



## PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA SISTEMAS INALÁMBRICOS DE BUS DE REPETICIÓN EN EQUIPOS DE MEDICIÓN

### Communication Protocol For Systems Of Wireless Communication

Paz Silmer E.

Universidad Rafael Beloso Chacín. Venezuela.

Erick Ramos

Universidad Rafael Beloso Chacín. Venezuela.

### RESUMEN

La presente investigación plantea el diseño de un protocolo de comunicación, para sistemas inalámbricos, específicamente de radio-frecuencia con lo cual todos los nodos en la red puedan recibir la información enviada desde cualquier otro dentro de su alcance, esta habilidad permite que cada uno pueda servir de repetidor para alcanzar nodos fuera del radio de acción del emisor, estableciendo el tipo de red como bus de repetición. Las características y propiedades de la red conllevan una serie de inconvenientes, entre los cuales tenemos la saturación de la red, altas probabilidades de error, posibles pérdidas de paquetes, entre otros. Dichas debilidades se atacan en este diseño para el uso eficiente de la infraestructura planteada. La investigación se catalogó como descriptiva bajo la modalidad de campo, con un diseño no experimental. La metodología utilizada es propia del autor contemplando 4 fases basadas en el modelo referencial OSI para el diseño de protocolos. Como resultado se obtuvo la selección de algoritmos y técnicas óptimas para el establecimiento de comunicación de sistemas inalámbricos de este tipo, se muestra la comparación de los algoritmos de Reed-Solomon y Viterbi para corrección de errores. También se presentan el diseño del modelo de direccionamiento, estructura de paquetes y el algoritmo de balanceo de carga y enrutamiento basado en el camino más corto de Bellman para grafos.

**Palabras clave:** protocolos de comunicación; sistemas, redes inalámbricas.

### ABSTRACT

The present investigation raises the design of a communication protocol for systems of wireless communication, specifically radio-frequency with all the nodes of the network, this ability allows that each one can serve as repeater to reach nodes outside the operational range of the emitter,



establishing the type of network like repetition bus. The characteristics and properties of the network entail a series of disadvantages, between which we have the saturation of the network, discharges error probabilities, possible losses of packages, among others. These weaknesses are attacked in this design for the efficient use of the raised infrastructure. The investigation is catalogued like descriptive under the field modality, with a nonexperimental design. The used methodology is own of the author contemplating 4 phases based on referential model OSI for the design of protocols. As result obtained the optimal selection of algorithms and techniques for the handshaking of wireless systems of this type, show the comparison of the algorithms of Reed-Solomon and Viterbi for correction of errors. Also they appear the design of the model of address, structure of packages and the algorithm of load balance and routing based on the short by Bellman for graphs.

**Key words:** communication protocols, wireless systems, networks.

## INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones siempre han sido un punto clave dentro de las necesidades humanas, por esta razón se han convertido en el objetivo de innumerables estudios e investigaciones en busca de nuevas y mejores formas de transmitir información.

Entre los avances más importantes de las últimas décadas se encuentran las comunicaciones inalámbricas, las cuales permiten intercambiar información entre puntos equidistantes a altas velocidades de transmisión; uno de los principales problemas presentes en estos sistemas es la interferencia ó atenuación de la señal lo que afecta la veracidad y consistencia de los datos recibidos así como los tiempos de respuesta.

Por lo cual este tipo de tecnología es demasiado dependiente del ambiente donde se implemente pudiendo afectar considerablemente su desempeño, esto quiere decir que su diseño debe considerar diversas variables que van desde la complejidad de la parte electrónica hasta la operatividad lógica que se implemente.

Por esta razón, el protocolo de comunicación para este tipo de sistemas se convierte en un punto importante pudiendo tomarse decisiones que permitan el uso efectivo de las bondades brindadas y generar soluciones para la disminución del impacto producido por sus debilidades.



