instinto

MEMORIA

Investigación y desarrollo de un sistema inteligente basado en sensores y actuadores integrados en textiles de aplicación a la prevención, detección y protección frente a caídas de personas mayores

Informe Final Resultados

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

GENERALITAT VALENCIANA
IVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3

1.1. NECESIDAD 3

1.2. NIVEL TECNOLÓGICO 3

1.3. GRADO DE INNOVACIÓN 4

2. RESULTADOS ALCANZADOS 5

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS 6

3.1. Investigación de las tecnologías a emplear 7

3.2. Diseño y desarrollo de la solución para monitorización de parámetros 8

3.2.1. Solución para monitorización de pisada 8

3.2.2. Solución para la protección frente a caídas mediante elementos pasivos 9

3.2.3. Solución para la protección frente a caídas mediante elementos activos 10

3.2.4. Solución para monitorización de movimiento 11

3.3. Validación de las soluciones desarrolladas 12

3.3.1. Validación de la solución para monitorización de pisada 12

3.3.2. Validación de la solución para la protección frente a caídas mediante elementos pasivos 13

3.3.3. Validación de la solución para la protección frente a caídas mediante elementos activos 13

3.3.4. Validación de la solución para monitorización de movimiento 14

1. INTRODUCCIÓN

1.1. NECESIDAD

En España, en los últimos 20 años, la esperanza de vida se ha incrementado en los hombres en un 8.2% situándose en 80,0 años y un 5.4% en las mujeres situándose en 85,6 años, según las Tablas de mortalidad que publica el INE.

Por otro lado, una de las causas principales de la pérdida de salud en personas de edad avanzada en 2013 fueron las caídas de estas. En la Unión Europea, el 88% de las muertes relacionadas con caídas ocurrió en personas mayores de 75 años, con un total de aproximadamente 35.848 muertes. Durante los últimos años, la evolución de las altas hospitalarias por fractura de cadera ha sufrido un aumento constante, esta lesión supone la causa más frecuente de ingreso en los servicios de traumatología y ortopedia de los hospitales españoles. Se estima que aproximadamente un 90% de las fracturas de cadera en personas mayores son debidas a una caída, siendo el coste medio por paciente de aproximadamente 8.365€, por tanto, las consecuencias de las caídas suponen un elevado coste para el sistema sanitario. Además, las previsiones demográficas indican que la población mayor de 65 años en la Unión Europea crecerá en un 60% hasta el año 2050, por tanto salvo que se tomen medidas adicionales para prevenir las caídas en las personas mayores, las muertes relacionadas con caídas pueden aumentar hasta 60.000 en el año 2050. La alta incidencia de caídas en personas mayores junto con las previsiones demográficas convierte las caídas en un problema de salud pública.

1.2. NIVEL TECNOLÓGICO

Las causas que producen una caída se pueden distinguir en perturbaciones externas, o circunstancias internas, intrínsecas a la persona. Parámetros como por ejemplo la reducción en longitud y velocidad de zancada asociada al envejecimiento aumenta el riesgo entre las personas mayores de tropezar con obstáculos o irregularidades del pavimento. Diversos estudios han confirmado una importante influencia sobre el riesgo de caídas de los parámetros espaciotemporales de la marcha asociados a este tipo de estabilidad dinámica, variabilidad, asimetría, cadencia, velocidad y longitud de los pasos, entre otros.

Los primeros sistemas de detección de caídas se desarrollaron en la década de 1990, y aunque la técnica ha evolucionado notablemente a lo largo de los años, el principio en el que se basan hoy en día es esencialmente el mismo: discriminar entre eventos de caída y otras actividades de la vida diaria, lo cual se consigue "entrenando" un sistema de sensores con datos recogidos en contextos diversos, incluyendo caídas (reales o simuladas) correctamente identificadas. Dado que la principal consecuencia de las caídas en individuos se traduce fracturas de cadera, como complemento a las medidas preventivas, existen diversas soluciones para la protección pasiva en caso de caída, siendo la solución más común los protectores de cadera en forma de cojín que se colocan por dentro de la ropa interior.

1.3. GRADO DE INNOVACIÓN

El presente proyecto es la segunda anualidad del proyecto INSTINTO iniciado en 2016. En la segunda anualidad se ha llevado a cabo una investigación para el desarrollo de una solución basada en sensores integrados en textil de forma que permitan monitorizar al usuario de forma no invasiva en entorno real, prediciendo posibles sucesos, y siendo aceptables por los usuarios por su comodidad y facilidad de uso.

