



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA

**“ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO QOS PARA
VOIP EN TRES REDES WI-FI RESIDENCIALES EN GUAYAQUIL”**

AUTOR

MACÍAS ZAMBRANO, DAVID GABRIEL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR

ING. BOHÓRQUEZ HERAS, DANIEL BAYARDO

GUAYAQUIL, ECUADOR

2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Señor: **David Gabriel Macías Zambrano** como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL EN TELECOMUNICACIONES.

DOCENTE TUTOR:

ING. DANIEL BAYARDO BOHÓRQUEZ HERAS

DOCENTE OPONENTE:

ING. JUAN GONZÁLEZ BAZÁN

DIRECTOR DE CARRERA:

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ

Guayaquil, Agosto del 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **David Gabriel Macías Zambrano**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación denominado “**Análisis de los parámetros de Calidad de Servicio QoS para VoIP en tres redes Wi-Fi residenciales en Guayaquil**” ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de los párrafos correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación referido.

Guayaquil, Agosto del 2014.

EL AUTOR

DAVID GABRIEL MACÍAS ZAMBRANO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, David Gabriel Macías Zambrano.

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación: “**Análisis de los parámetros de Calidad de Servicio QoS para VoIP en tres redes Wi-Fi residenciales en Guayaquil**” cuyo contenido, ideas, y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Agosto del 2014.

EL AUTOR

DAVID GABRIEL MACÍAS ZAMBRANO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AGRADECIMIENTO

Yo David Gabriel Macías Zambrano, agradezco plenamente y sobre todas las cosas a Dios por darme la salud y la capacidad de poder llevar a cabo este trabajo tan importante para mi futuro profesional y formación académica.

A mis padres porque han sido pilares fundamentales durante toda mi vida, siempre apoyando mis decisiones, y aconsejándome para alcanzar mis metas.

A todos aquellos que me han brindado su ayuda y sus conocimientos para formarme como persona y como profesional.

A todos ellos ¡GRACIAS!

DAVID GABRIEL MACÍAS ZAMBRANO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principal e incondicionalmente a mi señora madre, ya que sin el apoyo de ella no hubiese logrado muchas de los objetivos que algún día me planteé. Su apoyo incondicional ha sido para mí fundamental a lo largo de mi formación tanto académica como humana. Ha sido mi pilar principal para ser lo que soy.

Dedico este trabajo también a mi padre por su apoyo y ayuda en todo lo que estuvo a su alcance.

A mi familia en general por sus buenos deseos, sus consejos y su apoyo.

DAVID GABRIEL MACÍAS ZAMBRANO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CALIFICACIÓN

CONTENIDO

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO 1	13
INTRODUCCIÓN	13
1.1 Planteamiento del Problema	14
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Tipo de Investigación	16
1.5 Hipótesis	16
1.6 Metodología.....	16
CAPÍTULO 2	17
REDES WLAN	17
2.1 Redes Inalámbricas De Área Local (WLAN)	17
2.1.1 Definición	17
2.1.2 Características.....	18
2.1.3 Arquitectura	19
2.1.4 Tipos de Redes WLAN.....	21
CAPÍTULO 3	23
ESTÁNDAR IEEE 802.11 - WIFI.....	23
3.1 Definición	23
3.2 Elementos de una red WiFi	23
3.3 Topología de una red WiFi.....	28
3.4 Arquitectura IEEE 802.11	30
3.5 Limitaciones tecnológicas del estándar IEEE 802.11	31
3.6 Variantes del estándar IEEE 802.11 WiFi.....	33
3.6.1 Estándar 802.11a.....	33
3.6.2 Estándar 802.11b	34

3.6.3 Estándar 802.11g	35
3.6.4 Estándar 802.11n	36
3.6.5 Otras variantes del estándar IEEE 802.11	38
3.7 La WiFi Alliance	38
3.8 Transmisión de la Información en WiFi.....	39
3.8.1 Paquetes de Administración o Management.....	40
3.8.2 Paquetes de Control	42
3.8.3 Paquetes de Datos	42
3.9 Roaming en Redes WiFi.....	43
3.9.1 Roaming y Paquetes “Beacons”	44
3.9.2 Roaming y Paquetes “ACK”	45
3.10 Calidad de Servicio QoS	45
CAPÍTULO 4.....	48
VoIP	48
4.1 Definición	48
4.2 Protocolos para VoIP.....	49
4.2.1 H.323.....	49
4.2.2 SIP.....	50
4.3 Elementos de VoIP	51
4.4 Códecs	52
4.4.1 Códec G.711	53
4.4.2 Códec G.722	53
4.4.3 Códec G.729	54
4.5 Parámetros considerados para medir la QoS en VoIP.....	55
4.5.1 Latencia.....	55
4.5.2 Jitter	56
4.5.3 Pérdida de paquetes	57
CAPÍTULO 5.....	58
ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO QOS PARA	
VOIP EN 3 REDES WIFI RESIDENCIALES EN GUAYAQUIL	58
5.1 Metodología del análisis.....	58
5.2 Descripción de las mediciones para el análisis	60

5.3 Requisitos mínimos de los parámetros de calidad de servicio QoS a analizar.	62
5.4 Resultados obtenidos del análisis	63
5.4.1 Análisis de llamadas VoIP en la red del equipo WiFi de CNT	64
5.4.2 Análisis de llamadas VoIP en la red del equipo WiFi de TVCable.....	73
5.4.3 Análisis de llamadas VoIP en la red del equipo WiFi de Claro	83
5.4.4 Comparativa final de los análisis realizados.....	93
CAPÍTULO 6	98
CONCLUSIONES	98
CAPÍTULO 7	102
RECOMENDACIONES	102

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis de los parámetros de calidad de servicio QoS en una comunicación VoIP en 3 redes WiFi de tipo residencial cada una de las cuales es provista por los operadores de telecomunicaciones más comunes en la ciudad de Guayaquil.

A partir de los datos arrojados por mediciones efectuadas durante el transcurso de una llamada VoIP, se analizan cada uno de los parámetros de calidad de servicio considerados.

Finalmente se elabora una comparativa entre los datos que poseen cada uno de los parámetros medidos y los datos que recomiendan los estándares internacionales.

ABSTRACT

In this paper, is done an analysis of Quality of Service's (QoS) parameters in a VoIP communication in 3 residential WiFi networks provided by the most common telecom operators in the city of Guayaquil.

From the data obtained from measurements made during the course of a VoIP call, an analysis of each of the QoS parameters considered is performed.

Finally a comparison is made between the data obtained from each of the measured parameters and the data recommended by international standards.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

A medida que se incrementa el interés por las redes wireless o inalámbricas de tipo WLAN, se incrementa también la necesidad de poder soportar en estas redes aplicaciones que resultan “normales y corrientes” para una red cableada, así como aplicaciones en tiempo real como VoIP o videoconferencia.

Las redes de área local inalámbrica o WLAN se han vuelto muy populares en los últimos tiempos, dando pie a la creación y la combinación de múltiples redes de gran ancho de banda para cubrir zonas muy extensas y pobladas.

Las redes WLAN se deben al estándar IEEE 802.11 cuya publicación tuvo lugar en el año de 1999. Las redes basadas en este estándar han ido creciendo casi exponencialmente a lo largo de los años y han tenido mucha aceptación alrededor de todo el mundo, tanto es así que en la actualidad la mayoría de hogares cuenta con alguna de estas redes siendo estas utilizadas diariamente y de forma habitual.

Con el avance de la tecnología y la investigación se ha conseguido incrementar las velocidades de estas redes y se sigue haciéndolo con el pasar del tiempo, principalmente los avances se enfocan en aumentar la velocidad y cobertura de estas redes, no descartando muchos otros parámetros intrínsecos y por qué no de innovación los cuales también sufren cambios y mejoras.

La calidad de servicio o QoS por sus siglas en inglés (Quality of Service) tiene muchos tipos de enfoque, por ejemplo en cuestión de redes de información y telecomunicaciones este término está dado por el control, las técnicas, los recursos y procedimientos requeridos para brindar un tratamiento específico a un tráfico determinado frente a otros tráficos que puedan existir en una red. Es por eso que la calidad de servicio es determinante a la hora de usar aplicativos en tiempo real como VoIP.

1.1 Planteamiento del Problema

¿Cuál es el estado actual de los parámetros de calidad de servicio QoS para VoIP de 3 redes WiFi residenciales en Guayaquil?

1.2 Justificación

Las necesidades de los usuarios de redes inalámbricas en la actualidad van en aumento conforme avanza la tecnología y el tiempo. Estas necesidades principalmente son de aplicaciones en tiempo real como VoIP sobre redes inalámbricas WiFi, donde se requiere que los parámetros de calidad de servicio se encuentren dentro del límite recomendado, brindando así una “Calidad de Servicio” óptima y que el usuario pueda percibir, satisfaciendo sus requerimientos e incrementando su productividad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar el estado actual de los parámetros de calidad de servicio QoS para VoIP en 3 redes WiFi residenciales en Guayaquil a través de mediciones generadas mediante un software analizador de protocolos de libre distribución sobre una plataforma VoIP para posteriormente comparar los resultados obtenidos con las normativas internacionales.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar las mediciones de los parámetros de QoS para VoIP en 3 redes WiFi residenciales en Guayaquil en horarios de la mañana, tarde y noche; usando como herramientas, un software analizador de protocolos “WireShark” y un software VoIP llamado “3CX”.
2. Analizar los resultados obtenidos con la especificación ITU-T G.114 y las recomendaciones Cisco, tomando en consideración los valores dados en dichas especificaciones.
3. Valorar las mediciones realizadas con respecto a la calidad de servicio QoS para VoIP en las 3 redes WiFi para levantar una tabla comparativa a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

1.4 Tipo de Investigación

La presente investigación se realiza con un enfoque temático aplicada (no experimental).

La investigación será de carácter Expostfacto, la misma que se basa en la búsqueda sistémica empírica en la cual el investigador no tiene un control directo sobre las variables independientes porque ya acontecieron sus manifestaciones, o por ser intrínsecamente no manipulables.

1.5 Hipótesis

Por medio del análisis se comprobará que los equipos ruteadores WiFi instalados en 3 domicilios de Guayaquil no ofrecen una calidad de servicio optimizada para VoIP.

1.6 Metodología

El presente trabajo se realiza con un enfoque metodológico cuantitativo.

CAPÍTULO 2

REDES WLAN

2.1 Redes Inalámbricas De Área Local (WLAN)

Las redes inalámbricas de área local WLAN se han hecho muy populares en los últimos años debido a que la tecnología apunta a la movilidad y a los dispositivos inalámbricos.

2.1.1 Definición

Una red inalámbrica de área local WLAN (Wireless Local Area Network) es un sistema de comunicación de tipo inalámbrica que se utiliza para comunicar dispositivos que se encuentren dentro de un entorno físico relativamente pequeño y limitado, como son hogares, oficinas, escuelas, pisos dentro de un edificio, entre otros, con la ventaja de que no existe un cableado intermedio entre dichos dispositivos. (Soto Sánchez, 2011)

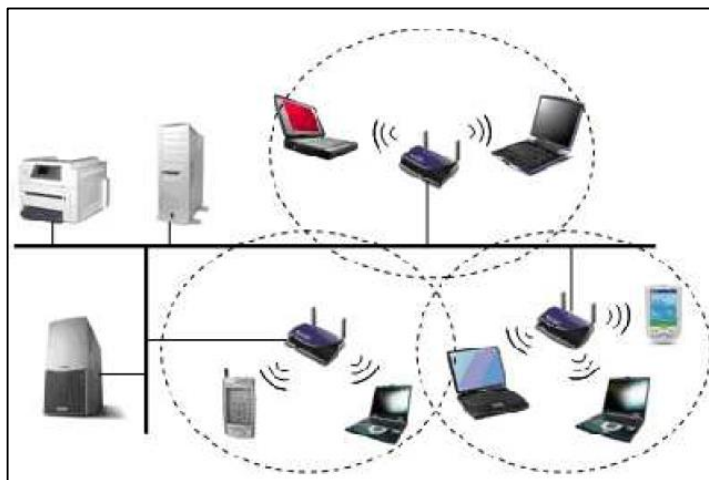


Figura 2.1: Ejemplo de una red WLAN

Fuente: http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674882/0674882_A1.pdf

2.1.2 Características

- **Movilidad**: Transmisión de información en cualquier lugar de la organización a cualquier usuario y en tiempo real. Siempre y cuando se encuentre en la zona de cobertura del equipo transmisor o AP.
- **Facilidad de Instalación**: No requiere ningún tipo de cableado estructurado para la interconexión de equipos, reduciendo costos, tiempo y complejidad de instalación. Permite además que accedan usuarios “temporales” a una red.
- **Flexibilidad**: Utilidad en zonas de difícil acceso para una red cableada.

2.1.3 Arquitectura

Una WLAN está compuesta por:

- **Estaciones:** Los dispositivos que se conectan al medio inalámbrico, estos deben contar con una interfaz de red inalámbrica necesaria para su conexión.
- **Access Point o Punto de Acceso:** Son equipos que se encargan del enrutamiento, transmisión y recepción del tráfico por medio de radiofrecuencia. Tienen distintos alcances de cobertura siendo la media alrededor de 150m en espacios con pocos obstáculos físicos.
- **Clientes:** Son dispositivos terminales inalámbricos los cuales irán conectados al AP o Punto de Acceso inalámbrico, estos necesitan de una interfaz de red inalámbrica o tarjeta de red que les permita conectarse, puede ser interna, de tipo USB o de tipo PCMCIA.
- **Conjunto de Servicio Básico (BSS – Basic Service Set):** Es el conjunto de estaciones que se pueden intercomunicar entre sí, cada una de las cuales cuenta con una dirección única o dirección MAC. Pueden ser del tipo:
 - De Infraestructura: Se comunican con una estación fuera de su conjunto de servicio básico a través de AP's.
 - Independiente: No cuentan con AP's por lo cual no pueden comunicarse fuera de su conjunto de servicio básico.

- **Conjunto de servicio extendido (ESS – Extended Service Set):** Es el conjunto que cuenta con 2 o más estaciones de conjunto de servicio básico (BSS), los AP'S se encuentran conectados a un sistema de distribución.

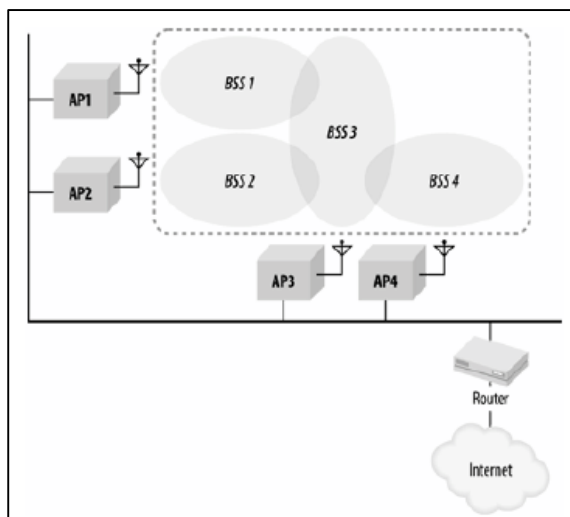


Figura 2.2: *Conjunto de BSS Interconectados*

Fuente: http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674882/0674882_A1.pdf

- **Sistema de Distribución:** Interconecta AP's de conjunto de servicio extendido (ESS). Incrementa notablemente la cobertura de una red.

2.1.4 Tipos de Redes WLAN

- **Punto a Punto o “Ad Hoc”:** En sí es una red inalámbrica en donde las estaciones se comunican de forma directa una contra otra sin que exista un AP de por medio siempre y cuando se encuentren en un espacio de cobertura.

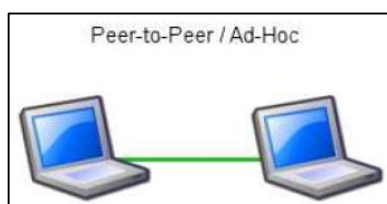


Figura 2.3: Red Ad-Hoc

Fuente: http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674882/0674882_A1.pdf

- **Puente o Bridge:** Conecta redes de distintos tipos, por ejemplo una red alámbrica con una inalámbrica.

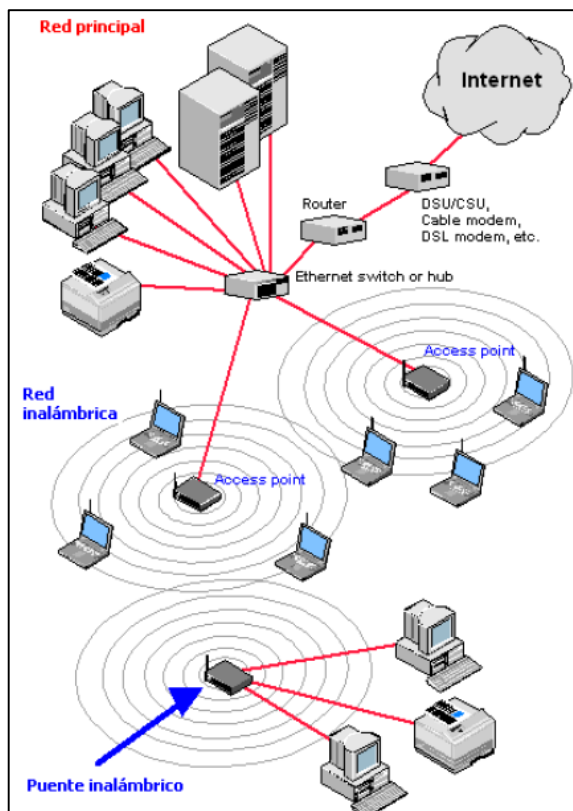


Figura 2.4: *Red Inalámbrica conectada a Redes Cableadas*

Fuente: http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674882/0674882_A1.pdf

- **Sistema de distribución Inalámbrico (Wireless Distribution System):**
Permite interconectar Puntos de Acceso ampliando la cobertura de una red de entorno inalámbrico todo esto sin necesidad de contar con un enlace cableado a la red troncal lo que le permite conservar las direcciones MAC de los usuarios a lo largo de todos los Puntos de Acceso de la red, de esta forma, los usuarios se conectarán unos con otros por medio de su dirección física MAC y no por vía IP. Los AP's deberán trabajar bajo el mismo canal.

CAPÍTULO 3

ESTÁNDAR IEEE 802.11 - WIFI

3.1 Definición

WiFi por siglas en inglés “Wireless Fidelity” o Fidelidad Inalámbrica es el nombre que se le otorga al estándar IEEE 802.11. Una red WiFi es una red de comunicaciones básicamente de datos la cual permite la conexión de diversos dispositivos en un entorno inalámbrico por medio de ondas de radio RF.

El término WiFi se utiliza a su vez para identificar la familia de productos o dispositivos que incluyan como parte de su tecnología el estándar IEEE 802.11 los cuales serán capaces de interconectarse entre sí, y de forma estándar, sin la necesidad de cables permitiendo la creación de una red de área local inalámbrica WLAN. Como se vio en capítulos anteriores, algunas de las características de una red de área local inalámbrica WLAN son similares a las de una red LAN cableada pero con la diferencia que se omite el uso de cables.

3.2 Elementos de una red WiFi

- **Punto de Acceso o Access Point (AP):** Es un dispositivo electrónico el cual se encarga de la gestión de la información en transmisión y retransmisión por medio de ondas de radio RF hacia otros dispositivos conectados a él. Sirve como

interface entre la red WiFi con la red fija cableada. Las funciones de un AP variarán de acuerdo al fabricante debido a que el estándar IEEE 802.11 da la libertad a los fabricantes para diseñarlo de acuerdo a sus necesidades. La velocidad de transmisión y recepción que puede otorgar un AP varía de acuerdo al fabricante y al tipo de estándar 802.11 que este utilice.



Figura 3.1: Apariencia de un Access Point

Fuente: http://rpc.yoreparo.com/foros/files/linksys_wap54g-400.jpg

- **Dispositivos móviles:** Son los dispositivos electrónicos como PDA, Computadores portátiles, celulares, tablets, y cualquier otro dispositivo que incorpore el estándar WiFi que pueden enviar y recibir información por medio del AP. En la actualidad con el avance de la tecnología es posible encontrar muchos más dispositivos con el estándar WiFi incluido.

- **Dispositivos Fijos:** Los computadores de escritorio, los TV's, las impresoras, incluso con el avance de la tecnología los electrodomésticos de línea blanca como refrigeradores, hornos, cocinas incorporan el estándar WiFi lo que los hace capaces de conectarse a una red inalámbrica.



Figura 3.2: *Dispositivos fijos y móviles WiFi*

Fuente:<http://www.noticiasdot.com/publicaciones/gadgetmania/wp-content/uploads/2008/02/wifi.jpg>

- **Adaptadores de Red Inalámbricos o NIC inalámbricos:** Son dispositivos o tarjetas de red que cumplen con el estándar 802.11 y permiten a un dispositivo en particular que no cuente con este estándar hacerlo compatible con una red WiFi permitiendo de este modo que pueda formar parte de una red inalámbrica. Los más comunes son de tipo USB y de tipo PCMCIA.
- **Antenas:** Las antenas proveen la cobertura de la señal hacia el usuario para poder conectarse a la red inalámbrica. La antena se utiliza tanto en el AP como en el dispositivo terminal de usuario sea este móvil o fijo y en la actualidad todos los

equipos que sean compatibles con el estándar WiFi integran su antena determinada para aplicaciones básicas. En caso de necesitar ampliar el rango de cobertura pues la antena se debe cambiar por una de mejores prestaciones. Las hay de varios tipos, entre las más comunes están: omnidireccionales, direccionales y sectoriales.

- **Omnidireccionales:** Son las que permiten una cobertura de 360° es decir su patrón de irradiación es hacia todas las direcciones, esto hace que su distancia de cobertura no sea tan alta como las sectoriales o direccionales. Hoy en día la mayoría de AP's incluyen al menos una antena de este tipo, también se encuentran muy a menudo en los adaptadores inalámbricos externos USB. Por lo general son de modesta ganancia.



