

# Implementación de un CAC basado en medidas de QoS para sistemas de Telefonía IP

José M<sup>a</sup> Saldaña Medina, Julián Fernández-Navajas, José Ruiz Mas, Eduardo A. Viruete Navarro

Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones (GTC) – Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza

Ed. Ada Byron, C/ María de Luna n° 1, 50018 Zaragoza (España)

Tlf: (+34) 976 761 963 – Fax: (+34) 976 762 111

Email {jsaldana, navajas, jruij, evirute}@unizar.es

**Resumen-** Se presenta un sistema de CAC (*Call Admission Control*) basado en medidas de parámetros de Calidad de Servicio para Telefonía IP que utiliza SIP (*Session Initiation Protocol*). En empresas con sucursales en varios países, permite que las llamadas internacionales se establezcan en dos tramos: uno a través de Internet con VoIP (*Voice over IP*), hasta un *gateway* VoIP-RTC (Red Telefónica Conmutada) en una sucursal del país destino, y otro por RTC hasta el usuario, con tarifa de llamada local. Las decisiones de CAC están basadas en medidas de Calidad de Servicio periódicas, en las tarifas de las llamadas, y en el número de líneas libres del *gateway*. El sistema se ha implementado en una plataforma de pruebas basada en virtualización.

**Palabras Clave-** Telefonía IP, VoIP, CAC, MBAC, SIP, virtualización, QoS

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de Internet para la realización de comunicaciones de voz en entornos corporativos permite reducir los costes de las llamadas. Las conferencias entre sucursales pueden realizarse utilizando VoIP (*Voice over IP*) (Fig. 1a). Para las empresas con presencia en varios países, una posible mejora es usar este sistema también para conferencias internacionales con destino a terminales tradicionales. Estas llamadas podrían llevarse a cabo mediante dos tramos, uno a través de Internet con VoIP hasta el país destino, y otro por RTC (Red Telefónica Conmutada) hasta el usuario, con tarifa de llamada local (Fig. 1b). De forma más concreta, una solución interesante para la empresa son los sistemas de Telefonía IP, que añaden a VoIP más servicios, disponibilidad y seguridad.

Los usuarios de estos sistemas buscan una Calidad de Servicio (*Quality of Service*, QoS) similar a la que proporciona la RTC. La VoIP es un servicio en tiempo real, en el que el retardo de los paquetes es uno de los parámetros que más afecta a la calidad de las llamadas. Un método para añadir QoS es el Control de Admisión de Llamadas (*Call Admission Control*, CAC) [1], que acepta o rechaza llamadas en función de los parámetros de QoS en cada momento.

Una mejora para el CAC es buscar la mejor ruta, en cuanto a parámetros de QoS y costes, para el establecimiento de las conexiones, teniendo en cuenta que pueden existir diversas ubicaciones disponibles desde las que establecer la llamada local.

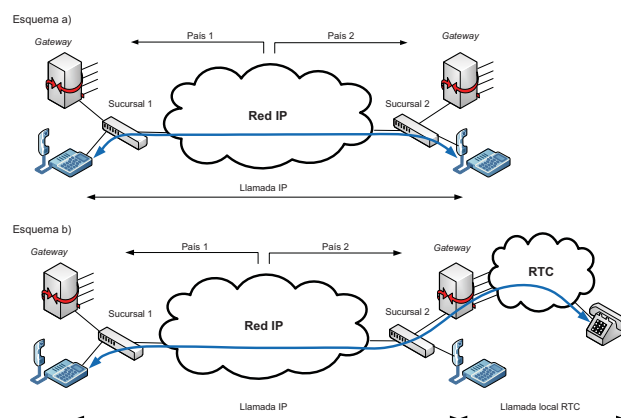


Fig. 1. Esquema tradicional y esquema propuesto

Para la implantación de un sistema de Telefonía IP a través de Internet, es conveniente implementarlo previamente en un entorno controlado. En el presente trabajo se propone el uso de virtualización, que permite desplegar un escenario de red completo dentro de una sola máquina física. Las ventajas de esta solución son que las aplicaciones probadas pueden ser implantadas sin apenas modificaciones, y que las implementaciones de los protocolos son reales.

El artículo está organizado de la siguiente forma: la sección II presenta la situación actual de los sistemas CAC para Telefonía IP. La sección III expone la arquitectura del sistema y su modo de funcionamiento. En la sección IV se describe la plataforma en la que se ha implementado el sistema. La sección V describe las herramientas *software* utilizadas. La última sección detalla las conclusiones de este trabajo.

