



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Estudio de Voz Sobre IP (VoIP) en Rede UMTS

Danny Satán, Luis Domínguez, Ing. Washington Medina
Facultad de Electricidad y Computación FIEC
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Vía Perimetral Km. 30.5, Guayaquil, Ecuador
dsatan@espol.edu.ec, ldoming@espol.edu.ec, wmedina@espol.edu.ec

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo analizar cómo se transmite VoIP (Voz sobre IP) sobre redes del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS). Explicaremos cómo funciona la tecnología VoIP, que es un servicio en tiempo real, y necesita de un QoS aceptable para su buen funcionamiento.

Luego analizaremos la implementación de VoIP en telefonía móvil (redes UMTS), la cual se lleva a cabo por medio de la arquitectura IMS (Subsistema Multimedia IP), que está encargada de todas las aplicaciones multimedia, que obligatoriamente necesitan transmitirse en tiempo real, como lo son: VoIP, teleconferencias, etc., veremos las ventajas principales de usar UMTS, como es el caso de su gran ancho de banda, movilidad y sobre todo con la implementación de IMS, nos ofrece un elevado QoS.

Por último se realizarán pruebas para obtener los parámetros más importantes para una comunicación VoIP y así demostrar la buena calidad que tiene una comunicación VoIP al ser transmitida en un entorno 3G.

Palabras claves: *Voz sobre IP, Calidad de servicio, Subsistema Multimedia IP.*

Abstract

The present work has for target to analyze how the VoIP (Voice over IP) is transmitting over networks Universal mobiles of telecommunications system (UMTS). We explain how the technology VoIP works, that's a service on real time, and need of an acceptable QoS for his proper working.

Then we will analyze the implementation of the VoIP in mobiles phones (networks UMTS), which is performed by means of architecture IMS (IP Multimedia Subsystem), all that is responsible for multimedia applications, necessarily need it to report in real time, such as: VoIP, teleconferences, etc., We will see the main advantages of using UMTS, as is the implementation of IMS, that give us high QoS.

For last testing will be hade to obtain the most importants parameters for a VoIP communication and so the show that has a good quality on a communication VoIP transmitted to be in an environment 3G.

Keywords: *Voice over IP, Quality Service, IP Multimedia Subsystem.*

1. Introducción

El gran crecimiento y evolución de las redes UMTS han permitido ofrecer servicios con nuevas aplicaciones en tiempo real y con movilidad, todo esto ha sido posible gracias al desarrollo de nuevas tecnologías como HSDPA y HSUPA las mismas que presentan como fortaleza su gran velocidad tanto en los enlaces de bajada como en subida.

Nuestro trabajo ha sido desarrollado con el objetivo de mostrar las buenas condiciones que presentan las redes UMTS para poder brindar el servicio de VoIP.

2. Voz sobre IP

VoIP es una tecnología que permite la transmisión de voz a través de redes IP en forma de paquetes, lo cual permite convergencia entre voz y datos. Para un correcto funcionamiento de VoIP se necesita Calidad de Servicio (QoS). [1]

QoS implica tomar en cuenta aspectos como tratamiento diferenciado de los paquetes transmitidos, lo cual mejora la latencia, pérdida de paquetes y jitter, la voz para ser convertida en paquete se somete a un procedimiento de codificación, el tamaño del paquete depende de la compresión de este algoritmo de codificación/decodificación llamado códec, los códecs más utilizados son el g711, GSM, iLBC, Speex. [2]

Nombre	Bit Rate (Kbps)	Sampling Rate (Kbps)	Frame Size (ms)	MOS	Observaciones
G711	64	8	20	4.3	Tiene dos versiones u-law (US, Japan) y a-law (Europa)
GSM	13	8	22.5	3.5	Usado por la tecnología celular GSM
iLBC	15.2	8	30	4.14	
Speex	2.15 – 24.6	8	30	4.1	Comprime la información según la red

Tabla 1. Códecs.