Figura 3.3: Antena Omnidireccional WiFi

Fuente: <http://csimg.mercamania.es/srv/ES/2901507921440/T/340x340/C/FFFFFF/url/antena-wi-fi-omnidireccional.jpg>

- **Direccionales:** A diferencia de las omnidireccionales estas irradian las ondas de radio hacia una dirección específica lo cual le permite tener mayor ganancia y

cubrir grandes distancias. Se utilizan para hacer enlaces punto a punto a grandes distancias dirigiendo toda la energía de la señal hacia una dirección.



Figura 3.4: Antena Direccional Wifi

Fuente: <http://www.34t.com/Unique/WiFiAntenas-Direccional.gif>

- **Sectoriales:** Estas antenas son similares a las direccionales ya que transmiten la señal hacia una dirección pero con un ángulo mayor de cobertura que generalmente es de 120° o 90° , un sector. Estas antenas son una opción entre las omnidireccionales y las direccionales. Tienen mayor ganancia que las omnidireccionales pero menor ganancia que las direccionales, dependiendo de su ángulo. Se utilizan en conjunto para cubrir distancias más grandes que con una omnidireccional sin perder la capacidad de transmitir en todas las direcciones.



Figura 3.5: Antena Sectorial WiFi

Fuente: <http://www.empretel.com.mx/854-1225-large/antena-sectorial-58-ghz-de-17-dbi-y-90-de-apertura.jpg>

3.3 Topología de una red WiFi

- **Modo Infraestructura:** Básicamente utiliza AP's, es más eficiente que una red sin infraestructura porque los paquetes son gestionados, ruteados y transportados mediante el AP, lo cual evidentemente mejora la eficiencia y velocidad de toda la red. Un AP en este modo infraestructura puede servir de puente e interconectar dos redes.

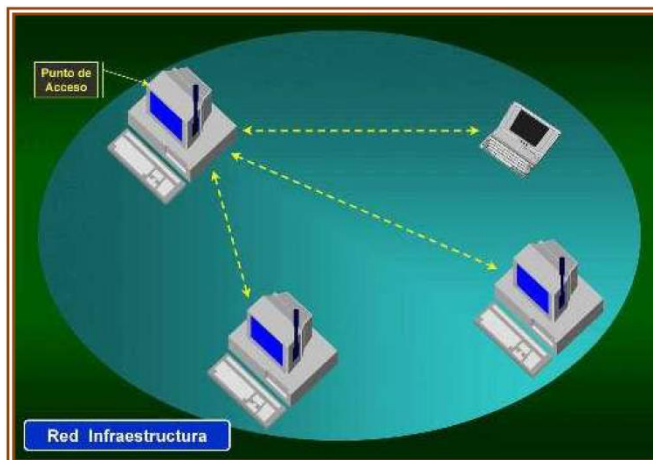


Figura 3.6: Red Modo Infraestructura

Fuente: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3388/1/Tesis.pdf>

- **Modo sin infraestructura o Ad-Hoc:** Los terminales se conectan uno con otro de forma directa sin necesitar otro dispositivo de por medio. Se basan en comunicaciones de tipo punto a punto.

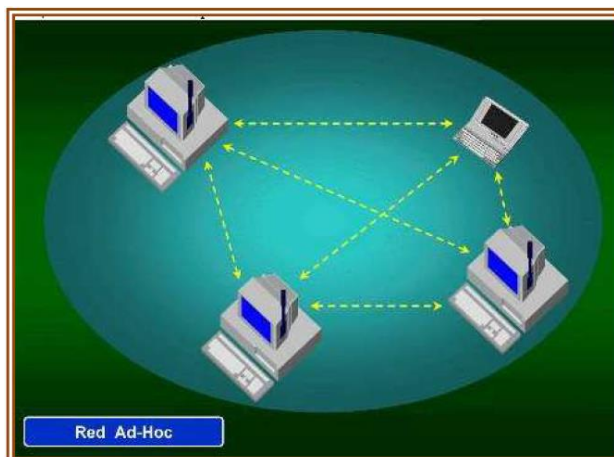


Figura 3.7: Red Modo sin Infraestructura Ad-Hoc

Fuente: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3388/1/Tesis.pdf>

3.4 Arquitectura IEEE 802.11

Las diferentes variantes del estándar IEE 802.11 se encuentran diseñados conforme al modelo de capas OSI.

La capa de gestión MAC controlará sincronización y algoritmos del sistema de distribución, que es el conjunto de servicios que propone el modo de infraestructura. Para el control de acceso al medio se conocen dos técnicas: Función de Coordinación Distribuida (DCF) y Función de Coordinación Puntual (PCF). (Bravo Fernandez & Contreras Alonso)

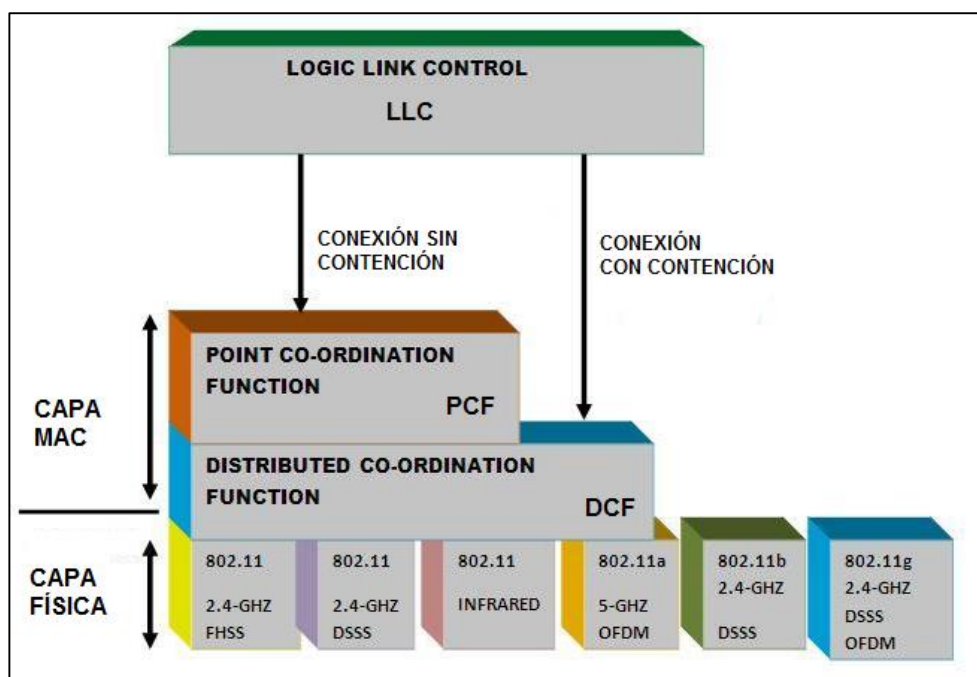


Figura 3.8: Arquitectura IEEE 802.11

Fuente: engineersgarage.com/sites/default/files/imagecache/Original/wysiwyg_imageupload/4214/Architecture%20and%20Network%20Topology_0.JPG

3.5 Limitaciones tecnológicas del estándar IEEE 802.11

Todas las variantes que corresponden a la familia del estándar IEEE 802.11 sin importar la frecuencia en la que operen cuentan con unas limitaciones tecnológicas que son 5:

- **Alcance:** Normalmente se habla de alrededor de 100 metros, este alcance se verá mermado dependiendo el entorno donde esté operando el punto de acceso, los obstáculos, las interferencias, las condiciones del ambiente, etc. Lógicamente en un entorno exterior este alcance será superior a un entorno de oficina donde las paredes y demás obstáculos e interferencias afectan dicho alcance.
- **Ancho de Banda:** Depende también del entorno, los protocolos usan el canal aéreo para transportar información entonces la velocidad útil será menor esto sumado a codificaciones más fuertes contra interferencias o errores que suceden hace que el ancho de banda sea limitado.
- **Calidad de Servicio QoS:** Consiste en un mecanismo para priorizar el tráfico de acuerdo a su importancia, por ejemplo una llamada VoIP tendrá más prioridad que revisar el correo electrónico. Esto antes era un problema debido a que las primeras variantes del estándar WiFi no eran capaces de tener una buena gestión del tráfico que cursaban las redes y no contaban con una calidad de servicio propiamente dicha; en la actualidad esto cambió y ahora con los nuevos estándares y equipos más robustos es posible manejar tráfico de distinta prioridad de una forma eficiente

exprimiendo al máximo el espectro para darle una buena calidad de servicio al usuario.

- **Seguridad:** La seguridad en redes inalámbricas es más complicada que en redes cableadas debido a que la información se transmite vía aérea lo cual hace posible que cualquier pirata informático pueda capturar paquetes o algún otro tipo de información del punto de acceso de una red sin que los dueños de la misma estén enterados. Con el pasar de los años la seguridad se ha ido mejorando y los puntos de acceso ofrecen nuevas alternativas para el cifrado de la información y de la conexión en sí. El estándar 802.11i hoy en día ofrece seguridad similar a la de una red cableada.
- **Movilidad:** No se debe confundir movilidad con itinerancia. Itinerancia nos permite por ejemplo leer el correo electrónico o chatear a la vez que caminamos, pero esto no es movilidad en sí. La movilidad se refiere al uso de los dispositivos terminales a mayor velocidad por ejemplo dentro de un automóvil o caminando rápido incluso al caminar normalmente si un punto de acceso no tiene suficiente cobertura se perderá la conexión. El problema de movilidad se asocia principalmente a la física asociada a la velocidad, obviamente esto era un problema mayor en el pasado, ya que hoy en día se ha logrado mejorar mucho la mayoría de limitaciones, haciendo incluso posible cambiarse de un punto de acceso con poca cobertura a otro más cercano y con mejor cobertura de forma automática y en movimiento, sin que el usuario note alguna caída de la comunicación, esto se conoce como *handover*.

3.6 Variantes del estándar IEEE 802.11 WiFi

A continuación se detallan las variantes más conocidas del estándar IEEE 802.11WiFi y sus características.

3.6.1 Estándar 802.11a

Se lanzó al mercado en el año 2001. Esta variante es más usada a nivel corporativo, no es muy popular en redes domésticas o PyMEs. Entre sus características está que trabaja con la modulación OFDM.

- **Velocidad:** Cuenta con una velocidad máxima de 54Mbps y efectiva de 25Mbps haciendo esta una mejor alternativa frente a otras variantes.
- **Cobertura:** Provee una cobertura aproximada de 100 pies o 33 metros los cuales varían de acuerdo a las condiciones físicas del entorno y como trabaja en una banda superior a algunas de las otras variantes tiene más dificultad en atravesar muros y obstáculos casuales, por lo tanto su cobertura es menor a otras variantes. La ventaja de usar una frecuencia mayor es que no tiene interferencias de teléfonos inalámbricos o hornos microondas, etc.
- **Banda:** Trabaja en la banda de 5GHz, específicamente 5.15-5.35/5.47-5.725/5.725-5.875 GHz.

- **Compatibilidad:** 802.11a no es compatible con las demás variantes.

3.6.2 Estándar 802.11b

Esta variante fue ratificada en año 1999. Comenzó a introducir dispositivos domésticos al alcance de los usuarios comunes; por medio de un router o punto de acceso de bajo coste es posible implementar una red WiFi de forma sencilla. Trabaja con la modulación DSSS y OFDM.

- **Velocidad:** Cuenta con una velocidad máxima de 11Mbps y efectiva de 6.5Mbps. A causa del espacio que ocupa el protocolo CSMA/CA la velocidad se limita sobre UDP a 5.9Mbps y sobre TCP a 7.1Mbps
- **Cobertura:** Su cobertura es de alrededor de 150 pies o 50 metros. En esta variante la frecuencia está dentro del rango de otros equipos que podrían causar interferencias como los teléfonos inalámbricos y los hornos de microonda, sin embargo, al trabajar en una frecuencia menor que la variante 802.11a hace posible que atravesase en mejor forma los obstáculos, paredes, etc.
- **Banda:** Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz, específicamente 2.4 – 2.497GHz.

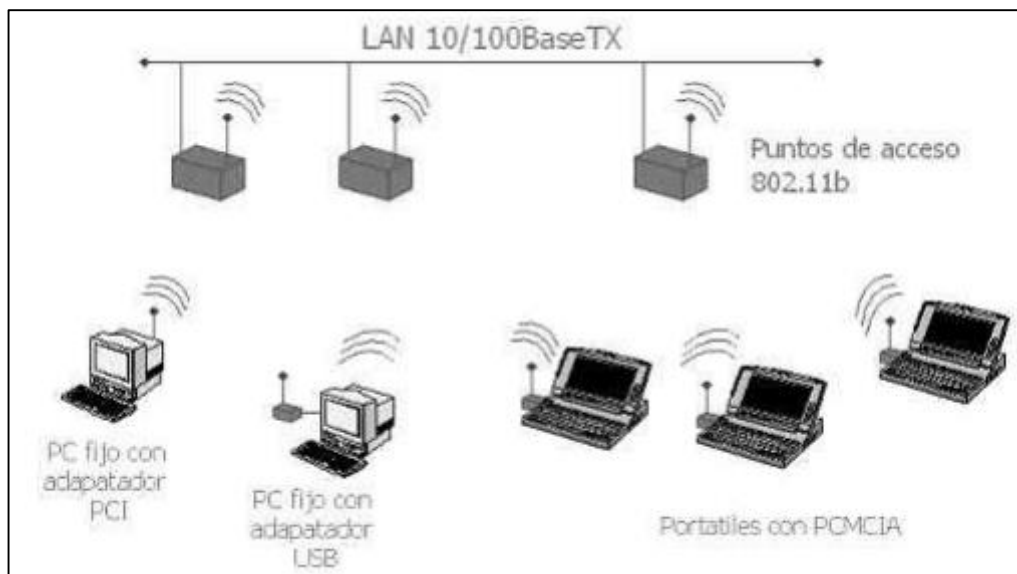


Figura 3.9: Disposición de los Equipos bajo el estándar IEEE 802.11b

Fuente: <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/221/4/Capitulo%203.pdf>

3.6.3 Estándar 802.11g

Esta variante se ratificó en el año 2003, mejoró la velocidad y la calidad de la conexión, trabaja en la misma banda de frecuencias que el 802.11 b y a su vez es compatible con el estándar 802.11b lo que hace que los equipos puedan migrar lentamente a esta variante.

- **Velocidad:** Cuenta con una velocidad máxima de 54 Mbps y efectiva de de 24.7Mbps a 36Mbps similar al estándar 802.11a
- **Cobertura:** Provee una cobertura aproximada de 100 metros o 30 pies de distancia, lo cual es un poco menor al 802.11b y a su vez al trabajar en la misma

banda de esta se acarrea los mismos problemas de interferencia con otros equipos vecinos como teléfonos wireless y hornos de microondas entre otros, con la ventaja de tener la capacidad de atravesar muros y obstáculos que otras frecuencias más altas como la de 802.11a no pueden.

- **Banda:** Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 – 2.5 GHz.
- **Compatibilidad:** Los equipos 802.11g son totalmente compatibles con la variante anterior 802.11b lo cual lo hacen un estándar interesante ya que permite una migración paulatina de un estándar a otro. Se pueden usar equipos “b” en la variante “g” sin ningún problema.

3.6.4 Estándar 802.11n

Esta variante fue ratificada en septiembre del 2009, nace con el objetivo de mejorar el ancho de banda y el alcance de la red inalámbrica para que sea comparable con una red fija cableada por medio de la reducción de ineficiencias en el proceso del transporte de información y problemas dados por interferencias por reflexión en las paredes y obstáculos lo cual era un problema palpable en los antiguos estándares ya que la señal suele llegar distorsionada al receptor; promete alcanzar velocidades Ethernet de 100Mbps e incluso mayores.

Su gran innovación trae consigo el uso de múltiples antenas tanto en el punto de acceso como en los terminales (tecnología MiMo – Multiple Input Multiple Output) para hacer un uso eficiente del espectro de manera que se pueden aprovechar las reflexiones que toma la señal y combinar estas reflexiones para tener una señal mejor, también es posible enviar más de una señal a la vez por medio de múltiples antenas de esta forma la comunicación es mucho más eficaz y robusta ofreciendo al usuario una mejor calidad y un mayor ancho de banda.

- **Velocidad:** Cuenta con una velocidad de 100 – 300 Mbps sin embargo es posible alcanzar velocidades de hasta 600Mbps en la capa física.
- **Bandas:** Permite trabajar en las bandas de frecuencia de 2.4GHz y 5GHz. En 5GHz es donde muestra todo su potencial debido a que cuenta con menores interferencias.
- **Cobertura:** Alrededor de 300 metros o 100 pies.
- **Compatibilidad:** Es compatible con todos los estándares anteriores debido a que puede trabajar en ambas bandas (2.4 y 5 GHz).

3.6.5 Otras variantes del estándar IEEE 802.11

Tabla 3.1: Familias del estándar IEEE 802.11x

Estándar	Descripción
802.11	Estándar WLAN original. Soporta de 1 a 2Mbps.
802.11a	Estándar WLAN de alta velocidad en la banda de los 5GHz. Soporta hasta 54Mbps.
802.11b	Estándar WLAN para la banda de 2.4GHz. Soporta 11Mbps.
802.11e	Está dirigido a los requerimientos de calidad de servicio para todas las interfaces IEEE WLAN de radio.
802.11f	Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11g	Establece una técnica de modulación adicional para la banda de los 2.4GHz. Dirigido a proporcionar velocidades de hasta 54Mbps.
802.11h	Define la administración del espectro de la banda de los 5GHz para su uso en Europa y en Asia Pacífico.
802.11i	Está dirigido a abatir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación.

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/221/4/Capitulo%203.pdf>

3.7 La WiFi Alliance

Se constituyó en el año de 1999, no es más que una asociación comercial enfocada a promover y certificar los productos WiFi: puntos de acceso, tarjetas inalámbricas, adaptadores, software, etc; para que cumplan con ciertas normas necesarias para su interoperabilidad.

La WiFi Alliance es propietaria de la marca WiFi, y solo pueden llevar este logotipo si han cumplido con el proceso de certificación de interoperabilidad, sin embargo, hay productos que no siempre se presentan a la WiFi Alliance para su certificación debido a los costos que esto implica pero no quiere decir que por ello un producto sea incompatible con el estándar 802.11.

En la página Web de la WI-FI Alliance (www.wi-fi.org) se pueden encontrar las especificaciones de todos los productos homologados según distintas clasificaciones: por marca, por tipo de producto, por estándar, etc. (Bravo Fernandez & Contreras Alonso)

3.8 Transmisión de la Información en WiFi

Los paquetes de información son transmitidos en el aire a través de ondas de radio frecuencia RF. La IEEE menciona 3 tipos de paquetes usados para la transmisión de la información en redes WiFi. Estos son: De administración, De control y De datos.

- Los paquetes de administración o paquetes management son los encargados de establecer y de mantener una conexión o comunicación. Entre ellos los principales son:
 - “Association request”
 - “Association response”
 - “Beacon”

- “Probe request”
 - “Probe response”
 - “Authentication”
- Los paquetes de control permiten coordinar y controlar la correcta entrega de la información
- Los paquetes de datos contienen información precisa como el SSID o nombre de la red Wifi, así como la dirección única MAC tanto del remitente como del destinatario.

3.8.1 Paquetes de Administración o Management

- **Association Request:** Permite al punto de acceso localizar recursos necesarios para establecer una conexión con una tarjeta NIC compatible. La NIC comienza este proceso de asociación enviando una petición de asociación al punto de acceso la cual incluye algunos datos como la velocidad con la que trabaja dicha NIC, el SSID o nombre de la red a la cual se intenta conectar, luego de recibir dicha petición el punto de acceso considera si asociarse con la NIC o no, si es aceptada esta petición le reserva un espacio en memoria y le asigna un ID a dicha NIC.
- **Association Response:** Un punto de acceso envía un paquete de respuesta de asociación el cual contiene la aceptación o denegación al a solicitud de asociación

que envió la NIC. Si la asociación es aceptada este paquete contendrá el ID que le ha dado el punto de acceso a la NIC, así como los valores de información soportados, de esta forma la NIC es capaz de comunicarse con otras NIC que se encuentren en la misma conexión.

- **Beacon:** El punto de acceso envía señales de forma periódica para avisar a las NIC que se encuentran conectadas a él acerca de su presencia y otras informaciones como fecha, hora, SSID, y demás parámetros relacionados al punto de acceso para comprobar si las diferentes NIC se encuentran dentro del rango de cobertura del punto de acceso. Las NIC constantemente escanean los canales 802.11 y reciben estos beacons para elegir el punto de acceso con el que es mejor asociarse.
- **Probe request:** Una NIC puede enviar una solicitud de sondeo para determinar qué puntos de acceso están dentro del rango de cobertura.
- **Probe response:** Un punto de acceso responde una solicitud de sondeo la cual contiene información de capacidad, velocidad de datos etc.
- **Authentication:** Es el paquete mediante el cual un punto de acceso acepta o rechaza una petición de conexión. Las WiFi abiertas no requiere este proceso mientras que las WiFi protegidas si requieren de este proceso mediante retos y respuestas para verificar la veracidad de la NIC que intenta conectarse.