## II. PROBLEMÁTICA DE LA QoS: CAC

Para la señalización y el establecimiento de la llamada en el ámbito de la VoIP, se dispone de varias opciones como SIP (*Session Initiation Protocol*), H.323 o IAX (*Inter-Asterisk eXchange protocol*). El análisis desarrollado en este trabajo se ha centrado en SIP porque se trata de un protocolo sencillo y bien integrado en redes IP [2].

Al introducir un CAC en un sistema de Telefonía IP, se puede aceptar, rechazar o redirigir llamadas, según el estado de la red, consiguiendo así un control de QoS. El paradigma de aceptación de una nueva petición consiste en que, al aceptarla, las demás llamadas en curso no se vean afectadas viendo degradada su calidad, aumentando las pérdidas de paquetes y los retardos [3].

Uno de los tipos de CAC adecuados para la obtención de QoS es el CAC basado en medidas (*Measurement-based CAC*, MBAC) [4]. Actualmente estos sistemas son utilizados en algunas soluciones comerciales [5], pero están limitadas a los equipos del fabricante. En el caso de Cisco, por ejemplo, hay dos sistemas MBAC que funcionan para SIP: AVBO y PSTN Fallback [6]. Otros posibles sistemas [3] son los *Site-Utilization-Based CAC* (SU-CAC), y *Link-Utilization-Based CAC* (LU-CAC).

En todo caso, la implementación de un MBAC requiere el uso de herramientas de estimación y monitorización de parámetros de QoS. Existen herramientas que sirven para caracterizar diversos parámetros de una red: retardo, variación del retardo (*jitter*), ancho de banda máximo, ancho de banda disponible y tasa de pérdidas. Estas herramientas de medida pueden clasificarse en dos grandes grupos: extremo a extremo (*end-to-end*) y centralizadas. Las primeras se basan en la obtención de medidas desde los extremos de la red, sin preocuparse por su estructura interna. Por el contrario, las segundas utilizan información obtenida dentro de la propia red, como es la estadística de los *router*, para cuantificar los parámetros de QoS. En caso de no tener control sobre la red, las medidas a utilizar deben ser *end-to-end*. Otra posible clasificación divide las herramientas en activas [7] y pasivas [8].

### III. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

#### A. Descripción general del escenario

En el presente trabajo nos planteamos la implementación de un CAC basado en medidas activas *end-to-end* para un sistema de Telefonía IP. El esquema de partida es similar al de algunas soluciones propietarias, por ejemplo Cisco [3]. Este sistema se ha diseñado para un escenario de red que se corresponde con el de una empresa con sucursales en diferentes países (Fig. 2). Hay una PBX en un nodo central, y un agente local en cada sucursal. Se utiliza Internet como

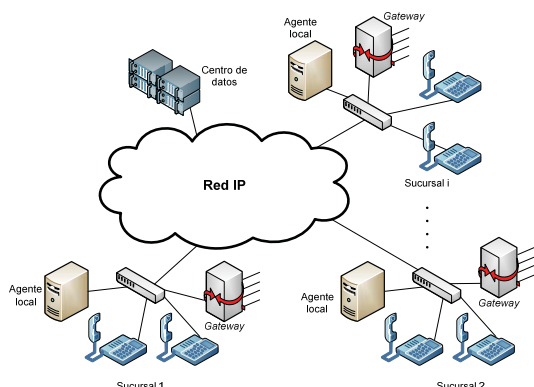


Fig. 2. Arquitectura del sistema.

medio de transmisión del tráfico telefónico entre las sucursales, prescindiendo de otro tipo de enlaces.

El agente local es una máquina que introducimos en la red de cada oficina para gestionar la señalización SIP del sistema. Se encarga de que las llamadas sean cursadas por la mejor ruta teniendo en cuenta la QoS y los costes. Para ello, en primer lugar, unos procesos de estimación y monitorización de parámetros de QoS, ubicados en el agente local, realizan medidas entre sucursales, generando así la información necesaria para el sistema. Otro proceso implementa una función que, a partir de esos resultados, de las tarifas y del número de líneas libres y ocupadas del *gateway*, elabora unas tablas en las que se basarán las decisiones de CAC. Por último, el agente, a través de un *proxy* SIP que tiene incluido, procesa la señalización de las llamadas para implementar el mecanismo de CAC, basándose en información contenida en esas tablas.

Asumiremos las siguientes hipótesis, sobre las que estamos actualmente trabajando en nuestro grupo:

- 1) Se dispone de un sistema de medidas de QoS que se ajusta de forma continua a las características de la conexión.
- 2) Existe una función que calcula la decisión a tomar a partir de las medidas de QoS, las tarifas y la ocupación de las líneas de los *gateway*.

