

**Sistema informático de rehabilitación basado en tecnología Kinect para niños con problemas psicomotrices**

**Information system based rehabilitation Kinect technology for children with psychomotor impairment**

**Sistema de informação com base em tecnologia Kinect de reabilitação para crianças com deficiência psicomotora**

Miguel A. Valle Pelaez<sup>1</sup>, Marlene R. Paredes Jacinto<sup>1</sup>, Wilmer P. Carrasco Alvarado<sup>1</sup>, Julio C. Pantoja Fernández<sup>1</sup>, Kenedy J. Gutiérrez Mendoza<sup>1</sup>

---

**Resumen**

Esta investigación tiene como propósito presentar un sistema informático basado en tecnología Kinect el cual lo aplicamos como base para un programa de terapia de rehabilitación diseñado para permitirles a los terapeutas físicos monitorizar a los pacientes en el desarrollo de sus ejercicios y el avance alcanzado, según el reporte se estudia la distancia óptima y la luminosidad del sensor al momento de realizar los ejercicios. El aplicar la tecnología Kinect, permitió una solución divertida, que ayude y estimule a realizar los ejercicios en los niños de 5 a 10 años con movimientos controlados por un computador y con un registro de ejecuciones. El algoritmo implementado permitió el reconocimiento de la ubicación de los objetos con las manos dentro de un plano 3D aplicando ecuaciones geométricas en especial la ecuación de la recta para controlar el efecto magnético. Es importante resaltar la importancia de los resultados logrados debido a la mejora de la experiencia de interacción con los objetos para la rehabilitación de las personas mediante el uso de juegos y la medición de sus resultados a través del integrar la tecnología Kinect con los sistemas informáticos, enlazado a un motor de base de datos.

Palabras clave: Sistema informático, tecnología Kinect

**Abstract**

This research aims to present a set of computer-based Kinect technology which we apply it as the basis for a program of rehabilitation therapy designed to enable physical therapists monitor patients in developing their exercises and progress achieved according to the report the optimal distance and brightness sensor when performing the exercises is studied. Applying Kinect technology will allow a fun solution to help and encourage the exercises in children 5 to 10 years with a computer-controlled movements and with a record of executions. The algorithm implemented allowed the recognition of the location of objects with their hands in a 3D plane using geometric equations in particular the equation of the line to control the magnetic effect. It is important to highlight the importance of the results achieved due to the improving the experience of interaction with objects in the rehabilitation of people using games and measuring their results through integrating Kinect technology with computer systems, linked to a database engine.

Keywords: Computer system, technology Kinect

**Resumo**

Este trabalho de pesquisa destina-se a introduzir um sistema de tecnologia baseada em computador Kinect que aplicá-lo como uma base para um programa de terapia de reabilitação projetado para permitir que fisioterapeutas monitorar pacientes no desenvolvimento de seus exercícios e chegou-se para a frente, de acordo com o relatório explora a distância ideal e a luminosidade do sensor no momento do exercício. Aplicar a tecnologia Kinect, permitirá uma divertida solução, o que ajuda e incentiva o exercício em crianças de 5 a 10 anos com um movimentos controlados por computador e um recorde de execuções.

---

<sup>1</sup>Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Informática y de Sistemas, miguelv\_pelaez@hotmail.com

Recibido, 4 de agosto de 2014  
Aceptado, 17 de setiembre de 2014

O algoritmo implementado permitiu o reconhecimento da localização dos objetos com as mãos dentro de um avião 3D aplicando equações geométricas nomeadamente a equação da linha reta para controlar o efeito magnético. É importante destacar a importância dos resultados alcançados devido a melhoria da experiência de interação com os objetos para a reabilitação de pessoas com o uso de jogos e a medição de seus resultados através da integração da tecnologia Kinect com sistemas de computador, ligados a um mecanismo de banco de dados.

Palavras-chave: sistema de computador, tecnologia Kinect

## Introducción

El sensor Kinect utiliza tecnología de captura de movimiento con Microsoft® Kinect para convertir al usuario en el actor principal de la rehabilitación. El paciente interactúa con el sistema en un entorno 3D donde ejecuta diferentes movimientos específicamente indicados para su nivel de discapacidad, bien con las manos, bien con los pies o bien levantando alternativamente un pie u otro. Los pacientes realizan todos los movimientos sin necesidad de ningún dispositivo o controlador.

