

Prenda inteligente para infantes con medición de temperatura y alertas por GSM

TURIJÁN-ALTAMIRANO, Salomón Noé*† y BENÍTEZ-SILVA, Claudia

Universidad Tecnológica de Huejotzingo

Recibido Abril 4, 2017; Aceptado Junio 1, 2017

Resumen

La tecnología del Internet de las Cosas está logrando que cada vez más artículos de uso común estén siendo adaptados para tener procesamiento y comunicación. Una de las áreas poco explotadas es la de las prendas inteligentes que, aunque ya empiezan a comercializarse algunas ideas, aún tiene un potencial bastante amplio. El proyecto desarrollado está enfocado en un sector específico que es el cuidado de la salud de los infantes. La prenda inteligente diseñada tiene la capacidad de medir la temperatura corporal y enviar un mensaje de texto GSM en caso de sobrepasar un límite. En el presente documento se revisa el procedimiento para el desarrollo del prototipo que incluye el diseño electrónico, su encapsulado, programación y fabricación de la prenda.

Internet de las cosas, prenda inteligente, Arduino LilyPad, tecnología usable**Abstract**

The Internet of Things technology is getting more and more items of common use being adapted to have processing and communication. One of the under-exploited areas is that of smart clothes that, although some ideas are already being marketed, still has quite broad potential. The project developed focuses on a specific sector that is the healthcare of infants. The smart clothes designed has the ability to measure body temperature and send a GSM text message in case of exceeding a limit. This document reviews the procedure for the development of the prototype which includes electronic design, encapsulation, programming and fabrication of the garment.

Internet of things, smart clothes, Arduino LilyPad, wearable technology

Citación: TURIJÁN-ALTAMIRANO, Salomón Noé y BENÍTEZ-SILVA, Claudia. Prenda inteligente para infantes con medición de temperatura y alertas por GSM. *Revista de Investigación y Desarrollo* 2017,3-8: 7-15

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: noe.turijan@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad es cada vez más común el uso de dispositivos usables (wearables) como relojes inteligentes y pulseras cuantificadoras pero un área poco explorada es la de las prendas inteligentes, capaces de incorporar sensores en tejidos, así como la electrónica necesaria para el procesamiento de señales.

Algunos proyectos que ya se comienzan a comercializar están dirigidos a personas que realizan deportes con el propósito de medir algunas variables como el ritmo cardíaco que después podrán ser almacenadas en un teléfono inteligente para llevar un registro.

Es precisamente en el ámbito del cuidado de la salud en donde radica el desarrollo de una prenda inteligente que mida la temperatura corporal, en este caso de infantes, por lo que más que buscará almacenar estos datos se requiere analizarlos para detectar una lectura fuera de lo normal que pueda ser reportada a través de un mensaje de texto.

En el presente documento se detalla el diseño del primer prototipo comenzando con el contexto en el que está involucrado para después hacer una revisión a la tecnología involucrada en los sensores, el procesador, la comunicación y la fuente de alimentación, así como las características del tejido. Por último, se analizan las pruebas y resultados que se obtuvieron ofreciendo una conclusión de lo realizado y establecer las posibilidades de un trabajo a futuro.

El proyecto fue desarrollado por un grupo de trabajo multidisciplinario conformado por investigadores de dos carreras de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, de Mecatrónica el ingeniero Noé Turiján y de Diseño textil y moda la maestra Claudia Benítez.

Justificación

Los avances tecnológicos han ayudado a la humanidad a mejorar la calidad de vida, aumentando el confort y haciendo tareas de manera más fácil. Gracias a las nuevas tecnologías de comunicación es muy accesible enviar y recibir información desde lugares remotos, si a esto le damos el agregado de que los circuitos electrónicos se están diseñando para ocupar espacios muy reducidos, entonces se vuelve factible el diseño de dispositivos con capacidades de adquisición de señales, procesamiento y comunicación integrados para ser adaptados en artículos de uso común como lo pueden ser las prendas.

Una de las etapas de la vida en la que se requiere un especial cuidado de la salud es durante la infancia. Es muy frecuente que los bebés adquieran una enfermedad infecciosa sin que los padres de familia se percaten de los síntomas previos al no contar con medios para monitorear su estado las 24 horas del día. Es en este punto en donde se vuelve indispensable el desarrollo de herramientas que empleen las nuevas tecnologías para el cuidado de la salud.

