

Comparación de métodos de extracción de características para la clasificación de Señales Mioeléctricas

Flores Nava Irma, Flores Salazar Fabiola y Carro Suárez Jorge.
Ingeniería Mecatrónica.

Universidad Politécnica de Tlaxcala, Av. Universidad Politécnica No. 1, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlax. C.P 90199.

Recibido: 15 / Febrero / 2012. Aceptado: 11 / Abril / 2012. Publicado: 1 / Octubre / 2012.

© 2012 Flores Nava Irma, et. Al. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Asociación Mexicana de Mecatrónica A. C., el cual permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones por cualquier medio, siempre que el trabajo original esté apropiadamente citado. La revista cuenta con el Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2012-092010534100-102.

Resumen.

El presente artículo muestra el análisis de las señales mioeléctricas (SME) para la extracción de características que tienen la finalidad de clasificar las SME de acuerdo a los tipos de movimientos realizados por la mano. Estos movimientos son: Esférico, Cilíndrico, precisión (pinch) y tipo llave (key). La obtención de señales se llevó a cabo mediante tres electrodos superficiales colocados en tres músculos del brazo, las muestras fueron tomadas de diferentes sujetos de entre 20 y 22 años, y clasificadas a su vez de acuerdo al movimiento realizado.

Los métodos empleados para este análisis son cuatro métodos estadísticos: desviación estándar, varianza, valor medio absoluto y Valor cuadrático medio (RMS). Además de la aplicación de un método de análisis no lineal como es el exponente de Hurst.

Como resultados de este análisis se encontró que los métodos estadísticos son eficaces para la clasificación de señales y son rápidos en la compilación, además con la aplicación de estos métodos en las SME's se tienen ya definidos los rangos de valores de cada método en tres tipos de agarres (cilíndrico, esférico y de llave) y el exponente de Hurst da un comportamiento global de las señales pero no un rango de valores para cada movimiento.

Palabras clave: Desviación estándar, varianza, valor medio absoluto, RMS, exponente de Hurst. Señal mioeléctrica.

1. Introducción.

El objetivo del presente artículo es determinar características específicas de cada tipo de movimiento seleccionado para la clasificación de las señales generadas por los músculos de la mano (SME). La señal mioeléctrica es la integración temporal y espacial de todos los potenciales de acción de la unidad motora detectados utilizando uno o dos electrodos a partir de un cierto volumen de tejido [5], los electrodos pueden ser de dos tipos, superficiales o profundos. La señal recibida provee

información concerniente a la actividad local asociada con la contracción del músculo conocida como el potencial de acción de la unidad motora [4].

La adquisición de SME por medio de electrodos superficiales es una forma práctica, segura y no invasiva de obtenerla, sin embargo solo permite obtener señales limitadas del músculo. La amplitud de la señal está limitada de 0 a 10mV (pico-pico) o 0-1.5 mV (rms). La energía útil está limitada de 0 a 500 Hz en el rango de frecuencia, con una energía dominante de 50-150Hz [6].

Existen varios métodos para el análisis de las señales mioeléctricas, entre los que se encuentran los que evalúan las señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia. En la clasificación de los métodos en el dominio del tiempo se encuentran los métodos estadísticos y los geométricos, mientras que por parte del dominio de la frecuencia están los espectrales [7]. Algunos métodos utilizados en el dominio del tiempo son: cruces por cero, el valor absoluto promedio, la varianza y la desviación estándar. Entre las técnicas de dinámica no-lineal están la dimensión de correlación, exponente de Hurst y máximo exponente de Lyapunov, los cuales estiman la dimensionalidad de un fenómeno, su persistencia y su sensibilidad a condiciones iniciales respectivamente [3].

Este trabajo muestra los resultados obtenidos del análisis de las señales mioeléctricas obtenidas de cuatro movimientos de la mano, que son el agarre cilíndrico, esférico, llave (key) y precisión (pinch), obteniendo como resultado la comparación de cada método aplicado.

