



ING. MECATRÓNICA

**Thesis prior to obtaining the degree of Mechatronics
Engineer**

AUTHOR: Mateo Francisco Barrionuevo Romero

TUTOR: Ing. Vladimir Bonilla

Detection of Muscle Fatigue using the Wavelet Transform and Optimization of
Exoskeleton: A Strategy to Prevent Injuries and Overloads

Detección de la Fatiga Muscular mediante la Transformada Wavelet y
Optimización del Exoesqueleto: Una estrategia para prevenir lesiones y
sobrecargas

ABSTRACT

Muscle fatigue is a physiological phenomenon characterized by a temporary reduction in a muscle's ability to generate force, which impacts physical performance and increases the risk of injury. This thesis focuses on developing a pseudo real-time muscle fatigue detection system using surface electromyographic (sEMG) signals and its integration with a simulated exoskeleton. The system utilizes the Discrete Wavelet Transform (DWT) for signal processing to identify fatigue-related changes in signal amplitude and frequency.

The experimental setup included Myoware EMG sensors, an MPU6050 gyroscope, a DAQ system, and Arduino MEGA for data acquisition and processing. Participants performed repetitive tasks to induce muscle fatigue, and the system demonstrated its ability to detect fatigue accurately. However, due to system delays caused by communication, buffering, and processing, the response time averaged 1 second, highlighting the need for further optimization.

The integration of the fatigue detection algorithm with a simulated exoskeleton showed promising results, enabling automated activation based on the user fatigue state. This system has potential applications in medical rehabilitation, workplace ergonomics, and sports, where fatigue detection and adaptive assistance can improve safety, efficiency, and quality of life. Recommendations include optimizing the system to reduce delays, expanding experimental trials to diverse scenarios, and enhancing user-device interaction for real-world applicability.

RESUMEN

La fatiga muscular es un fenómeno fisiológico caracterizado por una reducción temporal en la capacidad de un músculo para generar fuerza, lo que afecta el rendimiento físico y aumenta el riesgo de lesiones. Esta tesis se centra en el desarrollo de un sistema de detección de fatiga muscular en psuedo tiempo real mediante señales electromiográficas de superficie (sEMG) y su integración con un exoesqueleto simulado. El sistema utiliza la Transformada Wavelet Discreta (DWT) para procesar las señales y detectar cambios relacionados con la fatiga en la amplitud y frecuencia.

El montaje experimental incluyó sensores EMG Myoware, un giroscopio MPU6050, un sistema DAQ y un Arduino MEGA para la adquisición y procesamiento de datos. Los participantes

realizaron tareas repetitivas para inducir fatiga muscular, y el sistema demostró ser capaz de detectar la fatiga con precisión. Sin embargo, debido a los retrasos en el sistema causados por la comunicación, el almacenamiento en búfer y el procesamiento, el tiempo de respuesta promedio fue de 1 segundo, subrayando la necesidad de optimización.

La integración del algoritmo de detección de fatiga con un exoesqueleto simulado mostró resultados prometedores, permitiendo la activación automatizada basada en el estado de fatiga del usuario. Este sistema tiene aplicaciones potenciales en rehabilitación médica, ergonomía laboral y deportes, donde la detección de fatiga y la asistencia adaptativa pueden mejorar la seguridad, la eficiencia y la calidad de vida. Las recomendaciones incluyen optimizar el sistema para reducir retrasos, ampliar las pruebas experimentales a escenarios diversos y mejorar la interacción usuario-dispositivo para garantizar su aplicabilidad en el mundo real.