

Mano robótica

David Díaz Barquero

Área de Ingeniería en Computadores, Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica

En el campo de la robótica se desarrollan muchos trabajos tendientes a recrear el funcionamiento de diversas partes del cuerpo humano. Las posibilidades de una mano robótica son amplias y abarcan diversos aspectos. En este contexto, el paper presenta el detalle de la implementación de una mano robótica controlada por dos tipos de sensores: Leap Motion y Emotiv, como parte de un proyecto de investigación del Tecnológico de Costa Rica.

Index Terms—LeapMotion, Emotiv, mano robot, control, C++, Arduino

I. INTRODUCCIÓN

EN robótica el campo de tratar de reproducir partes del cuerpo humano ha sido objeto de estudio desde hace muchos años. En este proyecto se van a sentar las bases para definir un proyecto de investigación que permita desarrollar una mano robótica de bajo costo, con diferentes capacidades de movimiento. Se pretende que la mano sea controlada por medio de sensores de movimiento. Las posibilidades de utilización de una mano robótica son amplias en campos como: manipulación de sustancias peligrosas, sustitución de un miembro amputado, asistir a personas con algún problema en su motora en tareas del día a día, entre otras.

II. MARCO TEÓRICO

El proyecto se centra en la utilización de un sensor que permite el seguimiento de una mano y sus dedos (*Leap Motion*, detallado en la subsección II-A) y un dispositivo que se coloca en la cabeza y permite captar y transmitir señales neuronales (*Emotiv*, detallado en la subsección II-B) para crear los controles necesarios para manipular una mano robótica. La opción de la mano no se impone como entrada del proyecto, si no que se debe elegir una como primer tarea. En la subsección III-A se resumen las consideraciones tomadas en esta elección.

II-A. Leap Motion

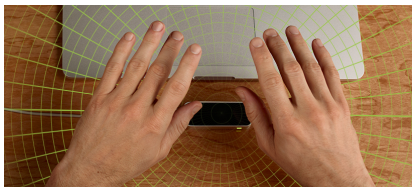


Figura 1. Leap Motion

En la documentación del Leap Motion (ver figura 1), se indica que: “El sistema de Leap Motion detecta y rastrea las manos, los dedos y las herramientas en forma de dedos. El dispositivo opera en una proximidad íntima con alta precisión y de seguimiento velocidad de fotogramas. El software de Leap Motion analiza los objetos observados en el campo de

visión del dispositivo. Reconoce las manos, los dedos y las herramientas, y presenta información de posiciones, gestos y movimiento. El campo de visión del Leap Motion es una pirámide invertida centrada en el dispositivo. El alcance efectivo se extiende desde aproximadamente 25 a 600 milímetros por encima del dispositivo.” Es importante agregar que este es un dispositivo de bajo costo, cercano a los 100\$.

Se cuenta con acceso libre a las bibliotecas (pre-compiladas) para Linux, Mac y Windows, para lenguajes como Python, C++ y Java. Estas identifican varios elementos obtenidos del dispositivo: manos, dedos y herramientas y gestos. Puede reconocer más de dos manos por captura y asociada a cada mano una lista de dedos y herramientas. Los dedos tienen características como posición de la punta, posición de la base y dirección en la que la punta está siendo dirigida. En cuanto a los gestos tiene programado internamente el reconocimiento de “círculo” (cuando un dedo dibuja un círculo), “swipe” (un movimiento largo y lineal con un dedo) y “key tap” y “screen tap” (un movimiento similar al presionar un botón en el ratón)

II-B. Emotiv



Figura 2. Emotiv

En la documentación del Emotiv (ver figura 2), se indica que: “Sobre la base de los últimos avances en tecnología neuronal, Emotiv presenta una interfaz personal revolucionaria

para la interacción persona-ordenador. Emotiv EPOC es un dispositivo de captura de señales neuronales inalámbrico de alta resolución y multi-canal. La EPOC utiliza un conjunto de 14 sensores y 2 referencias a sintonizar las señales eléctricas producidas por el cerebro para detectar los pensamientos, los sentimientos y las expresiones de los usuarios en tiempo real. La EPOC se conecta de forma inalámbrica a PCs con Windows, Linux o Mac OS X.”

Las bibliotecas para desarrollar en Emotiv son de licencia propietaria y tienen un valor de 201\$, adicionales a los 299\$ del equipo de hardware. La licencia cubre la instalación en un computador. Sin embargo se encuentra a disposición una aplicación gratis que ayuda a colocar correctamente cada sensor para obtener las señales e interfaces para la detección de gestos faciales y para entrenar patrones de pensamiento que desencadenan funciones en el computador. Las dos últimas características permiten el envío de eventos de teclado cuando se detecta una acción.

