Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Damascus University
Biomedical Engineering Department

Control Of Upper Prosthesis' Fingers and Wrist Movements through Myoelectric Signal

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Biomedical Engineering

By:
Eng. Nisreen Almadi

Supervisor:
Prof. Eng. Mohammad Firas Al-Hinnawi

2023

Abstract

The human hand is one of the main organs that perform many functions, such as carrying, controlling objects, and verbal and non-verbal communication. An arm or hand amputation can affect a person's ability to carry out daily activities and social life. Millions of people suffer the loss of a limb, and the most common upper amputation is a trans-radial amputation. Today, some advanced prostheses help restore some of the functions of the lost hand. However, the problem with these prostheses is their high cost, difficulty obtaining them, and limitations. Most of the available designs do not include a wrist joint. This research aims to design a control system for an upper prosthetic limb consisting of 5 fingers and a wrist through EMG signals acquired with the least possible number of electrodes to reduce the cost of the system. It can perform ten different grasps, which were chosen according to the most common grasps of the hand.

The research used two databases from NinaPro, DB2 acquired from healthy people and DB3 obtained from amputees, and the results were compared between them. The ten grips were selected from the database, and the features were extracted from the signals to be an input for the machine learning algorithms, where three algorithms were tested: KNN, SVM, and Random Forest, and the number of electrodes and features were reduced through the ReliefF algorithm. The control system was then tested on InMoov open-source prosthesis that was 3D-printed.

The research demonstrated that the features extracted in the time domain are easier to compute and more efficient in distinguishing between grips in the database. Four electrodes are sufficient to differentiate between 10 grips with 92% accuracy using the random forest classifier. The design has 6 degrees of freedom, but it was insufficient to perform all grips because the wrist and thumb had only one degree of freedom.

In addition, some pieces in the design were exposed to wear quicker than others, such as the gears and fasteners; hence, the research suggested modifying the design so that the wrist and thumb have two degrees of freedom and making the pieces that bear high stresses with metal materials instead of plastic.

الملخص

تُعدّ يد الإنسان من الأعضاء الحيوية الرئيسية التي تقوم بأداء العديد من الوظائف المختلفة، مثل الحمل والتحكم في الأشياء والتواصل اللفظي وغير اللفظي. وعندما يحدث بتر في الذراع أو اليد، يمكن أن يؤثر ذلك على قدرة الشخص على القيام بالأنشطة اليومية والحياة الاجتماعية. يعاني ملايين الأشخاص من فقدان أحد أطرافهم وإنّ أشيع حالات البتور العلوية هو البتر عبر الساعد. تتوفر اليوم أطراف صناعية متطورة تساعد على استعادة بعض وظائف اليد المفقودة، إلا أن مشكلة هذه الأطراف هي ارتفاع تكلفتها وصعوبة الحصول عليها ومحدوديتها، فمعظم التصاميم المتوفرة لا تحوي على مفصل رسغ. يهدف هذا البحث إلى تصميم نظام تحكم بطرف صناعي علوي مكوّن من 5 أصابع ومفصل رسغ اعتماداً على إشارة العضلات الكهربائية وباستخدام أقل عدد ممكن من أقطاب الاقتباس لتخفيض تكلفة النظام. ويتميز بقدرته على القيام بـ10 قبضات مختلفة تم اختيارها بحسب أكثر القبضات شيوعاً لليد.

اسُتخدم في البحث قاعدتي بيانات من NinaPro وهما DB2 مسجلة من قبل أصحّاء وDB3 مسجلة من قبل مبتورين وقورنت النتائج بينهما. اخُتيرت القبضات الـ10 من قاعدة البيانات واسُتخلصت السمات من الإشارات لتكون مُدخلاً لخوارزميات التعلم الآلي إذ اخُتبرت 3 خوارزميات وهي KNN وSVM والغابة العشوائية واُختزل عدد أقطاب الاقتباس والسمات بخوارزمية ReliefF. اخُتبر نظام التحكم في الدراسة على طرف صناعي بتصميم InMoov مفتوح المصدر وصُنع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

أظهر البحث أنّ السمات المستخلصة في المجال الزمني أسهل في الحساب وأكثر كفاءة في التمييز بين القبضات في قاعدة البيانات، وأنّ 4 أقطاب اقتباس لإشارة العضلات كافية للتمييز بين 10 قبضات بدقة 92% باستخدام مصنف الغابة العشوائية. تمتّع التصميم بـ6 درجات من الحرية، ولكن لم تكن كافية لأداء القبضات جميعها بسبب أنّ للرسغ والإبهام درجة واحدة فقط من الحرية. فضلاً عن ذلك فقد تعرّضت بعض القطع في التصميم للاهتراء بسرعة أكبر من غيرها مثل المسننات وقطع التثبيت فاقترح البحث تطوير التصميم حتى يصبح للرسغ والإبهام درجتي حرية وتصنيع القطع التي تتحمل إجهادات عالية بمواد معدنية بدلاً عن البلاستيكية.

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة دمشق
قسم الهندسة الطبية الحيوية

التحكم بحركة رسغ وأصابع الطرف الصناعي العلوي عن طريق إشارة العضلات الكهربائية

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الهندسة الطبية الحيوية

إعداد

م. نسرين غسان الماضي

إشراف

أ. د. م. محمد فراس الحناوي

2023