# **RESUMEN**

El tema central de este trabajo es la utilización del protocolo TCP/IP para transmisión de voz. Para aclarar un poco el panorama es necesario hacer hincapié en que este protocolo será utilizado para encapsular tráfico de voz a través de una red de datos como es Internet, y lo que se pretende es sencillamente hacer uso de esa infraestructura para brindarle a las empresas un servicio hasta ahora costoso como es el de las llamadas internacionales, por uno de menor costo. Para este proyecto hemos tomado a Diario Expreso, uno de los prestigiosos diarios de nuestra ciudad, ya que con él veremos la real importancia que tiene esta tecnología y su aplicación en la autopista de la información.

Podremos apreciar como utilizando la infraestructura existente de Internet, se puede realizar un ahorro considerable en telefonía internacional, y como un valor agregado a ello se verá que esto a su vez puede traer ahorros en la búsqueda de información, tan importante en los medios de comunicación, ya que a través de la red hoy pasan muchas noticias y sucesos, incluso de orden social o de diversión. Eso hace que Internet se vuelva indispensable en las empresas modernas, porque además les permite obtener datos que normalmente había que esperar días y meses hasta que lleguen por correo, ahora en un par de horas obtienen la misma información. Pero una conexión a Internet tiene su costo telefónico, aquí veremos como reducir ese costo.

Finalmente, se obtiene un grupo de conclusiones en base a los beneficios logrados y las diferentes formas de implementar este servicio, dejando la pauta de que esto es aplicable no solo a nuestro ejemplo sino a cualquier otro tipo de empresa, siempre y cuando se desarrolle en un mercado de libre competencia en el área de las telecomunicaciones, ya que su aplicación en países donde el marco legal de las mismas apoya solo a la telefónica del estado, esto podría ser penado por la ley.

# **INDICE GENERAL**

RESUMEN v

INDICE GENERAL vii

INDICE DE FIGURAS xi

# INDICE DE TABLAS xiii

CAPITULO I

## DESCRIPCIÓN GENERAL 1

1.1 Situación actual de Diario Expreso 1

1.2 Requerimiento de llamadas internacionales 2

1.3 Propuesta a Diario Expreso y Extra 3

CAPITULO II

PROTOCOLOS A UTILIZARSE 4

2.1 TCP/IP 5

2.1.1 Reseña Histórica 5

2.1.2 Requerimientos para Comentarios 8

2.1.3 Arquitectura del protocolo TCP/IP 8

2.1.4 Encapsulamiento de datos 11

2.1.5 Capa de acceso a la red 13

2.1.6 La capa de Internet 14

2.1.6.1 Estructura de direcciones 15

2.1.6.2 Datagrama 18

2.1.6.3 Principales características de IP 19

2.1.6.4 Funciones de IP 20

2.1.6.5 Encapsulamiento de datos 20

2.1.6.6 Enrutamiento IP 22

2.1.6.7 Pasando datos hacia otros protocolos 26

2.1.6.8 Fragmentación y reesamblaje 27

2.1.7 El Protocolo de Control de Mensajes de Internet (ICMP) 29

2.1.8 La capa de transporte host-a-host 30

2.1.9 Protocolo de datagrama de usuario (UDP) 32

2.1.10 Protocolo de Control de Transmisiones (TCP) 34

2.1.11 Principales características de TCP 35

2.1.11.1 Orientando a conexión 36

2.1.11.2 Confiabilidad y reconocimiento 38

2.1.11.3 Orientación de flujos de datos 40

2.1.11.4 Formato del segmento de datos de TCP 41

2.1.12 Capa de Aplicación o proceso 42

2.2 Voz sobre IP 46

2.2.1 Funcionamiento 46

2.2.2 Aplicaciones 46

2.2.3 Operación SoTCP 47

2.2.4 Parámetros de Calidad de Servicio (QoS) 57

2.2.5 Algoritmos de compresión de voz 59

2.3 NAT (Network Address Translation) 60

2.3.1 Definición 60

2.3.2 Beneficios 60

2.3.3 Aplicaciones 61

2.3.4 Asignación 61

2.3.5 Traslación 62

2.3.6 Tipos de NAT 62

2.3.7 NAPT (Network Address Port Translation) 66

2.3.7.1 Tipos de NAPT 67

2.4 Frame Relay 69

2.4.1 Arquitectura del protocolo 70

2.4.2 Conexión Frame Relay 71

2.4.3 Estructura y transmisión de tramas 73

2.4.4 Control de gestión 75

2.4.5 Detección de conexión explícita 78

2.4.6 Beneficios 78

2.5 Microonda digital 79

2.5.1 Técnicas de modulación 80

2.5.2 Modulación ASK 82

2.5.3 Modulación FSK 83

2.5.4 Modulación PSK 84

2.5.4.1 PSK Diferencial 85

2.5.5 Modulación de múltiples niveles 86

2.5.5.1 Modulación 4PSK 87

2.5.5.2 Modulación M-QAM 87

2.5.6 Eficiencia espectral 89

2.5.7 Ancho de banda 90

2.5.8 Propagación de ondas 92

2.5.9 Ondas planas 93

2.5.10 Propagación de ondas en la tropósfera 95

2.5.11 Consideraciones de la curvatura de la tierra 96

2.5.12 Pérdidas 98

2.5.12.1 Pérdidas en el espacio libre 98

2.5.12.2 Difracción 99

2.5.12.3 Reflexión 100

2.5.12.4 Otros factores 101

2.5.13 Calidad de señal 101

2.5.14 BER 102

2.5.15 Relación señal ruido 102

2.6 Circuitos telefónicos 103

2.6.1 Una llamada telefónica 106

2.6.2 Señalización de supervisión E&M 107

2.6.2.1 Tipos de E&M 107

2.6.2.2 Protocolos de inicio 110

2.6.3 FXS 114

2.7 Jerarquías de multiplexión 114

2.7.1 Multiplexión por división de tiempo 115

2.7.1.1 Modulación de pulsos codificados 116

2.7.2 Jerarquía Europea (E1) 117

2.7.2.1 Formato de trama 119

2.7.3 Jerarquía americana 121

2.7.3.1 Formato de trama 121

2.7.4 Niveles superiores de multiplexión 122

CAPITULO III

EQUIPOS A UTILIZARSE 124

3.1 Ruteadores 124

3.1.1 Motorola Vanguard 320 124

3.1.2 Motorola Vanguar 6560 130

3.2 Radiotransmisor Multipoint Networks RAN-64/25 135

3.3 Antenas 140

3.3.1 Parámetros de la KP6F-820 141

3.4 Modem de Fibra Optica de alta velocidad RAD FOM-40 144

3.5 Centrales Telefónicas 146

3.5.1.1 Sistema superhíbrido digital Panasonic KXT-D500 147

3.5.1.2 Principales especificaciones técnicas 148

3.5.1.3 Tarjetas de enlace T1 149

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO 151

4.1 Descripción 151

4.2 Estudio del enlace de radio 156

4.2.1 Enlaces de radio 157

4.2.1.1 Ubicaciones 158

4.2.2 Estudios de propagación 161

4.2.2.1 Análisis punto a punto 162

4.2.2.2 Comprobación de resultados 167

4.2.2.3 Ruta entre Globonet y Torres del Norte 168

4.3 Estudio del enlace de fibra 170

4.4 Conexiones 177

CAPITULO V

ANÁLISIS DE COSTOS 182

5.1 Gastos actuales 182

5.2 Gastos del nuevo servicio 185

5.2.1 Inversión en equipos de radio 186

5.2.2 Inversión en equipos de fibra 188

5.2.3 Conexión vía línea dedicada 189

5.3 Gastos asumidos por el ISP 191

CAPITULO VI

CONCLUSIONES 192

Anexo A 197

A.1 Configuración ruteador Diario Expreso y Extra (nodo 100) 197

A.2 Configuración ruteador Globonet nodo 200 204

A.3 Configuración ruteador de ISP Miami (nodo 300) 208

Acrónimos 213

Bibliografía 218

# **INDICE DE FIGURAS**

## Figura 2.1 Arquitectura TCP/IP.........................................................................................9

Figura 2.2 TCP/IP frente al modelo OSI 10

Figura 2.3 Carga de información TCP/IP a través de las capas del modelo OSI 11

Figura 2.4 Capa de acceso a la red 14

Figura 2.5 Estructura de direcciones IP 15

Figura 2.6 Datagrama IP 18

Figura 2.7 Interconexión de redes por medio de un Gateway 23

Figura 2.8 Gateway por defecto 23

Figura 2.9 Interconexión de redes Token Ring y Ethernet por medio de un Gateway 24