En este punto entra en juego otro factor, el cual es el ancho de banda para que haya una buena comunicación el ancho de banda debe ser el suficiente para que el tamaño del paquete anteriormente codificado arribe a su destino con el mínimo retardo posible. [3]

3. Subsistema Multimedia IP (IMS)

IMS es la pieza clave de la arquitectura 3G, se trata de una arquitectura integrada en el núcleo de red para ofrecer servicios multimedia sobre una infraestructura IP, la arquitectura IMS puede soportar múltiples flujos multimedia con diferentes QoS, basada en el principio de que la red puede disociar entre los flujos de portadores y los diferentes flujos de señalización dentro de la sesión multimedia. Así, mediante esta arquitectura, se logra la transmisión eficiente sobre IP de contenidos multimedia en las redes móviles. [4]

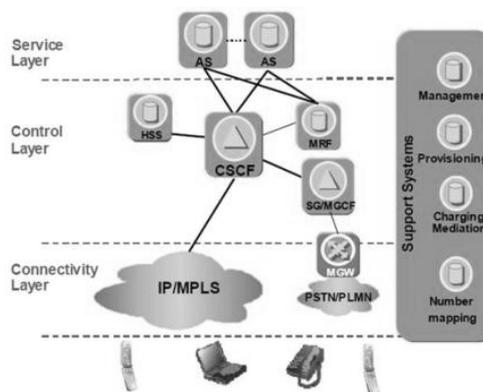


Figura 1. Arquitectura IMS. [5]

El diseño de IMS ofrece mecanismos para agrupar servicios independientes bajo un mismo modelo de control de sesiones apoyado en SIP y SDP, que permite señalar los servicios sobre conmutación de paquetes, es decir, IMS está orientado a habilitar la convergencia de servicios, combinando el crecimiento de la Internet con el de las comunicaciones móviles, desde cualquier ubicación y método de forma continua y permanente. [6] [7]

4. Escenarios de Pruebas

Con el fin de obtener parámetros referenciales para el análisis se procedió a tomar datos en un entorno LAN y posteriormente se analizó los entornos HSDPA y EDGE con lo cual se pudo demostrar las grandes diferencias entre estas dos tecnologías.

4.1. Programas utilizados

En la Figura 2 podemos observar el programa X-Lite versión 2, el cual es un softphone que es como un teléfono software el cual al instalarlo en nuestra PC podremos realizar llamadas, escogimos la versión 2 del mismo porque en dicha versión se puede cambiar el códecs a usar en la comunicación.



Figura 2. X-Lite versión 2.

En la Figura 3 mostramos el programa Wireshark el cual es un monitoreador de red y es el encargado de capturar el tráfico de la comunicación VoIP y así poder analizarlos posteriormente tanto para su señalización SIP y el flujo de información RTP.

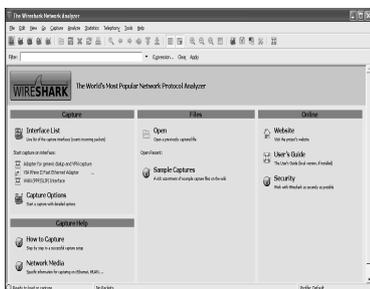


Figura 3. Wireshark.

En la Figura 4 mostramos el programa Elastix el cual consta de una gran cantidad de módulos entre los cuales tiene un modulo de PBX el cual usaremos para montar una centralita en nuestra red LAN y así obtener datos en dicho escenario.

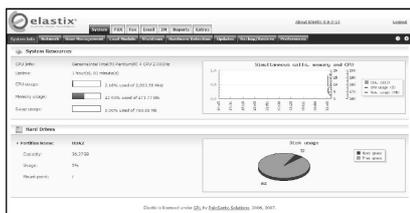


Figura 4. Elastix.

4.2. Señalización e información

En la Figura 5 mostramos la señalización generada en una conversacion VoIP, como podemos observar el protocolo encargado de dicha señalización es el protocolo SIP, el cual por medio de pequeños mensajes denominados solicitudes SIP se encarga de comunicarse con el servidor VoIP y así establecer una sesion con el otro usuario.

