

# Análisis de un sistema de comunicación inalámbrica en zona rural en el departamento de Caldas

Santiago Sánchez Escobar<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Especialista en Redes y Telecomunicaciones. Ingeniero Electrónico. Gestor Línea Electrónica y Telecomunicaciones, Tecnoparque Nodo Manizales. SENA Regional Caldas, Centro de Procesos Industriales. Manizales, Colombia.

Recibido: 21/06/16. Aprobado: 22/11/16

## RESUMEN

Las ventajas ofrecidas por los dispositivos que trabajan bajo el estándar IEEE 802.11 (Wi-Fi) han despertado el interés de diversos agentes tecnológicos para ser utilizadas en exteriores, ya que ofrecen mayor ancho de banda que otras soluciones. Estas ventajas abren el camino hacia las aplicaciones en tiempo real. Este artículo busca realizar un análisis de tráfico en un dispositivo Wi-Fi, funcionando en la zona rural del municipio de Manizales, con la finalidad de observar su comportamiento al ser utilizado para realizar llamadas de telefonía IP (VoIP), especialmente en los paquetes SIP (*Session Initiation Protocol*) y RTP (*Real-time Transport Protocol*), utilizados para iniciar la sesión y transmitir los paquetes respectivamente. Se busca obtener la distancia máxima a la cual se puede trabajar, estimando el tráfico de la llamada en el punto de mínima sensibilidad del dispositivo Wi-Fi. La metodología empleada corresponde a una investigación experimental, con enfoque empírico, analítico y de carácter descriptivo. El resultado obtenido con el proyecto fue un análisis de latencias que permiten conocer las distancias de la instalación de los repetidores para una señal óptima en las llamadas de voz IP.

**Palabras clave:** VoIP, Wi-Fi, Rural, Protocolo de Comunicaciones, Inalámbrico, Potencia, Distancia, y humedad relativa.

## Analysis of a wireless communication system in rural area in the department of Caldas

### ABSTRACT

The advantages offered by the devices which work under the IEEE 802.11 (Wi-Fi) standard, have provoked the interest from different technological agents, to be used outdoors, because these devices offer better bandwidth than other wireless solutions. These advantages open the path to real-time applications. This project is searching to perform a traffic analysis in a Wi-Fi device, working in the rural zone in the municipality of Manizales, with the intention of watching the behavior while it is used as a way to make VoIP calls, especially in the SIP (*Session Initiation Protocol*) and RTP (*Real-time Transport Protocol*) packages, used for the initiation of the session and to carry the voice packages respectively. The experiment is looking for the maximum work distance, estimating the call traffic in the minimum sensibility power of the device.

The methodology used corresponds for an experimental research, empirical, analytical and descriptive approach. The result of the project was an analysis of latencies that provide insight distances installing repeaters for optimal signal IP voice calls.

**Key words:** VoIP, Wi-Fi, Rural, Communication Protocol, Wireless, Power, Distance.

## 1. Introducción

En el presente artículo se presenta el análisis de un sistema de comunicación inalámbrica en zona rural en el departamento de Caldas, partiendo de unos conceptos teóricos apoyados de autores contemporáneos, la metodología empleada y los resultados alcanzados.

El propósito del trabajo es realizar un análisis de tráfico de VoIP en la zona rural, usando un Access Point

de baja potencia para identificar el comportamiento de las llamadas. Para ello, se realiza un análisis de los paquetes SIP y RTP, encargados de la conexión y el envío de paquetes respectivamente, teniendo en cuenta el punto de mínima sensibilidad del dispositivo para ver la factibilidad de difundir este tipo de red en la zona rural.

Actualmente, para establecer una comunicación entre dos puntos se pueden emplear, en primera instancia, dos alternativas: una conexión mediante cable o bien una tecnología inalámbrica. Cada opción tiene sus ventajas y sus inconvenientes y la elección

\* Autor de correspondencia.

E-mail: ssanchez522@misena.edu.co (S. Sánchez)

Cómo citar este artículo:

Sánchez Escobar S. (2016). Análisis de un sistema de comunicación inalámbrica en zona rural en el departamento de Caldas. *Revista Vector*, 11: 16-23.

depende de la aplicación concreta. Desde principios del siglo XXI, una de las tecnologías que se ha venido tomando en consideración para las comunicaciones tanto en corta como en larga distancia, es la IEEE 802.11, más conocida como Wi-Fi. Si bien este estándar no se concibió para redes extensas, sus indudables ventajas de costo, uso de frecuencias libres de licencia y gran ancho de banda, han despertado el interés de diversos agentes tecnológicos de países en desarrollo. Incluso en los núcleos urbanos de muchos países se ha experimentado con aplicaciones Wi-Fi para distribuir el acceso a Internet con la mayor cobertura posible en exteriores. “Respecto al uso de frecuencias, las bandas ISM 2.4GHz y 5.8GHz utilizadas por esta tecnología, que permiten realizar enlaces en las zonas rurales, tanto punto a punto (PtP) como punto a multipunto (PtMP) de varias decenas de kilómetros” (GTR-PUCP, 2008, p. 14-15).

