و تشخیص مشکلات عصبی-عضلانی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در پروتز FUM Bionic Hand جهت ارتباط و گرفتن فرمان ارادی EMG کاربر از عضله دو سر بازویی (Biceps) از ماژولی تک ورودی/خروجی استفاده‌شده است.

2-2. انتخاب RFID

هر سیستم RFID از دو قسمت زیر تشکیل‌شده است:

- برچسب یا تگ (شکل-6)

- بازخوان برچسب یا تکخوان

قسمت بازخوان: این فناوری با استفاده از ایجاد یک میدان الکترومغناطیسی اقدام به شناسایی برچسبها می‌کند. اساس کار این سیستم استفاده از میدان الکترومغناطیسی هست، پس نیازی به قرار گرفتن برچسب در دید مستقیم بازخوان برچسب نیست. قسمت برچسب: برچسب قطعه‌ای الکترونیکی است، این برچسبها به‌طور کلی دارای سه دسته هستند:

- برچسب فعال: این دسته از برچسبها به‌طور دائم به کمک یک باتری در حال ارسال سیگنال شناسایی هستند.
- غیرفعال به کمک باتری: این دسته از برچسبها هنگامی که در معرض میدان شناسایی قرار می‌گیرند، ارسال سیگنال را شروع می‌کند.
- غیرفعال: برچسبهای غیرفعال هنگامی که در میدان شناسایی قرار می‌گیرند با استفاده از القای مغناطیسی، فعال شده و شروع به تبادل اطلاعات می‌کنند.

هر برچسب دارای یک شماره سریال منحصر به فرد است که این سریال قابل تغییر نیست. برچسبها از نظر قابلیت برنامه‌ریزی کاملاً انعطاف پذیرند، به این ترتیب که دارای قابلیت نوشتن و خواندن و نیز قابلیت یکبار نوشتن و چندین بار خواندن هستند. هر برچسب به غیر از قابلیت ذخیره سازی سریال منحصر به فرد و رمز 128 بیتی، قابلیت ذخیره سازی اطلاعات را نیز دارد. به منظور جلوگیری از دسترسی به اطلاعاتی که روی برچسبها ذخیره می‌شود، قسمتی برای رمزنگاری بر روی اطلاعات آن در نظر گرفته شده است. این رمز 128 بیتی است و بدون داشتن آن قابلیت خواندن از روی برچسب یا نوشتن اطلاعات روی آن وجود ندارد. با تعریف یک عملکرد خاص و نوشتن اطلاعات مربوط به آن روی برچسب می‌توان برچسب را روی جسمی قرارداد تا با نزدیک شدن آن جسم به پروتز، انگشتان حالتی متناسب با گرفتن آن را به خود بگیرند.



شکل 6

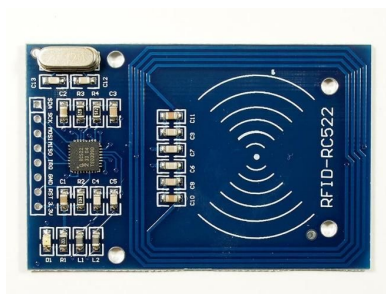
-انواع برچسبهای RFID-

3-2. انتخاب بازخوان برچسب

با توجه به (جدول-1) و مقایسه‌ای که بین ماژول‌های RFID موجود انجام می‌دهیم، مناسبترین گزینه برای انتخاب با توجه به نیاز ما در تشخیص برچسبها، RC522 (شکل-7) است که تمامی شرایط لازم را دارد و با توجه به پروتکل آن، بدون نویز بوده و امکان تشخیص اشتباه وجود ندارد. از دیگر مزایای این ماژول ارائه‌دهنده معتبر آن شرکت فیلیپس و پشتیبانی از برچسبها با نمانام‌های متفاوت است.

جدول-1-انواع و مشخصات ماژول‌های مختلف

نام	ولتاژ کاری (v)	جریان مصرفی (mA)	فرکانس کاری	پروتکل ارتباطی	سرعت ارتباطی	فاصله شناسایی (cm)	قیمت (تومان) در سال 1394
PR9200	5- 3.3	110 تا 260 در 3.5	840 تا 960 مگاهرتز	UART	115200 بیت بر ثانیه (حداکثر)	بسیار زیاد (فرکانس کاری UHF)	680,000
PN532 NFC / RFID	- 2.7 تا 5.4	حداکثر 100 تا 140	13.56 مگاهرتز	SPI، I2C، UA، RT	وابسته به پروتکل	4 تا 6 (با آنتن داخلی)	-47,000 تا 62,000
MFRC522	3.3	13 تا 25	13.56 مگاهرتز	SPI، UART	10 مگابیت بر ثانیه	7 تا 10 (بسته به نوع برجسب)	12,000
EM-19	- 2.7 تا 5.2	کمتر از 28	125 کیلوهرتز	UART	115200 بیت بر ثانیه (حداکثر)	8 تا 10 (فقط خواندن)	24,000
G900	5- 3	60 تا 30	125 تا 135 کیلوهرتز	UART	9600 بیت بر ثانیه (حداکثر)	8 تا 12	70,000
EM-18	- 2.7 تا 5.5	کمتر از 25	125 کیلوهرتز	UART	115200 بیت بر ثانیه (حداکثر)	8 تا 12	25,000



شکل 7- ماژول RC522

4-2. نحوه عملکرد

همان‌طور که در قسمت قبل ذکر شد هر برجسب دارای شماره سریال منحصر به فرد و حافظه برای نوشتن اطلاعات با امنیت بالا هست. برای پروتز خود می‌توانیم عملکردهای مختلفی را با نرم‌افزار تحت ویندوز و تلفن همراه تعریف کنیم، برای مثال، مشیت کردن، باز نگه‌داشتن انگشت‌های خاص و ... سپس با توجه به حافظه برجسب‌ها این عملکردها را ابتدا بر روی پروتز ذخیره می‌کنیم و سپس با اختصاص دادن کد مربوط به هر برجسب، حالت خواسته‌شده متناسب با کد را از روی پروتز فراخوانی می‌کنیم (شکل-8).