Los objetivos planteados se encuentran orientados a mejorar la capacidad de innovación de la industria, gracias a la investigación en tecnologías novedosas, que supondrán un avance científico y tecnológico tanto a nivel nacional como internacional. En particular, se pueden distinguir dos dominios principales en los que se llevará a cabo este avance: la integración de sensores en los textiles para monitorizar y proteger al usuario, y el tratamiento de datos para valorar el riesgo de caídas y actuar a tiempo en su prevención.
Actualmente existen múltiples sistemas "portables" (wearables), basados en dispositivos externos que permiten medir ciertos aspectos. La integración de sensores en textiles, aplicables tanto a la propia indumentaria de los usuarios como a otros elementos del entorno, se encuentra en un nivel de desarrollo mucho más bajo que los basados en dispositivos móviles como smartphones o brazaletes. Respecto al análisis de patrones de movimiento para detectar y clasificar caídas no se ha demostrado su utilidad en sistemas integrados; y existe aún hoy en día un importante problema de especificidad (falsos positivos) en entornos reales.

2. RESULTADOS ALCANZADOS

A continuación, se incluye una tabla con los resultados obtenidos del proyecto indicando los resultados alcanzados durante el 2017:

RESULTADOS OBTENIDOS
• Se ha desarrollado un sistema inteligente, basado en sensores y actuadores integrados en textil, capaz tanto de monitorizar y evaluar el riesgo de caídas como proteger activamente en caso de producirse una caída. • Se han desarrollado soluciones de protección y prevención de caídas que cumplen con los requisitos de calidad, seguridad y funcionalidad. • Se ha generado conocimiento sobre la integración de sensores y actuadores en textiles, para la medición de distintas variables dotando al sector textil y de confección de la Comunidad Valenciana de productos y metodologías de integración innovadoras con multitud de aplicaciones. • Se han alcanzado los resultados previstos en cuanto diseño para el desarrollo de sistemas de prevención y protección integrados en tejidos. • Se ha obtenido una visión de los beneficios (técnicos y económicos) de los nuevos sensores textiles integrados en sus productos finales, permitiendo ofrecer nuevas posibilidades de aplicación en distintos ámbitos. • La difusión de los resultados se ha realizado tal como se definió. Tras realizarse un plan de diseminación de los resultados obtenidos se ha ido ejecutando siguiendo dicha planificación.

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

El trabajo del presente proyecto se ha planificado en 6 paquetes de trabajo a desarrollar en dos anualidades. A la finalización del proyecto, se han acometido las siguientes actividades:

- PT.1 Investigación de las tecnologías a emplear: Se han revisado las últimas novedades en las diferentes tecnologías con el fin de valorar su incorporación al proyecto en las respectivas líneas de trabajo.
- PT.2 Diseño de la solución para monitorización de parámetros: Diseño de los prototipos atendiendo al estudio de la tecnología llevado a cabo en la fase anterior.
- PT.3 Desarrollo de los prototipos finales: Desarrollo de los prototipos en base a los diseños planteados en el paquete de trabajo 2. Reingeniería de los prototipos desarrollados.
- PT. 4 Validación del sistema. Se han validado tanto a nivel funcional como de usuario los prototipos desarrollados en el paquete de trabajo 3.
- PT.5 Difusión: Su objetivo es la difusión de los resultados obtenidos, en sectores empresariales, científicos, así como público en general.
- PT.6 Gestión y coordinación: Engloba las acciones encaminadas a la gestión y coordinación del proyecto para su correcto desarrollo.

Figura 1. Esquema paquetes de trabajo proyecto INSTINTO II

3.1. Investigación de las tecnologías a emplear

Previamente a la investigación de las tecnologías a emplear en cada línea de trabajo se han conocido los recientes desarrollos en cada ámbito de aplicación. De esta forma, existen de todo tipo de dispositivos para la detección de caídas basados principalmente en acelerómetros, que envían una señal de ayuda conectados a asientos o camas; pegados al paciente mediante un cinturón; o realizando una acción conjunta con cámaras de video. Respecto a los dispositivos para la protección activa frente a caídas se encuentra en crecimiento exponencial basándose en la tecnología de airbags para determinadas zonas del cuerpo, mientras que en cuanto a las protecciones pasivas principalmente se emplean almohadillas acolchadas para amortiguar los golpes. Por último, para captura de movimiento y monitorización de la pisada del usuario se han empleado en la actualidad sistemas basados en sensores de elevadas dimensiones lo que le convierten en sistemas demasiado pesados para ser empleados en condiciones de usuario. Además, cabe destacar que dichos desarrollos se encuentran muy enfocados a una actividad o un ámbito de aplicación muy concretos.