La presente investigación propone un modelo base para el diseño de protocolos de comunicación para redes inalámbricas de bus de repetición, es decir, redes de radiofrecuencia donde cada dispositivo tiene posibilidades de retransmitir la señal recibida para alcanzar puntos distantes fuera del alcance radial del emisor.

Esta investigación plantea que los dispositivos a interconectar son equipos de medición, esto significa que pueden estar ubicados tanto a la intemperie como dentro de algún tipo de edificación por lo que el protocolo debe ser altamente tolerante a interferencias externas e internas al sistema de comunicación; además puede existir una gran cantidad de nodos pertenecientes a la red por lo que se debe mantener un control estricto en el manejo del flujo de datos.

En esta investigación se aborda el diseño de un Modelo de Protocolo de Comunicación Inalámbrico para el uso específico de equipos de medición, lo cual acarrea problemas con la recepción correcta y veraz de la información. El método de difusión escogido es el bus de repetición, lo cual nos indica que todos los nodos se encuentran interconectados por un medio de transmisión común, y para alcanzar puntos equidistantes se retransmite la señal entre todos los nodos de la red.

En un sistema inalámbrico este tipo de difusión se realiza por radiofrecuencia; de esta forma la señal llega hasta los equipos adyacentes dentro del área radial del emisor. Esto significa que se utiliza el envío escalonado entre nodos intermedios para que la información llegue entre puntos equidistantes, pudiendo producir envíos a lugares erróneos dentro de la red y el aumento desmedido del tráfico, creando problemas de envío y recepción, y colapsando el medio de comunicación.

En otro aspecto, cabe destacar que el tipo de investigación planteada es no experimental transaccional descriptiva y aplicada, soportada por las definiciones brindadas por los autores Sabino, Hernández y otros. La metodología utilizada en esta investigación es una propuesta propia del autor, basada en el modelo OSI para diseño de protocolos desarrollando un proceso basado en 4 fases nombradas a continuación: La primera fase es el Análisis del sistema de comunicación, la siguiente es la Definición de servicios, luego el Análisis de algoritmos y por último la Integración del modelo.



## RESULTADOS

El primer paso para el diseño de protocolos es la caracterización del sistema de comunicación sobre el cual funcionará. A pesar de que esta investigación no contempla el diseño de la infraestructura, se plantean recomendaciones para su diseño y parámetros para el cálculo de prestaciones del protocolo.

Entre los parámetros clave para el diseño del protocolo y su simulación, se encuentran la frecuencia de operación, método de modulación, distancia de operación efectiva, sensibilidad de recepción y capacidad del canal.

De esta manera se propone el uso de frecuencias dentro de la banda ISM (Industrial, Scientific, Medical), ubicada entre las frecuencias 2400 Mhz y 2500 Mhz, por motivos de futuras compatibilidades con WI-FI (estándar 802.11b de la IEEE). En el mismo orden de ideas, se expone el uso de modulación FSK para hacer poco complejo el diseño de las interfaces. Se necesita que el sistema de comunicación sirva tanto dentro como fuera de edificaciones, por esta razón es deseable que la distancia efectiva de operación se encuentre entre un rango de 100 a 300 metros, el nivel de sensibilidad sea de 9 a 12 DB, y cuente con una capacidad de canal mínima de 10 Kbps.

El desarrollo del protocolo propuesto se realiza bajo las especificaciones de la arquitectura de modelado OSI. Aquí sólo se toman en cuenta las 6 últimas capas OSI (Enlace de Datos, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación). De esta manera, en esta sección se indican y explican los servicios prestados por cada capa del protocolo.

En la capa de enlace de datos, se especifican servicios de detección y corrección de errores, este se realiza mediante el uso de algoritmos diseñados para esta tarea, los cuales serán evaluados y seleccionados en la siguiente fase, entre estos algoritmos se encuentran el Reed-Solomon y Códigos Convolucionales.

Por otra parte, el protocolo se encuentra diseñado bajo el modelo de conmutación de paquetes (servicio de datagramas o no orientado a conexión), en los cuales no hay necesidad de establecer conexiones previas a la comunicación, utilizando paquetes auto-enrutables. Esto se debe a que los datos pueden ser enviados en un único paquete con toda la información requerida.