3.8.2 Paquetes de Control

- **Request to Send (RTS):** Tiene la función de reducir colisiones presentes cuando estaciones ocultas intentan asociarse con un mismo punto de acceso. Una estación envía una trama RTS a otra estación como la primera fase de una comunicación de 2 vías de tipo “handshake” la cual es necesaria antes de enviar tramas de datos.
- **Clear to Send (CTS):** Tiene la función de responder un RTS de esta forma provee la capacidad a una estación de poder enviar tramas de datos. Las estaciones que reciben un CTS deben esperar su turno un tiempo determinado por el mismo CTS debido a que hay otra estación que está enviando información en ese momento, esto evita las colisiones mejorando así la eficiencia y la velocidad.
- **Acknowledgement (ACK):** Después de recibir una trama de datos la estación receptora usa un proceso de chequeo de errores para detectar la presencia de los mismos. Si la estación receptora no encuentra errores en la información recibida entonces enviará un ACK al remitente, si el remitente no recibe dicho ACK por un periodo de tiempo entonces retransmitirá la trama de datos nuevamente ya que asume que la que trama que envió con anterioridad llegó al receptor con errores.

3.8.3 Paquetes de Datos

Son propiamente los paquetes que contienen la información determinada que se desee transmitir, por lo general se necesita una gran cantidad de estos paquetes para

formar algún fichero de información o archivo de video por ejemplo. Estos paquetes pueden contener información de tipo administrativa, número de secuencia del propio paquete, BSSID, Dirección MAC de la estación receptora así como del remitente, entre otros.

3.9 Roaming en Redes WiFi

Típicamente en los puntos de acceso actuales se puede encontrar radios de cobertura aproximadas de 100-150-300 metros dependiendo de las características técnicas y capacidades de cada equipo y va depender también del tipo de entorno donde se encuentre ubicado el AP, obstáculos, paredes, muros, árboles, intemperie, etc.

Cuando se habla de “roaming” se habla de itinerancia por su denotación en inglés, así como movilidad entre los usuarios; para esto se requiere que los Access point se encuentren de tal forma que exista un “overlapping” de su radio de cobertura es decir que su radio de cobertura se entrelace o se superponga uno con otro como se puede apreciar en la Figura 3.10.

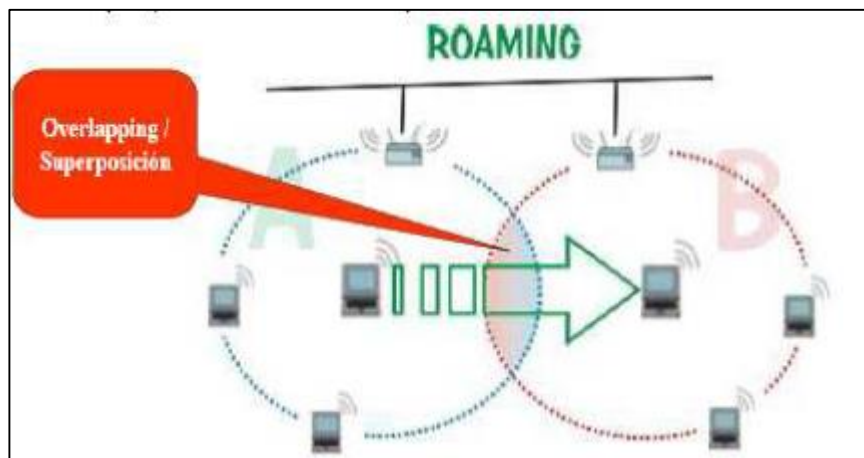


Figura 3.10: *Superposición entre radios de cobertura de AP's*

Fuente: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3388/1/Tesis.pdf>

La Figura 3.10 hace una ilustración de como se hace posible desplazarse desde A hacia B sin perder en ningún instante la señal WiFi existente, esto permite al usuario seguir recibiendo la señal cuando pasa de la zona de cobertura de un punto de acceso a otro, sin que este lo note.

3.9.1 Roaming y Paquetes “Beacons”

Son paquetes emitidos constante y periódicamente por parte de un punto de acceso, cuando un dispositivo terminal de usuario se aleja demasiado de la zona de cobertura de dicho punto de acceso entonces dejará de recibir estos paquetes llamados “beacons” los cuales tienen la función de indicar a los terminales la presencia del punto de acceso.

Al momento de existir superposición de radios de cobertura entre varios puntos de acceso y el usuario se está alejando de un punto de acceso A hacia un punto de acceso

B, irá perdiendo los “beacons” del punto de acceso A para empezar a recibir nuevos “beacons” provenientes del punto de acceso B todo esto de forma gradual.

3.9.2 Roaming y Paquetes “ACK”

Es el paquete que envía una estación receptora dentro de una red WiFi hacia una estación transmisora para avisar que ha recibido un paquete de datos específico por parte de dicha estación transmisora; si la estación receptora se aleja demasiado de la zona de cobertura de dicha estación transmisora entonces la estación transmisora no podrá recibir los paquetes ACK de confirmación.

Para evitar problemas con el envío y recepción de paquetes ACK ocasionados por la natural movilidad de los usuarios, los equipos WiFi son capaces mediante un algoritmo decidir en qué momento un terminal de usuario se desconectaría de un punto de acceso A para conectarse a un punto de acceso B, de forma transparente.

3.10 Calidad de Servicio QoS

En el ámbito de las telecomunicaciones la calidad de servicio QoS por sus siglas en inglés (Quality of Service) es un enfoque dado principalmente a las técnicas o procedimientos usados para tratar diferentes tipos de tráfico de acuerdo a las preferencias que tengan unos tipos de tráfico frente a otros con el principal objetivo

de satisfacer los mínimos requerimientos en algunos parámetros tales como el ancho de banda asignado o el retardo.

La ITU define a la Calidad de Servicio como: “Efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio” mediante esta definición se puede denotar que la calidad de servicio va principalmente enfocada a satisfacer las expectativas del usuario por medio de la calidad que este perciba en el uso de los recursos de una red.

La IEEE por medio de un grupo de trabajo “802.11e” proporciona mejoras para la calidad de servicio en el apartado de acceso al medio; este grupo de trabajo define estaciones de trabajo y puntos de acceso enriquecidos con calidad de servicio los cuales se conocen respectivamente con el nombre de QSTA y QAP.

Las principales funciones designadas por el grupo de trabajo de la IEEE 802.11e para la entrega de calidad de servicio son EDCF y HCF, las cuales proveen diversos métodos para acceder a los canales disponibles así como las características del tráfico, de esta forma se hace una mejor entrega de datos principalmente en aplicativos y servicios que requieran de un funcionamiento en tiempo real.

A continuación en la Figura 3.11 se muestra la diferencia entre una trama 802.11 y una trama enriquecida para calidad de servicio 802.11e.

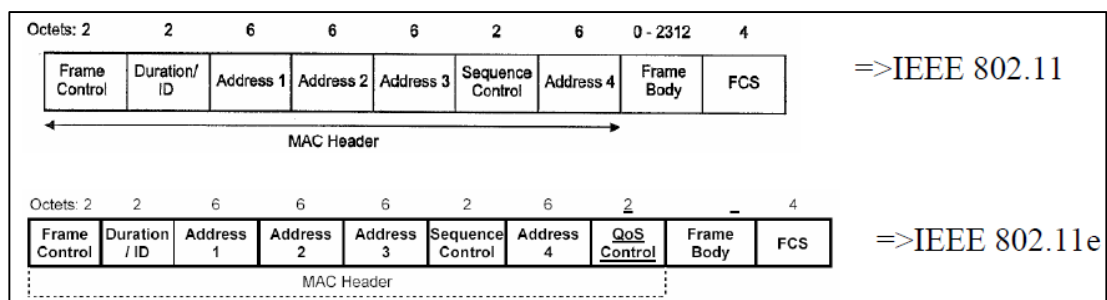


Figura 3.11: *Formato de tramas 802.11 y 802.11e*

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/56/1/CD-0025.pdf>

CAPÍTULO 4

VoIP

4.1 Definición

VoIP por sus siglas en inglés (Voice over Internet Protocol) es una tecnología que faculta la posibilidad de realizar llamadas telefónicas de voz a través de una red IP local o pública como por ejemplo Internet. La voz es convertida en paquetes de datos de tipo digital para luego ser transportada por una red IP mediante los distintos protocolos de transporte siendo los más comunes UDP y TCP donde UDP es el más usado entre ambos.

La mayoría de las veces se utiliza UDP para VoIP debido a que UDP pese a no garantizar la entrega de paquetes en el otro extremo es mucho más rápido que TCP y como VoIP es una tecnología en tiempo real, lo que se necesita es velocidad en la transmisión de los datos y siendo las redes actuales muy confiables no presenta problema el hecho de que no se garantice la entrega de paquetes debido a que es menos probable que exista un gran porcentaje de pérdida de paquetes.

Al no tener un camino dedicado por donde los paquetes de voz pasarían, se gestiona mejor el camino idóneo para cada transmisión de datos ya que IP se basa en redes de conmutación de paquetes no como la telefonía tradicional de la PSTN que son basadas en conmutación de circuitos.

4.2 Protocolos para VoIP

Los protocolos usados para la transmisión de la señalización en aplicaciones de VoIP más usados son el protocolo H.323 y el protocolo SIP.

4.2.1 H.323

Representa un grupo de protocolos y estándares de señalización creado por la ITU-T y presentado en el año de 1993 que permite entablar una conexión en una red IP, señalización SS7 o comunicaciones en redes digitales de servicios integrados RDSI.

Comúnmente es más utilizado para aplicaciones sobre IP como VoIP y videoconferencia. No garantiza una calidad de servicio, no depende de una topología de red en específico y opera en una red conmutada de paquetes. Es un protocolo muy antiguo que con el pasar de los años está siendo reemplazado por otros protocolos siendo el más común para su reemplazo el protocolo SIP

Componentes de H.323:

- Codificadores de Audio
- Codificadores de Video
- Canales de Datos
- Sistema de Control

- Sistema de Transmisión
- Interfaz de red

La Figura 1.1 muestra los componentes de H.323 y su relación.

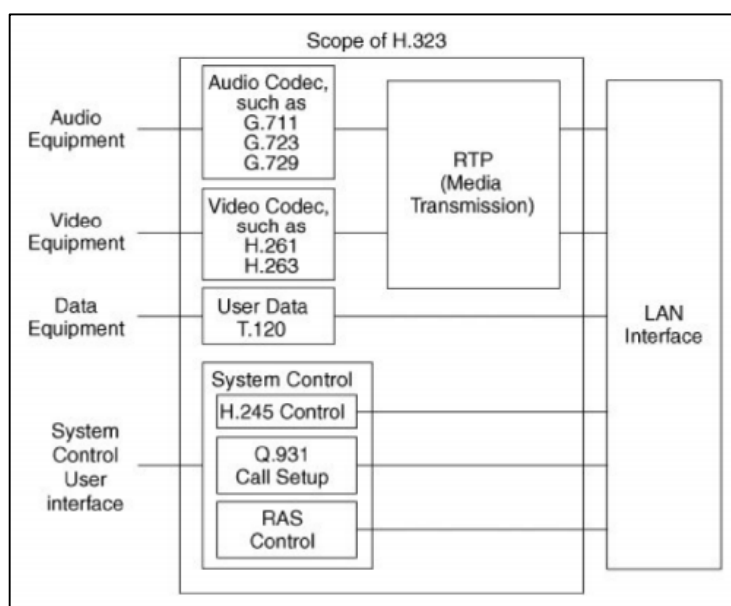


Figura 4.1: Componentes de H.323

Fuente: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/719/1/pfc2756.pdf>

4.2.2 SIP

Por su denotación en inglés Session Initiation Protocol o Protocolo de Iniciación de Sesión es un protocolo creado por el grupo IETF en el año de 1996 para proveer establecimiento de conexiones o sesiones de tipo multimedia sean voz, video o datos permitiendo diferenciar parámetros de inicio, de reforma y de culminación de dichas sesiones.

Es un protocolo menos complejo que el protocolo H.323 y su operación se asemeja a otros protocolos ya conocidos como HTTP entre otros debido a que SIP fue creado con la intención de ser un protocolo para brindar telefonía en Internet o redes IP. Además las funcionalidades en el apartado de señalización que realiza son similares al protocolo usado en las redes telefónicas comunes SS7, y la transmisión de los paquetes de voz lo hace a través de un protocolo de transporte en tiempo real llamado RTP que es el protocolo encargado de la transmisión de información en tiempo real, se basa en el protocolo UDP y fue desarrollado a su vez por el grupo IETF.

Al ser SIP diseñado para operar en redes IP fue tomando adeptos con el pasar de los años tanto así que la mayoría de centralitas PBX de tipo VoIP operan bajo el protocolo SIP en lugar del archiconocido H.323, una de ellas es Asterisk. SIP brinda mayor facilidad para implementar y adaptar dispositivos y centralitas a un costo relativamente bajo y en la actualidad SIP es el protocolo elegido por las aplicaciones de tipo VoIP.

4.3 Elementos de VoIP

Básicamente se tiene 3 elementos que conforman una red VoIP:

- **Gateways:** Permiten la convergencia entre una red PSTN y una red VoIP para combinar ambos tipos de funcionalidades.

- **Centralita o PBX:** Es hacia donde se enlazan los terminales o teléfonos IP y es esta centralita la que brinda la capacidad de comunicar los terminales que se encuentren enlazados a ella en el caso de una red local y a su vez permite redirigir las llamadas a otros terminales VoIP ajenos a una red local.
- **Teléfonos IP o Softphones:** Son los dispositivos terminales de usuario o teléfonos IP que permiten realizar y recibir llamadas de voz o incluso de videoconferencia.

4.4 Códecs

Un códec o codificador - decodificador es aquel que permite por medio del empleo ya sea de software (algoritmos) y/o hardware, codificar la voz análoga para digitalizarla y enviarla por una red digital de datos; de acuerdo a cada tipo de códec se tendrá mejor o peor calidad de voz ya que cada tipo de códec requiere un ancho de banda distinto y usa un método de compresión distinto.

Existe una gran cantidad de códecs existentes siendo los más utilizados para VoIP el códec G.711, G.722 y G.729 siendo este último de tipo pagado el cual para ser utilizado requiere una licencia.

4.4.1 Códec G.711

Es un códec estandarizado por la ITU y diseñado para telefonía en el año de 1972, fue uno de los primeros códecs de audio desarrollados y estandarizados, hace uso de PCM o modulación de pulsos codificados y designó una frecuencia para la voz humana comprendida entre 300 y 3400Hz, al usar una tasa de 8000 muestras por segundo requiere una velocidad de 64kbps. G.711 es y ha sido usado en la telefonía PSTN tradicional y permite una calidad de voz muy buena. Su utilización en la actualidad no requiere licencia alguna y es por eso que para VoIP es un códec de los más comunes ya que viene integrado en los dispositivos VoIP actuales.

4.4.2 Códec G.722

G.722 no fue desarrollado del todo en sus inicios por la ITU sin embargo la ITU lo patrocinó desde el año de 1988 y propone que el ancho de banda puede ser segmentado mediante un filtro en 2 partes una comprendida de 0 a 4000 Hz llamada sub-banda “baja” y la otra de 4000 a 8000 Hz llamada sub-banda “alta” que es donde generalmente gran parte de la voz es transportada haciendo uso de 48kbps y los 16kbps restantes para completar 64kbps irían en la sub-banda baja.

G.722 mejora el retraso que existe en el códec G.711 y puede utilizar velocidades de 48, 56 o 64 kbps pero en la práctica se transmite en 64kbps de los cuales una parte es usada para datos de control y los demás para la voz o carga útil. Al igual que G.711

no se requiere de licencias en la actualidad debido a que las patentes datan de hace mucho tiempo.

4.4.3 Códec G.729

Es un códec estandarizado por la ITU en el año de 1996 que utiliza tramas o segmentos de 10ms cada uno para comprimir la voz, al requerir poco ancho de banda este códec es muy útil en aplicaciones de tiempo real como por ejemplo VoIP. Toma 8000 muestras por segundo o lo que es igual 80 muestras en cada segmento de 10 ms a una velocidad de bits de 8kbps en cada segmento de 10ms, sin embargo existen variantes donde se puede operar a 6.4 y 11.8kbps.

En síntesis el códec G.729 permite el uso de poco ancho de banda para transmitir una buena calidad de voz mediante sus métodos de compresión buenos pero poco complejos, haciendo de este estándar una buena alternativa a la hora de aplicativos VoIP sobre todo en redes limitadas.

A diferencia de los códecs G.711 y G.722 este códec si necesita de una licencia por el uso de la patente es por ello que se tiene que pagar un valor adicional en aplicativos VoIP que son gratuitos.

4.5 Parámetros considerados para medir la QoS en VoIP

Los parámetros que se considerarán en el presente trabajo para las mediciones de la calidad de servicio QoS ofrecida por cada red WiFi residencial donde se hagan las mediciones serán: La latencia, el jitter y el porcentaje de pérdida de paquetes.

4.5.1 Latencia

La latencia es técnicamente la cantidad de tiempo necesaria que le toma a un paquete de datos viajar desde su origen hasta su destino, es producido entre el intercambio de información entre dos extremos de una red y se asocian a distintos parámetros como los retardos propios de los enrutadores, switches y equipos de red; así como también el retardo físico de la propia red y el retardo ocasionado por el procesamiento de los datos en una red.

Obviamente, este parámetro fue considerado debido a que puede causar afectación a la calidad de servicio percibida por el usuario. Los aplicativos que requieren funcionar en tiempo real como VoIP tienen mucha sensibilidad con estos parámetros es por eso que si este parámetro es muy alto, los usuarios no gozarán de una buena comunicación en tiempo real y no percibirán una calidad de servicio como tal; este tipo de problemas se suscitan en redes cuyos extremos están muy alejados entre sí o separados por demasiados saltos entre ruteadores o a su vez en las horas pico debido a la congestión de una red.

Para tratar de minimizar la latencia de una red es posible reservar ancho de banda entre los extremos involucrados a los paquetes que trabajarán con aplicativos en tiempo real, para ello deben contener información de tipo ToS (Tipo de servicio) de esta forma se dará prioridad a los paquetes usados para tiempo real.

4.5.2 Jitter

Es la varianza del tiempo con la que un extremo envía paquetes a la red y el otro los recibe. Generalmente este parámetro se da en redes basadas en paquetes. El jitter es más propenso en redes con poca capacidad de ancho de banda y se generan entre otras cosas por un mal procesamiento de los paquetes de llegada en el receptor. La varianza de tiempo entre los paquetes que viajan no es constante y dependerá de la congestión y de la propia red en sí.

Este parámetro degrada la calidad de voz en aplicaciones de VoIP videoconferencia, haciendo incluso poco entendible la comunicación entre dos personas a través de una red; esto afecta negativamente a la calidad de servicio percibida por ambas partes.

Para minimizar este parámetro y que poco afecte a la calidad de servicio en una red es mediante la priorización del tráfico de paquetes de voz por sobre los de datos y también implementando enlaces de mayor velocidad, capacidad y ancho de banda.

4.5.3 Pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes es la tasa de paquetes perdidos en el camino entre dos extremos en una red, y normalmente está representado como el porcentaje de paquetes que no llegaron a su destino y que fueron descartados en la red. La pérdida de paquetes puede ser ocasionada por distintos factores como enlaces con alta tasa de errores, exceso de retardo cuando los paquetes llegan tarde se descartan y se consideran los nuevos paquetes, congestión en la red, cuando un buffer se encuentra lleno en su capacidad se descartan los paquetes entrantes al buffer, entre otros.

La problemática más común que afrontan las aplicaciones de VoIP es que utilizan el protocolo UDP para el transporte de paquetes, como es conocido el protocolo UDP no permite la posibilidad de retransmitir paquetes perdidos haciendo que en caso de que exista una gran cantidad de paquetes perdidos esto suponga una disminución en la calidad de servicio ofrecida al usuario en este caso de voz.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO QoS PARA VOIP EN 3 REDES WIFI RESIDENCIALES EN GUAYAQUIL

En el siguiente capítulo se hará un análisis de los parámetros de calidad de servicio QoS en 3 redes WiFi residenciales en Guayaquil, por medio de llamadas VoIP. Las 3 redes WiFi elegidas para el presente análisis son redes WiFi residenciales con servicio de internet de CNT, de TVCable y de Claro. Se aclara que el análisis es sobre el rendimiento de la calidad de servicio QoS en el equipo ruteador WiFi instalado por cada proveedor, más no sobre el proveedor en sí; de este modo los resultados del presente análisis variarán en otros equipos ruteadores dependiendo de sus especificaciones técnicas.

Se analizarán los parámetros de la calidad de servicio QoS por medio de herramientas de software libre con el fin de tener un concepto claro de qué tan buena es la calidad de servicio para VoIP provista por los 3 equipos WiFi residenciales.

5.1 Metodología del análisis

La calidad de servicio QoS antes poco observada es hoy en día un parámetro muy importante dentro de una red basada en IP debido a que con el pasar del tiempo el Internet se ha convertido en una red del diario vivir en el ciudadano no solo de

Guayaquil sino también a nivel mundial, es por eso que los parámetros de calidad de servicio QoS tratan de presentar mejoras en las aplicaciones en tiempo real como videoconferencia o VoIP, entre otras.

Para las mediciones y análisis se realizan llamadas VoIP desde la red WiFi a analizar hacia un terminal ajeno y externo a dicha red. Las mediciones serán tomadas por una computadora que se encuentre en la misma red a analizar, mediante un software capaz de capturar paquetes y tráfico que curse por la red WiFi, para de esta forma conseguir medir la calidad de servicio en VoIP.

Para la llamada VoIP se hace uso de un celular inteligente con Android 4.4.2 con el software para VoIP llamado “3CX” en su versión 12.0.97 previamente instalado y configurado para usar el códec G.711u. Para hacer la captura de paquetes que viajan a través de una red WiFi para su posterior análisis de los parámetros de calidad de servicio se hace uso del software analizador de protocolos y paquetes de red conocido como Wireshark en su versión 1.12.0 el cual conforma una herramienta útil para realizar análisis concernientes a protocolos y redes varias; este software está instalado en una computadora con el sistema operativo Windows 8.

