



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

**“ALGORITMO DE ACCESO AL MEDIO EN CAPA APLICACIÓN PARA
TECNOLOGÍA SENSOR NODE DEVICE (MOTE), APLICADO A
ESTÁNDARES DE COMUNICACIÓN RF, ZIGBEE, WIFI Y BLUETOOTH.”**

AUTOR: JUAN PABLO LOZA ACOSTA

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

Ibarra-Ecuador

2017

“ALGORITMO DE ACCESO AL MEDIO EN CAPA APLICACIÓN PARA TECNOLOGÍA SENSOR NODE DEVICE (MOTE), APLICADO A ESTÁNDARES DE COMUNICACIÓN RF, ZIGBEE, WIFI Y BLUETOOTH.”

Autores – Juan Pablo LOZA ACOSTA, Ing Jaime Roberto MICHILENA CALDERÓN, MSc.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

jploza@utn.edu.ec, jrmichilena@utn.edu.ec

Resumen. *El presente proyecto presenta el desarrollo de un nuevo algoritmo en capa aplicación para estándares de comunicación inalámbricas como son RF, ZIGBEE, WIFI Y BLUETOOTH.*

El desarrollo de un nuevo algoritmo tiene la finalidad de mejorar la transmisión de datos en redes de sensores inalámbricas a través de identificadores de prioridad de envío de paquetes, indicador de estados de batería, número de sensores análogos o digitales además de la verificación de envío de datos mediante tiempos de procesamiento.

El estudio de acceso al medio en estas tecnologías genera una ventaja competitiva para la construcción a agilizar procesos en la elaboración de redes de sensores, ya que con la correcta implementación de mecanismos y protocolos de comunicación no limita al acceso a la red y permite la escalabilidad de dispositivos a conectarse, ayudando que no exista colisiones de datos al aumentar la carga computacional en sistemas embebidos.

Mediante pruebas de laboratorio controladas se realizó la comparación entre métodos de acceso tradicionales con el nuevo algoritmo de transmisión de datos con lo que se logró corroborar que la reducción de paquetes y el tiempo de decodificación y procesamiento de datos es mucho menor.

Palabras Claves

Algoritmo, Protocolos, Mecanismos, Comunicación, Colisiones, Decodificación, Procesamiento.

Abstract. *This project presents the development of a new application layer algorithm for wireless communication standards such as RF, ZIGBEE, WIFI and BLUETOOTH.*

The development of a new algorithm has the purpose of improving the transmission of data in wireless sensor networks through priority identifiers of packet sending, battery status indicator, number of analogous or digital

sensors in addition to the verification of sending of data through processing times.

The study of access to the environment in these technologies generates a competitive advantage for the constriction to streamline processes in the development of sensor networks, since with the correct implementation of mechanisms and communication protocols does not limit access to the network and allows scalability of devices to be connected, helping to avoid data collisions when increasing the computational load in embedded systems.

Through controlled laboratory tests, a comparison was made between traditional access methods with the new data transmission algorithm, which corroborates that the reduction of packets and the time of decoding and processing of data is much lower.

Keywords

Algorithm, Protocols, Mechanisms, Communication, Collisions, Decoding, Processing.

1. Introducción

Los protocolos y arquitecturas en diseño de redes de sensores inalámbricos se han convertido en un campo de investigación muy importante ya que el desarrollo de estas tecnologías junto con estándares inalámbricos de comunicación, han permitido la aparición de nuevos sistemas como la computación ubicua. Con ello se prevé un futuro en el que minúsculos sensores realicen un monitoreo al medio continuamente y reporten su información a los nodos próximos o a una estación base central. Las aplicaciones en este campo son enormes, por ejemplo, en el campo de domótica y control inteligente de edificios, medicina, agricultura, entre otras. [1]

Avances tecnológicos actualmente existe un sin número de aplicaciones que se enfocan a IoT todo esto con la finalidad de mejorar el estilo de vida de las personas, una de las preocupaciones existentes es el aumento de dispositivos y el impacto que va a generar en la población, en el año 2015 la empresa Gartner dedicada a la consultoría de tecnologías de la información realizó un estudio acerca de los intereses que generará el Internet de las Cosas en el amplio desarrollo de aplicaciones en los años presentes y futuros, donde determinan el reto del desarrollo e interoperabilidad de una red de sensores inalámbricos ya que jugarán un papel importante para el crecimiento del Internet de las Cosas mediante dispositivos inteligentes integrados, uno de los aspectos a considerar es la correcta implementación de mecanismos y protocolos de comunicación que van a operar para no limitar su acceso a la red y la escalabilidad de dispositivos a conectarse, ya que al aumentar su número, mayor volumen de información existirá ocasionando un alto número de colisiones en caso de no tener una red organizada adecuadamente, teniendo en cuenta que son dispositivos con bajas capacidades computacionales y es necesario generar propias formas de acceso a la red.[2]

El estudio del rendimiento de acceso al medio y su impacto para así analizar, comparar, y brindar resultados que nos ayude determinar que estándar entre (RF, ZIGBEE, WIFI y BLUETOOTH) trabaja mejor con protocolos de control de acceso al medio como Aloha y CSMA/CA que son los métodos de acceso al medio en redes inalámbricas. Esto permitirá tener un claro conocimiento de que estándares son más eficientes al momento de trabajar con dichos protocolos y su desenvolvimiento frente a aplicaciones que se generaran a futuro, además de lograr interconectar mayor cantidad de sensores sin sacrificar el rendimiento de la red con una fácil administración.

2. Materiales y Métodos.

2.1 Sistemas Embebido.

En la actualidad existen varios métodos de Ingeniería con soluciones tecnológicas que ayuden a mejorar el estilo de vida y frecuentes innovaciones para la población, en su mayoría han nacido basados en sistemas embebido, ya que cuentan con un alto desempeño y con fuertes restricciones temporales, se los puede definir como una máquina computacional que ejerce tareas específicas, diseñados para controlar una o rangos específicos de funciones, estos dispositivos están desde un taxímetro, un sistema de control de acceso, copiadoras, hasta en un satélite o planta nuclear, es por ello la importancia evolutiva de esta tecnología.

Un sistema embebido está basado en un microprocesador a diferencia de un computador personal, en

esta tecnología un usuario puede hacer la elección sobre su funcionalidad, pero no puede cambiar ésta, ya que están diseñados para una función en particular, el manejo de poca tareas no es un sinónimo de simpleza, por el contrario, esto se refiere más bien a que el sistema se desarrolla para el manejo de pocas tareas y propósitos específicos tan complejos como su procesamiento de datos lo permita, estos pueden ser actualizados para mejorar su funcionalidad. La clave está en la capacidad para agregar funciones nuevas, no depende de cambiar el hardware, puede ser realizado por un simple cambio en el software. Si el sistema está conectado a una vía de comunicación como un teléfono o una PC en red. [3]

Una característica principal es que un sistema embebido son sistemas reactivos, en si su funcionamiento dependerá de la continuidad e interacción con su entorno el cual determinará las posibilidades de respuestas al sistema, para esto se utilizan sensores o transductores que emitirán tipos de respuesta dependiendo de la aplicación y las diferentes características que están dado por este tipo de sistemas. A continuación, se muestra en la Tabla 1 un resumen de las características más importantes de un sistema embebido.

Tabla 1. Características importantes en un Sistema Embebido.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Confiabilidad	Confiabilidad en el tiempo: Mide que trabaje correctamente en el instante $t=0$.
	Mantenibilidad: Que el sistema vuelva a trabar en el correctamente a fallas.
	Disponibilidad: Que el sistema funcione en el tiempo t .
Eficiencia	Buen manejo de energía, tamaños reducidos, tamaño reducido del código del sistema, minimización del peso, velocidad de respuesta.
Tiempo Real	La reacción “inmediata” del sistema ante estímulos externos predefinidos.
Interfaces de usuario	La mayoría de los sistemas embebidos poseen alguna manera de interactuar con el usuario como pantallas gráficas, botones, teclados alfanuméricos, sensores, etc.

Fuente: (Ferreira & Arias, 2010)

2.2 WIFI (Wireless Fidelity)

WiFi trabaja en el estándar IEEE 802.11, este fue diseñado con el objetivo de complementarse con las conexiones de cable en redes LAN o de poco alcance como en oficinas o casas típicamente, aunque también es muy utilizado para largas distancias por el alcance de esta tecnología, tiene una amplia gama en el mercado y un impacto muy importante en sistemas de comunicación. Ya que nació en el grupo IEEE 802.11 tenía como meta la creación de estándares que pudieran construir una red inalámbrica y esto fue hasta 1997 que el estándar surgió como tal, desde ese entonces se han desarrollado otros grupos o derivados los cuales se designan para mejorar las características de la tecnología específicamente. [4]

2.2.1 Funcionamiento

Existen módulos o dispositivos WiFi que tienen la capacidad de describir las diversas redes inalámbricas, utilizando ondas de radio como nivel físico de transporte, gracias a esto puede atravesar paredes o suelos deduciéndolo como un medio público al cual se puede tener un acceso a una red o independientemente a otros fines. Ya que esta red puede ser vulnerable ataques se establece en algunos casos políticas de seguridad que se adaptarían a un uso más reservado. [5]

2.3 BLUETOOTH

Dentro de las redes inalámbricas existe la tecnología Bluetooth que cada vez se encuentran en más dispositivos y con gran variedad ya que este posee algunas características superiores en otras aplicaciones, bluetooth posee un enfoque omnidireccional que permite que exista una comunicación entre varios dispositivos sin necesidad de poseer línea de vista. [6]

2.3.1 Características

Bluetooth posee la capacidad de formar pico redes entre varios dispositivos que se encuentren en la red de operación además de su facilidad de penetrar objetos, este permite una conexión a distancias de hasta 10 metros, es la flexibilidad y su naturaleza omnidireccional lo que ha hecho que puedan instalarse repetidores para alcanzar distancias de hasta 100 metros. [7]

El estándar IEEE 802.15.1 utiliza tecnología inalámbrica Bluetooth presente en una WPAN, este utiliza un radio de corto alcance que ha sido optimizado para obtener un mayor ahorro de energía, es capaz de soportar canales síncronos de comunicación para telefonía de voz y canales asíncronos para comunicación de datos permitiendo una amplia gama de aplicaciones con gran desempeño en dicha tecnología, en forma resumida se presenta las

características principales que conlleva Bluetooth en la Tabla 2.

Tabla 2. Características Bluetooth

Características	Bluetooth
Consumo de corriente (mA)	65 – 170
Capacidad de red(nodos)	30
Vida útil de batería(días)	7
Frecuencia de radio(Ghz)	2.4
Cobertura(metros)	10
Potencia de transmisión	1-100
Tecnología	Spread Spectrum

Fuente: (Roque, Zaldívar, & Olimpia, 2013)

2.4 ZIGBEE

Es un estándar que define protocolos en conjunto para redes inalámbricas de corta distancia baja velocidad, fue desarrollado por Alianza ZigBee y adopto el estándar IEEE 802.15.4 para sus 2 primeras capas: Capa Física y subcapa de acceso al medio. [8]

2.4.1 Características

Los propósitos de diseño del estándar Zigbee se presentan en la Tabla 3 mencionando las características de gran importancia.

Tabla3. Características ZigBee

Características	Zigbee
Rango(metros)	10 – 100
Perfil de tiempo	Años
Consumo de transmisión	30mA
Energía	Bajo consumo de potencia
Bandas	2,4 GHz
Tasa de transmisión	250Kbps

Fuente: (Jorge, 2011)

2.5 RADIO FRECUENCIA

Radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia, ondas de radio o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena. [9]

2.5.1 Trasmisión y recepción

Una onda de radio se origina cuando una partícula cargada (por ejemplo, un electrón) se excita a una frecuencia situada en la zona de radiofrecuencia (RF) del espectro electromagnético. Otros tipos de emisiones que caen fuera de la gama de RF son los rayos gamma, los rayos X, los rayos infrarrojos, los rayos ultravioletas y la luz.

Cuando la onda de radio actúa sobre un conductor eléctrico (la antena), induce en él un movimiento de la carga eléctrica (corriente eléctrica) que puede ser transformado en señales de audio u otro tipo de señales portadoras de información. [10]

El emisor tiene como función producir una onda portadora, cuyas características son modificadas en función de las señales (audio o video) a transmitir. Propaga la onda portadora así modulada. El receptor capta la onda y la “demodula” para hacer llegar al espectador auditor tan solo la señal transmitida.

2.6 NODO SENSOR INALÁMBRICA(MOTE).

Un nodo sensor inalámbrico, también llamado Mote, constará con subsistemas que formará un sistema embebido o sistema computacional de baja capacidad como muestra la Figura 1.

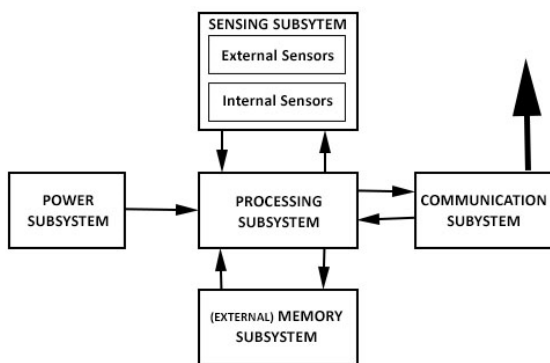


Figura. 1. Estructura mediante un diagrama de bloques de un MOTE.

Fuente: (IEEE Design & Test of Computers, 2001)

2.6.1 Subsistema de procesamiento

Es la CPU de un nodo sensor inalámbrico. También se conoce como unidad controladora. El controlador más comúnmente utilizado en el nodo sensor inalámbrico es el microcontrolador, ya que sus características como tamaño pequeño, un bajo consumo de potencia y facilidad de programación. Y, la mayoría de los microcontroladores tienen un convertidor analógico incorporado a digital (ADC), DSP (Digital Signal Processor) y (Field Programmable Gate Array) FPGA.

2.6.2 Subsistema de comunicación

Consiste en la antena inalámbrica. Las diversas tecnologías de comunicación utilizados en WSN son ZigBee (IEEE 802.15.4), WiFi, RF y Bluetooth ya que son eficientes al momento de ensamblar o realizar un sistema embebido.

2.6.3 Subsistema de energía

Las baterías son la principal fuente de suministro de energía para un nodo sensor inalámbrico. Debido a la restricción de tamaño, las baterías usadas también tienen que estar en pequeño tamaño, lo que implica que el tiempo de vida de un nodo sensor inalámbrico será relativamente baja.

2.6.1 Subsistema de detección

Esta unidad consta de sensores, que son generalmente pequeños dispositivos que son capaces de producir alguna respuesta medible (a menudo un cambio en el voltaje). Estos por lo general la respuesta es alimentada a un convertidor de analógica digital (ADC). La señal digitalizada se envía entonces a la unidad de procesamiento para el procesamiento posterior.

2.7 CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Para el control de acceso al medio se debe disponer de medios para solucionar problemas relacionados con los errores en la transmisión. Para ello, se dividen los datos suministrados por el nivel de red, que son transmitidos de forma secuencial y que llevan asociado un acuse de recibo que también gestiona la capa de acceso al medio. Puesto que el nivel físico no interpreta (únicamente los procesa como información que enviar o recibir), es el nivel de acceso al medio el que debe poner inicio y fin a los marcos que envía o recibe, asignando secuencias especiales de bits al inicio y al final de cada marco, que sean fácilmente reconocibles. Otro problema que debe resolver la capa de acceso al medio es el supuesto en que un emisor veloz pueda llegar a saturar a un receptor más lento. [11]

2.7.1 Protocolo ALOHA

Aloha es un sistema de redes desarrollado en la Universidad de Hawái, sus inicios dieron en 1970 por

Norman Abramson y fue diseñada con el objetivo de permitir a personas acceder a los principales sistemas o nodo principal en una secuencia o serie de nodos. Este se basa en usar un medio compartido para transmitir en el que se usa mismas frecuencias para todos los nodos que estén conectados. [12]

2.7.1.1 Protocolo Aloha Puro

Dependiendo de la distribución de los nodos y el nodo principal y tengan una comunicación se planteó que las diferentes estaciones compartiesen el mismo canal sin preocuparse si este se encuentra libre o no, por ende, si una estación desea transmitir simplemente emite un frame y una vez finalizado quedaba en espera de recibir la confirmación de que si fue receptada correctamente por el destinatario. Si después de un tiempo no se recibe la confirmación el emisor supone que había ocurrido una colisión por lo que se espera un tiempo aleatorio y procede a reenviar nuevamente los frames todo esto funciona como muestra Figura.2.

