

## TELEMETRY SYSTEM AND REFRESHMENT OF MEASUREMENT STATION USING FULL DUPLEX CONNECTION THROUGH TWO WIRELESS TECHNOLOGIES

## SISTEMA DE TELEMETRÍA Y RECONFIGURACIÓN DE ESTACIÓN DE MEDIDA USANDO CONEXIÓN FULL DUPLEX A TRAVÉS DE DOS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

MSc. Gonzalo Alberto Álvarez García, MSc. Andrés Felipe Serna Ruiz  
MSc. Edward Johan Marín García

### Universidad del Quindío

Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia, Quindío, Colombia

Tel.: +57 (6) 7359300

E-mail: {gaalvarez, afserna, jomarin}@uniquindio.edu.co.

**Resumen:** Los sistemas de instrumentación deben responder a necesidades reales del entorno y deben presentar una información confiable de las medidas realizadas, es por esto que los sistemas requieren de elementos que puedan ser reconfigurados a las necesidades de cada entorno, permitiendo mejorar la precisión del sistema. Este trabajo muestra una adaptación de tecnologías de diferente naturaleza para la realización de una conexión full dúplex con una estación de medida de condiciones climatológicas adaptadas al contexto.

**Palabras Claves:** Telemetría, instrumentación, estación de medida, estación meteorológica

**Abstract:** Este trabajo se presenta la implementación de la arquitectura de un algoritmo de análisis de componentes independientes (ICA) en un dispositivo de arreglo de compuertas programable en campo (FPGA) utilizando el lenguaje de descripción de hardware (HDL) Verilog, que atenúa el ruido en las llamadas telefónicas. El algoritmo utilizado es el de maximización de la información llamado INFOMAX, el cual fue desarrollado por Te-Won Lee [1] y mediante el cambio en las condiciones de operación evita la saturación de los pesos sinápticos. Los resultados arrojaron una atenuación del ruido de aproximadamente 30 dB.

**Keyword:** Telemetry, instrumentation, measuring station, weather station.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de instrumentación electrónica permiten el análisis de todos los fenómenos físicos que puedan ser medibles y cuantificables utilizando elementos como sensores o trasductores (Granda Miguel, 2015), estos elementos combinados con sistemas programables y elementos de transmisión inalámbrica permite utilizar los sistemas

desarrollados en zonas de difícil acceso o en condiciones especiales, para la vigilancia de variables microclimáticas en espacios donde la intervención del hombre debe ser mínima para no afectar el entorno natural o que pueda afectar el ecosistema, o en plantaciones y cultivos para determinar parámetros de calidad frente a las condiciones como temperatura, humedad, rayos ultra violeta, entre otros (Osei Dadzie, 2008).

Para el desarrollo de la instrumentación electrónica, en la actualidad se hace necesario integrar los sistemas programables, ya que estos se convierten en una herramienta fundamental en la construcción de cualquier desarrollo electrónico, los microcontroladores han tenido un uso que ha potencializado muchos de los elementos de uso diario, permitiendo una herramienta versátil para enfrentar diversos proyectos y abriendo un horizonte de alternativas (Marin Garcia, 2012), además los sistemas programables han tenido una evolución en su uso que ha permitido desarrollar plataformas multipropósito como arduino, que está basada en los procesadores ATMEGA, en el caso particular del arduino se ha convertido en una herramienta poderosa con aplicaciones en todos los campos desde los espacios académicos hasta la industria, con una filosofía de arquitectura abierta y con un numeroso grupo de colaboradores que alrededor de esta plataforma han desarrollado un sistema de desarrollo de constante evolución con múltiples colaboradores que dan soporte a los desarrollos que se hacen con esta (Reyes Cortes, 2015), en todas las tecnologías donde se ha integrado el microcontrolador, se ha logrado hacer ajustes de los modelos por su alta capacidad de integración y su constante evolución, por eso es considerado uno de los inventos más sobresalientes del siglo XX (Navarro Perez, 2013), y es utilizado en soluciones tecnológicas para aprovechamiento del ser humano como en el entretenimiento, salud, seguridad, confort, movilidad, control y comunicación.

