

TELEMETRIA SOBRE RASPBERRY PI

Telemetry on Raspberry Pi

GUILLERMO ANDRÉS ESGUERRA BAUTISTA*, GUSTAVO ARMANDO GUANCHA TAQUEZ**,
JUAN SEBASTIÁN PARDO JIMÉNEZ***

Recibido: 05 de junio de 2015. Aceptado: 14 de junio de 2015

RESUMEN

La posibilidad de tener espacios productivos inteligentes capaces de controlar eventos y espacios que requieren un constante monitoreo de su comportamiento, se ha convertido en una necesidad en todos los niveles, desde la gran fábrica productora de automóviles, hasta la finca avícola, donde es necesario controlar factores naturales como temperatura, humedad, y todos aquellos factores naturales y externos que, podrían dañar una producción completa y meses de trabajo; por ello en este artículo basado en un montaje de dos sensores, cada uno está asociado con una Raspberry Pi b con Debian instalado en una red LAN que enviarán las notificaciones de los eventos a un servidor, simulando una granja de producción avícola, donde se tiene que mantener una temperatura y humedad controlada para no afectar la producción, el control de fluidos es para garantizar las condiciones de salubridad; centrándonos en la seguridad de esta red, pues toda empresa es inherente al llamado espionaje empresarial.

Palabras clave: Raspberry Pi, seguridad, LAN.

ABSTRACT

The possibility of smart productive spaces able to control events and spaces that require a constant monitoring of their behavior, has become a necessity at all levels, from the big factory producing cars, even the poultry farm, where it is needed the control natural factors such as temperature, humidity, and all those natural and external factors that could harm full production and months of work; hereby this article based on an assembly of two sensors, one each is associated with a Raspberry Pi b with Debian installed on a net LAN to send notifications of events from a server, simulating a farm production poultry, will have to maintain a controlled temperature and humidity without affecting the production, fluids is to guarantee the conditions of hygiene; focusing on the security of this net, because every business is so inherent to called corporate espionage.

Key words: Raspberry Pi, security, LAN.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las redes LAN (Local Area Network) ha sido abrumador desde que toda persona ha podido acceder a un equipo de cómputo, dicho crecimiento ha sido mayor, con la facilidad de tener dispositivos capaces de comunicarse unos con otros con el simple hecho de poseer una tarjeta de red; ello combinado con la evolución tecnológica constante en el mundo, con la aparición de sensores ca-

paces de convertir fenómenos naturales en señales eléctricas, para ser moldeadas y analizadas.

Estas llamadas «Sensor Network» o redes de sensores se han hecho indispensables en ambientes de producción, debido a la precisión y efectividad en el control de procesos productivos, el uso de estas redes se ha hecho necesario en ambientes rurales de producción alimenticia, para esto se requiere la implementación de nuevas tecnologías

* Estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. Correo electrónico: gaesguerrab@unal.edu.co

** Estudiante de Ingeniería Mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

***Estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

que permiten que los cultivos y los procesos de recolección potencialicen sus cualidades con el fin de obtener una manufactura mayor de alimentos, reduciendo costos de fabricación y aumentando los beneficios para la industria.

La producción de cultivos en granjas, invernaderos y galpones han sido técnicas que se utilizan actualmente en la producción agrícola y avícola, por lo que ha existido desde hace algunos años la necesidad de automatizar varios elementos dentro de estos espacios tales como cantidad de agua y periodos de riego, el control de las variables como la temperatura, humedad, cantidad de luz; esto crea la necesidad de crear sistemas capaces de medir diferentes variables dentro de estos ambientes y también hacerlo a un bajo costo en comparación a los costes de los sistemas ya existentes.