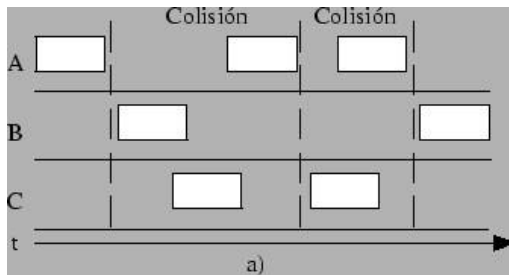


Figura.2. Análisis Aloha puro de colisiones Fuente: (Geocities, 2012)

Se define el rendimiento como la fracción del tiempo en el que el canal se utiliza para transportar información útil.

Se asume que hay un número infinito de estaciones y el tiempo de transmisión de cada trama es el mismo para todas las estaciones, T. Además, el tráfico generado por las estaciones es de Poisson, con tasa de λ tramas por unidad de tiempo. [13]

Hay que tener en cuenta las retransmisiones en tráfico real generado que será g , con $g \geq \lambda$, ha esto se asume que dicho tráfico se distribuye según la probabilidad de Poisson.

Consideremos un paquete transmitido en un tiempo arbitrario t , dicha transmisión se recibirá correctamente si no se produce ninguna otra en el intervalo dado por $t - T, t + T$, siendo este conocido como intervalo de vulnerabilidad. La probabilidad de que una trama se reciba correctamente coincide con la probabilidad de que haya 0 transmisiones en dicho intervalo,

$$P(\text{exito}) = P(0 \text{ transmisiones en } 2T) = e^{-2gT}$$

Con lo que el rendimiento o throughput se calculará como:

$$S = gTe^{-2gT}$$

Definiendo $G = gt$, se llega finalmente a:

$$S = Ge^{-2G}$$

En donde G sería la tasa en paquetes por tiempo de transmisión por trama o la taza cuando se normaliza el tiempo de transmisiones a la unidad, en donde dicho máximo se alcanza cuando se consigue la utilización de canal al 50% esto significa $G=0,5$ obteniendo un rendimiento máximo de $S = 0,184$ es decir 18,4%, esto significa que el 81.6% del total disponible de ancho de banda se está desperdiciando básicamente debido a estaciones tratando de emitir al mismo tiempo. [14]

2.7.1.2 Protocolo Aloha Ranurado

Para realizar unas mejoras de las prestaciones que realiza Aloha se definió un avance con Aloha Ranurado(Slotted) en 1972 con la diferencia que en este caso los nodos pueden transmitir en unos determinados instantes de tiempo o slot, este sincronismo favorece de manera importante cuando una terminal necesite transmitir debe esperar al inicio de un nuevo periodo para realizarlo, provocando de esta manera reducir colisiones a diferencia de Aloha, sin embargo, esto no libra que los frames enviados no ocurra una colisión, aunque el número de colisiones que se producirán será menor.

Su rendimiento se basa en dividir el tiempo en ranuras de tamaño igual al tiempo de transmisión por tramas, (T), las tramas ya sean nuevas o retransmitidas solo se podrán transmitir al comienzo de un slot o ranura. La probabilidad de que una trama se reciba correctamente es la de que no exista ninguna transmisión en una ranura. [15]

$$P(\text{exito}) = P(0 \text{ transmisiones en } T) = e^{-gT}$$

Con lo que el rendimiento o throughput se calculara:

$$G = gT$$

Como:

$$S = Ge^{-G}$$

El número medio de transmisiones necesarias para una trama llegue correctamente es e^G , por el rendimiento máximo se alcanza para $G=1$, dado que aumenta a un 50% más en el protocolo y éste se duplica a 36.8% como se puede apreciar en la Figura 3.

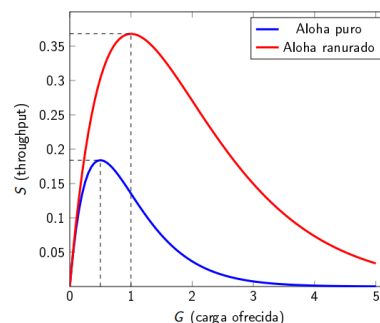


Figura. 31 Diferenciación de rendimientos entre Aloha puro y ranurado mediante un gráfico en línea.

Fuente: (UNICAN, 2015)

2.7.2 CSMA

Acceso Múltiple por detección de portador o CSMA (Carrier Sense Multiple Access) es un protocolo diseñado para reducir la posibilidad de colisiones, comprobando el medio antes de realizar una transmisión, CSMA se basa principalmente en la detección antes de transmitir o escuchar antes de hablar, aunque existe una posibilidad de colisión debido al retardo de propagación.

Aquí se trabaja con métodos de persistencias o métodos desarrollados para dar respuestas a preguntas como ¿Qué debería hacer una estación si el canal está ocupado? o ¿Qué debería hacer una estación si el canal está libre?, el primero método de persistencia hace que la estación encuentre la línea libre y envíe la trama inmediatamente con probabilidad 1, a este método tiene la posibilidad más alta de colisión, otro método es el de no persistencia aquí si la estación encuentra la línea libre, envía las tramas inmediatamente, en casi contrario espera un tiempo y vuelven a comprobar de nuevo el medio reduciendo significativamente colisiones, este método reduce la eficacia de la red debido a que el medio puede permanecer libre cuando hay estaciones con tramas por enviar y por último se ve el método de persistencia este enfoque combina las ventajas de las dos estrategias anteriores, reduciendo la posibilidad de colisión y mejorando la eficacia. [16]

2.7.2 CSMA-CA

Cuando se emplea este algoritmo los dispositivos anuncian que están listos para enviar paquetes de datos antes de acceder al canal. De esta forma se evita la colisión. Dependiendo de unos ciertos parámetros se da prioridad a uno de los candidatos, que podrá acceder al canal para enviar su paquete de datos. El resto de los dispositivos esperarán un tiempo aleatorio (distinto en cada uno de ellos) para volver a intentar acceder al canal. Este fue diseñado para evitar colisiones en redes inalámbricas, debido a que las colisiones no pueden ser detectadas debido a que gran parte de la energía se pierde en la transmisión. Estas colisiones se evitan mediante el uso de tres estrategias como: Espaciado entre trama, ventana de contención, confirmaciones. Las probabilidades de éxito se muestran en la Figura 4. Que se muestra a continuación. [17]

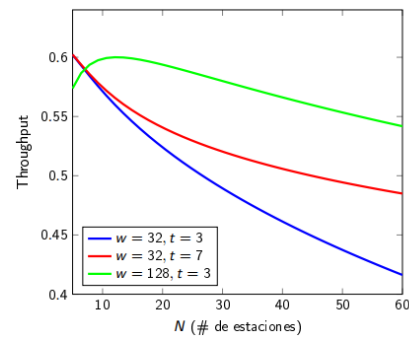


Figura.4. Throughput en función del número de estaciones

Fuente: (UNICAN, 2015)

2.8 METODO DE INVESTIGACION

Se debe seguir una metodología para el desarrollo de este prototipo electrónico para obtener resultados que satisfagan las necesidades que los usuarios. Por lo cual se establece que “Para el diseño y desarrollo de proyectos de software se aplican metodologías, modelos y técnicas que permiten resolver los problemas”.

Modelo en V o de Cuatro Niveles

El modelo en V es una variación del modelo en cascada que muestra cómo se relacionan las actividades de prueba con el análisis y el diseño la codificación forma el vértice de la V, con el análisis y el diseño a la izquierda y las pruebas y el mantenimiento a la derecha. En los niveles lógicos del 1 al 4, para cada fase del desarrollo, existe una fase correspondiente o paralela de verificación o validación. Esta estructura obedece al principio de que para cada fase del desarrollo debe existir un resultado verificable. [18]

Este modelo en V o de cuatro niveles cuenta dos procesos paralelos que se relacionan directamente, lo que da como resultado que se puedan ser verificables cada una de las etapas y tendrá una gran ventaja debido a que contamos con una etapa de verificación paralela que nos ayudará a establecer de donde puede provenir el error.

3. Diseño algoritmo en capa aplicación y pruebas.

Para desarrollar un algoritmo de acceso al medio en capa aplicación en tecnologías Sensor Node Device (MOTE), se debe comparar los algoritmos en estándares de comunicación inalámbrica RF, ZIGBEE, WIFI Y BLUETOOTH en protocolos de acceso CSMA/CA y ALOHA, realizando pruebas pertinentes en cada una de las tecnologías mencionadas, para finalmente comparar los algoritmos tradicionales con un nuevo algoritmo de comunicación.

3.1 Características del sistema

Las redes de sensores o sistemas electrónicos se basan en estándares de comunicación inalámbricos los cuales se evaluará cómo reaccionan al manejar volúmenes de información grandes, todo esto se lo podrá observar mediante un virtual terminal, dependiendo de cada uno de los protocolos que se van a generar en el desarrollo de pruebas, y se desea implementar un nuevo algoritmo que genere mayor eficiencia en los sistemas.

3.1.1 Riegos

- Que el hardware que se utilice para las pruebas no genere lo deseado al momento de su ejecución.
- Que no haya mucha información acerca de las librerías a utilizar en la mayoría de los estándares de comunicación inalámbricos.
- Que la ejecución del prototipo tome más tiempo de lo planificado.
- La adquisición de los módulos tome mayor tiempo de lo esperado.
- El porcentaje de eficiencia luego de implementar el algoritmo no sea tan elevado.
- Que se necesite de fuentes portables para la alimentación de los sensores inalámbricos al momento de realizar las pruebas pertinentes.
- Que los protocolos de comunicación sean un riesgo para la elaboración de dicho algoritmo.

3.1.2 Restricciones

- El sistema deberá ser manipulado únicamente por el administrador o el docente que ayudará a realizar las pruebas en cada uno de los sistemas electrónicos.
- El sistema deberá trabajar en una topología estrella en cada uno de los estándares de comunicación inalámbricos.
- Los sensores seleccionados sean de mayor precisión y estabilidad para las pruebas a elaborar.
- Se utilizará una placa de desarrollo en microcontrolador cuya programación se realizará en lenguaje C.
- El hardware necesario deberá ser compatible para cada uno de los protocolos establecidos.

3.2 Elección de Hardware y Software

Después de realizar la recolección de información y establecer requerimientos del sistema se lleva la selección de cada uno de los módulos y plataforma a utilizar como se muestra brevemente a continuación.

3.2.1 Arduino Uno

Arduino Uno formará parte del subsistema de procesamiento, es una placa electrónica basada en

ATmega328, posee 14 pines digitales de entrada / salida, 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16MHz, para tener una mejor visión de sus características se puede apreciar en la Tabla 4 que se muestra a continuación.

Tabla 42. Componentes importantes de un Arduino Uno

ARDUINO UNO	DESCRIPCIÓN
MICROCONTROLADOR	ATmega328
ARQUITECTURA	AVR
TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO	5 V
MEMORIA FLASH	32 KB de los cuales 0,5 KB utilizado por cargador de arranque
SRAM	2 KB
VELOCIDAD DE RELOJ	16 MHz
ANALOG PINES I / O	6
EEPROM	1 KB
CORRIENTE CONTINUA PARA PINES I / O	40 mA en pines I / O; 50 mA en 3,3 V Pin
VOLTAJE DE ENTRADA	7-12 V
DIGITAL PINES I / O	20 (de wich 6 proporcionar una salida PWM)
SALIDA PWM	6
TAMAÑO DE PCB	53,4 x 68,6 mm
PESO	25 g
CÓDIGO DE PRODUCTO	A000066 (TH); A000073 (SMD)

Fuente: (ARDUINO AG, 2017)

3.2.2 Módulo WiFi ESP8266

El Módulo WiFi ESP8266 ofrece soluciones completamente económicas para conexiones de sistemas a redes WiFi esta serie es capaz de funcionar como un adaptador de red en sistemas basados en microcontroladores y se comunica a través de interfaz UART, es económica en el mercado además que concentra características necesarias para poder implementar en proyectos embebidos sin problemas, ya que existe documentación tanto en inglés como español acerca del módulo. Es confiable permitiendo al diseñador delegar todas las funciones relacionadas con

WiFi y TCP/IP. A continuaciones en la Tabla 5, se puede apreciar de forma resumida las características que ofrece el módulo WiFi en Serial ESP8266.

Tabla 5. Características importantes en un módulo WiFi ESP8266

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
PROTOSCOLOS SOPORTADOS	802.11 B/G/N
POTENCIA DE SALIDA	+19.5DBM EN MODO 802.11B
SENSOR TEMPERATURA	DE INTEGRADO
CONSUMO EN MODO DE BAJA ENERGÍA	<10 UA
PROCESADOR INTEGRADO	32 BITS
TAMAÑO REDUCIDO	ULTRA (16MM X 22MM)
ALIMENTACIÓN	3.0~3.6V
COMPATIBILIDAD	WPA / WPA2

Fuente: (GeekFactory, 2017)

3.2.3 Módulo Xbee S2C

El módulo es un componente electrónico confiable y de conectividad inalámbrica rentable en sistemas embebidos. El S2C Zigbee es adecuado para aplicaciones en las que el consumo de energía es crítico, usa una interfaz SPI de alta velocidad facilitando la integración de microcontroladores y generando ventajas como cortos tiempos de desarrollo de proyectos. La configuración de este módulo es fácil usando software libre a través de comandos AT, entre sus importantes especificaciones se tiene que la velocidad de datos es de 250Kbps y la potencia de transmisión es de 3.11mW. En la Tabla 6 se muestra de una manera resumida cuales son los requerimientos que posee y cuáles son sus características más importantes para trabajar con este módulo.

Tabla 63. Especificaciones del Módulo S2C Zigbee Xbee

ESPECIFICACIONES	DETALLES
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	2,1 A 3.6VDC
FRECUENCIA	2.4 GHZ

VELOCIDAD DE DATOS	250 KBPS
CADENA DE TRANSMISIÓN	33 MA
ALCANCE	60 METROS EN INTERIORES Y HASTA 1200 METROS EN EL AIRE ABIERTO
ANTENA	WIRE
PINES	15 PINES DE E / S DIGITALES
DATOS DE INTERFAZ	UART Y SPI
PROTOCOLO	ZIGBEE
DIMENSIONES	27,61 X 24,38 MM

Fuente: (Jose, s.f.)

3.2.4 Módulo NRF24L01 RF

El NRF24L01 es un módulo de comunicación inalámbrico compatible con un procesador como Arduino, interfaz un transceptor RF a una frecuencia de 2.4 GHz a 2.5GHz, este tiene una antena integrada con forma de zig-zag con un alcance de 20 a 30 metros, es un módulo actualizado y de gran uso en sistemas electrónicos como medio de comunicación, a continuación, se puede mostrar en la Tabla 7 parámetros importantes que posee este módulo para tener un claro conocimiento de cómo trabajará en la fase de prueba.

Tabla 7. Especificaciones técnicas del módulo NRF24L01

PARAMENTOS	DETALLES
CONEXIÓN SIMULTÁNEA	6 DISPOSITIVOS.
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	1.9 A 3.6V
ALCANCE MÁXIMO	20-30 METROS
ANTENA	INTEGRADA

Fuente: (Llamas, 2017)

3.3 Diagrama de bloques general

Se desea brindar una visión general de cómo funciona el sistema electrónico y que partes conllevará cada bloque, además de cómo van a estar interconectados cada uno de los subsistemas, brindando una clara percepción y entendimiento del presente proyecto como se muestra en la Figura 5.