Respecto a la tecnología sensórica se ha recopilado y analizado una gran cantidad de información técnica acerca de todos los sensores con capacidad para adquirir parámetros y seleccionar los óptimos para alcanzar los objetivos del proyecto.

En cuanto a la integración de los sensores en el textil se han estudiado diferentes tecnologías mediante las que se puede llevar a cabo en combinación de las tecnologías existentes y de nuevos materiales como hilos o tintas conductoras. La tecnología textil ofrece numerosas opciones para la integración en textil de los sensores expuestos con anterioridad, tales como tejeduría, impresión digital o bordado:

Un gran avance en el sector textil se ha conseguido mediante la combinación de tecnologías tradicionales con materiales novedosos. Gracias a la adaptación de las tecnologías tradicionales para trabajar con materiales novedosos como filamentos y tintas conductoras se ha abierto un amplio campo de trabajo en los textiles inteligentes. Es posible por tanto la inserción de circuitos eléctricos conectados a sensores para obtener información biométrica o conectados a leds para iluminar una estancia.

3.2. Diseño y desarrollo de la solución para monitorización de parámetros

3.2.1. Solución para monitorización de pisada

Se ha desarrollado un calcetín para la monitorización de la pisada del usuario de forma que en función de la morfología de la pisada y los datos obtenidos del ciclo de la marcha humana sea posible estimar posibles caídas en el futuro próximo. Para ello se han integrado siete sensores de presión en la planta del calcetín de forma que recojan toda la anatomía del pie humano. El material de impresión está basado en sensores de presión que maximicen el grado de confort del usuario, aumentando así y mejorando la transpirabilidad.

Se considera que la distribución de los sensores es óptima ya que de esta forma se obtiene información del dedo gordo o hallux que es la última parte que tiene contacto con el suelo cuando el pie despega en el ciclo de la marcha humana, y la zona del talón que es la primera zona que tiene contacto con el suelo. Se han situado también tres sensores localizados en el primer, tercer y quinto metatarso monitorizando por tanto la parte central de la pisada que aporta información acerca de las caídas ya que desde esta zona del pie se puede orientar la distribución de pesos del cuerpo humano.

Los siete sensores de presión se han integrado sobre un calcetín de algodón y la unidad de procesado se ha ubicado en el tobillo ya que se estima que es en la zona que no existe interferencia con el ciclo de la marcha humana.

En cuanto a la electrónica se ha desarrollado siguiendo la anatomía del tobillo, por lo que la unidad de procesamiento se ajustará perfectamente y es extraíble pues se coloca a la altura del tobillo mediante imanes. Esta unidad transmite los datos mediante tecnología inalámbrica donde se procesan los datos recibidos

desde los sensores y se aplican los algoritmos para la detección temprana del riesgo de caída.

3.2.2. Solución para la protección frente a caídas mediante elementos pasivos

Empleando tecnologías de impresión 3D se han desarrollado estructuras textiles tridimensiones para la amortiguación del impacto provocado por una caída. De entre las tecnologías planteadas para el desarrollo del sistema amortiguador de golpes mediante elementos pasivos se plantea la utilización de tecnología de impresión 3D. Las estructuras 3D para amortiguación de golpes han sido desarrolladas empleando filamentos elastómeros termoplásticos flexibles. Mediante la impresión 3D se pueden conseguir un amplio abanico de estructuras con diferentes grados de amortiguación de forma que minimicen al máximo el impacto al producirse una caída.

Para cada zona anatómica susceptible de ser dañada en una caída se ha diseñado una protección específica de forma que se adapte a la perfección evitando roces inoportunos e incomodidades. Por tanto, se han diseñado protecciones específicas para caderas, rodillas, codos, espalda y hombros. Dichas estructuras se han integrado en prendas de vestir que pueden lavarse sin problemas.

Es de vital importancia la definición de la estructura de las protecciones, pues es necesario que sean lo más acolchadas posible para amortiguar el golpe absorbiendo las fuerzas del impacto por lo que el filamento empleado posee una flexibilidad considerable. Las protecciones se integran en prendas de vestir de punto seamless de forma que se ajusten perfectamente al usuario y se maximice el confort. La integración de las protecciones en las prendas se realiza mediante costura con hilo de poliéster ya que se considera que es la tecnología más apropiada al quedar las protecciones bien sujetas a la zona a la que tienen que

proteger no permitiendo el desplazamiento de las mismas en el momento de la caída. Con el fin de que quede de forma más estética posible se insertan las protecciones en una especia de bolsillo y posteriormente se cosen de forma que las protecciones no queden a la vista.