Esta simulación fue desarrollada para diseñar un sistema de monitoreo de variables ambientales (para su uso en granjas de producción avícola). Ya existen equipos con similares propiedades en el mercado, sin embargo este es un ambiente de laboratorio no para reducir costos, si no para la evaluación de la seguridad de entornos LAN en espacios de producción, debido a que una mala toma de datos, o la intervención y manipulación mal intencionada de los datos obtenidos por este sistema provocaría grandes pérdidas de producción en este tipo de granjas avícolas.

Para esta simulación se decidió el uso de Raspberry Pi, por la facilidad de uso en redes, por su configuración, debido a que su capacidad de procesamiento, permite la instalación de sistemas operativos completos y de poca complejidad como Debian, que permiten el uso de lenguajes de programación como Python, el cual será usado desde la adquisición de datos, el procesamiento de la señal y finalmente la visualización y el monitoreo en la interfaz de usuario.

II. SENSOR NETWORK

Una red de sensores (sensor network) es una red de ordenadores pequeñísimos, equipados con sensores, que colaboran en una tarea común. Las redes de sensores están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y

de comunicación los cuales permiten formar redes sin infraestructura física preestablecida ni administración central. [1]

Las redes de sensores es un concepto relativamente nuevo en adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental. Esta clase de redes se caracterizan por su facilidad de despliegue y por ser auto-configurables, pudiendo convertirse en todo momento en emisor, receptor, ofrecer servicios de encaminamiento entre nodos sin visión directa, así como registrar datos referentes a los sensores locales de cada nodo. Otra de sus características es su gestión eficiente de la energía, que con ello conseguimos una alta tasa de autonomía que las hacen plenamente operativas. [2]

La miniaturización de ordenadores creciente generó la idea de desarrollar computadores extremadamente pequeños y de bajo costo que se comunican de forma inalámbrica y se organizan autónomamente.[2] La noción es repartir aleatoriamente estos nodos en un territorio grande, el cual los nodos observan hasta que sus recursos energéticos se agoten. Los atributos «pequeño», «de bajo costo» y «autónomo» dieron a conocer la idea de polvo inteligente (Smart dust). [3]

En la actualidad, las redes de sensores son tema de investigación en varias universidades; en su mayor parte las contribuciones son teorías. Sin embargo, existen prototipos de nodos y aplicaciones especiales para demostraciones e investigaciones, pero hasta ahora no hay una instalación con empleo práctico.

III. RASPBERRY PI

Es un ordenador de placa reducida o (placa única) (SBC) de bajo coste desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas. [4]

El diseño consiste en un System-on-a-chip Broadcom BCM2835, que contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz (el firmware incluye unos modos «Turbo» para que el usuario pueda hacerle overclock de hasta 1 GHz

sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MB de memoria RAM (aunque originalmente al ser lanzado eran 256 MB). El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente; tampoco incluye fuente de alimentación ni carcasa. [5]

La fundación da soporte para las descargas de las distribuciones para arquitectura ARM, Raspbian (derivada de Debian), RISC OS 5, Arch Linux ARM (derivado de Arch Linux) y Pidora (derivado de Fedora); y promueve principalmente el aprendizaje del lenguaje de programación Python.5 Otros lenguajes también soportados son Tiny BASIC,12 C, Perl y Ruby. [4]

Basados en la Tabla 1, por las necesidades que se tienen para la implementación de la simulación que se plantea para este documento se escoge el modelo B.

IV. LECTURA DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

Sensor DHT11

El DHT11 es un sensor que proporciona una salida de datos digital. Entre sus ventajas se puede mencionar el bajo costo y el despliegue de datos digitales. Esto supone una gran ventaja frente

a los sensores del tipo análogo, como el LM335 por ejemplo, en los cuales las fluctuaciones en el voltaje alteran la lectura de datos, sin embargo el DHT11 solo lee enteros, no se puede leer temperaturas con decimales por lo que se debe tener en cuenta muy bien a la hora de utilizar este sensor para trabajos en los que se requieran lecturas precisas de temperatura y/o humedad. [6]

La tensión de alimentación del sensor es de 3-5V, y se puede conectar a los pines +5V o +3.3V y GND de la Raspberry Pi (elemento utilizado en éste proyecto) o alimentarlo desde una batería externa. Su rango de funcionamiento es de 0 a 50°C para la temperatura y de 20% a 90% de humedad relativa. El pin de comunicaciones para realizar lecturas se puede conectar a cualquier pin GPIO y tiene la capacidad de transmitir la señal hasta 20 metros de distancia. La tasa de refresco en las lecturas es de 2 segundos. [6]

A. Esquema de cableado:

El sensor en mención se caracteriza por tener la señal digital bien calibrada, es decir, asegura una gran fiabilidad en las lecturas. Es un sensor con un microcontrolador de 8 bits y 2 sensores resistivos encapsulados en una pequeña caja de plástico azul y construido con materiales de excelente calidad para una respuesta rápida y precisa.

Tabla 1. Especificaciones Técnicas.

	Modelo A	Modelo B	Modelo B+
SoC. ⁵	Broadcom BCM 2835 (CPU + GPU + DSP + SORAM + Puerto USB) ³		
CPU:	ARM1176JZF-S a 700 MHz (familia AMR11) ³		
Juego de instrucciones	RISC de 32 bits		
GPU:	Broadcom VideoCoreIV, ⁶⁰ OpenGL ES2.0, MPEG-2 y VC-1 (con licencia), ⁵⁸ 1080p30 H.264/MPEG-4		
Memoria (SDRAM):	256 MiB (compartidos con la GPU)	512 MiB (compartidos con la GPU) ⁴ desde el 15 de octubre de 2012	
Puertos USB 2.0: ⁵⁴	1	2 (via hub USB integrado) ⁵³	4
Entradas de video: ⁶¹	Conector MIPI CSI que permite instalar un módulo de cámara desarrollado por la RPF		
Salidas de video: ⁵	Conector RSA (PAL y NTSC), HDMI (rev. 1.3 y 1.4) ⁶² Interfaz DSI para panel LCD ^{63,64}		
Salidas de audio: ⁵	Conector de 3.5 mm HDMI		
Almacenamiento integrado:	SD/MMC ranura para SDIO		MicroSD
Conectividad de red: ⁵	Ninguna	10/100 Ethernet (RJ-45) vía HUB USB ⁶³	
Periféricos de bajo nivel:	8 x GPIO, SPI, FC, UART ⁶⁰		
Reloj en tiempo real: ⁵	Ninguno		
Consumo energético:	500 mA, (2.5W) ⁵	700 mA, (3.5W)	600mA (3.0 W)
Fuente de alimentación: ⁵	5 V vía Micro USB o GPIO header		
Dimensiones:	85.60mm x 53.98mm ⁶⁶ (3.370 x 2.125 inch)		
Sistemas operativos soportados:	GNU/Linux Debian (Raspbian), Fedora (Pidora), Arch Linux (Arch Linux ARM), Slackware Linux . RISC		

El pin que está situado más a la izquierda es el pin VCC (3.3V o 5V). El segundo pin es el que se usa para las lecturas, en el esquema está conectado al pin GPIO n°4 de la Raspberry Pi. El tercer pin es el GND y está conectado a pin14. Por último se debe conectar una resistencia de 4.7 KOhm a 10 KOhm del pin VCC al segundo pin (se uso para realizar lecturas), esto actuará como «Pull-up», sin embargo existen varios modelos del sensor DHT11 en el mercado, algunos vienen soldados a una placa y otros vienen sueltos para usarse directamente conectados a una breadboard (placa de pruebas).

El protocolo de comunicación se realiza a través de un único hilo (Single-Bus) para que la integración en del proyecto sea fácil y rápida pudiéndose conectar directamente a los pines GPIO de vuestra Raspberry Pi.

V. LECTURA DE INTENSIDAD DE LUZ

A diferencia de otros dispositivos de la Raspberry Pi no tiene entradas analógicas como se había dicho antes. Todos los 17 de sus pines GPIO son digitales. Se puede dar salida a niveles altos y bajos o altos y bajos niveles de lectura. Esto es bueno para sensores que proporcionan una entrada digital, pero no tan beneficioso si se desea utilizar el sensor que no lo hace.

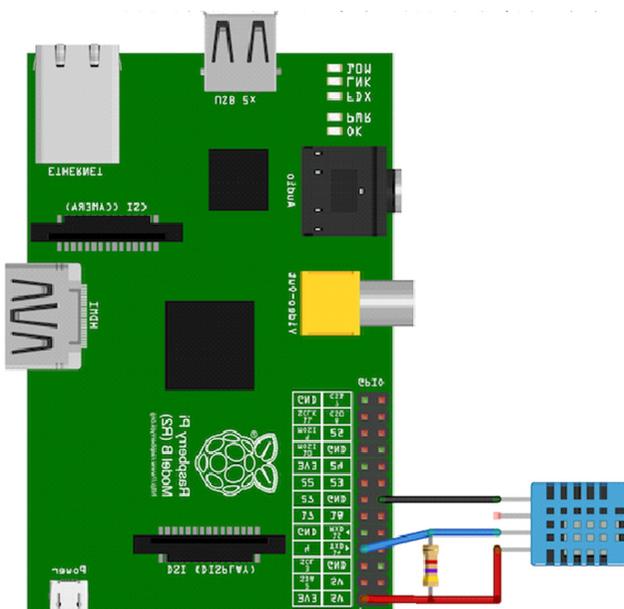


Figura 1. Sensor temperatura-humedad con raspberry.

Para los sensores que actúan como una resistencia variable como LDRs (Resistencias dependientes de la luz) o termistores (sensores de temperatura) existe una solución que permite medir una serie de niveles usando un solo pin GPIO. Se utiliza un circuito «RC» básico de carga. En este circuito se coloca una resistencia en serie con el condensador.

Cuando se aplica un voltaje a través de estos componentes el voltaje a través del condensador se eleva. El tiempo que toma para la tensión para alcanzar 63% de la máxima es igual a la resistencia multiplicada por la capacitancia. Cuando se utiliza un resistor dependiente de luz como en esta ocasión, el tiempo proporcional al nivel de luz. Este tiempo se denomina la constante de tiempo: $t = RC$.

Donde t es el tiempo, R es la resistencia (ohmios) y C es la capacitancia (faradios).

Entonces el trabajo consiste en medir el tiempo que tarda un punto del circuito para llegar al voltaje pico que es lo suficientemente grande para registrarse como «Alto» en el pin GPIO. Esta tensión es aproximadamente 2 voltios, que es lo suficientemente cerca de 63% de 3.3V.

Así que el tiempo que necesita el circuito para cambiar la entrada GPIO de menor a mayor es igual a t' .

10Kohm con una resistencia y un condensador 1uF t es igual a 10 milisegundos. En la oscuridad del LDR puede tener una resistencia de 1 Mohm que daría un tiempo de 1 segundo.

El circuito se muestra a continuación:

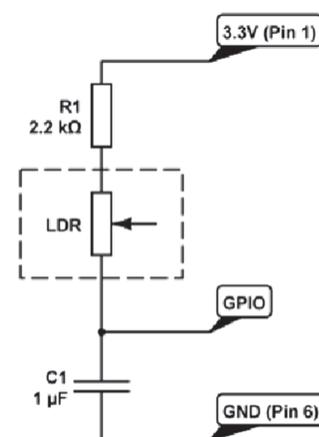


Figura 2. Circuito para uso de sensor de intensidad lumínica.