Problema

Las prendas inteligentes van desde las constituidas por tejidos con capacidades químicas especiales y las que incorporan dispositivos electrónicos con los que se puede interactuar. Aunque podría parecer sencillo la adecuación de un circuito electrónico a una prenda común, en realidad requiere de ciertas especificaciones para que pueda desempeñarse de manera adecuada, por ejemplo el uso de hilo conductivo, el cual es adaptable para ser cocido en la tela y al mismo tiempo conducir pequeñas señales eléctricas para el funcionamiento del circuito.

El problema que se considera es el diseño adecuado de una prenda inteligente para medir temperatura corporal que sea capaz de enviar una alerta por una lectura anormal con los requerimientos de un volumen y peso considerable para que sea adaptado a una prenda orientada para ser usada por bebés.

Hipótesis

La tecnología usable está teniendo un gran crecimiento en la actualidad. En particular, las prendas inteligentes son un campo de investigación que parece prometedor en cuanto al área del cuidado personal.

Tratar de enfocarse en todos los factores que se involucran en el cuidado de un infante requiere de una inversión de recursos y tiempo enorme, por lo que lo más viable es enfocarse en una sola variable a medir. Por lo tanto, se pretende diseñar y construir una prenda inteligente enfocada en el monitoreo de la temperatura corporal del bebé.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y fabricar un prototipo de prenda inteligente para bebés con la capacidad de medir la temperatura corporal y de enviar un mensaje de texto por GSM en caso de reportar una lectura fuera de lo normal a un teléfono celular convencional.

Objetivos específicos

- Investigación de dispositivos electrónicos que sean adecuados para ser adaptados a una prenda.
- Diseño y desarrollo de plataforma tanto de hardware como software a nivel prototipo para tomar muestras de señales de temperatura y compararlas con un punto de referencia dentro de un rango establecido.

- Selección con base a una revisión de prestaciones de módulos de comunicación por celular GSM.
- Diseño de prenda para bebés que pueda ser adaptada para incorporar el dispositivo electrónico sin perder confortabilidad.
- Diseño y fabricación de encapsulado de acuerdo al volumen de la parte electrónica que proteja al circuito del contacto con el medio exterior.
- Diseño de banco de pruebas para la recolección de datos obtenidos de la experimentación con el primer prototipo.
- Definición de trabajos a futuro.

Marco Teórico

Para el diseño e implementación del prototipo de prenda inteligente es de vital importancia considerar desarrollos de tecnología que puedan ser considerados para integrar la plataforma que se tiene pensada, ya que es inverosímil tratar de comenzar desde cero cuando ya existe un avance considerable como se puede notar en las menciones a los siguientes trabajos de investigación:

En prospectiva, para lograr un sistema de inspección visual con mayor autonomía, el análisis de color puede ser complementado con la evaluación de la textura y la forma, características que posibilitan la identificación de defectos tales como grietas, burbujas, orificios, diferencias de tamaño y anomalías en la geometría del producto.

- Dentro de las plataformas diseñadas para la investigación y diseño de prendas inteligentes se encuentra el kit de desarrollo de Arduino LilyPad [1], creado por los investigadores Leah Buechley and Michael Eisenberg en el año 2006 y que más adelante, con el trabajo asociado de la empresa Sparkfun Electronics, se distribuyó una versión comercial que abrió las puertas para que estudiantes e investigadores comenzaran a desarrollar proyectos con una gran facilidad al incorporar elementos como microcontroladores, sensores, led's, baterías, entre otros, que pueden ser cocidos a la tela e interconectados con hilo conductiva. Además de esto se agrega que la programación de estos dispositivos puede ser realizada en la IDE de Arduino, que es una adaptación del código C.

Tanto hardware como software son de código abierto por lo que puede ser utilizada sin restricciones en cualquier proyecto lo que lo convierte en una herramienta ideal para el desarrollo del prototipo propuesto en este trabajo.

- Los investigadores Doukas y Maglogiannis [2] desarrollaron una plataforma para el cuidado de la salud con la tecnología del Internet de las Cosas que permite almacenar variables médicas en un dispositivo móvil para después ser alojadas en la nube y con esto poder ser exploradas y analizadas más adelante. Para la adquisición de señales implementaron dos soluciones: una prenda equipada con sensores que podía ser usada por cualquier persona, en este caso específico fue una calceta; la segunda consiste en una tarjeta con comunicación inalámbrica que permitía el envío de paquetes de datos recolectados.

