



Comunicación

109

PROYECTO DE TELEFONÍA IP (TOIP) EN 423 CENTROS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Ignacio Baquedano Ibáñez

Director de Infraestructuras y Comunicaciones

Agencia de Informática y Comunicaciones de la Comunidad de Madrid - ICM

Palabras clave

IP, TDM, VoIP, Telefonía sobre IP (ToIP), IBERCOM, Erlang B, Comunidad de Madrid, ICM, Q.sig, SIP, Skype.

Resumen de su Comunicación

En la introducción se establece el posicionamiento del autor respecto a la tecnología de VoIP (Voz sobre IP) y el protocolo IP (Internet Protocol) como convergente de voz, datos e imágenes y la potencialidad del mundo Internet para la comunicación personal. Es un posicionamiento de cambio, de considerar en el año 2000 como una tecnología emergente y que no aportaba lo suficiente para la permuta de la tecnología tradicional TDM (Time Division Multiplexing – Multiplexación por División en el Tiempo) a un posicionamiento firme de apoyo basado en la en el fenómeno Skype y en su propia experiencia.

La comunicación cuenta la historia de la implantación de ToIP (Telefonía IP) en 423 edificios de la Comunidad de Madrid. Una telefonía peer to peer (igual a igual) capaz de soportar 10.000 extensiones telefónicas IP.

Se describen las plataformas utilizadas, su dimensionamiento y su interconexión con las redes públicas de telefonía fija, móvil e IBERCOM. Se hace hincapié en el nuevo plan de numeración compatible con el actual de IBERCOM así como en el dimensionamiento de los enlaces basados en el tráfico estimado y la aplicación de la fórmula de Erlang B y los anchos de banda capaces de soportar los enlaces calculados.

Así mismo se especifica las características de la red IP de prestaciones altas capaz de soportar el tráfico IP de los teléfonos y de la red de datos de los 423 edificios y que se contrató por concurso público.

Otro punto importante es la gestión del cambio, como todos sabemos el usuario es reactivo a los cambios y hay que generar expectación, descubrirla y apoyar al usuario con la información y formación necesaria para vencer la barrera del cambio.

Se deja constancia que por motivos únicamente económicos no se recomienda la migración pero si es cierto que hay que encontrar el entorno más favorable tanto por lo que supone de ahorro como de mejora de las facilidades telefónicas. En el caso de la Comunidad de Madrid hay dos entornos, un entorno IBERCOM controlado, donde las extensiones telefónicas están categorizadas y todo el tráfico entre ellas es a coste cero mientras que en el entorno de 423 edificios pequeños no se dan ninguna de las características apuntadas para el entorno IBERCOM por lo tanto se decidió que fuese en el entorno de las centralitas pequeñas donde se implante la ToIP (Telefonía IP).

PROYECTO DE TELEFONÍA IP (TOIP) EN 423 CENTROS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

1. Introducción

Recuerdo una ponencia que presenté en el Tecnimap 2000, celebrado de Salamanca, y que tenía de título *“La voz y los datos en la administración, dónde estamos, a dónde vamos”*, y en las conclusiones citaba *“Como final, un consejo, no se comience ningún proyecto de integración/optimización de los costes utilizando paquetización de la señal de voz sin ser apoyado desde lo más alto, ya que la calidad de la voz es peor”*.

Pues bien, el tiempo ha querido que el apoyo para el proyecto de Telefonía IP (ToIP) en 423 centros de la Comunidad de Madrid se haya tenido desde el primer momento por parte de la alta Dirección y nos preguntamos ¿se cumple la segunda afirmación? yo diría que sí.

Siempre he sido muy crítico con la Voz sobre IP (VoIP) ya que al principio se vendió como una economía por la racionalización del ancho de banda y considero que las ventajas de aprovechamiento de ancho de banda pueden ser obtenidas de igual forma y con más calidad mediante tecnologías TDM (Time Division Multiplexing – Multiplexación por División en el Tiempo) pero reconozco que quizás no supe valorar la potencia del protocolo IP y la red que lo ha hecho famoso, Internet.

