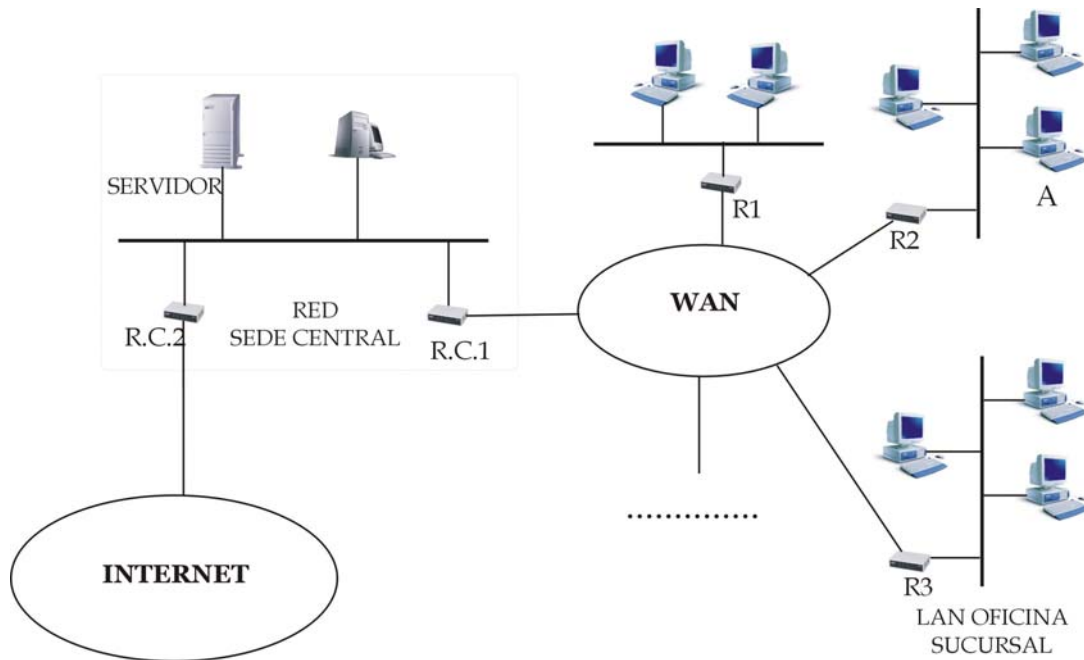


(2003-09-04-01)

Se pretende hacer un estudio de las necesidades de servicios de conexión de datos en el entorno de una empresa con diferentes oficinas interconectadas y diferentes aplicaciones que hacen uso de la red de comunicaciones. La topología aproximada de las redes y elementos que intervienen en las comunicaciones lo representa la siguiente figura:



Con la idea de integrar las comunicaciones de Datos y Voz, se van a instalar los dispositivos necesarios para transmitir voz sobre IP (VoIP) de forma que tanto las aplicaciones informáticas de comunicaciones como las conexiones internas de voz de todos los empleados se basen en el protocolo IP.

Todo el tráfico interno de cada oficina se soporta mediante un segmento de red ethernet, al cual se conectan los equipos de los empleados, un router que permite la interconexión con las demás redes a través de la red WAN y una centralita telefónica (PBX) con capacidad de transmitir conversaciones telefónicas sobre redes IP. La centralita PBX utiliza el estándar de compresión de audio G.723.1, que codifica cada llamada de voz en un flujo de datos de 6,3 kbps dividido en paquetes de 24 octetos cada uno, que son posteriormente encapsulados en datagramas UDP.

En principio, los equipos cliente de los empleados van a tener instaladas las aplicaciones cliente de correo SMTP y HTTP para acceso a WEB; todas ellas utilizan TCP como protocolo de transporte. Una conexión de datos supone, cada minuto, 2 accesos (1 acceso es igual a una petición y su correspondiente respuesta) HTTP al servidor de la Sede Central, 2 accesos HTTP a un servidor remoto de Internet y 1 acceso SMTP al servidor de correo de la Sede Central. Todas las peticiones son de 60 octetos. La respuestas HTTP son de 2000 octetos y las respuestas SMTP de 1000 octetos.

Primeramente vamos a estudiar el tráfico de las LAN de las oficinas sucursales considerando inicialmente 100 empleados en cada oficina que disponen, cada uno de ellos, de un terminal telefónico IP y de un equipo PC. Para hacer las estimaciones de carga en la LAN, vamos a considerar que el 50% de los empleados están haciendo uso del servicio de telefonía IP y un 40% están utilizando las aplicaciones de comunicaciones de datos.

Según esto, se pide, para una LAN:

1. Calcular la carga de tráfico, en bps, que genera una conexión de voz y la que genera una conexión de datos.
2. Calcular el tráfico total que soporta una LAN.
3. Tomando como válida la recomendación de no superar el 50% de la capacidad máxima de la red para mantener unos niveles óptimos de rendimiento, obtener el valor máximo teórico de usuarios conectados simultáneamente con aplicaciones de voz y datos que podría tener cada LAN.

La conexión entre las oficinas y la central se pretende realizar a través de WAN Frame Relay. Para calcular las necesidades del enlace a contratar para las oficinas, tendremos en cuenta las estimaciones de la empresa, que indican que durante la hora cargada se producen una media de 20 llamadas telefónicas simultáneas, aunque algunos días de mucha actividad se produce un pico de 40 llamadas telefónicas. Para simplificar, consideraremos que el tráfico de datos medido en el circuito Frame Relay es de 500 kbps, al que tendremos que añadir el tráfico de VoIP.

4. Calcule el CIR y ancho de banda en exceso (Be) que debe tener el circuito Frame Relay para las sucursales, para garantizar que en cualquier caso se cursen 20 llamadas telefónicas y que, en caso de que la red FR esté descargada, se cursen 40 llamadas. El intervalo de medida (T_c) de la red es de 2 segundos.
5. Dibujar un cronograma que represente el intercambio de PDU'S a nivel de enlace que se lleva a cabo cuando se realiza un acceso al servidor HTTP de la Sede Central.
6. Calcular el tiempo empleado en realizar el intercambio petición-respuesta http representado en el cronograma anterior. Considerar, para este apartado, la velocidad de acceso F.R. de la oficina de 1 Mbps, la de la Sede Central de 4 Mbps y que solo existe un nodo de red F.R.

Consideraciones generales:

-La velocidad de transmisión de la red ethernet es de 10 Mbps. El retardo de propagación es despreciable.

- $MTU_{Ethernet}=1500$ octetos $MTU_{FRAMERELAY}=8000$ octetos. (MTU= Capacidad de datos de una trama, sin incluir cabecera).

-Las cabeceras de las unidades de datos de los distintos niveles son UDP 8 octetos, TCP e IP 20 octetos y MAC 26 octetos.

-Las tablas ARP de los routers están activas y actualizadas.

1.- Carga de tráfico generado por las distintas conexiones

- Conexión de voz: 6,3 Kbps en paquetes de 24 octetos

Cada paquete de aplicación equivale a nivel físico a: $24+8+20+26 = 78$ octetos

Si a nivel de aplicación el flujo de paquetes es 6,3 kbps a físico será:

$$(78/24) \times 6,3 \text{ kbps} = \mathbf{20,475 \text{ Kbps.}}$$

- Conexiones de datos:

Accesos SMTP:

Petición de 60 oct. $\rightarrow 60+20+20+26 = 126$ oct.

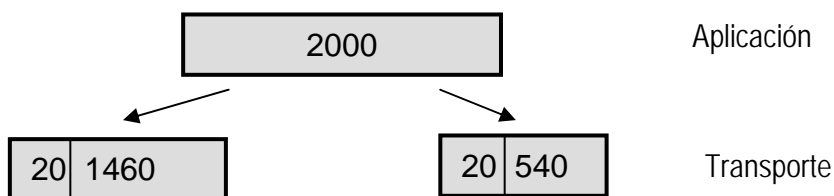
Respuesta de 1000 oct. $\rightarrow 1000+20+20+26 = 1066$ oct.

Cada acceso SMTP equivale a $126+1066 = 1192$ octetos

Accesos HTTP:

Petición de 60 oct. $\rightarrow 60+20+20+26 = 126$ oct.