Las capturas de paquetes de las llamadas VoIP sirven para analizar los parámetros de calidad de servicio. Los parámetros considerados para el presente análisis son:

- Latencia
- Jitter
- Pérdida de paquetes

5.2 Descripción de las mediciones para el análisis

Para resultados óptimos de las mediciones se realizan capturas de todo el proceso de las llamadas VoIP y se filtran todos los paquetes que se capturan para de esta forma analizar solo los paquetes necesarios que contengan el protocolo UDP y RTP propios de VoIP, desechando así una gran cantidad de paquetes que para este análisis no son de utilidad.

El estudio de la calidad de servicio QoS de los 3 equipos de las redes WiFi residenciales en Guayaquil se lleva a cabo por medio de llamadas VoIP entre dos entidades que no se encuentren dentro de la misma red WiFi a analizar: sólo se encuentran en la misma red WiFi la máquina con el software de monitoreo y el terminal que realiza la llamada VoIP; cabe destacar que las llamadas son realizadas desde la red WiFi a analizar hacia un único destino ajeno a dicha red en todos y cada uno de los casos.

Para este estudio se consideran 3 redes WiFi por medio de equipos residenciales de los proveedores de servicios de internet más comunes en Guayaquil: CNT, Claro, y TVCable cuyos equipos ruteadores WiFi no han sido modificados de ninguna manera para los análisis; los resultados arrojados en el presente estudio, son en base a las configuraciones ya establecidas y realizadas únicamente por los distintos proveedores de cada uno de estos equipos.

Los análisis fueron realizados en 3 domicilios al norte de la ciudad de Guayaquil donde se tenían ya los equipos instalados analizando únicamente un equipo WiFi residencial por cada proveedor. Este estudio ciertamente no refleja toda la población cubierta por los proveedores sino una muestra única de cada uno de los mismos.

Para las llamadas se determinó un tiempo límite de alrededor de 5 minutos (300seg) y éstas se realizan en 3 franjas horarias de tiempo durante el mismo día: mañana, tarde y noche. Para que los resultados del análisis de los parámetros a estudiar sean más veraces se tomó una hora en específica para realizar las pruebas: en la mañana las pruebas de las llamadas VoIP se realizan a las 9:00 am, para la tarde se realizan a las 3:00 pm y para la noche se realizan a las 9:00 pm.

Es preciso aclarar que para las pruebas de las llamadas, la red WiFi en sí estaba libre del uso de otras aplicaciones que puedan mermar el análisis, y mientras se realizan las llamadas todos los puntos involucrados tanto el router, el terminal VoIP, así como la máquina encargada de las mediciones, se encontraban solo en uso de los recursos necesarios para el análisis; de este modo se evita que las mediciones sean menos objetivas ya que las aplicaciones VoIP no deben competir para ganar un canal.

Las llamadas VoIP se realizaron, en un entorno alejado de ruidos provenientes de la calle y relativamente silencioso. El nivel de la señal de WiFi en todos los equipos y dispositivos se encontraba en un nivel de calidad excelente en todo momento.

5.3 Requisitos mínimos de los parámetros de calidad de servicio QoS a analizar

Entonces, antes de adentrar en el análisis en sí, cabe definir los requisitos mínimos que se deberían cumplir en cada uno de los parámetros de calidad de servicio QoS a analizar para que ofrezcan una óptima calidad de servicio para VoIP.

Según la ITU-T por medio de su recomendación G.114, recomienda que la latencia en un sentido para una llamada VoIP no debe exceder los **150ms** si se desea experimentar una interactividad transparente.

La documentación de Cisco concerniente a la Calidad de servicio QoS, especifica las mejores prácticas y valores recomendados para diversos tipos de aplicaciones, donde estipula que para la voz se requieren los siguientes parámetros expuestos en la Figura 5.1:

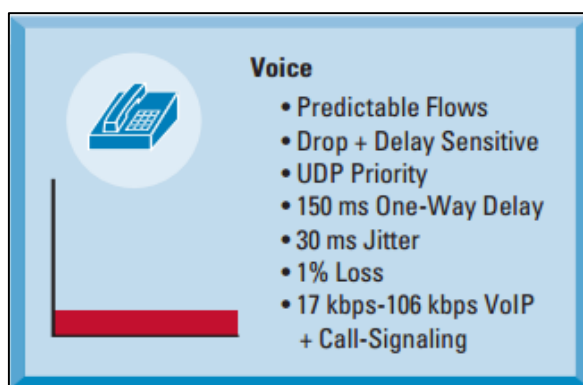


Figura 5.1: *Requirimientos de QoS para la Voz según Cisco*

Fuente:http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk759/technologies_white_paper0900aecd80295aa1.pdf

Con los valores previamente descritos tanto de la ITU como de Cisco, se procede a armar una tabla que sirva como base y que contenga los valores ciertamente recomendados para los parámetros considerados en las mediciones del presente trabajo. La tabla 5.1 muestra dichos valores tabulados:

Tabla 5.1: *Requisitos mínimos para los parámetros de QoS en VoIP*

Parámetro	Valor recomendado
Latencia	Menor o igual a 150ms
Jitter	Menor o igual a 30ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%

Fuente: *Propia*

5.4 Resultados obtenidos del análisis

Las llamadas VoIP que son objeto de análisis son transmitidas mediante el protocolo de transporte en tiempo real RTP dentro de paquetes UDP, dichos paquetes fueron capturados mediante el software Wireshark para su posterior estudio.

En ningún momento durante la duración de las respectivas llamadas VoIP de cada red WiFi a analizar, la conexión sufrió algún tipo de caída o corte, por lo que se puede afirmar que las mediciones realizadas fueron lo más acertadas posible.

5.4.1 Análisis de llamadas VoIP en la red del equipo WiFi de CNT

Se empieza el análisis con el equipo WiFi residencial de CNT, posteriormente con TVCable y para finalizar con Claro mostrando las diferentes capturas de las llamadas VoIP realizadas en las franjas horarias de la mañana, tarde y noche presentando sus respectivos valores de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

El equipo router WiFi en el que se hizo las mediciones en CNT es un Huawei modelo HG532s bajo el estándar 802.11n y la banda de 2.4Ghz, este equipo hace las veces de módem y de router inalámbrico WiFi, y va conectado directamente a la red de acceso de CNT que emplea la tecnología ADSL sobre líneas de cobre.

▪ Medición de los datos en la mañana

Para la primera medición se realizó una llamada VoIP usando la red del equipo WiFi del equipo de CNT en el horario de la mañana, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la mañana en CNT:

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
376	1809	0.00	0.00	0.00	0.58	SET	[Ok]
379	1810	46.12	1.63	-26.12	1.17		[Ok]
380	1811	0.00	2.78	-6.12	1.75		[Ok]
381	1812	1.03	3.79	12.86	2.34		[Ok]
383	1813	21.75	3.66	11.11	2.92		[Ok]
394	1814	47.50	5.15	-16.39	3.50		[Ok]
395	1815	1.03	6.02	2.57	4.09		[Ok]
397	1816	22.12	5.77	0.45	4.67		[Ok]

Max delta = 198.84 ms at packet no. 454
 Max jitter = 22.09 ms. Mean jitter = 14.05 ms.
 Max skew = -167.81 ms.
 Total RTP packets = 15130 (expected 15130) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration 302.54 s (91 ms clock drift, corresponding to 8002 Hz (+0.03%))

Figura 5.2: Valores arrojados de la llamada VoIP en la mañana para la red WiFi del equipo CNT

Fuente: Propia

▪ Análisis de los datos obtenidos en la captura de la mañana

• Latencia:

Como se puede apreciar en la Figura 5.2 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la mañana en la red del equipo WiFi residencial provista por CNT es de **198.84ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia sobrepasa los 150ms que dice el valor recomendado.

• Jitter:

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la mañana en la red del equipo WiFi residencial de

CNT es de **14.05ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por debajo de los 30ms que es el valor recomendado.

- **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la mañana en la red del equipo WiFi residencial de CNT es de **0.00%** y además se puede observar que todos los paquetes llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

- **Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la mañana**

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la mañana para llamadas VoIP usando la red del equipo WiFi residencial de CNT, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.2: *Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la mañana en la red WiFi del equipo CNT*

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	198.84 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	14.05 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.00%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

- **Palabras finales y discusión**

La tabla 5.2 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP de la red del equipo WiFi residencial de CNT para el horario de la mañana; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

Como es posible apreciar el único parámetro de QoS que excede el valor recomendado es la latencia que tiene un valor por encima de los 150ms lo cual es elevado, sin embargo no se evidenció caída alguna de la llamada ni algún tipo de problema o microcorte mientras duró la misma.

- **Medición de los datos en la tarde**

Para la segunda medición se realizó una llamada VoIP con el equipo WiFi de CNT en el horario de la tarde, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la tarde en CNT:

The screenshot shows the 'Wireshark: RTP Stream Analysis' window. It has two tabs: 'Forward Direction' and 'Reversed Direction'. The main area contains a table with the following columns: Packet, Sequence, Delta(ms), Filtered Jitter(ms), Skew(ms), IP BW(kbps), Marker, and Status. Below the table, there is a summary box with the following text:

```

Max delta = 174.85 ms at packet no. 36123
Max jitter = 23.33 ms. Mean jitter = 13.97 ms.
Max skew = 110.02 ms.
Total RTP packets = 15221 (expected 15221) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
Duration 304.40 s (82 ms clock drift, corresponding to 8002 Hz (+0.03%))

```

At the bottom of the window, there are several buttons: 'Save payload...', 'Save as CSV...', 'Refresh', 'Jump to', 'Graph', 'Player', 'Next non-Ok', and 'Close'.

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
36123	15850	174.85	23.33	-70.03	25.11		[Ok]
22087	10150	78.49	15.96	6.00	28.62		[Ok]
6978	4013	72.10	17.51	-24.82	28.62		[Ok]
11496	5837	71.28	15.80	-10.77	28.62		[Ok]
7013	4027	70.08	18.97	-21.33	28.62		[Ok]
22165	10180	68.11	17.96	-9.09	27.45		[Ok]
34127	15030	67.22	15.38	33.14	28.03		[Ok]
9270	4928	66.89	15.49	-11.01	28.62		[Ok]

Figura 5.3: Valores arrojados de la llamada VoIP en la tarde para la red WiFi del equipo CNT

Fuente: Propia

▪ Análisis de los datos obtenidos en la captura de la tarde

• Latencia:

Como se puede apreciar en la Figura 5.3 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la tarde en la red del equipo WiFi residencial provista por CNT es de **174.85ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia sobrepasa los 150ms que dice el valor recomendado.

• Jitter:

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la tarde en la red WiFi residencial de CNT es de

13.97ms; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por debajo de los 30ms que es el valor recomendado.

- **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la tarde en la red del equipo WiFi residencial de CNT es de **0.00%** y además se puede observar que todos los paquetes llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

- **Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la tarde**

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la tarde para llamadas VoIP usando la red del equipo WiFi residencial de CNT, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.3: *Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la tarde en la red WiFi del equipo de CNT*

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	174.85 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	13.97 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.00%

Nota: *Color verde cumple, color rojo no cumple.*

Fuente: *Propia*

- **Palabras finales y discusión**

La tabla 5.3 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP de la red del equipo WiFi residencial de CNT para el horario de la tarde; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

Como es posible apreciar el único parámetro de QoS que excede el valor recomendado es la latencia que tiene un valor por encima de los 150ms lo cual es elevado, sin embargo se destaca que al igual que en la mañana no se percibieron fallas durante el transcurso de la llamada, y la percepción final de la calidad de la llamada fue buena.

- **Medición de los datos en la noche**

Para la tercera medición se realizó una llamada VoIP usando el equipo WiFi de CNT en el horario de la noche, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la noche en CNT:

The screenshot shows the 'Wireshark: RTP Stream Analysis' window. It features a table with columns for Packet, Sequence, Delta(ms), Filtered Jitter(ms), Skew(ms), IP BW(kbps), Marker, and Status. Below the table, a summary box contains the following statistics:

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
85	1578	0.00	0.00	0.00	0.58	SET	[Ok]
90	1579	44.36	1.52	-24.36	1.17		[Ok]
91	1580	0.57	2.64	-4.94	1.75		[Ok]
94	1581	22.78	2.65	-7.71	2.34		[Ok]
96	1582	23.11	2.68	-10.82	2.92		[Ok]
97	1583	0.64	3.72	8.53	3.50		[Ok]
99	1584	22.64	3.65	5.89	4.09		[Ok]
103	1585	46.54	5.08	-20.65	4.67		[Ok]

Summary statistics:

- Max delta = 186.80 ms at packet no. 156
- Max jitter = 26.97 ms. Mean jitter = 14.06 ms.
- Max skew = -158.62 ms.
- Total RTP packets = 15229 (expected 15229). Lost RTP packets = 2 (0.01%). Sequence errors = 2
- Duration 304.55 s (93 ms clock drift, corresponding to 8002 Hz (+0.03%))

Figura 5.4: Valores arrojados de la llamada en la noche para la red WiFi del equipo CNT

Fuente: Propia

▪ Análisis de los datos obtenidos en la captura de la noche

• Latencia:

Como se puede apreciar en la Figura 5.4 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la noche en la red del equipo WiFi residencial de CNT es de **186.80ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia sobrepasa los 150ms que dice el valor recomendado.

• Jitter:

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la noche en la red del equipo WiFi residencial de

CNT es de **14.06ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por debajo de los 30ms que es el valor recomendado.

- **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la noche en la red del equipo WiFi residencial de CNT es de **0.01%** y además se puede observar 2 paquetes no llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

- **Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la noche**

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la noche para llamadas VoIP usando la red del equipo WiFi residencial de CNT, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.4: Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la noche en la red WiFi del equipo CNT

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	186.80 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	14.06 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.01%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

- **Palabras finales y discusión**

La tabla 5.4 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP del equipo WiFi residencial de CNT para el horario de la noche; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

Como es posible apreciar el único parámetro de QoS que excede el valor recomendado es la latencia que tiene un valor por encima de los 150ms lo cual es elevado, la llamada VoIP durante la noche fue buena pero hubo un pequeño instante donde no se logró escuchar bien una parte de la conversación, sin embargo no se percibió una mala calidad de voz.

5.4.2 Análisis de llamadas VoIP en la red del equipo WiFi de TVCable

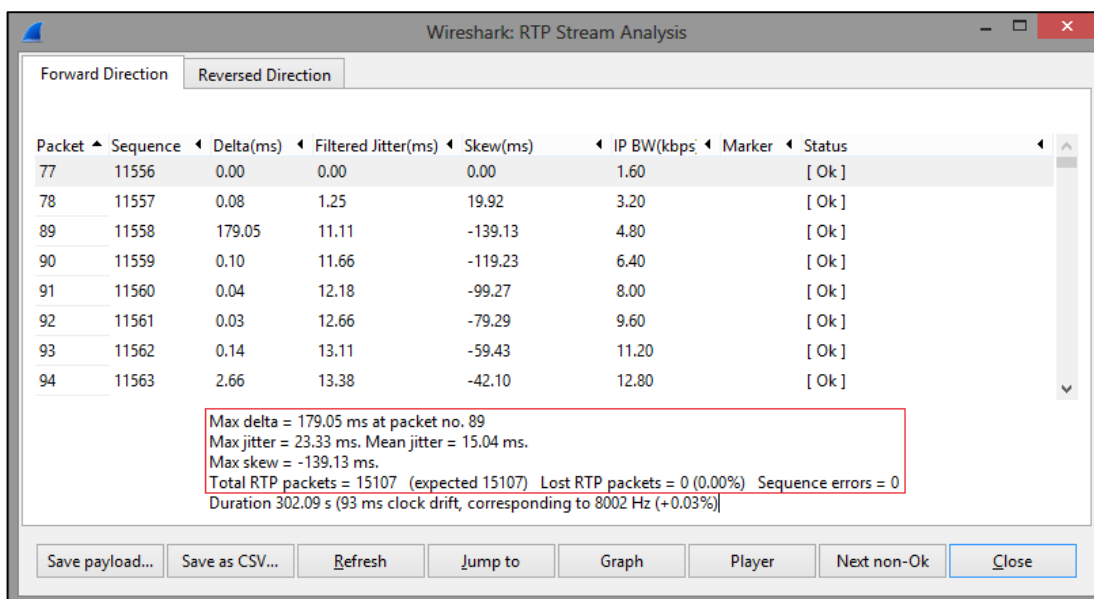
Continuando con el análisis de la red del equipo WiFi residencial en este caso TVCable, se realizan los mismos análisis que con CNT, y finalmente se lo hará con Claro mostrando las diferentes capturas de las llamadas en las franjas horarias de la mañana, tarde y noche presentando sus respectivos valores de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

El equipo router WiFi en el que se hizo las mediciones en TVCable es un TP-Link modelo TP-WR740N bajo el estándar 802.11n y la banda de 2.4Ghz, este equipo sólo es usado como router WiFi más no como módem, éste equipo va conectado al módem

Motorola SB-5101 el cual a su vez se conecta a la red de acceso de TVCable que emplea la tecnología HFC (coaxial y fibra) llegando al usuario mediante cobre coaxial.

▪ Medición de los datos en la mañana

Para la primera medición se realizó una llamada VoIP usando el equipo WiFi dado por TVCable en el horario de la mañana, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la mañana en TVCable:



The screenshot shows the 'Wireshark: RTP Stream Analysis' window. It has two tabs: 'Forward Direction' and 'Reversed Direction'. Below the tabs is a table with the following columns: Packet, Sequence, Delta(ms), Filtered Jitter(ms), Skew(ms), IP BW(kbps), Marker, and Status. The table contains data for packets 77 through 94. Below the table, a summary box contains the following statistics: Max delta = 179.05 ms at packet no. 89, Max jitter = 23.33 ms, Mean jitter = 15.04 ms, Max skew = -139.13 ms, Total RTP packets = 15107 (expected 15107), Lost RTP packets = 0 (0.00%), Sequence errors = 0, and Duration 302.09 s (93 ms clock drift, corresponding to 8002 Hz (+0.03%)). At the bottom of the window are buttons for 'Save payload...', 'Save as CSV...', 'Refresh', 'Jump to', 'Graph', 'Player', 'Next non-Ok', and 'Close'.

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
77	11556	0.00	0.00	0.00	1.60		[Ok]
78	11557	0.08	1.25	19.92	3.20		[Ok]
89	11558	179.05	11.11	-139.13	4.80		[Ok]
90	11559	0.10	11.66	-119.23	6.40		[Ok]
91	11560	0.04	12.18	-99.27	8.00		[Ok]
92	11561	0.03	12.66	-79.29	9.60		[Ok]
93	11562	0.14	13.11	-59.43	11.20		[Ok]
94	11563	2.66	13.38	-42.10	12.80		[Ok]

Max delta = 179.05 ms at packet no. 89
 Max jitter = 23.33 ms, Mean jitter = 15.04 ms.
 Max skew = -139.13 ms.
 Total RTP packets = 15107 (expected 15107) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration 302.09 s (93 ms clock drift, corresponding to 8002 Hz (+0.03%))

Figura 5.5: Valores arrojados de la llamada VoIP en la mañana para la red WiFi del equipo TVCable

Fuente: Propia

▪ **Análisis de los datos obtenidos en la captura de la mañana**

• **Latencia:**

Como se puede apreciar en la Figura 5.5 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la mañana en el equipo WiFi residencial provisto por TVCable es de **179.05ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia sobrepasa los 150ms que dice el valor recomendado.

• **Jitter:**

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la mañana en el equipo WiFi residencial de TVCable es de **15.04ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por debajo de los 30ms que es el valor recomendado.

• **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la mañana en la red del equipo WiFi residencial de TVCable es de **0.00%** y además se puede observar que todos los paquetes llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

▪ Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la mañana

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la mañana para llamadas VoIP usando la red del equipo WiFi residencial de TVCable, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.5: Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la mañana en la red WiFi del equipo TVCable

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	179.05 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	15.04 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.00%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

• Palabras finales y discusión

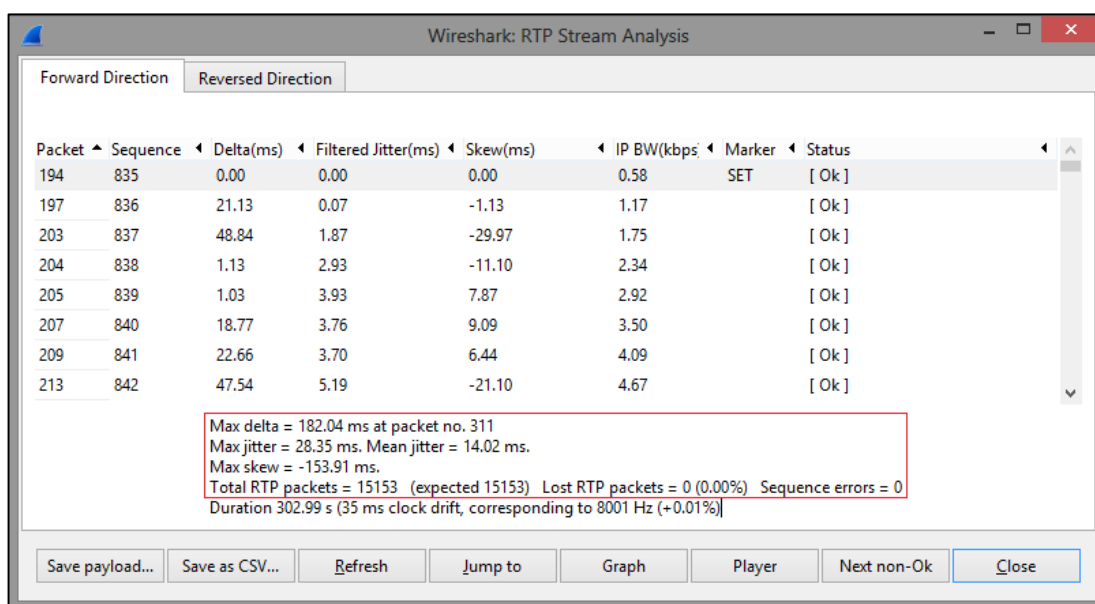
La tabla 5.5 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP del equipo WiFi residencial de TVCable para el horario de la mañana; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

Como es posible apreciar el único parámetro de QoS que excede el valor recomendado es la latencia que tiene un valor por encima de los 150ms lo cual es

elevado, sin embargo, cabe aclarar que no se notó ningún problema en la apreciación de la voz ni en la calidad de la llamada.