Me hago converso con el fenómeno Skype debido a la realidad vivida con la presencia de mi hija en una escuela de arquitectura de la Universidad de Chicago y la facilidad que yo tenía para seguir las clases simplemente por el hecho de dejar ella el micrófono del portátil sobre la mesa. ¿Se imaginan lo mismo con tecnología tradicional?. O el ser llamado independiente de la localización, simplemente por estar conectado a Internet.

Es ahora cuando veo claro que IP es el protocolo convergente de voz, datos, imágenes y que además ofrece la independencia de la ubicación gracias a la extensión de Internet. Es por ello que considero que estamos en el momento adecuado del cambio. Como dije anteriormente es cierto que la calidad de la voz se resiente y es lógico pero las ventajas asociadas compensan con mucho la degradación que se obtiene.

Esta comunicación pretende contar la historia de la implantación de ToIP en 423 edificios de la Comunidad de Madrid y que pueda ayudar al lector, que tenga la paciencia de leerla, en la toma de decisión ante situaciones semejantes.

2. Objetivo

El objetivo del proyecto es el cambio de la telefonía tradicional de conmutación de circuitos, centralita, con salida directa a red pública, por una telefonía que utilizando como transporte la red IP de prestaciones altas, permita la comunicación peer to peer (entre iguales) de los teléfonos IP y la interconexión con la red IBERCOM, con la red pública fija y móvil desde dos ubicaciones.

3. Entorno elegido

La Comunidad de Madrid dispone de una red troncal de telefonía fija compuesta por 83 centralitas y más de 19.000 extensiones (IBERCOM), de un entorno periférico compuesto por 423 centralitas y alrededor de 10.000 extensiones y unas 2.000 líneas RTB (Red Telefónica Básica). Ante esta fotografía y el interés de pasar a ToIP ¿qué entorno elegir?

Se presentaron a la alta Dirección dos entornos y se expusieron las fortalezas, debilidades y oportunidades que se presentaban en cada caso para hacer un análisis para la elección del entorno que sería migrado a ToIP. .

ENTORNO	IBERCOM	423 CENTRALITAS PERIFÉRICAS
DAFO		
Fortaleza	Entorno más fácil de gestionar. Entorno sólido. Las extensiones categorizadas según el perfil del usuario. Coste 0 entre las 19.000 extensiones	Ninguna.
Debilidades	Ninguna	Entorno no controlado cuya facturación mensual se estaba disparando. Coste de la llamada hablando entre centros y con IBERCOM.
Oportunidad de ToIP	No se encuentra	Coste de las llamadas 0 entre centros y con IBERCOM. Categorización del tráfico.

Presentado el cuadro superior se considero más conveniente adoptar la ToIP en el entorno periférico (423 centralitas).

4. Arquitectura de la plataforma de ToIP

Como se citó anteriormente se pretende una plataforma centralizada en dos puntos capaz de señalizar e interconectar con las redes de IBERCOM, red pública de telefonía fija y móvil.

Infraestructura central

La idea del proyecto es una ToIP directa entre terminales y con dos infraestructuras centrales, por seguridad, con capacidad para señalizar y cursar el tráfico externo, de 10.000 extensiones. Solamente en las ubicaciones más críticas, unas 40, se dispondrá de un media gateway con salida directa a red pública conmutada.

Las plataformas centrales tienen cada una 6 call server redundantes en configuración cruzada entre los dos centros y 3 media gateway por centro que proporcionan la interconexión con los entornos de red pública, fija y móvil y con IBERCOM.