Aunque la parte fundamental de esta investigación se centra en el almacenamiento y manejo de cantidades grandes de datos a través de un servidor en internet, el desarrollo del hardware es lo que nos permite tomar una referencia en cuando al desarrollo de la prenda.

- Wear-a-BAN [3] es una interfaz inalámbrica creada con el propósito de servir de periférico para una computadora controlada por el movimiento natural de una persona al integrar sensores de movimiento en un accesorio que puede ser colocado en diferentes partes del cuerpo dependiendo de en que prenda se haya integrado y con esto medir la posición, inclinación o aceleración de esa parte para después ser enviada de manera inalámbrica a una computadora en donde podrá ser procesada según convenga. De acuerdo con los autores esto podría funcionar en diferentes ámbitos, además de las prendas inteligentes también funciona para el análisis de movimiento en pacientes que se encuentren en un programa de rehabilitación, para el monitoreo de actividad física o incluso como un periférico de control para la computadora.
- Aunque existen monitores de bebés de manera comercial que permiten escuchar a través de un micrófono o incluso observar a través de una cámara, el Mimo Baby Activity Tracker [4] es quizá el único dispositivo que puede adquirir el público en general para conseguir registrar diferentes variables por medio de una prenda que incorpora sensores de movimiento y temperatura, conectado por bluetooth a un concentrador de información independiente que a su vez está conectado a internet por medio de wi-fi para poder desplegar la información a través de cualquier teléfono inteligente, tablet o computadora.

Esta es la referencia directa al desarrollo propuesto, sin embargo, más adelante se revisarán los detalles para cambiar la tecnología de comunicación que es la principal variante que permite que el dispositivo funcione en cualquier parte sin la limitante de necesitar la infraestructura de internet del hogar.

Metodología de Investigación

Tipo de Investigación

Arquitectura del sistema propuesto

El diseño de la prenda inteligente estará basado en la tecnología del internet de las cosas con la capacidad de medir la temperatura corporal, revisar la medición a través de un microcontrolador y enviar una alerta por medio de un mensaje de texto por lo que los datos obtenidos no serán guardados en el dispositivo quitando el requerimiento de tener un elemento de almacenamiento.

El microcontrolador, la antena de comunicación, así como la fuente de alimentación estarán encapsulados en un solo elemento que será colocado en una base adecuada sobre la tela que conforma la prenda. El sensor de temperatura estará cocido directamente a la prenda por medio de hilo conductivo el cual permitirá la alimentación y envío de señales con el dispositivo central, debido a que funciona igual que hacer una conexión con cables.

Un esquema del sistema propuesto se puede observar en la siguiente imagen.

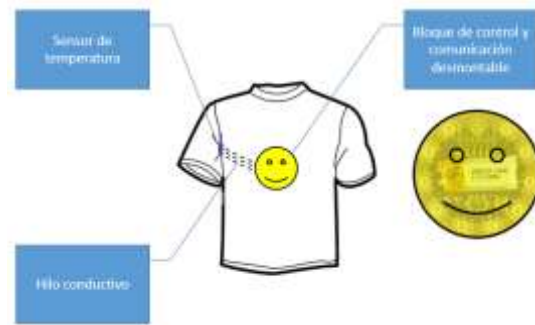


Figura 1 Esquema del sistema

Fuente: Elaboración propia

Metodología de desarrollo del hardware

Controlador

La base del dispositivo contará con la plataforma de desarrollo Arruinó LilyPad (Figura 2) que cuenta con la capacidad de interpretar señales digitales y analógicas.