▪ Medición de los datos en la tarde

Para la segunda medición se realizó una llamada VoIP usando la red del equipo WiFi del equipo dado por TVCable en el horario de la tarde, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la tarde en TVCable:



The screenshot shows the 'Wireshark: RTP Stream Analysis' window. It has two tabs: 'Forward Direction' and 'Reversed Direction'. Below the tabs is a table with the following columns: Packet, Sequence, Delta(ms), Filtered Jitter(ms), Skew(ms), IP BW(kbps), Marker, and Status. The table contains several rows of data. Below the table, there is a summary box with the following text: 'Max delta = 182.04 ms at packet no. 311', 'Max jitter = 28.35 ms. Mean jitter = 14.02 ms.', 'Max skew = -153.91 ms.', 'Total RTP packets = 15153 (expected 15153) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0', and 'Duration 302.99 s (35 ms clock drift, corresponding to 8001 Hz (+0.01%))'. At the bottom of the window, there are several buttons: 'Save payload...', 'Save as CSV...', 'Refresh', 'Jump to', 'Graph', 'Player', 'Next non-Ok', and 'Close'.

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
194	835	0.00	0.00	0.00	0.58	SET	[Ok]
197	836	21.13	0.07	-1.13	1.17		[Ok]
203	837	48.84	1.87	-29.97	1.75		[Ok]
204	838	1.13	2.93	-11.10	2.34		[Ok]
205	839	1.03	3.93	7.87	2.92		[Ok]
207	840	18.77	3.76	9.09	3.50		[Ok]
209	841	22.66	3.70	6.44	4.09		[Ok]
213	842	47.54	5.19	-21.10	4.67		[Ok]

Max delta = 182.04 ms at packet no. 311
 Max jitter = 28.35 ms. Mean jitter = 14.02 ms.
 Max skew = -153.91 ms.
 Total RTP packets = 15153 (expected 15153) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration 302.99 s (35 ms clock drift, corresponding to 8001 Hz (+0.01%))

Figura 5.6: Valores arrojados de la llamada VoIP en la tarde para el WiFi del equipo TVCable

Fuente: Propia

▪ **Análisis de los datos obtenidos en la captura de la tarde**

• **Latencia:**

Como se puede apreciar en la Figura 5.6 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la tarde en el equipo WiFi residencial provisto por TVCable es de **182.04ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia sobrepasa los 150ms que dice el valor recomendado.

• **Jitter:**

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la tarde en el equipo WiFi residencial de TVCable es de **14.02ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por debajo de los 30ms que es el valor recomendado.

• **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la tarde en la red del equipo WiFi residencial de TVCable es de **0.00%** y además se puede observar que todos los paquetes llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

▪ Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la tarde

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la tarde para llamadas VoIP usando el equipo WiFi residencial de TVCable, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.6: Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la tarde en la red WiFi del equipo TVCable

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	182.04 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	14.02 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.00%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

• Palabras finales y discusión

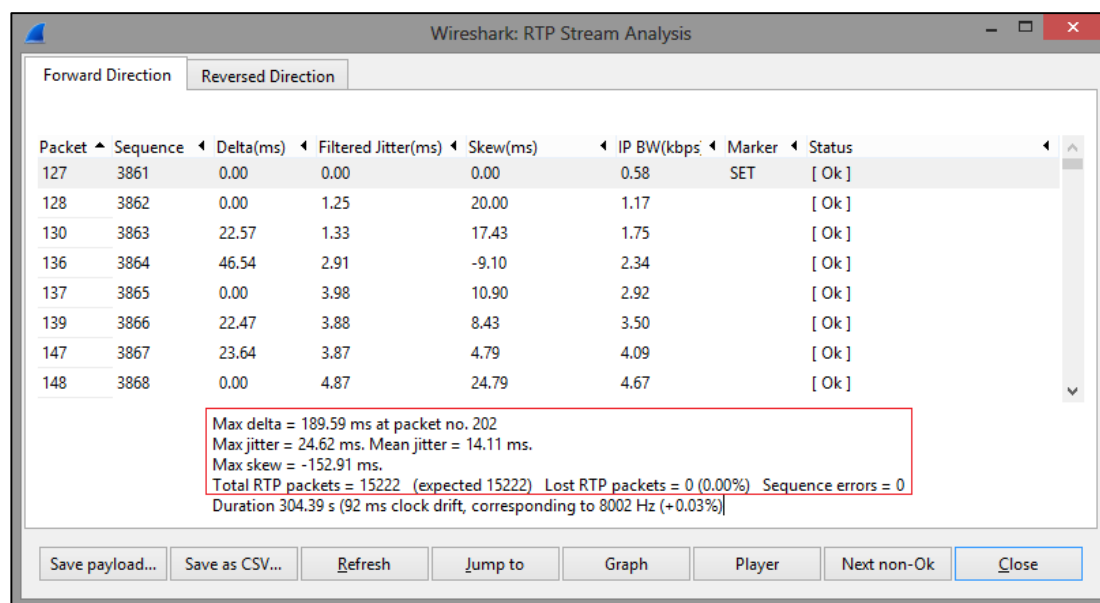
La tabla 5.6 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP del equipo WiFi residencial de TVCable para el horario de la tarde; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

Como es posible apreciar el único parámetro de QoS que excede el valor recomendado es la latencia que tiene un valor por encima de los 150ms lo cual es

elevado, sin embargo, cabe aclarar que no se notó ningún problema en la apreciación de la voz, microcorte alguno ni pérdida en la calidad de la llamada.

▪ Medición de los datos en la noche

Para la tercera medición se realizó una llamada VoIP usando la red del equipo WiFi del equipo dado por TVCable en el horario de la noche, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la noche en TVCable:



The screenshot shows the 'Wireshark: RTP Stream Analysis' window. It has two tabs: 'Forward Direction' (selected) and 'Reversed Direction'. Below the tabs is a table with the following columns: Packet, Sequence, Delta(ms), Filtered Jitter(ms), Skew(ms), IP BW(kbps), Marker, and Status. The table contains 8 rows of data. Below the table, there is a summary box with the following text: 'Max delta = 189.59 ms at packet no. 202', 'Max jitter = 24.62 ms. Mean jitter = 14.11 ms.', 'Max skew = -152.91 ms.', 'Total RTP packets = 15222 (expected 15222) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0', and 'Duration 304.39 s (92 ms clock drift, corresponding to 8002 Hz (+0.03%))'. At the bottom of the window, there are several buttons: 'Save payload...', 'Save as CSV...', 'Refresh', 'Jump to', 'Graph', 'Player', 'Next non-Ok', and 'Close'.

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
127	3861	0.00	0.00	0.00	0.58	SET	[Ok]
128	3862	0.00	1.25	20.00	1.17		[Ok]
130	3863	22.57	1.33	17.43	1.75		[Ok]
136	3864	46.54	2.91	-9.10	2.34		[Ok]
137	3865	0.00	3.98	10.90	2.92		[Ok]
139	3866	22.47	3.88	8.43	3.50		[Ok]
147	3867	23.64	3.87	4.79	4.09		[Ok]
148	3868	0.00	4.87	24.79	4.67		[Ok]

Max delta = 189.59 ms at packet no. 202
 Max jitter = 24.62 ms. Mean jitter = 14.11 ms.
 Max skew = -152.91 ms.
 Total RTP packets = 15222 (expected 15222) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration 304.39 s (92 ms clock drift, corresponding to 8002 Hz (+0.03%))

Figura 5.7: Valores arrojados de la llamada VoIP en la noche para el WiFi del equipo TVCable

Fuente: Propia

▪ **Análisis de los datos obtenidos en la captura de la noche**

Latencia:

Como se puede apreciar en la Figura 5.6 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la noche en la red del equipo WiFi residencial provista por TVCable es de **189.59ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia sobrepasa los 150ms que dice el valor recomendado.

• **Jitter:**

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la noche en la red del equipo WiFi residencial de TVCable es de **14.11ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por debajo de los 30ms que es el valor recomendado.

• **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la noche en la red del equipo WiFi residencial de TVCable es de **0.00%** y además se puede observar que todos los paquetes llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

▪ Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la noche

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la noche para llamadas VoIP usando la red del equipo WiFi residencial de TVCable, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.7: Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la noche en la red WiFi del equipo TVCable

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	189.59 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	14.11 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.00%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

• Palabras finales y discusión

La tabla 5.7 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP de la red WiFi residencial de TVCable para el horario de la noche; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

Como es posible apreciar el único parámetro de QoS que excede el valor recomendado es la latencia que tiene un valor por encima de los 150ms lo cual es

elevado, sin embargo, cabe aclarar que no se notó inconveniente alguno en la percepción de la voz ni en la calidad de la llamada en sí.

5.4.3 Análisis de llamadas VoIP en la red del equipo WiFi de Claro

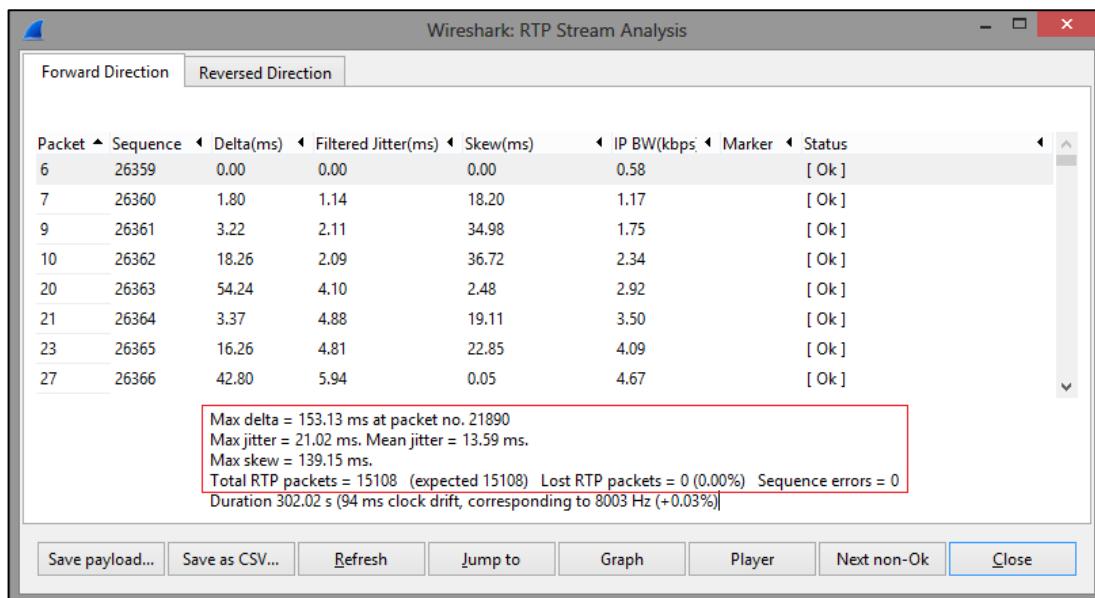
Continuando con el análisis con el siguiente equipo WiFi residencial en este caso de Claro, se procede a realizar las mismas mediciones y análisis que con CNT y TVCable para posteriormente mostrar las diferentes capturas de las llamadas en las franjas horarias de la mañana, tarde y noche ilustrando sus respectivos valores de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

El equipo router WiFi en el que se hizo las mediciones para Claro es un Ubee modelo DDW2600 bajo el estándar 802.11g y la banda de 2.4Ghz, a diferencia de los equipos analizados anteriormente que contaban con la variante 802.11n, este equipo tiene menores prestaciones. El equipo hace las veces de módem y de router inalámbrico WiFi, y va conectado directamente a la red de acceso de Claro que emplea la tecnología HFC (coaxial y fibra) llegando al usuario mediante cobre coaxial.

▪ Medición de los datos en la mañana

Para la primera medición se realizó una llamada VoIP usando la red del equipo WiFi del equipo de Claro en el horario de la mañana, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma

red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la mañana en Claro:



The screenshot shows the 'Wireshark: RTP Stream Analysis' window. It has two tabs: 'Forward Direction' and 'Reversed Direction'. Below the tabs is a table with the following columns: Packet, Sequence, Delta(ms), Filtered Jitter(ms), Skew(ms), IP BW(kbps), Marker, and Status. The table contains 8 rows of data. Below the table, there is a summary box with the following text: 'Max delta = 153.13 ms at packet no. 21890', 'Max jitter = 21.02 ms. Mean jitter = 13.59 ms.', 'Max skew = 139.15 ms.', 'Total RTP packets = 15108 (expected 15108) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0', and 'Duration 302.02 s (94 ms clock drift, corresponding to 8003 Hz (+0.03%))'. At the bottom of the window, there are several buttons: 'Save payload...', 'Save as CSV...', 'Refresh', 'Jump to', 'Graph', 'Player', 'Next non-Ok', and 'Close'.

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
6	26359	0.00	0.00	0.00	0.58		[Ok]
7	26360	1.80	1.14	18.20	1.17		[Ok]
9	26361	3.22	2.11	34.98	1.75		[Ok]
10	26362	18.26	2.09	36.72	2.34		[Ok]
20	26363	54.24	4.10	2.48	2.92		[Ok]
21	26364	3.37	4.88	19.11	3.50		[Ok]
23	26365	16.26	4.81	22.85	4.09		[Ok]
27	26366	42.80	5.94	0.05	4.67		[Ok]

Max delta = 153.13 ms at packet no. 21890
 Max jitter = 21.02 ms. Mean jitter = 13.59 ms.
 Max skew = 139.15 ms.
 Total RTP packets = 15108 (expected 15108) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration 302.02 s (94 ms clock drift, corresponding to 8003 Hz (+0.03%))

Figura 5.8: Valores arrojados de la llamada VoIP en la mañana para la red WiFi del equipo Claro

Fuente: Propia

▪ Análisis de los datos obtenidos en la captura de la mañana

• Latencia:

Como se puede apreciar en la Figura 5.8 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la mañana en la red del equipo WiFi residencial provista por Claro es de **153.13ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia sobrepasa por muy poco los 150ms que dice el valor recomendado.

- **Jitter:**

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la mañana en la red del equipo WiFi residencial de Claro es de **13.59ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por debajo de los 30ms que es el valor recomendado.

- **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la mañana en la red del equipo WiFi residencial de Claro es de **0.00%** y además se puede observar que todos los paquetes llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

- **Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la mañana**

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la mañana para llamadas VoIP usando la red del equipo WiFi residencial de Claro, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.8: Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la mañana en la red WiFi del equipo Claro

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	153.13 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	13.59 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.00%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

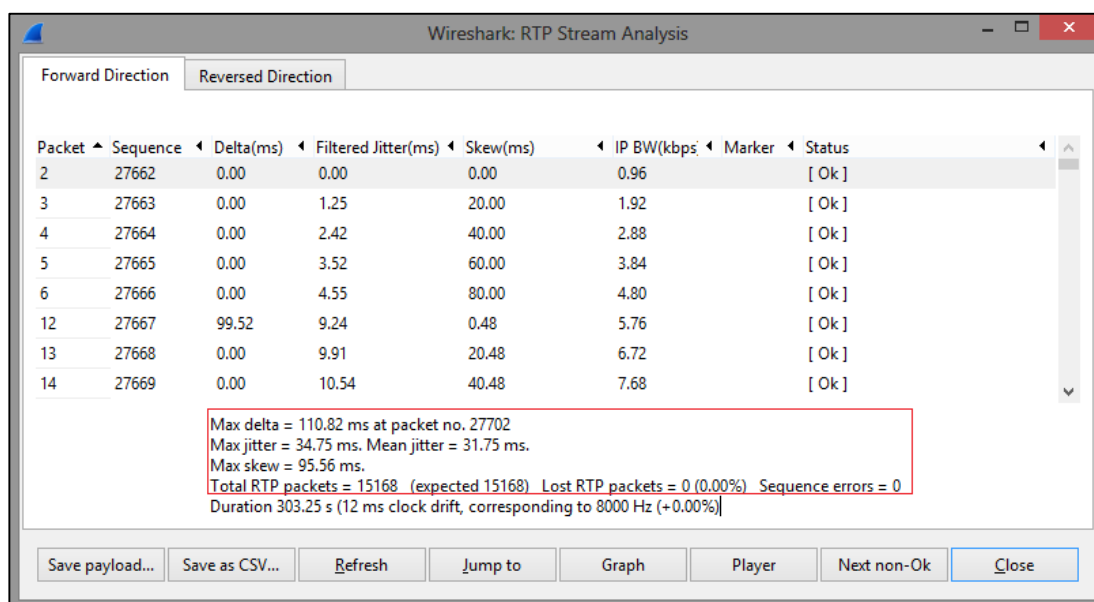
- **Palabras finales y discusión**

La tabla 5.8 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP de la red del equipo WiFi residencial de Claro para el horario de la mañana; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

El análisis se realizó en el horario de la mañana y como se puede apreciar la latencia supera los 150ms recomendados pero por muy poco margen, en CNT y TVCable en el horario de la mañana fue un poco más amplio el margen; la calidad de la llamada se sintió buena y no se registró ningún inconveniente con la conversación, una buena calidad de voz, sin eco y sin microcortes. En general muy buena la llamada en esta franja horaria.

▪ Medición de los datos en la tarde

Para la segunda medición se realizó una llamada VoIP usando la red WiFi del equipo de Claro en el horario de la tarde, tanto la máquina con el software de monitoreo y el terminal VoIP que realiza la llamada estuvieron dentro de la misma red, no así el terminal que la recibe. Estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la tarde en Claro:



Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
2	27662	0.00	0.00	0.00	0.96		[Ok]
3	27663	0.00	1.25	20.00	1.92		[Ok]
4	27664	0.00	2.42	40.00	2.88		[Ok]
5	27665	0.00	3.52	60.00	3.84		[Ok]
6	27666	0.00	4.55	80.00	4.80		[Ok]
12	27667	99.52	9.24	0.48	5.76		[Ok]
13	27668	0.00	9.91	20.48	6.72		[Ok]
14	27669	0.00	10.54	40.48	7.68		[Ok]

Max delta = 110.82 ms at packet no. 27702
 Max jitter = 34.75 ms. Mean jitter = 31.75 ms.
 Max skew = 95.56 ms.
 Total RTP packets = 15168 (expected 15168) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration 303.25 s (12 ms clock drift, corresponding to 8000 Hz (+0.00%))

Figura 5.9: Valores arrojados de la llamada VoIP en la tarde para la red WiFi del equipo Claro

Fuente: Propia

▪ Análisis de los datos obtenidos en la captura de la tarde

• Latencia:

Como se puede apreciar en la Figura 5.9 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la tarde en la red del

equipo WiFi residencial provista por Claro es de **110.82ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de latencia está dentro de los 150ms que dice el valor recomendado.

- **Jitter:**

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la tarde en la red del equipo WiFi residencial de Claro es de **31.75ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter ha sido el más elevado hasta ahora de todas las mediciones, y se encuentra por encima de los 30ms que es el valor máximo recomendado.

- **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la tarde en la red del equipo WiFi residencial de Claro es de **0.00%** y además se puede observar que todos los paquetes llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra dentro del valor que se recomienda.

- **Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la tarde**

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la tarde para llamadas VoIP usando el equipo WiFi residencial de Claro, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.9: Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la tarde en la red WiFi del equipo Claro

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	110.82 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	31.75 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.00%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

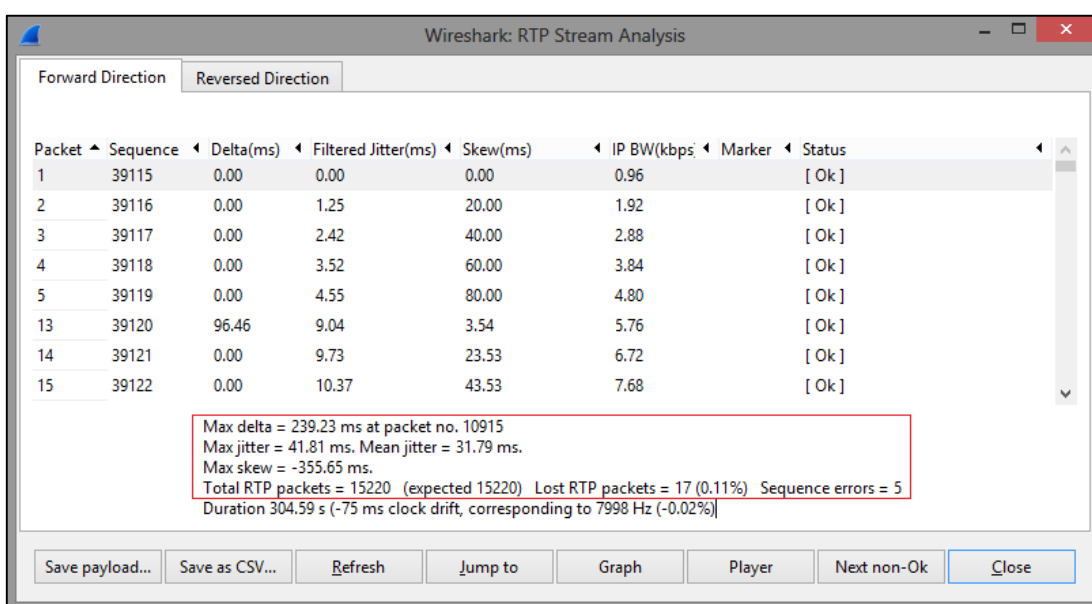
- **Palabras finales y discusión**

La tabla 5.9 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP de la red WiFi residencial de Claro para el horario de la tarde; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

El análisis realizado en el horario de la tarde permite apreciar que el parámetros de jitter es superior a los valores obtenidos en antiguos análisis y supera el valor que estipula lo recomendado; en la conversación se notó un instante donde el extremo A no oía al extremo B pero el B si oía al A, además se percibió una calidad de voz decente pero no tan clara siendo a veces “robotizada”. En este horario de la tarde se sintió un poco menor la calidad de la conversación con respecto a la mañana, sin embargo se destaca que la latencia es menor que en la mañana y se encuentra dentro de los valores establecidos.

