



Interacción con el Medio a través de Impulsos Táctiles

I. R. Aguilar Figueroa, J. V. Martínez Nuño, V. C. Silva Acosta y E. G. Mendizábal Ruiz
Departamento de Ciencias Computacionales, Nivel Pregrado Licenciatura, CUCEI, Universidad de Guadalajara,
Guadalajara, México

Resumen— La tecnología háptica refiere a las interfaces diseñadas para la estimulación del sentido del tacto a partir de dispositivos que aplican fuerza, vibración o movimientos al usuario. Este artículo presenta el diseño de un dispositivo háptico que consiste en una matriz que por medio de vibradores es capaz de proporcionar impulsos táctiles que representan imágenes del entorno que son captadas por medio de una cámara de profundidad. Este dispositivo permite a los usuarios detectar diferentes figuras y sus distancias por medio del tacto. Algunas una de las posibles aplicaciones de este dispositivo incluye la navegación de personas invidentes en espacios abiertos y la exploración de datos médicos por medio del tacto.

Palabras clave— Instrumentación Médica, Procesamiento de imágenes, Tecnología Háptica.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología háptica refiere a las interfaces diseñadas para la estimulación del sentido del tacto a partir de dispositivos que aplican fuerza, vibración o movimientos al usuario [1]. Usar el sentido del tacto por naturaleza es un acto activo, en donde el usuario decide tocar un objeto obteniendo de este, datos como dureza, tamaño, volumen entre otras cosas, así mismo, recibe información a través de sensores internos de la piel, conocidos como receptores cutáneos, los cuales perciben presión, dolor y temperatura [2]. Siendo de interés para este trabajo, los receptores que detectan la presión, conocidos como mecanorreceptores.

La tecnología háptica permite una estimulación directa a la piel, activando los mecanorreceptores permitiendo la percepción de objetos a través de esta, teniendo aplicaciones en el área médica como la cirugía asistida por medio de robots para la reducción de trauma ocasionada en el paciente [3].

El desarrollo de diseño de interfaces táctiles es un tema que en los últimos años ha llamado la atención en investigaciones.

Existen distintos dispositivos que han sido desarrollados con el fin de descubrir que tan eficientes son los impulsos táctiles. Inclusive se han creado arreglos de matrices que van desde 3x3 hasta 64x64 elementos.

En el inicio de los años 70's, Carter Compton Collins propuso un sistema de televisión táctil el cual permitía a las personas ciegas determinar la posición, tamaño y orientación de un objeto con una matriz estimuladora de 20x20 [4].

En los 90's, se diseñó un prototipo innovador para presentar una gran imagen pictórica al sistema

somatosensorial a través de impulsos táctiles [5]. El sistema consiste de una pequeña pantalla, un mouse y una matriz de motores vibradores. La matriz estaba montada sobre el mouse. Cuando el cursor de visualización cruza una línea o un segmento de la imagen si el usuario mueve el mouse, el usuario recibe una retroalimentación sobre la estructura espacial y la orientación de la imagen a través de impulsos táctiles.

Estos diseños anteriormente mencionados contaban con varias ventajas, pero a su vez desventajas ya que en algunos de ellos los motores eran muy grandes o inclusive los algoritmos eran demasiado lentos para poder realizar una buena interacción en tiempo real.

También ha habido casos de estudios donde se utilizan motores vibradores, con el fin de obtener información táctil. Existen aplicaciones para el deporte enfocadas a mejorar la práctica del ejercicio. Un ejemplo es el desarrollo de un sistema portátil que ayuda a aprender snowboarding a través de instrucciones táctiles en tiempo real por Daniel Spelmezan et al. [6]. Estas instrucciones están en sintonía con los movimientos del snowboard e indican cómo mover el cuerpo con motores vibradores, que se colocarán en cada hombro y en el lado del muslo izquierdo.

Otra aplicación es la comunicación interpersonal, mediante un dispositivo manual llamado ComTouch, que permite transmitir y recibir patrones de vibración enviados por otro ComTouch desarrollado por Ángela Chang et al. [7].

Una de las investigaciones que tienen más relación con el presente trabajo el de diseño una matriz de motores vibradores (6x8) para visualizar los contornos de una imagen, desarrollado por Juan Wu et al. [8]. Esta matriz se coloca en la parte posterior del usuario a través de un chaleco. Este dispositivo convierte los gráficos visuales en imágenes táctiles 2D para sentir el contorno de los objetos a través de estímulos vibratorios. La imagen es capturada por una cámara y el contorno es extraído y transformado en vibraciones.

Justamente de esta última investigación se puede observar que una de las aplicaciones de esta tecnología consiste en permitir a un usuario “tocar” una imagen, apoyando así el avance de la realidad aumentada.

Este trabajo presenta el diseño de un dispositivo háptico que consiste en una matriz que por medio de vibradores es capaz de proporcionar impulsos táctiles que representan imágenes del entorno que son captadas por medio de una cámara de profundidad.

Este dispositivo permite a los usuarios detectar diferentes figuras y sus distancias por medio del tacto. Algunas una de las posibles aplicaciones de este dispositivo incluye la

navegación de personas invidentes en espacios abiertos y la exploración de datos médicos por medio del tacto.

II. METODOLOGÍA

El sistema propuesto consiste de un dispositivo en forma de matriz de elementos táctiles, así como de un algoritmo de procesamiento de imágenes que permite convertir una imagen en los impulsos táctiles que son representados en la matriz:

Matriz de Elementos Táctiles

El primer paso consiste en la construcción de una matriz con motores vibratorios, teniendo como fin, simular una imagen. Para esto, se utilizaron 36 motores representando cada uno de ellos un píxel distinto de una imagen de 6 x 6.

De igual forma, se utilizaron mini motores vibradores, productos de la marca Adafruit [9]. Así mismo, para el mando de cada uno de ellos, se buscó un chip que permitiera el control de 3 motores con un solo chip siendo este el WS2811 de la misma marca [10].

La ventaja que presenta el uso de este chip, es tomar el control de todo a través de un solo pin del microcontrolador Arduino.

Tomando en cuenta la configuración del circuito que se presenta en la datasheet del chip por Adafruit, fue necesario trabajar con dos fuentes; una fuente se tomó directamente del microcontrolador donde se conectaron el optoacoplador y el chip, mientras que otra se fue utilizada para los motores, trabajando con 8 amps de corriente continua.

Se utilizó el siguiente esquema realizado en el software Proteus, para obtener los mejores resultados, originalmente dicho chip se utiliza para el control de LED's, sin embargo, son funcionales también para motores, considerando que cada motor consume 100 miliamperios a 5 volts, siendo este el motivo de utilizar una fuente de 8 amperios.

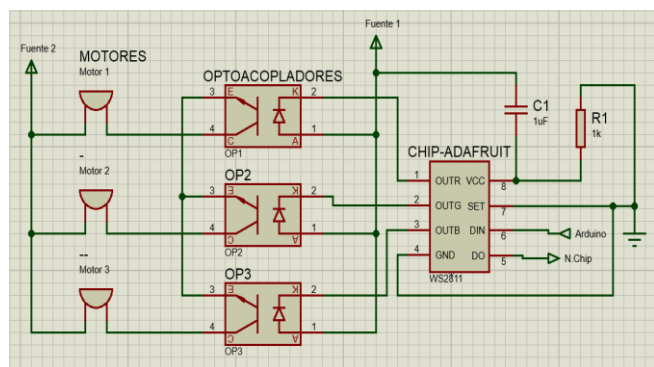


Fig. 1 Circuito realizado en con el software Proteus, utilizado de la configuración mostrada en la datasheet del dispositivo WS2811 por Adafruit.

Adquisición de la imagen y pre-procesamiento

La cámara creativa SENZ3D permite la adquisición de varias imágenes en el espacio de color RGB, así como de imágenes de profundidad las cuales indican que tan alejado se encuentra un objeto de la cámara con resolución QVGA (320x240) y un alcance de 15,24 cm ~ 99,06 cm.

Para la adquisición de la imagen se utilizó el software MATLAB [11] utilizando los drivers disponibles en [12].

Procesamiento de la imagen

Las imágenes de profundidad se adquieren a una velocidad de una imagen por segundo. Cada una de las imágenes recibidas es reducida a un tamaño de 6 x 6 (utilizando interpolación del vecino más cercano) para que coincida con el número de elementos háptico de nuestra matriz. Posteriormente se lleva a cabo un ajuste del rango dinámico de dicha imagen para que los valores estén en el rango de 0 a 255 donde 255 es lo más cercano (mayor vibración) y 0 es el punto más alejado (vibración nula).

Una vez que se obtuvieron los datos que contiene cada pixel se fabrican instrucciones que son enviadas a la matriz por medio del microcontrolador Arduino [13].

Envío de datos a partir de la imagen a la matriz

El envío de los datos consiste en generar mensajes de la forma: {chip, valor, valor, valor}.

Chip corresponde al número de chip que se debe activar y cada valor a la intensidad a la que debe vibrar el motor que está conectado a dicho chip. Cada valor adquirido de la imagen procesada se asigna a una variable en el caso del chip está predeterminado que estará del 1 al 12 por el número de chips con los que cuenta nuestra matriz, posteriormente están las tres variables que actúan como tres motores que vibran de acuerdo al píxel que corresponde en la imagen. Se eligió esta técnica ya que nos permite separar el mensaje por delimitadores que en este caso es la coma, por lo tanto, al encontrarse con la primera coma toma lo que está en ella como la variable a, la segunda coma la variable b y el tercer coma la variable c, el punto indica que el mensaje ha terminado y puede proceder al siguiente chip.

Los datos se envían de manera serial de Matlab al Arduino utilizando una velocidad de 9600 baudios.

III. RESULTADOS

Se realizaron diferentes pruebas tomando 8 hombres y 7 mujeres los cuales fueron elegidos de manera aleatoria.

El procesamiento final de la imagen se puede apreciar en la siguiente figura, quedando como una imagen 6x6 que será mandada a la matriz vibratoria la cual fue satisfactoriamente identificada por el usuario, para ello se le pidió que pusieran

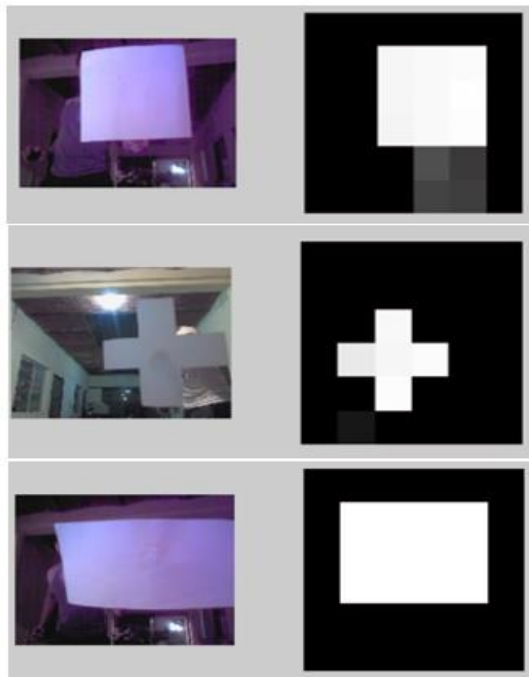


Fig. 2 Resultado del procesamiento de la imagen adquirida.
a) Figura en forma de cuadrado. b) Figura en forma de Cruz. c) Figura en forma de Rectángulo

la palma de su mano más hábil sobre la matriz, cerraran los ojos y se concentraran en su sentido del tacto.

Posteriormente se les preguntaba primero cómo sentían la figura en cuanto a distancia (cerca o lejos) y después qué figura detectaban, utilizando como prueba imágenes de una cruz, un cuadrado y un rectángulo.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados obtenidos, mostrando la cantidad de aciertos en cada prueba.