Además se puede observar que el flujo de informacion esta gobernado por el protocolo RTP el cual nos garantiza una comunicación en tiempo real para una buena calidad de la voz en redes IP.

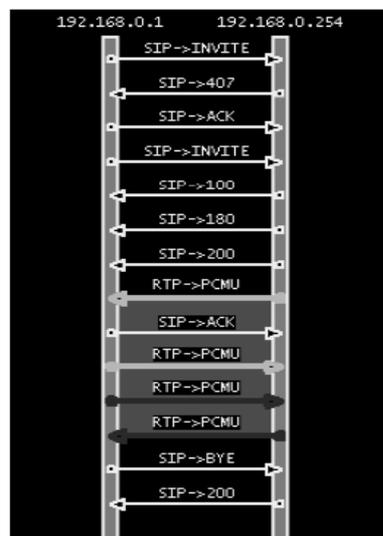


Figura 5. Wireshark: Señalización SIP.

4.3. Escenario LAN

Para poder recopilar la información requerida se procedió a configurar una pequeña LAN como se muestra en la Figura 6, la cual está constituida por un servidor VoIP el cual hace la función de centralita o PBX y nos permite asignar las extensiones a los terminales finales, dos PCs con sus respectivos softphones haciendo las veces de terminales finales y un switch, esta red fue creada con el objetivo de tener un medio referencial para el análisis, la corta distancia existente entre los terminales finales generan baja latencia y jitter, perdida de paquetes inexistente ya que contamos con un ancho de banda muy superior al que se necesita para llevar a efecto la comunicación a

través de Voz en un medio IP lo cual nos da excelentes condiciones para un análisis referencial de esta manera recopilamos información, la misma que esperábamos sea muy parecida a los datos teóricos y así poder tomar como referencia estos datos para los análisis posteriores.

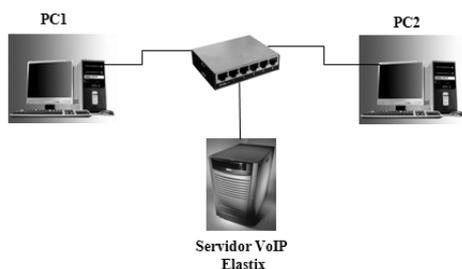


Figura 6. Entorno Referencial.

La información fue recopilada con la ayuda de diferentes softwares, con los cuales pudimos obtener datos como: el ancho de banda, latencia, jitter, pérdida de paquetes y MOS, en la tabla 2 y tabla 3 se presenta un resumen del valor de estos parámetros para cada códec. Gracias a esta valiosa información verificamos como el proceso de codificación agrega retardo a la comunicación dependiendo el códec que se escoja.

Codec	Datos Teóricos			Datos Reales		
	Bit Rate (Kbps)	Frame Size (ms)	MOS	Bit Rate (Kbps)	Frame Size (ms)	MOS
G711	64	20	4.3	83.6	25	4.15
GSM	13	22.5	3.5	34	25	3.48
iLBC	15.2	30	4.14	28	33	3.875
Speex	2.15 – 24.6	30	4.1	39	33	4.06

Tabla 2. Parámetros Analizados.

Como se esperaba los datos obtenidos en el entorno LAN son muy parecidos a los teóricos lo cual nos muestra que la comunicación en este entorno es de excelente calidad, pero esto es solo una referencia ya que nuestro principal interés se encuentra en los entornos HSDPA y EDGE.

Códec	Jitter Promedio (ms)	Perdida de paquetes (%)
G711u	10.875	0
GSM	12.125	0
iLBC	14.25	0
Speex	8.875	0

Tabla 3. Parámetros Analizados.