▪ Medición de los datos en la noche

En la noche se aprecian valores un poco más elevados: se realizó una llamada VoIP usando el equipo WiFi residencial de Claro en el horario de la noche, continuando con el análisis, estos son los valores arrojados por el software Wireshark para la captura de la noche en Claro:



The screenshot shows the 'Wireshark: RTP Stream Analysis' window. It features a table with columns for Packet, Sequence, Delta(ms), Filtered Jitter(ms), Skew(ms), IP BW(kbps), Marker, and Status. Below the table, a summary box contains the following statistics:

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
1	39115	0.00	0.00	0.00	0.96		[Ok]
2	39116	0.00	1.25	20.00	1.92		[Ok]
3	39117	0.00	2.42	40.00	2.88		[Ok]
4	39118	0.00	3.52	60.00	3.84		[Ok]
5	39119	0.00	4.55	80.00	4.80		[Ok]
13	39120	96.46	9.04	3.54	5.76		[Ok]
14	39121	0.00	9.73	23.53	6.72		[Ok]
15	39122	0.00	10.37	43.53	7.68		[Ok]

Summary statistics:

- Max delta = 239.23 ms at packet no. 10915
- Max jitter = 41.81 ms. Mean jitter = 31.79 ms.
- Max skew = -355.65 ms.
- Total RTP packets = 15220 (expected 15220) Lost RTP packets = 17 (0.11%) Sequence errors = 5
- Duration 304.59 s (-75 ms clock drift, corresponding to 7998 Hz (-0.02%))

Figura 5.10: Valores arrojados de la llamada VoIP en la noche para la red WiFi del equipo Claro

Fuente: Propia

▪ Análisis de los datos obtenidos en la captura de la noche

• Latencia:

Como se puede apreciar en la Figura 5.10 el valor de latencia máximo arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la noche en la red WiFi residencial provista por Claro es de **239.23ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1,

se observa que el valor de latencia sobrepasa por un amplio margen los 150ms que dice el valor recomendado.

- **Jitter:**

Continuando con el análisis, el valor de jitter promedio arrojado por Wireshark para la llamada VoIP en el horario de la noche en la red WiFi residencial de Claro es de **31.79ms**; analizando dicho valor con la tabla 5.1, se observa que el valor de jitter se encuentra por encima de los 30ms que es el valor mínimo recomendado.

- **Pérdida de Paquetes:**

Analizando el porcentaje concerniente a la pérdida de paquetes arrojado por Wireshark para la captura de la llamada VoIP en el horario de la noche en la red WiFi residencial de Claro es de **0.11%** y además se puede observar que 17 paquetes no llegaron a su destino. Analizando el valor obtenido con la tabla 5.1, se aprecia que el porcentaje de paquetes perdidos se encuentra por debajo del valor que se recomienda.

- **Tabulación de los datos obtenidos en la captura de la noche**

Entonces tabulando los resultados del análisis realizado en la captura de la noche para llamadas VoIP usando el equipo WiFi residencial ofrecido por Claro, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 5.10: Comparativa entre valores recomendados y valores medidos en la captura de la noche en la red WiFi del equipo Claro

Parámetro	Valor recomendado	Valor medido
Latencia	Menor o igual a 150ms	239.23 ms
Jitter	Menor o igual a 30ms	31.79 ms
% Pérdida de paquetes	Menor a 1.00%	0.11%

Nota: Color verde cumple, color rojo no cumple.

Fuente: Propia

- **Palabras finales y discusión**




La tabla 5.10 muestra la comparativa entre los valores recomendados y los valores medidos obtenidos en el análisis de calidad de servicio para VoIP del equipo WiFi residencial de Claro para el horario de la noche; la tabla ilustra de color rojo los valores que exceden y no cumplen el valor recomendado, y de color verde los que sí.

El análisis realizado en el horario de la noche, permite apreciar valores similares al análisis de la tarde en Claro; pero la latencia es notablemente mayor en esta franja horaria incluso sobrepasando el valor que se recomienda por la ITU-T; por lo que es notable que existe poco control de QoS en el equipo WiFi proporcionado por Claro. En esta llamada se notaron microcortes y partes donde la voz de la otra persona sonaba robotizada en algunos instantes, y en ocasiones la conversación no fue para nada clara, siendo este horario el que peor rendimiento brindó en la comunicación.

5.4.4 Comparativa final de los análisis realizados

A continuación la tabla 5.11 contiene todos los valores arrojados por las mediciones de cada uno de los equipos que comprenden las redes WiFi residenciales provistas por los distintos operadores más comunes en la ciudad de Guayaquil. Los valores sombreados de color rojo son los que no cumplen con los valores recomendados, por contraparte los valores sombreados de color verde son aquellos valores que están dentro de las recomendaciones.

Tabla 5.11: *Comparativa final de todas las mediciones realizadas*

Operador	Equipo Router Wi-Fi	Estándar 802.11	Banda	Franja Horaria	Parámetro		
					Latencia	Jitter	% Paquetes Perdidos
	Huawei HG532s	N	2.4Ghz	Mañana	198.84 ms	14.05 ms	0.00 %
				Tarde	174.85 ms	13.97 ms	0.00 %
				Noche	186.80 ms	14.06 ms	0.01 %
	TP-LINK TP-WR740N	N	2.4Ghz	Mañana	179.05 ms	15.04 ms	0.00 %
				Tarde	182.04 ms	14.02 ms	0.00 %
				Noche	189.59 ms	14.11 ms	0.00 %
	Ubee DDW2600	G	2.4Ghz	Mañana	153.13 ms	13.59 ms	0.00 %
				Tarde	110.82 ms	31.75 ms	0.00 %
				Noche	239.23 ms	31.79 ms	0.11 %

Nota: *Color verde cumple con las recomendaciones, color rojo no cumple con las recomendaciones.*

Fuente: *Propia*




La tabla 5.11 ilustra los valores de las mediciones realizadas; como se puede observar los valores concernientes a la latencia son elevados en casi todos los escenarios con un valor por encima de los 150ms recomendados por la ITU-T mediante

su especificación G.114; asimismo, es notable apreciar como sorprendentemente los valores concernientes al jitter son casi constantes y se mantienen en un valor sumamente aceptable en 7 de las 9 mediciones realizadas; destacar también que el porcentaje de paquetes perdidos es excelente en todas las mediciones habiendo en su mayoría ningún paquete perdido.

Los peores valores registrados tanto de latencia como de jitter se dan en el equipo WiFi residencial de Claro en la franja horaria de la tarde y de la noche, y estos valores reflejan la antigüedad y las limitaciones mayores con las que cuenta el equipo router inalámbrico ofrecido por Claro, entre las que destacan el uso de un estándar más anticuado como lo es el 802.11G frente al estándar 802.11N usado por los 2 equipos inalámbricos residenciales provistos por los otros operadores dentro de esta comparativa; sin embargo, cabe destacar que el valor de latencia en el equipo de Claro en la franja horaria de la tarde es muy bueno siendo el único que se mantuvo por debajo de los 150ms que se recomienda.

A continuación la tabla 5.12 muestra el valor promediado entre las mediciones de las distintas franjas horarias para cada uno de los operadores, para posteriormente observar su rendimiento en términos generales.

Tabla 5.12: Valores promedio de todas las mediciones realizadas

Operador	Equipo Router Wi-Fi	Estándar 802.11	Banda	Franja Horaria	Parámetro		
					Latencia	Jitter	% Paquetes Perdidos
	Huawei HG532s	N	2.4Ghz	Promedio	186.83 ms	14.03 ms	0.003 %
	TP-LINK TP-WR740N	N	2.4Ghz	Promedio	183.56 ms	14.39 ms	0.00 %
	Ubee DDW2600	G	2.4Ghz	Promedio	167.73 ms	25.71 ms	0.037 %

Nota: Color verde cumple con las recomendaciones, color rojo no cumple con las recomendaciones.

Fuente: Propia




Como se puede observar, la figura 5.12 ilustra los valores promedio de las mediciones realizadas; entonces, es posible ver que el valor promedio tanto de jitter como de porcentaje de paquetes perdidos está dentro de lo recomendado en todas las redes WiFi residenciales mediante sus equipos; en cambio la latencia es el valor que no cumple lo recomendado en ninguno de los casos, siendo entonces este parámetro el que se debe mejorar.

El valor de latencia promediado más bajo lo obtiene el equipo WiFi de Claro con 167.73ms, seguido por el equipo WiFi de TVCable con 183.56ms y por último el equipo WiFi CNT con 186.83ms; todos por encima de los 150ms. Por su parte, el valor de jitter más bajo promediado lo obtiene el equipo WiFi CNT con 14.03ms, seguido por el equipo WiFi TVCable con 14.39ms y por último el equipo WiFi Claro con 25.71ms. En lo que concierne al porcentaje de paquetes perdidos se puede apreciar

que el equipo WiFi TVCable obtiene un promedio 0.00% seguido del equipo WiFi CNT con un 0.003% y por último el equipo WiFi Claro con un 0.037%.

Para finalizar el presente análisis realizado, es importante fijarse en los valores más elevados arrojados por las mediciones de cada operador para de esta forma observar cuál de ellos es el que peor rendimiento mostró; la tabla 5.13 muestra dichos valores:

Tabla 5.13: Valores más elevados de todas las mediciones realizadas

Operador	Equipo Router Wi-Fi	Estándar 802.11	Banda	Franja Horaria	Parámetro		
					Latencia	Jitter	% Paquetes Perdidos
	Huawei HG532s	N	2.4Ghz	Valor más elevado	198.84 ms	14.06 ms	0.01 %
	TP-LINK TP-WR740N	N	2.4Ghz	Valor más elevado	189.59 ms	15.04 ms	0.00 %
	Ubee DDW2600	G	2.4Ghz	Valor más elevado	239.23 ms	31.79 ms	0.11 %

Nota: Color verde cumple con las recomendaciones, color rojo no cumple con las recomendaciones.

Fuente: Propia

Entonces, según la tabla 5.13 el valor de latencia más elevado arrojado por las mediciones en los equipos WiFi para CNT es en la mañana con un valor de 198.84ms, para TVCable es de 189.59ms y se dio en la noche, y para Claro es de 239.23ms y se dio también en la noche. Continuando con el valor más elevado del jitter para CNT se dio en la noche con un valor de 14.06ms, para TVCable es de 15.04ms y se dio en la mañana, y para Claro es de 31.79ms y se dio en la noche. Finalmente el valor más elevado de porcentaje de paquetes perdidos para CNT se dio en la noche con un valor de 0.01%, TVCable no registró paquetes perdidos en todas su mediciones, y Claro tuvo

0.11% como valor máximo de paquetes perdidos correspondiente al horario de la noche.

Entonces el equipo WiFi residencial que peor rendimiento mostró con respecto a la calidad de servicio QoS para llamadas de tipo VoIP en la ciudad de Guayaquil fue el provisto por Claro con los valores más elevados de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

Después de realizar el presente trabajo, así como las mediciones y análisis correspondientes a los parámetros de calidad de servicio QoS en materia de VoIP en 3 redes WiFi residenciales ofrecidas en la ciudad de Guayaquil se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Luego de revisado el estudio de las redes WLAN inalámbricas con el estándar IEEE 802.11 y sus variantes, se concluye que la variante más idónea y que está enfocada en entregar una calidad de servicio QoS óptima para todo tipo de aplicaciones sobre todo las de tiempo real es la variante 802.11e; sin embargo para el presente análisis se trabajó con otras variantes en este caso las variantes 802.11g y 802.11n que son las más comunes y ofrecidas en su gran mayoría por el servicio de internet WiFi residencial de los diferentes operadores en la ciudad de Guayaquil.

- El presente trabajo señala que para aplicativos VoIP el protocolo que mejor se adapta es el protocolo SIP debido a que es mucho más sencillo que otros protocolos y fue diseñado específicamente para este tipo de aplicativos siendo el más adecuado para VoIP y para algunas otras aplicaciones a nivel de Internet. En la actualidad la mayoría de fabricantes tanto de software como de hardware incluyen SIP en sus dispositivos y programas haciendo que la comunidad que hace uso de

este protocolo siga en aumento, asegurando que la mayoría de dispositivos de tipo VoIP pueden converger y ser compatibles entre sí sin importar el fabricante.

- Las comunicaciones VoIP han crecido notablemente en los últimos años, tanto en usuarios residenciales como en usuarios corporativos que hacen uso de esta plataforma no solo para comunicarse entre familiares y amigos sino como una extensión de la oficina que hace posible la comunicación y productividad desde cualquier parte del mundo.
- VoIP sobre redes inalámbricas WiFi ofrece a los usuarios una amplia gama de dispositivos así como de servicios entre los que destacan: videoconferencia, chat, llamadas de voz gratuitas a través de internet, etc., ofreciendo comodidad y permitiendo comunicaciones sin ser necesario el uso de ningún tipo de cable.
- Los servicios VoIP pueden garantizar una excelente calidad en la comunicación siempre y cuando se cumpla con los requerimientos mínimos para cada parámetro de calidad de servicio envuelto, que como lo manifiesta este trabajo, los más comunes son: la latencia, el jitter y la pérdida de paquetes. Para que los usuarios perciban una calidad de voz óptima sin ningún tipo de corte o inconveniente es necesario que la calidad de servicio QoS sea implementada.
- Como resultado de los análisis se obtiene que ninguno de los equipos que conforman las redes WiFi residenciales en donde se realizaron las mediciones correspondientes cumplió a cabalidad los parámetros recomendados. Se pudo

observar que el equipo WiFi residencial de Claro es el que peor rendimiento ofreció durante las llamadas VoIP realizadas, con valores de latencia y jitter altos sobrepasando incluso los valores recomendados en su mayoría, asimismo el porcentaje de paquetes perdidos fue más alto que el obtenido en la red del equipo WiFi de CNT y TVCable pero este se mantuvo dentro del rango recomendado. Tanto los equipos WiFi residenciales de CNT como de TVCable mostraron valores de jitter y porcentaje de pérdida de paquetes aceptables y casi constantes en todas las franjas horarias, no así el equipo de Claro que en la tarde y en la noche mostró valores de jitter elevados sobrepasando los valores recomendados. El valor de latencia fue elevado en 8 de los 9 escenarios siendo el valor arrojado por el equipo de Claro en el horario de la tarde el único valor que cumplió la normativa.

- Como ya se dijo, el rendimiento del equipo WiFi residencial ofrecido por Claro no fue tan bueno y esto se debe principalmente a la antigüedad del propio equipo en sí (opera con el estándar 802.11g más antiguo que los otros dos equipos de CNT y TVCable 802.11n) y a la poca o nula capacidad de implementación que tiene para Calidad de Servicio QoS.
- El presente análisis se realizó sobre los parámetros de calidad de servicio QoS más significativos para aplicativos VoIP, y sirvió como base para tener una idea de cómo es el estado actual de dichos parámetros en 3 redes WiFi residenciales en Guayaquil.

- Los datos obtenidos en las mediciones sirven de base para comprobar la hipótesis que las 3 redes WiFi residenciales en Guayaquil no están del todo optimizadas para entregar una calidad de servicio QoS óptima para VoIP de acuerdo a las recomendaciones internacionales, ya que los datos arrojados por las mediciones demuestran valores elevados sobre todo en el parámetro de latencia. Sin embargo la calidad de las conversaciones VoIP fue aceptable en casi todas las llamadas realizadas, notando en muy pocas ocasiones pequeños cortes y momentos en los que la voz se oía robotizada o no se oía del todo.
- El presente trabajo se realizó de forma satisfactoria ya que se cumplió con los objetivos propuestos inicialmente, entonces, se puede concluir que las mediciones, análisis y comparativas realizadas dan como prueba los resultados esperados por la hipótesis; sin embargo es de vital importancia aclarar que los valores tanto de jitter como de pérdida de paquetes cumplieron en su mayoría con los valores recomendados, siendo la latencia el parámetro más crítico a considerar debido a que en 8 de los 9 escenarios este parámetro excedió la recomendación ITU-T G.114.
- La calidad de servicio QoS es muy importante y necesaria su implementación con mayor atención en las redes de tipo inalámbricas ya que por sus limitaciones y características propias se hace requerido el uso de mecanismos de control y de prioridad al tráfico que cursa por dicha red, para de esta forma brindar un servicio diferenciado de acuerdo al propósito de utilización de parte de los usuarios.

CAPÍTULO 7

RECOMENDACIONES

- Para garantizar una buena calidad de voz así como una calidad de servicio QoS adecuada y perceptible para el usuario se recomienda que los dispositivos involucrados implementen métodos de calidad de servicio robustos y de ser posible dedicado a VoIP.

- En el caso de los operadores, se recomienda que los equipos ruteadores WiFi que se instalen en los domicilios sean configurados de tal forma que ofrezcan una buena calidad de servicio desde el primer instante en que son instalados; esto puede variar dependiendo del equipo a configurar si cuenta o no cuenta con algún tipo de control en la calidad de servicio. Los equipos sencillos cuentan con un control de calidad de servicio sencilla (algunos no cuentan con ningún tipo de calidad de servicio) y los equipos robustos cuentan con un control de calidad de servicio robusto y manipulable a la medida que sea necesario; se recomienda de preferencia equipos Cisco. Para el caso del operador Claro se recomienda que actualice, por lo menos, los equipos routers 802.11g a equipos 802.11n con capacidad de QoS.

- Para los usuarios residenciales, se recomienda de ser posible adquirir routers o AP's adicionales en caso de que sea un área muy extensa la que se desee cubrir, evitando de esta forma problemas suscitados por mala o baja calidad de señal. Asimismo mediante la adquisición de nuevos equipos por parte del usuario es

posible mejorar el rendimiento de su propia red WiFi usando un equipo mucho más robusto y que mejor se ajuste a su entorno, que implemente un control de calidad de servicio óptimo para de esta forma mejorar todo tipo de aplicaciones sobre su red sin depender del equipo WiFi dejado por su proveedor de Internet.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Roa, N. J. (2010). *Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10199/1/AlvarezRoaNuryJulieth2010.pdf>

Bravo Fernandez, M. Y., & Contreras Alonso, T. Y. (s.f.). *Universidad Técnica de Machala*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3388/1/Tesis.pdf>

Centro de Artigos. (2012). Obtenido de http://centrodeartigos.com/articulos-informativos/article_70126.html

Cisco. (s.f.). Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/solutions_docs/qos_solutions/QoSVoIP/QoSVoIP.pdf

Cisco. (s.f.). Obtenido de http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk759/technologies_white_paper0900aecd80295aa1.pdf

ITU-T. (s.f.). Obtenido de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.114-200305-I!!PDF-S&type=items

López Chalacán, V. H. (2011). *Escuela Politécnica del Ejército*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4845/1/T-ESPE-032947.pdf>

Marín Soler, A. (s.f.). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA*. Obtenido de <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/719/1/pfc2756.pdf>

Medina, R., & Quishpe, J. (s.f.). *Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/56/1/CD-0025.pdf>

Narváez, G., Romero, C., & Aguilar, D. (s.f.). *Escuela Politécnica del Ejército*.
Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6839/1/AC-ET-ESPE-047300.pdf>

Quintana López, X. A., & Casteo Tumaille, L. E. (2012). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2549/1/18T00525.pdf>

Solera Carbo, C. (Junio de 2014). *Universidad Oberta de Catalunya*.

