

Comunicación de Datos 2

Trabajo Final
Implementación del protocolo IGMP en KivaNS



Clarisa Gallardo
Mauro Sebastián Melzi
Néstor de Dios

ÍNDICE

Introducción	3
Descripción del protocolo IGMPv2	3
El simulador KivaNS	4
Extensiones al simulador KivaNS	6
Implementación del protocolo IGMP	7
Modificaciones en la interfaz gráfica	9
Conclusiones	14
Anexo: Descripción de los ejemplos	15
Ejemplo 1	15
Ejemplo 2	16
Ejemplo 3	16
Ejemplo 4	18
Ejemplo 5	19

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se realizó la implementación del protocolo IGMPv2 en el simulador KivaNS.

Para comenzar, se describirá el protocolo implementado tal como aparece en la norma RFC2236. La misma se utilizó como fuente para el desarrollo del trabajo.

Luego, se presentará el simulador KivaNS versión 1.1, exponiendo sus características principales. Las mismas incluyen el núcleo, la API de programación y la interfaz gráfica.

Seguidamente, se muestran las extensiones realizadas al simulador para que sea posible realizar una simulación más rica, punto que es de vital importancia para poder apreciar el funcionamiento del protocolo implementado.

A continuación se expone la parte más importante de este trabajo, o sea, la implementación del protocolo IGMP. La misma consistió de la creación de un nuevo tipo de modulo especializado para la interpretación de este protocolo y un nuevo tipo de mensaje que es el que se intercambian entre las instancias de este nuevo modulo en distintos equipos.

Por último, se detallan las modificaciones realizadas sobre la interfaz gráfica del simulador para adaptarlo a las nuevas características agregadas al núcleo.

Adicionalmente, se provee de una batería de ejemplos que demuestran el funcionamiento del protocolo.

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO IGMPV2

Los routers multicast utilizan el protocolo IGMP para determinar que grupos tienen miembros en cada una de sus redes. Ellos, mantienen una lista de membrecías a grupos de difusión para cada una de sus redes y una timer para cada una de éstas. Dichas membrecías significan la presencia de al menos un miembro de un grupo de difusión en una de sus redes en particular y no la lista de todos los miembros en esa red.

En cada una de sus redes, un router multicast puede asumir uno de los siguientes roles: Querier o Non-Querier. Normalmente hay solo un router cumpliendo el rol de Querier por cada red.

Todos los routers multicast comienzan como Querier en todas sus redes cuando se inician. Si recibe un "Query message" de un router con una dirección IP más baja, debe dejar de ser Querier y convertirse en Non-Querier para esa red. Si estando en el rol de Non-Querier, no recibe un "Query message" de otro router durante un período de [Other Querier Present Interval], asumirá el rol de Querier.

Los routers multicast periódicamente (cada [Query Interval]) enviarán un query general en cada una de sus redes para las cuales cumple el rol de Querier, para solicitar informes de membrecía a grupos de difusión. Cuando se inicia, el router debe enviar la cantidad de [Startup Query Count] de queries generales, cada una a un tiempo de [Startup Query Interval] de distancia, para determinar de forma rápida y confiable la información sobre las membrecías. Un query general es dirigido al grupo que incluye todos los sistemas (224.0.0.1), posee el campo de dirección de grupo como 0.0.0.0 y un tiempo máximo de respuesta de [Query Response Interval].

Cuando un host recibe uno de los queries generales, prepara un timer para cada uno de los grupos a los que está suscripto (excepto para el grupo de todos los sistemas) en la interfaz por donde recibió el query. Cada

uno de esos timers es configurado con un valor aleatorio diferente, utilizando el máximo nivel de granularidad del reloj disponible en ese host, dentro del rango (0, Max Response Time], con el “Max Response Time” especificado en el query.

Cuando un host recibe un query específico para n grupo, configura un timer con un valor aleatorio similar al utilizado para los queries generales para el grupo sobre el cual fue consultado, si es miembro de éste en la interfaz por la cual recibió el query. Si ya existe un timer para ese grupo, debe ser reiniciado solo si el nuevo valor del timer es menor que el que posee actualmente. Cuando el timer expira, el host envía un “versión 2 Membership Report” para el grupo, con el tiempo de vida con el valor 1. Si el host recibe un reporte de otro host mientras el timer aun está corriendo, detiene el timer para ese grupo específico y no envía el reporte, con el fin de eliminar los reportes duplicados.

Cuando un router recibe un reporte, agrega el grupo reportado a la lista de membrecías de grupos de difusión para la interfaz por la cual recibió el reporte y configura un timer para esa membrecía de [Group Membership Interval]. Reportes repetidos para ese grupo reiniciarán el timer. Si, por el contrario, no se reciben reportes para un grupo en particular antes de que el timer expire, el router asumirá que el grupo no posee más miembros y que no necesita continuar reenviando mensajes multicast remotos para ese grupo de difusión en dicha red.

Cuando un host desea unirse a un grupo multicast, enviará un reporte de membrecía no solicitado para el grupo de difusión al que se suscribe de manera inmediata. Para minimizar las posibilidades de que este reporte inicial se pierda o dañe, es recomendable que se repita el envío una o dos veces, con una diferencia de tiempo de [Unsolicited Report Interval].

Cuando un host desea dejar un grupo de difusión, si fue el último en responder a un Query con un “Membership Report” para ese grupo, debe enviar un “Leave Group Message” al grupo de todos los routers multicast (224.0.0.2). Si no fue el último en responder el Query, no debe enviarlo, debido a que debe haber otro miembro del grupo de difusión en la subred. Esta es una optimización para reducir el tráfico.

Cuando un Querier recibe un mensaje de “Leave Group” para un grupo de difusión que tiene miembros en la interfaz por la cual lo recibió, envía la cantidad de [Last Member Query Count] Queries específicos cada [Last Member Query Interval] para el grupo que se está dejando. Estos Queries poseen el tiempo máximo de respuesta como [Last Member Query Interval]. Si el router no recibe reportes después de que el tiempo de respuesta del último Query expira, el router asume que el grupo no posee más miembros en la subred. Las transiciones de Querier a Non-Querier son ignoradas durante este período, el mismo router envía estos Queries específicos.

Los routers multicast que cumplen el rol de Non-Querier, deben ignorar los mensajes de “Leave Group”. Cuando reciben un Query específico para un grupo, si poseen un timer para la membrecía de ese grupo en esa subred que es mayor que [Last Member Query Count] multiplicado por el tiempo de respuesta del mensaje, deben configurar el timer al nuevo valor.