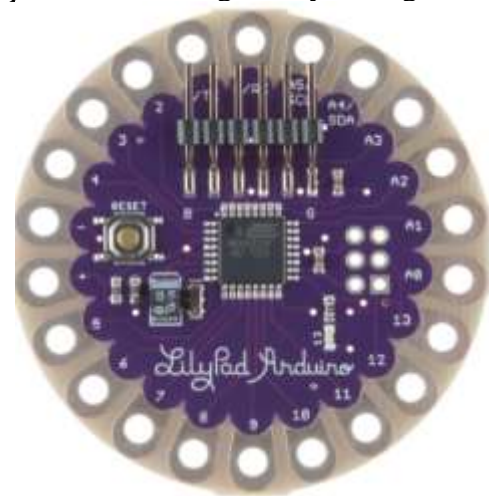


Figura 2 Vista frontal tarjeta LilyPad

Fuente: Sparkfun Electronics

Las características principales de la tarjeta son las siguientes:

Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	2.7-5.5 V
Voltaje de entrada	2.7-5.5 V
Terminales digitales I/O	14
Canales PWM	6
Entradas analógicas	6
Memoria Flash	16 KB
Clock Speed	8 MHz
Comunicación	UART

Tabla 1 Características de tarjeta LilyPad

Fuente: Sparkfun Electronics

Sensor

Se utilizará un pequeño termistor como sensor de temperatura que actúa como transductor al estar en contacto directo con el ambiente donde ocurre la variación de la señal convirtiéndola en un nivel de voltaje con un cambio proporcional. Estará cocido directamente a la prenda al contar con la capacidad de poder estar en contacto con el agua mientras no esté energizado.

Comunicación

El módulo de comunicación empleado es el SIM800L con las siguientes características:

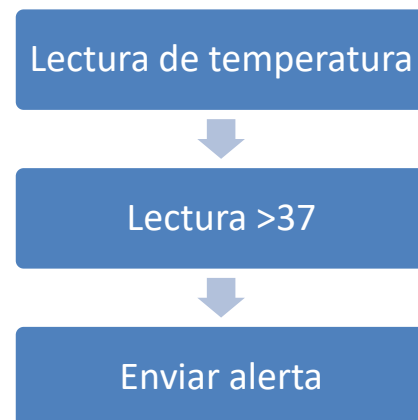
- Cuatribanda 850/900/1800/1900MHZ
- Tamaño: 2.5cmx2.3cm
- Led indicador de señal
- Bajo consumo de corriente
- Voltaje de Operacion: 3.7 a 4.2V
- Interfaz Serial TTL para el envío de comandos AT

Toda la parte electrónica será alimentada por una batería LiPo de 3.7 V que ofrece hasta 400mA diseñada para poder ser recargada.

Metodología de desarrollo del software

Al contar con la plataforma de desarrollo LilyPad abre las puertas para que pueda ser programada en el IDE Arruinó cuya versión actual es la 1.8.3.

Se ha diseñado un algoritmo de programación cuyo flujo de trabajo es el siguiente:

**Figura 3** Flujo de trabajo para programación

Fuente: Elaboración propia

Básicamente consiste en realizar una adquisición de la señal de temperatura cada 60 segundos, haciendo un escalamiento para convertir el nivel de voltaje a número de grados centígrados y así compararla con la temperatura que se considera adecuada, en este caso de 37 grados.

Al sobrepasar este nivel el controlador envía un comando al módulo GSM para emitir un mensaje de texto de alerta a un número telefónico preestablecido.

Al no contar con un medio de monitoreo directo se empleará la activación periódica del led integrado en el LilyPad a diferentes frecuencias para conocer si el controlador se encuentra haciendo una adquisición de señal o enviando un comando al módulo de comunicación.

Implementación

La implementación del sistema electrónico se llevó a cabo tomando en consideración la adaptabilidad a la ropa.

Se diseño y fabricó una pequeña playera con tela de algodón en donde se coció el sensor de temperatura ubicado en la parte del brazo donde quedaría la axila tomando en cuenta que es la parte del cuerpo en donde se puede tomar una muestra de esta variable.

En la parte del pecho se colocó la base en donde se podrá acoplar el dispositivo central. Este elemento se comunica con el sensor a través de hilo conductivo el cual estará cocido formando líneas paralelas ya que no debe tener contacto entre cada trazo.

Encapsulado

Por medio del software de diseño asistido por computadora y posterior impresión 3d se implementó una carcasa para encapsular la tarjeta LilyPad, el módulo GSM y la batería, con la finalidad de conformar el dispositivo central y protegerlo para un manejo adecuado.



Figura 4 Diseño de encapsulado

Fuente: Elaboración propia

Esta parte del prototipo será removible gracias a la base que se fijó en la prenda para poder ser retirada sin mayor problema.