Soto Sánchez, O. A. (2011). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674882/0674882_A1.pdf

Suárez Ramírez, A. (2013). *Universidad Autónoma de Occidente*. Obtenido de <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/5308/1/TEK01691.pdf>

VoIP Foro. (s.f.). Obtenido de <http://www.voipforo.com/>

Zambrano Valverde, T. P. (2011). *Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2335/Tesis_t670mrt.pdf?sequence=1

Índice de Figuras

CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Ejemplo de una red WLAN.....	18
Figura 2.2: Conjunto de BSS interconectados	20
Figura 2.3: Red Ad-Hoc.....	21
Figura 2.4: Red inalámbrica conectada a redes cableadas	22

CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Apariencia de un Access Point	24
Figura 3.2: Dispositivos Fijos y Móviles Wi-Fi.....	25
Figura 3.3: Antena Omnidireccional Wi-Fi	26
Figura 3.4: Antena Direccional Wi-Fi	27
Figura 3.5: Antena Sectorial Wi-Fi.....	28
Figura 3.6: Red Modo Infraestructura.....	29
Figura 3.7: Red Modo sin Infraestructura Ad-Hoc	29
Figura 3.8: Arquitectura IEEE 802.11	30
Figura 3.9: Disposición de los equipos bajo el estándar IEEE 802.11b.....	35
Figura 3.10: Superposición entre radios de cobertura de AP's	44
Figura 3.11: Formato de tramas 802.11 y 802.2	

CAPÍTULO 4

Figura 4.1: Componentes de H.323.....	50
---------------------------------------	----

CAPÍTULO 5

Figura 5.1: Requerimientos de QoS para VoIP según Cisco	62
Figura 5.2: Valores arrojados en la llamada VoIP de la mañana para el Wi-Fi CNT.....	65
Figura 5.3: Valores arrojados en la llamada VoIP de la tarde para el Wi-Fi de CNT.....	68
Figura 5.4: Valores arrojados en la llamada VoIP de la noche para el Wi-Fi de CNT.....	71

Figura 5.5: Valores arrojados en la llamada VoIP de la mañana para el Wi-Fi TVCable ..	74
Figura 5.6: Valores arrojados en la llamada VoIP de la tarde para el Wi-Fi TVCable.....	77
Figura 5.7: Valores arrojados en la llamada VoIP de la noche para el Wi-Fi TVCable	80
Figura 5.8: Valores arrojados en la llamada VoIP de la mañana para el Wi-Fi Claro	84
Figura 5.9: Valores arrojados en la llamada VoIP de la tarde para el Wi-Fi Claro	87
Figura 5.10: Valores arrojados en la llamada VoIP de la noche para el Wi-Fi Claro.....	90

Índice de Tablas

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1: Familias del estándar IEEE 802.11x.....	38
--	----

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1: Requisitos mínimos para los parámetros de QoS en VoIP	63
Tabla 5.2: Datos comparados en la llamada VoIP de la mañana para el Wi-Fi CNT.....	66
Tabla 5.3: Datos comparados en la llamada VoIP de la tarde para el Wi-Fi CNT	69
Tabla 5.4: Datos comparados en la llamada VoIP de la noche para el Wi-Fi CNT.....	72
Tabla 5.5: Datos comparados en la llamada VoIP de la mañana para el Wi-Fi TVCable ..	76
Tabla 5.6: Datos comparados en la llamada VoIP de la tarde para el Wi-Fi TVCable.....	79
Tabla 5.7: Datos comparados en la llamada VoIP de la noche para el Wi-Fi TVCable	82
Tabla 5.8: Datos comparados en la llamada VoIP de la mañana para el Wi-Fi Claro	86
Tabla 5.9: Datos comparados en la llamada VoIP de la tarde para el Wi-Fi Claro	89
Tabla 5.10: Datos comparados en la llamada VoIP de la noche para el Wi-Fi TVCable ...	92
Tabla 5.11: Comparativa final de todas las mediciones realizadas.....	93
Tabla 5.12: Valores promedio de todas las mediciones realizadas	95
Tabla 5.13: Valores más elevados de todas las mediciones realizadas	96

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACK: Confirmación de que un paquete de datos ha sido recibido.

ADSL: Línea de suscriptor digital asincrónica, tecnología que transmite datos a alta velocidad haciendo uso de la línea telefónica.

AP, AP's: Access Point. Dispositivo que transporta datos entre una red inalámbrica y una red cableada (infraestructura).

BSS: Conjunto de servicios básicos, es uno de los modos de comunicación en los que se puede configurar una red Wi-Fi, para esto es necesario un punto de acceso el cual se encarga de gestionar las comunicaciones de todos los dispositivos que forman parte de la red.

BSSID: En el modo infraestructura el BSSID corresponde al punto de acceso de la dirección MAC.

Broadcast: Para enviar simultáneamente el mismo mensaje a múltiples destinatarios.

CSMA/CA: Acceso al medio con escucha de portadora y prevención de colisiones. Este es el sistema que emplea Wi-Fi para negociar las comunicaciones entre los distintos dispositivos, este sistema evita que dos dispositivos puedan hacer uso del medio simultáneamente.

CTS: Clear to send, permiso para transmitir, trama usada para confirmación de envío de paquetes por la estación destino.

DCF: Función de coordinación distribuida, es un método en el cual se coordina el acceso al medio entre estaciones de trabajo, las mismas que contunden por acceder al medio.

EDCF: Función de coordinación distribuida mejorada, es la función de coordinación distribuida pero mejorada, en donde se asignan categorías de acceso.

ESS: Conjunto de servicios extendidos, conjunto formado por la unión de varios BSS, dando lugar a una red más amplia donde se concentran varias estaciones de trabajo.

Ethernet: Es un tipo de red a través de la cual se conectan varios computadores a una LAN (Local Area Network), red de área local. La arquitectura ETHERNET utiliza una topología líneal (en bus), es decir, la información pasa en todo momento por todos los puntos de conexión utilizando el método de acceso por detección de portadora con detección de colisiones (CSMA/CD). La velocidad de transmisión es de 10 Mbps.

HCF: Función de coordinación híbrida, donde se hace necesario un concentrador híbrido el cual puede trabajar en periodos de contención o libres.

HTTP: Protocolo de hipertexto.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

IEEE802.X: Conjunto de especificaciones de la redes LAN dictadas por el IEEE.

IEFT: Siglas en inglés de Internet Engineering Task Force correspondiente a Fuerza de Trabajo de Ingeniería de Internet. Comunidad internacional abierta de diseñadores de redes, operadores, vendedores e investigadores preocupados por la evolución de la arquitectura de Internet y el buen funcionamiento de Internet.

IP: Es el protocolo de envío de paquetes donde el paquete tiene una dirección destino, y éste se envía sin acuse de recibo.

ITU: Siglas en inglés de International Telecommunication Union o en español Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT en español) es el organismo especializado de Telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

JITTER: El jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por la congestión de la red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

Kbps: Kilobits por segundo. Se usa para expresar la velocidad de transmisión de datos en una red.

LAN (Local Area Network): Red de Área Local, red de datos para dar servicio a un área geográfica máxima de unos pocos kilómetros cuadrados.

LATENCIA: La latencia conocida como retardo se define como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente hacia el destino.

MAC: Dirección de Control de Acceso a Medios, es una dirección de 6 bytes (48 bits) única para cada tarjeta de red (NIC) y se representa en notación hexadecimal.

OSI: Interconexión de sistemas abiertos (Open Systems Interconnection), es una descripción estándar o modelo de referencia para como los mensajes deben ser transmitidos entre cualesquiera dos puntos en una red de telecomunicaciones. El propósito es guiar a los productores para que sus productos trabajen consistentemente con los de otras compañías.

PBX: Central telefónica cuyo hardware varía dependiendo del número de líneas disponibles y de los servicios que preste.

PCM: Modulación por codificación de pulsos, técnica de codificar señales análogas mediante la técnica del muestreo.

PCMCIA: Personal Computer Memory Card International Association, asociación internacional de tarjetas de memoria para ordenadores personales, se trata de una

asociación de fabricantes de equipos que saco al mercado un puerto y dispositivo que se puede instalar en todo tipo de periféricos a los ordenadores personales.

Pérdida de Paquetes: Si una cola alcanza su longitud máxima, se pueden producir pérdidas de paquetes. Cuando sucede, los protocolos orientados a la conexión disminuyen la velocidad de transmisión para dar servicio a los paquetes de la cola y permitir que esta se vacíe.

Protocolo: Descripción formal de formatos de mensaje y de reglas que dos computadores deben seguir para intercambiar dichos mensajes.

PSTN: Red telefónica pública conmutada, este término se refiere a la variedad de redes y servicios telefónicos que existen a nivel mundial.

QAP: Punto de acceso con calidad de servicio, es el concentrador que trabaja con el estándar 802.11e.

QoS: Calidad de servicio. Es una característica de algunos protocolos de red que trabajan con tipos distintos de tráfico de red en forma distinta para asegurar los niveles requeridos de confiabilidad y latencia de acuerdo con el tipo de tráfico.

QSTA: Estación con calidad de servicio, es el dispositivo o equipo terminal de usuario que trabaja con el estándar 802.11e

Red: Una red es un conjunto de dos o más computadoras interconectadas a través de cables o conexiones inalámbricas con el fin de compartir información y recursos.

Roaming: Movimiento de un nodo inalámbrico entre dos microcélulas, se da normalmente en infraestructuras de redes construidas con varios puntos de acceso.

RTP: Es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real.

RTS: Petición de envío o transmisión, es una señal de control que solicita una transmisión de datos.

SS7: Signalling System No. 7 (SS7) es un conjunto de protocolos de señalización telefónica empleado en la mayor parte de redes telefónicas mundiales.

SSID: (Service Set Identifier) código incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica (Wi-Fi) para identificarlos como parte de esa red. El código consiste en un máximo de 32 caracteres alfanuméricos. Todos los dispositivos inalámbricos que intentan comunicarse entre sí deben compartir el mismo SSID.

SIP: Session Initiation Protocol (SIP o Protocolo de Inicio de Sesiones) es un protocolo desarrollado por el grupo de trabajo MMUSIC del IETF con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas

de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

Switches: Hub inteligente, recibe la información y la entrega sólo al puerto correcto con lo que aumenta el rendimiento global de la red.

TCP: Transmission Control Protocol (en español 'Protocolo de Control de Transmisión') es un protocolo orientado a conexión, es decir, que permite que dos máquinas que están comunicadas controlen el estado de la transmisión.

TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo, es una técnica para dividir transmisiones en una frecuencia común pero en distintos periodos.

UDP: User datagram protocol, acrónimo de protocolo de datagramas de usuario.

USB: Universal Serial Bus, interfaz serie del ordenador que permite conectar hasta 127 dispositivos a una velocidad de 1,5 o 12 Mbps.

VoIP: Voz sobre protocolo de Internet, es una tecnología que permite la transmisión de voz sobre las redes de datos IP.

WAN (Wide Area Network): Red de área extensa. Red que abarca una región amplia, que puede ser una ciudad o incluso el mundo entero.

WLAN: (Wireless Local Area Network): es un sistema de comunicación de datos inalámbrico a través de ondas de radio (tecnología de radiofrecuencia), utilizado para transmitir información de un punto a otro sin necesidad de un medio físico guiado, muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas.

ANEXOS

ANEXO # 1

QoS BEST-PRACTICES AT-A-GLANCE

A successful QoS deployment includes three key phases:

- 1) Strategically defining the business objectives to be achieved via QoS
- 2) Analyzing the service-level requirements of the traffic classes
- 3) Designing and testing QoS policies


1) STRATEGICALLY DEFINING THE BUSINESS OBJECTIVES TO BE ACHIEVED BY QoS

Business QoS objectives need to be defined:

- Is the objective to enable VoIP only or is video also required?
- If so, is video-conferencing or streaming video required? Or both?
- Are there applications that are considered mission-critical? If so, what are they?
- Does the organization wish to squash certain types of traffic? If so, what are they?
- Does the business want to use QoS tools to mitigate DoS/worm attacks?
- How many classes of service are needed to meet the business objectives?


Because QoS introduces a system of managed unfairness, most QoS deployments inevitably entail political repercussions when implemented. To minimize the effects of non-technical obstacles to deployment, address political/organizational issues as early as possible, garnering executive endorsement whenever possible.

2) ANALYZE THE APPLICATION SERVICE-LEVEL REQUIREMENTS




Voice

- Predictable Flows
- Drop + Delay Sensitive
- UDP Priority
- 150 ms One-Way Delay
- 30 ms Jitter
- 1% Loss
- 17 kbps-106 kbps VoIP + Call-Signaling



Video

- Unpredictable Flows
- Drop + Delay Sensitive
- UDP Priority
- 150 ms One-Way Delay
- 30 ms Jitter
- 1% Loss
- Overprovision Stream by 20% to Account for Headers + Bursts



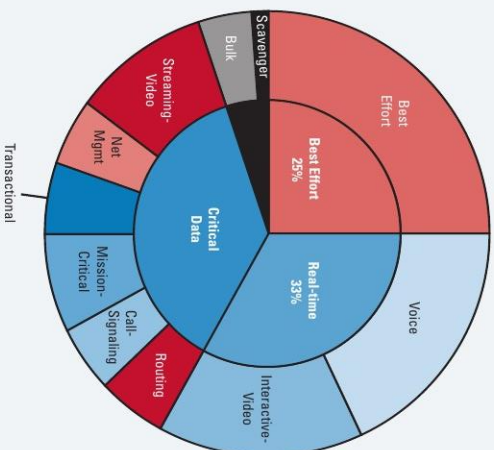
Data

- No "One-Size Fits All"
- Smooth/Bursty
- Benign/Greedy
- TCP Retransmits/UDP Does Not

3) DESIGN AND TEST THE QoS POLICIES

Application	L3 Classification PHB	DSCP
Routing	CS6	48
Voice	EF	46
Interactive-Video	AF41	34
Streaming Video	CS4	32
Mission-Critical	AF31	26
Call-Signaling	CS3	24
Transactional Data	AF21	18
Network Mgmt	CS2	16
Bulk Data	AF11	10
Savenger	CS1	8
Best Effort	0	0

Classify, mark, and police as close to the traffic-sources as possible; following Differentiated-Services standards, such as RFC 2474, 2475, 2597, 2698 and 3246. Provision queuing in a consistent manner (according to hardware capabilities).



Thoroughly test QoS policies prior to production-network deployment.

A successful QoS policy rollout is followed by ongoing monitoring of service levels and periodic adjustments and tuning of QoS policies.

As business conditions change, the organization will need to adapt to these changes and may be required to begin the QoS deployment cycle anew, by redefining their objectives, tuning and testing corresponding designs, rolling these new designs out and monitoring them to see if they match the redefined objectives.

Copyright © 2005 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Cisco, Cisco IOS, Cisco Systems, and the Cisco Systems logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and certain other countries.
 All other trademarks mentioned in this document or Web site are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (050248) 2004T00n-ETMG_AE_4.0/5

ANEXO # 2



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.114

(05/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –
Recomendaciones generales sobre la calidad de
transmisión para una conexión telefónica internacional
completa

Tiempo de transmisión en un sentido

Recomendación UIT-T G.114

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
Definiciones generales	G.100–G.109
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.114

Tiempo de transmisión en un sentido

Resumen

Esta Recomendación proporciona información sobre los efectos del retardo de extremo a extremo en un sentido (denominado algunas veces latencia) y un límite superior para el retardo de red en un sentido.

Aunque se recomienda que el retardo en un sentido no supere 400 ms para la planificación general de redes, es importante destacar que retardos muy inferiores pueden afectar a tareas muy interactivas (por ejemplo, muchas llamadas de voz, aplicaciones de datos interactivos, videoconferencias).

Los efectos de los retardos inferiores a 500 ms en señales vocales de conversación se evalúan utilizando una curva derivada del modelo E (Rec. UIT-T G.107).

La presente versión de esta Recomendación supone una revisión importante para alinearla con otras Recomendaciones UIT-T de la serie G.100.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.114 fue aprobada por la Comisión de Estudio 12 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 6 de mayo de 2003. Esta Recomendación incluye las modificaciones introducidas por el apéndice II aprobado el 30 de septiembre de 2003.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2004

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Introducción.....	1
2 Referencias	1
3 Aplicabilidad a la calidad de transmisión vocal – Utilización del modelo E	2
4 Recomendaciones para el tiempo de transmisión en un sentido.....	2
5 Estimación del retardo de extremo a extremo basada en conjuntos de elementos de transmisión.....	4
Anexo A – Estimación del retardo de extremo a extremo	4
A.1 Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión	4
A.2 Retardo del códec	6
A.3 Retardo debido a la memoria intermedia de variación del retardo IP	7
Apéndice I – Retardo introducido por el procesamiento correspondiente al codificador.....	9
Apéndice II – Directrices relativas al retardo en un sentido de la transmisión de la voz por Internet.....	13
II.1 Introducción.....	13
II.2 Cómo lograr un retardo satisfactorio.....	13

Recomendación UIT-T G.114

Tiempo de transmisión en un sentido

1 Introducción

La presente Recomendación proporciona información sobre los efectos del retardo de extremo a extremo en un sentido (algunas veces denominado latencia) y un límite superior para el retardo de red en un sentido. El efecto del retardo sobre la calidad de transmisión vocal se puede estimar utilizando una curva derivada del modelo de determinación de índices de transmisión de la Rec. UIT-T G.107 [3], que es el método recomendado por el UIT-T para la planificación de la transmisión vocal de extremo a extremo. La Rec. UIT-T G.108 [4] proporciona ejemplos detallados de cómo utilizar el modelo para evaluar las características de transmisión en conexiones que impliquen diversas degradaciones, incluido el retardo en un sentido; y la Rec. UIT-T G.109 [5] clasifica los resultados de los índices de transmisión del modelo en categorías de la calidad de transmisión vocal. Por lo tanto, mientras la Rec. UIT-T G.114 proporciona información útil relativa al retardo en un sentido como un parámetro en sí mismo, la Rec. UIT-T G.107 [3] (y sus compañeras Rec. UIT-T G.108 [4] y Rec. UIT-T G.109 [5]) se deben utilizar para evaluar los efectos del retardo junto con otras perturbaciones (por ejemplo, distorsiones debidas al procesamiento de la voz).

Retardos inferiores a 100 ms pueden afectar a tareas muy interactivas (por ejemplo, algunas aplicaciones vocales, de videoconferencia y de datos interactivos), como se puede observar en los resultados de las pruebas incluidos en el anexo B a las anteriores versiones de la Rec. UIT-T G.114. Por esta razón, las versiones anteriores de esta Recomendación destacaban que si los retardos se mantuvieran por debajo de 150 ms, entonces no se afectaría de modo significativo a la mayoría de las *aplicaciones*. Además, siempre se consideró en la Rec. UIT-T G.114 un límite superior de 400 ms para la planificación de *redes*. Sin embargo, este tratamiento en paralelo de los retardos de red junto con los retardos de nivel de aplicación ("de boca a oído") resultan confusos sobre cómo aplicar la Rec. UIT-T G.114.

Afortunadamente, con el desarrollo y aprobación del modelo E (Rec. UIT-T G.107 [3]), que se basa en pruebas subjetivas del retardo (entre otros parámetros) existe actualmente una forma acordada de estimar los efectos del retardo sobre la calidad de transmisión vocal de boca a oído.

Por consiguiente, ahora se puede proporcionar una información sencilla y directa sobre los efectos del retardo en la transmisión de la voz que se incluye en la presente Recomendación.

La falta de herramientas similares para aplicaciones distintas de la voz es un tema que queda en estudio, de forma que esta Recomendación sólo puede proporcionar directrices para la planificación general.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.100 (2001), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales*.

- [2] Recomendación UIT-T G.101 (1996), *Plan de transmisión.*
- [3] Recomendación UIT-T G.107 (2003), *El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- [4] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: directrices para la planificación.*
- [5] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal.*
- [6] Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante.*
- [7] Recomendación UIT-T G.168 (2002), *Compensadores de eco de redes digitales.*
- [8] Recomendación UIT-T G.763 (1998), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplean modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (Recomendación G.726) e interpolación digital de la palabra.*
- [9] Recomendación UIT-T G.764 (1990), *Paquetización de voz – Protocolo de voz paquetizada.*
- [10] Recomendación UIT-T G.766 (1996), *Demodulación/remodulación facsímil para equipo de multiplicación de circuitos digitales.*
- [11] Recomendación UIT-T G.767 (1998), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplea predicción lineal con excitación por código de bajo retardo a 16 kbit/s, interpolación digital de la palabra y demodulación/remodulación facsímil.*
- [12] Recomendación UIT-T Q.551 (2002), *Características de transmisión de las centrales digitales.*
- [13] Recomendación UIT-T Y.1541 (2002), *Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet.*

3 Aplicabilidad a la calidad de transmisión vocal – Utilización del modelo E

Esta Recomendación proporciona límites de extremo a extremo para el retardo medio en un sentido, independientes de las demás degradaciones de transmisión. La necesidad de considerar los efectos combinados de todas las degradaciones en la calidad de transmisión vocal se considera en el modelo de determinación de índices de transmisión de la Rec. UIT-T G.107 [3], que es el método recomendado por el UIT-T para la planificación de la transmisión vocal de extremo a extremo. La Rec. UIT-T G.108 [4] ofrece ejemplos detallados de cómo utilizar el modelo para evaluar las características de transmisión en conexiones que impliquen diferentes degradaciones, incluido el retardo; y la Rec. UIT-T G.109 [5] clasifica las predicciones de los índices de transmisión del modelo en categorías de la calidad de transmisión vocal. Por lo tanto, mientras esta Recomendación ofrece información útil relativa al retardo medio en un sentido como un parámetro en sí mismo, la Rec. UIT-T G.107 [3] (y sus compañeras Rec. UIT-T G.108 [4] y Rec. UIT-T G.109 [5]) se deben utilizar para evaluar los efectos del retardo junto con otras perturbaciones (por ejemplo, distorsiones debidas al procesamiento de la voz).

4 Recomendaciones para el tiempo de transmisión en un sentido

Independientemente del tipo de aplicación, se recomienda que el retardo en un sentido no supere 400 ms para la planificación general de la red (es decir, UNI a UNI, como se muestra, por ejemplo, en la Rec. UIT-T Y.1541 [13]); este valor permite flexibilidad a la hora de desplegar redes mundiales, sin que resulte inaceptable para un número excesivo de usuarios.

Sin embargo, es deseable mantener tan reducidos como sea posible los retardos que sufren las aplicaciones de usuario. El modelo E se debería utilizar para evaluar el efecto del retardo en un

sentido (incluidas todas las fuentes de retardo, es decir, "de boca a oído") sobre la calidad de transmisión vocal para conversaciones como se muestra más adelante. Para aplicaciones distintas de las vocales tales como datos interactivos o vídeo, no se han acordado herramientas de evaluación como el modelo E, por lo que los efectos del retardo en estas aplicaciones deben comprobarse con cuidado. Aunque son pocas las aplicaciones que pueden ser ligeramente afectadas por retardos de extremo a extremo (es decir "de boca a oído" en el caso de la voz) inferiores a 150 ms, si los retardos se pueden mantener por debajo de esta cifra, la mayoría de las aplicaciones, tanto de voz como no de voz, experimentarán una interactividad fundamentalmente transparente.

Aunque no se pueden aceptar retardos superiores a 400 ms para la planificación general de las redes, se admite que en algunos casos excepcionales pueda superarse este límite. Un ejemplo de esta excepción es cuando no se puede evitar un doble salto por satélite para un emplazamiento difícil de enlazar, cuyo impacto puede estimarse mediante la utilización del factor de mejora en el modelo E.

