



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

[iifi@unmsm.edu.pe](mailto:iifi@unmsm.edu.pe)

Universidad Nacional Mayor de San  
Marcos  
Perú

Padilla, Roberto; Quintero-Rosas, Verónica; Díaz-Ramírez, Arnoldo  
Monitoreo y localización de personas extraviadas utilizando Arduino y GSM/GPS  
Industrial Data, vol. 18, núm. 1, 2015, pp. 128-134  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Lima, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81642256015>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Monitoreo y localización de personas extraviadas utilizando Arduino y GSM/GPS

RECIBIDO: 26/02/15 ACEPTADO: 12/3/15

ROBERTO PADILLA\*  
VERÓNICA QUINTERO-ROSAS\*\*  
ARNOLDO DÍAZ-RAMÍREZ\*\*\*

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es desarrollar un dispositivo capaz de monitorizar a una persona que se encuentre en peligro o en extravío, además de un medio de alerta para notificar en caso que la persona requiera de ayuda inmediata. Los componentes utilizados en este proyecto son de muy bajo costo, lo que lo hace mas atractivo en comparación con otros dispositivos de monitorización satelital. Otra de las ventajas de este proyecto es la flexibilidad de uso, ya que puede ser adaptado a diversas áreas, desde seguridad hasta monitorización de salud, y gracias a la libertad que nos ofrece la plataforma Arduino, es posible explotar al máximo el potencial de todos los datos obtenidos. En esta investigación mostramos los avances iniciales dentro de este dispositivo, y los retos a futuro.

**Palabras clave:** BPM, GSM, GPS, localización, monitoreo

MONITORING AND LOCATING MISSING PERSONS  
USING ARDUINO AND GSM/GPS

## ABSTRAC

The objective of this work is to develop a device capable of monitoring a person is in danger or loss, plus a half alert to notify if the person requires immediate help. The components used in this project are very low cost, making it more attractive compared to other satellite monitoring devices. Another advantage of this project is the flexibility of use, as it can be adapted to different areas, from security to health monitoring, and thanks to the freedom offered by the Arduino platform, it is possible to exploit the full potential of all data obtained. In this study we show the initial progress in this device, and future challenges.

**Keywords:** BPM, GSM, GPS, location, monitoring

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las tecnologías de localización satelital nos permiten obtener la posición exacta de cierto punto en tiempos de entre 2 hasta los 6 segundos en cualquier parte del mundo, y esto a un costo menor al de hace algunos años. Estos elementos se pueden acceder y organizar para crear un sistema de monitorización sencillo, propio, y que puede solucionar diversos problemas. Tales problemas pueden ser la localización de una persona extraviada por causas de salud mental como puede ser la Psicosis, Demencia, enfermedad del Alzheimer o el síndrome orgánico cerebral. También existen condiciones de salud que requieren de monitorización constante, como por ejemplo personas con problemas cardiacos. Otro de los problemas que pueden requerir de la monitorización y localización de la persona son los secuestros, en donde la víctima requiere de un medio de comunicación discreto con el cual alertar y notificar su situación.

Tabla 1. Posiciones de índice de secuestros mundialmente [6]

Posición	País
1	México
2	Iraq
3	India
4	África del Sur
5	Brasil

La idea de este concepto es sencillo pero desglosa toda una serie de procesos. Se aprovecha la tecnología GPS para localizar al individuo que lo requiera en el momento, y a su vez se utiliza la tecnología GSM para notificar de forma remota su locación en tiempo real, además de datos importantes sobre la condición

\* Ingeniero en Sistemas Computacionales, Programmer Analyst, Imperial Irrigation District. Imperial California USA. E-mail: rpadilla091@gmail.com  
\*\* Ingeniero en Computación, Maestría en Electrónica, especialidad en Telecomunicaciones, Maestría en Ciencias de la Ingeniería, especialidad de Redes y Telecomunicación, Profesor del Instituto Tecnológico de Mexicali. E-mail: veronicaquintero@itmexicali.edu.mx  
\*\*\* Ingeniero en ciencias computacionales, Maestría en Ciencias en Tecnología de Redes e Informática, Doctorado en Arquitectura y Tecnología de los Sistemas Informáticos (Universidad Politécnica de Valencia España). Profesor del I.T.M. E-mail: diaz@itmexicali.edu.mx. Instituto Tecnológico de Mexicali, México. Departamento. de Sistemas y Computación. Av. Tecnológico s/n Col. Elías Calles. Mexicali, B.C, México, 21376

de la persona en ese momento. Estos datos son la posición en grados del cuerpo, la temperatura corporal y externa, además de las pulsaciones por minuto o BPM por sus siglas en inglés. Para evitar la constante alarma del sistema, se implementó un modo de alerta que el usuario podrá activar en el momento que requiera auxilio, esto por medio de un comando efectuado en forma de palmadas en el mismo dispositivo en formato de clave morse.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS

Se han realizado diversas investigaciones relacionadas con la monitorización remota de personas con diversos enfoques.