La tecnología de Voz sobre IP (VoIP), ha tenido un progreso significativo tanto en la parte comercial como en investigación, ya que permite a los usuarios realizar llamadas sobre las redes de datos a través de las tecnologías SIP y RTP (Adams & Kwon, 2010). “Con los avances tecnológicos, además puede proveer una mayor calidad en las llamadas y un mejor servicio que las redes comunes de telefonía (PSTN)” (Sinaeypourfard & Hussain, 2011).

Con VoIP trabajando bajo cualquier plataforma de redes de datos, ofrece ventajas para proporcionar un

servicio de telefonía IP a las zonas rurales y aisladas. En este sentido, las redes inalámbricas se convierten en la alternativa posible para ofrecer el servicio de voz y datos, debido a geografía accidentada y al carácter socioeconómico de la región.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Wireless Fidelity

La familia de estándares IEEE 802.11, más conocida como Wi-Fi, tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2.400-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado con objeto de lograr redes de área local inalámbricas, WLAN. Wi-Fi está definida como la tecnología que permite a los artefactos electrónicos intercambiar información por medio de ondas de radio, en una red de computadoras, incluyendo las conexiones de internet de alta velocidad.

Wi-Fi comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo difiere en la especificación de la capa de control de acceso al medio (MAC), ya que para controlar el acceso al medio Ethernet usa CSMA/CD, mientras que Wi-Fi usa CSMA/CA. El gran ancho de banda de la tecnología Wi-Fi (tabla 1), a un precio reducido, lo presenta como una de las mejores opciones para la transmisión de datos y redes de telefonía empleando VoIP.

Tabla 1. Comparación de Tecnologías Wi-Fi

	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
Tecnología PHY	DSSS	DSSS/CKK	OFDM	OFDM DSSS/CKK	SDM/OFDM
Tasa de datos (Mbps)	1.2	5.5 - 11	6 - 54	1 - 54	6 - 600
Banda de Frecuencia (GHz)	2.4	2.4	5	2.4	2.4 y 5
Ancho de Canal (MHz)	25	25	20	25	20 y 40

Fuente: (Navarrete 2009, p 3)

No obstante, pueden ser utilizadas en exteriores, si se introducen antenas externas, amplificadores adecuados y cumplen las regulaciones vigentes para las bandas libres, emitidas por Ministerio de Telecomunicaciones (2004), permitiendo enlaces de largas distancias a potencias muy bajas, con un ancho de banda mucho mayor a otras tecnologías, lo que abre el camino a servicios de aplicaciones en tiempo real, (GTR-PUCP, 2008, 14-15).

Como ventajas se encuentran el uso de frecuencias en banda libre, aplicando las limitaciones de potencia

establecidas en cada país, la tecnología es ampliamente conocida y la configuración es de unos pocos pasos, lo cual favorece el costo de los equipos. La movilidad, la escalabilidad y la flexibilidad son las características más importantes de la tecnología inalámbrica.

Los inconvenientes más comunes para el uso de los enlaces es que requiere línea de vista directa entre el emisor y el receptor, las colisiones en la red aumenta en relación con el número de usuarios, maneja una cantidad limitada de canales no interferentes (3 en 2.4Ghz, 8 en 5.8Ghz) y al ser una tecnología creada

para redes de corto alcance, al utilizarse a largas distancias, se deben tener en cuenta las pérdidas entre los usuarios.

**2.1.1 Wireless Distribution System, WDS.** Es un sistema que permite la interconexión de varios Access Point que usan el protocolo 802.11 y así expandir las redes inalámbricas usando múltiples puntos de acceso, sin el requerimiento tradicional de un backbone para unirlos.

La ventaja más notable de WDS, es que conserva las direcciones MAC de los clientes a través de los enlaces hechos por los puntos de acceso, lo cual permite crear unas tablas de direcciones MAC, para transmitir al otro lado del segmento de red solo los paquetes necesarios. WDS puede ser considerado un modo repetidor, porque actúa como puente entre redes y recibe clientes inalámbricos, sin embargo, con este método, la salida es dividida por mitad con todos los clientes conectados de manera inalámbrica. (Orinoco Wireless Networks, 2002, p. 1-4)

## 2.2 Telefonía IP

“La telefonía IP, se puede definir como la transmisión de paquetes de voz utilizando las redes de datos, la comunicación se realiza por medio del protocolo IP (Internet Protocol), permitiendo el envío de voz comprimida y digitalizada, aprovechando el ancho de banda ofrecido por el cableado y las redes inalámbricas” (Reza Robles, 2001, p.1). El protocolo VoIP, logra la funcionalidad deseada de la telefonía a través de internet, usando un protocolo de señalización para el control de las llamadas y un protocolo de transferencia de datos para el transporte de los paquetes de voz, Protocolo de Inicio de sesión, SIP, para señalización y el protocolo de transporte en tiempo real, RTP, para transporte de paquetes de datos en tiempo real. (Agrawal, Prassana & Athithan, 2008, p. 1).

