

ROUTERS EXTENSIBLES PARA INVESTIGACIÓN

EXTENSIBLE ROUTERS FOR INVESTIGATION

Max Ever Ponce Soldevilla¹

RESUMEN

Actualmente la investigación en el área de enrutamiento se realiza con herramientas de simulación, existiendo una gran diferencia entre la simulación y el mundo real. Los investigadores en ésta área afirman que es necesario contar con condiciones reales para validar los resultados y no solamente utilizar herramientas de simulación.

La mayoría de los routers son equipos con diseños cerrados, inflexibles y estáticos. Agregar nuevas funcionalidades al router requiere el acceso al software que controla las interfaces en el camino de envío de paquetes, pero éstas normalmente no están disponibles. Siendo evidente la necesidad de contar con escenarios que permitan completar el círculo entre la experimentación y el mundo real, este paper describe los desarrollos de software de router abierto, que se están realizando con la finalidad de construir un software de router completo que sea una plataforma de investigación e implementación estable.

Palabras clave: Router, enrutamiento, búsqueda y reenvío, granularidad, click, enchufes, explorador, modularidad

ABSTRACT

Currently the investigation in the area of routers is carried out for tools of simulation, existing a great difference among the simulation and the real world. The investigators in this area affirm that it is necessary to count on real conditions to validate the results and not only to utilize tools of simulation. The majority of the routers are teams with designs closed, inflexible and static.

To add new functionalities al router requires the access to the interfaces of the software in the road of sent of packages, but these normally do not be available. Being evident the need to count with settings that permit to complete the circle among the experimentation and the real world, this paper describes the developments open software of router, that are being carried out with the purpose of building a software of router complete that be a platform of investigation and stable implementation.

Key words: Router, routing, lookup forwarding, granularity, click, plugins, scout, modularity

INTRODUCCIÓN

Los routers conforman la red global de Internet y poseen la responsabilidad de encaminar los paquetes desde un origen hasta un destino, reciben los paquetes los cuales poseen una dirección origen y una dirección destino y los reenvían hacia su destino. Su función principal es transferir paquetes a partir de un conjunto de enlaces de entrada hacia un conjunto de enlaces de salida. Los routers tienen que operar con enlaces heterogéneos en cuanto a tecnología, suministrando capacidades de trabajo para servicios diferenciados y participando en complejos algoritmos, para generar tablas de encaminamiento. Estas necesidades, junto con la insalvable necesidad de ancho de banda de Internet, complican enormemente su diseño.

Estos equipos se encuentran en cualquier nivel de Internet; en las redes de acceso permitiendo a hogares y negocios conectarse a Internet a través de un Proveedor de Servicios

(ISP); en las redes empresariales, los routers enlazan decenas de miles de computadoras. Los routers de los troncales de comunicación (backbone) no son accesibles directamente a los sistemas finales; en lugar de eso, enlazan ISPs y redes empresariales mediante líneas dedicadas. Las troncales principales requieren routers capaces de encaminar enlaces a altas velocidades.

COMPONENTES DE UN ROUTER

Un router genérico tiene cuatro componentes, como se observa en la figura 1:

- Puertos de entrada.
- Puertos de salida.
- Fábrica de conmutación.
- Procesador de encaminamiento.

Puertos de Entrada

Representan los puntos de contacto para enlaces físicos, y es por donde ingresan los paquetes que llegan

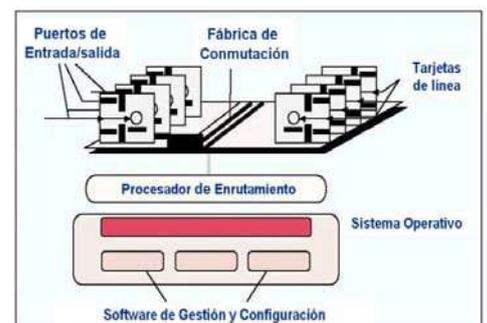


Figura 1: Router genérico

hacia en router. Los puertos son colocados en tarjetas de línea de entrada, las cuales soportan regularmente 4, 8 o 16 puertos.