Las comunicaciones utilizando sistemas digitales han tenido un gran avance, la integración de los microcontroladores a los sistemas de comunicaciones han permitido el desarrollo de sistemas inalámbricos como el estándar IEEE 802.11, utilizado en tecnologías que van desde el bluetooth, el wifi y el zigbee, este tipo de tecnologías que trabajan a altas frecuencias tienen un comportamiento especial de todos los elementos que la componen, y tienen diferentes métodos como la modulación ASK, FSK y PSK, los sistemas basados en componentes activos, pasivos y programables que cada vez tienen una mayor integración y menor tamaño permiten unos canales de comunicación mayores utilizando métodos de sincronización y transmisión en línea (Dieuleveult, 2000), estos sistemas han conseguido aumentar la eficiencia en el uso del espectro electromagnético y de abaratar costos en la implementación de estos sistemas además de no requerir permisos para el uso del espectro, por utilizar bandas libres.

Al integrarse las tres tecnologías mencionadas la instrumentación, los sistemas programables y los sistemas de comunicaciones es posible desarrollar sistemas de medición confiables y robustos que se adapten a las necesidades del entorno; el sistema que se desarrolla se basa en la medición de variables como temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento, las cuales serán transmitidas de manera inalámbrica desde los puntos de medición a una estación central; dicha información será almacenada de tal manera que los datos obtenidos sirvan como insumo para conocer el comportamiento climático de la región estudiada, en cualquier instante de tiempo.

Cada variable requiere del acondicionamiento y digitalización de la señal, para esto se diseñará e implementará las tarjetas electrónicas involucradas en un sistema de instrumentación como lo son: amplificadores de instrumentación, filtros, sistemas microcontrolados y etapa de comunicación inalámbricas, la integración de todos los sistemas se concentran en un nodo que recoge la información y la transfiere al sistema de procesamiento, los sensores estarán configurados en redes de sensores inalámbricos (WSN), el campo de aplicación de las redes de sensores inalámbricos se ha extendido considerablemente hacia la monitorización de entornos naturales, aplicaciones para la defensa y aplicaciones médicas en observación de pacientes, entre otras; además de la inclusión de trabajos relacionados entre los que se tiene la monitorización de rebaños de bovinos. Gracias a la importancia que han venido tomando las redes inalámbricas y todo lo que con ellas se relaciona, nace el interés de analizar una temática importante dentro de dicho aspecto como lo son las redes de sensores inalámbricos (WSN) y cuya finalidad es entender el mecanismo de monitorización y control de los fenómenos que ocurren en el mundo físico. El trabajo (Archila Córdoba, 2013) muestra una visión profunda y el estado del arte del campo de aplicación de las Redes de Sensores Inalámbricos, para lo cual se maneja la siguiente estructura: en la primera sección se hace una pequeña conceptualización sobre las temáticas más relevantes de WSN, en la segunda sección se plantea una recopilación de los antecedentes y trabajos relacionados y en la tercera sección se desarrolla una disertación y se plantean conclusiones acerca de las secciones precedentes (Archila Córdoba, 2013, Jaime Guzmán et al 2014).

Otro aspecto que se puede tener referente a las redes de sensores inalámbricos (WNS) es que se