3.2.3. Solución para la protección frente a caídas mediante elementos activos

Se ha desarrollado un airbag textil para la protección de las caderas frente a posibles caídas empleando tecnología similar a la que emplean los airbags en la industria de automoción. Para el desarrollo de las protecciones activas se ha diseñado y ensamblado satisfactoriamente tanto la bolsa de aire, el sistema detector de caídas y el sistema activador de la bolsa de aire. La bolsa de aire debe es completamente resistente al inflado ya que se ha empleado tejido de nylon de calada que además de resistir la presión del golpe confina el gas en el interior de la misma sin presentar fugas. El tejido es liviano de forma que el sistema es cómodo y no es excesivamente intrusivo en las tareas diarias. La bolsa de aire textil, que se ha desarrollado empleando un tejido resistente y estanco, será la encargada de ejercer la protección frente a las caídas amortiguando el golpe

Cuando el sistema detecta una posible caída del usuario se inflan las bolsas de aire automáticamente protegiendo las caderas del usuario. El airbag se activa mediante los sensores insertados en el cinturón de monitorización de movimientos. Cuando se sobrepasan los valores establecidos como límites, se activa el sistema de inflado

Todo el dispositivo queda insertado en un pantalón de forma que las bolsas de aire se cosen a la zona a proteger. Dado que se trata de un sistema que el usuario porta durante todo el día se requiere que las zonas a proteger estén

aseguradas en todo momento. Las piezas que accionan el airbag se encuentran escondidas en un cinturón. Además, es indispensable que el sistema de inflado sea fácilmente reestructurado de forma que una vez activado el airbag este pueda ser vuelto a emplear, por lo que la mejor solución es implementar botellas de CO_2 que inflen la bolsa de aire. La liberación del gas se realiza mediante el punzado de la cabeza de la botella mediante un punzón instalado en el sistema accionador.

3.2.4. Solución para monitorización de movimiento

Se ha desarrollado una camiseta para la monitorización de movimientos, mediante la integración de sensores inerciales de los usuarios, en una camiseta y se ha realizado la conexión entre el módulo electrónico y los sensores mediante bordado, consiguiendo obtener una camiseta inteligente.

Siguiendo las conclusiones extraídas de los trabajos estudiados, las zonas en las que necesariamente tiene que haber sensores serán a lo largo de la espalda. Para el desarrollo de la camiseta sensorizada se han ubicado un total de 5 sensores de forma que los movimientos de los del usuario queden perfectamente monitorizados.

Los sensores empleados han sido sensores de medición inercial (IMU), pues se componen de un acelerómetro de tres ejes, un giroscopio de tres ejes y un magnetómetro de tres ejes, lo que ofrece un sistema de medición con nueve grados de libertad. Como se ha comentado, la conexión de los sensores integrados con el módulo electrónico se realiza mediante bordado con hilo conductor, capaz de transmitir los datos y la alimentación necesaria con total fidelidad.

Del mismo modo, se ha desarrollado un cinturón que igualmente permite alojar un dispositivo electrónico con capacidad para prevenir y detectar caídas. En este caso se compone de únicamente un sensor IMU obteniendo unos resultados muy satisfactorios. Los datos recopilados por el sistema son procesados por una unidad central dispuesta en un lateral de la camiseta para ello y son transmitidos a una aplicación para dispositivos móviles. La información obtenida se ha empleado para desarrollar el algoritmo de prevención de caídas, así como para la activación del airbag.

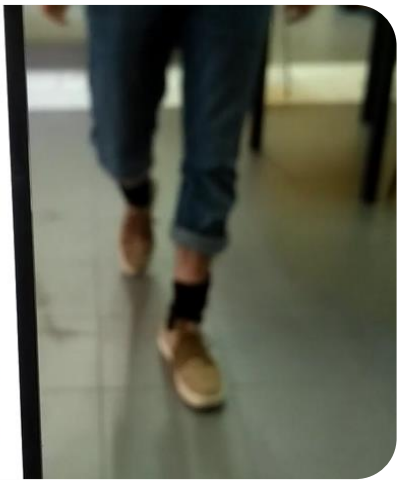
Dicha App es la misma que se emplea para la activación del airbag, con la diferencia que debe ser seleccionado el modo en que se comporta el módulo electrónico, o bien de recolección de datos o bien de prevención y protección frente a caídas.

3.3. Validación de las soluciones desarrolladas

3.3.1. Validación de la solución para monitorización de pisada

Se ha podido comprobar el envío de datos entre los prototipos desarrollados y la app de gestión de información. Se han interpretado los datos que se obtienen para poder garantizar que la app está recogiendo los datos correctamente y la información que se muestra corresponde con la realidad. Se han testeado diferentes posiciones del usuario donde está sentado, de pie o caminando para validar el envío de datos.