4.4. Escenario HSDPA-EDGE

En la Figura 7 mostramos la topología a utilizar en el entorno UMTS, el enlace hacia la red IP (Internet) la realizamos por medio de dos módems con tecnología 3.5G (HSDPA) capaces de trabajar también con tecnología EDGE, igual como en el entorno anterior hemos instalado Softphones en cada PC y configurado los clientes hacia un servidor VoIP localizado en Internet. Las pruebas en este entorno las haremos con tecnología EDGE – EDGE y HSDPA – HSDPA, en ambas pruebas con cada tecnología las haremos tanto estáticas y en movimiento con el uso de una laptop y un vehículo en el cual nos transportaremos a medida se de la comunicación VoIP.

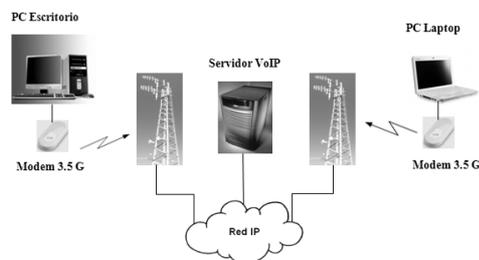


Figura 7. Entorno de Análisis.

Procedemos al análisis de los diferentes parámetros obtenidos en UMTS y EDGE frente a los referenciales de la LAN de manera que podamos ver cual presenta mayor variación, determinando de esta manera el que nos ofrece un mejor desempeño.

5. Pruebas

5.1. Escenario HSDPA-HSDPA

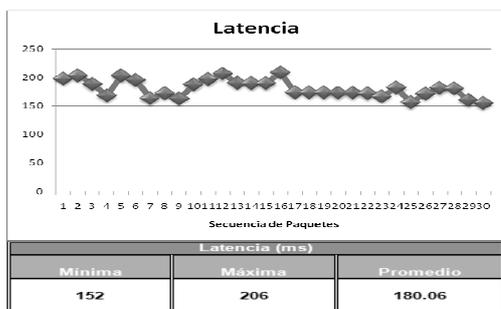


Figura 8. Latencia en 3.5G.

El ancho de banda obtenido en las pruebas de campo para velocidades desde (0 – 80) Km/h está entre (1.7 – 2.2) Mbps de bajada y 111 Kbps de subida lo cual al realizar las pruebas tanto estáticas como en movimiento obteníamos valores parecidos, es por eso que el análisis mostrado a continuación corresponde a resultados validos para velocidades de hasta 80 Km/h en un área totalmente cubierta por la tecnología. La latencia mostrada en la Figura 8 corresponde a todos los códecs por motivos de que el valor es prácticamente el mismo en todos ellos. La latencia promedio es de 180 ms la cual está dentro de los límites permitidos para una buena comunicación en redes celulares.

Métrica	Valor
Códec	PCMU
Paquetes Recibidos	2528
Paquetes Perdidos	37
Porcentaje Paquetes Perdidos (%)	1.463
Jitter (ms)	14.375
Máximo Jitter (ms)	20.75
Factor R	84
MOS	3.97656

Tabla 4. Parámetros HSDPA códec G711u.

En la Tabla 4 podemos observar los parámetros obtenidos en la pruebas realizadas al códec G711u en una red 3.5G, podemos observar que tiene 1.465% de datos perdidos los cuales se los puede ver en la Figura 5 en las partes señaladas con un círculo se encuentran partes de la comunicación

las cuales están representadas con una tonalidad diferente lo cual significa una pérdida de paquetes, el jitter en la tonalidad más representativa y varia un poco más que en las pruebas realizadas en la LAN.

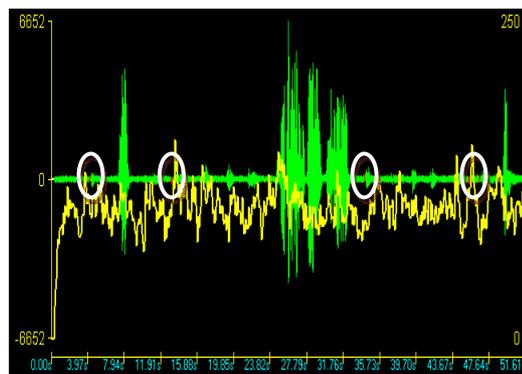


Figura 9. HSDPA: Jitter con códec G711u.