Dentro de estos trabajos previos, se desarrolló una investigación sobre un Sistema de rescate en Japón [5] por medio de signos vitales, localización y altitud para enfermos. Este sistema funciona con una variedad de sensores los cuales monitorizan del ritmo cardiaco, temperatura corporal, cantidad de pasos, calorías consumidas, la localización de la persona por medio de GPS, WiFi para estimación de la localización. Estos datos son enviados utilizando la tecnología Bluetooth a un dispositivo móvil los cuales estarán conectados a una señal WiFi por donde se enviarán los datos a un centro de monitorización de salud.

Otro trabajo desarrollado en la misma área de monitorización se presenta en [4], pero esta vez con un enfoque solo a la detección de la posición corporal de una persona mayor y detectar si este se ha caído o si se encuentra sentada o de pie. Utilizan una serie de sensores que la persona a monitorizar utilizará, y éstos se conectan dentro de la red local del hogar para detectar caídas accidentales. Los sensores utilizados en este sistema son un acelerómetro, un cardiotacómetro para mediciones del ritmo cardiaco y sensores inteligentes para la comunicación con la red.

## 3. TEORÍA FUNDAMENTAL

### 3.1. Arduino

Arduino [8] es una plataforma de hardware libre basada en los micro controladores Atmel AVR, entre ellos el más utilizado es el Atmega328 en formato DIP y SMD. Esta plataforma está constituida en una placa con un micro controlador, puertos de entrada y salida, y un entorno de desarrollo fácil de usar utilizando como lenguaje nativo C.

Cuenta con varias versiones las cuales se adaptan a distintas necesidades y niveles de complejidad,

empezando con Arduino UNO, la placa base de Arduino en la cual se recomienda empezar a aprender todo lo relacionado a este entorno, e incluye un micro controlador Atmega328. Como ya mencionamos anteriormente, existen varias versiones de Arduino, pero nosotros nos enfocaremos a la versión Arduino Pro Mini, basada en el mismo micro controlador utilizado en Arduino UNO, Atmega 328, pero este en formato SMD, por lo que el tamaño total de la placa se reduce hasta en un 70%, y por lo mismo nos permite desarrollar un dispositivo de tamaño pequeño con la misma potencia de un Arduino UNO. Arduino Pro Mini cuenta con 4 entradas Análogas, y 14 puertos I/O Digitales, en donde 2 de estos son de conexión Serial RX TX. Nos provee de 3.3v y 5v, tan solo consumiendo 5v por medio de una conexión USB proveniente de un programador FTDI requerido para transferir el código al micro controlador.

### 3.2. Tecnología GPRS/GSM

La tecnología GSM (o Global System for Mobile communications por sus siglas en inglés) es un sistema estándar referente a la telefonía móvil digital, y nos permite conectar dispositivos que cuenten con esta tecnología a nivel mundial. GSM se considera un estándar de segunda generación, debido a su velocidad de transmisión, ya que su extensión de tercera generación denominada UMTS ofrece mayor velocidad de transmisión, lo que hace posible la aplicación de internet de banda ancha (mejor conocido como internet 3G), además de emplear diferentes protocolos de radio como el W-CDMA.

La onda de radio de GSM se encuentra disponible en diversas bandas dentro de los rangos de 824 MHz hasta 1,990 MHz [1].

Una de las características más notables de esta tecnología es la utilización de tarjetas SIM, la cual es una tarjeta desmontable donde se almacenan datos referentes a la suscripción del usuario con la compañía telefónica, parámetros de la red y directorio telefónico. Por este medio se puede obtener el número de teléfono del usuario, y la compañía a la cual el usuario está activado.