En cuanto al transporte IP cada centro dispone de dos nodos activo/reserva de 1 Gbit/s de velocidad y el caudal máximo de 1 Gbit/s

Dimensionado de la plataforma central

La plataforma debe tener la capacidad suficiente para cursar el tráfico a red pública, fija y móvil y al entorno IBERCOM. Considerando un tráfico por extensión IP, de 120 miliErlangs para tráfico externo por extensión y 40 miliErlangs para tráfico interno con IBERCOM da:

$120 * 10.000 = 1.200$ Erlangs de los cuales la cuarta parte es tráfico a móviles, 300 Erlangs.

$40 \times 10.000 = 400$ Erlangs con la red IBERCOM

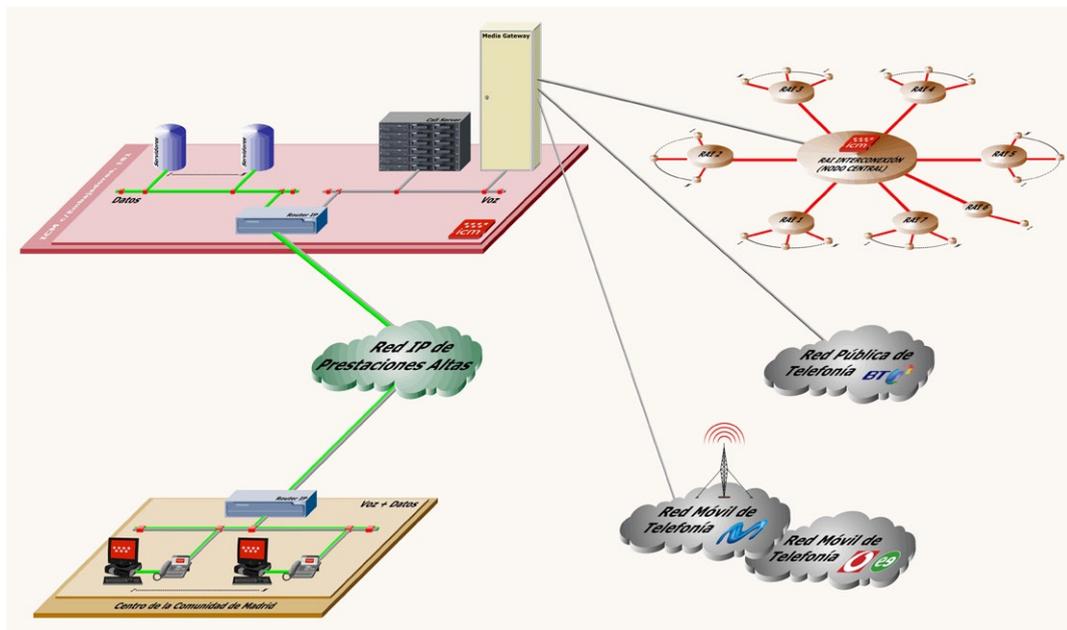
El grado de servicio o lo que es lo mismo la probabilidad de pérdida de la llamada es 0,1%, una de cada 1.000 llamadas.

Existe la web, www.erlang.com, que permite calcular el número de enlaces para las condiciones de tráfico señaladas. Tiene el inconveniente que en la versión gratuita solamente llega hasta 180 Erlangs.

Haciéndolo con los datos que figuran da como resultado:

Nº de canales con IBERCOM: 450, 15 primarios Q.sig.

Nº canales con red pública: 1.278, 43 primarios de 30 canales. 33 primarios a la operadora de telefonía fija y 10 al operadora de móviles.



Centros periféricos

Los centros periféricos son los 423 centros en los que se sustituirá la centralita convencional de conmutación de circuitos con salida/entrada directa a red pública de telefonía por teléfonos IP y solamente en el 10% de las ubicaciones dispondrán de un media gateway con salida/entrada a red pública.

En estos centros se sustituirá la electrónica actual de red por conmutadores (switches) con alimentación del teléfono IP desde la puerta del conmutador; lo que se conoce como Power over Ethernet (PoE). Desde el teléfono IP y mediante el hembra RJ-45 que dispone se dará servicio al PC (Personal Computer).

