SMA aplicado a la gestión de tráfico de voz en LAN*[1]

[MAS applied to voice's traffic management at LAN]

Néstor Jaime CASTAÑO-PÉREZ[2], José Julián CARVAJAL-VARGAS[3]

Recibo: 20.08.2011 - Ajuste: 21.09.2011 - Ajuste: 25.11.2011 - Aprobación: 17.12.2011

Resumen

Este documento presenta la aplicación de un Sistema Multi-Agente (SMA) a la gestión de tráfico de Voz IP en una red de datos de área local (LAN) que no cuenta con equipos activos de alta gama. El SMA fue construido mediante la plataforma JADE (Java Agent DEvelopment), aplicando la metodología MAS CommonKads creando agentes y roles, así mismo, fue ejecutado en modalidad de simulación sobre la red de datos de la Universidad de Manizales, además el artículo presenta los resultados observados al ejecutar la simulación y las conclusiones que se derivan a partir del análisis de estos datos. Los valores registrados en la prueba se obtuvieron utilizando OPNET, un sistema especializado para simular llamadas IP.

Palabras Claves: *SMA Sistemas Multi-Agentes, VoIP, Gestión de Tráfico, LAN, Inteligencia Artificial.*

* Modelo para citación de este artículo científico:
CASTAÑO PÉREZ, Néstor Jaime y CARVAJAL VARGAS, José Julián (2011). SMA Aplicado a la Gestión de Tráfico de Voz en LAN. En: Ventana Informática. No. 25 (jul. – dic., 2011). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 111-127. ISSN: 0123-9678

1 Artículo proveniente del proyecto titulado Gestión de Tráfico, ejecutado en el período 2010-2011, en el marco investigativo en Telecomunicaciones de la Universidad de Manizales.

2 Ingeniero Electrónico; Especialista en Telecomunicaciones; Magister en Automatización Industrial. Docente, Universidad de Manizales, Manizales (Colombia). Correo electrónico: ncastano@umanizales.edu.co.

3 Ingeniero de Sistemas; Especialista en Gerencia de Proyectos. Docente, Universidad de Manizales, Manizales (Colombia). Correo electrónico: jucarva@umanizales.edu.co.

Abstract

This paper presents the application of Multi-Agent System (MAS) to the management of VoIP traffic in a data network (LAN) equipment that has no high-end assets. The SMA was constructed by the platform JADE (Java Agent Development), applying the methodology MAS CommonKads creating agents and roles, likewise, was executed in simulation mode on the data network at the University of Manizales, in addition the article presents the results observed to run the simulation and the conclusions derived from the analysis of these data. The values recorded in the test were obtained using OPNET, specialized software to simulate IP calls.

Keywords*: MAS Multi-Agent System, VoIP, Traffic Management, LAN, Artificial Intelligence.*

Introducción

Las redes de voz y datos vienen presentando un proceso acelerado de convergencia, la cual se presenta en las nuevas tecnologías de transmisión WAN (*Wide Area Network*) y LAN (*Local Area Network*), en este proceso surge la voz sobre IP conocida como VoIP, tecnología que viene reemplazando la telefonía convencional, según Wallingford (2005, 12).

Este trabajo propone que el tráfico de VoIP se gestione por un SMA (Sistema Multi Agente), donde servicios distribuidos como los *Web Services* y VoIP imponen grandes retos a los paradigmas de programación tradicionales (enfoque estructurado y programación orientada a objetos) como lo afirma Mosquera (2003, 145). Los SMA pueden considerarse como una forma de aplicación de la Inteligencia Artificial, la cual le permite a una máquina tomar decisiones de forma autónoma, y es allí donde radica la importancia de su aplicación en la administración de tráfico de datos sobre una LAN y corresponde al objeto de estudio del proyecto que origina este documento.

Muchas aplicaciones que requieren gestión en tiempo real están siendo abordadas con éxito por las metodologías de diseño de sistemas multi-agente, según lo considera Vlassis (2007, 8); esta idea la ratifican Bellifemine, Caire y Greenwood (2007, 29). Este proyecto se apoya en estas tesis y con la implementación de un SMA busca: - identificar las condiciones de la LAN, - controlar el acceso a los recursos de VoIP por parte de los usuarios de acuerdo a diferentes criterios de administración, y - evitar el congestionamiento y garantizar la estabilidad de la red.

Finalmente, este documento recopila los fundamentos teóricos para comprender el desarrollo de la metodología propuesta, la metodología, un caso de uso donde fue aplicada y los resultados que se obtuvieron al monitorear sus variables en ejecución.

1. Fundamento teórico

Cuando en una red no existen dispositivos y software que permitan mantener una gestión de tráfico diferenciado, los servicios que requieren funcionar en tiempo real, como la voz y el vídeo, entran a competir por el acceso al medio, con otros servicios tales como el correo electrónico, web y ftp con las mismas prioridades y como lo expone García y Widjaja (2003, 740), cuando a la red existente se le agrega el tráfico de VoIP, el desempeño de los aplicativos que requieren tiempo real, baja paulatinamente hasta llevar la calidad del servicio a niveles inaceptables para los usuarios.

El problema radica en, cómo plantear una metodología orientada a la implantación de servicios de VoIP utilizando un SMA para la gestión de tráfico, cuando la infraestructura de red existente no está diseñada para aplicaciones en tiempo real y se tienen equipos activos de red con características técnicas reducidas.

A continuación se presentan algunos conceptos teóricos claves para la comprensión general del documento.