### 3.3. Tecnología GPS

La tecnología GPS (Global Positioning System) es un sistema basado en localización satelital por la cual es posible obtener una posición global detallada representada por 2 valores, Latitud y longitud [2], la cual es obtenida calculando el tiempo de respuesta obtenido como resultado de la conexión a por lo

menos 4 satélites para poder obtener un cálculo correcto. La latitud es la representación en grados de la posición norte-sur con respecto al punto en la superficie en la tierra, y la Longitud representa la posición este-oeste de un punto en la superficie de la tierra en grados.

4. PROCESO DE FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA

El sistema cuenta con 3 modos de funcionamiento:

Tabla 2. Modos de funcionamiento

Modo	Descripción
Espera	El sistema está a la espera del comando disparador del Modo emergencia o de un mensaje que dispare el Modo Búsqueda
Emergencia	El sistema comienza a tomar datos de los sensores y se envían a 2 números ya almacenados.
Búsqueda	El sistema recibe una llamada la cual obliga al sistema a obtener los datos de los sensores a excepción del módulo GPS en el caso de estar en Modo Espera, y se envían estos datos a los 2 números ya almacenados.

El sistema funcionara por medio de un comando que el usuario introducirá por medio de palmadas. El usuario dará palmadas al dispositivo en SOS con forma de clave morse. Esta lectura será dada con un Sensor Piezoeléctrico que detectara las palmadas.

5. MÓDULO GPRS/GSM

Este módulo [2] es el más importante de todos y es en el cual dedicamos mayor tiempo, ya que éste es

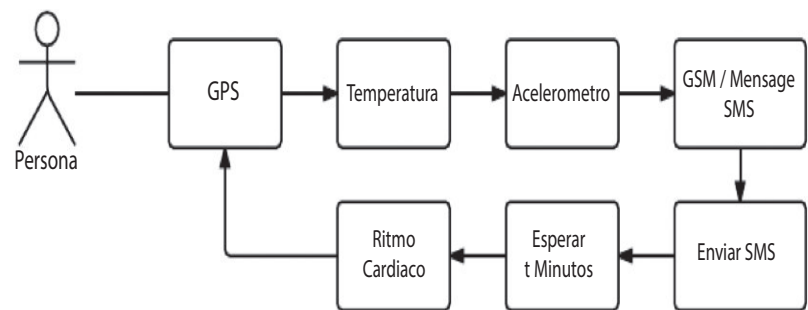
el encargado de realizar la interacción del individuo con el mundo externo y es por el cual se notificara la localización y estado de la persona en peligro. Sin este módulo la persona solo obtendría estos datos para el mismo y no podría informar estos datos a las autoridades. Este módulo está basado en el chipset SIM900 de la empresa SIMCOM, el cual integra diversas funciones relacionadas con la tecnología GPRS/GSM. Trabaja dentro de las bandas WCDMA /GSM /GPRS /EDGE. Su consumo es bajo ya que ronda entre los 3.3V y 4.2V (550mA), además de un modo de reposo en el cual su consumo es de solo 1.5 mA.

La interfaz de conexión de este módulo es sencilla, cuenta con 4 pines en total, 2 para comunicación serial, y 2 de corriente, además de una conexión de rosca para una antena, y un slot para una tarjeta SIM la cual se requiere para el funcionamiento de la comunicación con la red GSM. El pin RX y TX provenientes del módulo se conectan a los pines D2 y D3 de Arduino para su comunicación, y se alimentara con 3.3v.

Cuando el sistema se encuentra en Modo Espera, el módulo GSM [9], entra en modo reposo, y cada 2 minutos se verifica que aun exista cobertura de señal y en caso de no encontrar cobertura, se buscara otra señal disponible de algún otro proveedor de red en el cual se pueda realizar una conexión temporal. El sistema estará constantemente verificando en este modo si se recibe algún SMS que dispare el Modo Búsqueda, la búsqueda será continua y debido a que el modulo solo está en espera de una acción, su consumo de energía es muy bajo. Al momento que el usuario activa el Modo Emergencia, el sistema captura en el momento la localización satelital, temperatura y posición del usuario. Se genera el mensaje SMS dentro de un arreglo de tipo Char de un tamaño de 120 caracteres con los siguientes datos en el mismo orden.