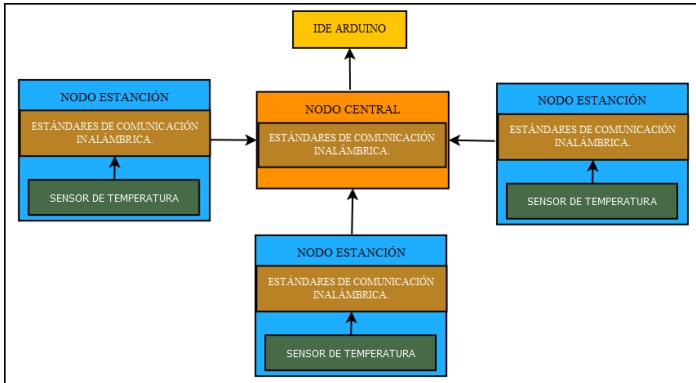


Figura.5. Diagrama de bloques general del sistema electrónico.

Fuente: Autoría.

3.3.1 Nodo central

Dado que se va a utilizar una topología estrella, hay que tener claro de que va a estar conformado el nodo central, ya que este va a ser el encargado de comunicarse con cada uno de los nodos además de ser el responsable de darnos una percepción del procesamiento de datos y envío de éstos a un virtual terminal para conocer cómo está trabajando dicho nodo.

Diagrama de bloques Nodo Central

El nodo central recibe, procesa y envía los datos que se van a manejar en toda la red de sensores, va a contener un subsistema de comunicación y un subsistema de procesamiento y conectados a él los distintos nodos sensor, en este caso va a recibir datos de temperatura ya antes establecido, todo esto va a estar conectado como muestra la Figura 6.



Figura.6. Diagrama de bloques del Nodo Central con sus respectivos subsistemas.

Fuente: Autoría

3.3.2 Nodo estación

Este nodo va a formar parte del sistema electrónico ya que será el encargado de adquirir datos, en este caso de temperatura y estará formado por dos subsistemas de la red

de sensores, el de detección y el de comunicación que estará conformado por los estándares de comunicación inalámbricas.

Diagrama de bloques Nodo Estación

En el diagrama de bloques que muestra la Figura 7, se puede observar en separado dichos sistemas que estarán conformados por el hardware ya seleccionado anteriormente, aquí se puede apreciar una perspectiva de cómo estará interconectados cada uno en el nodo estación.

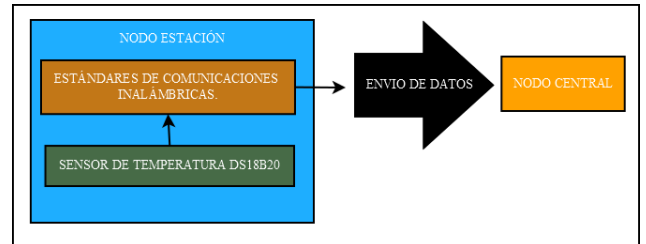


Figura. 7. Diagrama de bloques de un Nodo Estación.

Fuente: Autoría

Para este diagrama hay que tener en cuenta que lo que se desea es saturar el canal o establecer el envío de grandes volúmenes de información, para ello se utilizan módulos de comunicación y un detector de temperatura para el envío de datos por medio de los módulos a un nodo central donde será procesado y analizado.

Una vez establecida o identificado cada uno de estos nodos en el nodo central es necesario recolectar, y enviar la mayor cantidad de información, para ello se establecerá condiciones o se manejará por medio de tiempos de envío de información para cada uno de estos ciclos en sus distintos estándares de comunicación, indicando cada paso a ejecutar para la adquisición de información útil en la fase de prueba.

3.4 Fase de prueba

Fase de la metodología en V se realizará las pruebas individuales de cada uno de los sistemas con sus estándares de comunicación inalámbricos para obtener resultados que ayuden al desarrollo del nuevo algoritmo de acceso al medio, el sistema se llevará a cabo en laboratorio de pruebas mediante un escenario controlado independientemente de los datos que se desea adquirir.

3.4.1 Escenario de pruebas para los sistemas de comunicación inalámbricas.

El entorno de análisis de cada una de las tecnologías será un laboratorio de prueba controlado, ya que los datos de temperatura que se van adquirir son independientes de los resultados que se desean obtener, para ello parte importante del entorno de análisis es el correcto uso de los elementos de comunicación y la visualización de estos datos en una PC para monitorear el procesamiento como envío y recepción

de estos datos en una red de sensores como se puede apreciar en la Figura 8, que se muestra a continuación.

Subsistemas	Funcionamiento
Subsistema de procesamiento	Es la CPU del nodo sensor inalámbrico en este caso la plataforma Arduino UNO que se encarga de procesar enviar y recibir los datos, además de la visualización de estos. Cada nodo sensor tiene su subsistema de procesamiento.
Subsistema de comunicación	Los módulos de comunicación ya seleccionados forman parte del subsistema de comunicación, estos tienen el rol de transmitir los datos de temperatura que se van a adquirir manejando la comunicación entre nodo estación y nodo central.
Subsistema de energía	El cable USB 2,0 tipo A-B que está conectado al Arduino uno es el encargado de generar la alimentación a los módulos, sensores y la plataforma que formara parte de cada uno de los nodos sensores.
Subsistema de detección	El sensor DS18B20 será el encargado de adquirir datos de temperatura monitoreando el entorno de análisis controlado para procesarlo y enviar mediante los módulos de comunicación al nodo central.

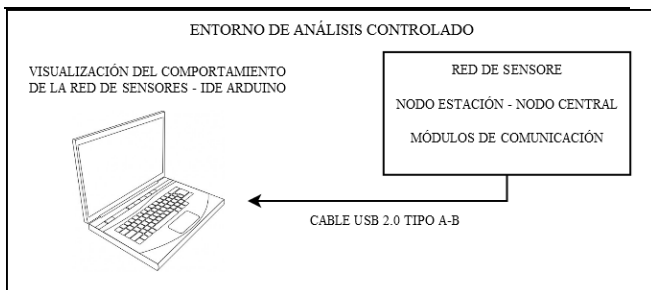


Figura.8. Diagrama del entorno de análisis controlado
Fuente: Autoría.

3.4.2 Explicación del funcionamiento de los sistemas.

En todos los sistemas de comunicación inalámbrico a desarrollar lo que se desea es observar el comportamiento de la taza de información que se va a manejar en toda la red de sensores, para ello todos los subsistemas forman parte importante para el funcionamiento de éste, todo esto se lo expresará mediante la

Tabla 8 que se muestra a continuación dando una explicación de cada uno de los subsistemas y que se desea de cada uno de ellos.

Tabla 8. Explicación del funcionamiento general de los sistemas de prueba.

Fuente: Autoría.

3.4.3 Fase de prueba uno “Estándar de comunicación Radio Frecuencia”.

La primera tecnología para desarrollar y realizar las pruebas pertinentes son los estándares de comunicación de radio frecuencia, el principal objetivo es observar como interactúa la red sensores con el manejo de datos, y apreciar su comportamiento.

3.4.3.1 Esquema de conexión

Se apreciar mediante un esquema de conexiones como va a estar conformado el sistema electrónico, en este caso se van a dar a conocer por cada una de las tecnologías que se desea realizar la fase de prueba las que son WiFi, Bluetooth, Zigbee y RF, esto nos dará una visión de que conformará el sistema electrónico en la red y cómo estará conectado cada uno de éstos.

Nodo Central

El nodo central solo conformara la parte de procesamiento y comunicación ya que esta es la encargada de realizar el análisis y la comunicación entre los nodos como se muestra en la Figura 9, que da una visualización de cómo está conformado su parte electrónica.

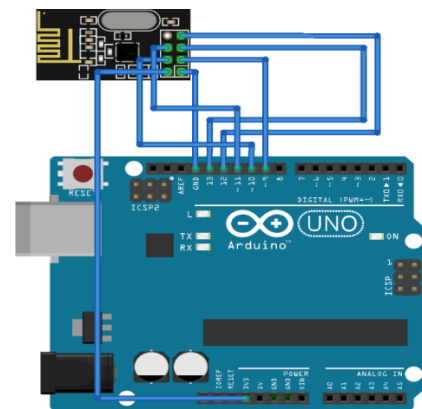


Figura. 92. Esquema electrónico del Nodo Central en fritzing
Fuente: Autoría

Nodo Estación

Ya que este nodo es el encargado de enviar datos al nodo central además de los anteriores subsistemas, éste tiene un subsistema de detección y está conformado por un sensor de temperatura DS18B20 como se muestra en la Figura 10, y brinda una visión de cómo estará construido dicho sistema electrónico en su nodo estación.

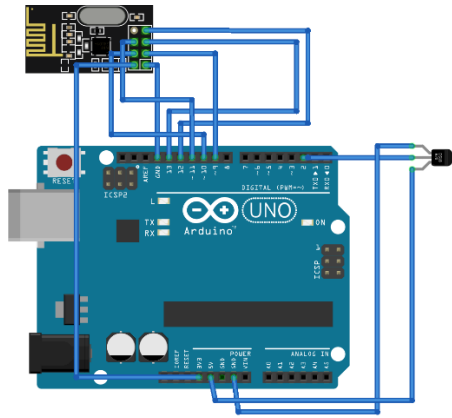


Figura.10. Esquema eléctrico del nodo estación en fritzing. Fuente: Autoría

Resultados

Para conocer el estado de la red de sensores y observar si existen pérdida de datos o el procesamiento que se desea estudiar, se muestra cómo realiza la transmisión los nodo estaciones y al mismo tiempo recibe una respuesta de si el dato llegó o se perdió en el tiempo esperado, para ello se utiliza una función “micro” que devuelve el número en microsegundos desde la placa Arduino comenzó a correr el programa, como se puede apreciar en la Figura.11, podemos visualizar la monitorización, el dato que ha enviado, un mensaje de si llegó o no el dato y la respuesta en milis de programa, esto se lleva a cabo en el nodo estación.

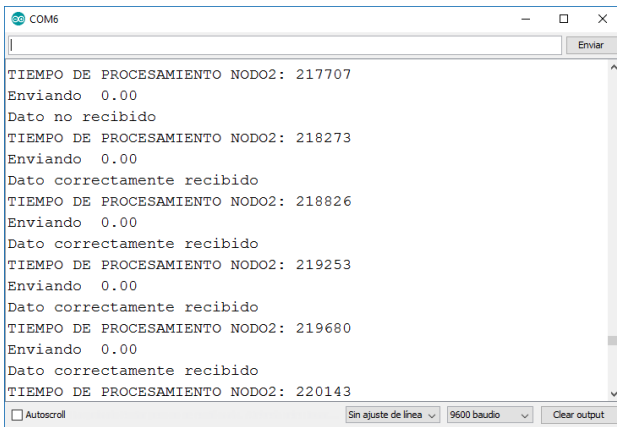


Figura.11. Visualización de datos en los nodos estación. Fuente: Autoría.

Al mismo tiempo que se realiza las pruebas se puede apreciar los problemas o inconvenientes que tiene una red de sensores, para ello se realiza el algoritmo de comunicación entre nodo estación – central, haciendo más flexible la comunicación de datos.

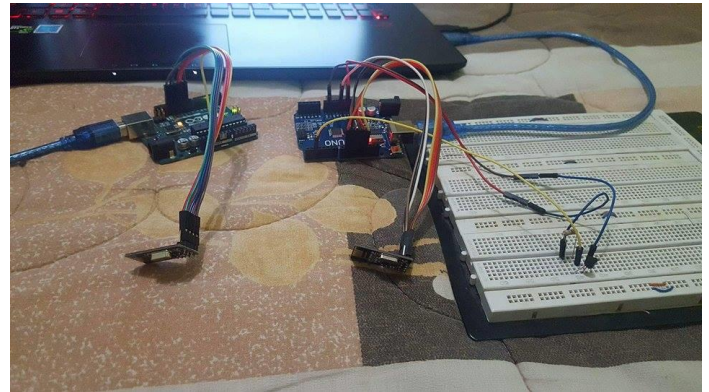


Figura12. Red de sensores utilizando módulos RF. Fuente: Autoría.

3.4.4 Fase de prueba uno “Estándar de comunicación Zigbee”.

A continuación, se realiza la fase de prueba para el estándar de comunicación inalámbrica “Zigbee”, para ello se presentará la configuración de los módulos Xbee, además del equipamiento del sistema, los esquemas de conexión y sus resultados.

3.4.4.1 Esquema de conexión

En el esquema de conexión para el estándar de comunicación inalámbrica Zigbee se utilizará un Módulo Xbee S2 tipo C, además de un Arduino UNO y un sensor de temperatura DS18B20, estos componentes en si formarán parte tanto del nodo central como el nodo estación del sistema embebido a realizar las pruebas.

Nodo Central

Ya que el nodo central será el encargado de procesar los datos adquiridos para su visualización del monitoreo de los demás nodos estaciones cuenta con el módulo Xbee y Arduino uno que estará conectado a la PC, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.13**, muestra como estarán conectados dichos elementos en el nodo central.

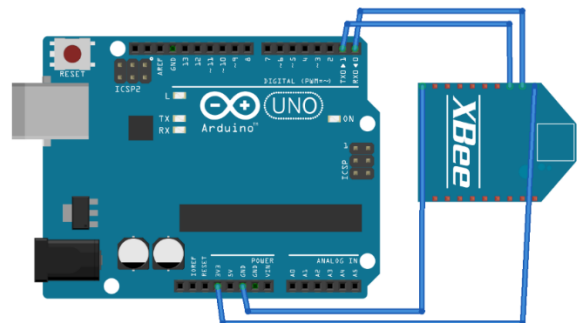


Figura.13. Esquema eléctrico de un nodo central con Xbee en fritzing. Fuente: Autoría.

Nodo Estación

El nodo estación será el que realice el monitoreo de los sensores de temperatura por lo que éste conlleva subsistemas de detección, procesamiento y comunicación como se muestra en la siguiente Figura.14.

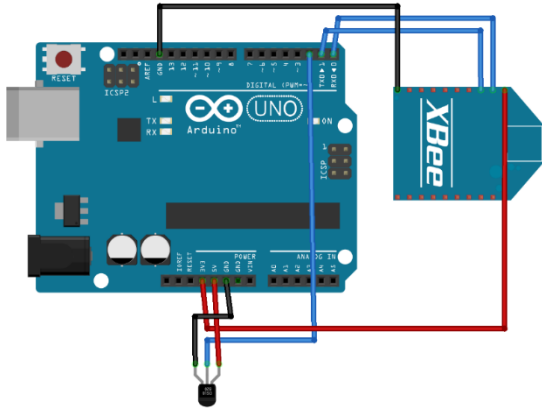


Figura.14. Esquema eléctrico de un nodo estación con Xbee en fritzing.

Fuente: Autoría

Resultados

Como parte de los resultados de la tecnología Xbee, de igual manera para observar su efectividad al manejar datos a velocidades altas, se usa la función "micro" que nos ayuda apreciar el procesamiento de estos datos y cómo se los maneja a lo largo de la prueba. Como se expresó anteriormente se realizó un entorno de análisis controlado. Los datos llegan con gran velocidad y sin problemas de la recepción ni transmisión de estos. Uno de los indicadores que se utiliza es el número de nodos o de clientes que están conectados a la red, en este caso son tres nodos estaciones que están interactuando con el nodo central como se puede apreciar en la siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.15**.

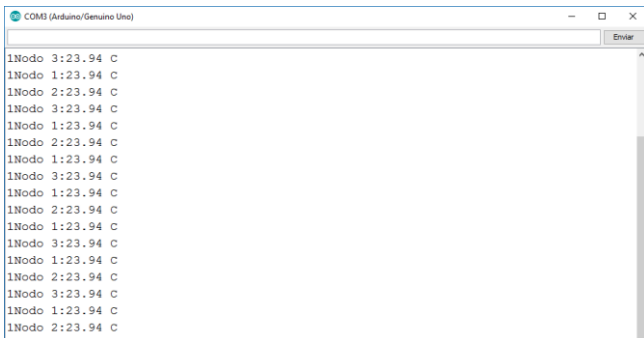


Figura. 15. Recepción de datos de nodo central en el sistema Xbee.

Fuente: Autoría.