2. Metodología.

2.1 Movimientos.

La mano realiza múltiples funciones y agarres, existen muchos estudios sobre los movimientos básicos que puede realizar la mano, para el objetivo de este artículo se seleccionaron cuatro tipos de agarres (Fig. 1), los cuales se pueden diferenciar por el tipo de objeto que se sostiene (Fig. 2).

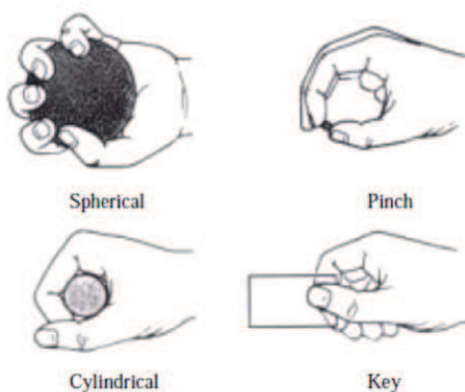


Fig. 1. Agarres básicos [2]

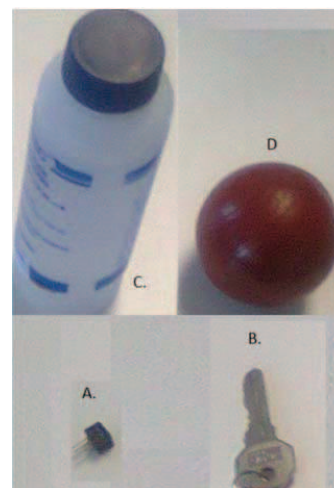


Fig. 2. Objetos utilizados para los agarres.

2.2 Equipo de medición y Software.

La medición se llevó a cabo mediante electrodos superficiales de la marca 3M modelo No. 2239, y el amplificador de instrumentación AD620, con tres electrodos conectados, dos en

configuración diferencial y el tercero como referencia a tierra. La colocación de los electrodos se muestra en la figura 3.

Para la adquisición de señales se utilizó una tarjeta DAQ No. 9234 (Sound and Vibration data acquisition) de la marca National Instruments (Fig. 4).

Con las siguientes características:

- Acondicionamiento de señales IEPE seleccionable por software (0 o 2mA).
- Máxima Velocidad de muestreo de 51.2KS/s por canal.
- Resolución de 24 bits.



Fig. 3. Ubicación de electrodos.



Fig. 4. DAQ 9234 (tomada de www.Ni.com/es).

El software empleado para la adquisición de señales y la aplicación de los métodos estadísticos seleccionados fue LabView 10.0, para el cálculo de los exponentes de Hurst se utilizó Matlab R2009a.

2.3 Métodos empleados.

Una de las ventajas de utilizar el análisis de señales por métodos estadísticos, es el rápido procesamiento y evaluación de las señales, por lo que se propone utilizar cuatro métodos estadísticos para obtener características específicas de SME que representen cada movimiento. Las características elegidas son desviación estándar, varianza, valor medio absoluto y valor cuadrático medio (RMS), además se propone utilizar un método de análisis no lineal, el exponente de Hurst,

- **Varianza:** Es el estimador de la varianza de la señal en el segmento i . Está definida por:

$$\sigma_i^2 = E\{x_i^2\} - E^2\{x_i\} \quad (1)$$

Donde $E\{x_i\}$ es el valor esperado de la señal en el segmento i .

- Desviación estándar: Permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. Se calcula por:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{E\{x_i^2\} - E^2\{x_i\}} \quad (2)$$

Donde σ^2 representa la varianza.

- Valor RMS: Permite caracterizar la señal de acuerdo a la estimación del contenido de energía, relacionado con su amplitud, en un determinado intervalo de tiempo. Para una señal discreta, la cual consiste en N muestras igualmente espaciadas $x(n)$, $n=1$ a N , la estimación está dada algebraicamente por medio de la siguiente ecuación:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [x(k)]^2}; \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Donde N , es el número total de muestras $x(k)$ de la señal.