1.1 Clúster de CallManager

Es una solución de CISCO para agrupar el servicio que pueden prestar los teléfonos IP en una compañía, como lo expone SoftNet Logicalis (2011, 1) se constituye en una solución escalable, distribuible y de alta disponibilidad, que permite concentrar de 1 a 30.000 teléfonos IP por grupo (clúster).

1.2 Direccionamiento IP

Consiste en una técnica para identificar un equipo que se encuentra conecta a una red. «*Cada dirección IP está dividida internamente en dos partes: un Id. de red y un Id. de host: El Id. de red, también conocido como dirección de red, identifica un único segmento de red dentro de un conjunto de redes (una red de redes) TCP/IP más grande*» (Microsoft, 2011a).

1.3 DomainNameSystem (DNS)

Este sistema permite convertir un nombre de dominio en una dirección IP, con el mismo objetivo que persigue el direccionamiento IP. «*El*

sistema de nombres de dominio (DNS) es el protocolo de resolución de nombres para redes TCP/IP, como Internet. Los servidores DNS hospedan la información que habilita los equipos cliente para resolver nombres DNS alfanuméricos fáciles de recordar en las direcciones IP que usan los equipos para comunicarse entre ellos» (Microsoft, 2011b). Por tanto, cuando un *DNS* toma la dirección http://www.umanizales.edu.co la convierte en http://201.228.3.222, es similar a la lista de contactos de un celular, en la cual es más fácil recordar el nombre del contacto que el número de su teléfono.

1.4 Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

Corresponde a un protocolo de comunicación que reduce la carga administrativa y complejidad de configuración que requiere una máquina conectada a una red basada en TCP/IP, como lo expone Microsoft (2011c).

1.5 Firewall

Plataforma de seguridad que busca establecer un control de acceso y salida de información entre los usuarios de un sistema. «*Un Firewall es un sistema (o conjunto de ellos) ubicado entre dos redes y que ejerce la una política de seguridad establecida. Es el mecanismo encargado de proteger una red confiable de una que no lo es (por ejemplo Internet)*» (Seguridad de la Información, 2009).

1.6 Gateway

Consiste en un mecanismo de comunicación entre una LAN e Internet, «*Gateway se refiere un software u ordenador ejecutando software que permite la comunicación entre dos redes.Usando un gateway Proxy Server, usted será capaz de proteger su red contra intrusos. El Gateway actúa como una barrera que le permitirá hacer peticiones a Internet y recibir información, pero no permitirá el acceso a su red de usuarios no autorizados.*» (Microsoft, 2011d).

1.7 Inteligencia Artificial (IA)

La definición del término es compleja, en la introducción del artículo se refiere a la capacidad que adquieren las máquinas para tomar decisiones de forma autónoma, sin embargo Russell y Norving (1996) compila un conjunto de definiciones que se exponen a continuación:

> *«"La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen… máquinas con mente, en su amplio sentido literal". (Haugeland, 1985), "[La automatización de] actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizajes…". (Bell-*

> *man, 1978), "El arte de crear máquinas con capacidad de realizar funciones que realizadas por personas requieren inteligencia". (Kurzweil, 1990), "El estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que, por el momento, lo humanos hacen mejor". (Rich y Knight), "El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales". (Charniak y McDermott)»* (Russell y Norving, 1996, p. 4-5).

1.8 Internetwork Packet Exchange (IPX)

Es un protocolo del modelo OSI cuyo propietario es Novell Netware, y sus principales características son: «*a) Es un protocolo no orientado a conexión, b) Emplea transmisión full-duplex, c) Envía mensajes, pero no garantiza que alcancen su destino, d) Utiliza sockets para distinguir los diferentes protocolos de nivel superior*» (Salaver, 2003, 64).

1.9 Local Area Network (LAN) o Redes de Área Local

Corresponden a las redes que se tienen como objeto de estudio en el presente proyecto, una definición muy apropiada es considerarlas como «*redes de propiedad privada que se encuentran en un solo edificio o en un campo de pocos kilómetros de longitud. Se utilizan ampliamente para conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas de una empresa y de fábricas para compartir recursos (por ejemplo, impresoras) e intercambiar información*» (Tanenbaum, 2003, 16).

1.10 Network AddressTranslation (NAT)

Este sistema le asigna una única dirección IP a una red completa, «*NAT es necesario cuando la cantidad de direcciones IP que nos haya asignado nuestro proveedor de Internet sea inferior a la cantidad de ordenadores que queramos que accedan a Internet*» (OpenBSD, 2011).

1.11 Sistema Multi-Agente (SMA)

Un sistema multiagente es una técnica de inteligencia artificial, donde a cada agente se le encarga una función específica y de allí tiene la posibilidad de comparar variables y tomar decisiones que afectan de forma autónoma el curso de acción de un proceso.

> *«The goal of multiagent systems' research is to nd methods that allow us to build complex systems composed of autonomous agents who, while operating on local knowledge and possessing only limited abilities, are nonetheless capable of enacting the desired global behaviors. We want to know how to take a description of what a system of agents should do and break it down into individual agent behaviors. At its most ambitious, multiagent systems aims at reverse-engineering emergent phenomena as typied by*

ant colonies, the economy, and the immune system. Multiagent systems approaches the problem using the well proven tools from game theory, Economics, and Biology. It supplements these with ideas and algorithms from artificial intelligence research, namely planning, reasoning methods, search methods, and machine learning» (Vidal, 2010, 9).