El sistema de nomenclaturas definidos para el protocolo se encuentra basado en el IP del protocolo TCP/IP; utilizando 4 bytes para demarcar cada dirección, dividiendo estos en 2 números de 2 bytes, el primer numero identifica la red en la que se encuentra y el segundo el nombre del nodo (véase figura 1).

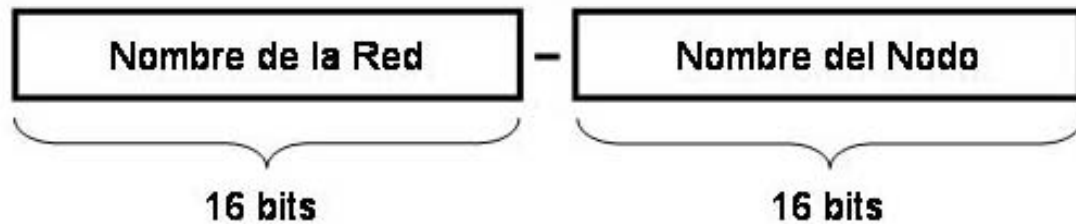


Figura 1. Formato de Direccionamiento. (Silmer Paz, 2.005)

Cada parte de 16 bits puede identificar desde 0 hasta 65536, por lo que se tiene una capacidad de direccionar  $4,29 \times 10^9$  nodos, ya que se toma la dirección de red 0 para broadcast, siendo la dirección 0-0 la de broadcast general y las 0-1 al 0-65536 para broadcast de cada red, es decir, la dirección 0-245 es un broadcast dentro de la red 245 (el autor).

Como se menciona anteriormente, es posible enviar toda la información necesaria en un sólo datagrama, dado que los nodos de la red son equipos de medición, la información a enviar son algunos parámetros leídos por el equipo; estos datos representan números reales con una precisión específica. Dentro del protocolo estos valores se especifican como números de 32 bits, donde los 8 bits más significativos se utilizan para el exponente y los 24 restantes para la mantisa, pudiendo representar cifras comprendidas entre  $-8.388.608E^{-128}$  al  $8.388.607E^{+127}$ .

La estructura de los paquetes definida para el protocolo consta de 4 bytes para representar la dirección destino, 4 bytes dirección de origen, un byte para control, un byte de información del nodo, 2 bytes de sincronización, y los datos se expresan con 5 bytes, el byte más significativo es para identificar la variable y los 4 restantes el valor leído.

El byte de control se desglosa de la siguiente manera, los 3 bits más significativos indican el número de identificación del equipo de comunicación conectado a la red (externo a la red), contando con 8 posibilidades por nodo, es decir se pueden conectar simultáneamente 8 equipos a cada nodo. Los siguientes cinco bits desde el más significativo se explican a continuación, el primero indica si el paquete es enviado a un equipo externo, el segundo indica si el paquete contiene data, el tercero si el paquete es una petición de conexión desde un equipo externo, el

siguiente indica al nodo receptor que envíe un paquete al emisor para que este se sincronice, y el último es para identificar si el broadcast es total o sólo entre nodo adyacentes (broadcast cercano), es decir que los receptores no deben difundir el paquete recibido.

Los bytes para la dirección de origen son colocados sólo para la recuperación de información, para paquetes tipo broadcast estos deben ser igual a cero (0). El byte de información de nodo representa la carga que tiene el nodo emisor, el cual es el número de paquetes atendidos por el mismo. Los 2 bytes de sincronización se utilizan para calcular la velocidad de transmisión brindada por el nodo emisor, este dato junto al byte de información son utilizados por el nodo receptor para el proceso de enrutamiento.

El byte de identificación de variable se usa numerando las variables, pudiendo representar 256 variables (0 al 255).