Se crearán dos VLANs diferentes una para voz y otra para datos que serán transportadas hasta las plataformas centrales.

Dimensionado de los centros periféricos

Los teléfonos IP funcionarán con codificación G.711 de 64 Kbit/s cuando están situados en la misma LAN (Local Area Network), mismo edificio, y en el momento que la comunicación sale del edificio y pasa por la

red IP de prestaciones altas, la codificación a utilizar será G.729 a 8 Kbit/s.

Otro parámetro importante es el packet duration o Packet station que se puede considerar como la frecuencia que los paquetes de voz son transmitidos y que tiene una influencia importante en el ancho de banda ocupado. La elección de la duración del paquete o lo que es lo mismo la frecuencia de los paquetes, es un compromiso entre ancho de banda y calidad. Una baja duración requiere más ancho de banda por otro lado si la duración se incrementa el retardo del sistema aumenta y es más susceptible a la pérdida de paquetes. El valor típico del parámetro es 20 ms.

Con todo lo dicho anteriormente para una codificación G.711 y un packet duration de 20 ms el ancho de banda IP, hay que tener en cuenta las cabeceras, es de 80 Kbit/s y para una codificación G.729 con el mismo packet duration es de 24 Kbit/s.

Como cité anteriormente existe la web www.erlang.com que resuelve también los anchos de banda IP en función del número de enlaces.

Para poner un ejemplo supongamos un edificio medio con 20 usuarios y el tráfico patrón definido en la plataforma central con la única diferencia de considerar 10 milierlangs como tráfico propio del entorno IP, por tanto da como resultado:

- 120 milierlang tráfico salida/entrada red pública de telefonía fija y móvil.
- 50 milierlang tráfico entrada/salida entorno IBERCOM e IP.
- Total 170 milierlang.
- Grado de servicio 5 %, 5 llamadas perdidas cada 100 realizadas.
- Codificación G.729 A (CS-CELP).
- packet duration 20 ms

Tráfico (Erlangs)	Enlaces (número)	Ancho de banda (Kbit/s)
3,4	7	168 Kbit/s

Una vez determinado el ancho de banda necesario para la voz se debe fijar el ancho de banda para los datos. Así como la voz es una única aplicación y existen formulas para determinar el ancho de banda, para los datos no ya que depende del tipo de aplicación, web, cliente servidor, etc. De primeras y como estimativo se fija un ancho de banda por usuario de 40 Kbit/s por 20 usuarios 800 Kbit/s más los 168 Kbit/s de la voz da una ancho de banda de 968 Kbit/s, luego se solicitará 1024 Kbit/s. Como se ha podido observar el grado de servicio de voz solicitado era del 5% que es peor que el solicitado en plataformas centrales, pero lo que si es cierto que como siempre se prioriza la voz es muy difícil que se pierda alguna llamada, ya que estas pueden ocupar el ancho de banda teórico asignado a datos.

Características y dimensionado de la red de transporte IP

Como se ha citado anteriormente, el servicio de ToIP es igual a igual lo que implica que no sirve un portador asimétrico con ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) y hace falta un transporte simétrico. Para la contratación de la red de transporte se convocó un concurso público titulado "Contratación de los servicios de telecomunicaciones de la Comunidad de Madrid. Servicios de operador de datos. Servicio de transporte IP de prestaciones altas"

Como características mas revelantes solicitadas están:

El Servicio deberá presentar funcionalidades de calidad de servicio (QoS) que:

- Garanticen el ancho de banda para determinados flujos de tráfico basándose en información de niveles 3 y 4. Los mecanismos de reserva de caudal permitirán la reasignación de la capacidad sobrante al resto de flujos.
- Aseguren el correcto funcionamiento (en términos de latencia, jitter, caudal, etc.) de aplicaciones basadas en flujos de datos de voz sobre IP en cualesquiera condiciones de tráfico.
- Estas funcionalidades deben estar implementadas en hardware e incluir algoritmos de gestión de colas (como WRED) incluyendo mecanismos de prioridad para asegurar baja latencia a los caudales que así lo requieran (VoIP), algoritmos de planificación de paquetes (WFQ o WRR) y de conformado de tráfico (Token Bucket).
- El servicio deberá permitir el establecimiento de VLANs (Virtual Local Area Network) de acuerdo al protocolo 802.1q capaces de asegurar los flujos IP separados de voz y datos descritos anteriormente.
- Como resumen la red será capaz de clasificar las tramas:
 - Nivel 2: IEEE 802.1p/q
 - Nivel 3: ToS/DiffServ

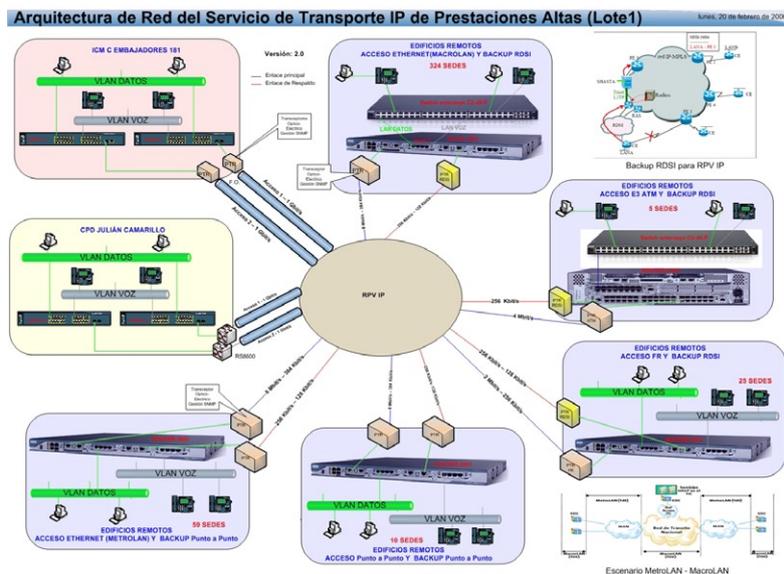
El Servicio presentará una latencia media inferior a 60 milisegundos y máxima de 80 milisegundos, medida en las interfaces del Servicio, entre cualquier par de accesos remotos o entre cualquier acceso remoto y los accesos centrales.

Con las mismas consideraciones, la variación de retardo (jitter) máximo no superará los 20 milisegundos.

El Servicio presentará un porcentaje de pérdida de paquetes en la red del adjudicatario inferior al 0,2% siempre que no se sobrepasen los caudales mínimos garantizados en el acceso. La medida se realizará en lapsos de 5 minutos.

Y se obliga a los licitantes que los caudales de voz y dato estén totalmente diferenciados

Este concurso lo ganó Telefónica con una solución macrolan/metrolan y con unas plataformas centrales en cada nodo activo/reserva de 1 Gbit/s de velocidad y el caudal máximo de 1 Gbit/s



Seguridad

Son muy importantes los condicionantes de seguridad y entre ellos podemos destacar:

Separación de la red de voz y datos:

- Utilizar una VLAN (Virtual Local Area Network) para voz y para datos.
- Utilizar una VLAN distinta para las aplicaciones de voz (servidor de gestión, CTI (Computer Telephony Integration)).
- Utilizar subredes de direccionamiento IP distintas.
- Utilizar "Access Control List" (Layer 3 filtering). Prohibir el routing entre la red de voz y la red de datos en cada centro remoto.
- Utilizar autenticación por dirección MAC e IP.

No filtrar el tráfico dentro de la red de voz.

Filtrar el tráfico entre la red de voz y la red de aplicaciones de voz para autorizar solamente al servidor de gestión acceder a los call servers.