2. Metodología

Considerando los requerimientos del problema, es pertinente afirmar que el estudio se desarrolla sobre un modelo de investigación teórico práctico en el campo de los sistemas digitales de telecomunicaciones y el desarrollo del software.

2.1 Diseño del SMA

Mas (2005, 29) expone cómo enfrentar el desarrollo e implantación de un SMA lo que implica apropiarse de metodologías y herramientas que den solidez a la solución. Su implementación requiere el desarrollo de diferentes fases, para lo cual se ejecutan los siguientes pasos: Diseño a nivel del Dominio, Diseño a nivel del Agente, Diseño de Componente y Diseño del Sistema. Bordini et al. (2005, 41), plantea los pasos en el diseño a nivel del Dominio y define protocolos de coordinación.

En la implantación del servicio de VoIP deben plantearse preguntas claves como: «*¿Qué impacto en la calidad del servicio tendrá la inserción del tráfico IP?,¿Cuántas llamadas de voz se realizarán al día en la red?,¿Qué algoritmos de control de congestión de tráfico se deben utilizar?*» (Takanen y Thermos, 2007, 29).

Los pasos específicos de diseño a nivel de agentes, implican:

- Mapear las acciones identificadas en la conversación de los agentes a componentes internos.
- Definir estructuras de datos identificadas en la conversación de agentes (input/outputs de los agentes).
- Definir las estructuras de datos adicionales e internas al agente (representan los flujos de datos entre los componentes en la arquitectura).

En cuanto al nivel de diseño del sistema, implican:

- Seleccionar los tipos de agentes que son necesarios
- Determinar el número de agentes requeridos para cada tipo
- Definir la ubicación física o dirección de los agentes y los tipos de conversaciones que los agentes serán capaces de mantener.

En el proyecto se definen las delimitaciones de la metodología enfocadas desde la orientación, requerimientos y funcionalidad. La metodología está orientada a:

- Segmentar el tráfico
- Proporcionar un direccionamiento IP adecuado
- Dimensionar la capacidad de tráfico de una LAN existente
- Implantar un Sistema Multi-Agente que de estabilidad a la transmisión de VoIP en los momentos de congestión de la red.

2.2 Requerimientos

Una LAN existente, Software de VoIP, Software para análisis de tráfico como Ethereal, Software para simulación de redes OPNET, Plataforma de desarrollo JADE, *Firewall* como *Netlimiter*.

2.3 Contexto funcional

- Los equipos activos de red *switches* y *routers* pueden ser administrables o no administrables, con o sin priorización de tráfico.
- Esta metodología es para la implantación de VoIP en una LAN, con técnica de acceso al medio CSMA/CD y cableado estructurado categoría 5, 5e, 6 de acuerdo a los estándares de cableado de la EIA/TIA.
- La gestión de tráfico del sistema multi-agente es sobre los computadores de la red y no sobre los teléfonos IP o los equipos activos.
- Los cambios de topología de la red son requerimientos funcionales de la metodología.
- La metodología está orientada a la gestión de tráfico de VoIP y no plantea políticas de seguridad informática.
- Es independiente del tipo de codificación de VoIP.
- Los computadores pueden tener un sistema operativo Windows XP o Linux.

La metodología basada en lo planteado por Salah (2006, 1044) se organiza en tres fases, la primera es la recopilación de información de la red, la simulación y el rediseño de la topología, la segunda es el dimensionamiento de las capacidades de la red para transportar VoIP y en tercer lugar la implantación del sistema multi-agente.

En la figura 1, se presenta el diagrama de flujo propuesto para la implementación de la metodología. A continuación se realiza una breve descripción de los pasos de sugeridos y se hace énfasis especial en la implantación del sistema multi-agente.

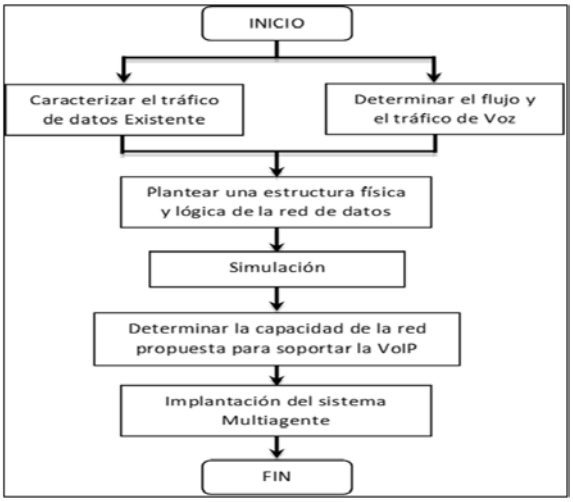

Figura 1. Metodología para la implantación de VoIP controlada por SMA.

2.4 Fases de la metodología

El proyecto busca definir una metodología que contempla siete fases orientadas a replantear la topología lógica y física de una LAN, privilegiando el balanceo en el tráfico de voz y datos, además dela sectorización de las acciones de monitoreo y control que ejecutará el sistema multi-agente.

2.4.1 Evaluación y documentación de la infraestructura de datos existente. Se requiere evaluar la infraestructura de la red de datos existente, teniendo en cuenta los siguientes términos:

- Nuevos requerimientos de desempeño de voz.
- Requerimientos de disponibilidad.
- Capacidad potencial de la red y cálculo del impacto de la inserción de VoIP.
- SMA Aplicado a la Gestión de Tráfico de Voz en LAN.

