

Índice

Índice de Figuras	6
Índice de Tablas	8
Capítulo I. Introducción	9
1.1 Voz sobre IP (VoIP)	9
1.2 Definición del problema	10
1.3 Objetivos	12
1.4 Contribuciones	13
1.5 Estructura de la Tesis	13
Capítulo II. Conceptos Básicos de Telefonía	14
2.1 Introducción	14
2.2 PSTN	14
2.2.1 Principios de PSTN	15
2.2.2 Servicios de PSTN	19
2.3 Señalización de voz sobre circuitos digitales	23
2.3.1 Enlaces Troncales Digitales	24
2.3.1.1 T1	25
2.3.1.2 E1	26
2.3.1.3 ISDN	27
2.3.2 QSIG	29
2.3.3 Sistema de Señalización No 7 (SS7)	30
2.4 ¿Qué es VoIP?	33
2.4.1 Telefonía IP	34
2.4.2 Beneficios de VoIP	36
2.5 VLAN	37
2.5.1 Tipos de VLAN	38
2.5.2 Enlaces Troncales	39
2.5.3 Beneficios de Implementación de VLANs	40
Capítulo III. Red VoIP	41
3.1 Introducción	41
3.2 Protocolos	43
3.2.1 Protocolos de señalización	43
3.2.1.1 H.323	43
3.2.1.2 SCCP (Skinny Call Control Protocol)	46
3.2.1.3 MGCP (Media Gateway Control Protocol)	47
FI-UNAM	3

3.2.1.4	SIP (Session Initiation Protocol)	47
3.2.1.5	Comparación de protocolos de señalización de voz	54
3.2.2	Protocolos de Transporte	55
3.2.2.1	RTP (Real-Time Transport Protocol)	55
3.2.2.2	cRTP (Compress RTP)	56
3.2.2.3	RTCP (Real-Time Control Protocol)	56
3.2.3	Protocolos de enrutamiento	57
3.2.3.1	Enrutamiento estático	57
3.2.3.2	Protocolos de enrutamiento dinámico	58
3.3	Códecs	59
3.3.1	ITU G.711	60
3.3.2	ITU G.729	60
3.3.3	ITU G.729a	61
3.3.4	ITU G.728	61
3.3.5	Otros códecs	61
3.4	Problemas de diseño	62
3.4.1	Retraso/Latencia	63
3.4.2	Jitter	63
3.4.3	Eco	64
3.4.4	Pérdida de paquetes	64
3.5	QoS (Calidad de Servicio)	65
3.5.1	Mecanismos de QoS	66
3.5.1.1	Clasificación de tráfico	66
3.5.1.2	Marcado de paquetes	67
3.5.2	Enfilamiento de datos	67
3.5.3	Límites de confianza de QoS	67
Capítulo IV. Descripción del equipo y software de pruebas		69
4.1	Topología de red	70
4.1.1	Descripción de los equipos	71
4.1.2	Descripción de las herramientas de medición	74
4.2	Procedimientos básicos para la configuración del Gatekeeper SPA9000	75
4.3	Procedimientos básicos para la configuración de un teléfono IP Linksys	83
4.3.1	Configuración de un teléfono IP Linksys SPA901.	83
4.3.2	Configuración de los teléfonos IP Linksys SPA922 y SPA941.	84
4.4	Procedimientos básicos para la configuración del Softphone X-Lite	86
Capítulo V. Comportamiento dinámico		88
5.1	Introducción	88
5.2	Cálculo de ancho de banda para una llamada VoIP	89
5.3	Escenarios	91
5.3.1	Características de una llamada entre dos dispositivos VoIP sin QoS	91

5.3.2	Análisis del MOS con IxChariot en la red sin calidad de servicio	93
5.3.3	Implementación QoS	96
5.3.4	Comportamiento del MOS y los parámetros relacionados con QoS	102
5.3.5	Comparación del MOS teórico con el obtenido con IxChariot utilizando diferentes códecs	106
Capítulo VI. Conclusiones		111
6.1	Contribuciones	111
6.2	Trabajo Futuro	112
6.3	Conclusiones Finales	113
Anexo I. Configuraciones		114
Anexo II. Glosario		139
Referencias		144