Estas tendencias futuristas pensadas años atrás, se denominan NUI (interfaces de usuario natural) y hoy son una realidad del mundo tecnológico, que sorprenden por su versatilidad y potencialidades para el entretenimiento y la educación. Baldassarri (2007) sostiene que de las nui se pueden aprovechar su simplicidad y naturalidad para facilitar el aprendizaje en niños y jóvenes. Además, ser utilizado como dispositivos de entrada de gran interacción, dada las limitaciones de los dispositivos de entradas tradicionales, tales como el teclado y mouse. Lowe (2012) sostiene que en la actualidad una de las tecnologías que impulsa esta nueva forma de comunicación hombre-máquina es la denominada tecnología Kinect basada en un sensor de profundidad, cámara RGB entre otros componentes, desarrollada por la empresa Microsoft y lanzada al mercado norteamericano en noviembre del 2010.

Sin perder las bases de lo esencial en rehabilitación física infantil, pienso que hay nuevas tecnologías a valorar, por lo que Microsoft ha tenido un excelente detalle para todos aquellos desarrolladores que investigan con Kinect, ya que ha decidido incluir en su SDK de Kinect para Windows (Shminan y col., 2012). El desarrollar aplicaciones hoy en día que ayuden en la rehabilitación se hace más fácil implementarlas. Se están abriendo puertas muy importantes: se podrá hacer rehabilitación sin ir al hospital.

La filosofía de la rehabilitación, toma en cuenta la dignidad humana y retoma el derecho que tienen las personas a la calidad de vida, a la participación y a la igualdad de oportunidades debe garantizarles a las personas con limitaciones las ayudas necesarias para que estas puedan alcanzar satisfacción personal, desarrollo y brindar utilidad social.

El Kinect ofrece una gama de posibilidades no considerada por sus creadores, y ha empleado el aparato y sus algoritmos para fabricar sillas de ruedas que se mueven con sólo tensar un músculo, robots que siguen los pasos de su amo y aplicaciones que permiten manipular computadoras fácilmente (Chiang y col., 2012). El Kinect no es propiamente una cámara, como se piensa, sino un sensor de distancias capaz de captar objetos en tres dimensiones. Es un instrumento que, al determinar qué tan lejos está cada cosa, permite calcular volúmenes. Si entendemos esto, nos encontramos ya en condiciones de imaginar todo aquello que puede, o no, hacer.

Sin embargo, desarrollar los algoritmos o indicaciones para que el aparato distinga la diferencia entre movimientos sutiles, como la elevación de un índice o la flexión de

un pulgar, implica mucho trabajo, por eso no pude concluir esa iniciativa, lo que no implica que no pueda ser retomada después (Hojoon, 2008).

Por tanto la investigación tiene como objetivo presentar un sistema informático basado en tecnología Kinect para diseñar un programa de rehabilitación de niños con problemas psicomotrices.

## Material y métodos

El tipo y diseño de investigación es aplicada, no experimental, y descriptiva del proceso de elaboración del sistema informático para la creación del juego tenemos los siguientes pasos:

1. Registro de datos del paciente en el sistema informático.

Figura 1. Registro de datos de paciente.

Código	Nombres	Apellidos	Sexo	DNI	Nacimiento
1	Carlos	Lozano Lopez	M	55555555	11/05/2003
2	Maria	Gonzalez Valencia	F	44444444	10/08/2004
3	Carlos	Perez Carballo	M	22222222	15/01/2005
4	Caroly Mayra	Otiniano Ramos	F	55556666	05/12/2013
5	Luis	Lopez Mendez	M	44445555	12/06/2002
6	Doris	Lucano Robles	F	55554444	20/12/2013
7	Ronald	Lozano Mendoza	M	22233333	27/01/2009

Figura 2. Selección para inicio del juego

2. Seguimiento del movimiento del usuario.
  - a. Conforme el usuario desplaza su brazo derecho o izquierdo el programa lee el movimiento el cual es representado mediante un círculo color rojo, aparecerá en pantalla mientras el usuario no elija una fruta alguna.
3. Ejecución de un intento:
  - a. Cuando el usuario posiciona la mano sobre una fruta, éste automáticamente cambiará su imagen al de la fruta elegida. Las frutas se resaltarán de color blanco.



Figura 3. Haciendo uso del juego con la tecnología Kinect

- A partir de ahora el usuario deberá mover su brazo conforme la línea hasta llegar al otro extremo. El sistema aplicará un algoritmo de efecto magnético para dar una sensación de estabilidad de movimiento al usuario.
- Si el usuario sobrepasa el margen de alejamiento (delta) respecto a la línea, el movimiento de la fruta se desactivará, el cursor volverá a tener su imagen original (un círculo rojo) y el contador establecerá el intento como fallido.