El análisis de la infraestructura determina los problemas de ancho de banda que pueden afectar la calidad y disponibilidad de VoIP. Para realizarlo, se utilizan los procedimientos planteados por Cioara (2006), y se evalúa el plan de direccionamiento IP, la ubicación de los servidores *TFTP* (*Trivial File Transfer Protocol*), *DNS* (*Domain Name System*), *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*), *firewalls*, *NAT gateways* (*Network Address Translation*) y *PAT* (*Port Address Translation*) *gateways*, la ubicación de *gateway* y clústeres de *CallManager*, la implementación de protocolos, incluyendo enrutamiento IP, *Spanning Tree*, *VTP*, *IPX* y protocolos IBM, el análisis de dispositivos, incluyen-

do versiones de software, módulos, puertos, velocidades e interfaces, el tráfico de datos característico generado por los equipos, el tipo de conexión telefónica planta digital, análoga o sistema híbridos y las características técnicas de la planta.

2.4.2 Determinación del flujo y la distribución del tráfico de VoIP. En este punto existen dos variables a medir la cantidad de tráfico generado por cada usuario y el flujo del mismo. Si la planta telefónica existente lo permite, se podrá extraer de esta la información necesaria, de lo contrario se debe obtener la información de forma manual utilizando técnicas de recolección estadística.

Una vez se obtiene el sentido de flujo de tráfico de VoIP, éste se utiliza para realizar otra simulación y determinar de nuevo cuáles son los equipos activos de red que presentan mayor congestión y con esta información, se procede a realizar un replanteamiento de la topología, sí es necesario. Como requisito para la implantación del Sistema Multi-Agente se requiere construir una infraestructura LAN utilizando un modelo de acceso, distribución y núcleo jerárquico, comúnmente conocida como una topología de red en estrella que se muestra en la figura 2.

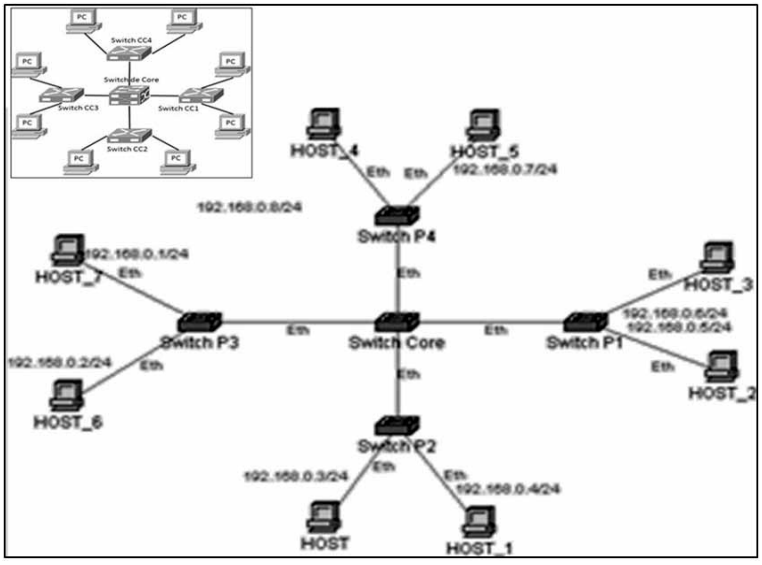

Figura 2. Topología de la red de datos

Esta topología tiene ventajas, que expone Stallings (2001), y en el caso concreto de la implementación del *SMA*, presenta una muy importante, como lo es la segmentación física y lógica de la acción de control. En caso de existir una llamada de VoIP de *Host* 2 al *Host* 7 y producirse una

congestión es fácil determinar que la acción de control debe realizarse sobre equipos que estén conectados en el *Switch* P1 y en el *Switch* P3. La forma en que se produce esta acción de control se explicará con más detalle en la arquitectura.

2.4.3 Ubicación de servidores y Gateways. Una vez se establece el mapa de la topología, se le debe adicionar la ubicación de los servidores *TFTP*, *DNS*, *DHCP*, *Firewalls* y *Gateways*. La ubicación topológica de los equipos, expuesta por Huidobro y Roldán (2003, 112), busca balancear las cargas de tráfico en la red, la infraestructura existente de datos orienta su carga primordialmente a la granja de servidores y ubicar el *gateway* para el tráfico de voz en el mismo *switch* produciría un desbalance en el tráfico de la red, por tanto, es importante ubicar los servidores DNS, DHCP, correo y web en un switch diferente al que se conecta el Gateway de Voz y el *CallManager*, sí el tamaño de la red los admite el *Gateway* y el CallManager deben estar en *switches* diferentes, pero no en la granja de servidores como se muestra en la figura 3.

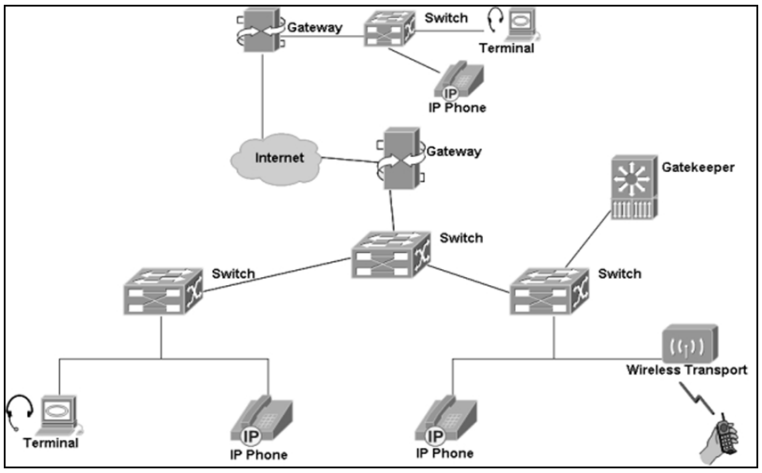

Figura 3. Arquitectura Básica de un Sistema de VoIP

2.4.4 Plan de direccionamiento IP. El plan de direccionamiento IP es expuesto por Huidobro y Millán (2008, 124), y en forma adicional se propone considerar con respecto al direccionamiento IP:

- Escalabilidad de enrutamiento con la telefonía IP.
- Reserva de espacio para teléfonos en las subredes IP.
- Funcionalidad de DHCP con direccionamiento secundario.
- Sobreposición se subredes IP.
- Direccionamiento IP duplicado.