En lo que respecta a la utilización del modelo E para aplicaciones vocales, el efecto del retardo se puede observar en el siguiente gráfico de los índices de transmisión, R, en función del retardo. También se muestran las categorías de la calidad vocal de la Rec. UIT-T G.109 [5], que transforma los valores de R en valores de aceptación de usuario.

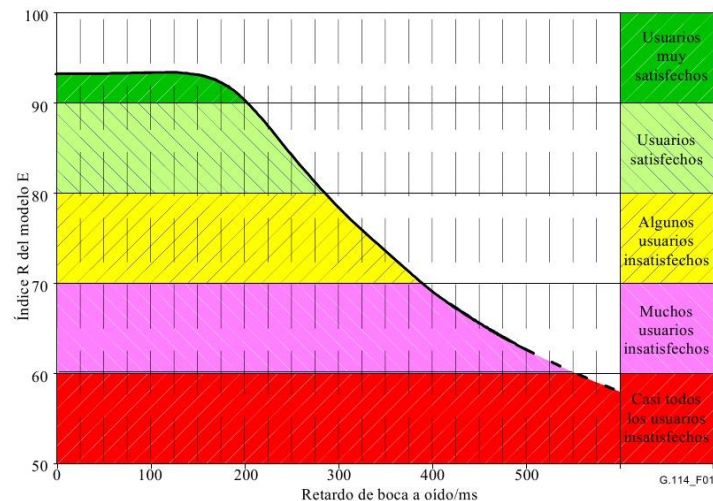


Figura 1/G.114 – Determinación por el modelo E de los efectos del retardo absoluto

NOTA 1 – La curva de la figura 1 se basa únicamente en el efecto del retardo, es decir, en total ausencia de cualquier eco. Se calcula fijando el parámetro T_a del modelo E G.107 igual al valor del retardo total en un sentido desde el origen al oído, estando los restantes valores de los parámetros de entrada del modelo E fijados a sus valores por defecto. El efecto del eco, que se produciría si no se controlara perfectamente el eco, dará lugar a una calidad vocal inferior para un determinado valor del retardo en un sentido.

NOTA 2 – El cálculo también considera un factor de degradación del equipo (I_e , *equipment impairment factor*) igual a cero. Los valores distintos de cero, que se producirían en la codificación/tratamiento de la voz, darán lugar a una calidad vocal inferior para un determinado valor del retardo en un sentido.

NOTA 3 – Para valores del retardo en un sentido que superen los 500 ms, el gráfico muestra una línea de puntos para indicar que estos resultados no están totalmente comprobados, sino que son la mejor estimación de los valores esperados y que, por lo tanto, proporcionan una orientación útil.

5 Estimación del retardo de extremo a extremo basada en conjuntos de elementos de transmisión

Los valores nominales del retardo y las normas de la planificación general se indican en el anexo A. Para estimar el tiempo total de transmisión de extremo a extremo se pueden utilizar los retardos relativos al codificador del apéndice I.

Anexo A

Estimación del retardo de extremo a extremo

A.1 Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión

Cuadro A.1/G.114 – Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión

Sistema de transmisión o de procesamiento	Contribución al tiempo de transmisión en un sentido	Observaciones
Sistema de cable coaxial terrenal o radioenlace; transmisión FDM y digital	4 μ s/km	Se tiene en cuenta el retardo en repetidores y regeneradores
Sistema de cable de fibra óptica; transmisión digital	5 μ s/km (nota 1)	
Sistema de cable coaxial submarino	6 μ s/km	
Sistema de fibra óptica submarino: – terminal transmisor – terminal receptor	13 ms 10 ms	Caso más desfavorable
Sistema por satélite: – 400 km altitud – 14 000 km altitud – 36 000 km altitud	12 ms 110 ms 260 ms	Propagación en el espacio exclusivamente (entre estaciones terrenas)
Equipo de modulación o demodulación de canal FDM	0,75 ms (nota 2)	
Sistema móvil terrestre público (PLMS, <i>public land mobile system</i>) – objetivo 40 ms	80-110 ms	
Codificadores y decodificadores de vídeo de la serie H.260	En estudio (nota 3)	
DCME (Rec. UIT-T G.763 [8]) por par: para señales vocales, datos en la banda vocal y facsímil sin remodulación	30 ms	Semisuma de los tiempos de transmisión en ambos sentidos de transmisión
DCME (Rec. UIT-T G.767 [11]) por par: para señales vocales, datos en la banda vocal y facsímil sin remodulación	30 ms	
DCME (Rec. UIT-T G.766 [10] en unión de Rec. UIT-T G.763 [8] o Rec. UIT-T G.767 [11]), por par: para facsímil con remodulación	200 ms	

Cuadro A.1/G.114 – Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión

Sistema de transmisión o de procesamiento	Contribución al tiempo de transmisión en un sentido	Observaciones
Equipo PCME (Rec. UIT-T G.764 [9]), por par:		
– con señales vocales y datos en la banda vocal sin remodulación	35 ms	
– con datos en la banda vocal con remodulación	70 ms	
Transmultiplexor	1,5 ms (nota 4)	Semisuma de los tiempos de transmisión en ambos sentidos de transmisión
Central de tránsito digital, digital-digital	0,45 ms (nota 5)	
Central local digital, analógico-analógico	1,5 ms (nota 5)	
Central local digital, línea de abonado analógica-enlace digital	0,975 ms (nota 5)	
Central local digital, línea de abonado digital-enlace digital	0,825 ms (nota 5)	
Compensadores de eco	0,5 ms (nota 6)	
Modo de transferencia asíncrono ATM (CBR utilizando AAL 1)	6,0 ms (nota 7)	
<p>NOTA 1 – Este valor es provisional y queda en estudio.</p> <p>NOTA 2 – Estos valores tienen en cuenta la distorsión por retardo de grupo en frecuencias próximas a la de máxima potencia de las señales vocales, y también el retardo introducido por los equipos multiplex y de transferencia intermedios de orden superior.</p> <p>NOTA 3 – Queda en estudio. El retardo de estos dispositivos no es normalmente constante, y su magnitud varía con la implementación. Las implementaciones actuales están en el orden de varios cientos de milisegundos por lo que se suma un considerable retardo a los canales de audio a fin de conseguir la sincronización con los labios. Se alienta a los fabricantes a reducir su contribución al tiempo de transmisión, de acuerdo con esta Recomendación.</p> <p>NOTA 4 – Para comunicaciones digitales por satélite en las que el transmultiplexor está instalado en la estación terrena, este valor puede aumentarse a 3,3 ms.</p> <p>NOTA 5 – Estos son valores medios; según la carga de tráfico pueden encontrarse valores mayores, por ejemplo, 0,75 ms (1,950 ms, 1,350 ms o 1,250 ms, respectivamente) con una probabilidad de no ser rebasado del 0,95. (Véanse los detalles en la Rec. UIT-T Q.551 [12].)</p> <p>NOTA 6 – Equivale al promedio de ambos sentidos de transmisión.</p> <p>NOTA 7 – Este valor corresponde al retardo de formación de la célula de flujo 64 kbit/s cuando se rellena completamente la célula [un canal vocal por canal virtual (VC, <i>virtual channel</i>)]. En las aplicaciones prácticas aparecerá un retardo adicional, por ejemplo por la detección de pérdida de células y almacenamiento en memoria. Otros retardos pueden ser aplicables a otras capas de adaptación ATM (AAL, <i>ATM adaptation layer</i>) y a otras disposiciones de correspondencia de célula, y las cuales quedan en estudio.</p>		

A.2 Retardo del códec

Los modernos códecs vocales actúan sobre conjuntos de muestras vocales conocidos como tramas. Cada bloque de muestras vocales de entrada se procesa para convertirlo en una trama comprimida. La trama vocal codificada no se genera hasta que todas las tramas vocales del bloque de entrada hayan sido recogidas por el codificador. De este modo, hay un retardo de una trama antes de que pueda comenzar el procesamiento. Además, muchos codificadores también miran a la trama siguiente para mejorar la eficacia de compresión. La longitud de esta indagación se sabe que es igual al tiempo de indagación del codificador. El tiempo requerido para procesar una trama de entrada se supone que es el mismo que la longitud de trama, ya que el uso eficiente de los recursos de procesador se conseguirá cuando un par codificador/decodificador (o múltiples pares codificador/decodificador que actúan en paralelo sobre trenes de entrada múltiples) utiliza totalmente la potencia de procesamiento disponible (uniformemente distribuida en el dominio del tiempo). Por tanto, el retardo a través de un par codificador/decodificador se supone que es normal:

$$2 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

A.2.1 Retardo en un entorno alámbrico

Si la facilidad de salida funciona a la misma velocidad que el códec vocal (por ejemplo, una facilidad a 8 kbit/s para la Rec. UIT-T G.729), se produce entonces una trama adicional de retardo cuando se sincroniza la trama comprimida a la facilidad. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas alámbricos convencionales (es decir, la RTPC) es:

$$3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

A.2.2 Retardo en un entorno móvil e inalámbrico

Si la facilidad de salida es una red móvil o una facilidad sin cordón, la salida de trama por el codificador funcionará de manera similar al funcionamiento en un entorno alámbrico, pero se produce un retardo adicional para afectar la trama comprimida al trayecto aéreo (se supone de nuevo que la facilidad móvil funciona a la misma velocidad que el códec vocal). Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas móviles e inalámbricos es:

$$3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación} + \text{ajuste de trama a la interfaz aérea}$$

A.2.3 Retardo en un entorno IP (una trama por paquete)

Si la facilidad de salida es una red IP, la salida de trama del codificador se excluirá instantáneamente en un paquete IP. El retardo adicional requerido para un ensamblado de paquetes IP y la presentación a la capa de enlace subyacente dependerá de la capa de enlace. Cuando la capa de enlace es una LAN (por ejemplo, Ethernet), este tiempo adicional será normalmente bastante pequeño. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP es:

$$2 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

Cuando la capa de enlace es una capa con velocidad de temporización inferior (por ejemplo, conexión del módem) o una con alta carga de tráfico (por ejemplo, una LAN congestionada), el retardo adicional aumentará sustancialmente. A fin de sincronizar las tramas comprimidas al menos con la misma velocidad a la facilidad que se recogen las tramas vocales a la entrada del codificador, el retardo adicional no debe ser superior a un tamaño de trama. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP que funcionan en tiempo real es:

$$3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

A.2.4 Retardo en un entorno IP (múltiples tramas por paquete)

Si se agrupan múltiples tramas de voz en un único paquete IP, se añade más retardo a la señal vocal. Este retardo será al menos igual a la duración de una trama de voz extra en el codificador para cada trama de voz adicional añadida al paquete IP. Por tanto, el mínimo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP con múltiples tramas por paquete es:

$$(N + 1) \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

donde N es el número de tramas en cada paquete.

Cuando la capa de enlace es una capa con velocidad de temporización inferior (por ejemplo, conexión del módem) o una con alta carga del tráfico (por ejemplo, LAN congestionada), se producirá retardo adicional al entregar el paquete a la facilidad. A fin de sincronizar las tramas comprimidas al menos con la misma velocidad a la facilidad que se recogen las tramas vocales a la entrada del codificador, el retardo adicional no debe, en caso de múltiples tramas por paquete, ser superior a la longitud de las tramas contenidas en un paquete. Debe señalarse que la sincronización de un paquete a la facilidad IP no puede empezar antes de que estén disponibles todas las tramas vocales para este paquete. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP que funcionan en tiempo real con múltiples tramas por paquete es:

$$(2N + 1) \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

donde N es el número de tramas en cada paquete.

La figura A.1 proporciona un ejemplo para N = 2:

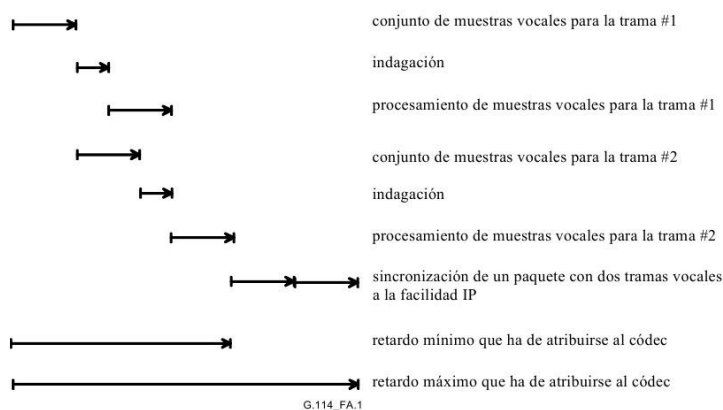


Figura A.1/G.114 – Ejemplo: Composición del retardo total correspondiente al códec en un entorno IP para N = 2

A.3 Retardo debido a la memoria intermedia de variación del retardo IP

Los sistemas de transmisión paquetizada presentan un retardo variable en el tiempo de entrega de los paquetes. Esto se debe al hecho de que diferentes paquetes que transportan muestras vocales de la misma conversación telefónica pueden encontrarse con diferentes longitudes de cola o con diferentes rutas a través de la red. El efecto detallado depende mucho del mecanismo específico para el transporte, las colas o las prioridades que se pueden implementar en este tipo de sistemas.

No obstante, hay que suprimir la variación del retardo antes de reproducir la conversación al usuario, porque sino se notará una degradación importante.

Esto se logra normalmente recogiendo paquetes en una memoria intermedia en el extremo receptor. Esta memoria intermedia reorganiza el orden cronológico de los paquetes y está dimensionada para tener en cuenta una cierta gama de variaciones del retardo de red, suprimiendo eficazmente todos los paquetes que corresponden al retardo del paquete con el mayor tiempo de tránsito que se puede aceptar. Si el tiempo de entrega de un paquete supera la longitud de la memoria intermedia de recepción, entonces este paquete "llega demasiado tarde" en relación con su tiempo previsto de reproducción y será descartado. Por consiguiente, la señal vocal transportada en este paquete se pierde para el proceso de decodificación. Esta "pérdida de paquetes" degrada la calidad de transmisión vocal (véase la Rec. UIT-T G.113).

La contribución de la memoria intermedia de recepción al retardo en un sentido se basa en el promedio del tiempo que pasan los paquetes en la memoria, que es inferior al tamaño máximo de la memoria intermedia. Dependiendo del tipo específico de implementación, así como del ajuste adecuado de la memoria, éste puede ser tan pequeño como la mitad del tamaño máximo de la memoria (suponiendo retardos distribuidos de forma simétrica). Los paquetes que sufren el retardo de transferencia mínimo esperarán durante el tiempo máximo en la memoria intermedia antes de retransmitirse como un tren síncrono, lo contrario es cierto para paquetes con el retardo de transferencia máximo (estos paquetes están el tiempo mínimo en la memoria intermedia). Para FINES DE PLANIFICACIÓN, SE RECOMIENDA suponer que una memoria intermedia de recepción añade la mitad de su retardo máximo al promedio del retardo de red.

Ejemplo (tomado del apéndice III/Y.1541 [13]):

Una memoria intermedia de fluctuación de fase diseñada para compensar una gama de variaciones del retardo de paquetes de 50 ms introducirá un retardo adicional de 25 ms, en promedio.

La Rec. UIT-T Y.1541 [13] proporciona más información sobre los efectos en el retardo de paquetes producidos por la memoria intermedia de fluctuación de fase.

Hay que destacar que, con la utilización de memorias intermedias de fluctuación de fase dinámicas, el retardo de las señales vocales recibidas por el usuario estará sometido a variaciones transitorias poco frecuentes cuando se redimensiona la memoria intermedia de fluctuación de fase.

Apéndice I

Retardo introducido por el procesamiento correspondiente al codificador

Cuadro I.1/G.114 – Valores del retardo para los codificadores en aplicaciones alámbricas

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Indagación (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al codificador (ms)	Referencia
MIC	64	0,125	0	0,375	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	0,375	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	0,375	G.721 (1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	0,375	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	65	PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	60	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	60	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	60	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	97,5	G.723.1

NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms).

NOTA 2 – Para aplicaciones alámbricas, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec = $3 \times$ tamaño de trama + indagación (véase A.2.1).

Cuadro I.2/G.114 – Valores de retardo de los codificadores en aplicaciones móviles o sin cordón

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Indagación (ms)	Ajuste de trama con la interfaz aérea (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al codificador (ms)	Referencia
MIC	64	0,125	0	(Véase nota 3)		G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	(Véase nota 3)		G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	13,625	14	G.721 (1988), G.726, G.727, DECT
MICDA	24	0,125	0	(Véase nota 3)		G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	(Véase nota 3)		G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	(Véase nota 3)		G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	(Véase nota 3)		G.728
CS-ACELP	8	10	5	(Véase nota 3)		G.729
VSELP	7,95	20	0			IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5			IS-641, TIA
QCELP	8	20	0			IS-96-A
RCELP	8	20	10			IS-127
VSELP	6,7	20	5			PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	35	95	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	35	95	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	35	95	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	(Véase nota 3)		G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	(Véase nota 3)		G.723.1

NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms).

NOTA 2 – Para aplicaciones móviles o sin cordón, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec = 3 × tamaño de trama + indagación + ajuste de trama con la interfaz aérea (véase A.2.2).

NOTA 3 – Para los tipos de codificadores marcados, la Comisión de Estudio 12 no conoce ninguna aplicación móvil o sin cordón.

Cuadro I.3/G.114 – Valores de retardo de los codificadores en aplicaciones basadas en IP (una trama por paquete)

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Indagación (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por procesamiento correspondiente al codificador (ms) (véase nota 2)		Referencia
				Mínimo	Máximo	
MIC	64	0,125	0	0,25	0,375	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	0,25	0,375	G.721 (1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,25	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,25	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	25	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	40	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	45	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	40	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	50	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	45	65	PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	40	60	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	40	60	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	40	60	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1

NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms).

NOTA 2 – Para aplicaciones basadas en IP, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec:
 = 2 × tamaño de trama + indagación (mínimo, véase A.2.3)
 = 3 × tamaño de trama + indagación (máximo, véase A.2.3).

Cuadro I.4/G.114 – Valores de retardo de los codificadores en aplicaciones basadas en IP (múltiples tramas por paquete)

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Indagación (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por procesamiento correspondiente al codificador (ms) (véase nota 2)		Referencia
				Mínimo	Máximo	
MIC	64	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.721(1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
CS-ACELP	8	10	5	$(N + 1) \times 10 + 5$	$(2N + 1) \times 10 + 5$	G.729
VSELP	7,95	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-96-A
RCELP	8	20	10	$(N + 1) \times 20 + 10$	$(2N + 1) \times 20 + 10$	IS-127
VSELP	6,7	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N+1) \times 20$	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1

NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms).

NOTA 2 – Para aplicaciones basadas en IP con múltiples tramas por paquete, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec puede calcularse como sigue:

= $(N + 1) \times$ tamaño de trama + indagación (mínimo, véase A.2.4)

= $(2N + 1) \times$ tamaño de trama + indagación (máximo, véase A.2.4).

NOTA 3 – N = número de tramas por paquete.

Apéndice II

Directrices relativas al retardo en un sentido de la transmisión de la voz por Internet

II.1 Introducción

El presente apéndice proporciona directrices suplementarias para la aplicación de la Rec. UIT-T G.114. Su principal objetivo es brindar información práctica para la planificación de redes VoIP de extremo a extremo. Asimismo, establece una relación con los objetivos de retardo de red IP definidos en la Rec. UIT-T Y.1541.

II.2 Cómo lograr un retardo satisfactorio

En numerosas rutas *intrarregionales* (por ejemplo, en África, Europa o América del Norte) de longitud igual o menor que 5000 km, los usuarios de las conexiones VoIP pueden experimentar retardos en la transmisión de boca a oído inferiores a 150 ms. El apéndice III/Y.1541 ilustra este cálculo mediante terminales de referencia con un retardo medio total de 50 ms (paquetes de 10 ms). El cálculo indica que el objetivo de 100 ms para la clase 0 de Y.1541 se puede alcanzar con una red de acceso bien construida (con velocidades de T1 o E1 o superiores como lo establece la Y.1541) y dotada de 12 encaminadores de red. El apéndice X/Y.1541 muestra que es posible mantener una calidad vocal similar mediante terminales de referencia que permitan un retardo total menos estricto de 80 ms (utilizando paquetes de 20 ms y una ocultación de pérdida de paquete importante).

Para las rutas *interregionales* terrestre, incluso las que recorren los 27 500 km de la tradicional conexión ficticia de referencia más desfavorable de la UIT, es probable que el retardo del trayecto VoIP de boca a oído supere apenas los 300 ms. Ello suponiendo que los terminales crean un retardo total de 80 ms (paquetes de 20 ms), que se dispone de una red de acceso bien construida y que se soportan trayectos de red IP que encuentran como máximo 20 encaminadores de red (conforme al apéndice III/Y.1541). Claro está, es extremadamente poco probable que muchas llamadas tengan que recorrer la distancia más desfavorable de 27 500 km. Para las llamadas interregionales, que son sin duda las más frecuentes, que recorren por ejemplo 10 000 km o menos, los retardos correspondientes serán de aproximadamente 225 ms. Sin duda este valor sigue siendo superior a los 150 ms deseados, pero resulta bastante satisfactorio para la gran mayoría de usuarios.

Si bien los retardos de alrededor de 200 ms quizá no sean un problema serio para las llamadas interregionales de larga distancia, puesto que los usuarios las consideran diferentes de las llamadas regionales, es sumamente importante que los planificadores de redes no admitan esos retardos en las llamadas locales y regionales, ya que los usuarios confían que en esas llamadas no habrá ningún retardo.

Aunque se reconoce que la utilización de las tecnologías VoIP ha de aumentar los retardos con respecto a las transmisiones TDM no paquetizadas, el presente estudio demuestra que el uso difundido de la transmisión de la voz de extremo a extremo por Internet no producirá obligatoriamente retardos problemáticos si se efectúa una planificación adecuada y se toman las precauciones necesarias.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación