



SISTEMA DE ANALISIS DE MOVIMIENTO EN LOS PLANOS SAGITAL Y CORONAL POR MEDIO DE VIDEOGRAMETRÍA

Emmanuel Jiménez-Vázquez^a, Irving Omar Cázares-Ramírez^a, Alejandro Tonatiu Velázquez-Sánchez^a, Guillermo Urriolagoitia-Sosa^a,

^a Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco" Edif. 5, 2do. Piso, Col. Lindavista, Del. Gustavo A. Madero, C P 07738 México D. F. México, emmanuel.jimnqv@gmail.com, icazaresr0300@ipn.mx

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de análisis de movimiento del cuerpo humano. Este sistema utiliza videogrametría a través de técnicas computacionales en los planos sagital y coronal. Con este sistema se obtiene una medición de la cinemática del movimiento humano, el cual puede ayudar a la valoración o al diagnóstico médico en caso de que el paciente presente algún problema físico. Para realizar el análisis, se prepara al paciente colocando en los puntos articulares marcadores reflectivos de acuerdo al movimiento que se quiera evaluar. Después, se toman los vídeos del paciente realizando el movimiento a analizar por medio de dos cámaras de alta velocidad a 320 cps (cuadros por segundo) colocadas en los planos coronal y sagital en un ambiente controlado. Para realizar el procesamiento digital de los vídeos se hace uso de funciones previamente desarrolladas, con las cuales se identifican los marcadores y se obtiene su posición. Se realiza la vectorización de los elementos a evaluar y se efectúa el seguimiento de los puntos de interés de acuerdo a la trayectoria del movimiento. Finalmente, se visualiza en pantalla una presentación de los vídeos originales en los que se superponen los marcadores encontrados, así como los datos de los elementos que se quieren evaluar. Además, se genera un espacio coordenado de tres dimensiones con una representación de los puntos evaluados a manera de vectores. En este caso se realizó la medición de la posición y variación de los ángulos en las articulaciones. Así como de las velocidades angulares, medidas en un paciente realizando el ciclo de marcha considerando las articulaciones de tobillo, rodilla y cadera. También durante la flexión del hombro y codo, tomando los puntos en las articulaciones de muñeca, codo y hombro. Implementando este sistema en el software matemático *Matlab*.

Palabras clave — Videogrametría, análisis de movimiento, biomecánica.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de movimiento es una herramienta empleada en lugares como universidades para fines de estudio o en los centros de rehabilitación como un medio de apoyo a la realización del diagnóstico o valoración médica. Este tipo de análisis permite conocer parámetros importantes del movimiento a estudiar como son, ángulos articulares, velocidades angulares, aceleraciones, fuerzas y realizar una medición de la amplitud del movimiento.

Existen diversas maneras de realizar un sistema de análisis de movimiento, las más comunes son por medio de electromiografía, dinamometría, videogrametría o sus diversas combinaciones.

En el caso de la técnica de videogrametría utilizada en este sistema las principales ventajas sobre las demás son el menor costo y una implementación más sencilla.



2. TEORÍA

Para el estudio del video, es necesario tomar sólo los datos que son de interés para el análisis, por ello es preciso aplicar diversos tipos de filtros digitales que permitirán quitar toda la información no necesaria o ruido.

Un eficiente procesamiento de las imágenes se logra utilizando el sistema de colores que mejor se ajuste a las características que queremos recuperar. Existen diversos sistemas de colores, los más conocidos son el RGB (por su acrónimo en inglés *Red, Green, Blue*), CMYK (por su acrónimo en inglés *Cyan, Magenta, Yellow, Key*), HSL (por su acrónimo en inglés *Hue, Saturation, Lighthness*) y HSI (por su acrónimo en inglés *Hue, Saturation, Intensity*).

La segmentación es una técnica que se encarga de extraer la información que se encuentra dentro de los umbrales inferiores y superiores propuestos, de la capas del sistema de colores seleccionado, dejando así una imagen de sólo dos niveles y una capa es decir, una imagen binaria. El nivel alto nos indicará la información que quedó dentro de los umbrales y el nivel bajo todo lo demás.

La dilatación es una transformación morfológica operada en imágenes binarias que combina dos conjuntos por medio de la suma de elementos de los conjuntos. Donde la dilatación de A por B es el conjunto de todas las sumas de pares posibles de elementos, en el cual un elemento procede de A y otro de B. Como se muestra en la Figura 1.