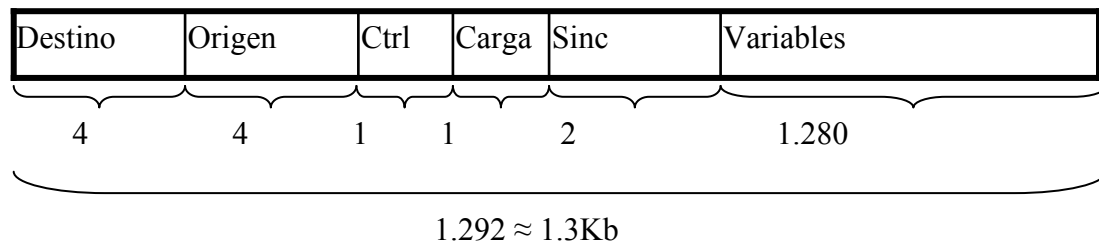


Figura 2. Estructura del Paquete. (Silmer Paz, 2006)

Vale destacar que los paquetes varían su tamaño dependiendo su uso, teniendo mínimo 12 bytes y el máximo de 1.292 bytes, dependiendo del número de variables devueltas por el equipo de medición.

El manejo de sesiones sólo es ejecutado por los equipos externos, a través de un paquete de petición de conexión con el cual pide que un nodo lo reconozca y preste servicio, entre los nodos de la red este concepto no es utilizado dado que los paquetes no necesitan del establecimiento de una conexión para ser enviados.

También se deben definir las primitivas de comunicación que permiten la interacción de las aplicaciones con la red, la primera es Conectar, con la cual se pide a la red que un nodo proporcione servicio al equipo que realiza la petición, tómesese en cuenta que para usuarios móviles la aplicación debe realizar la tarea cada cierto tiempo y de esta forma proporcionar el cambio transparente de nodo para el mejoramiento del servicio.



La siguiente es Recuperar e indica a la red que debe proporcionar la información tomada por el sistema de medición, existen dos posibilidades: Recuperar todo, significa que todos los nodos de la red deben enviar su información y la variante Recuperar nodo X, indica que el nodo X debe enviar su información.

Además se tiene Sincronizar el cual es generado en el momento en que un nodo entra a la red, este señala a la red que debe reconfigurar su tiempo para sincronizar. Por último Estructura indica a todos los nodos de la red que envíen su información de sincronización y carga para conocer los nodos activos.

Luego de definir los servicios a prestar en la red, se pueden seleccionar los algoritmos necesarios para implementar la óptima funcionalidad del sistema, en primer lugar se debe asegurar la integridad y veracidad de la información, esto se logra aplicando algoritmos de detección y corrección de errores; ya que se desea que la red funcione bajo condiciones adversas tanto en interiores como exteriores, deben ser aplicados métodos de corrección bastante confiables, dentro de esta investigación se toman como objetos de estudios el uso de los algoritmos de Reed-Solomon y Códigos Convolutivos.

Ambos algoritmos fueron estudiados tomando en cuenta sus niveles de complejidad y sus ambientes de funcionalidad, para los Códigos Convolutivos se eligió el algoritmo de Viterbi en el cual la complejidad incrementa exponencialmente dependiendo del tamaño de la restricción (k) usada.

Por su lado, el algoritmo de Reed-Solomon basa su complejidad en el uso de polinomios generadores los cuales dan como resultado complejidades de orden polinomial, este usa para su diseño el número de símbolos por bloque codificado (k) y el tamaño del bloque codificado donde n debe ser mayor que k; los valores recomendados para este algoritmo son  $n=255$  y  $k= 223$  lo cual deja 32 bits de paridad.