En la Figura 9 se puede observar que el jitter varía mucho más que en la red LAN por motivos de que en Internet los paquetes pueden tomar varias rutas para llegar a su destino dando así diversos valores de latencias y haciendo variar el jitter mucho más. Pero a pesar de todo lo mencionado, los valores que están por debajo los de 20 ms que es el valor óptimo para obtener una calidad es del 99.37% lo cual es un porcentaje muy bueno.

Códec	Jitter (ms)	Perdida de paquetes (%)	Latencia (ms)	MOS
G711u	14.38	1.465	180.06	3.977
GSM	16	1.766	180.06	3.347
iLBC	17.88	1.919	180.06	3.875
Speex	18.25	1.812	180.06	3.875

Tabla 5. Comportamiento de códecs en HSDPA.

En la Tabla 5 podemos observar que todos los valores se encuentran dentro de los óptimos para una buena comunicación VoIP a excepción de GSM que por motivos propios de su diseño su MOS es mucho menor a los demás pero todavía se encuentra en los niveles aceptables para una comunicación VoIP. El valor de latencia es un poco alto por el principal motivo de que el servidor se encuentra muy lejos en España pero la tecnología no lo deja salir de los límites debido a esos problemas de distancia.

El códec con el mejor comportamiento respecto al jitter es el códec G711u seguido de GSM, iLBC y Speex. Respecto a paquetes perdidos el mejor es otra vez G711u seguido de GSM, Speex e iLBC. Por último el códec con mejor MOS en HSDPA será de nuevo el códec G711u seguido por (Speex o iLBC) y GSM. Con dicho análisis vemos que el códec con mejor funcionamiento en redes con un gran ancho de banda como HSDPA es el códec G711.

5.2. Escenario EDGE-EDGE

La latencia mostrada en la Figura 10 corresponde todos los códecs analizados por los mismos motivos que en las pruebas con HSDPA. La latencia promedio es de 300 ms lo cual se sale de los límites para una comunicación buena y causa disgusto entre los usuarios al conversar por las largas demoras. El parámetro de latencia es el único que varía al aumentar la velocidad llegando a valores de 2500 ms a velocidades de 80Km/h los cuales estaban fuera de todo análisis posible.

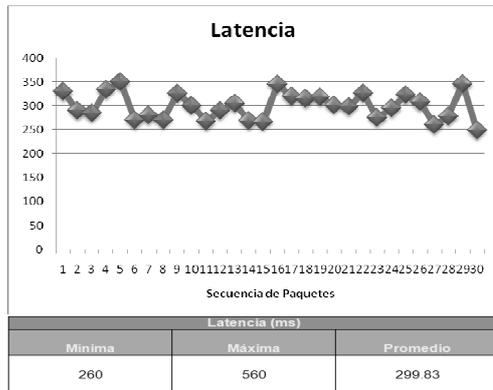


Figura 10. Latencia en EDGE.

En la Tabla 6 se pueden observar que los valores de los parámetros exceden los límites permitidos para una buena comunicación VoIP. A pesar de que el valor de paquetes perdidos sea bajo, ese valor podría elevarse mucho más.

Métrica	Valor
Codec	PCMU
Paquetes Recibidos	1031
Paquetes Perdidos	13
Porcentaje Paquetes Perdidos (%)	1.261
Jitter (ms)	69.75
Máximo Jitter (ms)	415.375
Factor R	24
MOS	1.328

Tabla 6. Parámetros EDGE códec G711u.

Como se puede observar en la Figura 10 casi por completo la conversación esta con un color azul lo cual se interpreta en que el jitter buffer descarta casi por completo la voz por motivos de las elevadas latencias. Esto causa una gran molestia en los usuarios. La principal causa de este comportamiento es por el escaso ancho de banda del enlace EDGE el cual genera que se fragmenten los paquetes y se envíen con una modulación pobre provocando las altas latencias.