**Alerta1, 37.0625, -95.677068, 28C, A, 13:45, 10/03/14**

Figura 1. Arquitectura del sistema.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Descripción de variables dentro del mensaje

Variable	Descripción
Alerta[Num]	Mensaje de alerta del usuario y el número de alerta, en este caso es la primera alerta.
[latitud, longitud]	Posición satelital dada por el modulo GPS, en caso de no ser posible la lectura se enviara NLD (No Lectura Disponible).
[temp]	temperatura corporal del usuario dada en grados centígrados.
[positCuerpo]	Postura de la persona representada en un carácter representando la posición.
[Hora],[Fecha]	La hora y fecha en la que se generó el mensaje

El sistema ya tiene almacenado 2 números de personas cercanas, el sistema llamara al primer número por 2 segundos y colgara, siguiendo del segundo número. Esto para llamar la atención de los usuarios. Como paso siguiente se enviara el mensaje generado a los 2 números almacenados dentro del sistema.

Al enviarse los mensajes, se iniciara el módulo de ritmo cardiaco y comenzara a tomar lectura. Al pasar 3 minutos después del primer envío de mensajes se generara un segundo mensaje incluyendo los resultados de la lectura del sensor de ritmo cardiaco, quedando así de la siguiente forma: **Alerta1, 37.0627, -95.677071, 30C, b, 13:48, 10/03/14,112.**

[pulso]: ritmo cardiaco dado en formato BPM (Beats Per Minute)

Se enviara el mensaje ya generado a los 2 números almacenados y cada 3 minutos se generara un nuevo mensaje con datos recientes y se enviara a los mismos 2 números, el sistema seguirá funcionando por un periodo de hasta 40 minutos.

El Modo Búsqueda funciona como medio de información en el cual se puede obtener los datos del usuario en tiempo real, esto como una forma de localizar a la persona y saber si se encuentra bien. Por motivos de seguridad, este modo cuenta con algunas medidas estrictas las cuales constan de lo siguiente:

- Solo se enviarán datos de la persona si el usuario que llama está dentro de los números almacenados dentro del sistema.

- No se enviaran datos de localización, a menos que el usuario se encuentre en Modo Emergencia.
- El modo se activará llamando al número del dispositivo por medio del numero registrado dentro del sistema, el dispositivo cortara la llamada a los 4 segundos y generara el mensaje.

Cuando el sistema recibe una notificación para activar el modo búsqueda se genera un mensaje con los siguientes datos:

**Búsqueda, No Emergencia, 27C, S, 13:45, 10/03/14,75**

Al generar el mensaje, se envía a los 2 números almacenados dentro del sistema. Si el usuario se encuentra en Modo Emergencia, cortara el tiempo de espera de los mensajes y se enviara en ese instante a los 2 números, los siguientes mensajes seguirán enviándose en el lapso ya mencionado.

6. MÓDULO GPS

Este módulo [1] es el encargado de obtener la posición satelital exacta del usuario. Está basado en el chipset SiRF star IV el cual soporta hasta 48 canales de señal satelital GPS, y un consumo de energía muy bajo de 3.3V y 37mA. Este módulo solo tomara los datos de localización en el momento que se genera un mensaje con información del usuario, esto para un ahorro mayor de energía. Mientras este módulo no toma datos de localización, busca satélites de los cuales realizar una conexión y así estar listo para una toma de datos rápido. Este módulo cuenta con un tiempo máximo de obtención de localización de hasta 38 segundos.

7. MÓDULO ACELERÓMETRO/GIROSCOPIO

Este módulo es el encargado de informar la posición actual del cuerpo de la persona portadora de este dispositivo. Se basa en el ángulo y la posición en un plano XYZ para deducir si la persona está sentada, de pie, boca arriba, boca abajo o acostada de lado. Para esto se cuenta con un método llamado `getBodyPosition()`, en el cual se cuentan con rangos predefinidos para deducir la posición de la persona. Este método recibe 3 parámetros de tipo double en los cuales representan la posición en el plano XYZ y regresa un valor de tipo Char con la respuesta de la posición. Estos rangos son válidos para personas de diversas estaturas y complejiones, ya que se tomara de referencia la cadera de la persona como punto medio para las mediciones.