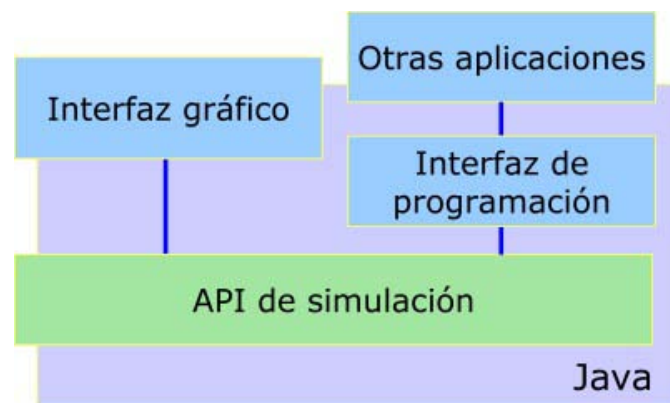
EL SIMULADOR KIVANS

KivaNS (Kiva Network Simulator) es una aplicación gratuita y de código abierto basada en Java para especificar esquemas de redes de datos y simular el enrutamiento de paquetes a través de esas redes. Está orientado principalmente a simular el comportamiento del protocolo IP y especialmente el tratamiento de los datagramas y el enrutamiento de los mismos por una red. Para ello KivaNS también considera el

funcionamiento de protocolos auxiliares como ARP e ICMP, y emula el funcionamiento básico de tecnologías de enlace como Ethernet.

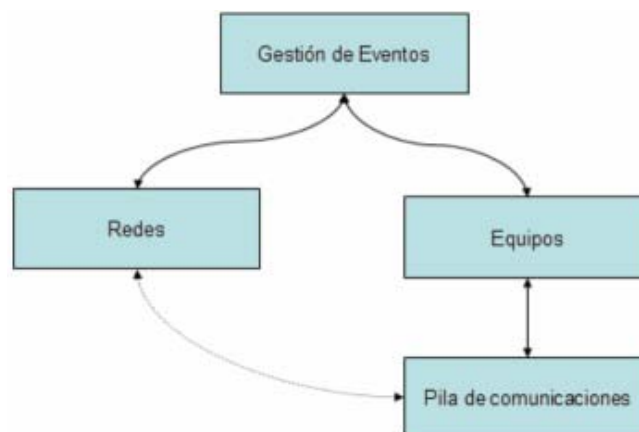
El objetivo principal del entorno es ayudar a diseñar y comprender el funcionamiento de redes de datos, y en especial el enrutamiento de paquetes en la arquitectura TCP/IP, sin necesidad de una infraestructura real y de herramientas de análisis de tráfico. KivaNS también es capaz de simular distintos tipos de errores en el funcionamiento de las redes, como la pérdida de paquetes o fallos en tablas de enrutamiento.

Se compone de dos partes, enteramente implementadas con Java. La primera es una API (Application Programming Interface) que ofrece un motor de simulación de redes a otras aplicaciones, y la segunda es una completa interfaz gráfica que hace uso del API de simulación. Dado que todo el entorno está realizado con Java, funciona en múltiples sistemas operativos, como pueden ser GNU/Linux o Microsoft Windows.



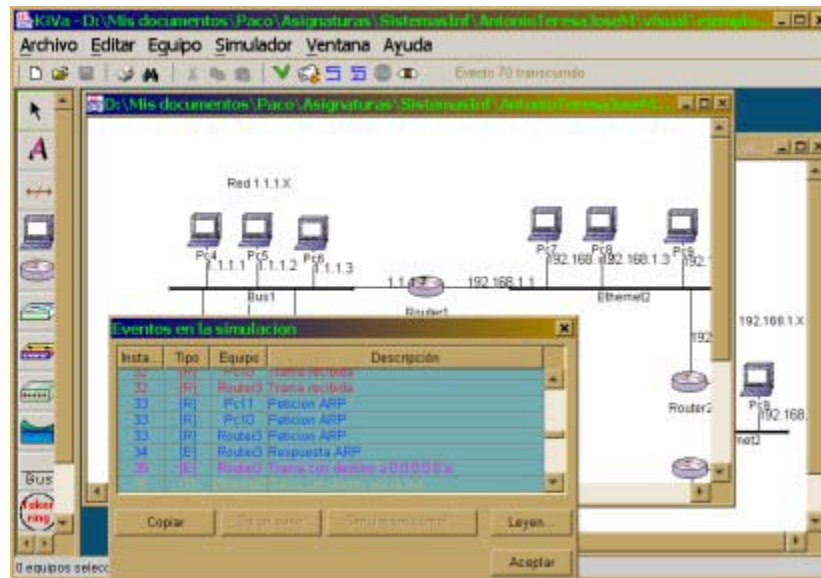
Partes de KivaNS

El API está formado por cuatro bloques: una gestión de eventos discretos, los objetos que representan las redes de datos, los objetos que representan los equipos (finales o de interconexión), y una pila de comunicaciones. Este API es modular y extensible, de forma que se puedan incorporar fácilmente nuevos tipos de redes y de equipos.



Bloques que componen el API

En la versión actual, la interfaz de usuario está implementada con un conjunto de clases que se deben descargar y ejecutar en el equipo del usuario. Esta interfaz permite especificar las topologías de redes de datos mediante un editor gráfico, configurar mediante diálogos el direccionamiento y enrutamiento en los equipos de la red, y acceder a las características que ofrece el API de simulación de una forma sencilla, sin necesidad de programar.



Interfaz gráfica de KivaNS

EXTENSIONES AL SIMULADOR KIVANS

Debido a que el simulador KivaNS está desarrollado para mostrar cómo se enruta un datagrama IP, fue necesario realizar una extensión del mismo que posea las características que se enumeran a continuación, con el fin de dar una mayor flexibilidad a la simulación.

Las características incorporadas en el simulador extendido son:

- Capacidad para programar eventos. En el simulador original, se podía simular el envío de un paquete IP, el cual comenzaba a ser enviado cuando comenzaba la simulación y una vez que el paquete llegaba a su destino dicha simulación terminaba. En esta nueva versión del simulador, es posible decidir en qué paso de la simulación se desea iniciar el envío del paquete, además de otras nuevas posibles acciones a simular:
 - Encender un equipo. Permite simular que tanto un router como un ordenador se encienda en un paso dado de la simulación.
 - Apagar un equipo. Permite simular que tanto un router como un ordenador se apague en un paso dado de la simulación.
 - Unirse a un grupo. Permite simular que un ordenador se una a un grupo de difusión en un paso dado de la simulación.
 - Dejar un grupo. Permite simular que un ordenador deje un grupo de difusión en un paso dado de la simulación.