La convergencia de servicios de voz y datos en una sola red implica ventajas como un menor costo en la infraestructura de su montaje, procedimientos simplificados de soporte y configuración y una mayor integración de las ubicaciones remotas.

## 2.3 Protocolo de Inicio de Sesión, SIP

SIP es un protocolo de control de la capa de aplicación que puede establecer, modificar, y terminar sesiones multimedia como llamadas telefónicas por Internet, pero también invitar participantes a sesiones existentes, como conferencias. (Network Working Group, 2002, p. 8-13).

El propósito del protocolo SIP es establecer la

comunicación entre dos dispositivos multimedia a través de dos protocolos RTP/RTCP y SDP. El Real-Time Protocol, se usa para transportar los datos de voz en tiempo real, mientras que el SDP (Session Description Protocol) se emplea para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.

SIP soporta cinco facetas para establecer y terminar comunicaciones multimedia:

**Localización del Usuario:** Determina el lugar del usuario final para la comunicación.

**Disponibilidad de Usuario:** Determina la voluntad del llamado de unirse a una comunicación.

**Capacidades del usuario:** Determina los medios y los parámetros que se usaran.

**Sesión de Configuración:** Establecimiento de los parámetros de la sesión para emisor y receptor.

**Gestión de la Sesión:** incluyendo transferencia y terminación de las sesiones, mordicación e invocación de servicios. (Ibíd.)

SIP se basa en texto y está modelado en HTTP: una parte envía un mensaje en texto ASCII que consiste en un nombre de método en la primera línea, seguido por líneas adicionales que contienen encabezados para pasar los parámetros, debido a esto SIP puede interactuar con muchas de las aplicaciones de internet existentes.

## 2.4 Protocolo de Transporte en Tiempo Real, RTP

RTP (Real Time Protocol) surgió con la idea de crear un protocolo específico para la gran demanda de recursos en tiempo real (música, video-conferencia, video, telefonía en Internet y más aplicaciones multimedia) y las llamadas de procedimiento remoto (RPC), que permite ejecutar código en otra máquina remota sin tener que preocuparse por la conectividad entre ambos. Las RPC son muy utilizadas dentro de la arquitectura Cliente-Servidor, siendo esta la base de las comunicaciones de telefonía IP, se utiliza ampliamente el protocolo UDP.

Está formado conjuntamente con RTCP (Real Time Control Protocol) comúnmente llamado RTP Control Protocol, encargado de la retroalimentación, sincronización y la interfaz de usuario, pero no transporta ningún tipo de datos. La primera función se puede utilizar para proporcionar a los orígenes realimentación en caso de retardo, fluctuación, ancho de banda, congestión y otras propiedades de red. (Tanenbaum, 2002, p. 689-692).

**2.4.1 Funcionamiento.** El protocolo RTP se establece en el espacio de usuario y se ejecuta, por lo general, sobre UDP. Por tanto con UDP se gana velocidad a

cambio de sacrificar la confiabilidad que TCP ofrece. Debido a esto, RTP no garantiza la entrega de todos los paquetes, ni la llegada de éstos en el instante adecuado. La función básica de RTP, es multiplexar varios flujos de datos en tiempo real en un solo flujo de paquetes UDP, pudiéndose enviar tanto a un solo destino (unicast) o múltiples destinos (multicast). La numeración de los paquetes será útil para que la aplicación conozca si ha fallado algún paquete en la transmisión. Si ha fallado, al no tener un control de flujo, de errores, de confirmaciones de recepción ni de solicitud de transmisión, propios del protocolo UDP, la mejor opción es la interpolación de los datos. (Ibíd.3).

Otra característica muy importante para las aplicaciones de contenido multimedia en tiempo real es el time-stamping (marcación del tiempo). La idea es permitir que el origen asocie una marca de tiempo con la primera muestra de cada paquete. Las marcas de tiempo son relativas al inicio del flujo, por tanto, solo importa las diferencias entre dichas marcas de tiempo. Con este planteamiento, el destino es capaz de almacenar un pequeño buffer e ir reproduciendo cada muestra, el número exacto de milisegundos después del inicio del flujo reduciendo los efectos de la fluctuación y sincronizando múltiples flujos entre sí.