III. SOLUCIÓN PLANTEADA

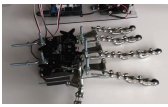

III-A. Decisiones tomadas sobre los dispositivos usados

El primer problema a solucionar es la elección del equipo que se va a utilizar. Esto incluye el modelo de mano robótica, el microcontrolador que se encargue de los movimientos y los motores para cada dedo.

Se realizó una investigación y las opciones para las manos se redujeron a dos. El cuadro I muestra una comparación de dos modelos. Donde se elige la versión impresa en 3D, ya que presenta mayor impacto visual positivo y existe todo un proyecto detrás del creador del modelado. Se han construido más de 50, esto asegura que el producto es de calidad asegurada.

El modelo 3D nace de un proyecto de Langevin que explica [1] como: “InMoov es el primer robot de tamaño natural impreso en Open Source 3D. Replicable en cualquier impresora 3D en casa con una superficie 12x12x12cm, se concibe como una plataforma de desarrollo de Universidades, Laboratorios y aficionados. El concepto se basa en el compartir y en la comunidad, y le ha dado el honor de ser reproducido para innumerables proyectos en todo el mundo.”

Cuadro I
CARACTERÍSTICAS DE DOS POSIBLES MANOS

	Cadenas de bicicleta	Impresa
Imagen		
Dificultad de ensamble	Proceso artesanal	Proceso automatizado
Costo	Cerca de 200\$	Cerca de 200\$
Riesgos/Beneficios	Ensamble no funciona No encontrar piezas Impacto visual	Resultado asegurado Calidad impresora 3D

En cuanto al microcontrolador se toma la decisión de utilizar Arduinos. Dentro del equipo que se tiene en el Centro de Investigación de Computación donde se desarrolla el proyecto hay disponibles plataformas de este tipo. Estos son de fácil

programación y cuentan con los recursos suficientes para el proyecto. Lo que se busca en estos microcontroladores es que dispongan de al menos cinco pines para el control de los servos, estos requieren funcionar como PWM. El Arduino los tiene y además cuenta con una biblioteca especializada en el manejo de servos.

Se investiga también acerca de las opciones para los motores. El cuadro II resume las características de tres modelos. Todas las opciones presentan características similares, teniendo el mayor torque el MG995 y el HK15298, sin embargo el primero se encuentra disponible en el país. Por esta razón se utilizó este.

Cuadro II
CARACTERÍSTICAS DE TRES MODELOS DE SERVOS

	HK15298	MG995	FS5106B
Tamaño [mm]	42x20x39	40x20x 36.5	40.8x20.1x38
Peso [g]	66	62	40
Torque	14kg (6v)	15kg (6V)	5kg(4.8v)
Velocidad[s/°]	0.13/60 (6v)	0.13/60 (6V)	0.16/6(6V)
Tension	4.8V-7.4V	4.8V-7.2V	7.8-6 V
Rotacion	90°	180°	180°
Precio	??	\$15	\$13
Comercio	??	crcibernetica	sparkfun

III-B. Implementación de software

Se tomó la decisión de realizar el programa de control en C++, utilizando las bibliotecas de Qt 4.8. Ambos sensores tienen bibliotecas en este lenguaje y existe experiencia en el manejo del mismo. El programa cuenta con tres módulos principales dependiendo de la plataforma de control a usar: control manual, control con Leap Motion y control con el Emotiv. En una capa adicional se abstraen los protocolos de comunicación, se implementa el protocolo UART (serial) pero se deja una interfaz lista para agregar otros. Luego se programa en Arduino un receptor de UART y se asignan cinco pines encargados de PWM para controlar los motores responsables del movimiento de cada dedo. A continuación se detallan los módulos, el programa en Arduino y la capa de comunicación. La figura 3 resume esta arquitectura.

III-B1. Control manual

Aun cuando este control no es parte de los alcances del proyecto se decide incluir un módulo que pueda realizar fácilmente llamadas a las funciones de movimiento desde una interfaz gráfica de usuario. Esto facilita el desarrollo de pruebas y no deja el sistema inutilizable en caso de no disponer de los dispositivos específicos. Se cuenta con controles deslizables, uno por cada dedo, donde se elige fácilmente la posición a la que se desea llevar a un dedo en específico.