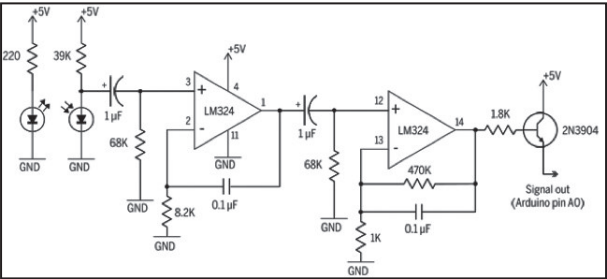
Tabla 4. Rango de valores para cada posición

Posición	X	Y	Z
Acostada (A)	-2.55 ~ 1.36	8.91 ~ 10.36	34.90 ~ 35.71
De Pie (P)	-16.64 ~ -15.24	20.18 ~ 22.82	18.06 ~ 19.80
Boca Abajo (b)	19.64 ~ 20.18	25.45 ~ 26.45	-7.86 ~ -5.00
Boca Arriba (B)	-27.36 ~ -11.73	13.09 ~ 24.18	-2.86 ~ 9.08
Sentada (S)	-2.00 ~ -1.18	12.09 ~ 13.82	108.11 ~ 118.95

8. MÓDULO DE RITMO CARDIACO Y TEMPERATURA

Este módulo fue fabricado por nosotros mismos, y es el encargado de leer el ritmo cardiaco de la persona en formato BPM (Beats Per Minute). Se basa en un OP-AMP LM324 [3] y 2 diodos LED infrarrojos, uno emisor y otro detector. El funcionamiento de este módulo es sencillo, Fig. 3; cuando la sangre es bombeada por las venas, el emisor genera más luz infrarroja que recibe el detector, y este genera una baja de voltaje en el circuito. La señal capturada es enviada al LM324 la cual se amplifica [3] y se limpia de distorsiones para después enviar a un transistor que rectificara la señal limpia a un pin análogo el cual envía valores enteros representando la señal amplificada en donde el valor de salida mínimo es 830, y en base a ese valor se puede deducir que valores mayores a este representan un pulso sanguíneo.

Figura 2. Diagrama de circuito del módulo de ritmo cardiaco.



Fuente: Elaboración propia.

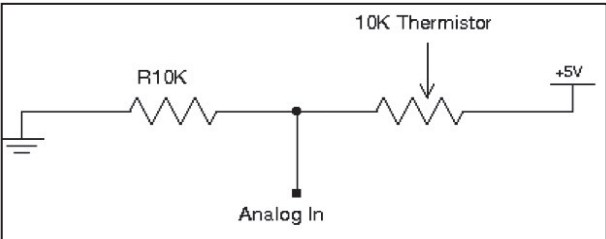
Con respecto al módulo de captura de temperatura, se utilizó un termistor de 10K junto con una resistencia de 10K, los cuales se conectan en serie y a su vez a un pin análogo en Arduino. El cálculo de la temperatura se da por medio de las siguientes formulas:

Temp = Log(10000.0 x ( (1024.0 / Lectura) )) (1)

TKelvin = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 x Temp x Temp )) x Temp ) (2)

TCelsius = TKelvin - 273.15 (3)

Figura 3. Diagrama de conexión del sensor de temperatura



Fuente: Elaboración propia.

9. SEGURIDAD DEL SISTEMA

El sistema contara con una seguridad estricta para evitar una incorrecta monitorización de la persona. Los privilegios de la monitorización solo serán dados a los 2 números encontrados dentro del código fuente, los cuales estarán previamente instalados dentro del microcontrolador, de esta forma será difícil que se alteren los números y el único medio para modificar estos números será compilando y transfiriendo de nuevo el código fuente al microcontrolador. El sistema dentro del estado de espera, no obtendrá datos de localización satelital, por lo que solo se podrán obtener datos de la condición actual de la persona como la presión arterial y temperatura, esto con el propósito de monitorizar el estado físico de la persona en el caso de ser necesario y evitar el rastreo innecesario.

10. PRUEBAS Y RESULTADOS

El periodo de pruebas fue realizado dentro de un rango de un mes, y estas pruebas fueron separadas de la siguiente forma, se realizaron pruebas a cada módulo por separado para verificar que cada uno realizara su proceso especifico de forma correcta, y como paso siguiente probamos todos los elementos en conjunto para verificar el funcionamiento general de la arquitectura de este sistema [10].

Dentro de las pruebas iniciales obtuvimos respuestas diversas con todos los modulo. Las pruebas de cada módulo individualmente fueron realizadas en un ambiente moderado no muy conglomerado, esto con el fin de observar con detalle el comportamiento del sensor. En las pruebas finales donde se utilizaron los módulos en conjunto se realizaron en 2 áreas distintas, en ambiente abierto y en un ambiente aislado, esto con la finalidad de obtener un rango de resultados donde abarca desde condiciones favorables para el sistema, hasta condiciones que puedan dificultar el funcionamiento del sistema.