### 3. Metodología

Para alcanzar los objetivos del proyecto, se realizó una investigación experimental enmarcada en un enfoque empírico, analítico de carácter descriptivo y se ejecutó en 3 fases, análisis, diseño e implementación.

La prueba consta en realizar llamadas de Voz IP mediante un Punto de Acceso inalámbrico a diferentes distancias de la fuente para desarrollar un análisis de tráfico sobre el funcionamiento del punto de acceso.

Para el análisis se realiza una sola llamada para todo el canal de la red WiFi para revisar el desempeño de esta tecnología en las zonas rurales, con línea de vista y con pocos obstáculos en su entorno.

Las llamadas tienen duración promedio de dos minutos, con las cuales hay una captura importante de paquetes para realizar el análisis.

Para el análisis de los sistemas inalámbricos existen muchas variables sobre las cuales trabajar, por lo tanto, el enfoque está basado en análisis de la latencia del sistema.

#### 3.1 Análisis: Selección del Dispositivo

La selección del dispositivo con el cual se realizaron las pruebas debe cumplir con unas características esenciales, como la posibilidad de interactuar con la propiedad de WDS (Wireless Distribution System), el cual cumple con la propiedad de servir como repetidor

entre varios puntos de acceso al medio (Access Point).

El dispositivo seleccionado fue el Punto de Acceso Inalámbrico N150, modelo TEW-650AP, marca Trendnet, el cual está diseñado para crear una red escalable inalámbrica 802.11N de alta velocidad o conectar un dispositivo de cable a una red inalámbrica existente. Se pueden usar varios puntos de acceso inalámbrico N de 150Mbps juntos para expandir su red utilizando modos de punto de acceso, sistema de distribución inalámbrica (WDS por sus siglas en inglés), repetidor y cliente AP, de acuerdo con Trendnet (2010).

Entre sus principales características se encuentran:

- Compatible con los estándares IEEE 802.11 a, b, g, n.
- Modo de punto de acceso: expanda una red inalámbrica utilizando el modo repetidor (listado como Compatibilidad con modo AP) o sistema de distribución inalámbrica WDS.
- Transmisión de datos a velocidades de hasta 150Mbps a través de la conexión IEEE 802.11n.
- Cobertura hasta 100 metros bajo techo.
- Cobertura hasta 300 metros al aire libre.

En la parte de hardware, el punto de acceso tiene los siguientes parámetros:

- Frecuencia de trabajo: 2.412 - 2.462 GHz.
- Salida de potencia de 13dBm.
- Sensibilidad de recepción: entre -70dBm y -64dBm.
- Antena de 2dBi.

#### 3.2 Diseño: Cálculo de la distancia máxima

Una de las variables necesarias para evaluar el comportamiento del Punto de acceso en zona rural es la distancia máxima a la cual puede trabajar el Wi-Fi en condiciones normales. Como primera medida se deben calcular las pérdidas en el espacio libre (FSL= Free Space Loss), asumiendo que la atenuación ocasionada por otras señales tiende a cero, debido a que la ubicación es la zona rural.

Teniendo en cuenta que Distancia (D) está en kilómetros y la frecuencia (F) en MHz.

$$FSL(dBm) = 20 \log(D) + 20 \log(F) + 32.5 \quad (1)$$

Ahora con el resultado obtenido en la ecuación 1, se halla la potencia del sistema con respecto a la distancia, teniendo en cuenta la ganancia de la antena y la potencia emitida por el punto de acceso.

$$P(dBm) = G_{Ant}(dBi) + G_{ap}(dBm) - FSL(dBm) \quad (2)$$

Partiendo desde el punto mínimo sensibilidad de recepción permitida por el Access Point (RSSI : -70dBm), que está a una distancia de 180 metros, este es el punto elegido para realizar las llamadas mediante VoIP.

### 3.3 Implementación:

#### 3.3.1 Configuración del servidor de VoIP para la medición de tráfico.

Para realizar las llamadas de VoIP, se genera un usuario SIP en el servidor, en este caso se usara uno con licencia GNU. Asterisk es un software libre para construir aplicaciones de comunicaciones. "Asterisk tiene la propiedad de convertir un computador ordinario en un servidor de comunicaciones, soportando PBX (Private Branch eXchange) y un enlace entre llamadas de VoIP" (Spencer, 2012). En este caso se hace modificando el archivo de configuración sip.conf, creando un usuario que se utilizará para realizar las pruebas. Luego se debe definir que comportamiento tendrá este usuario cuando se llame a su extensión. Para el caso, el contexto del archivo extension.conf, que es el asignado a las llamadas que se van a realizar, solo se asignaron dos extensiones, que es suficiente para la práctica que se quiere realizar.

Para el caso, se va a realizar una sola llamada en el canal para revisar la efectividad de los dispositivos, teniendo en cuenta que no se modifican las antenas de 2dBi, con las que viene el equipo.