Estas nuevas acciones a simular permiten una simulación mucho más rica ya que proveen la capacidad de, por ejemplo, simular que un equipo se caiga en un determinado momento o que se una a la red un equipo en algún momento.

En este simulador, cada paso de la simulación representa un avance en el tiempo de 0,01 segundos (1 centésima de segundo).

- **Routers Multicast.** Se agregó a la lista de equipos del simulador este nuevo tipo de router que permite mantener listas de membrecías a grupos de difusión para las subredes conectadas a dicho router.
- **Módulo IGMP.** Se creó un módulo específico que encapsula la funcionalidad definida en el protocolo IGMP. En la sección “Implementación del protocolo IGMP” se detallará como fue implementado el mismo mediante la creación de las clases necesarias.
- **Mensaje IGMP.** Este nuevo tipo de mensaje encapsula los mensajes correspondientes al protocolo IGMP.

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO IGMP

Para realizar la implementación del protocolo IGMP, fue necesaria la creación de las siguientes clases:

- **“ModuloIGMP”.** Subclase que extiende de la clase “Nivel” (que es la clase base para todos los módulos de KivaNS). La misma contiene la funcionalidad común que deben tener tanto los routers como los ordenadores que implementan el protocolo IGMP. Engloba las funciones de encolar y procesar los mensajes de salida y procesar la cola de entrada. También define las constantes del protocolo (como el tiempo entre queries, etc.). Posee 2 subclases:
 - **“ModuloIGMPOrdenador”.** Posee toda la lógica que el protocolo establece para los ordenadores. Esto incluye:
 - Mantener la lista de los grupos a los cuales pertenece en cada red y si fue el último equipo en la misma en reportar pertenencia a ese grupo (esto último es necesario para saber si cuando quiere dejar el grupo envía o no el mensaje de “leave group”).
 - Procesar los mensajes de entrada:
 - **“Membership Query”.** Configura los temporizadores para enviar respuestas por los grupos a los que pertenece.
 - **“Membership Report”.** Si recibe un reporte de otro equipo debe “marcar” que no fue el último en reportar ese grupo en esa subred.
 - Unirse o dejar un grupo. Preparar el mensaje de salida correspondiente según la acción (“Membership Report” o “Leave Group”, según el caso y si corresponde).

- Determinar si un paquete IP está destinado al ordenador. Comprobando si la dirección de destino del paquete es una dirección de un grupo al cual está suscrito.
- “ModuloIGMPRouter”. Posee toda la lógica que el protocolo establece para los routers multicast. Esto incluye:
 - Mantener la lista de grupos que poseen miembros en cada una de sus subredes, con todos los timers necesarios.
 - Procesar los mensajes de entrada:
 - “Membership Query”. Para detectar si existe otro router multicast en la subred.
 - “Membership Report”. Para detectar cuando un nuevo grupo debe ser agregado a la lista de grupos de una subred.
 - “Leave Group”. Para saber si se debe quitar un grupo de la lista de grupos de una subred (previa consulta por mas miembros de ese grupo en la subred).
 - Procesar todos los timers necesarios para el protocolo.
 - Para enviar queries de membresía, tanto generales como específicos.
 - Para dar de baja grupos sin miembros.
 - Para saber si debe pasar a ser querier por no detectar actividad de otro querier.
- “MensajeGMP”. Subclase que extiende de la clase “Buffer” (que es la clase base para todos los paquetes de KivaNS). La misma contiene la toda la información que debe ser intercambiada para el funcionamiento del protocolo. La estructura de un paquete es la siguiente:

0	8	16
Tipo	T. Max. De Resp.	Checksum
Dirección Clase D		

- “RouterMultiCast”. Subclase que extiende de la clase “Router” (que es la clase que implementa la funcionalidad de los routers en KivaNS). La misma agrega a la clase base el modulo IGMP para routers, que trata todos los aspectos de la implementación del protocolo IGMP. De esta forma, se puede incluir en una simulación un router normal o uno multicast.

También se modificó la clase “Ordenador”, agregándose a la misma el soporte para el protocolo IGMP. Este soporte es dado por la funcionalidad encapsulada en la clase “ModuloIGMPOrdenador” descrita anteriormente.

Otra modificación importante fue la realizada sobre la clase “Red” (clase base para las redes implementadas, las cuales son: la red Ethernet y punto a punto), la cual permite realizar una transformación entre una dirección IP multicast a una dirección de red multicast (si la misma soporta multicasting).

Por último, se agregó una validación en la clase NivelIPv4 para que al evaluar si un paquete está dirigido al host o no, revise la lista de los grupos a los cuales el mismo pertenece y así determinar si debe ser procesado en el host o no (esta evaluación se realiza siempre y cuando la dirección de destino sea de clase D).

MODIFICACIONES EN LA INTERFAZ GRÁFICA

Las modificaciones realizadas en la interfaz gráfica apuntan principalmente a dos aspectos:

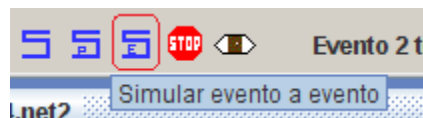
- Incluir las nuevas características del simulador extendido a todas las opciones con las que ya cuenta la herramienta
- Facilitar a los usuarios el nuevo tipo de router para que puedan utilizarlo en sus simulaciones.

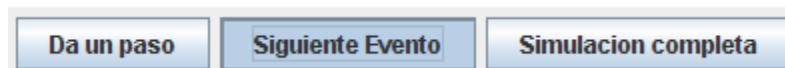
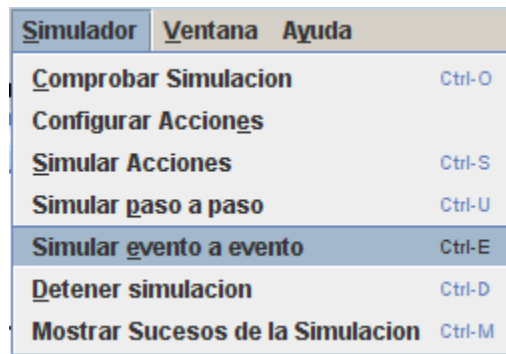
Adicionalmente, se desarrollo un nuevo formato de archivo que permite guardar tanto la topología de la red como las acciones configuradas en la simulación. Por razones de compatibilidad, el nuevo simulador también soporta el formato original de archivos de KivaNS.