Índice de Figuras

<i>Figura 1.1 Distribución de VoIP en el mundo 2005</i>	11
<i>Figura 2.1 Diagrama básico de la PSTN</i>	16
<i>Figura 2.2 Interface FXS</i>	16
<i>Figura 2.3 Interface FXO</i>	17
<i>Figura 2.4 Señal muestreada</i>	18
<i>Figura 2.5 Cuantificación de la señal</i>	18
<i>Figura 2.6 Codificación de la señal</i>	19
<i>Figura 2.7 Señalización por canal asociado</i>	24
<i>Figura 2.8 Señalización por canal común</i>	24
<i>Figura 2.9 Súper Trama T1</i>	25
<i>Figura 2.10 Súper Trama Extendida T1</i>	26
<i>Figura 2.11 Súper Trama E1</i>	27
<i>Figura 2.12 Canales que forman una interface BRI</i>	28
<i>Figura 2.13 Red ISDN</i>	29
<i>Figura 2.14 Estructura de una red con señalización SS7</i>	30
<i>Figura 2.15 Señalización asociada</i>	31
<i>Figura 2.16 Señalización no asociada</i>	31
<i>Figura 2.17 Señalización cuasi-asociada</i>	32
<i>Figura 2.18 Arquitectura SS7</i>	32
<i>Figura 2.19 Tramas de voz con protocolos de capa de enlace distintos</i>	34
<i>Figura 2.20 Gráfica de número de abonados a servicios VoIP</i>	36
<i>Figura 2.21 Red con VLANs</i>	38
<i>Figura 2.22 Uso de VLANs para separar el tráfico de voz y el tráfico de datos</i>	39
<i>Figura 2.23 Campo de etiqueta de una VLAN en una trama</i>	40
<i>Figura 3.1 Paquete de voz</i>	44
<i>Figura 3.2 Operación de SCCP</i>	46
<i>Figura 3.3 Ejemplo de operación SIP (modo proxy)</i>	53
<i>Figura 3.4 Ejemplo de operación SIP (modo redireccionado)</i>	54
<i>Figura 3.5 Encabezados de protocolos RTP, UDP e IP</i>	55
<i>Figura 3.6 De RTP a cRTP</i>	56
<i>Figura 3.7 Jitter</i>	64
<i>Figura 3.8 Límites de confianza</i>	68
<i>Figura 4.1 Diagrama de red</i>	70
<i>Figura 4.2 Configuración de la dirección WAN en el SPA9000</i>	77
<i>Figura 4.3 Web browser de configuración</i>	78
<i>Figura 4.4 Configuración de parámetros en el SPA9000</i>	82
<i>Figura 4.5 Teléfono IP Linksys SPA901</i>	83
<i>Figura 4.6 Configuración paso 4</i>	84
<i>Figura 4.7 Web Browser Teléfonos IP Linksys</i>	85
<i>Figura 4.8 Interfaz del Softphone X-Lite</i>	86
<i>Figura 4.9 Configuración Softphone X-Lite</i>	87

<i>Figura 5.1 MOS estimado IxChariot</i>	95
<i>Figura 5.2 Identificando los tipos de routers</i>	97
<i>Figura 5.3 Campo DiffServ</i>	97
<i>Figura 5.4 Extensión estándar protocolo 802.1Q</i>	98
<i>Figura 5.5 Clasificación del tráfico</i>	100
<i>Figura 5.6 Valores de servicio DSCP</i>	101
<i>Figura 5.7 Clasificación en base a valor DSCP</i>	101
<i>Figura 5.8 Paso 2</i>	103
<i>Figura 5.9 Paso 3</i>	103
<i>Figura 5.10 Paso 4</i>	104
<i>Figura 5.11 Paso 6</i>	104
<i>Figura 5.12 Video reproducido</i>	105
<i>Figura 5.13 Paso MOS estimado con QoS</i>	105
<i>Figura 5.14 MOS para códec G.711</i>	107
<i>Figura 5.15 MOS para códec G.729</i>	107
<i>Figura 5.16 MOS para códec G.726 (32 kbps)</i>	108
<i>Figura 5.17 MOS para G.723.1 ACELP</i>	108
<i>Figura 5.18 MOS con códec G.723.1 MP-MLQ</i>	109
<i>Figura 5.19 MOS para todos los códecs</i>	109

Índice de Tablas

<i>Tabla 2.1 Descripción de los canales utilizados en ISDN</i>	27
<i>Tabla 2.2 Comparación entre enlaces E1 y T1</i>	29
<i>Tabla 3.1 Componentes de H.323</i>	44
<i>Tabla 3.2 Grupos de encabezados principales</i>	50
<i>Tabla 3.3 Respuestas SIP</i>	52
<i>Tabla 3.4 Comparación de protocolos de señalización de voz</i>	54
<i>Tabla 3.5 Comparación de algunos códecs</i>	62
<i>Tabla 3.6 Puntaje subjetivo de calidad de llamada</i>	65
<i>Tabla 4.1 Asignación de puertos a las VLANs</i>	71
<i>Tabla 4.2 Comparación de teléfonos IP Linksys</i>	73
<i>Tabla 4.3 Configuración IP SPA9000</i>	75
<i>Tabla 4.4 Asignación de direcciones IP y extensiones de Softphones</i>	76
<i>Tabla 4.5 Asignación de direcciones IP y extensiones de teléfonos IP</i>	76
<i>Tabla 4.6 Temporizadores SIP</i>	79
<i>Tabla 4.7 Parámetros RTP</i>	80
<i>Tabla 4.8 Parámetros PBX</i>	81
<i>Tabla 4.9 Parámetros del teléfono PBX</i>	81
<i>Tabla 5.1 Ancho de banda para diferentes códecs</i>	91
<i>Tabla 5.2 Comparación de llamadas entre diferentes puntos</i>	92
<i>Tabla 5.3 Scripts utilizados para tráfico de background en el IxChariot</i>	94
<i>Tabla 5.4 Valores para 16 pares.</i>	95
<i>Tabla 5.5 Valores estandarizados para DSCP</i>	98
<i>Tabla 5.6 Valores de servicio DSCP asignados a cada clase</i>	100
<i>Tabla 5.7 Políticas para el trato de tráfico</i>	102
<i>Tabla 5.8 Parámetros medidos con QoS.</i>	106
<i>Tabla 5.9 Tabla comparativa de los resultados arrojados por cada códec</i>	110