2.4.5 Cálculo del número de llamadas. Para realizar el cálculo del número de llamadas VoIP que soporta el sistema es necesario obtener información sobre los elementos activos de la red, la mayoría de los datos necesarios pueden ser obtenidos utilizando un SNMP (*Simple Network Management Protocol*). En caso de no contar con esta opción, es posible realizar una simulación utilizando OPNET, tomando como referencia la información en la caracterización de la red.

2.4.6 Instalación y configuración del SMA. La arquitectura propuesta, tiene como finalidad la distribución de los agentes de control de red, con el fin de reducir los tiempos de ejecución de las acciones de control. En la figura 4 se muestra un prototipo de la distribución.

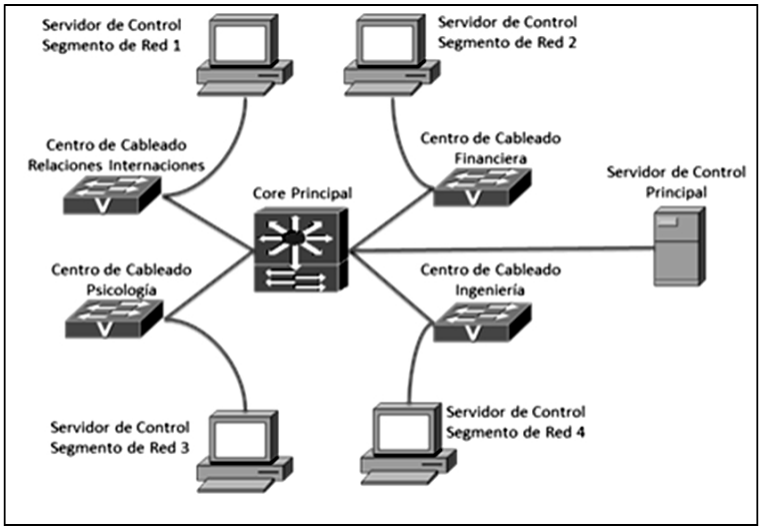

Figura 4. Arquitectura Topológica del Sistema Multi-Agente

2.4.7 Sistema Multi-Agente. A continuación se presenta los diferentes agentes que componen el SMA y sus funciones. De igual manera, en la figura 5, se presentan las interacciones del Sistema Multi-Agente.

• **Estructura interna del sistema.** El usuario puede, administrar y parametrizar el sistema (permisos, límite de llamadas) o intervenir en una llamada (marcar o contestar). Se encarga de administrar el sistema, establecer permisos y determinar el número de llamadas de VoIP permitidas por el sistema con los datos arrojados por el dimensionamiento de la capacidad de la red, además define la topología y el direccionamiento.

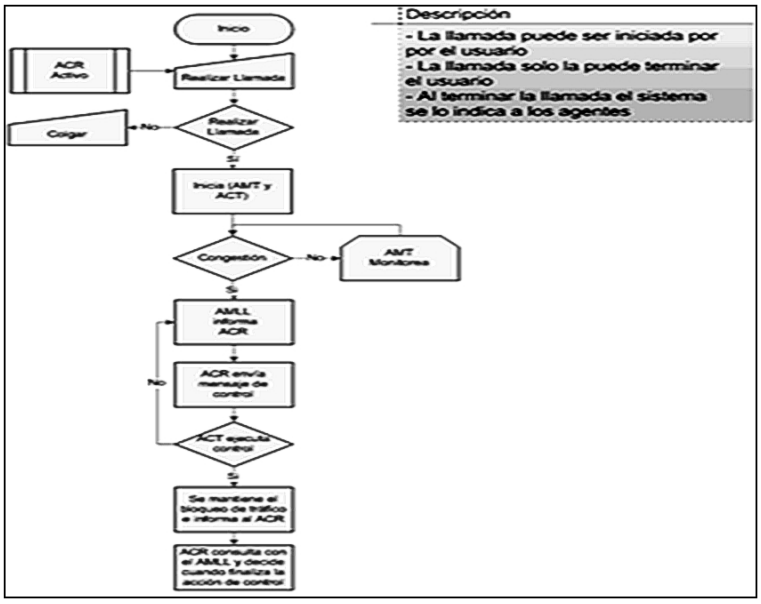

Figura 5. Diagrama de Control

• **Equipo.** Contiene el software de VoIP, a través del cual se va a realizar la llamada. Puede estar ejecutando otras tareas que consuman recursos de red. En él se encuentran instalados los agentes. Existen dos tipos de equipos, uno el de uso normal y el otro el de control de la red, cuyas funciones consisten en permitir la ejecución del software de VoIP para realizar las llamadas y realizar las tareas de control de la red, si este cuenta con un *ACT*.