Respuesta de 2000 oct, que da lugar a dos segmentos TCP



$$1460+20+20+26 = 1526 \text{ oct.}$$

$$540+20+20+26 = 606 \text{ oct.}$$

Cada acceso HTTP equivale a $126+1526+606 = 2258$ octetos

Cada minuto: $1192 + (4 \times 2258) = 10224$ octetos

Las conexiones de datos generan $(10224 \cdot 8) / 60 = 1363,2 \text{ bps}$

2.- Carga de tráfico soportada por una RAL

100 empleados:

50 telefonía $\rightarrow 50 \times 20,475 = 1.023,75 \text{ Kbps}$

40 datos $\rightarrow 40 \times 1,363 = 54,52 \text{ Kbps}$

Cada RAL soporta **1078,27 Kbps**

3.- N° máximo teórico de usuarios simultáneos en la RAL

Cada usuario conectado a voz y datos genera: $20,475 + 1363 = 21,838$ Kbps

$$N^{\circ} \text{ máx} \leq (5 \cdot 10^6) / 21,838 = \mathbf{228 \text{ usuarios}}$$

4.- Parámetros acceso FR para tráfico de voz

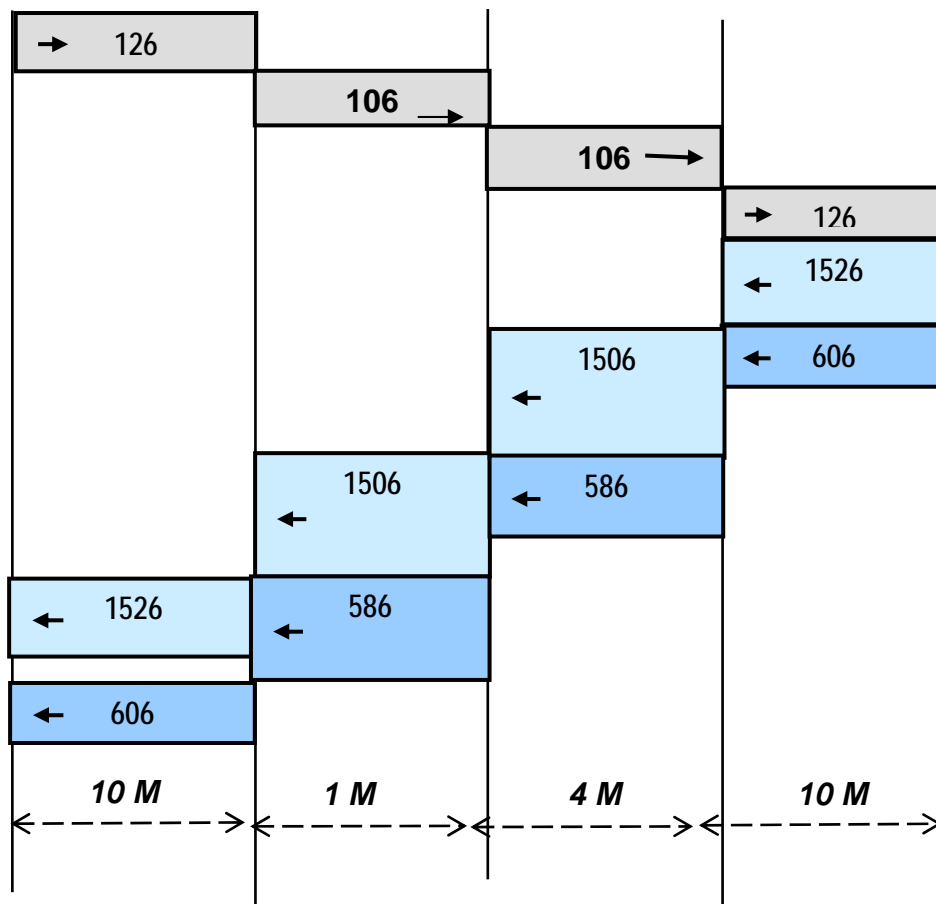
Tráfico voz + tráfico datos = $409,5 + 500 = 20 \times 20,475 = 909,5$ Kbps

$CIR \geq \mathbf{909,5 \text{ Kbps}}$

El tráfico en exceso es el que corresponde a las otras 20 llamadas:

$$Be = 409,5 \cdot 103 \cdot 2 = \mathbf{819 \text{ kbits}}$$

5.- Cronograma a nivel de enlace para un acceso HTTP



6.- El tiempo empleado en realizar la petición-respuesta HTTP se obtiene de cronograma anterior

$$T_{\text{petición}} = 2 \frac{126 \times 8}{10^7} + \frac{106 \times 8}{10^6} + \frac{106 \times 8}{4 \times 10^6} = 1,26 \text{ msg}$$

$$T_{\text{respuesta}} = \frac{1526 \times 8}{10^7} + \frac{1506 \times 8}{4 \times 10^6} + \frac{1506 \times 8}{10^6} + \frac{586 \times 8}{10^6} + \frac{606 \times 8}{10^7} = 21,39 \text{ msg}$$

$$T_{\text{total}} = \mathbf{22,65 \text{ msg}}$$