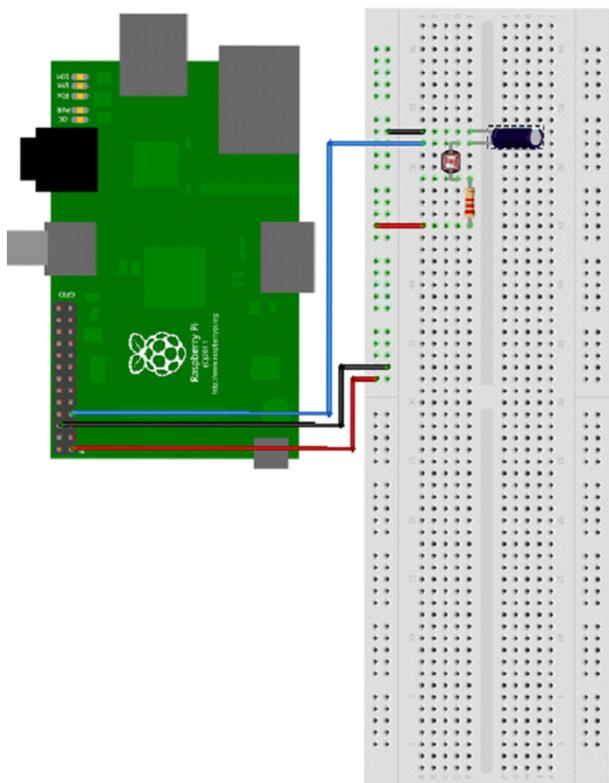


Figura 3. Sensor intensidad lumínica con raspberry.

VI. SECUENCIA DE EVENTOS PARA LA PROGRAMACIÓN

En primer lugar se ajusta el pin GPIO como salida y elige como bajo. Esto desocupa cualquier carga en el condensador y asegura que los extremos del condensador están a 0V.

A continuación se ajusta el pin GPIO a una entrada, esto inicia el flujo de corriente a través de las resistencias y a través del condensador a tierra. La tensión en el condensador comienza a subir. El tiempo que tarda es proporcional a la resistencia de la LDR.

Luego se debe supervisar el pin GPIO y leer su valor. Incrementar el contador mientras lo hace. En algún momento el condensador de tensión se incrementará lo suficiente como para ser considerado como alto por el pin GPIO (aproximado 2V).

El tiempo que es proporcional al nivel de luz que se ve por la LDR. Finalmente, repetir el procedimiento anterior en un ciclo como se consideró conveniente.

VII. TELEMETRÍA

Telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de que las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque original de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Los usos más importantes de telemetría son incluir el clima de recopilación de datos, supervisión de plantas de generación de energía y hacer el seguimiento de vuelos espaciales tripulados y no tripulados. [7]

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro. [7]

Lo que en conclusión sería una red de sensores (Sensors Network), que haciendo uso de la diversidad de sensores existentes en el mercado permite la medición de diversos factores naturales y artificiales con fines específicos, mediante la interconexión de ellos.

VIII. OTRAS APLICACIONES Y RESULTADOS

En la Telemetría, los subsistemas de control y seguimiento se han aplicado normalmente para adquirir datos de un espacio remoto, y la información es utilizada para controlar el destino remoto con precisión.

De acuerdo con el propósito de aplicaciones de telemedida y de telemetría, la composición del subsistema de telemetría varía lo que además, hace que la arquitectura de trama de datos de telemetría y esquemas de procesamiento sean diferentes de acuerdo con las características de las fuentes de la señal remota; señales que dependen del propósito de cómo se quiere implementar y hacia que va enfocada la toma de medidas.

A. Misil Tierra- Aire:

Para la evaluación del procesamiento de datos diversas implementaciones se han hecho, como por ejemplo telemetría aplicada para procesar los datos de prueba de vuelo de misiles guiados tierra-aire, adquirir información y el análisis de datos de un destino remoto de movimiento rápido. [8]

El formato de la trama de palabras de datos de telemetría y esquemas de procesamiento de datos se han investigado, y el programa de procesamiento de datos de telemetría para el misil guiado ha sido implementado. El programa de procesamiento de datos de telemetría desarrollado se ha aplicado una variedad de sistemas de defensa de disparo a prueba, incluyendo la prueba de vuelo del misil al aire como se muestra en la Fig. 4.