• **Agente de monitoreo de tráfico**. Actúa como un *sniffer* capturando el tráfico que pasa por la NIC (*Network Interface Card*) para determinar su tipo y procesarlo. Dentro de la simulación el agente recibirá una copia del tráfico enviado de parte del equipo donde se encuentra instalado para poder analizarlo. Sus funciones consisten en que el agente inicialmente supervisa el tráfico entrante y saliente de la NIC, cuando detecta el tráfico, autentica el tipo y el número de bits para determinar el uso común del equipo y se lo informa al agente de control, al detectar tráfico de una llamada VoIP determina si es entrante o saliente, es decir sí el equipo donde se encuentra hace la llamada o la recibe, reporta la estadística del sistema al agente de monitoreo de llamada y también reporta sí se está realizando una llamada y sí ésta es entrante o saliente, cuando detecta una llamada le reporta el equipo origen y el destino al agente de control de tráfico.

• **Agente de monitoreo de llamada**. Se encarga de mantener información acerca de la llamada de VoIP para determinar el funcionamiento de la misma, verifica el retardo que puede ser perjudicial para la fluidez. Las funciones que cumple se resumen en que el monitor de tráfico indica cuando se han enviado o recibido paquetes de VoIP para que este determine el retardo, sí el retardo se mantiene dentro de los límites permitidos se mantiene a la expectativa y mantiene estadísticas de la comunicación, cuando el retardo se acerca al límite y la tendencia es a aumentar lo reporta al agente de control de red.

• **Agente de control de tráfico.** Maneja la NIC de acuerdo con la información que le sea enviada desde el control de la red, sí se le indica que el equipo está causando congestión, éste disminuye el tráfico de baja prioridad. Como funciones, se mantiene expectante a lo que le reporte el agente de control de tráfico, sí el agente de control de red le indica que es necesario bajar la cantidad de tráfico generado, este baja la tasa de transferencia en este equipo de acuerdo a las prioridades que tenga.

• **Agente de control de la red.** Se encarga de recolectar la información acerca del uso de los equipos originados por los agentes de control. Además es el encargado de ejercer las funciones de control de la red a partir de dicha información, porque al recibir un reporte de congestión, éste determina que equipos no son prioritarios dentro de las redes afectadas y les indica a sus agentes de control de tráfico que disminuyan el uso de recursos.

Tiene como función, cuando inicia, esperar la información estadística proveniente de los agentes de monitoreo de tráfico, permite establecer la llamada de VoIP, ya que el software de VoIP le consulta antes de lanzar una llamada acerca del estado de la red, recibe de los agentes de monitoreo de llamada la información cuando hay una en progreso, dos agentes le indican esto, siendo uno el del equipo que marca y el otro el del equipo que contesta, con esta información el agente sabe ya a qué segmento de red pertenece cada uno, sí los monitores de llamada le reportan retardo en algún caso, el equipo mira en su base de datos cuál es la utilización de los equipos en cada red y de acuerdo a las prioridades determine qué equipo o equipos deben disminuir su tráfico y le informa al agente de control de tráfico de dichos equipos, cuando ambos agentes de monitoreo de llamada le informan que la llamada ha finalizado le avisa a los agentes de control de tráfico de los PC, en los que hubiese sido necesario disminuir el tráfico para que puedan restituirlo a niveles normales.

3. Resultados y discusión

3.1 Descripción de resultados

La simulación se realizó en un segmento de red de la Universidad de Manizales, específicamente en el centro de cableado de la Facultad de Ciencias e Ingeniería. La figura 8, muestra la arquitectura del segmento.

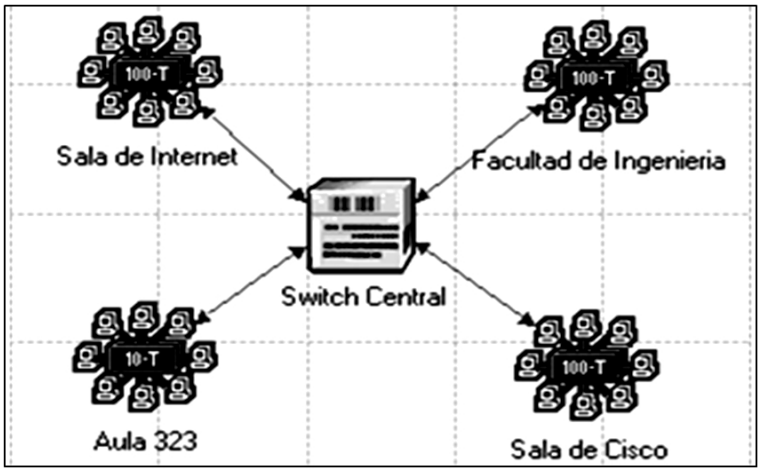

Figura 8. Red de datos experimental

Con el fin de propiciar la congestión, se conectaron 13 equipos a un *Hub* de 10 *Mbps*, y se iniciaron descargas de Internet y de Intranet, se limitó el tiempo de retardo a 30 milisegundos como máximo, para poder alcanzarlo en el entorno experimental. Se tomaron datos durante 10 segundos. Para cada segundo se seleccionó el tiempo máximo de retardo entre dos paquetes de VoIP, mediante el uso de Asterisk como software de VoIP y se midieron las comunicaciones punto a punto, utilizando *Ethereal*.