#### 3.3.2 Disposición del área de trabajo e interconexión de dispositivos

Las pruebas realizadas se hicieron en la vereda San Peregrino. Se realizan en este punto debido a la cercanía con el casco urbano, además que se prestaba el sitio con una zona al aire libre sin presencia de árboles en una periferia de 10 metros a la redonda.

La banda para realizar las conexiones con Wireless Fidelity, fue el canal 11, que trabaja en la frecuencia de 2462Mhz con un ancho de banda de 5MHz para este canal, se dispuso este canal para evitar interferencias de los pocos equipos que se pueden encontrar en la zona rural.

Para realizar unas medidas correctas y pertinentes en el experimento, se dispuso de unas marcas cada 30 metros, las cuales se ubicaron en línea recta, con línea de vista con la fuente, con el propósito de obtener mediciones y capturas correctas.

La red es conectada a un computador que corre un servidor Asterisk, el cual suministra la comunicación de las llamadas VoIP. El servidor mantiene una lista de extensiones y dirige las llamadas al receptor correcto. En el experimento, dos computadores portátiles están

equipados con Soft Phones configurados con SIP, que proporcionan el servicio de llamadas en tiempo real. La figura 1 ilustra la configuración de la LAN en el experimento. El direccionamiento IP utilizado en la configuración fue con una red tipo C, con la red 192.168.10.0, con mascara de subred por defecto para esta red.

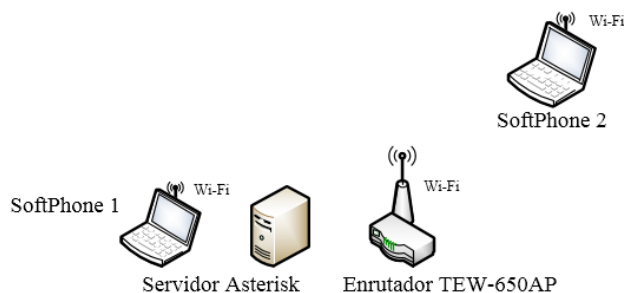


Figura 1. Configuración de red usada en el experimento

#### 3.3.3 Captura de Paquetes

Una vez está configurada la LAN, se utilizará el software para la captura de los paquetes que circulan en la red Wi-Fi. "Wireshark es un analizador de paquetes de red, que captura los paquetes de red y trata de mostrar los datos contenidos en el paquete de la mejor forma posible" (Lamping, Sharpe & Warnicle, 2012).

El software luego de ser configurado en la interfaz de la tarjeta de red Wi-Fi, es ejecutado en modo promiscuo, que graban todos los paquetes destinados al servidor Asterisk. Se procede a efectuar las capturas en cada una de las marcas dispuestas en el área de trabajo, correspondientes a las distancias de 30, 60, 90, 120, 150, 180 metros de distancia de la fuente, en este caso el Access Point TEW-650AP. Se capturaron datos durante cinco minutos en cada una de las marcas previstas.

Además de la captura de paquetes, el software también provee propiedades de filtrado, usando la línea de comando que se encuentra para esta función (Adams & Kwon, 2010). El protocolo RTP muestra propiedades en las capas inferiores que no son únicas en este tipo de paquetes (Ethernet, IP y UDP).

Aprovechando las facultades de filtrado del programa Wireshark, solo se tienen en cuenta los paquetes transmitidos bajo los protocolos SIP y RTP, que son los encargados en iniciar la comunicación y transportar los paquetes entre los Soft Phones respectivamente. Cabe la observación de que el tamaño de los paquetes RTP están entre los 200 y 220 bytes, todos encapsulados en paquetes UDP.

#### 4. Resultados y Discusión

Desde el punto de vista de las comunicaciones, la latencia siempre es un factor existente cada que se realiza una transmisión y se asocia con el tiempo necesario para que el mensaje producido llegue al otro extremo de la comunicación, es decir al receptor. Este tiempo está conformado, entre otros, por el necesario para que el mensaje viaje por el vínculo.

Otro análisis realizado a la señal de las llamadas de VoIP, es el de Ruido y Jitter. Cuando una señal es transmitida y recibida, siempre está asociado el proceso físico del Ruido, es una señal indeseable que se integra a la señal original que se está transmitiendo. “La modificación de una señal con ruido con respecto a la señal original, se puede ver en dos aspectos, desviación de tiempo y desviación de amplitud. La amplitud de la señal digital, en el contexto de las comunicaciones digitales inalámbricas, se expresa en una atenuación de la potencia transmitida. La desviación de tiempo es definida como Jitter” (Li Peng, 2007, p. 14).

