

Señales bioeléctricas del cuerpo: de la ingeniería electrónica a la performance artística

*¡CUERPO,
MÁQUINA,
ACCIÓN!*



Ing. Rocío Madou
Facultad de Ingeniería UNLP



Dr. Ing. Marcelo Haberman
Facultad de Ingeniería UNLP



Dr. Ing. Enrique Spinelli
Facultad de Ingeniería UNLP



Dra. Alejandra Ceriani
Facultad de Artes UNLP

Resumen

Este trabajo presenta la experiencia en el uso de señales bioeléctricas, particularmente, aquellas presentes en los músculos (EMG: electromiograma), para vincular al performer con su entorno por medio de la generación de sonido y video acorde a estas señales. Para cumplir con dicho propósito, fue desarrollado y construido un dispositivo que funciona como un instrumento musical que el artista ejecuta controlando sus contracciones musculares. El dispositivo genera mensajes OSC, un protocolo comúnmente utilizado por artistas multimediales, acordes a la intensidad de las señales EMG que produce el performer, proveyendo así una comunicación directa con la audiencia. Se realizaron dos presentaciones con el esquema propuesto, las cuales permitieron observar tanto las sensaciones del artista y del público, como sus interacciones.

Palabras clave: Bio-ingeniería, Señales bioeléctricas, Bio performance

Abstract

This work aims to present the experience of the use of bioelectric signals, particularly those present in the muscles (EMG: electromyogram), to link an artist with his/her environment by producing sound and video images according to these signals. For this purpose, a device that works like an instrument the performer executes acting on his/her muscles was developed and built. It produces OSC messages, a protocol commonly used by multimedia artists, according to the intensity of the EMG signals the performer produces, thus providing direct communication with the audience. Two presentations were made with the proposed scheme, which allowed observing the sensations of the artist and the public, as well as their interactions.

Keywords: Bio-engineering, Signalling networks, Bio performance

Resumo

Este trabalho apresenta a experiência no uso de sinais bioelétricos, particularmente, aqueles presentes nos músculos (EMG: eletromiograma), para vincular o artista ao seu ambiente através da geração de som e vídeo de acordo com esses sinais. Para cumprir esse objetivo, um dispositivo que funciona como um instrumento musical que o artista executa controlando suas contrações musculares foi desenvolvido e construído. O dispositivo gera mensagens OSC, um protocolo comumente usado por artistas multimídia, de acordo com a intensidade dos sinais EMG produzidos pelo artista, proporcionando assim uma comunicação direta com o público. Duas apresentações foram feitas com o esquema proposto, o que permitiu observar tanto as sensações do artista e do público, quanto suas interações.

Palavras-chave: Bioengenharia, Sinais bioelétricos, Desempenho biológico

1. Introducción

Como parte de una estancia de estudio posdoctoral –en el Programa de Estudios Posdoctorales (PEP) perteneciente a la Universidad Nacional Tres de Febrero– se ha iniciado una residencia de investigación conjunta con el Grupo de Instrumentación Biomédica, Industrial y Científica (GIBIC), dentro del Laboratorio de Electrónica Industrial, Control e Instrumentación (LEICI), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.

En esta investigación, se propone, concretamente, la aplicación práctica de interfaces propias de la ingeniería electrónica al cuerpo en escena.

La interacción entre anatomía humana y objeto técnico define una práctica performática local e incipiente que vincula el micro movimiento gestual del cuerpo con un sistema de sensado bioeléctrico.

Traducir esta información dinámica a visuales y sonidos, utilizando dispositivos electrónicos e informáticos, permitirá al cuerpo casi inmóvil comunicarse sensitivamente con su entorno.

Al identificar y sistematizar procedimientos técnicos y expresivos en eventos en los que la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos –electromiografía EMG–, se abre la posibilidad de diseñar

otras manifestaciones expresivas entre cuerpo y tecnología. Se parte desde un concepto de performance corporal que considera el fenómeno de la inmovilidad que no solo se construye desde una determinada dinámica corporal, sino que, además, establece una experiencia dirigida hacia otro modo perceptual. Explorar la percepción del micromovimiento –del que rara vez se tiene conciencia– evidencia la inmovilidad como potencia de la danza y de la performance en interacción con sistemas de sensado EMG.