En la tabla 1, se muestran los tiempos de retardo de una llamada de VoIP, tomados en un computador durante 10 minutos, con el Sistema Multi-Agente inactivo, donde ocurrió un retardo máximo de 72.71 milisegundos y 39.77 milisegundos como promedio del retardo. De igual manera, presenta los retardos cuando se activó el SMA, notándose un retardo máximo de 41,84 milisegundos, uno mínimo de 11,01 milisegundos y en promedio el retardo establecido fue de 23,82 milisegundos.

Tabla 1. Comportamiento del retardo de las llamadas de VoIP sin SMA y con SMA

Muestra	Tiempo de Retardo en segundos	
	Sin SMA	Con SMA
1	0,00123	0,01201
2	0,07271	0,01822
3	0,04381	0,02410
4	0,04451	0,04101
5	0,05541	0,02021
6	0,01784	0,04184
7	0,02932	0,03141
8	0,04244	0,02003
9	0,05401	0,01843
10	0,02532	0,01101

3.2 Discusión de resultados

El pico de la 41,84 ms ocurrió en el momento que Sistema Multi-Agente entró en funcionamiento, posteriormente se redujo el tráfico en el equipo donde se realizó las mediciones. Como se puede apreciar en el instante que el sistema SMA entra en funcionamiento se produce un pico no deseado el cual puede ser tolerado dentro de los límites subjetivos esperados para la calidad del servicio.

En la simulación realizada para este proyecto se logró mantener el retardo de la comunicación de VoIP, dentro de los parámetros establecidos en los momentos de congestión de la red. Con los datos arrojados por esta simulación se puede observar una diferencia de 16 milisegundos en promedio, esto significa que al aplicar el SMA al modelo, el tiempo de retardo se reduce hasta en un 40,1%, generando un valor agregado en eficiencia a los dispositivos de red utilizados.

Se estableció una propuesta de metodología para la implantación de VoIP en una LAN utilizando Sistemas Multi-Agente, basada en la caracterización del tráfico existente en la red, una simulación de carga y la metodología de diseño de agentes MAS *CommonKads*. Esta propuesta de metodología debe comprobarse mediante su aplicación en otras simulaciones donde se pueda estudiar que sucede reemplazando la simulación de carga por carga real, y aplicándola en entornos similares, donde se usen equipos activos de baja gama.

4. Conclusiones

- La metodología propuesta permite implantar un SMA sobre una LAN con equipos activos de baja gama y delegar bajo el concepto

responsabilidad automatizada el realizar una gestión adecuada para el tráfico de VoIP.

- Al ejecutar la gestión para el tráfico de VoIP con un SMA sobre una LAN con equipos activos de baja gama, se obtiene una mejora relevante al problema de retardo, por tanto, con este proyecto se logra establecer una solución que mejora la eficiencia en este aspecto hasta en un 40,1% frente a no gestionarlo mediante software.
- De este proyecto se pueden derivar nuevos subproyectos, cuyos objetivos conduzcan a: - analizar las vulnerabilidades que producen los permisos que se otorgan a los agentes sobre las estaciones de trabajo, - utilizar los SMA para controlar los dispositivos activos de red que posean SNMP, - diseñar un sistema que aplique políticas de gestión de tráfico en tiempo real, como un manejador de descargas, - desarrollar un software que permita escribir sobre paquetes creados por otros aplicativos, y - analizar la aplicación del SMA a la transmisión de video.

Bibliografía

3CX (2011). Software based PBX for Windows [on line]. Atlanta (Georgia, USA): 3CX Ltd. <http://www.3cx.es/voip-pbx/index.html?gclid=CISisf2K0qoCFQ9S7A odmCHw1A> [consult: 21/07/2011].

ADSLFAQS (2007). ¿Qué es PAT (Port Address Translation)? [en línea]. San Telmo (Buenos Aires, Argentina): ADSLfaqs <http://www.adslfaqs.com.ar/que-es-pat-port-address-translation/> [consulta: 21/07/2011].

BELLIFEMINE, Fabio Luigi; CAIRE, Giovanni and GREENWOOD, Dominic (2007). Developing Multi-Agent Systems with JADE. Southern Gate (Chichester, UK): Wiley. 300 p. ISBN: 978-0470057476.

BORDINI, Rafael H.; DASTANI, Mehdi; DIX, Jürgen and SEGHROUCHNI, Amal El Fallah (ed.) (2005). Multi-Agent Programming: Languages, Platforms and Applications. Columbia (New York, USA). 296 p. ISBN: 13: 978-0387245683

BREKEKE SOFTWARE (2011). Brekeke SIP Server - SIP Proxy, Registrar Server [on line]. San Mateo (USA): Brekeke Software, Inc. <http://www.brekeke.com/sip/> [consult: 21/07/2011].

CIOARA, Jeremy (2006). CISCO IP Telephony (CIPT), 2 ed. Indianapolis (Indiana, USA): Cisco Press. 912 p. ISBN: 978-1587052613.

DIGIUM (2010). Open Source Communications [on line]. Huntsville (Alabama, USA): DIGIUM. <http://www.asterisk.org/home> [consult: 21/07/2011].

ETHEREAL (2007). Network professionals around the world for troubleshooting, analysis, software and protocol development, and education [on line]. Bainbridge Island (Washington, USA): OPNET. <http://www.ethereal.com/> [consult: 24/07/2011].

GARCÍA, Alberto León y WIDJAJA, Indra. (2003). Redes de Comunicación: Conceptos Fundamentales y Arquitecturas Básicas. McGraw-Hill. 2 ed. p. 740-745. ISBN-13: 978-0071198486.