#### B. Funcionamiento del sistema de CAC propuesto

En el sistema existe una única PBX, que contiene el plan de numeración. En cada oficina existe un agente local, situado de manera que todos los mensajes de señalización entre los terminales y la PBX pasen a través de él. De esta forma puede introducir señalización para implementar las decisiones de CAC, y llevar cuenta de las llamadas establecidas en el *gateway* en cada momento.

Las llamadas internas a la sucursal son gestionadas por el agente local, y no necesitan acudir a la PBX para establecerse. En el caso de las llamadas entre sucursales, que no salen a RTC, las decisiones de CAC serían sólo de aceptación o no de la llamada, en función de la QoS, puesto que no tiene sentido redirigirlas a otra sucursal diferente a la del teléfono destino. Por último, si el usuario solicita una llamada a RTC, el sistema puede elegir el *gateway* a través del que se establecerá la llamada local. En muchos casos existirán varias opciones, por ejemplo si hay más de una sucursal en el país destino de la llamada, etc.

Para tomar las decisiones de CAC, cada agente local utiliza una "tabla de decisiones" (Tabla 1), en la que se especifica cómo actuar en el caso de recibir una petición de llamada (INVITE) desde una determinada sucursal.

Origen	Llamada interna	Llamada al <i>gateway</i> (RTC)
1	Aceptar / rechazar	Aceptar / rechazar / redirigir a i
2	Aceptar / rechazar	Aceptar / rechazar / redirigir a i
...	...	...
N	Aceptar / rechazar	Aceptar / rechazar / redirigir a i

Tabla 1. Tabla de decisiones

Esta tabla se construirá a partir de otras que veremos en el apartado siguiente, y que dependen de las estimaciones de QoS, de las líneas disponibles en cada *gateway*, y de la tarificación de cada sucursal.

Cuando el agente recibe un INVITE de la PBX (Fig.3), con destino a un usuario de su sucursal, lo acepta o rechaza en función de la entrada de la tabla que corresponda a la sucursal origen. La llamada puede ser rechazada bien por falta de QoS, o bien por no estar disponible el usuario destino.

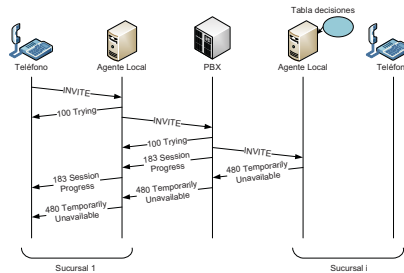


Fig. 3. Llamada entre sucursales rechazada

Si al agente local llega un INVITE de una llamada con destino al *gateway* y la tabla de decisiones indica *rechazar*, se enviará un mensaje SIP "480 Temporarily Unavailable" (Fig. 4), a la PBX. Ésta, según su plan de numeración, podrá acudir a otra sucursal que tenga tarifa económica para el destino de la llamada.

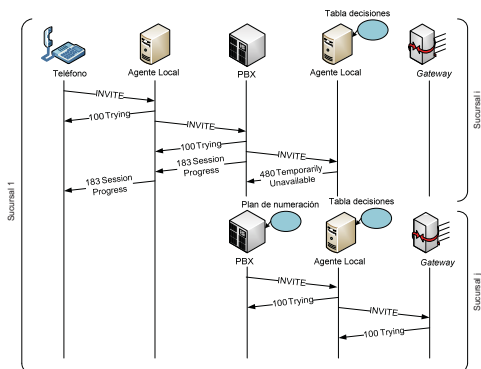


Fig. 4. La PBX intenta la llamada por el *gateway* de otra sucursal

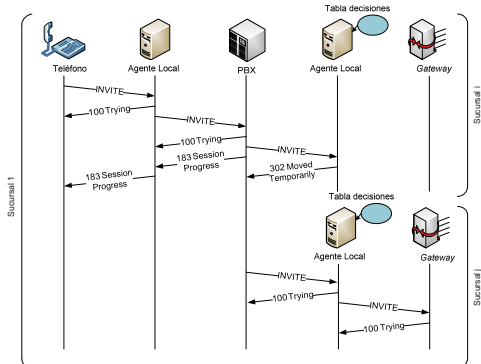


Fig. 5. Llamada redirigida de una sucursal a otra

Si la tabla de decisiones indica *redirigir*, el agente puede actuar también como *redirect server*, reencaminando la llamada a la sucursal por donde haya líneas libres para establecer la llamada (Fig. 5). El agente enviará un mensaje

del tipo 3XX, informando sobre la ruta alternativa, y entonces la PBX intenta la llamada al nuevo destino, sin necesidad de acudir a su plan de numeración.