Banco de pruebas

Se agregó una antena bluetooth para enviar la señal de temperatura a la computadora y así verificar una lectura correcta mostrando la tendencia de la variable para un monitoreo remoto.

Cabe mencionar que esta antena es solamente un agregado y no forma parte del prototipo final.

Resultados

Una vez concluida la fase de diseño y su posterior implementación se realizaron diferentes experimentos para comprobar el funcionamiento.

En el banco de pruebas se pudo corroborar que la lectura de la temperatura era adecuada y presentaba una variación proporcional al cambio que tenía el sensor al someterlo a diferentes niveles de calor o frío. Es importante resaltar que las muestras no fueron tomadas con una persona, sino que se ocuparon diferentes herramientas como secadoras de cabello o pistolas de calor, además de que la temperatura obtenida no se comparó con ninguna otra medición realizada con un termómetro convencional por lo que aún no es una lectura exacta, simplemente es una aproximación a lo real.

Al rebasar el límite de 37 grados el led indicador mostraba que comenzaba la secuencia de envío de mensaje y algunos segundos después se comprobaba la recepción en el celular del destino preestablecido.

El led indicador de señal del módulo GSM funciona de manera correcta al emitir una señal intermitente cuando no tiene ningún chip insertado resaltando que no tiene señal y al insertar alguno cambia su estado.

Para la recarga de la fuente de alimentación se efectuó con una fuente regulada a 3.7V que es el voltaje nominal de la batería realizando la conexión con 2 terminales hembra-macho respectivamente. Se realizó una carga completa de la batería y se dejó la prenda conectada y funcionando para obtener un tiempo aproximado de 4 horas de trabajo continuo sin requerir una recarga.

Se fabricaron dos prendas con su respectiva base y sensor de temperatura integrados (Figura 5) para que se pudiera intercambiar el único dispositivo central que se desarrolló obteniendo resultados favorables en ambas playeras.



Figura 5 Prototipo de prenda inteligente

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

Una prenda de uso común podría parecer un objeto que usamos día a día y que solo cumple su función sin mayor problema, pero al adaptarlo con elementos electrónicos se convierte en un artículo capaz de ofrecernos diferentes prestaciones y olvidar que lo llevamos puesto. Sin embargo, se requiere de especial atención al tomar en cuenta el medio en el que se va a desempeñar.

Es difícil interactuar entre dos ámbitos tan independientes como la electrónica y el diseño textil, por lo que el trabajo interdisciplinario se vuelve fundamental para conseguir los resultados deseados.

Al final el prototipo de prenda inteligente cumplió con los los objetivos propuestos al lograr el envío de mensajes con la detección de una temperatura alta.

Se debe ponderar que los resultados obtenidos fueron a nivel experimental en un primer prototipo y en un ambiente controlado por lo que aún se tiene un largo camino que recorrer para conseguir un dispositivo final, pero gracias al avance mostrado ya se empieza a trazar la ruta de trabajo para lograr concretar la idea que se planteó desde un inicio.

Trabajo a futuro

En un siguiente prototipo se consideran los siguientes apartados:

Mayor autonomía entre recargas al optimizar el algoritmo de programación utilizando el modo sleep del GSM para activarlo solamente cuando se requiera el envío de información.

Reducción del volumen y peso del dispositivo central al diseñar una placa de circuito impreso para la electrónica que conserve solo los elementos fundamentales como una modificación a la placa LilyPad original.

Mejorar la forma de unir el dispositivo a la base que se encuentra en la prenda, cambiando los broches con los que cuenta actualmente por un método diferente.

Referencias

[1] Buechley, L., Eisenberg, M. *The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone*. (2008).

[2] Doukas, C., Maglogiannis, I. *Bringing IoT and Cloud Computing towards Pervasive Healthcare*. (2012).

[3] Cambia, V., López, R. *Wear-A-Ban: Interfaz Inalámbrica De Control Hombre-Maquina Incorporado Sobre Una Base Textil*. (2013).

[4] Levine, B. *Baby monitoring in 2017*. (2017). Obtenido de <http://contemporaryobgyn.modernmedicine.com>

[5] Kipkebut, A., Busienei, J. *Evaluation of Ubiquitous Mobile Computing and Quality of Life in Wearable Technology*. (2014).

[6] Pague, T. *Opinions on the Internet of Things in the Industrial Design Curriculum*. (2016).