5. Problemática del plan de numeración

Este es uno de los puntos críticos de cualquier proyecto de telefonía ya que condiciona al usuario y además puede entrar en conflicto con el resto de planes de numeración existentes. El entorno IBERCOM tiene un plan de numeración a 5 cifras que hace coincidir las cuatro últimas cifras con el número público.

PLAN DE NUMERACIÓN DENTRO DE LA RED TRONCAL DE TELEFONÍA FIJA (IBERCOM)	
*	Servicios
#	Servicios
0	Llamada hacia la Red Pública
17	Llamada dentro de Ibercom a extensión de RAI 6 - IMADE
2 MCDU	Llamada dentro de Ibercom a extensión de RAI 5 - Educación
3 MCDU	Llamada dentro de Ibercom a extensión de RAI 7 - Justicia
4 MCDU	Llamada hacia Móviles Corporativos
5 vacante	Llamada hacia Red ToIP (5 = código de escape, 2 WXY DU = extensión Red ToIP)
6 MCDU	Llamada dentro de Ibercom a extensión de RAI 1 - RAI 2
7	Llamada dentro de Ibercom a extensión de RAI 3 - Sanidad
8	RAI 8 - Internas Gabinete de la C.M.
9	Llamada interna de operadora

Como se puede ver queda libre el 5 luego está claro que para acceder a la red IP se debe salir con el dígito 5.

Ahora es necesario definir el plan de numeración de la red de ToIP y planteamientos hay muchos. Un planteamiento puede ser adjudicando un código por edificio (WX para edificios de menos de 1.000 usuarios y WXY para edificios de menos de 100 usuarios)

PLAN DE NUMERACIÓN DENTRO DE LA RED ToIP	
*	Servicios
#	Servicios
0	Llamada hacia la Red Pública
1 ZZ	Numeración abreviada en centros de menos de 100 Usuarios
2 WX ZZZ	Llamada dentro de la Red ToIP a extensión de centro de más de 100 usuarios
3 WXY ZZ	Llamada dentro de la Red ToIP a extensión de centro de menos de 100 usuarios
4 MCDU	Llamada hacia Móviles Corporativos
5 AMCDU	Llamada hacia Ibercom (5= código de escape, AMCDU = extensión Ibercom, A= 2, 3, 6, 7, 8)
6	Libre dentro de la Red ToIP
7	Libre dentro de la Red ToIP
8	Libre dentro de la Red ToIP
9	Llamada interna a operadora

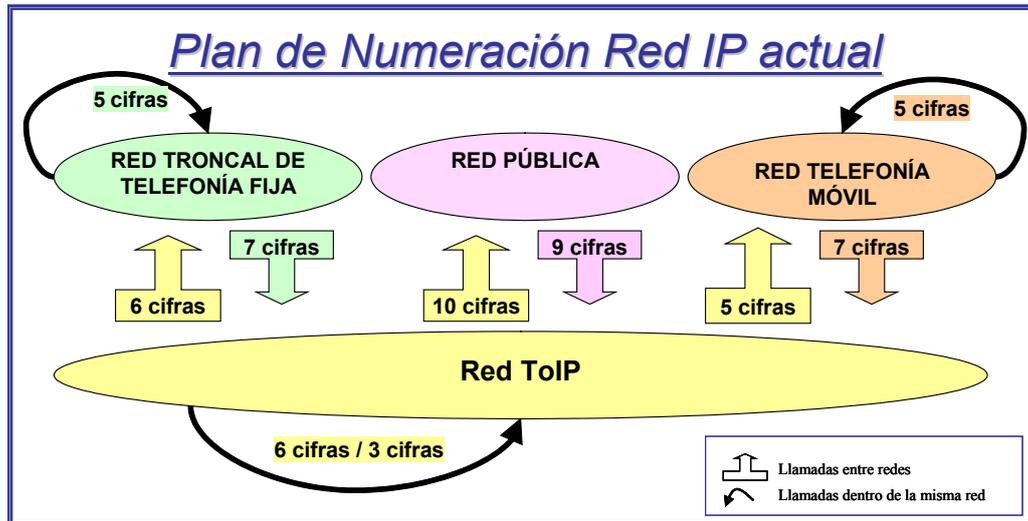
Otro planteamiento que optimiza más la capacidad de crecimiento es considerar el primer dígito como representativo de la actividad y a partir de ese dígito guardar rangos de numeración de acuerdo al número de usuarios del edificio. De esta forma se puede asignar hasta cien mil usuarios.