Resultados del Experimento Aplicado a un Grupo de Jóvenes de Manera Aleatoria				
Sexo	Distancia	Cruz	Cuadrado	Rectángulo
Hombre (8)	8	2	7	4
Mujer (7)	7	2	5	5

Tabla 1 Aciertos obtenidos del experimento realizado en cada categoría considerada

Teniendo como resultado el dispositivo en el cual los sujetos de prueba pusieron la palma de su mano se muestra en la siguiente figura, compuesto una parte de hardware, siendo este la matriz de 36 motores, el microcontrolador Arduino y sus respectivas fuentes de alimentación y otra parte de software, siendo todo el procesamiento explicado anteriormente, capaz de transformar una imagen digital obtenida de la cámara creative SENZ3D en impulsos táctiles que el usuario es capaz de identificar. Los motores vibratorios reaccionaban a los valores de la imagen digital, mostrando la figura adquirida por medio de la cámara, y así mismo la cercanía de dicha figura con respecto a la cámara.

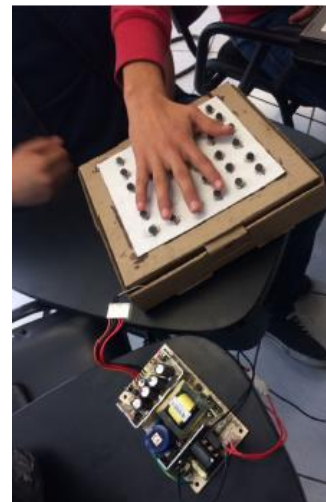


Fig. 3 Matriz de tecnología háptica vibratoria adquiriendo la imagen depth procesada y ejemplificación del uso de la misma.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en la Tabla 1, indican que la distancia es la característica más exacta con un 0% de error, tanto en hombres como en mujeres.

En tanto a las figuras, la más difícil de interpretar para ambos géneros fue la cruz. El rectángulo fue la segunda más difícil de reconocer para los hombres mientras que el cuadrado fue la más fácil de interpretar.

Las mujeres por su parte reconocieron con igual facilidad tanto rectángulos como cuadrados.

Como se puede observar, los resultados fueron satisfactorios ya que la distancia, así como las formas fueron detectadas correctamente en un porcentaje arriba del 50%.

Una figura que indudablemente fue difícil de identificar fue la cruz, sin embargo, se espera mejorar la resolución de la figura final al incrementar el número de motores vibratorios, debido a que si aumenta dicho número la imagen resultante será más fácil de reconocer.

Cabe destacar que el cuadrado casi todos lograron identificarlo se cree que esto es debido a la facilidad de poder detectar esta figura en la matriz cuadrada.

Algo que llamó poderosamente nuestra atención es que, si bien el rectángulo no debería de presentar mayor dificultad debido a lo similar que es con el cuadrado, las personas que fallaron en su mayoría creían que nuevamente era el cuadrado esto es debido a la resolución con la que cuenta nuestra matriz la cual se espera mejorar en el futuro.

Además, cabe destacar que la cámara se intentó aislar para observar los resultados de la imagen y solo generaba más ruido por la cual solamente se ponía la cámara sola y intentando que no le diera la luz directamente.

La tecnología háptica ha tenido variadas aplicaciones los últimos años en áreas como la robótica [14] además permite

la retroalimentación de fuerzas por lo que crea una mejor comunicación entre hombre y máquina [15].

Respecto al costo, los chips tienen un costo de \$4.95 USD en paquete de 10, para la creación de la matriz fue necesario usar 12 por lo cual el costo de los chips fue de \$10.90 USD. En cuanto a los motores el costo de cada motor es de \$1.95 USD cada uno, para la creación de la matriz fueron necesarios 36 motores por lo cual el costo total de estos fue de \$70.20 USD. Los optoacopladores utilizados fueron el PC-817 el cual tiene un costo de \$3.50 MXN cada uno y se necesitaron 36 por lo cual da un total de \$126.00 MXN, en los capacitores y resistencias utilizados se realizó un gasto de \$20.00 MXN, tomando en cuenta el tipo de cambio actual del dólar que es de \$17.71 MXN, el costo total del diseño del prototipo fue de \$1,582.28 MXN para la creación del prototipo, se debe tener en cuenta que la producción en serie del mismo disminuiría notablemente el costo, además teniendo en cuenta el uso que se le planea dar se considera es un excelente costo tomando en cuenta los precios elevados actuales del mercado.