Al mismo tiempo que se realiza las pruebas se puede apreciar los problemas o inconvenientes que tiene una red de sensores, para ello se realiza el algoritmo de comunicación

entre nodo estación – central, haciendo más flexible la comunicación de datos.

Además, se puede apreciar la interoperabilidad de los nodos a su nodo central como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.16**.

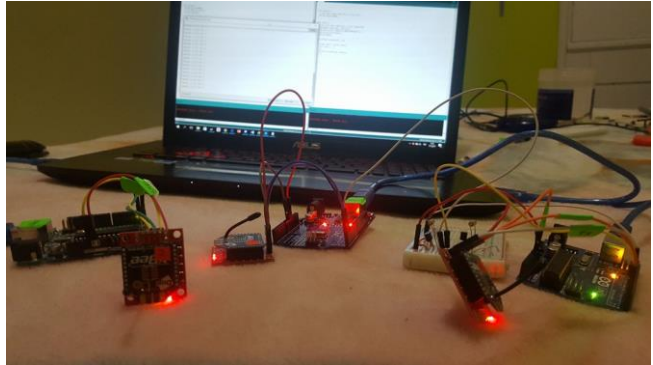


Figura. 16. Comunicación en la red de sensores Xbee.

Fuente: Autoría.

3.4.5 Fase de prueba uno “Estándar de comunicación WiFi”.

Esta fase de prueba cuenta con el estándar de comunicación WiFi, para la elaboración de esta red es necesario configurar nuestro IDE de Arduino y configurar nuestro módulo mediante comandos AT, además de que conformara la red de sensores, esquema de conexión y resultados obtenidos.

3.4.5.1 Esquema de conexión

El esquema que se presenta a continuación estará conformado con un Módulo ESP8266, un Arduino UNO para el nodo central y para el nodo estación contará además de los componentes antes dichos un sensor de temperatura DS15B20, apreciado su conexión.

Nodo Central

Dicho anteriormente el nodo central esta conformará por un módulo WiFi ESP8266 y un Arduino Uno y la conexión a realizar para su funcionamiento será como la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.17**, que se muestra a continuación.

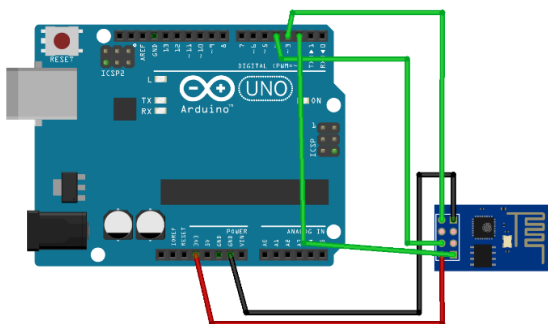


Figura. 17. Esquema de conexión eléctrica del nodo central para el sistema WiFi en Fritzing.

Fuente: Autoría.

Nodo Estación

El nodo estación contará con el subsistema de procesamiento, detección y control para enviar sus datos al nodo central, este cuenta con cada elemento de comunicación como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.18**.

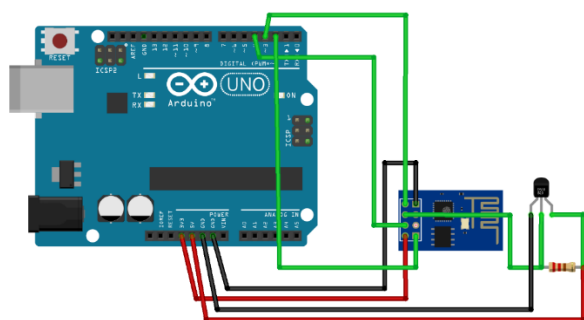


Figura. 18. Esquema eléctrico de conexión del nodo estación en Fritzing.

Fuente: Autoría

Resultados

Para apreciar los resultados obtenidos en WiFi, no solo se los podrá visualizar en el terminal del IDE de Arduino, sino que además puede establecer mediante Internet, una visualización en una plataforma que trabaja con este tipo de sensores y proyectos. En éste se puede apreciar como indicador del algoritmo el número de sensores en este caso digitales que trabaja la red de sensores, como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.19** y Figura 20, que se muestra a continuación.

```
COM3 (Arduino/Genuino Uno)
received: Temperatura: 22 #52_Mode151
received: Temperatura: 21 #32_Mode507
received: Temperatura: 21 #33_Mode507
received: Temperatura: 22 #79_Mode848
received: Temperatura: 22 #63_Mode151
received: Temperatura: 22 #39_Mode507
received: Temperatura: 22 #35_Mode507
received: Temperatura: 22 #34_Mode807
received: Temperatura: 22 #61_Mode848
received: Temperatura: 22 #37_Mode507
received: Temperatura: 22 #82_Mode848
received: Temperatura: 21 #38_Mode507
received: Temperatura: 22 #36_Mode151
received: Temperatura: 22 #38_Mode507
received: Temperatura: 22 #83_Mode448
received: Temperatura: 22 #40_Mode507
received: Temperatura: 22 #57_Mode151
received: Temperatura: 22 #42_Mode507
received: Temperatura: 22 #38_Mode151
received: Temperatura: 22 #85_Mode848
received: Temperatura: 22 #43_Mode507
received: Temperatura: 22 #44_Mode507
received: Temperatura: 22 #45_Mode507
received: Temperatura: 22 #46_Mode507
received: Temperatura: 22 #40_Mode151
```

Figura. 19 datos recolectados en el sistema WiFi – Nodo central.

Fuente: Autoría.

Además del indicador de sensores, se puede apreciar un indicador de recibido de información el cual nos permite monitorear cómo está trabajando la información en cada uno de éstos. Dicho anteriormente el nivel de energía es muy importante para cada una de las redes sensores, para este se ha colocado una fuente aparte de la fuente tradicional de Arduino que nos dé mayor amperaje y nos brinde una conexión estable y sólida.

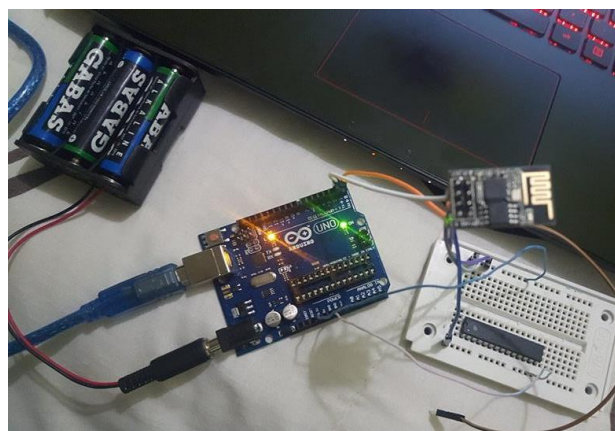


Figura. 20. Red de sensores WiFi, nodo central de la red.

Fuente: Autoría

3.4.6 Fase de prueba uno “Estándar de comunicación Bluetooth”.

En este punto se realizará las pruebas pertinentes al estándar de comunicación inalámbrica Bluetooth, para ello hay que realizar las configuraciones correspondientes de cada uno de los módulos mediante comandos AT, tanto su velocidad de transmisión como el role que tomará en el sistema completo de la red.

3.4.6.1 Esquema de conexión

Básicamente para este esquema de conexión se utilizará un Bluetooth HC-05 y un Arduino Uno para el nodo central y para el nodo estación conformará también un sensor de temperatura DS18B20.

Nodo Central

De igual manera este contará con el subsistema de procesamiento que será el Arduino Uno y el subsistema de comunicación que será el Módulo Bluetooth y la conexión de estos se realizará como se muestra en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.21**.

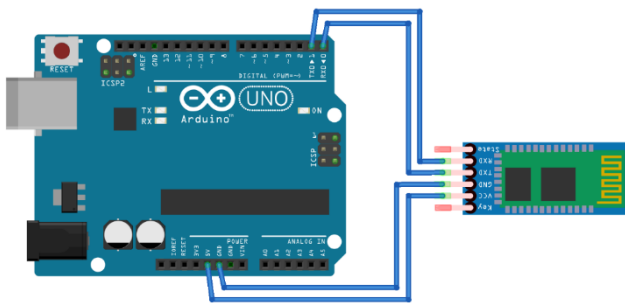


Figura. 21. Esquema eléctrico del Nodo central en fritzing. Fuente: Autoría.

Nodo Estación

Este nodo contará con el subsistema de procesamiento” Arduino Uno”, subsistema de detección con el sensor de temperatura, subsistema de comunicación con el módulo Bluetooth como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.22**.

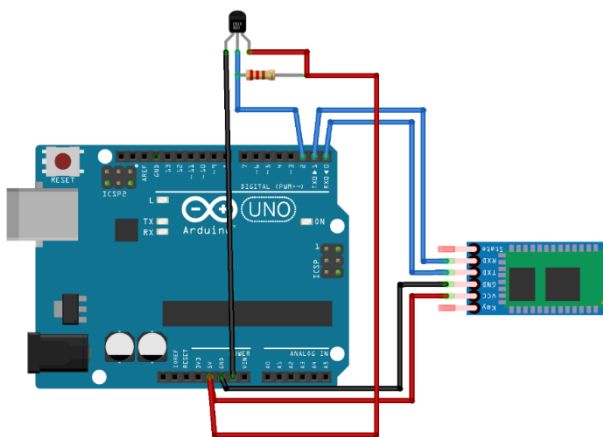


Figura. 22. Esquema eléctrico de conexión del nodo estación en Fritzing. Fuente: Autoría

Resultados

Para los resultados de los nodos se utilizó la función mili que nos muestra el tiempo de procesamiento que tiene la red, cabe recalcar que para crear la red se debe establecer la comunicación punto a punto, luego hay que realizar en cambio de la MAC del dispositivo para el siguiente nodo estación, ya que con tecnología bluetooth no es posible establecer una comunicación a todos los nodos sino uno a uno, para este uno de los indicadores del algoritmo es el tipo de dato que se envía en este caso en un dato float decimal que nos expresa la temperatura que nos entrega como se muestra en la Figura.23.

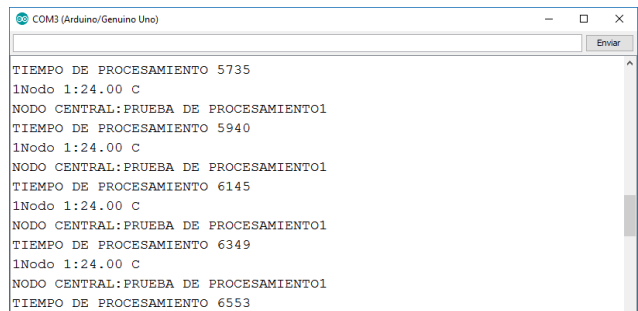


Figura. 23. Datos recolectados en la red de sensores Bluetooth. Fuente: Autoría

Para esta tecnología se puede apreciar que es prescindible utilizar una fuente de 5v, ya que los datos a mejor amperaje y voltaje trabajan con gran eficiencia. Físicamente se puede apreciar como esta en Figura. .

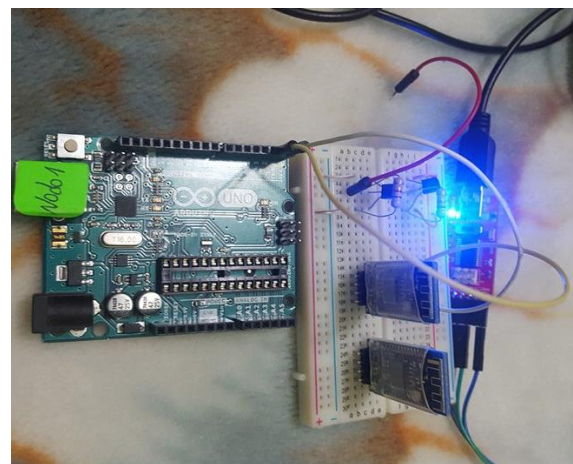


Figura. 24. Red de sensores Bluetooth Fuente: Autoría.

4. Desarrollo y pruebas nuevo algoritmo de comunicación.

El algoritmo cuenta con las variables de comunicación establecidas en los requerimientos y en cada diseño del sistema electrónico. La trama creada en estos protocolos de comunicación cuenta con 11 bytes, de los cuales 2 que son el inicio y el final de la trama son para autenticación o

identificadores de los módulos de comunicación, el segundo y tercero son para el control del uso de la batería en cada sensor de temperatura o sensores que se coloquen dependiendo de cómo se envié el dato en la trama el receptor indicara su estado; el cuarto, quinto y sexto son los datos analógicos o digitales que genera el sensor de temperatura, el séptimo, octavo, noveno y décimo nos muestran el procesamiento del sistema mientras más alto sea denota que el sistema está en malas condiciones o existe interferencias no deseadas en los puntos de conexión.

En la Tabla9 se muestra cada uno de los identificadores que forma parte de la trama y ayuda a la codificación y decodificación de cada uno de los datos.

Tabla 9. Identificadores de trama de comunicación

	Identificadores	Definición	Numero de bytes
Primer y último byte	A B C	Ayuda a verificar que cliente es, además del inicio y fin de la trama. Se especifica con todas las letras del abecedario, en el caso de que existan más clientes se aumentaría un byte mas a la trama establecida.	2
Segundo y tercer byte	0 1	Dependiendo del estado de la batería envía un "00" si está en mal estado "01" si está en un estado medio y "10" si está en buenas condiciones. Estos identificadores serán decodificados en el nodo central.	2
Cuarto, quinto y sexto byte	03u	El dato de temperatura, estos bytes están dado por 3 slots donde indica el dato de temperatura análogo o digital que se esté censando	3
Séptimo, octavo, noveno y décimo byte	04u	Dato de procesamiento, aquí se muestran 4 bytes en donde indica el estado de procesamiento de la red, en si cuento tiempo se demora en decodificar la información.	4

Fuente: Autoría

Todo esto se va a ver reflejado en la parte de transmisión de cada uno de los nodos de comunicación al nodo central.

El nodo central al recoger esta información va a decodificarla y procesarla mostrándolo como la Figura.25 que se muestra a continuación, ya los datos reales y

procesados, esto se reflejara en todas las tecnologías inalámbricas ya que es una trama específica y realizada para poder usarla con cualquier plataforma y con los módulos ya especificados.

```

COM5
-----
Tiempo: 228
Cliente 2
Temperatura: 143.14
Bateria: Malo
Tiempo: 224
Cliente 3
Temperatura: 207.84
Bateria: Malo
Tiempo: 224
Cliente 1
Temperatura: 158.82
Bateria: Malo
Tiempo: 224
Cliente 2
Temperatura: 143.14
    
```

Figura. 25 recepción de datos Arduino del nodo central.

Fuente: Autoría.

Como se pudo denotar se muestra el cliente que está enviando los datos con sus parámetros establecidos los cuales son: temperatura, batería, tiempo de procesamiento. Dando un control de cada uno de los datos además de su estado actual por parte del nodo central.

En la Figura.26, podemos apreciar cómo se envía la trama en cada uno de los nodos estaciones, además que se observara cada uno de los identificadores enviados al nodo central.

Figura. 26. Trasmisión de datos Arduino en nodo estación.

Fuente: Autoría.

En este caso se envía la trama del nodo B con los identificadores B000990320B, como ya antes misionado estos datos serán decodificados por parte del nodo central y serán visualizados mediante una interface al usuario.

Establecido todos los parámetros de visualización, codificación y decodificación que se van a dar en el programa para el control de datos en capa aplicación y realizada la fase de pruebas aplicado el algoritmo en cada una de las tecnologías inalámbricas, podemos validarla

mediante el procesamiento de datos que se da en cada una de las tecnologías como existe un cambio de envío o prioridad de paquetes enviados gracias a la trama establecida, además de que los paquetes se envían con mayor eficiencia y menor tiempo, a diferencia de la fase de pruebas sin dicho algoritmo, en la Figura. 326, se puede observar que el tiempo de procesamiento de los datos baja entre las pruebas normales con los protocolos establecidos y las pruebas con el nuevo algoritmo implementado con un promedio de 57,25 en función de microsegundos, dando un menor tiempo de respuesta, además de un envío de paquetes con prioridades.