definen como una gran cantidad de pequeños dispositivos, con autonomía y distribución física llamados nodos de sensores, instalados cerca o alrededor de un fenómeno a ser monitoreado en los que se requiera almacenar y comunicar datos en una red en forma inalámbrica (Archila Córdoba, 2013). Lo siguiente es la arquitectura que constituyen las redes de sensores inteligentes: 1. Sensores: pueden ser de distintos tipos y tecnologías y su función es tomar la información presente en el medio y luego la convierten en señales eléctricas. 2. Nodos de sensor: toman la información del sensor y la envían a la estación base. 3. Gateway: Elementos para la interconexión entre la red de sensores y una red TCP/IP. 4. Estación base: recolector de datos. 5. Red inalámbrica: basada en ZigBee (estándar 802.15.4) (Archila Córdoba, 2013).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las variables microclimáticas se refieren a las características específicas del clima en ciertas zonas. Se trata de una serie de variables atmosféricas que distinguen una zona o espacio medianamente reducido. La medición de estas es importante dada la posibilidad de realizar predicciones o estudios detallados sobre los cambios climáticos que se presentan. Los efectos e impactos en torno de la variabilidad climática se han manifestado en las diferentes regiones del país con largos periodos de sequía o inundaciones, en torno a esto se presentan diferentes problemáticas que atentan contra la integridad humana, llamadas amenazas higrometeorológicas como son: inundaciones, crecientes súbitas, deslizamientos por lluvias, incendios forestales, heladas, huracanes y marejadas (Martínez Gómez, 2011, Giovanni Sandoval et al 2011).

Esto hace necesario el fortalecimiento de los sistemas de información sobre el cambio climático de forma tal que se pueda contar con información veraz y confiable de forma automática en tiempo real, puesto que en la actualidad los datos recolectados se realizan por medio de sistemas manual, estaciones meteorológicas portables y diseños específicos con microcontroladores.

Las redes de sensores microcontrolados, en su arquitectura, limitan la conexión de múltiples sensores, haciendo que un sistema de mucha envergadura requiera de más recursos para la implementación y esto conlleva al aumento en el costo y la complejidad. Otro aspecto importante es

que los sistemas basados en microcontroladores no presentan arquitectura flexible, lo cual no permite adaptarse a cambios que se puedan presentar.

El desarrollo de este proyecto permitirá hacer una innovación en el campo de la electrónica, logrando un diseño e implementación de un sistema de instrumentación inteligente embebido, de bajo consumo de energía, programación y reprogramación inalámbrica, capacidad de reconfiguración, integración con costos y tamaños reducidos, que se puede utilizar en diversos cultivos; en Colombia las áreas cubiertas por sistemas instrumentados son principalmente empleadas en los cultivos de flores, sin embargo se ha presentado un incremento considerable del uso de estas estructuras en el sector de las hortalizas (Acuña Caita, 2009).

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados, en el presente proyecto, se definen una serie de actividades agrupadas en etapas, las cuales se exponen a continuación:

Etapa 1 - investigación continua: consultas bibliográficas e investigaciones continuas sobre las temáticas relacionadas con el presente proyecto.

Etapa 2 - sistemas de sensores inteligentes: se requiere diseñar e implementar las tarjetas electrónicas que permita acondicionar los diferentes sensores, de tal manera que las señales puedan ser transmitidas inalámbricamente a un concentrador (Miranda Tirado, 2014). La figura 1. muestra el diagrama de bloques general para esta etapa.



Fig. 1. Diagrama de bloques general del sistema.

Cada una de las variables microclimáticas relacionadas conlleva a una etapa de acondicionamiento y digitalización de la señal, para que pueda ser enviada inalámbricamente al concentrador. A continuación, se muestra en forma de diagrama de bloques las características más importantes de sensado e instrumentación:

Sensor de velocidad del viento: utiliza como sensor primario un dispositivo magnético (*reed switch*), el cual generará pulsos acordes al giro de las aspas.

Los pulsos generados tendrán una relación en frecuencia la cual es medible en un sistema microcontrolado. Con el sistema caracterizado, se procede al envío de la información inalámbricamente. La figura 2 muestra el diagrama utilizado:

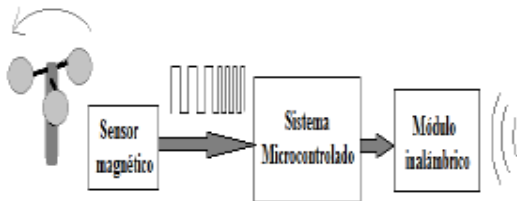


Fig. 2. Diagrama de bloques para la medición de viento.