El comportamiento de la red Wi-Fi depende de muchos factores, tales como la potencia recibida, la distancia, el ruido de otra señales que se encuentren en las cercanías, se opta por realizar un análisis de tráfico con la función de densidad multinomial, debido a que los paquetes de datos no tienen un comportamiento con la misma probabilidad durante toda la llamada. La función multinomial, es una generalización de la distribución binomial. “La distribución binomial es la probabilidad de un número de éxitos en N sucesos de Bernoulli independientes, con la misma

probabilidad de éxito en cada suceso. En una distribución multinomial, el análogo a la distribución de Bernoulli es la distribución categórica, donde cada suceso concluye en únicamente un resultado de un número finito  $k$ , de los posibles, con probabilidades  $p_1, \dots, p_k$ , y con  $n$  sucesos independientes”. (Hamerly, Perelmal & Calder, 2006).

Luego de evaluar los datos obtenidos de las llamadas VoIP a diferentes distancias, además de ser filtrados con el software Wireshark como se menciona en la sección II, se obtiene la figura 2, donde se ilustra la probabilidad de ocurrencia de paquetes por unidad de tiempo, expresando con esto que las llamadas IP, en su protocolo de transporte del mensaje RTP el cual no está orientado a la conexión en su capa de transporte (UDP), tiene un tiempo medio de llegada entre paquetes aproximado a los 20 milisegundos. Cuando la gran mayoría de los paquetes comienzan a llegar por fuera de este rango, el deterioro de la señal comienza a hacerse notable, siendo proporcional a la distancia de la fuente a la cual se encuentra. Otro factor importante para el deterioro de la señal de VoIP es la potencia recibida. Cuando el Soft Phone 2 se encuentra a la distancia a la que se encuentra el límite de la sensibilidad del dispositivo TEW-650, se ilustra en la figura 2, en la gráfica correspondiente a la llamada a 180 metros de distancia de la fuente, se ve la poca afluencia de paquetes por debajo de los 35 milisegundos, por lo tanto se demuestra la pérdida de paquetes y la baja calidad de la señal.

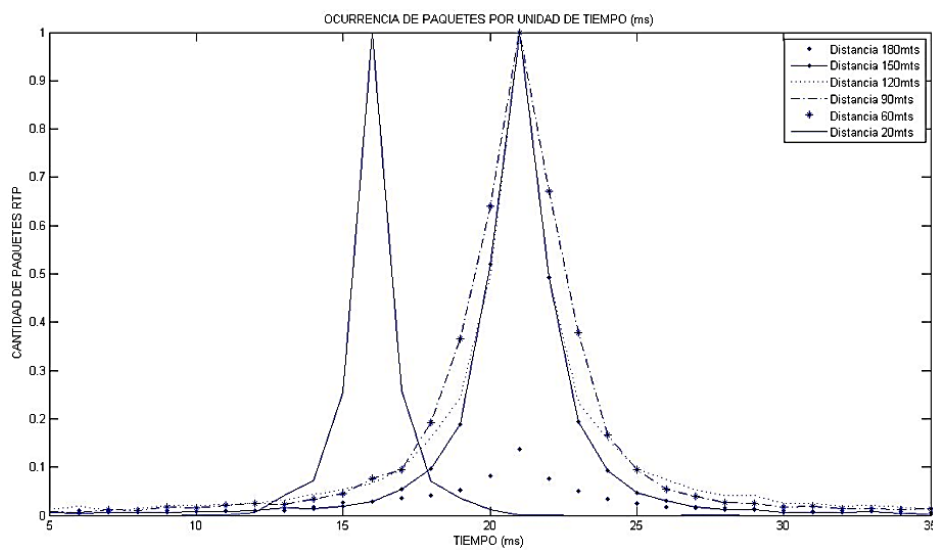


Figura 2. Cantidad de paquetes por unidad de tiempo.

La figura 2 se encuentra normalizada en su eje Y con una cantidad de 10000 muestras de paquetes RTP, para tener una mejor visualización del comportamiento de la cantidad de paquetes según la distancia a la cual se está trabajando con el dispositivo Wi-Fi.

Para que la voz sea entendible, los paquetes de voz deben ser consecutivos y llegar a intervalos regulares. El Jitter describe el grado de variabilidad de llegadas de paquetes, que pueden ser causadas por ráfagas de tráfico de datos o demasiado tráfico en la línea.

En la figura 3 se ilustra la latencia de la señal a medida que las llamadas se van realizando a mayor

distancia de la fuente. Durante estas desviaciones de tiempo, la cantidad de paquetes que llegan al destino llegan con errores, ocasionando una pérdida de calidad de la llamada. Al ser paquetes que se envían mediante el protocolo UDP, que maneja datos en tiempo real, la transmisión continúa a pesar de que se pierdan o dañen los paquetes debido a este fenómeno físico. Además, ilustra que para obtener llamadas VoIP de buena calidad, los retardos en la red de datos utilizada en el experimento, en este caso inalámbrica, deben estar por debajo de los 30 m.