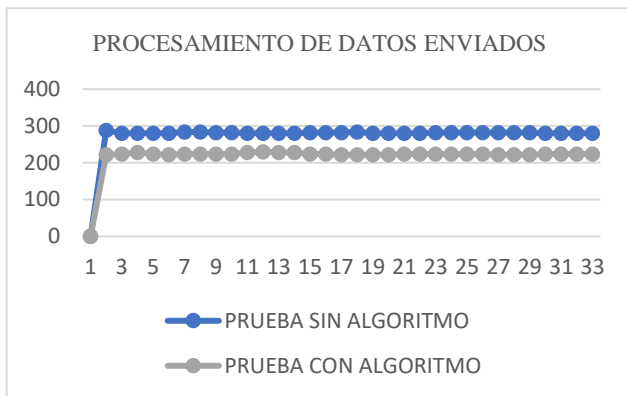


Figura. 3. Tiempo de procesamiento de datos con y sin algoritmo implementado.

Fuente: Autoría.

Luego de realizar las pruebas con cada una de las tecnologías establecidas, se logró demostrar que la creación e implementación del nuevo algoritmo funciona adecuadamente y cumple con los objetivos establecidos, principalmente mejorando el tiempo de respuesta de cada uno de los nodos estación, y ayudando a tener un mejor control de acceso al medio en capa aplicación visualizando el estado de la red de sensores y dando identificadores importantes al momento de levantar dichas redes inalámbricas, optimizando proyectos basados en Internet de las Cosas o sistemas embebidos, dando una apertura a futuros tesis o proyectos de investigación utilizar dicho algoritmo para una mejor recolección de datos y análisis de estos.

5. Conclusiones.

Se desarrolló un algoritmo flexible a los estándares de comunicación Zigbee, WiFi, Bluetooth y de Radio Frecuencia que, mediante identificadores colocados en la trama de datos como: control de batería, envío de datos analógicos y digitales, identificador de cliente, control de procesamiento y control de dato; la red de sensores tenga mayor rendimiento y control de acceso en capa aplicación, además de que otorga un mejor manejo de volumen de información y que las velocidades de transmisión sean adecuados al sistema embebido empleado.

La investigación del rendimiento de acceso al medio permite generar una ventaja competitiva en el mercado, ya que la implementación de un nuevo algoritmo logra interconectar un mayor número de sensores sin sacrificar el rendimiento de la red, dando prioridad y seguridad al momento de conectar varios nodo estación al nodo central, el tiempo más rápido de decodificación del nuevo algoritmo es de 224 milisegundos a diferencia de algoritmos tradicionales en el que su tiempo es mucho mayor.

Mediante el uso de la metodología del modelo en V y la norma ISO/IEE 29148 permite tener un mayor control del proyecto de titulación al momento de un inconveniente en la elaboración de éste, ya que esto nos permite restablecer la información y enfocarnos en la elaboración eficiente del nuevo algoritmo de comunicación, brindando un proyecto flexible y óptimo para su uso.

Luego de realizar la fase de pruebas en cada uno de los estándares de comunicación y la comparación de cada uno de estos con el nuevo algoritmo diseñado e implementado, se logra reducir el tiempo de respuesta, y el procesamiento de cada uno de los datos como parte de la trama con un promedio de 57,25 milisegundos, además de que el envío de paquetes obtenga prioridades en cada dato.

Agradecimientos.

Se extiende un especial agradecimiento tanto a la Universidad Técnica del Norte como a los docentes investigadores de la Carrera de Electrónica y Redes de comunicación.

Referencias Bibliográficas.

- [1] (s.f.). Obtenido de http://zeflo.com/wp-content/uploads/2014/09/esp8266_pinout_h-569x236.png
- [2] Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en tabasco*.
- [3] Alloza, J. M. (2014). *Montaje de componentes y periféricos microinformáticos*. IFCT0108. Antequera: IC Editorial.
- [4] Amdahl, G. M. (2012). *Aplicación-customized CPU*. Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/52/CPU_block_diagram.svg/210px-CPU_block_diagram.svg.png

- [5] AOSONG. (2013). Aosong (Guangzhou) Electronics Co., Ltd. Obtenido de



<http://www.aosong.com/en/products/index.asp>

- [6] Arduino. (2016). Arduino. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [7] Bernabé, J. D. (2011). Diseño de un sistema embebido para el control en tiempo real. de un convertidor elevador alimentado por una celda de combustible.
- [8] Blanco, J., García, D., Castellnou, M., Molina, D., Grillo, F., & Pous, E. (2008). Curso Básico de Incendios Forestales. Lérida: Universitat de Lleida.
- [9] (IngenieríaElectrónica.Org. (8 de Agosto de 2015). INGENIERIAELECTRONICA.ORG. Obtenido de <http://ingenieriaelectronica.org/definicion-y-caracteristicas-de-led-diodo-emisor-de-luz/>
- [10] Gobierno Nacional del Ecuador. (2013). [buenvivir.gob.ec](http://www.buenvivir.gob.ec). Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-7.-garantizar-los-derechos-de-la-naturaleza-y-promover-la-sostenibilidad-ambiental-territorial-y-global>
- [11] Miñarro, B. Ú. (2009). Sistemas embebidos .
- [12] Núñez, C. V., Peña, J. C., & Farzón, L. C. (s.f.). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. ISSN.
- [13] Nuñez, C. V., Peña, J. C., & Garzón, C. L. (s.f.). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina.
- [14] Pahdaman, S. M. (2014). Implementación y Evaluación del protocolo de sincronización RBS para las redes inalámbricas de sensores. 7-13.
- [15] Pressman, R. S. (2017). Ingeniería de Software. EcuRed.
- [16] Redes. (2006). Obtenido de http://www.mfbarcell.es/docencia_uned/redes/tema_10/redes_cap_10.pdf.

- [17] Roque, F. P., Zaldívar, E. V., & O. A. (2013). Sistema de Adquisición de Datos con comunicación inalámbrica.

- [16] UDLAP. (2011). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf

Sobre los Autores.

Juan P. LOZA ACOSTA. Nació en Quito el 03 de Julio de 1993. Realizo sus estudios primarios en la Escuela “José María Velazco Ibarra” Los estudios secundarios los realizó en el Colegio “San Francisco” donde finalizo en el año 2011, obtenido el título de Bachiller en Ciencias Especialización Físico Matemático. Actualmente, está realizando su proceso de titulación en Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte-Ecuador.



Jaime R. MICHILENA CALDERON. Nació en Atuntaqui – Ecuador el 19 de febrero del año 1983. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el año 2007. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la

Universidad Técnica del Norte, Obtiene su Maestría en Redes de Comunicación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en el año 2016 Quito- Ecuador.

“ALGORITHM OF ACCESS TO THE MEDIUM IN LAYER APPLICATION FOR TECHNOLOGY SENSOR NODE DEVICE (MOTE), APPLIED TO RF, ZIGBEE, WIFI AND BLUETOOTH COMMUNICATION STANDARDS.”

Autores – Juan Pablo LOZA ACOSTA, Ing Jaime Roberto MICHILENA CALDERÓN, MSc.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

jploza@utn.edu.ec, jrmichilena@utn.edu.ec

Abstract. *This project presents the development of a new application layer algorithm for wireless communication standards such as RF, ZIGBEE, WIFI and BLUETOOTH.*

The development of a new algorithm has the purpose of improving the transmission of data in wireless sensor networks through priority identifiers of packet sending, battery status indicator, number of analogous or digital sensors in addition to the verification of sending of data through processing times.

The study of access to the environment in these technologies generates a competitive advantage for the constriction to streamline processes in the development of sensor networks, since with the correct implementation of mechanisms and communication protocols does not limit access to the network and allows scalability of devices to be connected, helping to avoid data collisions when increasing the computational load in embedded systems.

Through controlled laboratory tests, a comparison was made between traditional access methods with the new data transmission algorithm, which corroborates that the reduction of packets and the time of decoding and processing of data is much lower.

Keywords

Algorithm, Protocols, Mechanisms,
Communication, Collisions, Decoding,
Processing.

1. Introduction

Protocols and architectures in the design of wireless sensor networks have become a very important research field since the development of these technologies together with wireless communication standards have allowed the appearance of new systems such as ubiquitous computing. This provides a future in which tiny sensors continuously

monitor the environment and report their information to nearby nodes or a central base station. The applications in this field are enormous, for example, in the field of home automation and intelligent control of buildings, medicine, agriculture, among others. [1]

Technological advances currently exists a number of applications that focus on IoT all this in order to improve the lifestyle of people, one of the existing concerns is the increase of devices and the impact that will generate in the population, In 2015, the Gartner company dedicated to information technology consulting conducted a study on the interests that the Internet of Things will generate in the broad development of applications in the present and future years, where they determine the challenge of development and interoperability of a wireless sensor network as they will play an important role for the growth of the Internet of Things through integrated smart devices, one of the aspects to consider is the correct implementation of mechanisms and communication protocols that will operate in order not to limit their access to the network and the scalability of devices to connect, since by increasing their number , greater volume of information will exist causing a high number of collisions in case of not having a properly organized network, taking into account that they are devices with low computational capacities and it is necessary to generate their own forms of access to the network. [2]

The study of the performance of access to the environment and its impact to analyze, compare and provide results that help us determine which standard (RF, ZIGBEE, WIFI and BLUETOOTH) works best with access control protocols such as Aloha and CSMA / CA which are the methods of access to the medium in wireless networks. This will allow us to have a clear understanding of which standards are more efficient when working with these protocols and their development against future applications, in addition to achieving greater

interconnection of sensors without sacrificing network performance with easy administration.

2. Materials and methods.

2.1 Embedded Systems.

At present, there are several engineering methods with technological solutions that help to improve the lifestyle and frequent innovations for the population. Most of them have been born based on embedded systems, since they have a high performance and with strong temporal restrictions. can be defined as a computational machine that exercises specific tasks, designed to control one or specific ranges of functions, these devices are from a taximeter, an access control system, copiers, even a satellite or nuclear plant, that is why evolutionary importance of this technology.

An embedded system is based on a microprocessor as opposed to a personal computer, in this technology a user can make the choice about its functionality, but can not change it, since they are designed for a particular function, the management of little tasks is not it is a synonym of simplicity, on the contrary, this refers rather to the system being developed for the management of few tasks and specific purposes as complex as their data processing allows, these can be updated to improve their functionality. The key is in the ability to add new functions, it does not depend on changing the hardware, it can be done by a simple change in the software. If the system is connected to a communication path such as a telephone or a network PC. [3]

A main characteristic is that an embedded system are reactive systems, in which their operation will depend on the continuity and interaction with their environment which will determine the possibilities of responses to the system, for this sensors or transducers are used that will emit response types depending on the application and the different characteristics that are given by this type of systems. Next, a summary of the most important characteristics of an embedded system is shown in Table 1.

Table 4. Important characteristics in an Embedded System.

CHARACTERISTICS	DESCRIPTION
Reliability	Reliability over time: Measures that it works correctly at time $t = 0$.
	Maintainability: That the system re-lock in correctly to failures.
	Availability: That the system works at time t .
Efficiency	Good energy management, reduced sizes, reduced system code size, weight minimization, response speed.
Real Time	The "immediate" reaction of the system to predefined external stimuli.
User interfaces	Most embedded systems have some way of interacting with the user such as graphic screens, buttons, alphanumeric keyboards, sensors, etc.

Soirce: (Ferreira & Arias, 2010)

2.2 WIFI (Wireless Fidelity)

WiFi works in the IEEE 802.11 standard, this was designed with the aim of complementing with the cable connections in LAN networks or of short range as in offices or houses typically, although it is also widely used for long distances due to the reach of this technology, It has a wide range in the market and a very important impact on communication systems. Since he was born in the IEEE 802.11 group, his goal was the creation of standards that could build a wireless network, and this was until 1997 that tinning arose as such, since then other groups or derivatives have been developed which are designed to improve the Technology features specifically. [4]

2.2.1 Functioning

There are modules or WiFi devices that have the ability to describe the various wireless networks, using radio waves as a physical level of transport, thanks to this you can cross walls or floors deducting it as a public medium to which you can have access to a network or independently to other purposes. Since this network can be vulnerable, attacks are established in some cases

security policies that would be adapted to a more reserved use. [5]

2.3 BLUETOOTH

Within wireless networks there is Bluetooth technology that are increasingly found in more devices and with great variety since this has some superior features in other applications, bluetooth has an omnidirectional approach that allows that there is a communication between several devices without having to own Line of sight [6]

2.3.1 Characteristics

Bluetooth has the ability to form peak networks between several devices that are in the operation network as well as its facility to penetrate objects, this allows a connection at distances of up to 10 meters, it is the flexibility and its omnidirectional nature that has made Repeaters can be installed to reach distances of up to 100 meters. [7]

The IEEE 802.15.1 standard uses Bluetooth wireless technology present in a WPAN, it uses a short-range radio that has been optimized to obtain greater energy savings, is capable of supporting synchronous communication channels for voice telephony and asynchronous channels for data communication allowing a wide range of applications with great performance in said technology, in a summarized form, the main characteristics of Bluetooth in Table 2 are presented.

Table 2. Bluetooth features

Features	Bluetooth
Current consumption (mA)	65 – 170
Network capacity (nodes)	30
Battery life (days)	7
Radio frequencies(Ghz)	2.4
Coverage (meters)	10
Transmission power	1-100
Spread	Spread Spectrum

Source: (Roque, Zaldívar, & Olimpia, 2013)

2.4 ZIGBEE

It is a standard that defines joint protocols for short-range low-speed wireless networks, was developed by ZigBee Alliance and adopted the IEEE 802.15.4 standard for its first 2 layers: Physical Layer and medium access sublayer. [8]

2.4.1 Characteristics

The design purposes of the Zigbee standard are presented in Table 3, mentioning the characteristics of great importance.

Table 3. ZigBee features

Features	Zigbee
Range (meters)	10 – 100
Time profile	Years
Transmission consumption	30mA
Energy	Low consume de potencies
Bands	2,4 GHz
transmission cup	250Kbps

Source: (Jorge, 2011)

2.5 RADIO FREQUENCY

Radio frequency, also called radiofrequency spectrum, radio waves or RF, is applied to the least energetic portion of the electromagnetic spectrum, located between about 3 Hz and about 300 GHz. The electromagnetic waves of this region of the spectrum can be transmitted by applying alternating current originating in a generator to an antenna. [9]

2.5.1 Broadcast and reception

A radio wave originates when a charged particle (for example, an electron) is excited at a frequency located in the radiofrequency (RF) zone of the electromagnetic spectrum. Other types of emissions that fall outside the RF range are gamma rays, X-rays, infrared rays, ultraviolet rays and light.

When the radio wave acts on an electrical conductor (the antenna), it induces in it a movement of the electric charge (electrical current) that can be transformed into audio signals or other types of information-carrying signals. [10]

The transmitter's function is to produce a carrier wave, whose characteristics are modified according to the

signals (audio or video) to be transmitted. Propagate the carrier wave thus modulated. The receiver picks up the wave and "demodulates" it so that only the transmitted signal reaches the auditory spectator.

2.6 NODE WIRELESS SENSOR (MOTE).

A wireless sensor node, also called Mote, will consist of subsystems that will form an embedded system or low capacity computational system as shown in Figure 1.

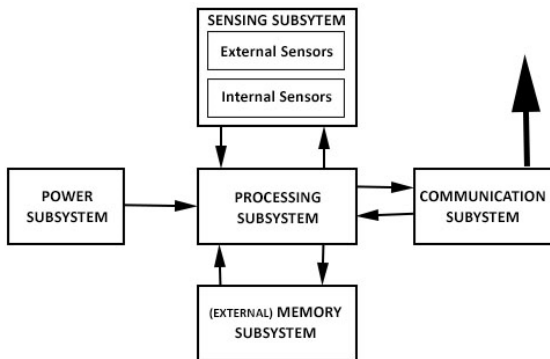


Figure. 1. Structure using a block diagram of a MOTE
Source: (IEEE Design & Test of Computers, 2001)

2.6.1 Processing Subsystem

It is the CPU of a wireless sensor node. It is also known as a controlling unit. The most commonly used controller in the wireless sensor node is the microcontroller, since its features such as small size, low power consumption and ease of programming. And, most microcontrollers have an analog to digital converter (ADC), DSP (Digital Signal Processor) and (Field Programmable Gate Array) FPGA.