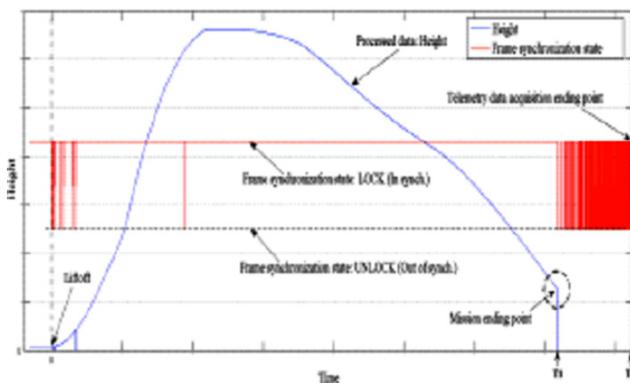


Figura 4. Procesado de datos prueba de vuelo del misil.

El programa desarrollado muestra la interfaz de usuario fácil y la flexibilidad en el procesamiento y análisis de datos de telemetría. Los resultados del programa desarrollado se han utilizado no sólo para analizar la información obtenida de los misiles guiados, sino también para investigar el canal de comunicación y entorno de prueba a través del análisis de la supervisión del estado del marco y la información del sistema. [8]

B. Telemedicina:

Se ha desarrollado sistemas que permite a un paciente ser tratado como en casa durante su vida diaria a través de la telemetría y línea telefónica. En este estudio, el sistema de diagnóstico a distancia basado en la videoconferencia y la telemetría sistemas inalámbricos se integraron para formar un sistema

de supervisión remota de atención domiciliaria, y el sistema en general se sometió a la validación. [9]

Señales de ECG de prueba se transmiten de forma inalámbrica sin obstaculizar el movimiento de un paciente en un piso de un edificio. Las señales se transmiten al host remoto a través de RDSI, con una imagen en movimiento y voz de los pacientes. Para controlar el sistema y gestionar archivos de forma remota. Se genera la medición de ECG a petición de ambos, del paciente y el médico que están en lugares diferentes, y que es inevitable el uso de la telemetría para la atención al paciente, es posible a través de EDG.

El análisis en tiempo real de una advertencia bio-señal, se logra el procesamiento de los datos del ECG en tiempo real, utilizando el algoritmo de detección de R-pico, que es lo fundamental para el análisis del ECG. Si la condición emergencia ocurre, la unidad de paciente informa primero al paciente, y la estación de cuidados en el hogar llama a un médico de forma automática dependiendo del análisis del sistema de telemetría. [9]

C. Ambientes de aguas poco profundas:

El logro de un rendimiento robusto y fiable del desempeño acústico y telemetría en aguas poco profundas se complica por la naturaleza altamente dispersiva del medio. Esta dispersión se manifiesta como tiempo y frecuencia extendido en virtud del fenómeno multitrayectoria acústico, el cual presenta a una escala macroscópica (geometría influido) y microscópica (dispersión hacia adelante). [10]

La dinámica de la plataforma en conjunción con la variabilidad intrínseca de propagación en el océano y mecanismos de dispersión frontal conducen a variaciones tanto en el comportamiento macroscópico y microscópico de trayectos múltiples. Es a la vez la extensión y la variabilidad de los trayectos múltiples en aguas poco profundas hace que la medición acústica fiable y telemetría sea tan difícil en estos ambientes. [10]

El diseño de la señal tiene un papel clave que desempeñar, tanto en términos de forma de onda, de tiempo, de ancho de banda y propiedades de correlación intrínseca en este tipo de entornos. Sin embargo, en la práctica los canales de aguas poco profundas, múltiples y Doppler conspira para socavar propieda-

des de correlación favorables, por lo que el diseño buena señal debe ir de la mano con otras técnicas y métodos para hacer frente a los efectos de correlato de Doppler y multi-usuario, interferencias tanto en aplicaciones de navegación y telemetría.