Con respecto al primer punto, fue necesaria la modificación de varias pantallas y el cambio en algunas funcionalidades con respecto a la interfaz original. A continuación se detallan las opciones que fueron modificadas.

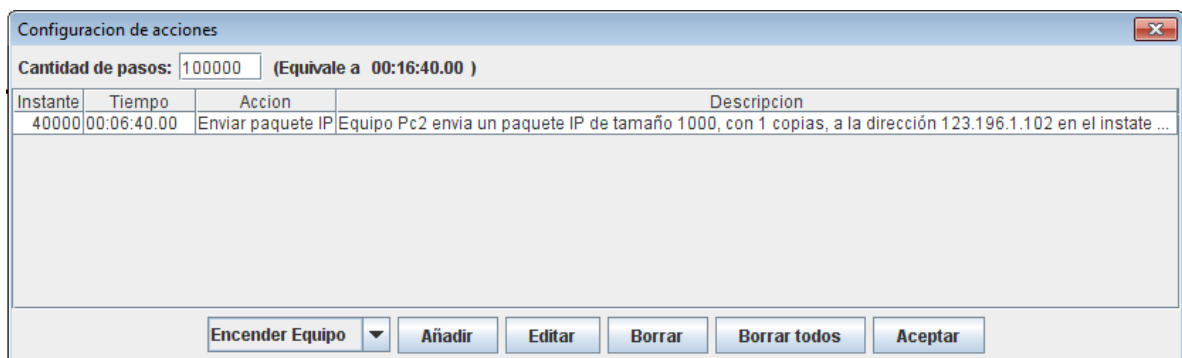
La primera de estas modificaciones a la interfaz fue el agregado de la posibilidad de ir avanzando en la simulación de un paso en el que ocurre un evento al siguiente en el que ocurra otro. En el simulador original existían solamente dos modos de correr la simulación, paso a paso o completa. Con esta nueva modalidad se podrá saltar de un paso en el que ocurre un evento al siguiente paso en el que vuelve a ocurrir otro evento, sin importar cuantos pasos (tiempo que transcurre) haya entre medio. Esta nueva modalidad es muy importante para poder visualizar como se desarrollan los envíos de paquetes y demás eventos que ocurren en la simulación cuando estos no suceden uno después del otro sino un tiempo después, tal como sucede en el protocolo IGMP implementado.

A esta nueva funcionalidad puede accederse de varias maneras: una de ellas es mediante el nuevo botón que se encuentra en la barra de tareas o bien desde el menú “Simulador” → “Simular evento a evento”. Otra forma de acceder es a través del teclado, utilizando la combinación de teclas “ctrl” + e. Adicionalmente, si se ingresa a la pantalla de visualización de resultados, también es posible avanzar de todas las formas de simulación posibles. Las siguientes imágenes muestran cada una de estas formas de acceso.



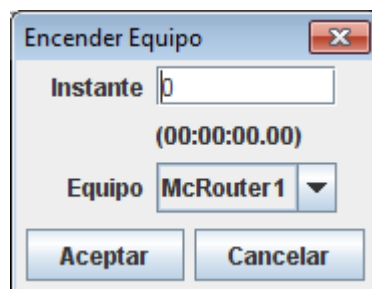


Se cambió el cuadro de configuración de envío de paquetes IP por un cuadro que permite configurar todos los tipos de acciones que pueden utilizarse en el nuevo simulador. En este mismo cuadro también es posible configurar la cantidad de pasos que tendrá la simulación. Esta última característica no estaba disponible en la versión original de KivaNS, por lo cual podemos destacar que aporta una mayor flexibilidad a las simulaciones. En la siguiente figura se puede observar dicho cuadro.



Desde este cuadro existe la posibilidad de agregar nuevas acciones, editar o borrar las que se agregaron anteriormente. Estas acciones podrán ser configuradas en un nuevo cuadro de dialogo adaptado para permitir el ingreso de los datos propios de cada tipo de acción. Estos cuadros específicos son los siguientes:

- Encender equipo: permite agregar a la simulación una acción de encender un equipo, configurando todos los datos necesarios para llevar a cabo la acción. La siguiente imagen ilustra este tipo de cuadro:



- Apagar equipo: permite agregar a la simulación una acción de apagar un equipo, configurando todos los datos necesarios para llevar a cabo la acción. La siguiente imagen ilustra este tipo de cuadro:

Apagar Equipo

Instante 0
(00:00:00.00)

Equipo Pc1

Aceptar Cancelar

- Enviar paquete IP: permite agregar a la simulación una acción de enviar un paquete IP, configurando todos los datos necesarios para llevar a cabo la acción. La siguiente imagen ilustra este tipo de cuadro:

-

Enviar paquete IP

Instante 0
(00:00:00.00)

Equipo Pc1

Interfaz eth1

Direccion destino

Tamaño 1000

Copias 1

Fragmentable ☐

Aceptar Cancelar

- Unirse a un grupo: permite agregar a la simulación una acción de unirse a un grupo, configurando todos los datos necesarios para llevar a cabo la acción. La siguiente imagen ilustra este tipo de cuadro:

Unirse a un Grupo

Instante 0
(00:00:00.00)

Equipo Pc1

Interfaz eth1

Grupo

Aceptar Cancelar

- Dejar grupo: permite agregar a la simulación una acción de dejar un grupo, configurando todos los datos necesarios para llevar a cabo la acción. La siguiente imagen ilustra este tipo de cuadro:

Dejar Grupo

Instante 0
(00:00:00.00)