2.6.2 Communication subsystem

It consists of the wireless antenna. The various communication technologies used in WSN are ZigBee (IEEE 802.15.4), WiFi, RF and Bluetooth since they are efficient when assembling or making an embedded system.

2.6.3 Energy subsystem

Batteries are the main source of power supply for a wireless sensor node. Due to size restriction, used batteries also must be in small size, which implies that the lifetime of a wireless sensor node will be relatively low.

2.6.1 Detection subsystem

This unit consists of sensors, which are usually small devices that can produce some measurable response (often a change in voltage). These usually the response is fed to a digital analog converter (ADC). The digitized signal is then sent to the processing unit for further processing.

2.7 CONTROL OF ACCESS TO THE ENVIRONMENT

To control access to the environment, means must be available to solve problems related to transmission errors. For this, the data supplied by the network level is divided, which are transmitted sequentially, and which have an acknowledgment associated with it, which also manages the access layer to the medium. Since the physical level does not interpret (it only processes them as information to send or receive), it is the level of access to the medium that must start and end the frames it sends or receives, assigning special sequences of bits at the beginning and at the end. end of each frame, that are easily recognizable. Another problem that the medium access layer must solve is the assumption that a fast emitter may saturate a slower receiver. [11]

2.7.1 ALOHA Protocol

Aloha is a network system developed at the University of Hawaii, its beginnings were in 1970 by Norman Abramson and was designed with the aim of allowing people to access the main systems or main node in a sequence or series of nodes. This is based on using a shared medium to transmit in which same frequencies are used for all the nodes that are connected. [12]

2.7.1.1 Protocol Aloha Puro

Depending on the distribution of the nodes and the main node and have a communication, it was proposed that the different stations share the same channel without worrying if it is free or not, therefore, if a station wishes to transmit it simply emits one frame and once finished was waiting to receive confirmation that if it was correctly received by the recipient. If, after a while, the confirmation is not received, the sender assumes that a collision has occurred, so a random time is expected and proceeds to resend the frames again. This works as shown in Figure 2.

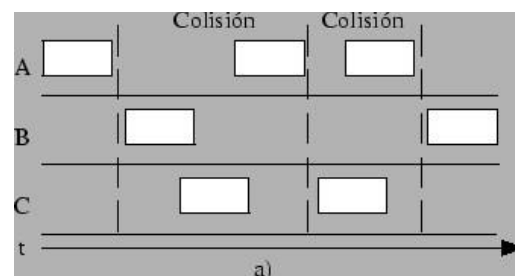


Figure.2. Pure aloha analysis of collisions
Source: (Geocities, 2012)

Performance is defined as the fraction of time in which the channel is used to convey useful information.

It is assumed that there is an infinite number of stations and the transmission time of each frame is the same for all stations, T. In addition, the tragic generated

by the stations is Poisson, with a rate of λ frames per unit of time. [13]

It is necessary to consider the retransmissions in real generated traffic that will be g , with $g \geq \lambda$, in this it is assumed that said traffic is distributed according to the Poisson probability.

Consider a packet transmitted in an arbitrary time t , such transmission will be received correctly if no other occurs in the interval given by $t - T, t + T$, I feel this known as vulnerability range. The probability that a frame is received correctly coincides with the probability that there are 0 transmissions in that interval,

$$P(\text{success}) = P(0 \text{ transmissions in } 2T) = e^{-2gT}$$

With what the yield or throughput will be calculated as:

$$S = gTe^{-2gT}$$

Defining $G = gt$, we finally reach:

$$S = Ge^{-2G}$$

Where G would be the rate in packets per transmission time per frame or the rate when the time of transmission to the unit is normalized, where said maximum is reached when the channel utilization is achieved at 50% this means $G = 0,5$ obtaining a maximum yield of $S = 0.184$ ie 18.4%, this means that 81.6% of the total available bandwidth is being wasted basically due to stations trying to broadcast at the same time. [14]

2.7.1.2 Aloha Slotted Protocol

In order to make some improvements of the services performed by Aloha, an advance was defined with Aloha Slotted (Slotted) in 1972, with the difference that in this case the nodes can transmit in certain instants of time or slot, this synchronism favors in an important way when a terminal needs to transmit must wait at the start of a new period to do so, causing in this way to reduce collisions unlike Aloha, however, this does not mean that the frames sent do not occur a collision, although the number of collisions that will occur will be lower .

Its performance is based on dividing the time into slots of size equal to the time of transmission by frames, (T), the frames whether new or retransmitted can only be transmitted at the beginning of a slot or slot. The probability that a frame is received correctly is that there is no transmission in a slot. [fifteen]

$$P(\text{success}) = P(0 \text{ transmissions in } T) = e^{-gT}$$

With what the yield or throughput will be calculated:

$$G = gT$$

As:

$$S = Ge^{-G}$$

The average number of transmissions needed for a frame to arrive correctly is e^G , for the maximum performance is reached for $G = 1$, since it increases to 50% more in the protocol and it doubles to 36.8% as can be seen in Figure 3

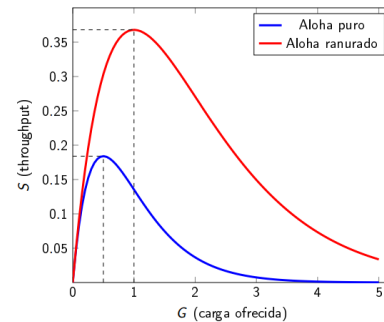


Figure. 3 Differentiation of yields between pure Aloha and slotted by an online chart.

Source: (UNICAN, 2015)

2.7.2 CSMA

Multiple access by carrier detection or CSMA (Carrier Sense Multiple Access) is a protocol designed to reduce the possibility of collisions, checking the medium before making a transmission, CSMA is mainly based on detection before transmitting or listening before speaking, although there is a possibility of collision due to propagation delay.

Here we work with persistence methods or methods developed to answer questions like What should a station do if the channel is busy? o What should a station do if the channel is free? The first method of persistence causes the station to find the free line and send the frame immediately with probability 1, this method has the highest possibility of collision, another method is the non-persistence here if the station finds the free line, sends the frames immediately, in almost contrary wait a time and re-check the medium again significantly reducing collisions, this method reduces the efficiency of the network because the medium can remain free when there are stations with frames to send and finally you see the method of persistence this approach combines the advantages of the two previous strategies, reducing the possibility of collision and improving efficiency. [16]

2.7.2 CSMA-CA

When this algorithm is used, the devices announce that they are ready to send data packets before accessing the channel. In this way the collision is avoided. Depending on certain parameters, priority is given to one of the candidates, who will be able to access the channel to send their data packet. The rest of the devices will wait a random time (different in each of them) to try to access the channel again. This was designed to avoid collisions in wireless networks, because collisions can not be

detected because much of the energy is lost in the transmission. These collisions are avoided through the use of three strategies such as: Spacing between frames, containment window, confirmations. The probabilities of success are shown in Figure 4. It is shown below. [17]

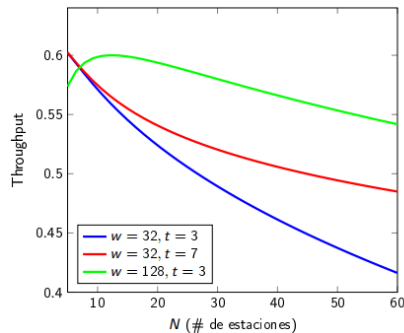


Figure.4 Throughput according to the number of stations

Source: (UNICAN, 2015)

2.8 METHOD OF INVESTIGATION

A methodology must be followed for the development of this electronic prototype to obtain results that meet the needs of the users. Therefore, it is established that "For the design and development of software projects, methodologies, models and techniques are applied to solve the problems".

Model in V or Four Levels

The V model is a variation of the cascade model that shows how the test activities are related to the analysis and design, the coding forms the vertex of the V, with the analysis and design on the left and the tests and maintenance on the right. At logical levels 1 to 4, for each phase of development, there is a corresponding or parallel phase of verification or validation. This structure obeys the principle that for every phase of development there must be a verifiable result. [18]

This model in V or four levels has two parallel processes that are directly related, which results in that they can be verifiable each of the stages and will have a great advantage because we have a stage of parallel verification that will help us to establish where the error may come from.

3. ALGORITHM DESIGN IN APPLICATION LAYER AND TESTS.

To develop an algorithm for accessing the medium in the application layer in Sensor Node Device (MOTE) technologies, the algorithms should be compared in RF, ZIGBEE, WIFI and BLUETOOTH wireless communication standards in CSMA / CA and ALOHA access protocols, performing relevant tests in each of the

mentioned technologies, to finally compare the traditional algorithms with a new communication algorithm.

3.1 System characteristics

The networks of sensors or electronic systems are based on wireless communication standards which will evaluate how they react when handling large volumes of information, all this can be observed through a virtual terminal, depending on each of the protocols that are going to be generated in the development of tests, and we want to implement a new algorithm that generates greater efficiency in the systems.

3.1.1 Irrigation

- That the hardware used for the tests does not generate the desired at the time of execution.
- That there is not much information about the libraries to be used in most wireless communication standards.
- That the execution of the prototype takes more time than planned.
- The acquisition of the modules takes longer than expected.
- The percentage of efficiency after implementing the algorithm is not so high.
- That portable sources are needed to power the wireless sensors when performing the relevant tests.
- That the communication protocols are a risk for the elaboration of said algorithm.

3.1.2 Restrictions

- The system must be handled only by the administrator or the teacher who will help carry out the tests in each of the electronic systems.
- The system must work in a star topology in each of the wireless communication standards.
- The selected sensors are of greater precision and stability for the tests to be elaborated.
- A microcontroller development board whose programming will be done in C language will be used.
- The necessary hardware must be compatible for each of the established protocols.

3.2 Choice of Hardware and Software

After collecting information and establishing system requirements, the selection of each of the modules and platform to be used is taken as shown briefly below.

3.2.1 Arduino Uno

Arduino Uno will be part of the processing subsystem, it is an electronic board based on ATmega328, it has 14 digital input / output pins, 6 analog inputs, a 16MHz ceramic resonator, to have a better view of its characteristics can be seen in Table 4 shown below.

Table 4. Important components of an Arduino Uno

ARDUINO UNO	DESCRIPTION
MICROCONTROLLER	ATmega328
ARCHITECTURE	AVR
OPERATING TENSION	5 V
FLASH MEMORY	32 KB of which 0.5 KB used by boot loader
SRAM	2 KB
CLOCK SPEED	16 MHz
ANALOG PINES I / O	6
EEPROM	1 KB
CURRENT CONTINUES FOR I / O	40 mA on I / O pins; 50 mA at 3.3 V Pin
INPUT VOLTAGE	7-12 V
DIGITAL PINES	20 (de wich 6 proporcionar una salida PWM)
PWM OUTPUT	6
TAMAÑO DE PCB	53,4 x 68,6 mm

Source: (ARDUINO AG, 2017)

3.2.2 WiFi module ESP8266

The WiFi Module ESP8266 offers completely economical solutions for connections of systems to WiFi networks. This series can function as a network adapter in systems based on microcontrollers and communicates through the UART interface, is economical in the market, and also concentrates the necessary characteristics to be able to implement in embedded projects without problems, since there is documentation in both English and Spanish about the module. It is reliable allowing the designer to delegate all functions related to WiFi and TCP / IP. Below in Table 5, you can see in summary the features offered by the WiFi module in Serial ESP8266.

Table 5. Important features a WiFi module ESP8266

CHARACTERISTICS	DETAILS
SUPPORTED PROTOCOLS	802.11 B / G / N
OUTPUT POWER	+ 19.5DBM MODE 802.11B
TEMPERATURE SENSOR	INTEGRATED
Consumption LOW ENERGY	<10 AU
Embedded Processor	32 BITS
ULTRA SIZE REDUCED	(16MM x 22mm)
FEEDING	3.0 ~ 3.6V
COMPATIBILITY	WPA / WPA2

Source: (GeekFactory, 2017)

3.2.3 S2C XBee Module

The module is a reliable and cost-effective wireless connectivity in embedded systems electronic component. The S2C Zigbee is suitable for applications where power consumption is critical, uses a high-speed SPI interface facilitating the integration of microcontrollers and generating advantages such as short-time project development. The configuration of this module is easy using free software via AT commands, among its key specifications must be the data rate of 250Kbps and is the transmit power is 3.11mW. Table 6 shown in a summarized way the requirements which are owned and what their most important to work with this module characteristics.

Table 65. Specifications S2C XBee Module

SPECIFICATIONS	DETAILS
POWER SUPPLY	2.1 A 3.6VDC
FREQUENCY	2.4 GHZ
DATA SPEED	250 KBPS
DRIVE CHAIN	33 MA
SCOPE	60 meters indoors and up to 1200 METERS IN THE OPEN AIR
ANTENNA	WIRE
PINES	15 PINES E / S DIGITAL

DATA INTERFACE	UART and SPI
PROTOCOL	ZIGBEE
DIMENSIONS	27.61 X 24.38 MM

Source: (Jose, sf)

3.2.4 RF Module 3.2.4 NRF24L01

The NRF24L01 is a module compatible wireless communication with a processor as Arduino, interface an RF transceiver to a frequent 2.4GHz to 2.5GHz, this is integrated with a zig-zag with a range of 20 to 30 meters antenna is an updated and wide use in electronic systems as a means of communication, then module can be displayed on the Tabla 7 Important parameters that have this module to have a clear understanding of how to work in the testing phase.

Table 7. Technical Specifications module NRF24L01

WALLS	DETAILS
SIMULTANEOUS CONNECTION	6 DEVICES.
POWER SUPPLY	1.9 A 3.6V
MAX RANGE	20-30 meters
ANTENNA	INTEGRADA

Source: (Llamas, 2017)

3.3 General block diagram

It is desired to provide an overview of how the electronic system works and which parts lead each block, as well as how they will be interconnected to each of the subsystems, providing a clear perception and understanding of this project as shown in Figure 5.

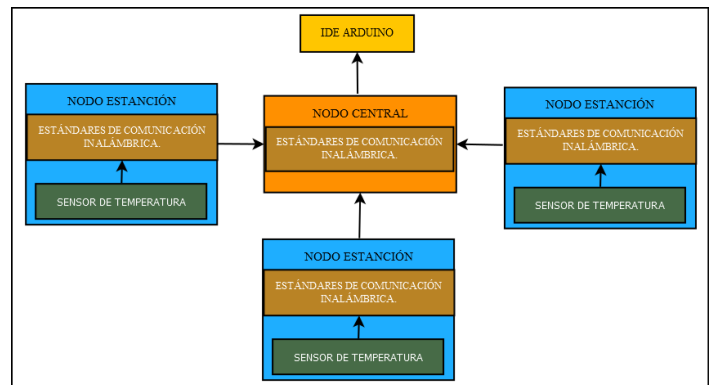


Figure.5. General block diagram of the electronic system.

Source: Authorship.

3.3.1 Central Node

Since it will use a star topology, we must be clear that it will be forming the central node, as this will be in charge of communicating with each of the nodes as well as being responsible for giving us a perception of data processing and sending them to a virtual terminal to know how that node is working.

Central Node Block Diagram

The central node receives, processes and sends the data to be handled in the entire network of sensors, will contain a communication subsystem and processing subsystem and connected to it the various sensor nodes, in this case will receive data temperature as established above, this will be connected as shown in Figure 6.



Figure.6. Block diagram of the Central Node with their respective subsystems.

Source: Authorship

3.3.2 station Node

This node will be part of the electronic system as will be responsible for acquiring data, in this case temperature and will consist of two subsystems of the sensor network, the detection and communication will comprise communication standards wireless.

Node station block diagram

In the block diagram shown in Figure 7, it can be observed separately in such systems will consist of the hardware already selected previously, here you can see a perspective of what will interconnected in each node station.