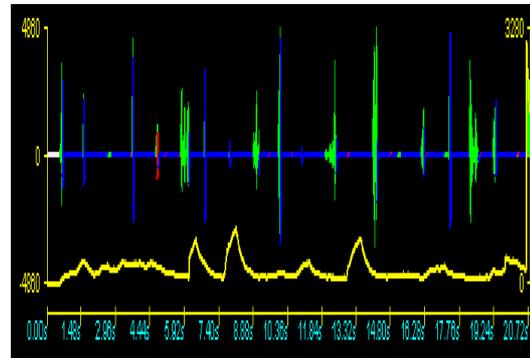


Figura 11. EDGE: Jitter con códec G711u.

En la Figura 11 también se observar el gran porcentaje de paquetes que sobrepasan los 35 ms y en los datos antes mostrados se vio que son valores de hasta 415 ms lo cual sobrepasa con mucho los límites óptimos para una conversación VoIP, además el porcentaje de dichos valores es del 77.40% lo cual lo hace una comunicación muy pobre y molesta.

Códec	Jitter (ms)	Perdida de paquetes (%)	Latencia (ms)	MOS
G711u	69.75	1.261	299.83	1.328
GSM	40.88	2.426	299.83	2.414
iLBC	57.38	2.722	299.83	3.125
Speex	36.88	2.12	299.83	2.023

Tabla 7. Comportamiento de códecs en EDGE.

En la Tabla 7 se puede observar que entre todos los parámetros obtenidos solo el porcentaje de pérdida de paquetes para G711u está dentro de los límites óptimos pero ese valor podría elevarse mucho como antes lo mencionamos ya que las muestras tomadas fueron pocas por motivos que al fragmentarse los datos por el bajo ancho de banda de EDGE se generaban conflictos con el programa y no se podía hacer un análisis óptimo.

Mostramos que en un enlace como el EDGE la posición del mejor o peor códec es muy cambiante con lo que confirma una vez más que este enlace no es el mejor para el uso de aplicaciones multimedia como lo es HSDPA.

5.3. Comparación de Tecnologías

En la Tabla 8 podemos observar en cuanto varía la tecnología 3.5G en sus diferentes parámetros necesarios para usar, se puede ver que el jitter para todos los códecs aumenta en HSDPA pero en unos 4 ms para cada códec lo cual no es una gran diferencia sabiendo que se encuentra todavía dentro de los rangos óptimos. El valor de la latencia en HSDPA aumenta en gran medida por motivos de la distancia que existe entre los usuarios y el servidor VoIP en España y en la LAN no era más de seis metros de distancia, este valor se lo podría mejorar buscando un servidor más cercano o pidiendo a su proveedor de internet una ruta más directa hacia el servidor sin realizar tantos saltos para llegar a él, de igual manera el valor de latencia no sobrepasa los límites óptimos. El parámetro de pérdida de paquetes así como el jitter podemos observar que no aumenta mucho respecto a un entorno LAN y además se encuentra dentro de los rangos óptimos para una buena comunicación VoIP. Por último el MOS que es la medida de percepción del usuario nos muestra valores mayores a 3.3 que es lo aceptable para que el usuario se sienta bien y no le produzca molestias el audio. Como podemos observar

HSDPA si es un buen enlace para el uso de aplicaciones multimedia gracias a su elevado ancho de banda y con la ayuda de IMS que se encarga del control y QoS de la comunicación nos brinda una comunicación muy buena.

	HSDPA				EDGE			
	G711	GSM	iLBC	Speex	G711	GSM	iLBC	Speex
Jitter (ms)	14.38	16	17.88	18.25	69.75	40.88	57.38	36.88
Latencia (ms)	180.06	180.06	180.06	180.06	299.83	299.83	299.83	299.83
Perdida de paquetes (%)	1.465	1.766	1.919	1.812	1.261	2.426	2.722	2.12
MOS	3.977	3.347	3.875	3.875	1.328	2.414	3.125	2.023

Tabla 8. Comparación HSDPA vs EDGE.