- 3: Justicia e Interior
- 6: Familia y Asuntos Sociales (+ Resto de Consejerías)
- 7: Sanidad y Consumo
- 8: Educación (+ Cultura y Deportes)

PLAN DE NUMERACIÓN DENTRO DE LA RED ToIP	
*	Servicios
#	Servicios
0	Llamada hacia la Red Pública
1 ZZ	Numeración abreviada en centros de menos de 100 Usuarios
2 ZZZZZ	Posibles centro que migren del entorno IBERCOM
3 ZZZZZ	Consejería de Justicia e Interior
4 MCDU	Llamada hacia Móviles Corporativos
5 A MCDU	Llamada hacia Ibercom (5= código de escape, AMCDU = extensión Ibercom, A= 2, 3, 6, 7, 8)
6	Familia y Asuntos Sociales (+ Resto de Consejerías)
7	Sanidad y Consumo
8	Educación (+ Cultura y Deportes)
9	Llamada interna a operadora

Este es el plan de numeración aceptado para el entorno IP de de la Comunidad de Madrid

Si es cierto que este tipo de numeración variable en el número de cifras a marcar dependiendo de la red en la que se está y a dónde se marca puede resultar molesto/complicado al usuario



Se pensó en un plan homogéneo en cifras y que fuese a 6 cifras de tal forma que se cambiase el entorno IBERCOM y el móvil para hacerlo a 6 cifras pero hubo un inconveniente técnico, IBERCOM no admitía un plan de numeración a 6 cifras y además esto hubiera implicado un cambio a los usuarios de IBERCOM, 19.000, de difícil justificación ya que ellos no se ven afectados por las ventajas que aporta la red IP.

6. Gestión del cambio

Es unánime en todas las organizaciones que han realizado el cambio a ToIP que lo más importante es la gestión del cambio. Los usuarios se encuentran cómodos con lo que conocen y en general es difícil que las nuevas prestaciones les lleguen a motivar, sobre todo al principio. Para gestionar el cambio y crear expectativa se han realizado unos anuncios imaginativos que se enviarán a los usuarios de la nueva telefonía y donde en una foto se ven las butacas y el escenario de un teatro y en este figura "Las mejores funciones no estarán en el teatro" En breve sabrás porqué. Posteriormente se le enviará otro correo con la foto de una mesa y unos teléfonos IP sobre ella "Nueva Telefonía IP de la Comunidad de Madrid" "Las mejores funciones estarán en tus manos" "Próximamente te informaremos cuándo se instalarán en tu centro los nuevos terminales telefónicos que te permitirán comunicarte de una forma realmente innovadora".

Creada la expectativa/inquietud y cuando se instalen los nuevos teléfonos IP se darán clases de la utilización de las facilidades y se les entregará un críptico donde se describan dichas facilidades de forma resumida.

7. Consideraciones económicas

Es cierto que al principio se vendió la Telefonía IP como una forma de ahorrar dinero y luego se cambió el mensaje y se habla de aumento de la productividad.