**Figura 4.** La línea blanca representa al algoritmo de la línea recta para la creación del efecto magnético, el delta representa los márgenes entre los intentos del juego y el control del algoritmo

De los resultados del juego según los ejercicios y velocidad determinados por el terapeuta físico, se obtiene los resultados los cuales serán analizados.



**Figura 5.** Fin del juego se contabiliza el número de aciertos y desaciertos realizado, se monitorea el record histórico en un reporte para ir evaluando la evolución del paciente

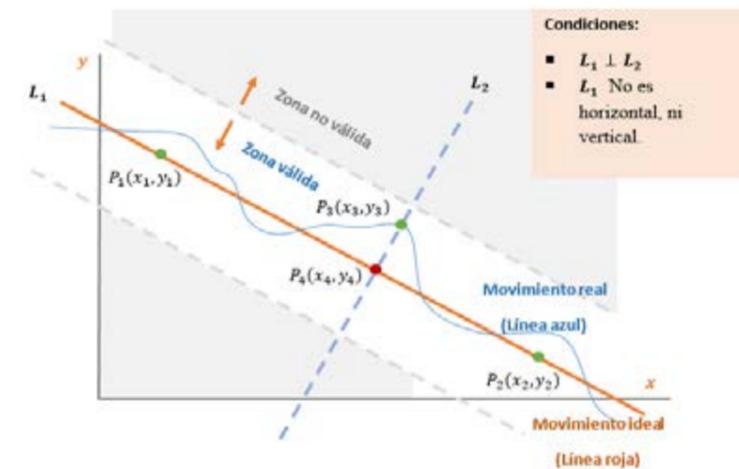
## Resultados

### Fundamento del programa “El efecto magnético”

Imaginemos tratar de limitar el movimiento que realiza un objeto dentro de la pantalla de un ordenador, validar si este movimiento se encuentra dentro de una zona permisible y que el usuario se sienta cómodo ejecutando el programa que le ayudará a ejercitar sus extremidades, entonces nos preguntaremos qué ordenes darle a la computadora para lograr nuestro objetivo ¿Qué código escribir? Pues realmente la solución está en usar algunas ecuaciones geométricas, específicamente en aplicar la ecuación de la recta.

Ahora imaginemos que el usuario pase la mano sobre el comienzo de una línea (punto A) y que esta “atrape” su mano y le guíe hasta el otro extremo de la línea (punto B) y que en ese trayecto si el usuario aleja demasiado su mano de la línea entonces esta la “suelta” y la mano del usuario esta otra vez libre para efectuar otro movimiento.

Este efecto de “atrapar” y “soltar” es lo que se puede denominar como “efecto magnético”. Y es un efecto muy atractivo para cualquier usuario. Realmente la solución matemática para lograr este efecto se puede resumir en resolver el siguiente problema: En la siguiente figura, dados los puntos  $P_1, P_2, P_3$  hallar el punto  $P_4$  (entender  $P_4$  como una proyección de  $P_3$ ):



**Figura 6.** Ecuación de la recta

Solución:

Pendiente de  $L_1$ :

$$m_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad m_1 \in L_1$$

Recta perpendicular a  $L_1$

$$L_1 \perp L_2$$

$$m_2 = -1 \cdot (m_1)^{-1}$$

$$m_2 = \frac{x_1 - x_2}{y_2 - y_1}, \quad m_2 \in L_2$$

Ecuación de las rectas  $L_1$  y  $L_2$

$$L_1: y - y_1 = m_1(x - x_1) \quad \dots (1)$$

$$L_2: y - y_3 = m_2(x - x_3) \quad \dots (2)$$

**Hallar intersección:**

Usando  $P_1$  y  $P_3$ , sabiendo que  $(P_1 \in L_1)$ ,  $(P_3 \in L_2)$  y  $P_4 = L_1 \cap L_2$

$$\begin{cases} y - y_1 = m_1(x - x_1) \\ y - y_3 = m_2(x - x_3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = m_1(x - x_1) + y_1 \\ y = m_2(x - x_3) + y_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = m_1(x - x_1) + y_1 \\ -y = -m_2(x - x_3) - y_3 \end{cases}$$

$$\frac{m_1(x - x_1) - m_2(x - x_3) + y_1 - y_3}{m_1(x - x_1) - m_2(x - x_3) + y_1 - y_3} = 0$$

Por tanto:

$$x_4 = \frac{m_1x_1 - m_2x_3 - y_1 + y_3}{m_1 - m_2}$$

De (2) se deduce que:

$$\begin{aligned} y - y_3 &= m_2(x - x_3) \\ y_4 &= m_2(x - x_3) + y_3 \end{aligned}$$

