

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Tactile and Touchless Sensors Printed on Flexible  
Textile Substrates for Gesture Recognition

Resumen Tesis Doctoral

Autor:

Josué Ferri Pascual

Directores:

Raúl Llinares Llopis

Eduardo García Breijo

# Resumen

La presente tesis doctoral tiene como objetivo fundamental el desarrollo de nuevos sensores y actuadores empleando la tecnología electrónica impresa, también conocida como *Printed Electronics*. Para ello, se emplean materiales poliméricos conductores, semiconductores y dieléctricos sobre sustratos flexibles y/o elásticos. Por medio de diseños y procesos de aplicación adecuados, es posible fabricar sensores capaces de interactuar con el entorno. De este modo, se pueden incorporar a los sustratos, como puedan ser tejidos textiles, funcionalidades específicas de medición del entorno y de respuesta ante cambios de este. Adicionalmente, es necesario incluir sistemas electrónicos, capaces de realizar el procesamiento de los datos obtenidos, así como de su registro. En el desarrollo de estos sensores y actuadores se combinan las propiedades físicas de los diferentes materiales de forma precisa. Para ello, se diseñan estructuras multicapa donde las propiedades de unos materiales interaccionan con las de los demás. El resultado es un sensor capaz de captar variaciones físicas del entorno, y convertirlas en señales que pueden ser procesadas y transformadas finalmente en datos.

Por una parte, se ha desarrollado un sensor táctil impreso sobre sustrato textil para reconocimiento de gestos en 2D. Este sensor se compone de una matriz formada por pequeños sensores capacitivos basados en estructura de tipo condensador. Estos se han diseñado de forma que, si un dedo u otro objeto con propiedades capacitivas se aproxima suficientemente, su comportamiento varía, pudiendo ser medido. Los pequeños sensores están ordenados en dicha matriz como en una cuadrícula. Cada sensor tiene una posición que viene determinada por una fila y por una columna. Periódicamente se mide la capacidad de cada pequeño sensor con el fin de evaluar si ha sufrido variaciones significativas. Para ello es necesario convertir la capacidad del sensor en un valor que posteriormente es procesado digitalmente. Cuando un usuario aproxima un dedo, la capacidad del sensor se ve aumentada. De este modo, cualquier variación en la capacidad de uno de los sensores puede ser detectada y medida. Estas medidas son procesadas de forma conjunta pudiendo determinar la posición y el movimiento del dedo sobre la superficie de la matriz de sensores. Varios diseños y prototipos se han desarrollado con el desafío de ser impresos sobre sustrato textil.

Por otro lado, con el fin de mejorar la efectividad en el uso de los sensores táctiles 2D desarrollados, se ha estudiado el modo de incorporar un sistema actuador. De esta forma, el usuario recibe una retroalimentación indicando que la orden o acción ha sido reconocida. Para ello, se ha complementado la matriz de sensores capacitivos con una pantalla electroluminiscente también impresa. El resultado final ofrece una solución que

combina un sensor táctil 2D con un actuador electroluminiscente realizado mediante impresión electrónica sobre sustrato textil. Así, el usuario recibe una señal lumínica en respuesta a un gesto, confirmándole que dicho gesto ha sido reconocido.

Posteriormente, se ha llevado a cabo el desarrollo de un sensor de gestos 3D empleando una combinación de sensores impresos también sobre sustrato textil. En este tipo de sensor 3D, se envía una señal que genera un campo eléctrico sobre los sensores impresos. Esto se lleva a cabo mediante un electrodo de transmisión situado muy cerca de ellos. El campo generado es recibido por los sensores y convertido a señales eléctricas. Para ello, los sensores se basan en electrodos que actúan de receptores. Si una persona coloca su mano dentro del área de emisión, se crea una perturbación de las líneas de los campos eléctricos. Esto es debido a la desviación de las líneas de campo a tierra utilizando la conductividad intrínseca del cuerpo humano. Esta perturbación cambia/afecta a las señales recibidas por los electrodos. Las variaciones captadas por todos los electrodos son procesadas de forma conjunta pudiendo determinar la posición y el movimiento de la mano sobre la superficie del sensor. Varios diseños y prototipos se han desarrollado con el reto de ser impresos sobre sustrato textil. Este tipo de sensor permite detectar la posición de la mano o el dedo, sin necesidad de contacto directo. En comparación con los sensores 2D, esto supone una ventaja que posibilita otro tipo de aplicaciones, como pueda ser que el sensor tenga que estar oculto bajo una espuma o tejido muy grueso. Durante el desarrollo del sensor 3D, se evaluó su uso en varios tejidos combinando diferentes tintas conductoras. Además, también se evaluaron diferentes posibilidades de impresión, con la finalidad de optimizar su proceso de fabricación.

Finalmente, se ha llevado a cabo el desarrollo de un sensor de gestos 3D mejorado. Al igual que el desarrollo anterior, permite la detección de gestos sin necesidad de contacto, pero incrementando la distancia de alcance. Además de la tecnología de impresión electrónica, se ha evaluado el empleo de otras dos tecnologías de fabricación textil. Por una parte, se han realizado los prototipos empleado hilos conductores y maquinaria de bordado industrial. Y, por otra parte, se ha evaluado el uso de tejidos conductores empleando equipamiento de corte de tejido automatizado y laminado de tejido por calor. Los prototipos fueron validados con respecto a la detección de gestos con resultados positivos. Respecto a las técnicas de fabricación empleadas, se realizaron estudios comparativos de respuesta frente a la humedad, variaciones de temperatura y lavados.