### C. Tablas de control

Como hemos visto, la tabla de decisiones (Tabla 1) de cada agente se construye a partir de otras tablas en las que se refleja la QoS medida entre las distintas sucursales, la tarificación, así como las líneas totales y disponibles en cada *gateway*. Explicaremos ahora cada una:

1) Tabla de QoS (Tabla 2): En cada sucursal existirá una tabla con las estimaciones de cada parámetro de QoS. Los elementos de la diagonal no se definen, ya que representarían medidas dentro de una misma sucursal.

	Agente 1	Agente 2	...	Agente i
Agente 1	-	par 1 → 2	...	par 1 → i
Agente 2	par 2 → 1	-	...	par 2 → i
...	...	...	...	...
Agente i	par i → 1	par i → 2	...	-

Tabla 2. Tabla de QoS

2) Tabla de tarifas (Tabla 3): En cada campo se incluye el tipo de tarifa con varios niveles, representados por un número entero, correspondiente a una llamada desde el *gateway* de la red *i* hasta el país *j*.

	País 1	País 2	...	País j
Gateway 1	Tar 1 → 1	Tar 1 → 2	...	Tar 1 → j
Gateway 2	Tar 2 → 1	Tar 2 → 2	...	Tar 2 → j
...	...	...	...	...
Gateway i	Tar i → 1	Tar i → 2	...	Tar i → j

Tabla 3. Tabla de tarifas

3) Tabla de líneas de cada *gateway* (Tabla 4): Permite conocer la disponibilidad de líneas con RTC disponibles en cada sucursal.

	Total Líneas	Líneas Ocup.
Gateway 1	TL 1	LO 1
Gateway 2	TL 2	LO 2
...	...	...
Gateway i	TL i	LO i

Tabla 4. Tabla de líneas

En el caso de que cada agente conociera sólo los parámetros de su sucursal en relación con las demás, la Tabla 2 sería solamente un vector columna. La tabla de líneas (Tabla 3) quedaría reducida en ese caso a un contador del número de líneas libres en el *gateway* de la propia sucursal. Por tanto, no se compartiría información con el resto de sucursales sobre las medidas de QoS (Tabla 2), ni sobre el número de líneas ocupadas en el *gateway* (Tabla 4). La tabla de tarifas sí se podría tener entera en cada agente, puesto que su periodo de actualización será muy largo, del orden de días, semanas, meses, etc.

#### IV. PLATAFORMA DE PRUEBAS

Una vez definida la arquitectura del sistema, pasamos a detallar la plataforma de pruebas en la que lo hemos implementado. Se ha buscado un diseño que se adaptase bien al sistema de Telefonía IP, y lograrse emularlo con realismo, permitiendo pruebas y medidas con flexibilidad.

Para construir esta plataforma se podría recurrir a la simulación. Existen herramientas adecuadas, como OPNET o NS-2, pero no permiten el uso de las implementaciones concretas de los protocolos a utilizar en el entorno real.

También se podría construir la plataforma de pruebas con máquinas reales, pero supondría un coste muy elevado en equipos y elementos de red, dada la cantidad de dispositivos que integran el escenario.

Algunos estudios [9] han recurrido a la virtualización de varias máquinas en un único equipo físico, o en una pequeña red, para minimizar costes y optimizar el control del entorno de pruebas. Al virtualizar podemos disponer de un conjunto de máquinas, cada una con su sistema operativo, que se ejecutan sobre el *hardware* real de una sola máquina física. Es la solución que se ha elegido para el presente trabajo.

Dentro de los tipos de virtualización que se pueden distinguir, seleccionamos la solución de *paravirtualización* Xen, que permite una velocidad similar a la que se daría en un sistema no virtualizado [10].

La máquina utilizada tiene el Sistema Operativo CentOS 5. La versión del núcleo de Linux es la 2.6.18-8.1.15. Dispone de un procesador Core 2 Duo a 2.40 Ghz, 2MB de Cache nivel 2, y 4GB de RAM. Las máquinas virtuales tienen instalado también el Sistema Operativo CentOS 5. La versión de Xen instalada es la 3.03-25.0.4.

#### V. HERRAMIENTAS SOFTWARE UTILIZADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN

Los elementos que componen el escenario propuesto (PBX, *softphone*, *proxy* SIP, *gateway* VoIP) deben tener poca carga computacional, dado que se van a utilizar en un entorno de máquinas virtuales. Se usarán soluciones de *software* libre.