Sensor de temperatura y humedad relativa: usa como sensor el módulo DHT11, el cual por medio de un termistor y un capacitor permite la medida de la temperatura del ambiente y la humedad relativa. La salida es digital, por tanto, permite la utilización de sistemas microcontrolados para su tratamiento y visualización. Por último, la señal caracterizada es enviada al sistema de comunicación inalámbrico. La figura 3 muestra el diagrama utilizado:

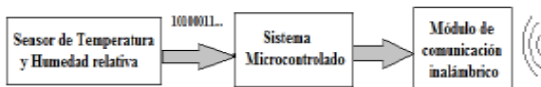


Fig. 3. Diagrama de bloques para la medición de temperatura y humedad relativa.

Sensor de precipitación: utiliza como sensor primario un dispositivo magnético (*reed switch*), el cual generará pulsos acordes al cambio de posición del mecanismo de cazoletas basculantes. Los pulsos generados tendrán una relación en frecuencia la cual es medible en un sistema microcontrolado. Con el sistema caracterizado, se procede al envío de la información inalámbricamente. La figura 4 muestra el diagrama.

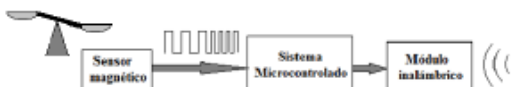


Fig. 4. Diagrama de bloques para la medición de precipitación.

Etapas 3 - tarjeta de desarrollo: una vez realizada las etapas de medición, acondicionamiento y transmisión de las señales obtenidas de las variables microclimáticas, se reciben a través de la tarjeta de desarrollo basada en un concentrador, la cual se encargará de procesarlos y visualizarlos en tiempo real. La siguiente figura muestra el esquema de la tarjeta de desarrollo.

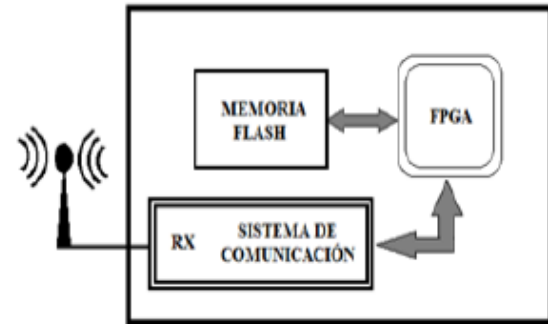


Fig. 5. Tarjeta de desarrollo basada en un concentrador.

Etapas 4: validación del sistema: por último, se debe realizar la validación y puesta a punto del sistema.

### 3. RESULTADOS

El sistema planteado se diseñó implementando un sistema de comunicación bidireccional.

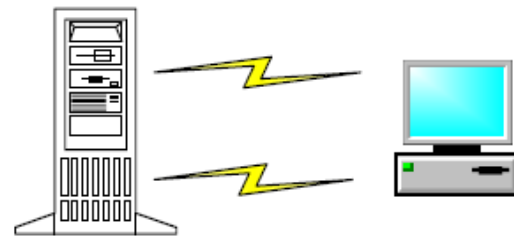


Fig. 6. Sistema desarrollado.

El sistema plantea de la estación al concentrador la transmisión de los datos del sensor utilizando un sistema de alta frecuencia de 2,4 GHz, con un sistema de detección de errores y retransmisión de paquetes en caso de requerirse, cada valor del sensor está en una trama de 128 bits, esta trama fue diseñada por el equipo para facilitar el procesamiento de la información y poder analizarla y publicarla.

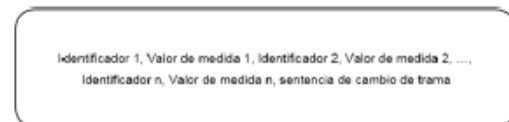


Fig. 7. Sistema desarrollado.

Para la reconfiguración del sistema se utilizó una frecuencia de 433MHz, con esta se le transmiten los datos para la reconfiguración de la sensibilidad de los sensores y de los parámetros de medición. Este se hace a través de comandos AT, desarrollados para tal fin.