- Valor Medio Absoluto: Es un estimador del valor medio absoluto de la señal, x_i , en el segmento i , el cual contiene N muestras de longitud. Está dado por:

$$\overline{X}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |X_k| \quad (4)$$

Donde X_k es la muestra k -ésima en el segmento i .

- El exponente de Hurst: Mide la suavidad (homogeneidad) de las series de tiempo [3]. El exponente de Hurst (H) se define como:

$$H = \text{Log}(R/S) \log(T) \quad (5)$$

Donde T es la duración de las muestras de datos y, R/S la correspondiente relación entre el rango y la desviación típica de los valores de la serie, expresada como:

$$R/S = k \times T^{0.5} \quad (6)$$

Donde k es la constante que depende de la serie de tiempo y H es el exponente de Hurst. Dónde:

- $H=0.5$ Corresponde a la ausencia de dependencia R/S . Es un proceso que cae dentro de esta clase de equivalencia, aleatorio y no correlacionado.
- $0 \leq H < 0.5$ Es llamado un proceso anti-persistente, en el que existe una tendencia de los valores que toma el proceso por compensarse uno al otro. (anti-correlaciones).
- $0.5 \leq H < 1$ Es conocido como un proceso persistente, en el que los valores que toma el proceso tienden a reforzar la tendencia actual (memoria o correlaciones de larga distancia).
- $H \neq 0.5$ Cuando una serie de tiempo cae en este valor las observaciones no son independientes.

3. Resultados.

3.1 Adquisición de señales.

La adquisición de señales se llevó a cabo mediante el software Labview, en el cual se desarrolló el diagrama de bloques mostrado en la figura 5.

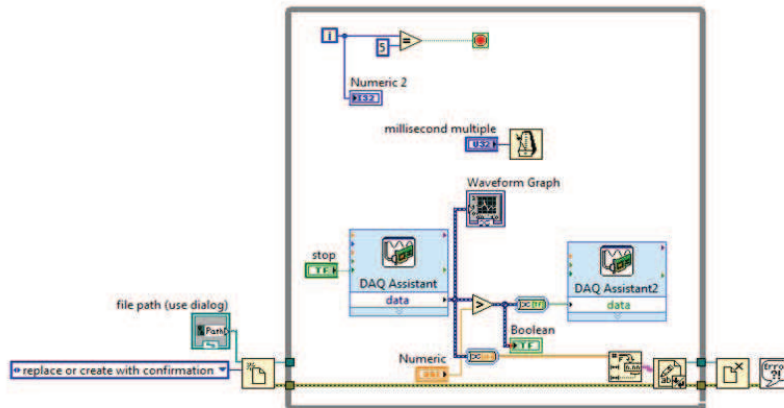


Fig. 5. Diagrama de Bloques.

Se obtuvieron señales con un total de 153600 muestras cada una, que representan cada movimiento realizado por los sujetos, cada uno de ellos fue entrenado para realizar el movimiento con las características deseadas.

Como ejemplo de las series obtenidas, se muestra en la figura 6, 7, 8 y 9 el agarre cilíndrico, el agarre esférico, el agarre de llave (key) y agarre de precisión (pinch) respectivamente.

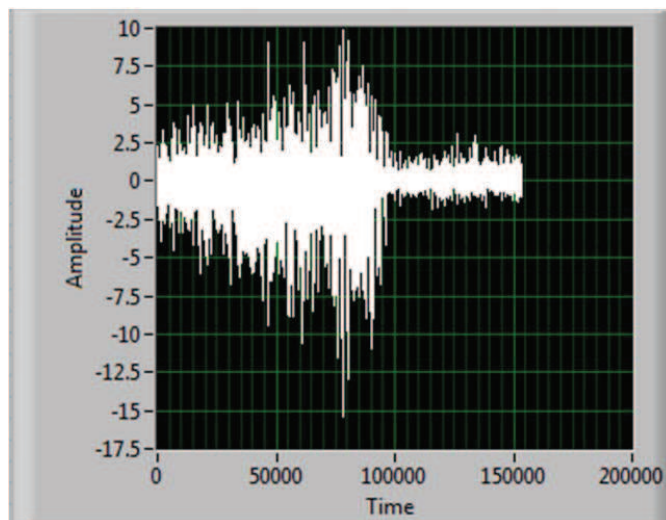


Fig. 6. Agarre Cilíndrico.