Los resultados se presentan resumiendo el rendimiento del sistema cuando se opera en un poco profunda agua canal (20 m) bajo, ruidoso, multi aspecto, condiciones dinámicas (+/- 5 kilómetros) con relación de profundidad rango que varía de aproximadamente 1: 1 a 50: 1 a las limitaciones geográficas de la zona de prueba (1,5 Km). Los resultados demostraron la detección de alto (95%) y asociado telemetría tasa de decodificación de comandos éxito (94%) evaluados durante el período de prueba de dos días. Esto incluyó transmisiones recibidas en mal aspecto y transmisiones recibidas a baja señal (plataforma) de ruido. La tasa de detección de alta junto con mejoras asociadas en la fidelidad de estimación de parámetros, sobre todo rango, Doppler y la estimación de apoyo, demuestra una solución particularmente robusta para poco profundas aguas de navegación y aplicaciones de fijación de la posición. [10]

Se concluye que con un diseño apropiado de la señal y el procesamiento de señales de apoyo, alta fiabilidad multi-usuario, determinación de la situación, la navegación y telemetría es alcanzable para plataformas dinámicas en aguas poco profundas en intervalos extendidos. La sobrecarga de procesamiento de la señal, aunque no trivial, está bien dentro de la capacidad. [10]

IX. ARQUITECTURA DE RED

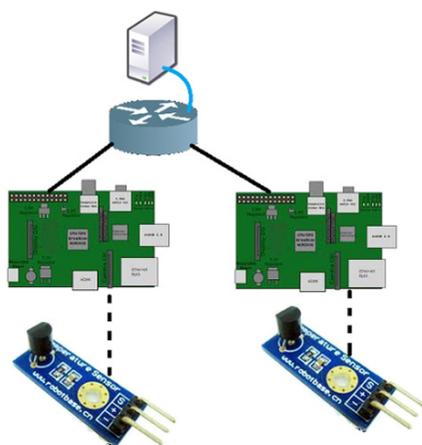


Figura 5. Diseño de Arquitectura.

X. SOFTWARE Y BASE DE DATOS

Cada Raspberry está tomando los datos desde Python con un wrapper de C++ recibiendo las señales desde los GPIO y los sensores, luego estos valores son almacenados en las tablas dentro de la base de datos y posteriormente pueden ser visualizadas desde el servidor.

Para la implementación de la base de utilizó MySQL para administrar las tablas con la información adquirida en los sensores. Cada uno de ellos tiene alojada una tabla a nivel local y otra en un servidor que básicamente están para recibir la información y garantizar que no haya pérdida de datos.

El servidor Web funciona sobre Apache y PHP que trae los servicios para la lectura de las tablas y con Python se visualizan los cuadros para la interfaz del usuario.

XI. RESULTADOS

Todos los valores son vistos desde la terminal y se escriben por default en la tabla local, en el servidor hay un script en bash que llama las bases de datos locales y se actualizan en el servidor.

La conexión del servidor se hace por una VPN para proteger la información y por SSH se puede configurar las Raspberries para arrancar los servicios .

Temperature and Humidity

Sensor locations:

- White - A Room
- Green - Another Room
- Blue - A Place To Monitor
- Purple - Another Place
- Orange - Somewhere Else

Graphs are updated every minute.

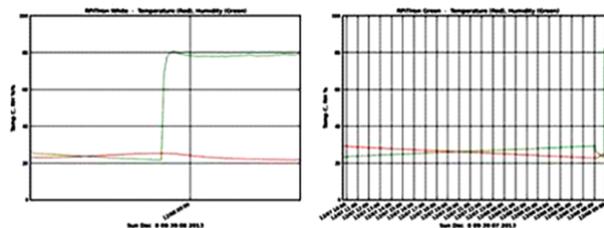


Figura 6. Vista previa de la visualización de los datos.