Dentro de las pruebas al sistema en general, encontramos un retraso de aproximadamente 3 segundos dentro del periodo de salida del mensaje SMS dentro del dispositivo hacia la red, por lo que el periodo de mensajes aumento de 3 minutos a 3 minutos y 3 segundos.

11. TRABAJO FUTURO

Este proyecto requiere de varias actualizaciones, entre las próximas será la reducción de espacio del dispositivo y su colocación estratégica en el cuerpo de la persona, ya sea como brazalete, cinto, dentro de los zapatos, o incluso como faja. Por el momento el dispositivo consume energía por medio del puerto USB (5v), pero buscamos integrar una batería de 1500mA y un panel solar pequeño. También agregaremos algún otro medio para ingresar comandos de alerta, más comandos para diversos modos de operación y un vibrador

el cual notificara estados del sistema. Además de todo esto, vemos mucho potencial en este proyecto en cuanto la monitorización de la salud de una persona, por lo que también buscamos conectar este dispositivo con teléfonos Android o computadoras para obtener datos detallados de tu cuerpo obtenidos en el transcurso del día. Como último trabajo futuro, también queremos adaptar este dispositivo para desastres naturales, en donde la persona se encuentra extraviada dentro de escombros. Agregaremos un Modo Radio en el cual se enviaran señales de radio cercanas al cuerpo de la persona para su fácil localización.

12. CONCLUSIONES

En conclusión, este proyecto solo es el inicio de una serie de investigaciones las cuales darán como resultado, una forma de monitorizar a una persona sin gastar una fortuna y con seguridad, y además nos abre las puertas para un sinfín de funciones las cuales se pueden aprovechar para otras áreas como la monitorización de personas con enfermedades o para monitoreo de actividad física de un atleta.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Michael Mouly, The GSM System for Mobile Communications / Bay Foreign Language Books, Telecom Publishing, 1992

[2] James Farrell, GPS Made Simple, VIGIL Inc., 2013

[3] Walter G. Jung, IC Op-Amp Cookbook (3rd Edition), Prentice Hall, 1986

Tabla 5. Modos de funcionamiento

	Cantidad de pruebas	Cantidad de fallas	Latencia (Promedio)
Módulo GSM	12	2	6 Segundos
Modulo Temperatura	8	1	.5 Segundos
Módulo Acelerómetro	10	2	.2 Segundos
Modulo Ritmo Cardiaco	8	1	10 Segundos
Modulo GPS	12	3	9 Segundos

Tabla 6. Modos de funcionamiento

	Ambiente A	Aire Libre	Ambiente B	Edificio Aislado
Número de pruebas	Fallas Ambiente A	Latencia Ambiente A	Fallas Ambiente B	Latencia Ambiente B
14	1	7 Segundos	4	10 Segundos

- [4] Jin Wang, Zhongqi Zhang, Bin Li, Sungyoung Lee, R. Simon Sherratt, An Enhanced Fall Detection System for Elderly Person Monitoring using Consumer Home Networks, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 60:1, pp. 23-29, Feb 2014.
- [5] Kohei Arai et. al, Rescue System with Vital Sign, Location and Attitude Sensing Together with Traffic Condition, Readiness of Helper Monitoring in Particular for Disabled and Elderly Persons, 11th International Conference on Information Technology, pp. 155-160, Abril 2014.
- [6] IKV Pax Christi, Marianne Moor, Simone Remijnse, Kidnapping is a booming business, Technical Report, European Interagency Security Forum, 2008
- [7] Rohit Agarwal and Abhishek Agarwal, Heart Beat Monitor with GPS and GSM, Lap Lambert Academic Publishing, 2014
- [8] Emily Gertz, Environmental Monitoring with Arduino: Building Simple Devices to Collect Data About the World Around Us, Maker Media, 2014
- [9] Simon Monk. 2013. Programming Arduino Next Steps: Going Further with Sketches . ISBN-13: 978-0071830256
- [10] Tero Karvinen et al. 2014. Make: Sensors: A Hands-On Primer for Monitoring the Real World with Arduino and Raspberry. ISBN-13: 978-1449368104