Como se observa en la figura 2 un puerto de entrada ejecuta las siguientes funciones:

- Recibe el paquete de la red y retira la cabecera Ethernet enviándolo a la capa superior.
- Puede identificar la dirección destino de los paquetes de entrada y buscar en su tabla de reenvío para

¹ Docente del Centro de informática (CINFO) Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)

determinar su puerto destino.

- Con el fin de brindar garantía de QoS, un puerto puede necesitar clasificar paquetes en clases de servicios predefinidos.



Figura 2: Funciones de línea de entrada

sidio hecha, el paquete requiere ser enviado al puerto de salida usando la fábrica de conmutación.

El procesador de encaminamiento utiliza la tabla de rutas, implementa

Tradicionalmente los routers han sido fabricados como elementos de hardware de propósito específico, con un sistema operativo particular con funciones limitadas que se reducen recibir paquetes y encaminarlos por una salida adecuada, ejecutar algoritmos de encaminamiento para mantener actualizada la tabla de encaminamiento. Ahora los requerimientos de seguridad y desempeño de Internet han cambiado por otras más sofisticadas como:

Puertos de Salida

Almacenan paquetes antes de ser transmitidos y luego son enviados por un enlace de salida. En la figura 3 observamos el proceso de salida de los paquetes. Los puertos de salida pueden implementar algoritmos muy sofisticados para soportar prioridad. Los puertos de salida son capaces de ejecutar funciones de la capa de enlace como encapsulamiento de paquetes.

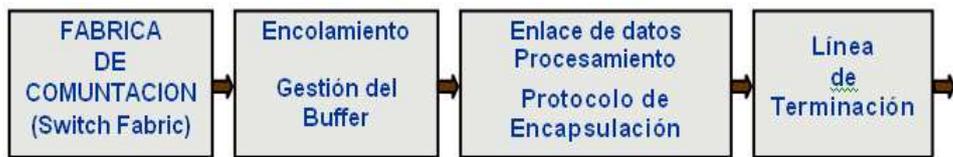


Figura 3: Proceso de salida de los paquetes

los protocolos de encaminamiento y ejecuta el software para configurar y administrar el router. Además, trata cualquier paquete cuya dirección destino no pueda ser encontrada en la tabla de reenvío de la tarjeta de línea de entrada. El cuello de botella para el desempeño de los routers IP, es el tiempo que se requiere para buscar una ruta en la tabla de reenvío. El procesador de encaminamiento, se encarga de definir cual será la ruta de salida de un paquete. La fábrica de conmutación enlaza los puertos de

- Etiquetado de paquetes (para identificar flujos diferentes).
- Eliminación de paquetes de alguna aplicación específica.
- Monitoreo del desempeño, detección de intrusos, y una variedad de filtros y cortafuegos.
- Servicios integrados, servicios diferenciados.
- Incremento de la funcionalidad de encaminamiento, QoS, multicast, etc.
- Algoritmos de seguridad (ejemplo, para implementar redes privadas virtuales-VPN).
- Nuevos núcleos de protocolos (IPv6, entre otros).

Fábrica de Conmutación

Interconecta los puertos de entrada con puertos de salida. Las tecnologías para la implementación de fábricas de conmutación utilizan matrices de conexiones, buses y memorias compartidas. La fábrica de conmutación más simple es un bus que enlaza todas las entradas con todas las salidas. Una matriz de conexiones puede ser vista como 2N buses enlazados por NxN puntos de cruce. En un router de memoria compartida, los paquetes de entrada se almacenan en una memoria compartida y solo se conmutan los apuntadores a los paquetes, esto incrementa la capacidad de conmutación. Pese a estos esfuerzos la velocidad de conmutación es reducida debido a la velocidad de acceso a la memoria. En la figura 4 se muestran las fábricas de conmutación de paquetes.

Procesador de Encaminamiento

Ejecuta los protocolos de encaminamiento y crea una tabla de rutas, que es usada en el reenvío de paquetes. Una vez que la "búsqueda de ruta" ha

entrada con los puertos de salida mediante una matriz de conexiones, un bus o memoria compartida.