Para la PBX utilizamos la versión 1.6. de Asterisk, de Digium, que se está utilizando en muchos entornos por su flexibilidad, actualizaciones y por su distribución bajo licencia GNU-GPL. Se ha utilizado un plan de numeración que permite redirigir la llamada a otra sucursal en el caso de que no sea aceptada por el *gateway* seleccionado como primera opción. En ese caso, la llamada se intentaría establecer a través del *gateway* de otra sucursal del mismo país.

Necesitamos también un *proxy* SIP que tenga opciones de *redirect server*, y que se pueda programar para implementar de este modo las decisiones de CAC. Debe ser capaz de consultar información externa, en una base de datos. La solución elegida ha sido OpenSIPS, continuación del proyecto OpenSER.

Utilizamos el *softphone* PJSUA, que tiene poca carga computacional, y funciona por interfaz de comandos. Forma parte del proyecto PJSIP, que ofrece bajo licencia GPL el *software* de una pila SIP completa.

Por último, necesitamos una manera para emular los *gateway* de un sistema de Telefonía IP. Hay que tener en cuenta que en nuestra plataforma no disponemos de conexiones reales con RTC. La solución adoptada ha sido el uso de PJSUA, ya que dispone de la posibilidad de establecer varias llamadas simultáneas, limitando ese número al de líneas del *gateway* a emular. De esta manera, cuando se encuentren ocupadas todas las líneas, se considera que ese *gateway* está totalmente ocupado, y rechazará las llamadas.

#### VI. CONCLUSIONES

Hemos definido la arquitectura de un sistema CAC para Telefonía IP, que está basado en medidas de QoS y utiliza el protocolo SIP. Permite que las llamadas internacionales se realicen en dos tramos: uno a través de Internet hasta el país destino, y otro desde un *gateway* en ese país, hasta el usuario final. Las llamadas son aceptadas, rechazadas o redirigidas a otra sucursal, según las medidas de QoS, las tarifas y el número de líneas libres de cada *gateway*.

Finalmente, el sistema se ha implementado en una plataforma de pruebas basada en virtualización, buscando para ello el *software* adecuado de PBX, *proxy* SIP, *softphone* y *gateway*.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado gracias al proyecto RUBENS (*Rethinking the Use of Broadband access for Experience-optimized Networks and Services*) del cluster europeo EUREKA CELTIC (código EU-3187 CP5-020), y al proyecto TSI-020400-2008-020 del subprograma AVANZA I+D del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Queremos por último agradecer la colaboración de los estudiantes de Proyecto Fin de Carrera Laura Esteban y Adrián Rejas, que han ayudado en la implementación del sistema y en la realización de medidas.

#### REFERENCIAS

- [1] J. Yu, I. Al-Ajarmeh, "Call Admission Control and Traffic Engineering of VoIP", Second International Conference on Digital Telecommunications (IEEE ICDT'07).
- [2] P. Zave, "Understanding SIP through Model-Checking", Principles, Systems and Applications of IP Telecommunications. Services and Security Next Generation Networks: Second International Conference, IPTComm 2008, Heidelberg, Germany, jul 2008. pp 256 – 279.
- [3] S. Wang, Z. Mai, D. Xuan, W. Zhao, "Design and implementation of QoS-provisioning system for voice over IP," Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on , vol.17, no.3, pp. 276-288, Mar. 2006.
- [4] Y. Jiang, P. J. Emstad, V. Nicola, and A. Nevin. "Measurement-based admission control: A revisit". In 17th Nordic Teletraffic Seminar, 2004.
- [5] "SIP: Measurement-Based Call Admission Control for SIP", [http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12\\_2t/12\\_2t15/feature/guide/ftcacsip.pdf](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_2t/12_2t15/feature/guide/ftcacsip.pdf), última visita 3/2/2009.
- [6] "VoIP Call Admission Control", [http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/solutions\\_docs/voip\\_solutions/CAC.pdf](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/solutions_docs/voip_solutions/CAC.pdf), última visita 3/2/2009.
- [7] I. M. Ivars and G. Karlsson, "PBAC: Probe-Based Admission Control," *Proc. QoFIS 2001*, 2001, pp. 97–109.
- [8] C. Cetinkaya and E. Knightly, "Egress Admission Control", *Proc. IEEE INFOCOM 2000*, Marzo 2000.
- [9] J. Zhou, Z. Ji, R. Bagrodia, "TWINE: A Hybrid Emulation Testbed for Wireless Networks and Applications". *Proc. IEEE INFOCOM 2006*.
- [10] B. Quetier, V. Neri, F. Cappello, "Selecting A Virtualization System For Grid/P2P Large Scale Emulation", *Proc. of the Workshop on Experimental Grid testbeds for the assessment of large-scale distributed applications and tools (EXPGRID'06)*, París, Francia.