Con este sistema se logró hacer un sistema adecuado para la medición de las variables requeridas, en las pruebas de validación se han tomado muestras cada 15 minutos, teniendo unas curvas ajustadas a las condiciones meteorológicas medias

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son analizados usando métodos estadísticos como la media, la varianza la covarianza, además del análisis correlacional de las muestras, es importante dentro del proceso establecer ahora la fidelidad de las muestras tomadas, por eso el sistema se está usando en condiciones controladas, pero se espera al final del proceso poder usarlo en condiciones reales usando instrumentos patrones para determinar el real funcionamiento del sistema en conjunto.

#### 5. CONCLUSIONES

Desarrollar e implementar un sistema de instrumentación para la medición de variables microclimáticas es posible utilizando tecnologías de fácil adquisición y de bajo costo, convirtiéndose en una alternativa para los sistemas productivos del país, y teniendo en cuenta las condiciones del contexto, permitiendo realizar ajustes y de esta manera conservar la integridad de los procesos que se están verificando o monitoreando, que pueden ser cultivos o cualquier tipo de producción agrícola.

Los sistemas de telemetría, permiten aislar las condiciones de medida in situ del sistema de procesamiento, permitiendo poca intervención dentro de condiciones especiales del sistema productivo o del análisis de ecosistemas delicados y altamente sensibles, además de poder realizar la reconfiguración de la estación de medida usando un sistema de alta velocidad para la transmisión de datos en caso de requerirse un flujo continuo de alta velocidad de datos y de una conexión un poco más lenta para la reconfiguración del sistema, que a pesar de ser tecnologías totalmente distintas y de usar métodos diferentes, no provocan ruidos en el sistema permitiendo que la respuesta del sistema sea estable y que no exista interferencia entre ambos sistemas de transmisión, integrando dos tecnologías inalámbricas unidireccionales en una conexión full dúplex.

#### REFERENCIAS

- Acuña Caita, J. (2009). Grupo de investigación en tecnología de invernaderos y agroplasticultura: Experiencias. Bogotá D.C.: Ingeniería e Investigación.
- Archila Córdoba, D. M. (2013). Estado del arte de las redes de sensores inalámbricos. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- ieuleveult, F. d. (2000). Electrónica aplicada a las altas frecuencias. Paris: Thompson internacional.
- Granda Miguel, M. (2015). Instrumentación electrónica: transductores y acondicionadores de señal. Bolado: Editorial de la Universidad de Cantabria.
- Marin Garcia, E. J. (2012). Aplicaciones para PIC's usando C CCS y Proteus. Armenia: Arte imagen.
- Martínez Gómez, M. T. (2011). Diagnostico situación de riesgos hidrometeorológicos en Colombia y avances en la zonificación de riesgos. Bogotá D.C.: Instituto de hidrología meteorología de estudios ambientales IDEAM.
- Miranda Tirado, M. Á. (2014). Tarjeta para instrumentación de un transformador inteligente de estado sólido. Santiago de Querétaro: Universidad Tecnológica de Querétaro.
- Navarro perez, A. A. (2013). Fundamentos de microcontroladores AVR y PIC. Armenia: Arte imagen.
- Osei Dadzie, G. (2008). Application of a Block based Approach in Design of a Reconfigurable Virtual Instrumentation Platform. Ghana Proceedings of The 2008 IAJCIJME International Conference (págs. 292-305). Kwame Nkrumah: Department of Electrical & Electronic Engineering Kwame Nkrumah University of Science and Technology.
- Reyes Cortes, F. (2015). Arduino. Aplicaciones en robótica, mecatrónica e ingenierías. Méxioco D.F.: Alfaomega.
- Giovanny Sandoval, Jacobo Tobar Molano, Víctor Hugo Mosquera, Luis Jorge González (2011). Pluviógrafo electrónico con transmisión de datos inalámbrica. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada ISSN: 1692-7257 - Volumen 1 – Número 17.
- Jaime Guzmán-Luna, Ingrid-Durley Torres, Juan Felipe Alvarez (2014). Propuesta de un generador de aplicaciones educativas basadas en televisión digital usando arquitectura de cómputo en la nube. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada ISSN: 1692-7257 – Vol. 2, N. 24.