XII. COMPARACIÓN CON ARTÍCULOS MENCIONADOS

La telemetría es un tema extenso de innumerables aplicaciones por tanto, es difícil llegar a encontrar dos implementaciones idénticas que permitan hacer una comparación certera acerca de que dispositivos y diseños de red sean más óptimos, por que como se pudo evidenciar con las pocas implementaciones mencionadas en este artículo, los requerimientos dependen del objetivo con el cual se piensa un sistema de medición telemétrico; por ello esta comparación se basa en el análisis de un tema en común encontrado, es el tema de velocidad del envío de datos, y la confiabilidad de los datos que son enviados, lo que quiere decir que pérdidas de datos y la congestión en la red, son cosas que no se pueden permitir en redes de tipo telemétrico, y menos en eventos tan importantes y trascendentes como las aplicaciones en la telemedicina y en misiles tierra-aire Teleguiados.

En comparación a nuestra implementación realmente vimos de manera representativa involucrados estos temas, debido a que los datos obtenidos, tardaban en ser tomados, aun se presentaban errores en la toma de datos, lo que ralentizaba más la obtención de datos, sin embargo para la implementación, en donde fue pensado para aplicarlo en ambientes y circunstancias no tan críticas e importantes como la atención oportuna a pacientes o el uso efectivo de misiles tierra-aire teledirigidos, por ello no hace tan exigente el trato y envío de estos datos; se llega a una primera conclusión de estos errores, y es que son producidos, en una mayor parte por el hardware usado, puesto que las raspberries usadas fueron versiones un poco antiguas, y los sensores no eran de alta calidad, sin embargo en el desarrollo, el planteo de la red, y su implementación ante las expectativas que se

tenían fue satisfactoria, sin embargo, faltaría probar esta implementación en ambientes reales y no de laboratorio donde realmente se podrán conocer las posibles fallas que podrían presentarse.

REFERENCIAS

- [1] Y. Xiao, *Sensor Networks*, vol. 19. University of Alabama, USA.
- [2] M.M. Zanjireh, H. Larijani, W.O. Popoola. «Activity-aware clustering algorithm for wireless sensor networks», *Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), 2014 9th International Symposium on*, pp. 122-127, 2014.
- [3] M. Mohammadi Zanjireh, H. Larijani, W. Popoola, and A. Shahrabi, «Analytical Modelling of ANCH Clustering Algorithm for WSNs», *ICN 2014, The Thirteenth International Conference on Networks*, pp. 68-73, 23-Feb-2014.
- [4] Raspberry Pi Foundation, «What is a Raspberry Pi?», *Raspberry Pi*.
- [5] R. Lawler, «Raspberry Pi credit-card sized Linux PCs are on sale now, \$25 Model A gets a RAM bump», *Engadget*, 29-Feb-2012.
- [6] D-Robotics UK, «DHT11 Humidity & Temperature Sensor». 30-Jul-2010.
- [7] Grupo IRC - Innova Technologies, «¿Que es la Telemetría?», *RC.net*, 2003.
- [8] I. Jong and S. Lee, «Development of Telemetry Data Processing Program.» Rep. of Korea.
- [9] Y. Nam, Z. Halm, Y. Chee, and K. Park, «Development of remote diagnosis system integrating digital telemetry for medicine», *Engineering in Medicine and Biology Society, 1998. Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE*, vol. 3, pp. 1170-1173, 29-Oct-1998.
- [10] J. Sonardyne and C. Pearce. «Multiuser navigation and telemetry performance issues in shallow water environments», *Oceans 2009 - Europe*, vol. 1, pp. 1-10, 05-Nov-2009.