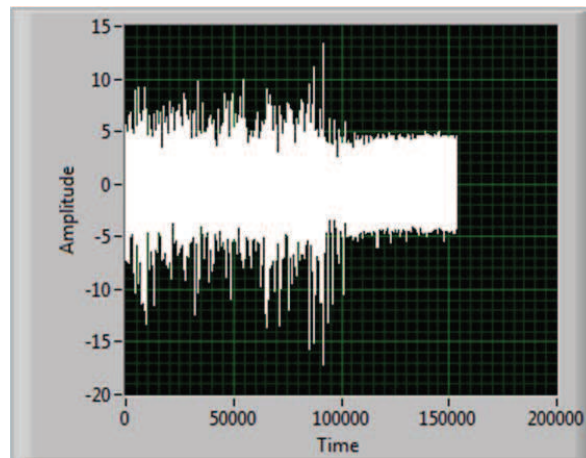


Fig. 7. Agarre Esférico.

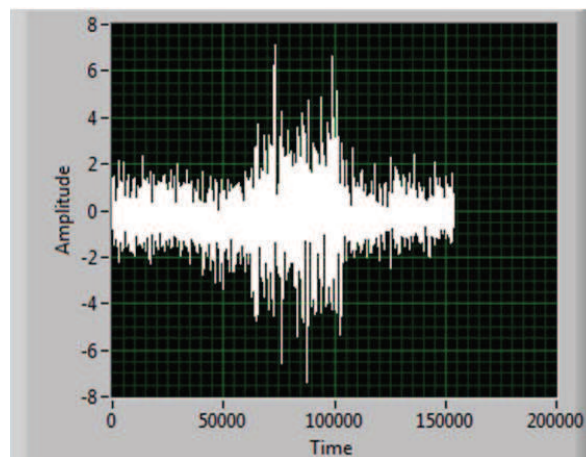


Fig. 8. Agarre de llave.

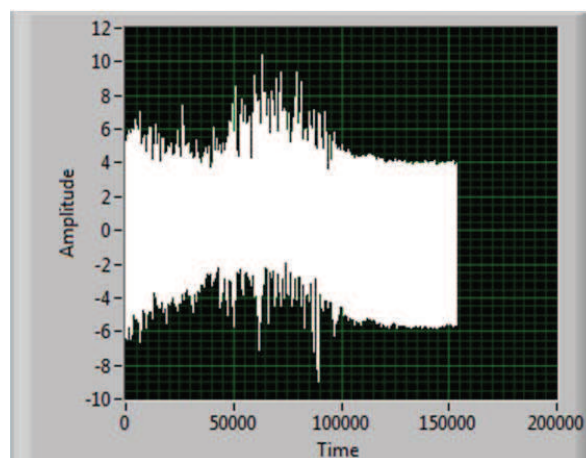


Fig. 9. Agarre de Precisión.

3.2. Aplicación de métodos de análisis.

La aplicación de los métodos descritos en la sección 2.3, varianza, desviación estándar, valor RMS y Valor medio Absoluto se llevó a cabo en Labview 10.0, para ejemplificar los resultados se muestran en la tabla 1 los correspondientes a tres series de cada movimiento. En la tabla 1, se puede apreciar la efectividad de los métodos estadísticos, ya que para los agarres cilíndrico, esférico y key los valores obtenidos en los cuatro métodos aplicados están en un rango definido y diferenciable entre ellos, en el caso del agarre pinch, los valores de cada método se pueden confundir con el agarre cilíndrico.