Tras las pruebas realizadas se ha comprobado que el envío de datos se realiza correctamente y con esta información se pueden analizar patrones de comportamiento de los usuarios durante la vida cotidiana para poder prevenir caídas.



En la siguiente ilustración se han unido los resultados que muestra la app con la prueba y se

puede ver como cuando el usuario está caminando y tiene uno de los dos pies en el aire esta muestra resultados de los sensores con poca presión. El otro pie al estar en contacto con el suelo tiene el mapa de presiones más elevado.

3.3.2. Validación de la solución para la protección frente a caídas mediante elementos pasivos

Para la evaluación de la capacidad de absorción del impacto por las protecciones tridimensionales desarrolladas por la tecnología de impresión 3D se ha empleado la norma ENAC EN 14808:2005 de Determinación de la absorción de choque. Los resultados obtenidos muestran que la protección que mayor absorbe el impacto del golpe es la del hombro y la que menos la de la cadera. Esto puede deberse a que la protección del hombro tiene menor densidad en un mayor volumen. Además, la estructura de la protección del hombro, al ser más curvada y no tan plana como ocurre con la de la cadera, el golpe se absorbe con mayor eficacia. Sin embargo, todas las protecciones amortiguan el golpe de forma considerable por lo que se limita la agresividad del golpe.

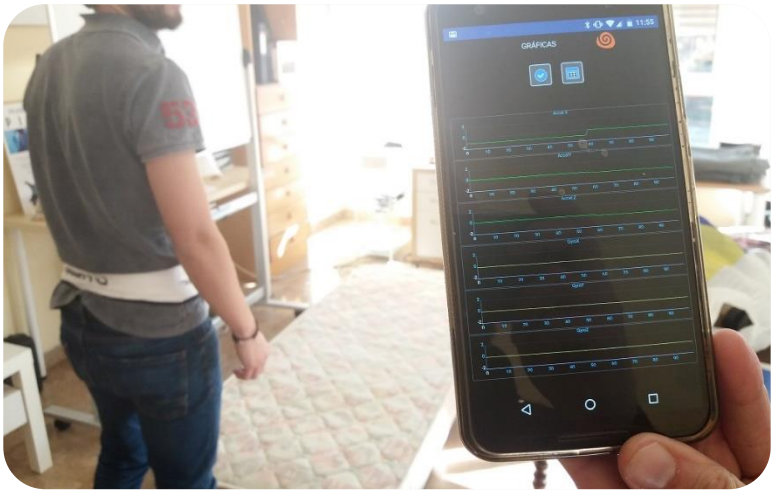
Complementariamente se han llevado a cabo ensayos en situaciones simuladas en las que usuarios potenciales, testan el traje con protecciones. Los resultados refuerzan los obtenidos mediante el ensayo Determinación de la absorción de choque, y además comentan que no generan efectos secundarios como rozaduras o malestar.

3.3.3. Validación de la solución para la protección frente a caídas mediante elementos activos

Para llevar a cabo la validación de los dispositivos de protección mediante elementos activos se ha colocado un colchón en el suelo para evitar sufrir daños colaterales, y se han simulado caídas en diferentes grados respecto al ciclo de la marcha, como las que pueden producirse en un entorno de personas mayores. El objetivo es comprobar que las bolsas de aire cumplen su función.

Los resultados muestran que los prototipos desarrollados han sido evaluados en situaciones simuladas y que son una muestra clara de que funcionan de forma correcta protegiendo la cadera del usuario.

3.3.4. Validación de la solución para monitorización de movimiento



Para la validación de las soluciones inteligentes con capacidad para monitorización de movimientos y posturas se han realizado ensayos mediante la App desarrollada para capturar la información generada por los sensores inerciales que están integrados en una prenda. Para ello se han simulado acciones cotidianas tales como dejarse caer por el lado derecho e izquierdo, hacia adelante y hacia atrás, andar unos pasos y agacharse a recoger un objeto con una mano, sentarse y levantarse de una silla o subir y bajar escaleras. Los resultados se han recogido en forma de gráfica que son los datos que muestran los sensores de movimiento.

Posteriormente, estos datos se han empleado para configurar el algoritmo de activación del airbag de protección de la cadera, de forma que se minimicen los falsos positivos y que a su vez la detección de la caída se produzca con tiempo suficiente como para inflar las bolsas de protección con antelación a producirse el impacto.