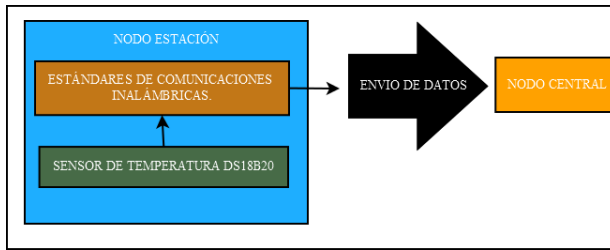


Figure. 7. Block diagram of a Node Station.
Source: Authorship

Subsistemas	Funcionamiento
Subsistema de procesamiento	Es la CPU del nodo sensor inalámbrico en este caso la plataforma Arduino UNO que se encarga de procesar enviar y recibir los datos, además de la visualización de estos. Cada nodo sensor tiene su subsistema de procesamiento.
Subsistema de comunicación	Los módulos de comunicación ya seleccionados forman parte del subsistema de comunicación, estos tienen el rol de transmitir los datos de temperatura que se van a adquirir manejando la comunicación entre nodo estación y nodo central.
Subsistema de energía	El cable USB 2,0 tipo A-B que está conectado al Arduino uno es el encargado de generar la alimentación a los módulos, sensores y la plataforma que formara parte de cada uno de los nodos sensores.
Subsistema de detección	El sensor DS18B20 será el encargado de adquirir datos de temperatura monitoreando el entorno de análisis controlado para procesarlo y enviar mediante los módulos de comunicación al nodo central.

For this diagram should be borne in mind that what you want is to saturate the channel or set sending large volumes of information for this communication modules and a temperature sensor for sending data they are used by the modules a central node which will be processed and analyzed.

Once established or identified each of these nodes in the central node is necessary to collect and send as much information, conditions have been established or will be handled through times of sending information for each of these cycles in their different communication standards, indicating each step to run for the acquisition of useful information in the test phase.

3.4 Test phase

Phase methodology V individual tests of each of the systems with standard wireless communication for results that support the development of the new algorithm media access, the system will be conducted in laboratory tests

using there will be a stage controlled independently of the data to be acquired.

3.4.1 Scenario testing for wireless communication systems.

Environment analysis of each technology will be a laboratory controlled test because the temperature data to be acquired are independent of the results that are desired for this important part of the environment analysis is the correct use of communication elements and displaying this data in a PC to monitor processing as sending and receiving of these data in a sensor network as can be seen in Figure 8, shown below.

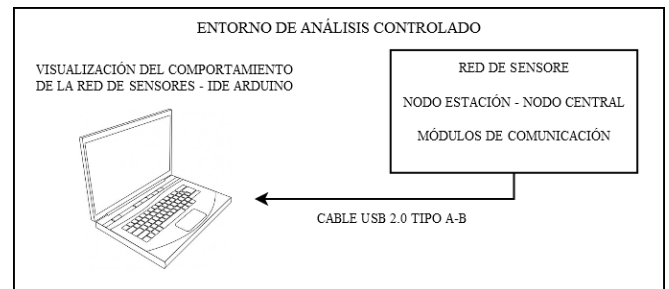


Figura.8. Diagram controlled environment analysis
Source: Authorship.

3.4.2 Explanation of operating systems.

In all wireless systems to develop what you want to communicate it is to observe the behavior of the cup of information to be handled in the entire network of sensors, for that all subsystems are an important part for the operation of this, all this it would be expressed by

Tabla8 shown below with an explanation of each of the subsystems and is desired from each.

Table 8. Explanation of the overall operation of the test systems.

Source: Authorship.

3.4.3 Test Phase One "Radio Frequency Communication Standard".

The first technology to develop and carry out the relevant tests are standard radio frequency communication, the main objective is to observe how it interacts with the sensor network data management and appreciate their behavior.

Wiring 3.4.3.1

Be appreciated by a circuit diagram as will be forming the electronic system in this case will give out for each of the technologies that is desired the test phase that are WiFi, Bluetooth, Zigbee and RF, this will give us a vision that will shape the electronic system on the network will be connected and how each of these.

Central node

The hub part only conforms processing and communication as this is responsible for the analysis and communication between nodes as shown in Figure 9, which gives a display of how the electronic part is formed.

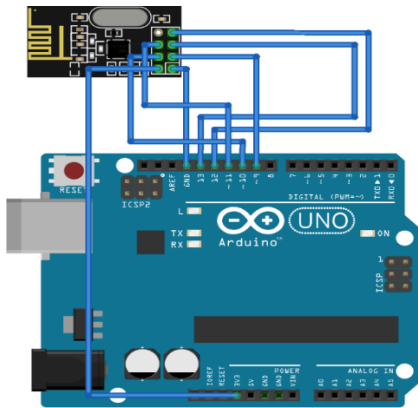


Figure. 94. electronic scheme of the Central Node in Fritzing
Source: Authorship

node Station

Since this node is responsible for sending data to the central node in addition to the above subsystems, it has a detection subsystem and is comprised of a temperature sensor DS18B20 as shown in Figure 10 and provides an overview of what will be built said electronic system as a node station.

Subsystems	Functioning
Processing subsystem	CPU is the wireless sensor node in this case the platform Arduino UNO is responsible for processing that send and receive data and display them. Each node has its sensor processing subsystem.
Communication subsystem	The communication modules and selected part of the communication subsystem, these have the role of transmitting temperature data to be acquired managing communication between node and hub station.
Power Subsystem	The USB cable AB type 2.0 which is connected to one Arduino is responsible for generating power modules, sensors and platform that was part of each of the sensor nodes.
Detection subsystem	DS18B20 sensor will be responsible for acquiring temperature data to monitor the environment for processing and analysis controlled by sending communication modules to the central node.

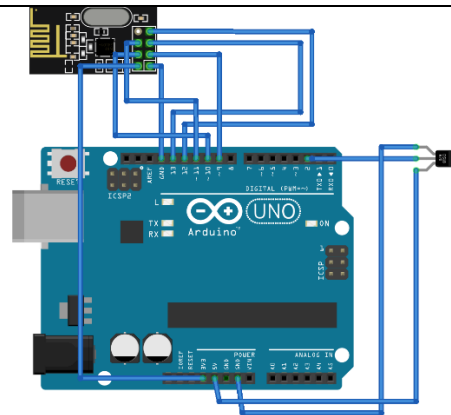


Figura.10. electrical diagram node Fritzing station.
Source: Authorship

results

To know the status of the sensor network and see if there is loss of data or processing to be studied, shows how to perform the transmission of node stations and simultaneously receives a response if the data came or was lost in the expected, this time to a 'micro' which returns the number of microseconds since the Arduino board began running the program function is used, as seen in the Figura.11 we can visualize monitoring, data that has sent a message of whether or not I get the data and response program Milis, this takes place in the station node.

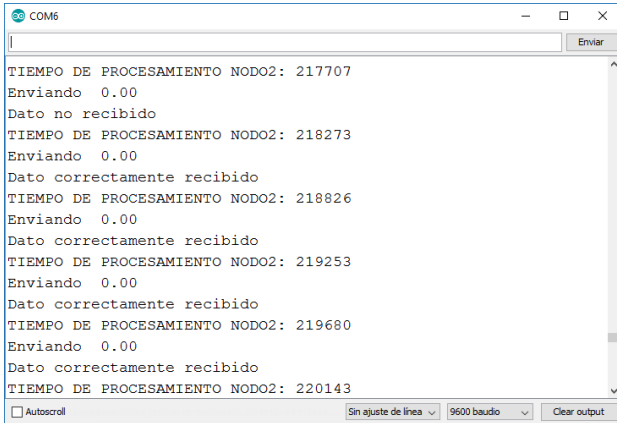


Figura.11. Data visualization nodes season. Source: Authorship.

While performing the tests can appreciate the problems or drawbacks of a sensor network, for which the algorithm is performed between node communication station - station, making more flexible data communication.



Figure12. Sensor network using RF modules. Source: Authorship.

3.4.4 Test Phase One "communication standard Zigbee".

Then the test phase for the wireless communication standard "Zigbee" for this configuration of the XBee modules will be presented is done in addition to the system equipment, wiring diagrams and results.

Wiring 3.4.4.1

In the wiring diagram for the wireless communication standard Zigbee Module Xbee S2 type C, and a Arduino ONE and a temperature sensor DS18B20 is

used, these components itself form part of both the central node and the station system node embedded to testing.

Central node

Since the central node will be responsible for processing the data acquired for viewing monitoring stations of other nodes has the XBee and Arduino one that will be connected to the PC module in the **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 13 shows how these elements will be connected in the central node.

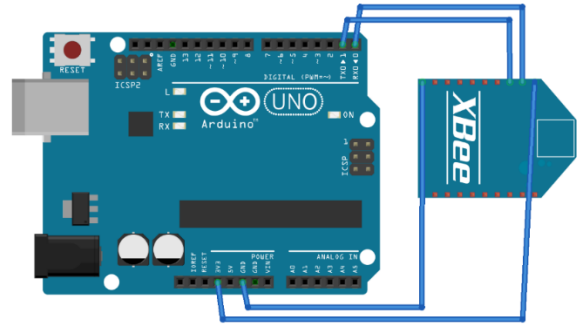


Figura.13. electrical diagram of a central node with Xbee in Fritzing. Fuente: Authorship.

Node Station

The node station will perform the monitoring temperature sensors so that it entails detection subsystems and communication processing as shown in the following Figura. 14.

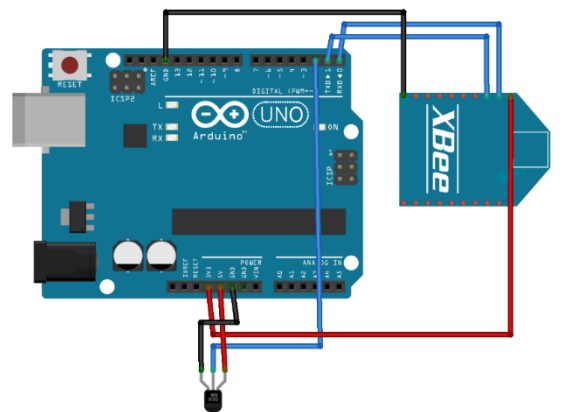


Figura.14. electrical diagram of a node station in Fritzing Xbee. Source: Authorship

Results

As part of the results of Xbee technology, similarly to observe its effectiveness in handling data at high speeds, the "micro" function which helps us to appreciate the processing of these data and how the handles along the used proof. As stated previously controlled environment analysis was performed. Data arrives with great speed and

smooth receipt or transmission of these. One indicator used is the number of nodes or clients that are connected to the network, in this case there are three nodes stations are interacting with the central node as seen in the following **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.15.**

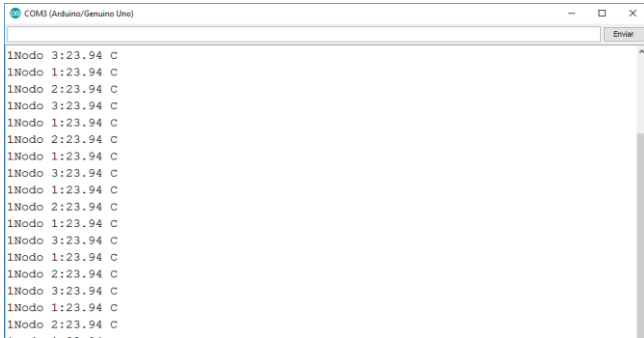


Figure. 15. Receiving data center node in the XBee system.

Source: Authorship.

While performing the tests can appreciate the problems or drawbacks of a sensor network, for which the algorithm is performed between node communication station - station, making more flexible data communication.

Furthermore, one can appreciate the interoperability of nodes to the central node as shown in **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.16.**

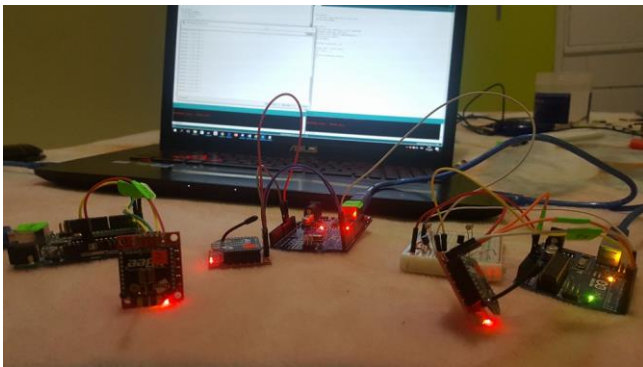


Figure. 16. Communication network Xbee sensors.

Source: Authorship.

3.4.5 Test Phase One "standard WiFi communication."

This test phase has standard WiFi communication for the development of this network you need to set our Arduino IDE and configure your module using AT commands, in addition to conform the network of sensors, wiring diagram and results.

Wiring 3.4.5.1

The scheme presented below will comprise a ESP8266 module, Arduino ONE to the central node and the node station also it has the above said components DS15B20 a temperature sensor, its connection appreciated.

Central node

previously said the central node is ESP8266 settle for WiFi and an Arduino Uno and connection module for operation will perform as **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.17,** it is shown below.

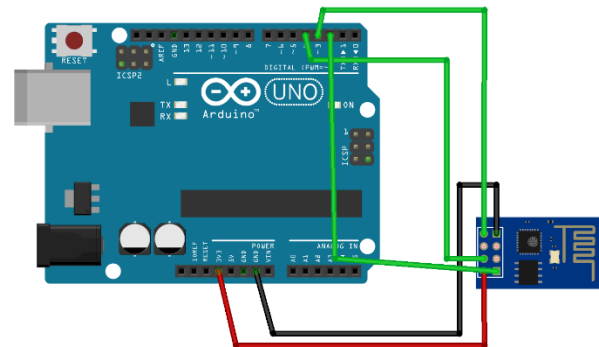


Figure. 17. Scheme of electrical connection hub for Fritzing WiFi system.

Source: Authorship.

Node Station

The node station will have the processing subsystem, detection and control to send their data to the central node, this has each communication element as shown in **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.18.**

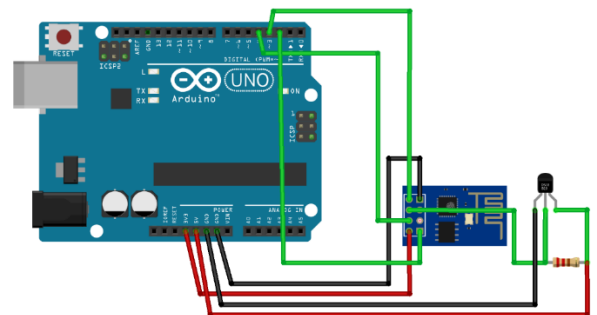


Figure. 18. Electrical Wiring node Fritzing station.

Source: Authorship.

Results

To appreciate the results WiFi, not only may the terminal display in Arduino, but can also be set using Internet, a display on a platform that works with such sensors, and projects. In this can be seen as an indicator of the algorithm the number of sensors in this case working digital sensor network, as seen in **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Figure 19 and 20, shown below.


```

COM3 (Arcuno:Genuino Uno)
received: Temperatura: 22 #52 _Node151
received: Temperatura: 21 #32 _Node507
received: Temperatura: 21 #38 _Node507
received: Temperatura: 22 #79 _Node348
received: Temperatura: 22 #69 _Node151
received: Temperatura: 22 #39 _Node507
received: Temperatura: 22 #36 _Node507
received: Temperatura: 22 #34 _Node507
received: Temperatura: 22 #81 _Node348
received: Temperatura: 22 #37 _Node507
received: Temperatura: 22 #82 _Node348
received: Temperatura: 21 #38 _Node507
received: Temperatura: 22 #96 _Node151
received: Temperatura: 22 #39 _Node507
received: Temperatura: 22 #83 _Node348
received: Temperatura: 22 #40 _Node507
received: Temperatura: 22 #57 _Node151
received: Temperatura: 22 #42 _Node507
received: Temperatura: 22 #68 _Node151
received: Temperatura: 22 #85 _Node348
received: Temperatura: 22 #43 _Node507
received: Temperatura: 22 #44 _Node507
received: Temperatura: 22 #45 _Node507
received: Temperatura: 22 #46 _Node507
received: Temperatura: 22 #60 _Node151
    
```

Figure. 19 collected data on the WiFi system - Central Node.