Tabla 1. Resultados de aplicación de métodos estadísticos.

| Movimiento | Archivo | RMS | VARIANZA | VALOR MEDIO ABSOLUTO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR |
|------------|---------|---------|----------|----------------------|---------------------|
| CILÍNDRICO | C1 | 7.50049 | 55.6794 | 5.75605 | 7.46186 |
| | C2 | 7.40021 | 54.6497 | 5.65453 | 7.39254 |
| | C3 | 7.29676 | 53.2223 | 5.64431 | 7.29536 |
| ESFÉRICO | E1 | 5.84994 | 34.217 | 4.52185 | 5.84953 |
| | E2 | 5.85193 | 34.2448 | 4.50368 | 5.85191 |
| | E3 | 6.34525 | 40.2566 | 4.97385 | 6.34481 |
| KEY | K1 | 8.81755 | 77.7473 | 6.68387 | 8.81744 |
| | K2 | 8.7873 | 77.1883 | 6.62505 | 8.78569 |
| | K3 | 9.36786 | 87.7266 | 7.43108 | 9.36625 |
| PINCH | P1 | 7.31937 | 53.5645 | 5.86076 | 7.31878 |
| | P2 | 7.39497 | 54.6848 | 5.91426 | 7.39492 |
| | P3 | 7.11982 | 50.66 | 5.69106 | 7.11759 |

En el caso del exponente de Hurst los resultados se pueden observar en la tabla 2. Y de este podemos concluir que este método no es tan efectivo para clasificar los diferentes agarres ya que la información que tenemos como resultado es todas las señales son persistentes y no se define un rango de valores del exponente para cada movimiento.

Tabla 2. Resultados de aplicación del exponente de Hurst.

| Movimiento | EXPONENTE DE HURST |
|------------|--------------------|
| CILÍNDRICO | 0.6501 |
| | 0.6346 |
| | 0.6269 |
| ESFÉRICO | 0.6128 |
| | 0.5974 |
| | 0.6126 |
| KEY | 0.6061 |
| | 0.5813 |
| | 0.6128 |
| PINCH | 0.6024 |
| | 0.5852 |
| | 0.6046 |

4. Conclusiones.

El análisis presentado muestra que los métodos estadísticos (RMS, varianza, valor medio absoluto y desviación estándar) empleados, son eficaces para la clasificación de señales mioeléctricas, ya que se pueden agrupar los resultados obtenidos dentro de un rango de valores específicos para cada agarre, no es el caso del exponente de Hurst ya que con éste método se puede conocer la naturaleza de la señal analizada.

La efectividad de los métodos estadísticos también se aplica al tiempo de análisis empleado en cada serie, ya que fue mucho menor al ocupado por el cálculo del exponente de Hurst.

Con el rango de valores obtenido para cada movimiento se puede avanzar a una siguiente etapa del proyecto, donde se aplicará control difuso para controlar los movimientos de un carro, relacionando los tres movimientos del brazo a tres movimientos realizados por la planta.

Referencias.

- [1] Hudgins B., Parker P. "A New Strategy for Multifunction Myoelectric Control". *IEEE Transactions on Robotics and Automation*. Vol. 12 No. 5, Octubre 1996.
- [2] Vuskovic M.I., Pozos A.L., Pozos R. "Classification of Grasp Modes Base don Electromyographic Patterns of Preshaping Motions". *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, 3639-3645, Leuven, Belgium, May 1998.
- [3] Sprott J. "Chaos and Time Series Analysis", Ed. Oxford University Press, 2003.
- [4] Laudin H.P. "Electromyography", Elsevier, Vol. 5, Ress Joshua D.
- [5] Gowitzke B., Milner M. "El cuerpo y sus movimientos, bases científicas", Ed. Paidotribo, 1ª edición, 342 págs.
- [6] De Luca C. "The use of Surface Electromyography in Biomechanics", *The international Society for Biomechanics*, DelSys Inc., 1993.
- [7] Akay M. "Nonlinear Biomedical Signal Processing, Dynamic Analysis and modeling". *IEEE press.*, Vol II, 2001.