HUIDOBRO MOYA, José Manuel y ROLDÁN MARTÍNEZ, David (2003). Integración de voz y datos: Call centers, tecnología y aplicaciones. México (México): McGraw-Hill.389 p. ISBN: 978-8448138509.

HUIDOBRO MOYA, José Manuel. (2007). Redes de datos y convergencia IP. México (México): Alfaomega. 364 p. ISBN-13: 978-9701512784.

IBERCOM (2006). ¿Qué es PBX? [en línea]. Madrid (España): World Wide Web Ibercom, <https://www.ibercom.com/soporte/index.php?_m=knowledgebase&_a=viewarticle&kbarticleid=86> [consulta: 21/07/2011].

JADE (2011). JADE (Java Agent DEvelopment Framework) [on line]. Roma (Italy): JADE. <http://jade.tilab.com/> [consult: 21/07/2011].

LOCKTIME SOFTWARE (2008). NetLimiter - Ultimate Bandwidth Shaper [on line]. Praha (CZ): Locktime Software s.r.o. <http://www.netlimiter.com/> [consult: 21/07/2011].

MAS, Ana (2005). Agentes Software y Sistemas Multi-Agente: Conceptos, Arquitecturas y Aplicaciones. Madrid (España): Pearson. 285 p. ISBN: 9788420543673

MICROSOFT (2011a). Direccionamiento IP [en línea]. Redmond (Washington, EUA): Microsoft Corporation. <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc787434(WS.10).aspx> [consulta: 21/07/2011].

MICROSOFT (2011b). DNS [on line]. Redmond (Washington, USA): Microsoft Corporation. <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc730921(WS.10).aspx> [consult: 21/07/2011].

MICROSOFT (2011c). DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) [on line]. Redmond (Washington, USA): Microsoft Corporation. <http://www.microsoft.com/spain/windowsserver2003/technologies/dhcp/default.asp> [consult: 21/07/2011].

MICROSOFT (2011d). ¿Qué es Microsoft Proxy Server? [en línea]. Redmond (Washington, EUA): Microsoft Corporation. <http://support.microsoft.com/kb/550559/es>. [consulta: 21/07/2011].

MOSQUERA, Celestino (2003). Análisis y Estudio Experimental de Herramientas Basadas en Agentes. Proyecto Final de Carrera (Ingeniero Técnico Informático). Universidad de Coruña.

OPENBSD. (2011). PF: Traducción de Direcciones de Red (NAT). [en línea].Calgary (Alberta, Canadá): OpenBSD <http://www.openbsd.org/faq/pf/es/nat.html> [consulta: 21/07/2011].

OPNET TECHNOLOGIES (2011). AppResponseXpert appliance-based solution that monitors and analyzes end-user experience for all levels of transactions [on line]. Bethesda (Maryland, EUA): OPNET. <http://www.opnet.com/solutions/application_performance/appresponse-xpert.html>. [consult: 21/07/2011].

RUSSELL, Stuart; y NORVIG, Peter (1996). Inteligencia Artificial Un enfoque moderno. Neucalpan de Juárez (México): Prentice Hall. ISBN: 968-880682X

SALAH, Khaled (2006). On the deployment of VoIP in Ethernet networks: methodology and case study [on line]. Dhahran (Saudi Arabia): Department of Information and Computer Science, King Fahd University of Petroleum and Minerals. p. 1039–1054. <http://faculty.kfupm.edu.sa/ics/salah/voiptool/papers/ComComm.pdf> [consult: 20/07/2011]

SALAVER C., Antonio (2003). Los protocolos en las redes de ordenadores. Barcelona (España): Edicions UPC (Editorial de la Universitat Politècnica de Catalunya). ISBN: 8483017482.

SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN (2009). Firewall / Cortafuegos [en línea]. Buenos Aires (Argentina): Segu-Info. <http://www.segu-info.com.ar/firewall/firewall.htm> [consulta: 21/07/2011].

SOFTNET LOGICALIS (2004). CISCO CallManager Versión 4.1 [en línea]. Santiago (Chile): CISCO. <http://uc.la.logicalis.com/images/callmanager.pdf> [consulta: 24/07/2011].

STALLINGS, William (2001). Comunicaciones y redes de computadores. Madrid (España): Prentice Hall. 904 p. ISBN: 978-8420529868.

TAKANEN, Ari and THERMOS, Peter (2007). Securing VoIP Networks: Threats, Vulnerabilities, and Countermeasures. Indianapolis (Indiana, USA): Addison-Wesley Professional 384 p. ISBN: 978-0321437341.

TANENBAUM, Andrew S. (2003). Redes de computadoras, 4 ed. Madrid (España): Pearson Prentice Hall. 912 p. ISBN-13: 978-9702601623.

VIDAL, José M. (2007). Fundamentals of Multiagent Systems with NetLogo Examples [on line]. Columbia (USA): José M. Vidal - CSCE 782: Multiagent Systems at the University of South Carolina <http://jmvidal.cse.sc.edu/papers/mas.pdf> <http://multiagent.com/2009/03/fundamentals-of-multiagent-systems.html#!/2009/03/fundamentals-of-multiagent-systems.html> [consult: 24/07/2011].

VLASSIS, Nikos (2007). A concise introduction to multiagent systems and distributed artificial intelligence. San Rafael (CA, USA): Morgan & Claypool Publishers. 84 p. ISBN: 978-1598295269.

WALLINGFORD, Theodore (2005). Switching to VoIP. New York (USA): O'Reilly Media. 504 p. ISBN: 978-0596008680.