Equipo Pc1

Interfaz eth1

Grupo

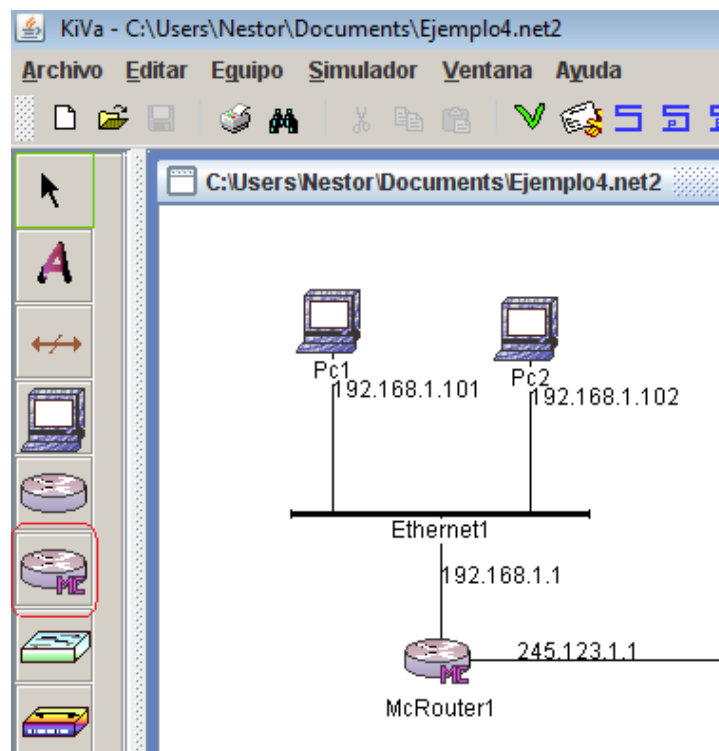
Aceptar Cancelar

Se modificó el cuadro que muestra los resultados de la simulación (llamado “Eventos en la simulación”). A este cuadro se le agregó información sobre el instante actual, ya que es posible correr la simulación completa o ir avanzando en la misma paso por paso o de un paso en el que ocurre un evento al siguiente paso en el que ocurre otro evento y antes no se sabía en qué instante de la simulación se encontraba.

También se incorporó una nueva columna informativa a la grilla de eventos en el cual se muestran las horas, minutos, segundos y centésimas en que ocurre cada evento. En el siguiente grafico se muestra el cuadro con las modificaciones.

Eventos en la simulación					
Instante actual: 3		(100 Pasos representan 1 segundo)			
Instante	Tiempo	Tipo	Equipo	Descripcion	Interfaz
0	00:00:00.00	[E]	McRouter1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth1
0	00:00:00.00	[E]	McRouter1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth2
1	00:00:00.01	[E]	McRouter1	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)	
1	00:00:00.01	[E]	McRouter1	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)	
2	00:00:00.02	[E]	McRouter1	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1	
2	00:00:00.02	[E]	McRouter1	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1	

Como se mencionó anteriormente, otra de las nuevas incorporaciones es el equipo “Router multicast”, el cual se encuentra accesible desde la barra de elementos de simulación que se ubica a la izquierda del panel de dibujo de la aplicación. De esta forma queda disponible al usuario el nuevo tipo de router para que este lo pueda incluir en sus simulaciones. La siguiente imagen muestra el icono dentro de la barra que representa dicho router.



Desde la pantalla de propiedades del router es posible configurar las mismas opciones que los routers que ya existían en la aplicación.

CONCLUSIONES

A pesar de su simpleza, el protocolo IGMP cumple una función vital en el enrutamiento multicast, ya que permite a los routers descubrir y mantener la lista de suscripciones a grupos en las distintas interfaces que posee. De todas maneras, no es posible simular el envío de este tipo de paquetes en el estado actual en que se encuentra el simulador debido a que la implementación de la capacidad de enrutamiento multicast está más allá del alcance del presente trabajo.

A pesar de esto, es muy importante destacar que esta nueva versión del simulador aporta una mayor flexibilidad a la hora de realizar simulaciones en las cuales se quiere representar más que el envío de un paquete IP. Esto se logra gracias a la posibilidad de configurar acciones que ocurrirán en tiempos establecidos por el usuario. Adicionalmente, al poder visualizar en la grilla de resultados el instante en el que ocurren los eventos en una forma mas amigable (expresada como horas, minutos y segundos) presenta una vista más representativa de la realidad.

Agregar nuevos tipos de acciones resulta muy sencillo gracias al enfoque orientado a objetos con el cual se desarrolló esa característica. Lamentablemente, con el resto de KivaNS no sucede lo mismo, ya que el núcleo de la aplicación no posee un diseño que permita ser extendido fácilmente, a pesar de estar desarrollado en el lenguaje Java que es orientado a objetos. Por lo tanto, algo tan simple como agregar un módulo al simulador (como es el caso del módulo IGMP), se torna una tarea compleja debido a la gran cantidad de clases que se deben modificar para que el modulo quede operativo.

No obstante, es posible continuar extendiendo el simulador agregando nuevos protocolos y se podría decir que es una tarea un poco más simple gracias a la posibilidad de configurar acciones en el tiempo.

Eventos en la simulación						
Instante actual: 100000		(100 Pasos representan 1 segundo)				
Instante	Tiempo	Tipo	Equipo	Descripcion	Inter...	
21005	00:03:30.05	[R]	McRouter1	Trama recibida	eth0	
21006	00:03:30.06	[R]	Pc1	Datagrama IPv4		
21006	00:03:30.06	[R]	McRouter1	Datagrama IPv4		
21007	00:03:30.07	[R]	Pc1	Mensaje IGMP [22] Version 2 Membership Report Grupo: 224.0.0.34	eth0	
21007	00:03:30.07	[R]	McRouter1	Mensaje IGMP [22] Version 2 Membership Report Grupo: 224.0.0.34	eth0	
22000	00:03:40.00	[E]	Pc1	Mensaje IGMP [23] No se envía mensaje de leave group (no es su r...	eth0	
28103	00:04:41.03	[E]	McRouter1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0	
28104	00:04:41.04	[E]	McRouter1	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)		
28105	00:04:41.05	[E]	McRouter1	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1		
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc2		
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc1		
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter1		
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet1	Datos circulando por la red		
28107	00:04:41.07	[R]	Pc2	Trama recibida	eth0	
28107	00:04:41.07	[R]	Pc1	Trama recibida	eth0	

Se seleccionó esta sección de la captura porque en ella se muestra una parte importante del funcionamiento del protocolo IGMP. Como vimos en la configuración de las acciones, en el instante 22000 (3:40) la PC1 desea dejar un grupo al cual está suscripto, pero la PC2 fue la última que envió un reporte de pertenencia a ese grupo en esa red (ya que se suscribió al mismo en el instante 21000). Como consecuencia de esto, la PC1 no envía el mensaje de “leave group” al servidor (instante 28103).

EJEMPLO 2

Este ejemplo utiliza la misma topología que el ejemplo 1, pero se incorpora una acción más: en el instante 24000 la PC1 se une a otro grupo de difusión. La siguiente imagen muestra la configuración de las acciones:

Configuración de acciones			
Cantidad de pasos: 100000		(Equivale a 00:16:40.00)	
Instante	Tiempo	Acción	Descripción
20000	00:03:20.00	Unirse a un Grupo	Equipo Pc1 se une al grupo 224.0.0.34 por al interfaz eth0 en el instante 20000
21000	00:03:30.00	Unirse a un Grupo	Equipo Pc2 se une al grupo 224.0.0.34 por al interfaz eth0 en el instante 21000
22000	00:03:40.00	Dejar Grupo	El equipo Pc1 deja el grupo 224.0.0.34 en el instante 22000
24000	00:04:00.00	Unirse a un Grupo	Equipo Pc1 se une al grupo 225.0.0.0 por al interfaz eth0 en el instante 24000

Con esta configuración, se pretende mostrar como es el comportamiento del protocolo, el router multicast y las PC’s cuando hay distintas suscripciones a grupos en una red.