Source: Authorship.

In addition, gauge sensors, you can see an indicator received information which allows us to monitor how information is working in each of these. Said earlier the energy level is very important for each sensor networks, for this is placed a source other than the traditional source Arduino give us higher amperage and we provide a stable and solid connection.

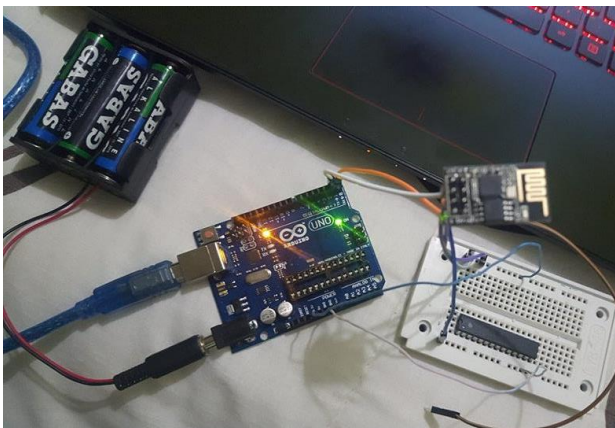


Figure. 20. Network WiFi sensors, central node in the network.

Source: Authorship.

3.4.6 Test Phase One "Standard Bluetooth communication."

At this point relevant evidence to standard Bluetooth wireless communication is made, for this purpose the corresponding configurations of each of the modules must be performed by AT commands both speed transmission and the role it will take in the entire network system.

Wiring 3.4.6.1

Basically, this connection scheme Bluetooth HC-05 and an Arduino Uno to the central node and the node

station also will form a DS15B20 temperature sensor is used.

Central node

Likewise, this will have the processing subsystem will be the Arduino Uno and the communication subsystem will be the Bluetooth module and the connection of these will be made as shown in **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**twenty-one.

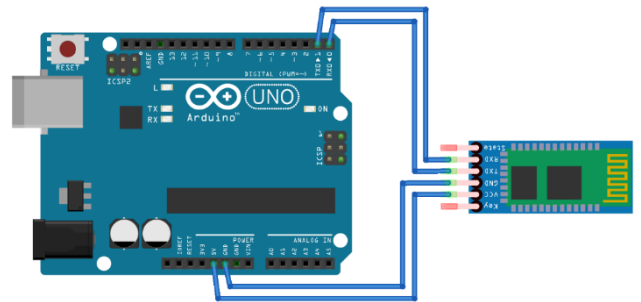


Figure. 21. Electrical diagram of the central node in Fritzing.

Source: Authorship.

Node Station

This node will have the processing subsystem "Arduino Uno" detection subsystem with the temperature sensor subsystem communication with the Bluetooth module as shown in **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**22.

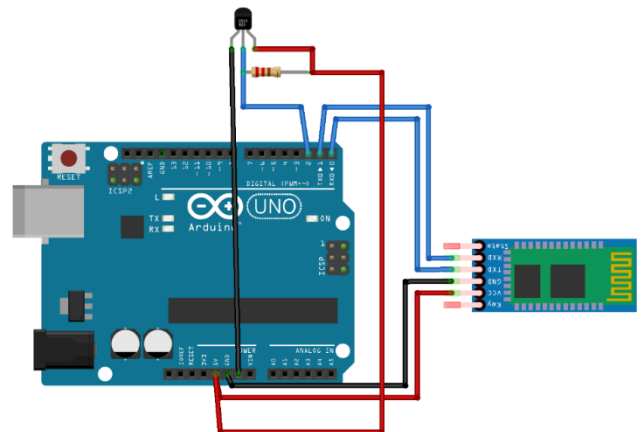


Figure. 22. Electrical Wiring node Fritzing station.

Source: Authorship.

Results

For the results of the nodes the mili function that shows the processing time has network was used, it should be emphasized that to create the network must set the point to point communication, then you have to perform instead of the MAC device for the next node station as Bluetooth technology it is not possible to establish a communication to all nodes but one by one, for this one indicator of the

algorithm is the type of data that is sent in this case in a data float decimal expressing us that gives us the temperature as shown in Figura.2. 3.

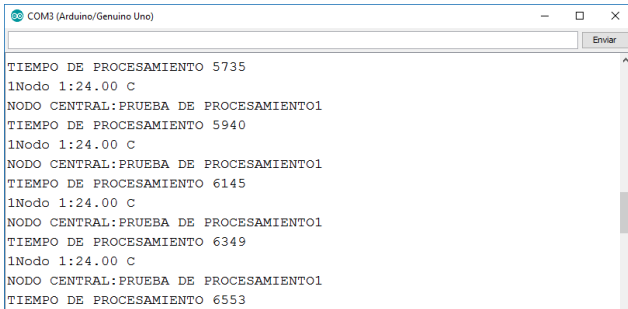


Figure. 23. Data collected from sensors Bluetooth network.

Source: Authorship

For this technology we can see that is dispensable to use a 5V supply, since the data voltage and amperage better work with great efficiency. Physically it can be seen as this in Figura. .

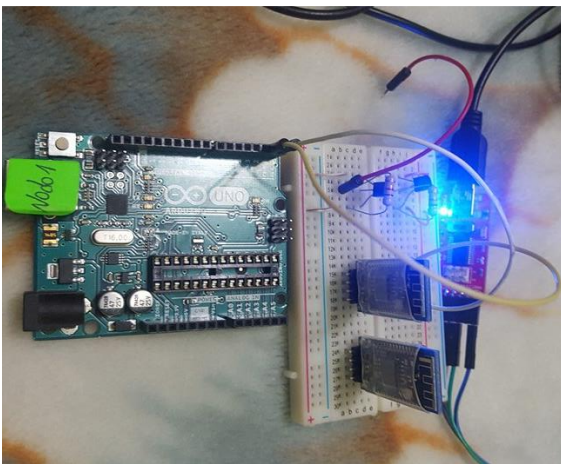


Figure. 24. Network Bluetooth sensors

Source: Authorship.

4. Develop and test new communication algorithm.

The algorithm has established the communication variables in each design requirements and the electronic system. The plot created in these communication protocols has 11 bytes, of which 2 are the beginning and end of the frame are for authentication or identifiers of communication modules, the second and third are for controlling the use of battery in each temperature sensor or sensors that are placed depending on how the data is sent in the receiver frame to indicate its status; the fourth, fifth and sixth are analog or digital data generated by and tenth temperature sensor, the seventh, eighth, ninth show processing high as more system is indicates that the system is in poor condition or there is unwanted interference at the connection points.

In the Tabla9 each of the identifiers is part of the frame and support the encoding and decoding each of the data shown.

Table 9. Identifiers communication frame

	identifiers	Definition	Number of bytes
First and last byte	TO B C	Helps verify that customer is also the start and end of the frame. It is specified with all the letters of the alphabet, in case there are more customers byte set to increase plot.	2
Second and third byte	0 1	Depending on the battery status sends a "00" if it is in poor condition "01" if in an average state and "10" if it is in good condition. These identifiers will be decoded in the central node.	2
Fourth, fifth and sixth byte	03u	The temperature data, these bytes are given by 3 slots where data indicating the analog or digital temperature being recensusing	3
Seventh, eighth, ninth and tenth byte	04U	Processing data, 4 bytes are shown here where indicates the processing status of the network, if count time delay in decoding information.	4

Source: Authorship

All this will be reflected in the transmission portion of each of the communication nodes to the central node.

The central node to collect this information is to decode and process depicting him as the Figura.25 shown below as actual and processed data, this will reflect on all wireless technologies because it is a specific plot and made to use with any platform and with those already specified modules.

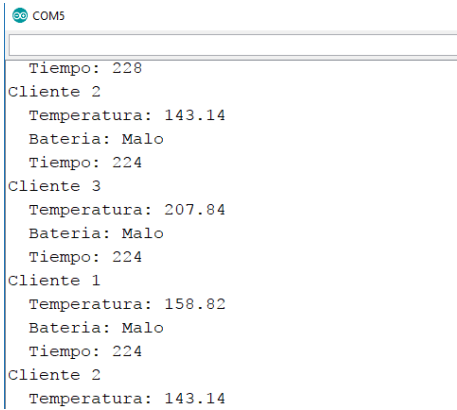


Figure. 25 Arduino receiving data from the central node.
Source: Authorship.

temperature, battery processing time: How could denote the client that is sending the data with established parameters which are shown. Giving each control data in addition to its current state by the central node.

In the Figura.26, we can see how the plot at each of the stations is sent nodes also observed that each of the identifiers sent to the central node.

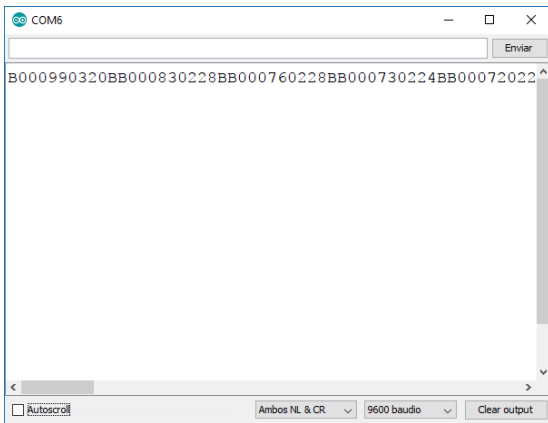


Figure. 26. Transmission of data Arduino station node.
Source: Authorship.

In this case the frame of the node B is sent with B000990320B identifiers, as previously missioned this data will be decoded by the central node and will be displayed to the user via an interface.

Set all parameters display, encoding and decoding to be given in the program for controlling data in application layer and perform the testing phase applied the algorithm in each of wireless technologies, we can validate it by processing data given in each of the technologies as there is a change shipping or priority of packets sent through the established frame plus the packets are sent with greater efficiency and less time, unlike the testing phase without said algorithm , in the Figura. 326, it can be seen that the processing time of the low data between normal tests with established protocols and testing the new algorithm implemented with an average of 57.25 microseconds

depending on, giving a shorter response time also a prioritized packet forwarding.

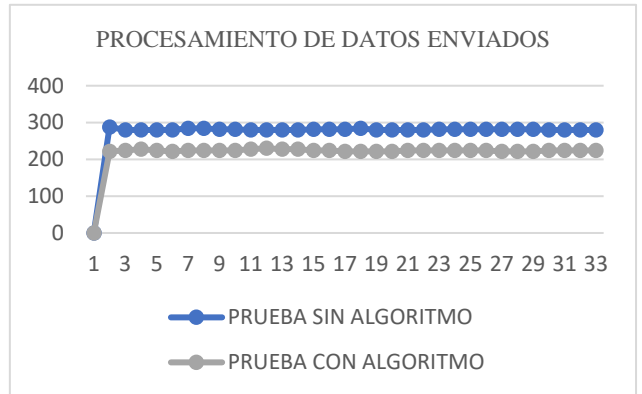


Figure. 5. Time data processing with and without implemented algorithm.
Source: Authorship.

After testing with each of the established technologies, it was possible to demonstrate that the creation and implementation of the new algorithm works properly and meets the stated objectives, mainly by improving the response time of each station nodes, and helping have better media access control at application layer displaying the status of the sensor network and giving important identifiers when lifting these wireless networks, optimizing projects based on Internet of Things or embedded systems, giving an opening to future testistas or research projects using this algorithm for better data collection and analysis of these.

5. Conclusions.

flexible to communication standards Zigbee algorithm, WiFi, Bluetooth and Radio Frequency developed that by identifiers placed in the data frame as: battery control, sending analog and digital data, client identifier, processing control and control data; the sensor network has increased performance and application access control layer further that provides better management of information volume and transmission speeds are appropriate to the embedded system used.

Research performance media access can generate a competitive advantage in the market since the implementation of a new algorithm achieves interconnect a larger number of sensors without sacrificing network performance by prioritizing and security when connecting multiple node station to the central node, the fastest time decoding of the new algorithm is 224 milliseconds unlike traditional algorithms in which time is much higher.

Using the methodology of the model V and ISO / IEEE 29148 standard allows greater control of titling project when a drawback in making it, as this allows us to restore information and focus on the development efficient communication new algorithm, providing a flexible and optimal project for use.

After performing the test phase in each of the communication standards and comparing each of these with the new algorithm designed and implemented, it is possible to reduce the response time, and processing each of the data as part plot with an average of 57.25 milliseconds, in addition to sending packets for each data priorities.

Thanks.

Some special thanks is extended to both the Technical University Northern professors and researchers of the School of Electronics and Networks of communication.

Bibliographic references.

- [1] (Sf). Obtained from http://zeflo.com/wp-content/uploads/2014/09/esp8266_pinout_h-569x236.png
- [2] Aguilar, S. (2005). Formulas for calculating the sample in health research. Tabasco health.
- [3] Alloza, JM (2014). Microcomputer assembly components and peripherals. IFCT0108. Antequera: Editorial IC.
- [4] Amdahl, GM (2012). CPU-customized application. Obtained from [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/com](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/52/CPU_block_diagram.svg/210px-CPU_block_diagram.svg.png)
- [5] Aosong. (2013). Aosong (Guangzhou) Electronics Co., Ltd. Retrieved from <http://www.aosong.com/en/products/index.asp>
- [6] Arduino. (2016). Arduino. Retrieved from <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [7] Barnabas, JD (2011). Design for an embedded real-time control system. a boost converter fed by a fuel cell.
- [8] White, J., Garcia, D., Castellnou, M., Molina, D., Grillo, F., & Pous, E. (2008). Basic Course Wildfire. Lleida: University of Lleida.
- [9] (IngenieríaElectrónica.Org. (August 8, 2015). INGENIERIAELECTRONICA.ORG. Retrieved from <http://ingenieriaelectronica.org/definicion-y-caracteristicas-de-led-diodo-emisor-de-luz/>
- [10] National government of Ecuador. (2013). [buenvivir.gob.ec](http://www.buenvivir.gob.ec). Obtained from <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-7.-garantizar-los-derechos-de-la-naturaleza-y-promover-la-sostenibilidad-ambiental-territorial-y-global>
- [11] Miñarro, B. Ú. (2009). embedded systems.
- [12] Nunez, CV, Peña, JC, & Farzón, LC (sf). Comparative analysis of wireless technologies for telemedicine services solution. ISSN.
- [13] Nuñez, CV, Peña, JC, & Garzon, CL (sf). Comparative analysis of wireless technologies for telemedicine services solution.
- [14] Pahdaman, SM (2014). Implementation and Evaluation of RBS synchronization protocol for wireless sensor networks. 7-13.
- [15] Pressman, RS (2017). Software Engineering. EcuRed.
- [16] Networks. (2006). [Http://www.mfbarcell.es/docencia_uned/redes/tema_10/redes_cap_10.pdf](http://www.mfbarcell.es/docencia_uned/redes/tema_10/redes_cap_10.pdf) obtained.
- [17] Roque, FP, Zaldivar, EV, & OA (2013). Data Acquisition System with wireless communication.
- [16] UDLAP. (2011). Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documento_s/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf



mons/thumb/5/52/CPU_block_diagram.svg/210px-CPU_block_diagram.svg.png

About the Authors.

Juan P. LOZA ACOSTA. Born in Quito on 03 July 1993. He did his primary studies at the "José María Velasco Ibarra" School Secondary studies at the "San Francisco" where I ended in 2011, obtained the degree of Bachelor Specialization Science College mathematical physicist. Currently, he is conducting its process engineering degree in Electronics and Communication Networks at the Technical University of the North-Ecuador.



Jaime R. MICHILENA CALDERON. Born in Atuntaqui - Ecuador on February 19, 1983. Engineer in Electronics and Telecommunications at the National Polytechnic School in 2007. He currently teaches at the Engineering in Electronics and Communication Networks

Technical University Northern obtains his Master of Communication Networks at the Pontifical Catholic University of Ecuador in Quito Ecuador 2016.