Las mejores prácticas indican que el algoritmo de Reed-Solomon resulta ineficiente en ambientes donde el porcentaje de errores es bajo, para lo cual se recomienda el algoritmo de Viterbi. Y en ambientes de porcentajes de error alto se recomienda el uso de Viterbi y Reed-Solomon de forma concatenada

Por otro lado el enrutamiento se encuentra basado en el algoritmo de búsqueda del camino más corto de Bellman utilizado en teoría de grafos,



este es ejecutado en cada nodo tomando los datos provistos por el paquete de petición del servicio, de esta forma cada nodo decide a través de cual nodo se enviarán los paquetes y así realizar el balanceo de flujo de red. Como se mencionó que cada paquete enviado cuenta con información para calcular la carga del nodo y el tiempo de respuesta, con esta información se construye una tabla en la cual se selecciona el nodo con menor carga y tiempo de respuesta.

En el momento en que el nodo emisor reciba un paquete con el mismo origen, destino y tipo se guardan estos valores para enrutamiento y se desecha la petición.

Para la difusión de paquetes en la recuperación de datos a todos los nodos, se envía un paquete de recuperación con la dirección destino la dirección broadcast destinada a la red, por ejemplo la dirección 223.0 para un broadcast 223 y 0.0 para toda la red, además el paquete debe contener en la dirección de origen el nodo desde la que se hace la petición y a cual dispositivo debe ser enviado

Por último, para la integración del modelo sólo se debe ordenar lo obtenido en cada fase anterior por cada fase OSI, es importante que se conozca la secuencia que tiene cada paso. A continuación se muestra como interactúa cada capa.

#### Capa de Aplicación

- Bajo esta capa se tiene las primitivas de comunicación creadas para la interacción con la red. Estas son Conectar, Recuperar Todo, Recuperar X, Sincronizar y Estructura.
- Al ejecutar cualquiera de las primitivas, son enviados a la capa de presentación los datos necesarios para la construcción del paquete.
- Al momento de recepción toma los datos devueltos por la capa inferior y muestra los resultados.
- En los nodos se utilizan las primitivas que provean los equipos de medición para obtener las variables.





### Capa de Presentación

- Los datos recibidos desde la capa anterior sirven para la construcción del byte de control. Bajo esta capa se agregan las direcciones y se llena el byte de información.
- Si la información provista por aplicación representa las variables medidas, estas son codificadas e ingresadas al área de variables del paquete.
- Durante la recepción se decodifican las variables y se asignan los valores obtenidos.

### Capa de Sesión

- Esta sólo existe durante la generación de un paquete de Conexión. En la cual el nodo coloca el número de agentes atendidos al momento, información que es registrada en los 3 bits más significativos del byte de control.
- Si un equipo no interactúa durante un tiempo "t" definido en el diseño del protocolo, este debe pasar a ser desconocido por el nodo.

### Capa de Transporte

- Cuando se reciben paquetes durante petición de servicio, se crea una tabla con la dirección origen, la carga y el tiempo de respuesta.
- Durante el tiempo de procesamiento de sesión, presentación y aplicación, o utilizando un tiempo t predeterminado, se genera la recepción y armado de la tabla de rutas. Luego se realiza la búsqueda y es seleccionado el nodo a transmitir. Colocando la dirección del nodo como destino.
- Para el proceso de respuestas, el nodo origen pasa a ser el nodo que realizó la petición.

### Capa de Red

- En la capa de red se verifica que el campo dirección de origen sea el nodo receptor, sino el paquete es descartado. En este caso si el



paquete está dirigido a quien lo recibió, ambas direcciones son idénticas.

- También se verifica que los paquetes recibidos no sean un paquete enviado por el receptor.

#### Capa de Enlace de Datos

- Dependiendo del algoritmo seleccionado (Reed-Solomon ó Viterbi) se ejecuta la codificación completa del paquete recibido desde la capa anterior. Los bloques de datos codificados son pasados a la capa física para su envío.

### CONCLUSIONES

El uso de sistemas de comunicación inalámbricos para la interconexión de equipos de medición resulta ventajoso ya que permite interacción directa entre ellos sin la necesidad de tener un medio rígido para el enlace, esto resulta de mucha utilidad dado que el factor de movilidad agregado permite la reconfiguración de la red sin problemas.