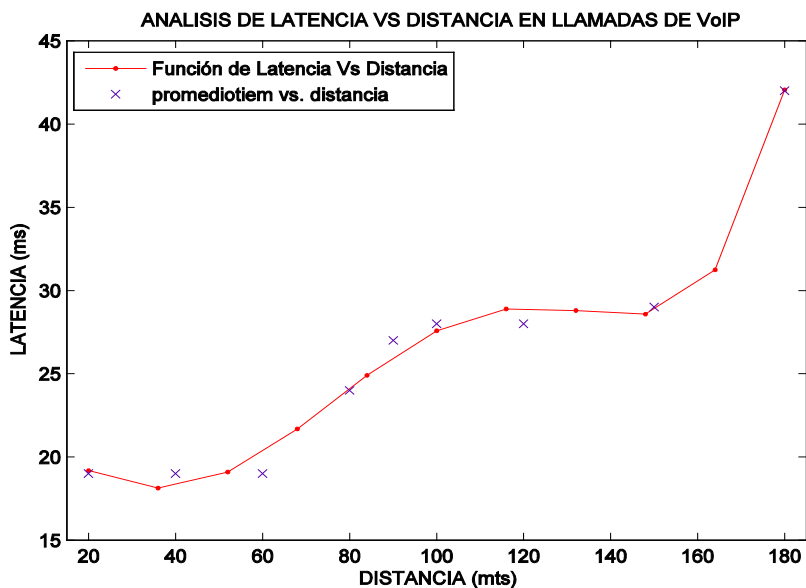


Figura 3. Grafica de Latencia Vs Distancia

Deduciendo de los datos obtenidos para realizar la figura 3, se buscó la ecuación que mejor describiera el comportamiento de la función de Latencia Vs Distancia, con la ayuda del software Matlab, se encontró que es una función polinomial de orden 5.

$$f(x) = p_1x^5 + p_2x^4 + p_3x^3 + p_4x^2 + p_5x + p_6 \quad (3)$$

Los coeficientes hallados para la ecuación 3, corresponden a:

- p1 = 3.8e-9
- p2 = -1.387e-6
- p3 = 0.0001527
- p4 = -0.003364
- p5 = -0.1278
- p6 = 22.07

## 5. Conclusiones

En el presente informe se realiza un estudio de tráfico y de comportamiento de un dispositivo que cumple con la norma IEEE 802.11, más conocido como Wi-Fi. El estándar no infiere ningún elemento que limite el alcance de las comunicaciones Wi-Fi en términos de distancia, sino en el balance del enlace. Los límites de distancia alcanzable dependerán de parámetros como la potencia máxima que se puede transmitir, ya que al ser banda libre, está regulado por un ente institucional, las pérdidas de propagación y la sensibilidad de recepción de los equipos.

Se ha demostrado que el funcionamiento del Punto de Acceso TEW-650 en la zona rural es bastante estable, ya que las señales que pueden ocasionar deterioro en la señal no están presentes sino hasta que la potencia se encuentra lo bastante atenuada, es decir, en el rango

mínimo de sensibilidad del mismo dispositivo.

Cuando esto acontece, la ocurrencia de paquetes en el intervalo de tiempo admitido para una llamada de VoIP, no son suficientes para tener una comunicación clara de punto a punto. En el análisis, se puede evidenciar que el resto de las llamadas de prueba realizadas tuvieron una excelente funcionalidad, dando como resultado que el deterioro de la señal de una llamada de VoIP, se debe a la atenuación de la potencia emitida por la fuente, dado que debido a este fenómeno, las latencias durante las llamadas realizadas superan los 30 ms, obteniendo llamadas con pérdidas en envío de los datos que corresponden a RTP y SIP.

En las telecomunicaciones de forma inalámbrica existen muchas variables con las que se pueden realizar análisis, en esta oportunidad se usó el caso de la latencia, ya que es uno de los factores determinantes a la hora de recibir una llamada telefónica correcta y sin necesidad de re-transmitir datos innecesarios que saturan la red.

El análisis del funcionamiento de las llamadas VoIP en este entorno, se realizó con la finalidad de buscar que este tipo de aplicaciones sean una realidad, debido a su funcionalidad, su costo moderado y las grandes distancias que puede recorrer sin la necesidad de utilizar una solución cableada.

### Agradecimientos

Gracias al apoyo del Líder SENNOVA del Centro de Automatización Industrial, Rubén Darío Cárdenas, SENA Regional Caldas, para llevar a cabo la formulación de este proyecto.