شکل 8- طرح کلی شناسایی اجسام با RFID

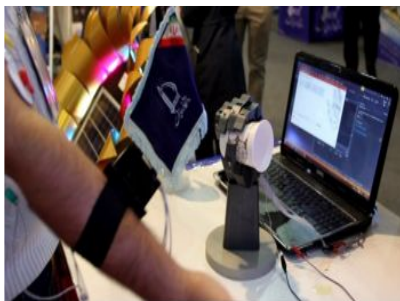
2-5. مراحل تشخیص و تغییر عملکرد و حالت انگشتان دست :

- نزدیک شدن برچسب بدون عملکرد ذخیره شده به دست :
- 1. در این حالت سیستم پس از تشخیص برچسب بدون عملکرد فهرستی از عملکردها در رابط نرم افزاری به کاربر نمایش می دهد.
- 2. پس از انتخاب عملکرد و تأیید آن توسط کاربر سیستم آماده نوشتن اطلاعات مربوط به عملکرد مورد نظر روی حافظه برچسب می شود.
- 3. با نزدیک کردن مجدد برچسب کد عملکردی روی برچسب ذخیره می شود.
- 4. حال برچسب در دسته برچسب های دارای عملکرد خاص قرار گرفته است.
- نزدیک شدن برچسب دارای عملکرد به دست :
- 1. در این حالت با نزدیک شدن برچسب به سیستم کد حرکتی انگشتان از روی آن خوانده می شود.
- 2. با توجه به موقعیت فعلی انگشتان و موقعیت مربوط به عملکرد خوانده شده، انگشتان شروع به حرکت می کنند تا به حالت جدید برسند و آماده کنترل یا برداشتن جسم مورد نظر می شوند.

3. نتیجه گیری

پس از ایجاد تغییرات برای اتصال ماژول RFID به برد اصلی پروتز و اضافه نمودن برنامه های نرم افزاری لازم، سیستم فوق را آزمایش می نماییم، نحوه ی آزمون بدین ترتیب است که 3 برچسب انتخاب می نماییم، هر کدام 3 کد مختلف دارند، در نرم افزار برای هر کد حرکتی را در نظر می گیریم و در نرم افزار پیاده می کنیم. حال پس از نزدیک شدن هر برچسب به ماژول ، شکل گیری از قبل تعریف شده انگشتان دست را مشاهده می نماییم (اشکال 9-11).

این روش با روش‌های دیگر که در قسمت‌های قبل ذکر شده بسیار مناسب‌تر و عملی‌تر هست و تنها عیب آن به همراه داشتن برچسب‌های متعدد توسط کاربر جهت قرار دادن بر روی اشیاء مختلف و شاید کم بودن فاصله تحریک برچسب‌ها است. که البته با توجه به پیشرفت‌های اخیر می‌توان به رفع آن‌ها امیدوار بود.



شکل 11- حالت گرفتن جسم دوار



شکل 10- حالت گرفتن خودکار



شکل 9- حالت گرفتن لیوان

مراجع:

حقانی، م. ف. (1391). عوامل مرتبط با کیفیت زندگی افراد معلول با قطع اندام تحتانی. نشریه پرستاری ایران، 32-

1. 44

2. Carrozza, M. C. (2005). On the development of a novel adaptive prosthetic hand with compliant joints: experimental platform and EMG control. Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 3951–3956). Oskoei: IEEE/RSJ.
3. Tomovic, R. B. (1962). An adaptive artificial hand. IRE Transactions on Automatic, 3–10.
4. Groome, R. (1972). Force Feedback Steering of teleoperator System, Master's Thesis, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
5. MIGUELEZ, j. (2009). Upper Extremity Prosthetics. In Care of the Combat Amputee, 611-613.
6. Advanced Arm Dynamics. (2012). BeBionic V2. از Advanced Arm Dynamics: <http://www.armdynamics.com/caffeine/uploads/files>
7. Touch Bionics. (2012). I-Limb Features. از touch bionics: <http://www.touchbionics.com/products/active>
8. Moran, C. W. (2011). JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST (30 جلد). United States: JOHNS HOPKINS UNIVERSITY.
9. James M. Burck, J. D. (2011). JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST. در JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL (198-186 ص). UNITED STATES: JOHNS HOPKINS UNIVERSITY.

10. Daniel Elstob, E. L. (2016). A LOW COST EEG BASED BCI PROSTHETIC USING MOTOR IMAGERY. International Journal of Information Technology Convergence and Services (IJITCS), 23-34.
11. Goen, A. (2016, APRIL). Classification of the Myoelectric Signals of Movement of Forearms for Prosthesis Control. Journal of Medical and Bioengineering, 5.
12. Skyler A. Dalley, T. E. (2009). Design of a multifunctional anthropomorphic prosthetic hand with the extrinsic actuation. IEEE/ASME Transaction on Mechatronic.
13. سعید . بهرامی مقدم ، علیرضا . (2016). FUM Bionic Hand. طراحی و ساخت پروتز دست مصنوعی. دومین کنفرانس بین المللی و سومین همایش ملی کاربرد فناوریهای نوین در علوم مهندسی. دانشگاه فردوسی ، مشهد. سیویلیکا
14. سرانجام، ع. ع. (1391). بررسی امکان استفاده از فیبر طبیعی به جای فیبر شیشه در ساخت مواد مرکب. ششمین همایش ملی و اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند (ص. 268-277). تهران: سیویلیکا