III-B2. Control con Leap Motion

La versión 1 del SDK de Leap Motion no tiene un identificador permanente para cada dedo. Esto implica que si la mano se ve ocultada parcialmente es posible que se pierda el control sobre el identificador de un dedo y cuando este vuelve a foco le sea asignado uno distinto. Además, no existe

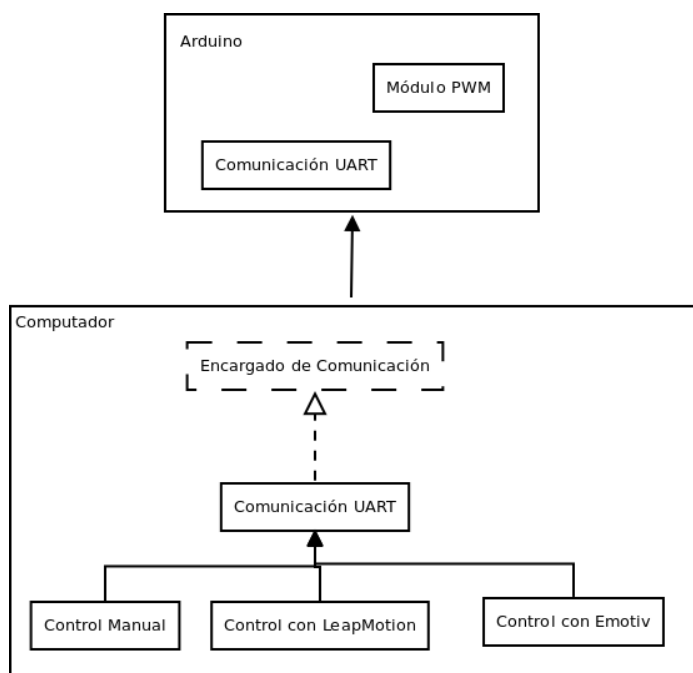


Figura 3. Arquitectura

manera integrada de reconocer cual de los cinco dedos de la mano corresponde a cual, por ejemplo no se determina si el dedo identificado es el índice o el meñique.

Para resolver esta situación se plantea implementar una función que ordena la lista de dedos con base en su posición. De esta manera es fácil identificar de cual dedo se trata basándose en su posición en el arreglo. En caso de pérdida parcial del foco de la mano, se activa una bandera que indica la situación y cuando reingresa al foco se revisa el arreglo de dedos y realiza la corrección.

El programa se basa en la posición de la punta de cada dedo para enviar las señales necesarias a la mano sobre cuanto debe mover el dedo robot. Sin embargo, las coordenadas se dan relativas al origen del leap motion. Es necesario entonces realizar un cambio de coordenadas. La transformación hace uso de las coordenadas de la mano para usar esta como origen. Así se obtiene la misma respuesta de cambio de posición de un dedo sin importar la lejanía con el sensor.

III-B3. Control con Emotiv

No fue posible por parte del Centro de Investigación en Computación de adquirir el SDK del Emotiv. Sin embargo esto no fue un impedimento para realizar un controlador con esta plataforma. La solución planteada consistió en hacer uso del programa llamado *Control Panel* que dispone las herramientas necesarias para reconocer señales enviadas desde el Emotiv y generar salidas suficientes para abrir o cerrar la mano.

Los problemas con esta plataforma es la dificultad de su utilización. Como se señaló anteriormente el dispositivo cuenta con 14 sensores y 2 referencias. La primera dificultad es la correcta colocación. El *Control Panel* en su primera pantalla tiene indicadores para cada sensor y es necesario que cada uno se encuentre colocado en la posición correcta y que haya sido

previamente humectado adecuadamente. Una vez colocado, existen varias maneras de procesar las señales: gestos faciales y por entrenamiento.

El caso de los gestos faciales es de uso directo. De inmediato se puede utilizar y genera resultados del movimiento de los ojos, de las cejas y de la boca. Por entrenamiento es un poco más complejo de utilizar. Primero se solicita entrenar el estado por defecto, esto es la mente en su estado natural. Luego se pueden agregar hasta cuatro acciones que se deben entrenar. Durante ocho segundos es necesario concentrarse en una acción para que el sistema reconozca el patrón de señales que se genera en este estado. Lo que resta es lograr repetir esas señales y el sistema genera una salida distinta para cada una al reconocerlas nuevamente.

III-B4. Capa de comunicación

Se eligió el protocolo UART y se estableció un mecanismo de comunicación para utilizar las señales generadas por los módulos anteriores para mover cada dedo. Se requieren dos componentes para mover un dedo: saber cual dedo mover y saber cuanto moverlo. Los dedos se identifican con números desde el cero hasta el 4 y es el primer mensaje enviado, seguido de un caracter de cambio de línea. Seguidamente se envía un valor en el rango de cero y noventa dependiendo de que tanto se desea abrir o cerrar cada dedo.