EJEMPLO 3

Este ejemplo también utiliza la topología del ejemplo 1, pero se incorpora una acción más: en el instante 24000 la PC2 se apaga. La siguiente imagen muestra la configuración de las acciones:

Configuración de acciones			
Cantidad de pasos: 100000		(Equivale a 00:16:40.00)	
Instante	Tiempo	Acción	Descripción
20000	00:03:20.00	Unirse a un Gru...	Equipo Pc1 se une al grupo 224.0.0.34 por al interfaz eth0 en el instante 20000
21000	00:03:30.00	Unirse a un Gru...	Equipo Pc2 se une al grupo 224.0.0.34 por al interfaz eth0 en el instante 21000
22000	00:03:40.00	Dejar Grupo	El equipo Pc1 deja el grupo 224.0.0.34 en el instante 22000
24000	00:04:00.00	Apagar Equipo	Apagar Equipo el equipo: Pc2 en el instante: 24000
<div> Encender Equipo ▼ Añadir Editar Borrar Borrar todos Aceptar </div>			

Lo que mostramos en este ejemplo es el comportamiento del router multicast cuando ningún equipo responde a las consultas generales (membership query) para un grupo determinado en una interfaz. En este caso, la PC2 debería enviar el “membership report” en respuesta a la consulta, pero como se apaga, nadie responde. Lo que sucede es que luego de pasar el tiempo especificado en el protocolo (4:20), el router da de baja el grupo para esa interfaz.

En la primera imagen, se muestra el momento en el que el router recibe por última vez el aviso de que hay un equipo en la red que está suscripto al grupo en cuestión (instante 21007). También se ve el momento en el que la PC2 se apaga (instante 24000).

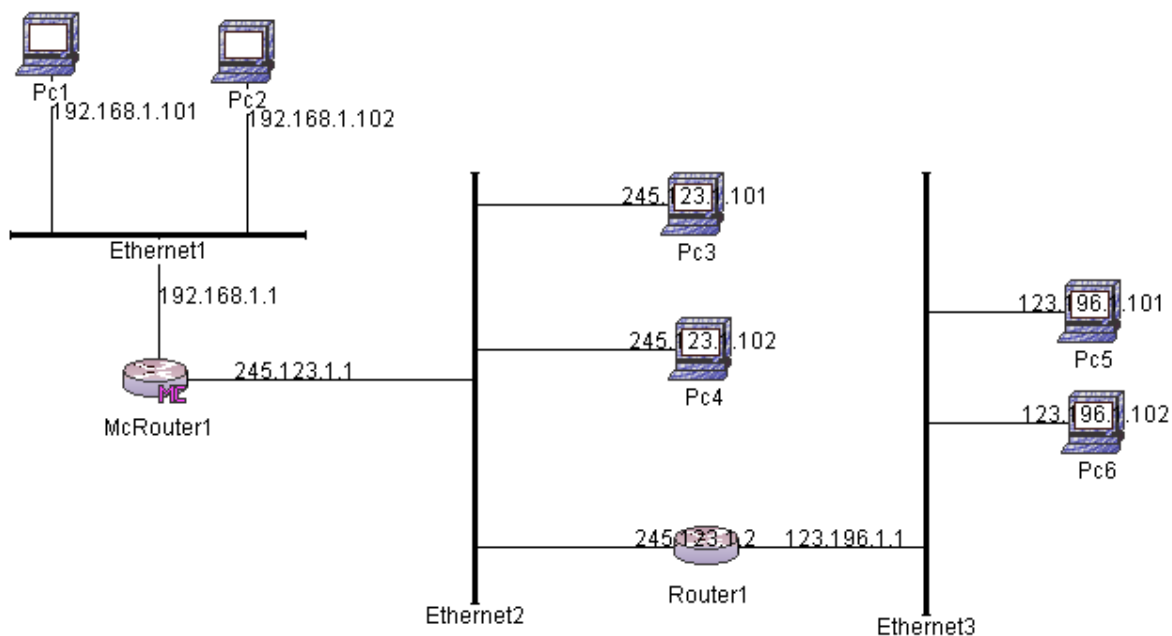
Eventos en la simulación						
Instante actual: 100000		(100 Pasos representan 1 segundo)				
Instante	Tiempo	Tipo	Equipo	Descripción	Interfaz	
21004	00:03:30.04	[I]	Ethernet1	Datos circulando por la red		
21005	00:03:30.05	[R]	Pc1	Trama recibida	eth0	
21005	00:03:30.05	[R]	McRouter1	Trama recibida	eth0	
21006	00:03:30.06	[R]	Pc1	Datagrama IPv4		
21006	00:03:30.06	[R]	McRouter1	Datagrama IPv4		
21007	00:03:30.07	[R]	Pc1	Mensaje IGMP [22] Version 2 Membership Report Grupo: 224.0.0...	eth0	
21007	00:03:30.07	[R]	McRouter1	Mensaje IGMP [22] Version 2 Membership Report Grupo: 224.0.0...	eth0	
22000	00:03:40.00	[E]	Pc1	Mensaje IGMP [23] No se envía mensaje de leave group (no es s...	eth0	
24000	00:04:00.00	[A]	Pc2	El equipo Pc2 se ha apagado.		
28103	00:04:41.03	[E]	McRouter1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0	
28104	00:04:41.04	[E]	McRouter1	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)		
28105	00:04:41.05	[E]	McRouter1	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1		
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc2		
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc1		
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter1		
<div> Copiar Da un paso Siguiente Evento Simulación completa Leyenda Exportar </div>						

Una segunda captura de la misma traza muestra como al pasar el tiempo antes mencionado el router efectivamente da de baja el grupo para esa interfaz (instante 47008).

