



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

**“SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA ASISTIR EL ENTRENAMIENTO DEL
CLUB DE TAEKWONDO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**

AUTORA: NADIA NATHALY SÁNCHEZ POZO

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

IBARRA-ECUADOR

2018

SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA ASISTIR EL ENTRENAMIENTO DEL CLUB DE TAEKWONDO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Sánchez, Nadia. Michilena, Jaime. Oña, Omar. Rosero, Paúl.

nnsanchez@utn.edu.ec, jrmichilena@utn.edu.ec, oronia@utn.edu.ec, pdrosoero@utn.edu.ec

Universidad Técnica del Norte

Resumen—En el presente proyecto se desarrolla un sistema de captura de movimiento para asistir el entrenamiento de los miembros del club de Taekwondo de la “Universidad Técnica del Norte”, mediante la utilización de un sensor de movimiento, el cual monitorea la ejecución de las posturas básicas de la Poomsae Taegeuk 1.

El sistema utiliza la tecnología de captura de movimiento del sensor Kinect v2 el cual permite obtener las coordenadas de las articulaciones del cuerpo humano en el plano tridimensional, además cuenta con una aplicación de evaluación de posturas básicas que determina errores en el entrenamiento de posturas básicas del Poomsae Taegeuk 1.

Las pruebas de funcionamiento del sistema se realizaron bajo la supervisión de un experto en la disciplina deportiva, logrando así determinar la fiabilidad y exactitud de este, las pruebas fueron ejecutadas dentro del club de Taekwondo de la Universidad Técnica del Norte, contando con la participación de practicantes de diferente estatura, edad y cinturón.

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas de funcionamiento del sistema en base a las posturas Are Makgui (Defensa baja), Olgul Makgui (defensa alta), Momthon Jirugui (golpe de puño), Momthon Makgui (defensa media), de la aplicación entrenar, permitieron definir el porcentaje de aciertos del sistema en las diferentes posturas, al igual que el nivel de confianza, siendo este igual al 90.83%. Concluyendo así que el sistema facilita la detección de errores de posturas básicas del Poomsae Taegeuk 1.

Índice de Términos— Microsoft Kinect, Sistema de captura de movimiento, Taekwondo.

Abstract— In this research project it is developed a motion capture system to attend the training of the members of the Taekwondo club of the “Técnica del Norte” university using a motion sensor, which monitors the execution of the basic positions of the Poomsae Taegeuk 1.

The system uses the motion capture technology of the Kinect v2 sensor which allows to obtain to obtain coordinates of the joints of the human body in the three-dimensional plane, it also has an application for evaluating basic postures that

determines errors in the training of basic postures of the Poomsae Taegeuk 1.

The tests of operation of the system were carried out under the supervision of an expert in the sports discipline, achieving thus determining the reliability and accuracy of this, the tests were carried out within the Taekwondo club of the “Técnica del Norte” university with the participation of practitioners of different height, age and different degree gbel.

The results obtained when performing the system performance tests based on the positions Are Makgui (Low Defense), Olgul Makgui (high defense), Momthon Jirugui (punch), Momthon Makgui (middle defense), the training application, allowed to define the percentage of hits of the system in the different positions, just like the level of trust, being equal to 90.83%. Concluding that the system facilitates the detection of errors of basic postures of the Poomsae Taegeuk 1.

Keywords— Microsoft Kinect, motion capture system, Taekwondo.

I. INTRODUCCIÓN

El taekwondo es un arte marcial, originario de Corea, pasó a formar parte de los deportes olímpicos en el año 1988 en las Olimpiadas de Seúl. Presenta un sistema preciso de ejercicios y movimientos creados para la autodefensa y contraataque [1]. Las secuencias de movimientos de defensa y ataque que simula un combate se denominan Poomsae.

Los Poomsae TAEGUK son un conjunto de movimientos, que el estudiante puede practicar libremente para mejorar su rendimiento en la ejecución de dichos Poomsae [2]. Poomsae es una serie de movimientos técnicos de defensa y ataque, mediante la práctica permite

mejorar el equilibrio, coordinación y precisión del movimiento. Los TAEGUK son un grupo de 8 Poomsae asociados a los grados de cinturones GUP ya que para ascender a un grado GUP superior se incluyen en los exámenes para el cambio de cinturones de diferentes colores hasta llegar a cinturones negros [2].