Finalmente:

$$P_4 = (x_4, y_4) = \left( \frac{m_1x_1 - m_2x_3 - y_1 + y_3}{m_1 - m_2}, m_2(x - x_3) + y_3 \right)$$

El punto  $P_4$  debe entenderse como una proyección del punto  $P_3$  sobre la recta  $L_1$ , en este sentido la distancia que existe entre  $P_3$  y  $P_4$  es la que determinará la validez del movimiento, si se pasa del margen establecido el movimiento ya no será válido, por otro lado si el movimiento se mantiene dentro del margen de principio a fin, entonces el movimiento se determinará válido.

Recordando que  $L_1$  es la recta que debe seguir el jugador con la mano, el lograr determinar el punto  $P_4$  logra 2 objetivos: a) Determinar la distancia existente entre  $P_3$  y  $P_4$ , para saber si la mano del jugador sale o se mantiene en la región válida del área de juego. b) Lograr que el usuario perciba un efecto magnético, ya que el movimiento del jugador (cuando está dentro del área válida) se mostrará en una posición más cercana a la línea gracias a que la distancia que existe entre  $P_3$  y  $P_4$  se multiplica por un factor de reducción. Por ejemplo si distancia = 30 y factor = 0.5, entonces la nueva distancia será 15 y el usuario percibirá como que si la línea le atrajera la mano. Sin embargo si la distancia esta fuera del espacio válido, entonces en la pantalla se mostrara la posición real de la mano del jugador, lograr suavizar el movimiento que realiza el usuario.

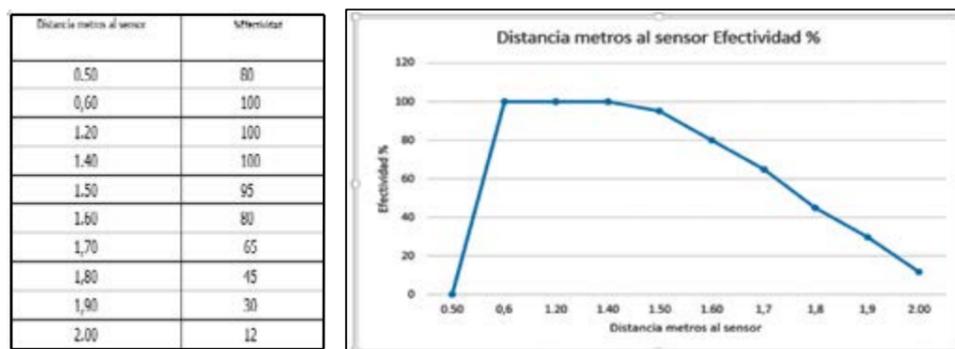


Figura 7. Resultado de las pruebas de efectividad del sensor ante el juego

**Implementación del modelo matemático al algoritmo.** Para determinar el efecto delta que el paciente selecciona un objeto con la mano para desplazar de un punto a otro sobre el objeto que está moviendo se aplicó la ecuación de la recta con lenguaje de programación Visual C#.Net:

```
// Efecto magnético:
// Algoritmo aplicando ecuación de la recta para que el puntero se mueva conforme la línea:
double x1, x2, x;
double y1, y2, y;
double delta;

x1 = _línea[index].X1;
x2 = _línea[index].X2;
y1 = _línea[index].Y1;
y2 = _línea[index].Y2;
double m1, m2;
if (Math.Abs(x1 - x2) > 0 && Math.Abs(y1 - y2) > 0) // Diagonal
{
    m1 = (y2 - y1) / (x2 - x1); // Pendiente normal
    m2 = (x1 - x2) / (y2 - y1); // Pendiente perpendicular
    x = (m1 * x1 - m2 * px - y1 + py) / (m1 - m2);
    x = (x - 8) * 1.1; // Ajuste maximizar 'x'

    y = m1 * (x - x1) + y1;
    delta = ((py - y) / 5);
    if (delta < -30 || delta > 15) { this.SoltarImagen(); return; }
    y = y + delta; // Ajuste delta en 'y'

    Canvas.SetLeft(mypointer, x - mypointer.ActualWidth / 2);
    Canvas.SetTop(mypointer, y - mypointer.ActualHeight / 2);

    this.SoltarImagen(x, y);
    if (_scopeCount > 2) this.NuevaRonda();
}
else if (Math.Abs(y1 - y2) <= 0) // Horizontal
{
    x = (px - 8) * 1.1; // Ajuste maximizar 'x'
    delta = ((py - y1) / 5);
    if (delta < -30 || delta > 15) { this.SoltarImagen(); return; }
    y = y1 + delta; // Ajuste delta en 'y'

    Canvas.SetLeft(mypointer, x - mypointer.ActualWidth / 2);
    Canvas.SetTop(mypointer, y - mypointer.ActualHeight / 2);

    this.SoltarImagen(x, y);
    if (_scopeCount > 2) this.NuevaRonda();
}
else if (Math.Abs(x1 - x2) <= 0) // Vertical
{
    x = x1 + ((px - x1) / 5);
    y = (py - 8) * 1.1;
    Canvas.SetLeft(mypointer, x - mypointer.ActualWidth / 2);
    Canvas.SetTop(mypointer, y - mypointer.ActualHeight / 2);
}
}
```