Podemos ver a simple vista que EDGE por su bajo ancho de banda tiene problemas para transmitir aplicaciones multimedia con un jitter, latencia súper altos, una pérdida de paquetes que sobrepasa los límites para una comunicación buena y un MOS súper bajo el cual se pudo percibir al hacer las pruebas causando fastidio al oyente. Es por eso que junto con la implementación de la arquitectura IMS en el Release 5 se optó por un enlace mucho mejor el cual nos pueda brindar el ancho de banda necesario para una buena transmisión de aplicaciones multimedia.

6. Conclusiones

Una vez realizadas las pruebas hemos podido comprobar cómo cambian los parámetros analizados según el códec y la tecnología que estamos utilizando, las pruebas realizadas en la LAN nos arrojan buenos resultados debido a sus buenas condiciones ya que exceden en gran medida el ancho de banda en relación a las tecnologías usadas para las pruebas siguientes; a más de eso la latencia que es un factor determinante en este tipo de comunicaciones es mínima en comparación a las encontradas en entornos WAN.

Teniendo como referencia el valor de los parámetros obtenidos en las pruebas del entorno LAN nos preparamos para analizar de la misma manera como se comportarían dichos parámetros en los entornos UMTS y EDGE teniendo como variantes el ancho de banda y la latencia, para UMTS contamos con un ancho de banda



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



aproximadamente de 1.7 Mbps en la baja y de 111 Kbps para la subida, característico de la tecnología HSDPA, valiéndonos de varias herramientas pudimos determinar que la latencia era aproximadamente de 180 ms en una sola dirección, valores con los cuales esperábamos tener una buena comunicación, lo cual fue ratificado al momento de analizar los parámetros y encontrarlos operando en los niveles adecuados.

En EDGE encontramos un escenario diferente en lo que respecta al ancho de banda y latencia en este caso el ancho de banda era aproximadamente 100 Kbps en la bajada y 50 Kbps en la subida, lo cual influyo directamente en el jitter y la pérdida de paquetes al no poder brindar las condiciones necesarias para el buen desempeño de codecs como el g711 el cual necesita un ancho de banda aproximado de 80 Kbps tanto para la subida como para la bajada, a mas de esto encontramos un gran aumento en el valor de la latencia el cual fue aproximadamente de 299 ms en una sola dirección con estos antecedentes realizamos las pruebas y en el análisis de resultados encontramos que los parámetros se encontraban en un rango de operación poco adecuado para sostener una comunicación VoIP a través de esta red.

6. Referencia

- [1] Haraldsson Allan, Vera Andrés, Padilla Michael; “Análisis e implementación de dos o mas PBX bajo VoIP basándose en protocolos IAX y SIP para interconectar dos o mas empresas y/u oficinas”.
- [2] Lam Lourdes, Lizano Ronald, García Vicente; “Diseño de un Call Center Internacional entre Ecuador y Estados Unidos, utilizando la tecnología VoIP para la integración física y funcional entre los sistemas telefónicos e informático.
- [3] www.worldlingo.com, MOS y Factor R.
http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/Mean_Opinion_Score
- [4] Calle Torres José; “Análisis del estándar IMS 3GPP orientado a la interconexión de redes fijas y móviles en conjunto con las redes de nueva generación NGN TISPAN/ETSI”.
- [5] www.proyctominerva.org, Representación simplificada de la Arquitectura IMS.
<http://www.proyctominerva.org/image.asp?id=190&tipo=se>
- [6] LEAL LEÓN JESÚS NICÓMEDES; “Modelo del núcleo de red IP de una red 3G para transporte de multimedia en tiempo real”.
- [7] Ávila Rosas Amanda, Cevallos López Nelly; “Análisis y diseño de una red IMS (IP Multimedia Subsystem) para el proveedor de servicios de internet ReadyNet”.