En esta experiencia articulada entre arte y bioingeniería, se propone sensar esas capas de intensidades vibrátiles a través del registro que se obtiene colocando una serie de electrodos (conductores que llevan las señales eléctricas de los músculos, el cerebro, el corazón, la piel u otras partes del cuerpo hasta los aparatos de registro) en el cuero cabelludo o sobre un músculo.

Desde otra perspectiva, cómo sensar y para qué sensar esas intensidades vibratorias de los músculos es parte del interés de esta indagación compartida en la que los datos sensados serán procesados para una aplicación artística.

2. Performance interactiva con sensado bioeléctrico

En primer lugar, daremos cuenta de una de las definiciones con la cual situaremos la producción artística en danza performance con tecnología biodigital perteneciente al campo de desarrollo y estudio de la instrumentación biomédica, técnica y científica en laboratorios de la universidad pública local.

Citando la tesis doctoral Génesis y actualidad de la escena tecnológica de Buenos Aires (1996-2016), Estudio de lo analógico a lo digital en la Danza Performance, se delimitará a la performance interactiva como:

Performance interactiva: esta conjunción de términos deriva de la anterior y se vincula a la definición de metaformance, de Claudia Giannetti (1997), en la que se establece una conexión entre la idea de construcción del cuerpo, la metáfora técnica y la noción de proceso estético. Las performances interactivas componen una nueva categoría dentro de las artes escénicas y llegan a vincular varias ramas del arte interactivo y del arte escénico tradicional; dado que prescinden de la presencia física en el espacio de la acción y la simulan con la imagen electrónico-digital (Ceriani, 2018: 13) [1].

A lo que sumaremos esta nueva definición: Performance interactiva con sensado bioeléctrico. En principio, podríamos explicar que es una acción performática que instala al cuerpo en una configuración biológica y funcional de comunicación expresiva. El performer está conectado a neuroprótesis vestibles por medio de electrodos –transductores de contacto no invasivos– que captan los biopotenciales o las señales eléctricas que nuestro cuerpo emite. Las neuroprótesis vestibles: dispositivos de asistencia que, con una instalación tan sencilla como vestir una prenda de indumentaria, deben ser capaces de interpretar la voluntad de su usuario y actuar sobre el mundo físico en consecuencia. ¿Cómo impactan estas especificaciones sobre la instrumentación de biopotenciales encargada de medir las señales de EEG y EMG, testigos de la voluntad?

Encerrado dentro de nuestra piel hay un mundo de señales eléctricas, producidas por las células nerviosas para comunicar mensajes o por el tejido de órganos como los músculos para coordinar acciones.

Estas señales transportan información no solo sobre el estado de salud del cuerpo, sino sobre la voluntad, las ideas y los deseos de las personas en quienes se originan (Guerrero, 2017: 3)[2].

La captación de las señales eléctricas producidas por los músculos durante una contracción muscular se conoce como electromiografía (EMG). La electromiografía consiste, elementalmente, en el registro y el análisis de la actividad eléctrica generada en nervios y músculos a través del uso de electrodos (superficiales, de aguja, implantados). Las mediciones extraídas de EMG proporcionan una información valiosa acerca de la fisiología y los patrones de activación muscular. Por ende, este sistema, que permite capturar las señales bioeléctricas, irrumpirá en el contexto dando visibilidad a los impulsos interiores del cuerpo. Así es que, el performer puede comenzar a inducir y controlar cambios emergentes en la tensión muscular en pos de generar entornos dinámicos tanto sonoros como visuales. Al poder registrar conscientemente la actividad muscular en la escena, conseguiremos, asimismo, administrar eventos multimedia y, conjuntamente, permitirá que fluya la información sensorial. Porque no solo habría que contentarse con experimentar y entender cómo funciona la sinergia bioeléctrica, cuáles son los procesos dinámicos que allí se realizan o cómo se organizan para coordinar las funciones motoras; sino, eventualmente, partir de todas esas posibles explicaciones

buscando identificar y esquematizar el biofeedback o retroalimentación entre las propiedades motoras y su interacción con el sensado bioeléctrico en entornos escénicos interactivos.

El tiempo en que transcurre una performance interactiva con sensado bioeléctrico tiene una complejidad considerable, pues es una performance duracional que tiende a provocar nuevos relacionamientos, gestionando una auto-referencia perceptiva mediante la empatía que establece con los asistentes al evento. Esto es fundamental para nuestro proyecto, ya que nos dispone corporalmente. En tal sentido, la performance como un procedimiento de creación poética y metafórica nos proporcionará el enlace entre la interioridad del cuerpo y su entorno cinético producido por los datos sensados.

En la actualidad, la mayoría de los grupos de investigación científica y tecnológica centran sus esfuerzos en el procesado de la señal y en la clasificación de patrones. Sin embargo, todos coinciden en la importancia de investigar, a través de una mayor interrelación entre diseñadores y usuarios, cómo poder sensor discretamente a un/a performer en movimiento. También importa el desarrollo de técnicas de entrenamiento corporal

basadas en la bio-retroalimentación (biofeedback), que permite a un performer generar de forma fiable un patrón de señal en función de su creatividad expresiva.

Por lo tanto, la experimentación conjunta con el GIBIC/LEICI explora en esta línea de investigación transdisciplinar entre la aplicación práctica de las disciplinas vinculadas a la ingeniería electrónica, al diseño industrial, a los diferentes lenguajes de programación multimedia y a la performance artística. (Ver Fig. 1)

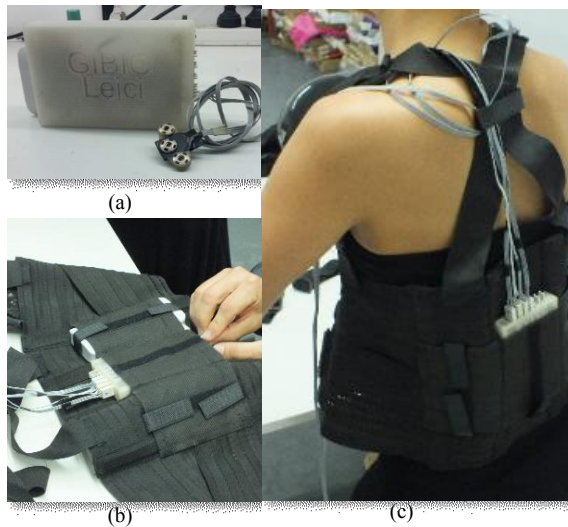


Figura 1. WIMUMO en una performance. (a) El gabinete del WIMUMO con un sensor EMG, (b) El WIMUMO y un pack de baterías sujetos por una faja elástica y (c) La faja siendo vestida por la performer.

A partir de esta vinculación, se han realizado dos presentaciones escénicas, (ver Fig. 2):



Figura 2. Fotografías de la performer utilizando el WIMUMO en dos performances distintas.

1) 5° Biental Universitaria de Arte y Cultura organizada por la Secretaría de Arte y Cultura y la Facultad de Bellas Artes, UNLP, La Plata [3].

2) Cajografías Maratón de Producción 2018 del CCEBA colectivo del Laboratorio Maratón MediaLab CCEBA en Noviembre Electrónico 2018, en El Cultural San Martín, Núcleo Audiovisual, CABA [4].

Se abre así la posibilidad de trabajar con los artistas y los investigadores de arte en laboratorios técnicos y científicos de la universidad estatal no solo para tener acceso a dispositivos y sistemas profesionales, sino, también, para crear y producir artísticamente aplicando la experticia y el conocimiento científico e ingenieril.

En consecuencia, este empleo de señales biomédicas para la danza performance interactiva habilita un universo expresivo hacia la inclusión de personas con discapacidades motoras en una actividad escénico-tecnológica en la que, habitualmente, es dificultosa su participación.

3. La señal de EMG superficial, una ventana a la voluntad del artista.

La técnica EMG superficial (sEMG) permite la detección no invasiva de la actividad eléctrica de los músculos colocando electrodos en la piel, mejorando la comodidad del usuario y minimizando la invasividad, en comparación con otras técnicas de EMG que usan agujas o electrodos implantables [3].

La señal medida es una composición de la actividad eléctrica del tejido muscular más cercano, que está estrechamente

relacionada con la contracción de los músculos.

El cerebro envía impulsos eléctricos (llamados potenciales de acción) a los músculos, a través de los circuitos neuronales, que contraen brevemente las fibras musculares. Para aumentar la fuerza de la contracción y su duración, el cerebro dispara más potenciales de acción de forma repetitiva y puede comenzar a contraer más grupos de fibras musculares (unidades motoras). Para contracciones débiles, se pueden registrar los impulsos eléctricos individuales (de algunos microvoltios) en la señal sEMG. Si una persona puede controlar estas contracciones débiles, puede producir señales sEMG sin ningún movimiento observable. A medida que aumenta la fuerza y la intensidad de la contracción, la contribución de las diferentes unidades motoras interfiere entre sí, perturbando la forma de los pulsos eléctricos adquiridos, convirtiéndose en la señal sEMG en una señal aleatoria con su amplitud o energía correlacionada con el nivel de contracción de los músculos subyacentes.

En ambos casos, el sEMG tiene características que el artista puede controlar a voluntad.

3.1. Sensado de la señal sEMG

La captura de un canal sEMG requiere al menos dos electrodos, para medir el voltaje diferencial entre ellos, y un tercero como referencia. Estos electrodos están hechos de materiales metálicos particulares, por ejemplo, plata, níquel o acero, y pueden tener un gel electrolítico o líquido como recubrimiento que mejora el contacto eléctrico de la piel. Cuando no se utiliza dicho recubrimiento, el electrodo se conoce como "electrodo seco". Estos son los electrodos estándar en las neuroprótesis portátiles que requieren una colocación fácil y un bajo mantenimiento, pero presentan un contacto eléctrico deficiente con la piel. Además, para evitar interferencias, se requiere la colocación de instrumentación electrónica (buffers o preamplificadores) justo sobre los electrodos.

El conjunto compuesto por los electrodos y la instrumentación electrónica se conoce como "sensor EMG".

En el contexto de una performance artística, se desea adquirir la actividad eléctrica generada por uno o más músculos relacionados con un movimiento o gesto particular, por lo tanto, los sensores se colocan sobre la piel, cerca de esos músculos. Un parámetro importante de los sensores EMG es la distancia entre los electrodos, que puede variar de 5 milímetros a unos pocos centímetros. Las

distancias entre electrodos más grandes dan como resultado una mayor amplitud de sEMG, pero reducen el contenido de alta frecuencia de la señal y deterioran el rechazo al crosstalk (EMG producida por los músculos cercanos) [4,5].

3.2. Estimación de la amplitud/envolvente del EMG

En una performance artística, la observación de señales sEMG permite conocer no solo la intención del artista, canalizada a través de gestos, movimientos y contracciones de diferentes grados de intensidad, sino también algunos procesos internos e involuntarios como su frecuencia cardíaca o tono muscular.

Sin embargo, el sEMG sin procesar es una señal ruidosa con un gran ancho de banda con respecto a la información que transporta acerca de las contracciones. Es decir, el sEMG sin procesar es "más rápido" y más "complejo" que la información relacionada con el movimiento. Por ejemplo, para representar digitalmente el sEMG crudo, se necesitan aproximadamente 1000 muestras por segundo (un valor cada 1 ms) de la señal, mientras que el tiempo de los movimientos humanos varía de cientos de milisegundos a varios segundos.

Una manera de mantener las cosas simples es procesar el sEMG crudo para extraer algunas características o parámetros más simples y lentos relacionados con la contracción. Como se mencionó anteriormente, una de estas características puede ser la amplitud o energía del sEMG (mejor conocida como envolvente), que se correlaciona con el grado de fuerza o contracción de uno o más músculos. La envolvente puede pensarse como una curva lenta que conecta los puntos de amplitud máxima de la señal cruda (ver Fig. 3), ocultando la complejidad de la señal fisiológica y manteniendo la información de la fuerza.

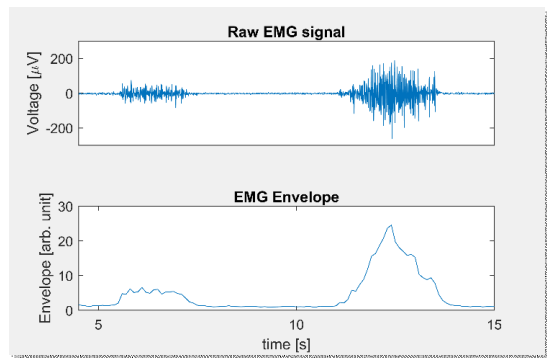


Figure 3. Señales del EMG crudo y de su envolvente, calculada para un registro con dos contracciones de distinta intensidad de los músculos del antebrazo. El valor de la envolvente fue normalizado a su nivel base (músculos en reposo).

Su cálculo es simple y computacionalmente eficiente, y se puede hacer de muchas maneras.

Para el caso de la Fig. 3, se aplicó un esquema de procesamiento digital para calcular la envolvente del EMG, que consta de los siguientes pasos:

- (i) El muestreo de la señal cruda a 1000 muestras por segundo
- (ii) El filtrado pasa-alto de la señal sin procesar para rechazar artefactos de movimiento y derivas de CC
- (iii) La segmentación de la señal en ventanas no superpuestas de 20 ms (50 muestras)
- (iv) El cálculo, para cada ventana, de un promedio de los valores absolutos de cada muestra. El valor calculado para cada ventana, cada 20 ms, es proporcional a la envolvente del EMG.
- (v) (Opcional) La señal de envolvente calculada en (iv) se suaviza mediante un filtro pasa bajos.

Por lo tanto, este sencillo algoritmo convierte una señal compleja de 1000 muestras por segundo en una señal envolvente suave de 50 muestras por segundo, que conserva la información relacionada con el movimiento.

4. WIMUMO: un dispositivo orientado a la performance artística

Para introducir las señales sEMG y otras señales bioeléctricas a la práctica artística, de manera confiable y robusta, se llevó a cabo el desarrollo de un nuevo dispositivo electrónico, que es una especie de neuroprótesis no invasiva. Este dispositivo pretende ser un puente entre el mundo interno del performer (que se observa a través de sensores de biopotenciales y otras señales auxiliares) y el mundo de los artistas multimedia: hardware y software utilizado para crear música y contenido audiovisual, como Processing (<https://processing.org/>) y Pure Data (<http://puredata.info/>).

Este dispositivo también debe ser portátil (pequeño, liviano e inalámbrico) para permitir la libertad de movimiento del artista en el escenario. Otra característica deseada es que sea fácil de usar y configurar, reduciendo la necesidad de asistencia técnica.

El dispositivo desarrollado fue llamado WIMUMO (Wireless Multi-MOdal acquisition platform), y es un sistema portátil y vestible (ver Fig. 1) compuesto por el circuito front-end integrado de cuatro canales biopotenciales (ADS1299-4) con conversores analógico-digitales (ADC)

de muy alta resolución, un conjunto de cuatro (4) sensores EMG, un banco de energía externo de 5 V y una computadora de placa única (Raspberri PI Zero W) con Linux como sistema operativo y capacidades inalámbricas (Bluetooth y WiFi). La tecnología WiFi fue elegida para el WIMUMO debido a su mayor alcance respecto al Bluetooth.

La computadora lee las muestras crudas de EMG de los ADC y las procesa para calcular la envolvente de cada canal. Estas señales envolventes y, opcionalmente, el EMG sin procesar, se transmiten a otros dispositivos en la red local para la generación de contenido audiovisual, utilizando el protocolo OSC (Open Sound Control), que es un protocolo estándar ampliamente compatible con el hardware. y software utilizado por artistas multimedia.

4.1. Organización

La interacción con el circuito de adquisición de señales bioeléctricas, el procesamiento, distribución y visualización de los datos, así también la configuración y la conexión del dispositivo a la red se realizan sobre la misma plataforma de hardware, pero cada una de estas tareas se

ejecuta en un ambiente de software específico con tecnologías propias [6].

Como se describió previamente, las muestras de cada canal de EMG se agrupan para calcular sus envolventes. Esto se realiza por un programa escrito en lenguaje C que se encarga de tomar las muestras que entrega el convertidor analógico-digital (ADC), las procesa extrayendo componentes no deseadas y transfiere internamente a otros programas sus envolventes y también las señales de EMG originales. Para la comunicación entre los distintos procesos se utilizaron “Linux pipes”. Simultáneamente, en otro proceso, un servidor Node programado en JS colecta las señales compartidas por los programas anteriores y genera la interfaz web para interactuar con el usuario/performer. A través de distintas pantallas, utilizando un browser estándar como el Chrome, es posible realizar las siguientes acciones:

- Configurar la red WIFI.
- Configurar el envío de paquetes OSC a dispositivos conectados a la red WIFI.
- Configurar distintos parámetros del procesamiento de las señales de EMG.
- Visualizar en tiempo real las señales adquiridas y procesarlas utilizando gráficos interactivos.

4.2. El paradigma IoT y la usabilidad

El término “Internet de las cosas” (IoT: Internet of Things) se aplica a sistemas de dispositivos con capacidad de cómputo, interrelacionados, que poseen identificaciones únicas (UIDs) y que pueden transferir datos sobre una red sin requerir interacciones humano-humano o humano-máquina.

WIMUMO es un dispositivo que ajusta a esta definición y por ende al paradigma IoT. Luego de una simple configuración establece un vínculo a partir de mensajes OSC entre el performer y el equipo de artistas multimedia.

El uso de un servidor web, accesible mediante un browser de propósitos generales como el Chrome, permite realizar la configuración inicial de WIMUMO de forma simple e intuitiva desde un teléfono celular o desde una computadora con WIFI. Este es el único modo por el cual puede configurarse el dispositivo, dado que no posee botones ni pantalla. Sin embargo, esto no degrada la usabilidad del dispositivo, ya que conectarse a una red WiFi y acceder a una página web desde el navegador son tareas comunes y habituales para cualquier usuario promedio de teléfonos celulares o computadoras personales.

Tal como ocurre con otros dispositivos como impresoras, routers o Chromecast, que no disponen de interfaces propias para ingresar las claves de acceso a las redes disponibles, WIMUMO se inicia como access point creando su propia red WiFi. En este modo permite la conexión de clientes como teléfonos celulares, tablets o computadoras personales, mediante las cuales puede configurarse su conexión a una red WiFi disponible seleccionándola de una lista e ingresando la clave correspondiente. Una vez establecida esta conexión, WIMUMO se autoconfigura como cliente de la red WiFi externa, a la cual se conectan los demás dispositivos, como aquellos que recibirán los mensajes OSC y generarán el contenido multimedia. Además, en una sección de esta página inicial de configuración, el usuario puede indicar la dirección IP y el puerto al cual serán enviados estos mensajes OSC, que portarán la amplitud de las envolventes de las señales de EMG de los distintos canales.

5. Derivaciones

El uso de sensores de la actividad bioeléctrica del cuerpo humano ha sido probado en dos presentaciones públicas y también en varias sesiones de entrenamiento. Ambas performances

públicas fueron realizadas por Alejandra Ceriani.

Una de ellas, “Imaginación colectiva”, tuvo lugar en el “Centro de Arte de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina” en octubre de 2018 y se realizó en conjunto con el Grupo SPEAK. Este grupo ha desarrollado su propio software libre llamado “MOLDEO” (www.moldeo.org) que permite, en forma ágil y simple, generar contenido multimedia a partir de distintas fuentes como mensajes OSC/MIDI, teléfonos celulares, mandos de consolas de juegos (Kinect), entre otras.

La segunda performance, “Cajografías”, se realizó en noviembre de 2018 en el “Centro Cultural San Martín”, Buenos Aires, Argentina, como parte del evento “Noviembre electrónico”. En esta ocasión, se instalaron sensores de EMG en los antebrazos, sobre el pecho, en la cara y en una pierna (ver Fig. 2). Las señales de estos sensores (envolventes) se enviaron como mensajes OSC a una computadora que generó sonidos utilizando el software libre Pure data (<http://puredata.info>). Se programaron cuatro acordes cuyos volúmenes se controlaron mediante la amplitud de las envolventes de las señales de EMG. Simultáneamente, el músico Gabriel Drah intervino con sonidos y ruidos

de acuerdo con la actividad de la performer, componiendo así en conjunto. Un extracto de esta presentación puede verse en <https://youtu.be/p1W4-g8w84A>.

Además de las performances públicas se realizaron varios ensayos y pruebas. En una de estas sesiones intervinieron dos artistas con sensores instalados sobre sus cuerpos. En estas pruebas se utilizaron señales de electrocardiograma (ECG), que el/la performer no puede controlar a voluntad, pero son indicadores de su estado emotivo y su esfuerzo físico. Las señales de ECG se utilizaron como bases rítmicas y se agregaron sensores de EMG en antebrazos, sobre los músculos flexores de los dedos, sobre la cara (músculo cigomático mayor) y sobre la pierna (músculo tibial anterior). Las envolventes de las señales producidas por ambos performers fueron transmitidas como mensajes OSC hacia una computadora que generó sonidos utilizando el software Pure data. Algunos registros de los sonidos producidos en esta sesión pueden encontrarse en la plataforma bandcamp. (<https://gibic.bandcamp.com/album/ed-1>).

6. Conclusiones

Una conclusión de este trabajo interdisciplinario es la validación experimental de la factibilidad del uso de señales biomédicas en performances artísticas utilizando neuroprótesis vestibles. Este equipamiento, originalmente orientado a la asistencia de personas con discapacidades motoras o para fines de investigación [7], usualmente actúa como canales de comunicación alternativos para un usuario, permitiéndole la operación de dispositivos como computadoras, deletreadores, o artefactos domésticos de su entorno.

En las primeras etapas del trabajo conjunto entre performers, ingenieros y artistas multimedia, se exploró la factibilidad del uso biopotenciales en performances artísticas. Para esto se utilizaron sistemas de adquisición de biopotenciales de propósito general disponibles en el Laboratorio. Estos dispositivos, que no fueron específicamente diseñados para performances artísticas, permitieron verificar la factibilidad del uso de señales para esta aplicación, pero al mismo tiempo mostraron que es necesario diseñar y construir equipamiento específico para este fin.

Un equipo de registro de biopotenciales para performances debe preservar la movilidad del artista y debe proveer una interfaz amigable y simple hacia el

software y hardware de uso habitual por parte de los artistas multimedia.

A partir de estas pruebas preliminares se diseñó el WIMUMO: un dispositivo de registro de biopotenciales específico para performances artísticas. Este equipo posee cuatro sensores de EMG que capturan la actividad muscular del artista performático, procesa estas señales en tiempo real y utiliza el protocolo OSC para transmitir las hacia el dominio del artista multimedia. WIMUMO [8] también permite conectar sensores de temperatura, humedad y aceleración, entre otros.

El dispositivo desarrollado verifica el paradigma de “Internet de las cosas”, creando su propia red WIFI o conectándose a una red existente. Su configuración y operación es muy simple y puede realizarse a través de cualquier web browser como el Chrome, sin requerir instalar software alguno. WIMUMO fue diseñado para que su instalación, configuración y operación no requieran de conocimientos técnicos avanzados.

7. Referencias

[1] Ceriani, Alejandra (2018). Génesis y actualidad de la escena tecnológica de

Buenos Aires (1996-2016): Estudio de lo analógico a lo digital en la danza performance. Tesis Doctoral publicada en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66424>.

[2] Guerrero, Federico N. (2018). Instrumentación para neuroprótesis vestibles. Tesis Doctoral publicada en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59568>.

[3] Chapter: Trontelj, J. V., J. Jabre, and Marjan Mihelin. (2004) Needle and wire detection techniques. In Merletti, R. and Parker, P [ed.], *Electromyography: physiology, engineering and noninvasive applications* (USA: IEEE Press. Wiley-Interscience) ch. 2.

[4] Chapter: Farina, D., Merletti, R., & Stegeman, D. F. (2004). Biophysics of the generation of EMG signals. In Merletti, R. and Parker, P [ed.], *Electromyography: physiology, engineering and noninvasive applications* (USA: IEEE Press. Wiley-Interscience) ch. 4.

[5] Chapter: Merletti, R., & Hermens, H. J. (2004). Detection and conditioning of the surface EMG signal. In Merletti, R. and Parker, P [ed.], *Electromyography: physiology, engineering and noninvasive*

applications (USA: IEEE Press. Wiley-Interscience) ch. 5.

[6] Conference: Madou, R., Guerrero, F. N., & Spinelli, E. M. (2019). Adquisidor inalámbrico de biopotenciales con interfaz web. In V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería, La Plata, Argentina. April-2019.

[7] Hakonen, M., Piitulainen, H., & Visala, A. (2015). Current state of digital signal processing in myoelectric interfaces and related applications. *Biomedical Signal Processing and Control*, 18, 334–359. Véase en línea: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2015.02.009>

[8] Guerrero Federico (2019) Póster presentado en IBERDISCAP 2019 sobre la primera instancia del proyecto WIMUMO. Véase en línea: < <https://labs.ing.unlp.edu.ar/gibic/es/tag/wimumo/>>

Agradecimientos

Los autores aprecian la traducción y la colaboración permanente del Prof. Dell Blair, de la Universidad Brigham Young, EE. UU.; y del Ing. Sergio Rodríguez en el diseño 3D y construcción de partes de WIMUMO. Este trabajo fue financiado en parte por el CONICET (Project PIP-0558), Universidad Nacional de La Plata (Proyecto I-219 UNLP) y ANPCyT (Proyecto PICT-2015/2257).