III-B5. Programa en Arduino

Se utiliza la biblioteca de servos que dispone esta plataforma y se escribe una función responsable de escuchar el puerto serie por donde se indica las acciones a tomar. La biblioteca *Servo.h* tiene dos funciones principales: *attach* y *write*. La primera se encarga de configurar un pin del arduino para que funcione en modo PWM y la segunda escribe valores que van a ser interpretados en PWM. Luego se realizan las conexiones de acuerdo con la figura 4

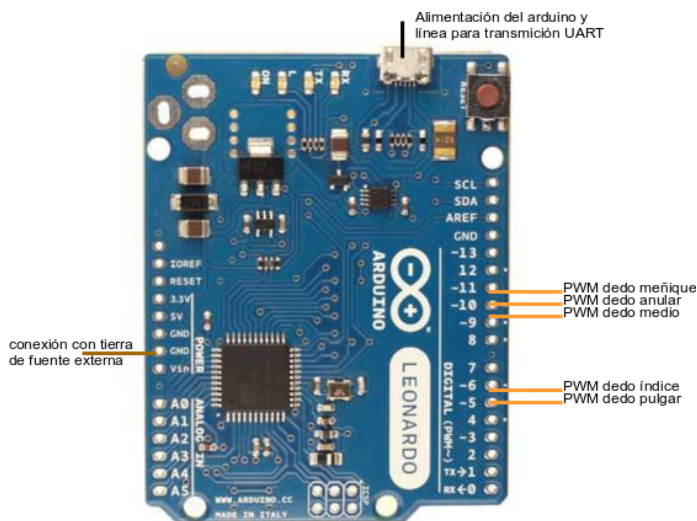


Figura 4. Conexiones del arduino

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Se obtuvo la colaboración de la escuela de Ingeniería en Diseño Industrial para la impresión de la mano. En esta escuela disponen de una impresora *Cube* [2], que a pesar de no ser alta calidad es suficiente para obtener un acabado resistente (ver figura 5). Se completa colocando hilos de nylon como tendones, conectados según las especificaciones de Langevin [1]. Los servos se conectan al Arduino en los pines PWM disponibles para este fin y se alimentan externamente con una fuente de 6V y 2A.



Figura 5. Acabado final de la mano

Para este proyecto el controlador con Emotiv se programo indirectamente haciendo uso del *Control Panel*, esto debido a que el CIC no logró hacer la compra a tiempo del SDK. Esto provoca que se presenten dos versiones del programa: una en Linux y otra en Windows. Solo en la de Windows se tiene acceso a este controlador. Sin embargo la funcionalidades esperadas se cumplen y es posible abrir y cerrar la mano robótica utilizando solo procesos mentales.

Con el Leap Motion no se presentó ningún inconveniente, e incluso se logró el soporte en ambos sistemas operativos. El sistema detecta la presencia de una mano dentro del rango de visión del dispositivo y envía las señales a la mano robótica para imitar los movimientos realizados. Es posible que siga cada dedo de la mano de manera individual y de varios simultáneamente. El gesto de cerrar la mano totalmente también es posible.

V. CONCLUSIÓN

Siguiendo los objetivos trazados en el plan inicial el proyecto se logra el objetivo general, esto es se investiga y se desarrolla una mano robótica controlable vía distintas opciones de sensores. Esto se logra basándose en el proyecto de Langevin e investigando los API del Leap Motion y el Emotiv.

VI. TRABAJOS FUTUROS

Al tener una mano robótica funcional y controlable desde el Leap Motion y el Emotiv surgen nuevas ideas de proyecto que se encuentran más allá de los alcances de este. A continuación se enlistan algunas posibilidades:

- Estudiar la fuerza que la mano puede aplicar y mecanismos para mejorarla. Esto es cuanto torque soportan los motores y cuanta tensión el material utilizado para los tendones de los dedos.
- Probar otros materiales para los tendones, hacer estudios de resistencia y deformación (esto es que no se estire).
- Establecer un mecanismo de retroalimentación para controlar la presión necesaria para levantar o mover distintos objetos con la mano robótica.
- Cerca del final de este proyecto los fabricantes del Leap Motion desarrollaron una nueva versión del software con funcionalidades que vale la pena analizar para validar si con esta se favorece de alguna manera el control.
- Se podría validar alguna manera de utilizar de manera integrada el Leap Motion y el Emotiv. Por ejemplo: usar el Leap Motion para entrenar movimientos especiales y programar el Emotiv para que ejecute estos en la mano robótica.

REFERENCIAS

- [1] G. Langevin, "InMoov » project." [Online]. Available: <http://www.inmoov.fr/project/>
- [2] "Cubify - express yourself in 3D." [Online]. Available: <http://cubify.com/en/Info/FAQCube2>