La utilización de un sistema de captura de movimiento para asistir el entrenamiento de Taekwondo, aplicando nuevas tecnologías, permite reconocer los errores que comente el deportista en la ejecución de su instrucción. Lo cual se lo realiza utilizando la tecnología Kinect que monitorea las posturas del individuo y mediante el acoplamiento a una aplicación computacional se analiza los movimientos básicos de la práctica de Poomsae Taegeuk 1.

El objetivo del sistema propuesto es asistir el entrenamiento y facilitar la detección de errores de postura básica de la práctica de Poomsae Taegeuk 1 de los miembros del club de Taekwondo de la “Universidad Técnica del Norte” mediante la utilización de la tecnología Kinect.

A. Kinect

Kinect es un sensor 3D de bajo costo que fue desarrollado por Microsoft en el año 2010, para la consola XBOX 360 que permite al jugador usar su cuerpo como control de juego. Kinect está constituido por una cámara RGB asociada a un transmisor y receptor de infrarrojos, y un arreglo de micrófonos, permite el reconocimiento por voz y reconocimiento facial. Actualmente existe una versión mejorada de Kinect que es Kinect para XBOX One o Kinect v2 el cual permite el rastreo de 6 esqueletos completos, hasta 25 joints (puntos de esquematización del cuerpo) a diferencia de su antecesor que permite 20 joints, en este proyecto se utiliza Kinect v2.

B. Software Kinect

Los principales controladores utilizados en

aplicaciones para Kinect están disponibles en los siguientes proyectos: OpenNI, OpenKinect y Microsoft Kinect para Windows. Algunas de las librerías que utilizan estos proyectos son: OpenCV, Unity3D, PCL, RGBDemo, Openframeworks, etc.

En esta investigación se utiliza Microsoft Kinect.

- Microsoft Kinect para Windows: El Kinect para Windows SDK permite el reconocimiento de esqueleto sentado, seguimiento de esqueletos, seguimiento facial y reconocimiento de voz.

C. Hardware Kinect

Las partes principales por las que está constituido el sensor Kinect son: cámara RGB, cámara de infrarrojos y un arreglo de 4 micrófonos.

II. DISEÑO

El diseño del presente proyecto se desarrolló en base a la metodología del modelo en V, partiendo del análisis de requerimientos del sistema en base a la situación actual del club de taekwondo de la Universidad Técnica del Norte, logrando así determinar el software y hardware.

Para la definición de los requerimientos de Stakeholders se tomó como punto de partida el análisis de resultados obtenidos en la encuesta, alcance del sistema y situación actual, lo cual permitió identificar las necesidades del usuario y los requerimientos operacionales del sistema, considerando que el sistema debe permitir al usuario acceder a las opciones de entrenamiento que ellos elijan.

A. Diagrama de Bloques.

El diagrama de bloques del sistema representa de manera gráfica la relación que existen entre los componentes de este y su funcionamiento. A continuación, se muestra en la Fig. 1 el diagrama antes mencionado.



Figura 1. Diagrama de bloques sistema de captura de movimiento.

A continuación, se detalla el funcionamiento de los bloques de la Fig.1.

Bloque 1. Representa la alimentación eléctrica del Kinect (sensor de movimiento) el cual se conecta al adaptador Kinect que cumple con las funciones de alimentación eléctrica del sensor y la comunicación entre el ordenador y Kinect vía USB mediante el puerto 3.0.

Sensor de movimiento (Kinect v2), capta el usuario que se sitúa frente al Kinect lo cual se logra gracias a la configuración óptica de este que permite el reconocimiento de imágenes y a su vez detecta las articulaciones del cuerpo humano identificando en tiempo real la posición que estas se encuentran en el plano XYZ conociendo así la orientación del cuerpo, dichos datos serán enviados al ordenador para su procesamiento y la creación del esqueleto en movimiento.

Bloque 2. Incluye el ordenador encargado de la recepción y procesamiento de los datos, mediante el software de desarrollo Visual Studio en el cual se desarrolla la aplicación de captura de posturas básicas.

El ordenador cuenta con los paquetes Windows Software Development Kit (SDK) Kinect el cual proporciona herramientas y APIs necesarias para el desarrollo de aplicaciones compatibles con Kinect v2, Visual Studio 2012 y licencias y librerías compatibles para la elaboración del proyecto.

La aplicación consiste en la implementación de

un algoritmo de comparación de posturas el cual se desarrolla en una clase (C#) del proyecto Tesis TKD V1.0 desarrollado en Windows Presentation Foundation (WPF), dentro de la clase se desarrollan métodos booleanos los cuales permitirán la detección de una determinada postura para la evaluación de esta. Los resultados de la evaluación se podrán visualizar en una interfaz gráfica.

Bloque 3. Interfaz gráfica permite la visualización de las opciones de entrenamiento, y la presentación de los resultados, esta permite al usuario interactuar con la aplicación.

B. Diagrama de conexión del sistema de captura de movimiento.

El sistema de captura de movimiento está compuesto por tres elementos: Ordenador, sensor Kinect v2, y adaptador del sensor, los cuales se deben conectar de forma correcta. En la Fig.2 se presenta un diagrama general de conexión lo cual permite la observación de la estructura física del sistema de captura de movimiento.

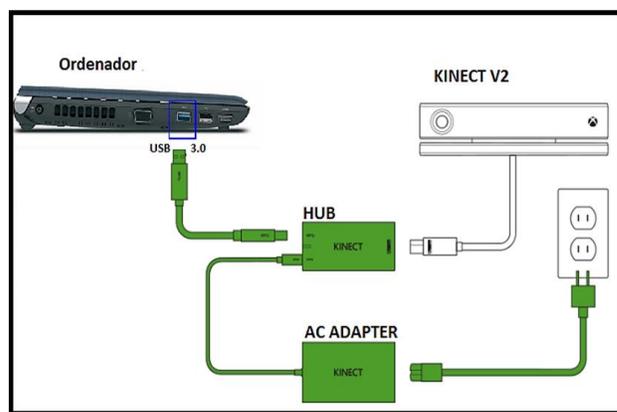


Figura 2. Diagrama de conexión del sistema de captura de movimiento.

C. Algoritmo de comparación de posturas.

El algoritmo de comparación de posturas permite comparar cada una de las articulaciones definidas en el plano XYZ realizando una operación matemática entre los puntos o articulaciones en los ejes X, Y, Z, para la evaluación de posición de los joints se utiliza el SDK de Kinect el cual permite obtener las coordenadas de las articulaciones respecto al sensor como se indica en la Figura 3 Coordenadas de referencia sensor Kinect v2.

Dentro del programa el vector que almacena la posición XYZ de las articulaciones se conoce como position3D.

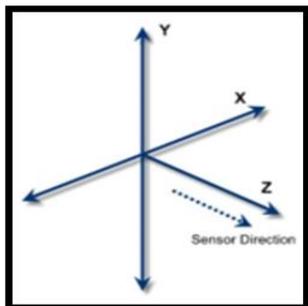


Figura 3. Coordenadas de referencia sensor Kinect v2.

D. Cálculo de ángulos.

Se realiza una comparación entre los ángulos definidos y los calculados, si la comparación de dichos ángulos es correcta se considera el paso como realizado. En esta etapa se calculan dos ángulos. Los cuales se definen a continuación en la tabla 1. Ángulos definidos.

TABLA I
Ángulos definidos.

| # Ángulo | Lado inicial | Vértice | Lado final | Definición |
|-------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|--|
| Ángulo 1 | Hombro derecho | Codo derecho | Muñe ca derec ha | Es el ángulo formado por los vectores: Shoulder Right, Elbow Right, Wrist Right. |
| Ángulo 2 | Hombro izquierdo | Codo izquierdo | Muñe ca izquie rda | Es el ángulo formado por los vectores: Shoulder Left, Elbow Left, Wrist Left. |

E. Pasos de la evaluación de posturas.

En la evaluación de la técnica o PUM (Postura final de las técnicas del taekwondo) se califica sobre 10 puntos, evaluando cuatro pasos, los pasos fueron determinados considerando las limitaciones del dispositivo, por lo cual se segmenta una postura en cuatro pasos, ya que en la evaluación de las técnicas de defensa se evalúan diferentes aspectos por ejemplo la mirada, la colocación correcta del puño, que los hombros estén paralelos entre otras.

Paso 1: El deportista debe mantener la mirada al frente (1 puntos)

Paso 2: Hombros rectos. (1 puntos)

Paso 3: consiste en la defensa (alta, media, baja) para Olgul Makgui, Momthon Makgui y Are Makgui respectivamente, en el caso de Momthon Jirugui el golpe de puño al medio.

Para el paso 3 se consideran 3 criterios de evaluación:

- Correcto: significa que la técnica fue realizada correctamente dentro de los parámetros establecidos obteniendo una evaluación igual a 6 puntos.
- Aceptable: significa que la técnica realizada coincide con la seleccionada para el entrenamiento, pero no fue realizada con perfección. (4 puntos).
- Regular: significa que se realizó la postura seleccionada a entrenar, pero tiene que mejorar más la técnica. (2 puntos).

Paso 4 se evalúa el brazo de tracción el cual debe colocarse al costado de la cadera izquierda. (2 puntos)

A continuación, se detalla los aspectos importantes de cada postura para su ejecución.

- Are Makgui (defensa baja)

Defensa baja, con el brazo derecho se realiza una defensa baja. El brazo derecho debe estar alineado con el costado de la pierna derecha (Paso 3), el brazo de tracción debe colocarse al costado de la cadera izquierda (Paso 4).

- Olgul Makgui (defensa alta)

Defensa alta, coloque el antebrazo derecho levantado al centro de la cara dejando una distancia de un puño vertical (Paso 3), y el otro brazo al costado de la cintura o centro del cuerpo (Paso 4).

- Momthon Makgui.

Defensa a la zona media, con el brazo derecho realizar la acción de bloqueo de afuera hacia adentro el codo debe estar flexionado señalando hacia abajo (Paso 3), y el otro brazo al costado de la cintura o centro del cuerpo (Paso 4).

- Momthon Jireugi (golpe de puño al medio)

Golpe de puño al medio, con el brazo derecho se da un puñetazo, el cual se lo realiza en línea recta al plexo solar (Paso 3). y el otro brazo al costado de la cintura o centro del cuerpo (Paso 4).

III. PRUEBAS

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema se realizaron varias pruebas, la primera prueba fue de funcionamiento del sistema, la cual permitió la depuración de errores.

Para las pruebas del sistema se contó con el criterio de un experto es decir la profesora del club de Taekwondo de la “UTN”, dichas pruebas se realizaron con personas reales dentro de dicho club.

Los ejercicios o posturas fueron segmentados para las pruebas, con el objetivo de determinar el nivel de confianza del sistema en los diferentes casos de uso, ya que se realizaron a varios deportistas de diferente estatura, edad y cinturón.

La evaluación del experto permite realizar una comparación entre la evaluación de este y la del sistema. Considerando tres criterios de evaluación:

correcto, aceptable, regular, y el criterio del experto (Si – No), es decir si está de acuerdo o no con la evaluación del sistema.

A. Prueba Are Makgui defensa baja.

En esta sección se realizó un total de 30 pruebas de la aplicación entrenar (ver Fig.4) para la postura Are Makgui o defensa baja, las cuales se realizaron a diferentes deportistas universitarios y vinculados de diferente estatura, edad y cinturón.



Figura 4. Ejemplo prueba Are Makgui.

B. Prueba Momthon Makgui.

En esta sección se realizó la prueba de la defensa media, el la Fig. 5 se indica la imagen capturada por Kinect al momento de la ejecución del sistema.



Figura 5. Ejemplo prueba Momthon Makgui.

C. Prueba Momthon Jirugui.

Prueba de la postura Momthon Jirugui o golpe de puño, en la Fig.6 se indica un ejemplo de la imagen capturada por el sensor Kinect v2 al realizar dicha postura.



Figura 6. Ejemplo prueba Momthong Jirugui.

D. Prueba Olgul Makgui.

En esta sección se realizó la prueba de la postura Olgul Makgui o defensa alta. En la Fig. 7 se indica un ejemplo de la esquematización de los joints o articulaciones del deportista capturadas por Kinect al realizar el entrenamiento de dicha postura.



Figura 7. Ejemplo esquematización joints deportista.

IV. RESULTADOS

En base a las pruebas detalladas anteriormente se obtuvo como resultado que el sistema de captura de movimiento para asistir el entrenamiento del club de Taekwondo de la “Universidad Técnica del Norte” de un total de 120 examinados, presentó un número de fallas igual a 11.

Para establecer el índice de fallas del sistema se aplica la siguiente formula:

$$TF\% = \frac{\text{Número de Fallas}}{\text{Número de Examinados}}$$

Donde:

Número de examinados = 120

Número de fallas = 11

$$TF\% = \frac{11}{120} = 9.1666\%$$

De acuerdo con el índice de fallas se concluye que el sistema presenta un nivel de confianza igual al 90.83%.

Las fallas presentadas por el sistema al momento de evaluar las posturas básicas tales como: defensa baja y golpe de puño se deben a que el algoritmo implementado es dependiente del eje z, y en las posturas antes mencionadas no se logra capturar de forma correcta la profundidad en determinadas ocasiones.

V. COSTO DEL SISTEMA

El costo del sistema está dividido en software, hardware. El hardware necesario para realizar el proyecto es un computador, un Kinect v2 y adaptador Kinect, el costo de software hace referencia al costo por hora de programación. A continuación, en la tabla 2 se detalla el costo total del sistema.

TABLA II
Costos del sistema de captura de movimiento.

| DETALLE | CANTIDAD | UNIDAD | C. UNITARIO \$ | TOTAL \$ |
|---------------------------------|----------|-----------------------|----------------|----------|
| Kinect v2. | 1 | | 150.00 | 150.00 |
| Computador Laptop. | 1 | | 700.00 | 700.00 |
| Adaptador Kinect. | 1 | | 75.00 | 75.00 |
| Software. Horas de programación | 70 | Horas de programación | 12.00 | 840.00 |
| TOTAL \$ | | | | 1765.00 |

VI. CONCLUSIONES

- Se desarrollo un sistema de captura de movimiento mediante la utilización de la tecnología Kinect, para asistir el entrenamiento de posturas básicas de la Poomsae Taegeuk 1 el mismo que trabaja con un nivel de confianza igual al 90, 83%, valor obtenido de evaluación del sistema.

- La utilización de Kinect versión 2.0, beneficio la programación del proyecto al lograr tener un mayor número de articulaciones detectadas por el usuario y la posibilidad de detección de los estados de la mano.

- El dispositivo Kinect lee las coordenadas de las articulaciones del cuerpo las cuales son almacenadas en un vector Position 3D en la clase C# del proyecto Visual Studio, lo cual permite hacer uso de dicho vector para la comparación de posturas en el plano XYZ.

- El uso del sistema para evaluar posturas básicas motiva a los deportistas a realizar un mayor número de repeticiones de una postura ya que estos desean obtener una mayor puntuación, lo cual beneficia al mejoramiento de la coordinación física y mental y por ende de la técnica entrenada.

- El sistema permite evaluar la realización de una postura calificando partes principales de la

técnica con restricciones ya que existen aspectos importantes dentro de la evaluación de esta los cuales no son cubiertos por el sistema consecuencia de las limitaciones del sensor y SDK, por lo cual se almacena una imagen la cual podrá observar el deportista o el entrenador para obtener más detalles de los errores cometidos.

REFERENCIAS

- [1] De Prado, C. G., Reig, X. I. I., Sariola, J. A. M., & Pérez, G. E. (2011). Sistematización de la acción táctica en el taekwondo de alta competición/Systematization of Tactical Action in High-Level Competition Taekwondo. *Apunts. Educació física i esports*, (103), 56.
- [2] Akilian, F. J. (2009). TAEKWONDO OLIMPICO Enseñar el Arte de Jugar el Deporte. Buenos Aires: kier
- [3] Palma, Á. (30 de septiembre de 2013). Kinect para XBOX One: Generación XBOX. Obtenido de Generación XBOX Web site: <http://generacionxbox.com/kinect-para-xbox-one/>
- [4] Pterneas, V. (28 de enero de 2014). CODE PROJECT. Obtenido de <https://www.codeproject.com/Articles/716741/Implementing-Kinect-gestures>
- [5] Rodríguez, Á. (2013). Sistema de entrenamiento con Kinect. Barcelona, España.
- [6] Rodríguez, Á. (2013). Sistema de entrenamiento con Kinect. Barcelona, España.
- [7] Sossa Azuela, J. H. (2013). Visión Artificial Rasgos Descriptores para el Reconocimiento de Objetos. Madrid: Ra - Ma.

Autores

Nadia N. Sánchez P.
Estudiante Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Electrónica Y Redes de Comunicación
2018.

Jaime R. Michilena C.
Docente Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Electrónica Y Redes de Comunicación
2018.

Omar R. Oña R.
Docente Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Electrónica Y Redes de Comunicación
2018.

Paúl D. Rosero M.
Docente Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Electrónica Y Redes de Comunicación
2018.