Es muy difícil realizar una valoración exacta y se citan los elementos de ahorro:

Economía directa:

- Un solo cableado para voz y datos.
- Transporte de la voz sobre la red de datos IP, aunque si es cierto que hay que aumentar el caudal.
- Llamadas internas al entorno IBERCOM (19.000 extensiones) y al entorno IP (10.000 extensiones) a coste cero.
- Concentración de todo el tráfico a las redes públicas de telefonía fija y móvil en dos puntos. (economía de escalas).

Racionalización del consumo:

- Posibilidad de categorizar, restringir el tipo de llamada, metropolitano, provincial, nacional, móvil, etc por extensión.
- Medidas del uso/consumo por cada extensión IP.

Dado que no es fácil evaluar todas las consideraciones apuntadas tanto directas como las de racionalización del consumo, cito el caso real que se presentó de trasladar el ACU (Atención Centralizada de Usuarios) de un edificio a otro. Antes se disponía de un ACD (Automatic Call Distributor) modelo Dharma de la empresa Datavoice y con capacidad para 150 agentes con tecnología tradicional de conmutación de circuitos, las nuevas capacidades exigían 200 agentes mínimos. Si es cierto que se dispone de los call server con capacidad de gestionar los agentes pero el precio con tecnología IP es menos de la mitad que con la tecnología tradicional de conmutación de circuitos (Dharma).

Para el resto de la red los números no salen tan favorables pero lo que si es cierto y comprobado en el traslado del personal de ACU a nivel de telefonía fue llegar y enchufar el teléfono.

8. Desarrollo de la implantación

Este es un punto muy importante dada la amplitud del proyecto. No se hace un desarrollo exhaustivo de las actividades pero se citan los hitos más significativos.

Hito 1: Diseño de la arquitectura y plan de numeración y direccionamiento IP.

Hito 2: Prueba de concepto: implantación de las plataformas centrales de VoIP y su conexión a la Red Telefónica Conmutada (RTC) y red móvil, así como su interconexión con el entorno IBERCOM a través de enlaces Q.sig y 30 teléfonos IP en el mismo edificio de una de las plataformas centrales.

Hito 3: Implantación de 2 centros que se consideran piloto.

El hito 2 permitió dar la viabilidad al proyecto después de realizar la prueba de concepto con 30 usuarios. La plataforma que se montó permitió probar todas las facilidades definidas como de mínimos y comprobar la calidad de la voz dentro del entorno LAN con codificación G.711, el más óptimo.

De las facilidades más diferenciadas respecto a un terminal digital de alta gama de IBERCOM se puede citar la posibilidad de búsqueda por nombre en un directorio centralizado. Esto permite cambiar el concepto de llamar a número por el concepto de telefonía personal.

Respecto a la calidad de la voz se puede decir que es buena en cuanto a inteligibilidad pero resulta más plana y menos envolvente que la de los sistemas tradicionales de conmutación de circuitos.

9. Conclusiones

Considero que no hay que dudar que es el momento de la tecnología IP como convergente de voz, datos e imágenes y pensando en voz hay que buscar los entornos que mejor puedan justificar el cambio de tecnología. Sin duda, como se citó anteriormente, los ACDs con tecnología IP compiten bien en precio y dan mucha flexibilidad. Para el resto, en los entornos periféricos se puede encontrar la justificación ya que en ellos se implanta una telefonía moderna con todas las facilidades propias de una gran centralita de una forma centralizada fácil de administrar.

Si es cierto, que probablemente el coste supere a las de tecnología tradicional, pero sobre todo en entornos que no tengan que dialogar con otro tipo de centralitas como IBERCOM y que solamente tengan que funcionar en su propio entorno IP y la salida a red pública, hay soluciones muy buenas funcionando con el protocolo SIP (Session Initiation Protocol) que son muy competitivas en prestaciones y precio. De momento la plataforma de la Comunidad de Madrid no funciona con SIP ya que el fabricante de la solución no lo tiene del todo desarrollado pero existe la condición de migrar a SIP cuando haya validado todas las pruebas de interconexión con el entorno IBERCOM y red pública.