A pesar de esta bondad las comunicaciones inalámbricas son muy sensibles a las condiciones ambientales por lo que las hace muy propensas a errores, además se debe tener mucho cuidado con los procesos de envíos evitando el congestionamiento del medio de difusión. Para resolver este tipo de problemas se desarrollan protocolos de comunicación adaptados al tipo de ambiente bajo el cual se implementan, aprovechando sus bondades y resolviendo sus problemas.

Con el uso de los algoritmos de corrección de errores Reed-Solomon o Códigos convolucionales de Viterbi e inclusive los dos juntos puede lograrse una buena transferencia de información sin tener que depender de métodos de reenvío que retrasan la respuesta y colapsan la red.

El reenvío escalonado puede traer como consecuencias que un paquete quede deambulando eternamente, por esta razón los paquetes deben ser suficientemente específicos para evitar que un nodo reenvíe paquetes ya procesados.



## RECOMENDACIONES

Esta investigación sólo contempla el diseño del modelo por lo que se recomienda su implementación e implantación sobre una red real para poner a prueba su eficiencia y desempeño. Con la implantación de este tipo de tecnologías se pueden crear redes de alta versatilidad que permitan su configuración en poco tiempo y establecer comunicación en zonas donde sea casi imposible su acceso.

Durante el desarrollo se recomienda el estudio de otros algoritmos de detección y corrección de errores que se puedan adaptar de mejor manera a la implementación requerida, asimismo se podría mejorar el resultado.

Además, ser implementada sobre una red real lo cual genera investigaciones posteriores dedicadas a la mejora de los tiempos de respuestas. Se puede realizar un estudio sobre los mejores ambientes de implementación de redes que utilicen protocolos basados en este modelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alonso, José Miguel. (1.996).** Protocolos de Comunicaciones para Sistemas Abiertos. Addison–Wesley Iberoamericana. 376 Págs.

**Aguirre, José E.** Trabajo sobre Redes Inalámbricas. Universidad de Cataluña. [Jose\\_eduardoa@yahoo.com](mailto:Jose_eduardoa@yahoo.com). 69 Págs.

**Bates, Regis J. “BUD”. (2.003).** Comunicaciones Inalámbricas de Banda Ancha. Mc Graw Hill. 345 Págs.

**Beltrão M., José A. Sauve, Jacques P. Ferreira G., William. Marinho De A., José F. (1.992).** Redes locales de Computadoras. Protocolos de Alto Nivel y Evaluación de Prestaciones. Mc Graw Hill. 442 Págs.

**Black, Uyles. (1.990).** Redes de Computadoras. Protocolos, Normas e Interfaces. Macrobite. 421 Págs.

**Couch, Leon W. II. (1.997).** Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos. 5<sup>ta</sup> Edición. Prentice Hall. 742 Págs.

**CyberCursos.** Curso de Redes de Computadoras. [www.cybercursos.net/?cat](http://www.cybercursos.net/?cat) 2 40 Págs.



**Fairhurst, Gorry. (2.001).** Cyclic Redundancy Check.  
[www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/course/dl-pages/crc.html](http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/course/dl-pages/crc.html)

**Hernández S., Roberto. Fernández C., Carlos. Baptista L., Pilar. (2.003).** Metodología de la Investigación. 3<sup>ra</sup> Edición. Mc Graw Hill. 705 Págs.

**Núñez, Steve. (2.004).** Guía de Estudio de Transmisiones Digitales. Maestría en Telemática. Decanato de Investigación y Postgrado. Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín. 32 Págs.

**Ramos P., Francisco.** Cálculo de la Atenuación por Lluvia en Radioenlaces. [www.radioptica.com](http://www.radioptica.com)

**Ramos P., Francisco.** Cálculo de Radioenlaces. Balance de Potencias. [www.radioptica.com/Radio/calculo\\_radioenlaces.asp](http://www.radioptica.com/Radio/calculo_radioenlaces.asp)

**Schwartz, Mischa. (1.994).** Redes de Telecomunicaciones. Protocolos, Modelado y Análisis. Addison–Wesley Iberoamericana. 772 Págs.