En este artículo se presenta de forma completa el desarrollo de un nuevo método, con el cual se abre una forma de interacción humana innovadora debido a que nos permite sentir imágenes utilizando material relativamente económico y al alcance de muchos.

V. CONCLUSIÓN

El aplicar la tecnología háptica en el presente proyecto nos permitió desarrollar una matriz de impulsos tácticos la cual transmite las distintas formas capturadas mediante una cámara depth, así como la distancia a la que éstas son presentadas.

Para lograr lo anterior, se requirió desarrollar la matriz en base a motores vibratorios los cuales fueron capaces de transmitir mediante variaciones de intensidad las imágenes capturadas en tiempo real.

Parte importante del procesamiento fueron la interpolación, el rango dinámico y el parsing de datos para lograr transmitir la imagen a una matriz de distinta dimensión a la original.

Finalmente, el proyecto representa un avance en la ingeniería no sólo biomédica, sino que también puede presentar el siguiente paso a la realidad aumentada.

Para la ingeniería biomédica el lograr transformar una imagen a impulsos tácticos representa una posibilidad para mejorar la calidad de vida en personas con discapacidades visuales debido a que les permitirá reconocer distintas formas e incluso profundidades con un sentido distinto a la vista, siento el sentido táctil el protagonista, lo anterior conllevará a un aumento en la inclusión social para este grupo de personas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Jyothi, V. Krishnaiah, Haptic Technology – A Sense of Touch, International Journal of Science and Research, volume 2, no. 9, Septiembre, 2013.
- [2] Tecnología Háptica. [En línea]. Disponible en: <https://htid3.files.wordpress.com/2013/04/tecnologia-haptica.pdf>. Último Acceso Junio 2017.
- [3] A. Aho, M. Lam, R. Sethi, J. Ullman Compilers: principles, techniques, and tools., Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, 1986.
- [4] C. Collins, "Tactile Television-Mechanical and Electrical Image Projection," IEEE Transactions on Man-Machine Systems, vol. 11, no. 1, pp. 65-71, 1970.
- [5] W. Barfield, A. Furness, "Virtual environments and advanced interface design," Oxford University Press, 1995.
- [6] D. Spelmezan, An Investigation into the Use of Tactile Instructions in Snowboarding. MobileHCI 12, Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, Sep 2012, United States. pp.417-426, 2012.
- [7] A. Chang, ComTouch: A Vibrotactile Mobile Communication Device, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- [8] J. Wu, J. Zhang, J. Yan, W. Liu, G. Song (2012). Design of a Vibrotactile Vest for Contour Perception. Julio 30, 2017, de INTECH. [En línea]. Disponible en: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/40726.pdf>. Último Acceso Junio 2017.
- [9] Vibrating Mini Motor Disc. [En línea]. Disponible en: www.adafruit.com/product/120. Último Acceso Junio 2017.
- [10] WS2811 [En línea]. Disponible en: cdnshop.adafruit.com/datasheets/WS2811.pdf Último Acceso Junio 2017.
- [11] The MathWorks, Inc.(1994-2017).MATLAB.España.[En línea]. Disponible en: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>. Último acceso Junio 2017.
- [12] Senz3D Acquisition Interface. [En línea]. Disponible en: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/42581-senz3d-acquisition-interface?requestedDomain=www.mathworks.com>. Último Acceso Junio 2017.
- [13] Arduino. (2017). [en línea]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/>. Último Acceso Junio 2017.
- [14] F. Monasterio, H. Maciá. Dispositivos hápticos y cirugía robótica.[En línea].Disponible en: <http://robofabo.etsit.upm.es/asignaturas/shcr/apuntes/haptico-2.pdf>. Último Acceso Junio 2017.
- [15] E. Maallem. Dispositivos hápticos y de realimentación de fuerza (Phantom).[En línea].Disponible en: https://www.fiwiki.org/images/f/f5/Dispositivos_Hapticos_y_de_realimentacion_de_fuerza.pdf. Último Acceso Junio 2017.