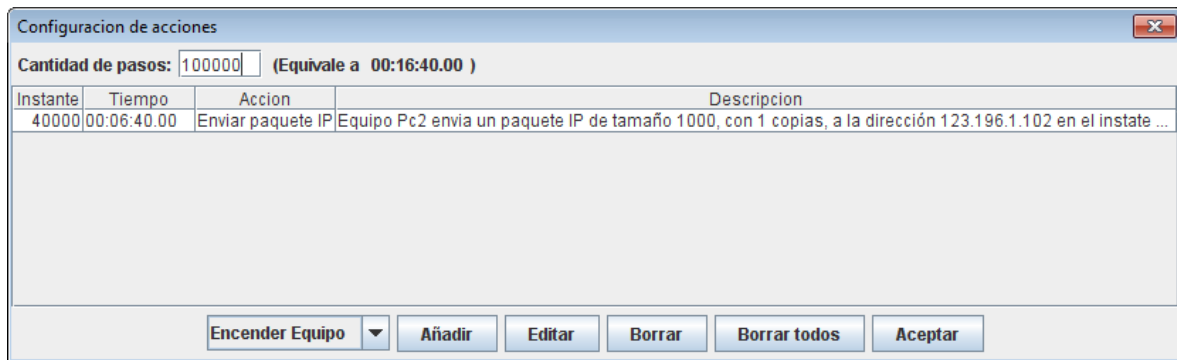
Eventos en la simulación						
Instante actual: 100000		(100 Pasos representan 1 segundo)				
Instante	Tiempo	Tipo	Equipo	Descripción	Interfaz	
40606	00:06:46.06	[E]	McRouter1	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1		
40607	00:06:46.07	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc2		
40607	00:06:46.07	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc1		
40607	00:06:46.07	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter1		
40607	00:06:46.07	[T]	Ethernet1	Datos circulando por la red		
40608	00:06:46.08	[R]	Pc1	Trama recibida	eth0	
40609	00:06:46.09	[R]	Pc1	Datagrama IPv4		
40610	00:06:46.10	[R]	Pc1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0	
47008	00:07:50.08	[I]	McRouter1	McRouter1 elimina el grupo 224.0.0.34 de la interfaz eth0	eth0	
53105	00:08:51.05	[E]	McRouter1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0	
53106	00:08:51.06	[E]	McRouter1	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)		
53107	00:08:51.07	[E]	McRouter1	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1		
53108	00:08:51.08	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc2		
53108	00:08:51.08	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc1		
53108	00:08:51.08	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter1		

EJEMPLO 4

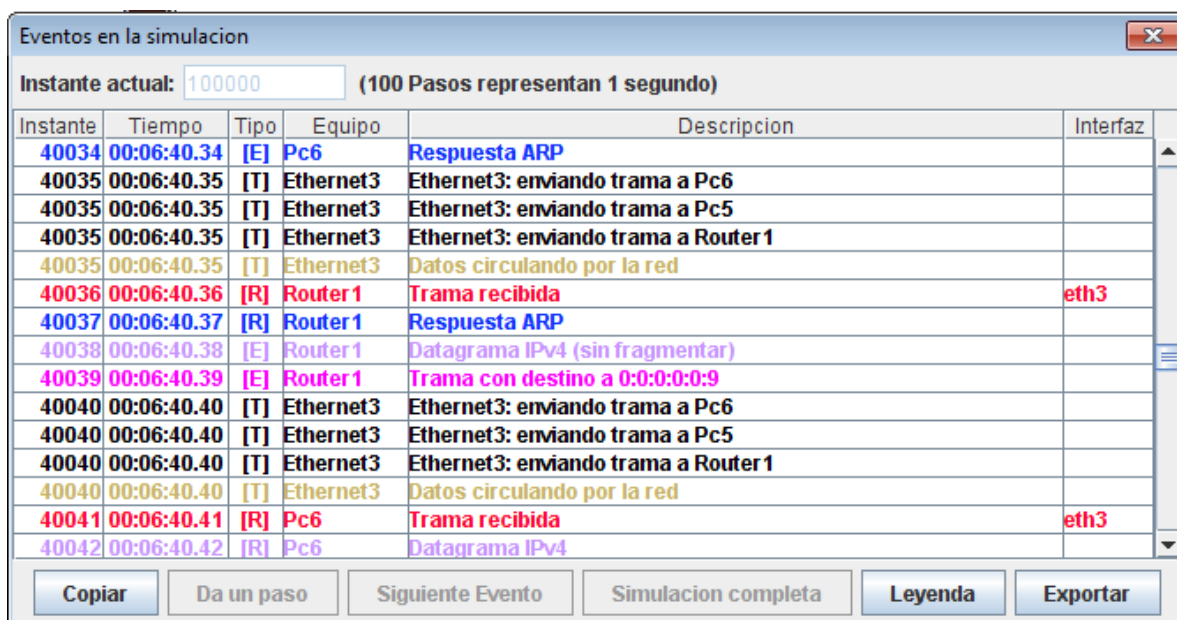
En el siguiente ejemplo se quiere ilustrar, en una topología más compleja, que el router multicast sigue comportándose como un router común al momento de rutear un paquete IP. Dicha topología está compuesta por 3 redes interconectadas a través de 2 routers de los cuales uno es multicast. Cada una de las redes posee 2 PC's conectadas como se puede observar en la siguiente imagen:



La acción configurada es la de enviar un paquete IP desde la PC2 a la PC6 (123.196.1.102) en el instante 40000 como se muestra a continuación:



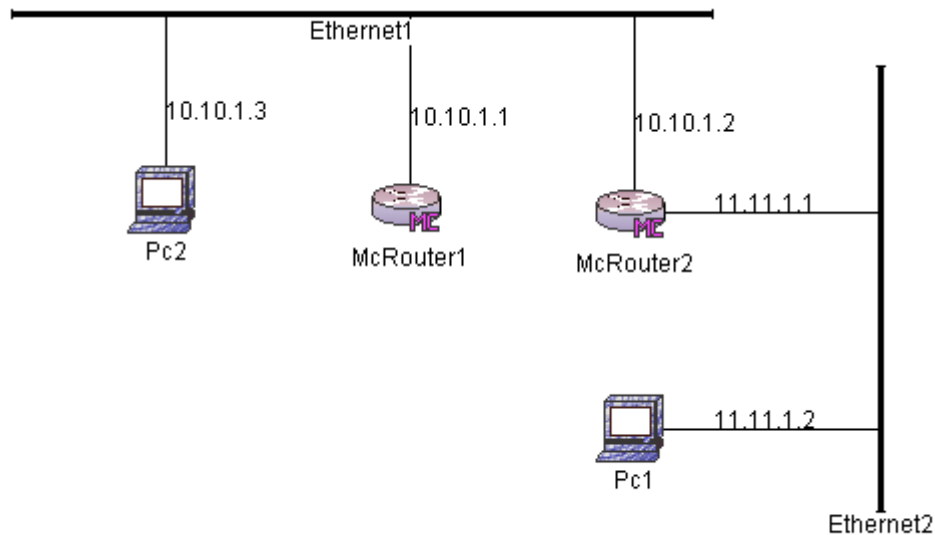
La traza de resultados obtenida muestra como efectivamente el paquete logra llegar a destino luego de atravesar las distintas redes en el instante 40042.