### 6. Referencias

- ADAMS, Mike & KWON, Minseok (2010). Vulnerabilities of the Real-Time Transport (RTP) Protocol for Voice over IP (VoIP) Traffic [online]. In: 6th IEEE Conference on Consumer Communications and Networking CCNC'09 (10-13/01/2009), Las Vegas (NV, USA): IEEE. Proceedings of the CCNC'09. Piscataway (NJ, USA): IEEE Press. p 958-962.e-ISBN: 978-1-4244-2309-5. <DOI: 10.1109/CCNC.2009.4784756> [consult: 15/02/2016]
- AGRAWAL, Annapurna; PRASSANA, Kumar & ATHITHAN, Gopaldasamy (2008). SIP/RTP Session Analysis and Tracking for VoIP Logging [online]. In: 16th IEEE International Conference on Networks 2008, ICON 2008 (12-14/12/2008). New Delhi (India): IEEE. Networks Browse Conference Publications, ICON 2008, p. 1-5. ISBN: 978-1-4244-3805-1.
- GRUPO DE TELECOMUNICACIONES RURALES DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, GTR-PUCP (2008). Redes Inalámbricas para Zonas Rurales [en línea]. Lima (Perú): Pontificia Universidad del Perú. 244 p. ISBN: 978-9972-42-843-2. <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/download/publicaciones/1041.pdf> [consulta: 18/02/2016]
- HAMERLY, Greg; PERELMAN, Erez & CALDER, Brad (2006). Comparing Multinomial and K-Means Clustering for SimPoint [online] Austin (Texas, United States). In: Performance Analysis of Systems and Software, 2006 IEEE International Symposium (19-21 March 2006). IEEE. Performance Analysis of Systems and Software, 2006 IEEE International Symposium. p. 131-142. ISBN: 1-4244-0186-0. <DOI: 10.1109/ISPASS.2006.1620798> [consult: 16/02/2016].
- LAMPING, Ulf, SHARPE, Richard & WARNICLE, Ed (2012). Wireshark User's Guide: for Wireshark 1.9. Huntsville (Alabama, United States): Free Software Foundation. Copy, distribute and modify under GNU/GPL General Public License, <http://www.wireshark.org> [consult: 19/01/2016].
- LI, Peng (2007). Chapter 1 Jitter, Noise and Communication System Basics. In: (2007). Jitter, Noise, and Signal Integrity at High-Speed. Ciudad (país): Pearson Education, Prentice Hall. p. 1-26. ISBN: 13-242961-6.
- MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES (2004). Resolución 689 de 2004 [en línea] Bogotá D.C (Colombia): Ministerio de Telecomunicaciones. (4/2004). 11 p. <http://archivo.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/R00689d2004.pdf>,[Consulta 19/01/2016].
- NAVARRETE, Carlos (2009). Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET. Tesis Pregrado (Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones). Cataluña (España). Universidad de Cataluña. 98 p. <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7834/1/memoria.pdf> [consulta 28/01/2016].
- NETWORK WORKING GROUP, (2002), RFC3261 SIP: Session Initiation Protocol. [on line]. Piscataway (New Jersey, United States) Category: Standard tracks. Internet Engineering Task Force IETF, 270 p, the internet Society. June 2002.Rosenberg. <https://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> [consult: 25/02/2016]
- ORINOCO WIRELESS NETWORKS, (2002), WDS, Wireless Distribution System, [on line] Silicon Valley (California, United States) in: Orinoco Technical Bulletin 046, Agere System Inc. p 1-4, (2/2002). <http://jbnote.free.fr/prism54usb/data/documentation/TB-046.pdf> [consult 28/02/2016]
- REZA ROBLES, Maybelline. (2001). Voz Sobre IP [en línea], Análisis del servicio instalado en la Facultad de Telemática. Tesis de Maestría. (Master en Ciencias, área Telemática) Colima, (México): Universidad de Colima. 171 p. <http://digeset.uco.mx/tesis\_posgrado/Pdf/Maybelline%20Reza%20Robles.pdf> [Consulta 26/02/2016]
- SINAEPOURFARD, Amir & HUSSAIN Helmi. (2011). Comparison of VoIP and PSTN Services by Statistical Analysis. [On line] In: Research and Development (SCOReD), 2011 IEEE Student Conference. (19-20/12/2011), Cyberjaya. (Malasia). IEEE. ISBN: 978-1-4673-0099-5. <DOI: 10.1109/SCOReD.2011.6148783>. [Consulta: 15/01/2016].
- SPENCER; M. (2012). Get Started, What is Asterisk? [On line] <https://www.asterisk.org/get-started>. Free Software Foundation, 2012. [Consulta: 21/01/2016].
- TANENBAUM, Andrew.S. (2003). Redes de Computadoras. 4 Ed. Prentice Hall. Ciudad de México (México). 914 p. ISBN: 970-26-0162-2
- TRENDNET (2010). TEW-650AP Datasheet.[on line]. Torrance (California, Estados Unidos) Trendnet. <http://www.trendnet.com/support/supportdetail.asp?prod=100\_TEW-650AP> [Consulta: 10/12/2015].