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{bmatrix} \star & \diamond & \star & \diamond \\ \diamond & \star & \diamond & \diamond \\ \star & \star & \diamond & \diamond \\ \diamond & \diamond & \star & \diamond \end{bmatrix} & \otimes & \begin{bmatrix} \star & \star \end{bmatrix} \\
 \text{A} & & \text{B}
 \end{array} = \begin{array}{c}
 \begin{bmatrix} \star & \star & \star & \star \\ \diamond & \star & \star & \diamond \\ \star & \star & \star & \diamond \\ \diamond & \diamond & \star & \star \end{bmatrix} \\
 \text{A} \otimes \text{B}
 \end{array}$$

Figura 1. Ejemplo de dilatación de A por B.

La erosión es la operación inversa a la dilatación, se define la erosión de una imagen A por un elemento estructurante B como el conjunto de elementos para los que la traslación de B está contenida en A. Como se muestra en la Figura 2.

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{bmatrix} \star & \star & \star & \star \\ \diamond & \star & \star & \diamond \\ \star & \star & \star & \diamond \\ \diamond & \diamond & \star & \star \end{bmatrix} & \ominus & \begin{bmatrix} \star & \star \end{bmatrix} \\
 \text{A} & & \text{B}
 \end{array} = \begin{array}{c}
 \begin{bmatrix} \star & \star & \star & \diamond \\ \diamond & \star & \diamond & \diamond \\ \star & \star & \diamond & \diamond \\ \diamond & \diamond & \star & \diamond \end{bmatrix} \\
 \text{A} \ominus \text{B}
 \end{array}$$

Figura 2. Ejemplo de erosión de A por B.

La apertura es la aplicación en par de la dilatación y la erogación, lo que elimina detalles pequeños sin que exista una distorsión significativa de lo no eliminado. La apertura suaviza el contorno, rompe puntos de unión y elimina islas y picos.

La operación inversa de la apertura es el cierre que alisa los contornos, fusiona canales angostos, elimina huecos pequeños y rellena los agujeros en los contornos.

B. Procesamiento de imágenes



Para calcular los parámetros de la marcha es necesario aplicar operaciones vectoriales a los marcadores, por eso deben encontrarse los centroides de los mismos.

Un **centroide** se calcula promediando los centros de las líneas verticales y horizontales de cada cuerpo.

3. PARTE EXPERIMENTAL

Para la realización del sistema de análisis de movimiento se realizaron las siguientes etapas:

Toma del video.

Pre procesamiento.

Cálculo de centroides.

Obtención de los parámetros deseados.

Despliegue de resultados.

Toma del video.

Para realizar la toma del movimiento en video se requiere de un lugar en el cual las condiciones sean óptimas, es decir que se tenga una intensidad de luz y fondo de la imagen controlados para evitar sombras y el ruido excesivo.

Para tomar el video se utilizaron 2 cámaras digitales de alta velocidad a 320 cuadros por segundo. Las cámaras fueron colocadas a una misma distancia del sujeto en los planos coronal y sagital. Para realizar la captura de movimiento se colocaron marcas reflectoras en los diferentes puntos articulados del sujeto.

Pre procesamiento

En el pre procesamiento se realizó la optimización del video utilizando una máscara para eliminar todos los objetos que no se estén moviendo reduciendo así el área que se requiere procesar para los siguientes pasos.

Calculo de centroides

Una vez que se ha reducido el área de trabajo se realiza la búsqueda de las marcas reflectivas y de sus centroides utilizando las funciones de apertura y cierres para una mejor diferenciación de las marcas en la imagen binaria. Una vez encontradas las áreas correspondientes a cada marca, se obtiene su posición y se traza un vector de posición para cada marca, de esta manera se puede representar cada eslabón como otro vector.

Obtención de los parámetros deseados

En cada análisis se buscan realizar mediciones diferentes. En los casos aquí presentados, se midió la variación de ángulos con respecto al tiempo de las articulaciones de rodilla y cadera en el análisis de marcha en el plano sagital y el reconocimiento de posición del movimiento desde el plano coronal.

Despliegue de resultados

El sistema se probó para evaluar la marcha de un paciente en el que no se han diagnosticado algún tipo de patología o discapacidad motriz. En este análisis se realizó la medición de la variación de los ángulos en la articulación de rodilla y cadera para conocer su comportamiento en el desarrollo de la marcha de este paciente.



Figura 3. Toma del video del ciclo de marcha desde el plano sagital.

Después de aplicar la metodología anterior, se obtuvieron las gráficas de la variación de los ángulos en las articulaciones de cadera y rodilla.

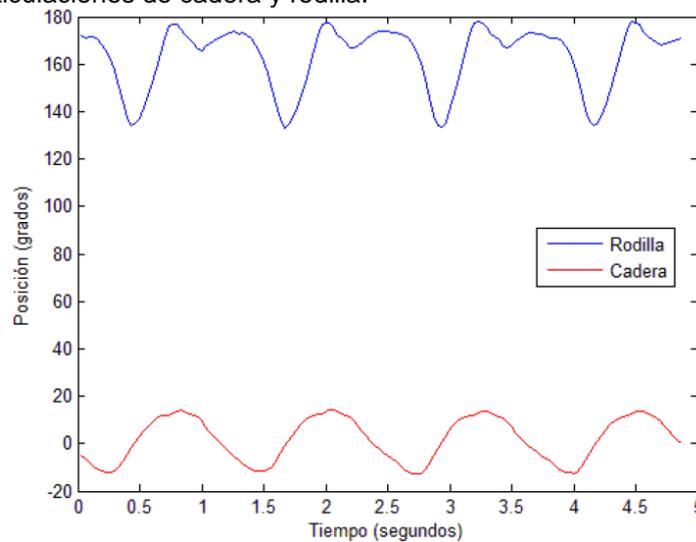


Figura 4. Comportamiento de la variación en grados de las articulaciones de cadera y rodilla con respecto al tiempo.

También se realizaron pruebas para miembro superior y la marcha desde el plano coronal. En estas pruebas solo se llegó hasta la fase de ubicación de los marcadores.

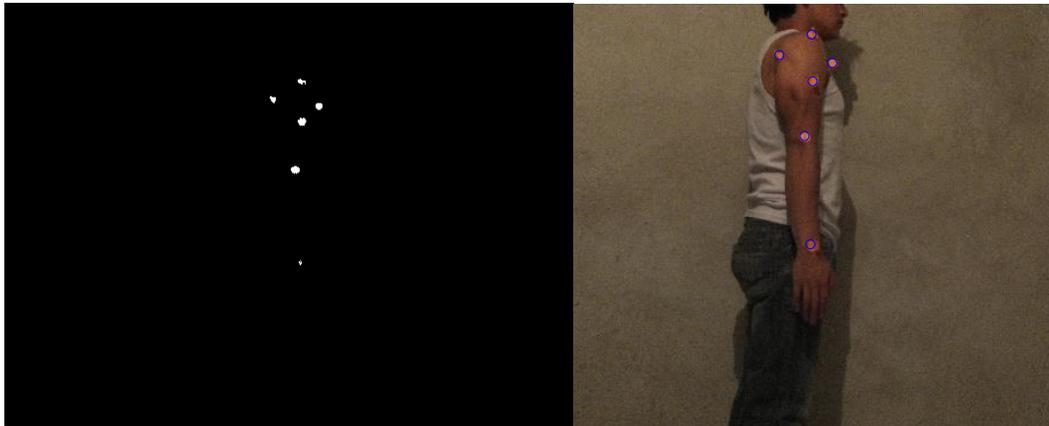


Figura 5. Se muestra la segmentación de marcas del lado izquierdo y en el lado derecho se muestra su localización en el video a analizar.

4. CONCLUSIONES

Aunque se realizaron pruebas exitosas desde el plano sagital para este sistema aún brinda información reducida del movimiento que se está analizando. De igual manera al realizar el estudio desde el plano coronal se presenta la misma problemática, que es la falta de información. Si bien, la información de ambos planos se complementarían al realizar los estudios hace falta una mejor integración de los datos y de la manera de desplegarlos para tener una mejor percepción de la dinámica del movimiento. Este sistema aún cuenta con muchos puntos a mejorar, el principal es integrar ambos planos para realizar un análisis simultáneo desde las dos perspectivas del paciente.

BIBLIOGRAFÍA (ARIAL, bold, 10 pt. justificado a la izquierda)

1. Viel, Eric, "La marcha humana: biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones", Ed. Masson. 2002.
2. Fabio Salinas Durán, Luz Helena Lugo Agudelo, Ricardo Restrepo Arbeláez, "Rehabilitación en salud", editorial Universidad de Antioquía, 2ª edición.
3. Adriana Villa Moreno, Eduardo Gutiérrez Gutiérrez, Juan Carlos Pérez Moreno, "Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría", Revista Ingeniería Biomédica ISSN 1909-9762, volumen 2, número 3, enero-junio 2008, págs. 16-26 Medellín, Colombia.
4. Pedro A. Carrión Pérez, "Ingeniería Biomédica. Imágenes médicas", et al. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2006.
5. Esqueda Elizondo José Jaime, "Fundamento de proceso de imágenes", et al. Universidad Autónoma de Baja California, 2005.
6. A. Willems, "Marcha normal", et al, EMC-Kinesiterapia-Medicina Física ISSN: 1293-2965, volumen 33, número 2, abril 2012 págs 1-29.