EJEMPLO 5

El último de los ejemplos nos muestra otra de las características del protocolo IGMP. En él, se configuraron 2 routers multicast sobre una red, para poder observar como cada uno de ellos toma un rol diferente a lo largo de la simulación.

A continuación se muestra la topología antes mencionada:



Como se puede ver, el router “McRouter1” está conectado a la red “Ethernet1” con la dirección IP 10.10.1.1 y el router “McRouter2” lo está con la dirección 10.10.1.2. Adicionalmente, este último router también se encuentra conectado a la red “Ethernet2” con la dirección IP 11.1.1.1. Así es posible verificar en la traza de la simulación como el router 1 toma el rol de querier en la red 1 (ya que el router 2 tiene una dirección IP más alta en esa misma red) y el router 2 toma el rol de querier en la red 2 ya que es el único router multicast conectado en ella.

Las acciones configuradas sobre esta topología son las siguientes:

Configuración de acciones			
Cantidad de pasos: 100000 (Equivale a 00:16:40.00)			
Instante	Tiempo	Acción	Descripción
25000	00:04:10.00	Apagar Equipo	Apagar Equipo el equipo: McRouter1 en el instante: 25000
75000	00:12:30.00	Encender Equipo	Encender Equipo el equipo: McRouter1 en el instante: 75000
<div> Encender Equipo ▼ Añadir Editar Borrar Borrar todos Aceptar </div>			

El objetivo de configurar estas acciones es el de poder ver como al apagarse el router 1, el router 2 asume el rol de querier luego de un tiempo de no recibir ningún “membership query” por parte del router 1. Este tiempo es el especificado por el protocolo (4:15). Luego, al volver a encenderse el router 1, el router 2 detecta su presencia y deja de ser querier en esa interfaz, no así en la interfaz con la red 2.

En la primera de las capturas se observa el momento en el cual el router 2 recibe el último mensaje del router 1 (instante 15608, o sea, 2:36).

Eventos en la simulación					
Instante actual: 100000		(100 Pasos representan 1 segundo)			
Instante	Tiempo	Tipo	Equipo	Descripcion	Interfaz
15606	00:02:36.06	[R]	Pc1	Trama recibida	eth0
15606	00:02:36.06	[R]	McRouter2	Trama recibida	eth0
15607	00:02:36.07	[R]	Pc2	Datagrama IPv4	
15607	00:02:36.07	[R]	Pc1	Datagrama IPv4	
15607	00:02:36.07	[R]	McRouter2	Datagrama IPv4	
15608	00:02:36.08	[R]	Pc2	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
15608	00:02:36.08	[R]	Pc1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
15608	00:02:36.08	[R]	McRouter2	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
25000	00:04:10.00	[A]	McRouter1	El equipo McRouter1 se ha apagado.	
28103	00:04:41.03	[E]	McRouter2	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth1
28104	00:04:41.04	[E]	McRouter2	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)	
28105	00:04:41.05	[E]	McRouter2	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1	
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet2	Ethernet2: enviando trama a Pc1	
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet2	Ethernet2: enviando trama a McRouter2	
28106	00:04:41.06	[T]	Ethernet2	Datos circulando por la red	

Luego, mostramos cuando toma el rol de querier para esa interfaz, en el instante 41109 (6:51):

Eventos en la simulación					
Instante actual: 100000		(100 Pasos representan 1 segundo)			
Instante	Tiempo	Tipo	Equipo	Descripcion	Interfaz
40606	00:06:46.06	[E]	McRouter2	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1	
40607	00:06:46.07	[T]	Ethernet2	Ethernet2: enviando trama a Pc1	
40607	00:06:46.07	[T]	Ethernet2	Ethernet2: enviando trama a McRouter2	
40607	00:06:46.07	[T]	Ethernet2	Datos circulando por la red	
40608	00:06:46.08	[R]	Pc1	Trama recibida	eth0
40609	00:06:46.09	[R]	Pc1	Datagrama IPv4	
40610	00:06:46.10	[R]	Pc1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
41109	00:06:51.09	[E]	McRouter2	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
41109	00:06:51.09	[I]	McRouter2	McRouter2 pasa a ser Querier en la interfaz eth0	eth0
41110	00:06:51.10	[E]	McRouter2	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)	
41111	00:06:51.11	[E]	McRouter2	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1	
41112	00:06:51.12	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc2	
41112	00:06:51.12	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter2	
41112	00:06:51.12	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter1	
41112	00:06:51.12	[T]	Ethernet1	Datos circulando por la red	

Una tercera imagen ilustra cuando el router 2 detecta que el router 1 está nuevamente activo y deja de ser querier en esa interfaz (instante 75006).

Eventos en la simulación					
Instante actual: <input type="text" value="100000"/>		(100 Pasos representan 1 segundo)			
Instante	Tiempo	Tipo	Equipo	Descripcion	Interfaz
75003	00:12:30.03	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter2	
75003	00:12:30.03	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter1	
75003	00:12:30.03	[T]	Ethernet1	Datos circulando por la red	
75004	00:12:30.04	[R]	Pc2	Trama recibida	eth0
75004	00:12:30.04	[R]	McRouter2	Trama recibida	eth0
75005	00:12:30.05	[R]	Pc2	Datagrama IPv4	
75005	00:12:30.05	[R]	McRouter2	Datagrama IPv4	
75006	00:12:30.06	[R]	Pc2	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
75006	00:12:30.06	[I]	McRouter2	McRouter2 deja de ser Querier en la interfaz eth0	eth0
75006	00:12:30.06	[R]	McRouter2	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
78101	00:13:01.01	[E]	McRouter1	Mensaje IGMP [17] Membership Query Grupo: 0.0.0.0	eth0
78102	00:13:01.02	[E]	McRouter1	Datagrama IPv4 (sin fragmentar)	
78103	00:13:01.03	[E]	McRouter1	Trama con destino a 1:0:5e:0:0:1	
78104	00:13:01.04	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a Pc2	
78104	00:13:01.04	[T]	Ethernet1	Ethernet1: enviando trama a McRouter2	

Copiar
Da un paso
Siguiendo Evento
Simulacion completa
Leyenda
Exportar