Figura 2.10 Paso de datos TCP hacia otros protocolos 26

Figura 2.11Protocolos de aplicación 31

Figura 2.12 Datagrama UDP 33

Figura 2.13 Datagrama UDP dentro de IP 34

Figura 2.14 Circuitos virtuales 37

Figura 2.15 Técnica de reconocimiento positivo, con retransmisión 39

Figura 2.16 Segmento de datos perdido 40

Figura 2.17 Segmento de datos TCP 41

Figura 2.18 Capas TCP/IP, y protocolos que la componen 42

Figura 2.19 Paquete SoTCP 48

Figura 2.20 Establecimiento de sesión y de conexión 54

Figura 2.21 Fin de conexión 56

Figura 2.22 Direcciones estáticas, translación estática 64

Figura 2.23 Direcciones estáticas, translación dinámica 65

Figura 2.24 Direcciones dinámicas, translación dinámica 66

Figura 2.25 NAPT estático 68

Figura 2.26 NAPT dinámico 69

Figura 2.27 Formato de trama Frame Relay 73

Figura 2.28 Parámetros de control de congestión 76

Figura 2.29 Proceso de modulación/demodulación 81

Figura 2.30 Modulación ASK 83

Figura 2.31 Modulación FSK 84

Figura 2.32 Modulación DPSK 86

Figura 2.33 Constelación 16.QAM 88

Figura 2.34 Línea de vista de un enlace microondas 97

Figura 2.35 Reflexión 100

Figura 2.36 Pareado telefónico propietario 105

Figura 2.37 Llamada telefónica 106

Figura 2.38 Conexión E&M 110

Figura 2.39 Protocolo de inicio inmediato con respuesta y sin confirmación 112

Figura 2.40 Wink Start 113

## Figura 2.41 TDM ...116

Figura 2.42 Señal vocal/Frecuencia de muestreo 117

Figura 2.43 Jerarquía E1 118

Figura 2.44 Trama E1 119

Figura 2.45 Alineamiento de multitrama E1 120

Figura 2.46 Trama T1 122

Figura 3.1 Vanguard 320 125

Figura 3.2 Parte posterior del Vanguard 320 128

Figura 3.3 Tarjeta dual FXS 129

Figura 3.4 MPRouter 6560 131

Figura 3.5 Parte posterior del 6560 132

Figura 3.6 Tarjeta T1 133

Figura 3.7 Tarjeta DSPM/SM 134

Figura 3.8 RAN 64/25 135

Figura 3.9 Carga de viento 142

Figura 3.10 Patrón de radiación de la antena 143

Figura 3.11 FOM-40 144

Figura 3.12 Panasonic KXT-D500 central telefónica 147

Figura 3.13 Conexión de la tarjeta T1 de Panasonic 150

Figura 3.14 Conexión de la tarjeta KXT-96187 al CSU 150

Figura 4.1 Esquema final del proyecto 152

Figura 4.2 Carta el IGM 160

Figura 4.3 Enlace propuesto Torres del Norte-Diario Expreso 163

Figura 4.4 Esquema con torre corregida Torres del Norte – Diario Expreso 166

Figura 4.5 Ventana del Adtran Link Analyzer 167

Figura 4.6 Ruta con cable entre el equipo de radio y la antena 168

Figura 4.7 Enlace de radio entre ISP y Torres del Norte 169

Figura 4.8 Conexión a través de fibra 172

Figura 4.9 Conector RJ-11 178

Figura 4.10 Convertidor AUI-RJ45 180

Figura 4.11 Puerto de ocho pines T1 181

# **INDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Algoritmos de compresión de voz 59

Tabla 2.2 Anchos de banda de acuerdo a la modulación 91

Tabla 2.3 Jerarquía americana 123

Tabla 2.4 Jerarquía europea 123

Tabla 4.1 Conexión Ruteador-Hub 172

## Tabla 4.2 Conexión puerto FXS – Troncal PBX...........................................................178

Tabla 4.3 Conexión V35 Motorola – Radio 179

Tabla 4.4 Conexión T1: PBX – Ruteador 181