Figura 8. Codificación del algoritmo

**Discusión**

De acuerdo a uno de los postulados de la Geometría Euclidiana, para determinar una línea recta aplicado como modelo algorítmico para obtener los resultados obtenidos y relacionado en la figura 6 se observa que existe un rango de distancia entre 0,60 m hasta 1,40 m las cuales se pueden denominar distancias óptimas en donde el grado de efectividad es 100%, debido a la luminosidad del sitio, área de visión del sensor y claridad de la imagen de profundidad para el uso de correcto del juego y determinar el nivel de avance en la recuperación del paciente con los problemas psicomotrices. De igual forma existen disminución en la efectividad entre un rango de 1,50 m hasta 2,00 m estos datos reflejan la limitación del sensor por aspectos como intensidad y claridad de pixeles de la imagen y por el ende la capacidad de acierto del algoritmo en determinar la ubicación de las posibles manos que realizan la interacción con el objeto seleccionado en la figura 2 muestran algunas pruebas realizadas.

La implementación de la tecnología del sensor Kinect con el uso de sus librerías, SDK 1.8 y lenguaje de programación visual c# nos permite reconocer enfoques establecidos como la binarización de los datos y el uso de la ecuación de la recta como medio para determinar la ubicación de los puntos al seleccionar un objeto con la mano para desplazar de un punto a otro sobre el objeto que está moviendo, tenemos la intención como profesionales de generar aportes para desarrollar sistemas informáticos de rehabilitación basado en la tecnología Kinect demostrando así la importancia del uso de esta herramienta y del uso de algoritmos matemáticos.

La luminosidad y distorsión de contornos disminuye el reconocimiento del objeto con la mano y por ende la incorrecta ubicación de los puntos de reconocimiento por parte del sensor Kinect programado. De igual forma es importante mencionar que con base al modelo propuesto es posible llevar a cabo una identificación óptima de la mano y la ubicación de cada punto del objeto programado en la misma dentro de un plano de 2 dimensiones dentro de cierto rango de distancia especificado en la figura 6.

### Conclusiones

Se logró establecer los tiempos de respuesta, el número de intentos y de acierto realizado por el usuario.

Se ha logrado establecer un mecanismo de rehabilitación por movimiento controlado por un computador.

La tecnología Kinect realmente ofrece un futuro prometedor en el campo de aplicaciones para las ciencias médicas.

### Referencias bibliográficas

- Baldassarri, S., Cerezo, E., Marco, J. (2007). *Desarrollo de interfaces natura para aplicaciones educativas dirigidas a niños*.
- Chiang, I.T., Tsai, J.C., Chen, S.T. (2012). *Using xbox 360 kinect games on enhancing visual performance skills on institutionalized older adults with wheelchairs*. Fourth international conference on digital game and intelligent toy enhanced learning, 263–267. doi:10.1109/ digitel.2012.69
- Hoon, P. (2008). A method for controlling mouse movement using a real-time camera. [xm3d.com/db=fua&an=91645440](http://www.xm3d.com/db=fua&an=91645440)
- Lowe S., (2012). *Microsoft kinect review* (online) (cited 29 de mayo 2013). <http://www.ign.com/articles/2010/11/04/microsoft-kinect-revi7>
- Pickering, C. (2010). *Research study of hand gesture recognition technologies and applications for human vehicle interaction*.
- Rivera, S. (2013). Identificación de la punta de los dedos de la mano en un plano 2d basado en kinect. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=15a26ff7-175c-4291-9a16-64aad1951b0%40sessionmgr4001&vid=1&hid=4207&bdata=jmx>
- Shminan, A.S., Tamura, T., Huang, R. (2012). Student awareness model based on student affective response and generic profiles. International conference on information. *Science and Technology*, 675–681. doi:10.1109/ icist.2012.6221731