ROUTERS EXTENSIBLES

Los investigadores motivados por la demanda de routers con nuevas capacidades han estado desarrollando "routers extensibles" que sirven para el diseño y desarrollo de nuevos servicios y protocolos de red. Se define "arquitecturas de router extensible" a aquellas que soportan la personalización del comportamiento del router en tiempo de ejecución.

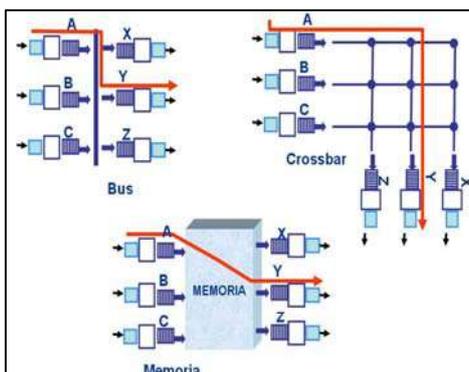


Figura 4: Tecnologías de fábricas de conmutación

Con ese fin han aparecido en escena diversos enfoques, aunque todos tienen en común la característica de fundamentarse en un diseño flexible y extensible basado en software, que permite la actualización de su funcionalidad, los llamados routers extensibles.

Por un lado están los routers software con ejecución en una PC y por otro los routers software con ejecución en tarjetas de desarrollo específicas, llamadas procesadores de red. Entre los primeros podemos citar:

Click, basado en elementos y conexiones, donde un elemento ejecuta alguna función básica de encaminamiento, las conexiones definen la ruta de los paquetes en un arreglo de elementos dado, y los elementos tienen puntos de acceso llamados puertos (1).

Plugins, se trata de módulos que trabajan en el nivel del Kernel con el fin de ofrecer máximo desempeño; el plugin implementa la funcionalidad adicional esperada del router (2).

Scout, es un diseño basado en trayectorias mantenidas por módulos que implementan protocolos, cada

paquete se atiende en función de los protocolos responsables de gestionar su trayectoria dentro del router, de acuerdo al tipo de paquete (3).

Respecto a los segundos, hay esfuerzos por generar tarjetas electrónicas para desarrollo específico de un router, llamadas procesadores de red. Algunas compañías realizan modelos para ello, por ejemplo, Se han probado sus prototipos sobre la tarjeta Intel IXP1200; utilizando el lenguaje de programación electrónico VHDL (4).

SISTEMAS OPERATIVOS PARA ROUTERS

Hasta ahora los routers se habían visto como elementos preponderantemente de hardware que se optimizaron al máximo para lograr encaminar paquetes a gran velocidad. El ambiente de software que proveen es muy limitado y se puede considerar simplemente un software de configuración y monitorización de un procesador de control. Por otra parte está surgiendo un enfoque en el cual un router es un dispositivo fácil de construir, pero su mayor valor es su software. Una tendencia paralela, que afianza la idea que el principal valor de un router es su software, es la noción de que el abrir la arquitectura del router a terceras partes, éstas podrán desarrollar servicios incrementales para la red.

Por ello, en la Universidad de Cornell indicaban en 1998, que había un gran interés en el desarrollo de sistemas operativos especializados para ejecutarse en un router y proveer una API (Application Program Interface) cuidadosamente controlada para el hardware. Si esa tendencia continuaba, indicaban, los usuarios finales estarían

en posibilidad de agregar módulos personalizados para añadir servicios tales como: cortafuegos, políticas de administración de tráfico, señalización específica a aplicaciones y una política de encaminamiento mucho más detallada (5).

ROUTER BASADO EN SOFTWARE DE ENCHUFE

Desarrollado por la Universidad de Washington y Ascom. La arquitectura de Router Plugins está diseñada para permitir extensiones limitadas a un router IP, los cuales fueron implementados en el sistema operativo NetBSD. Los Router Plugin permiten escribir extensiones que pueden ser colocadas en los llamados puntos de ejecución del router IP, llamados técnicamente "compuertas". Esos puntos de acceso fueron diseñados así para acoger una gran variedad de aplicaciones, tales como encaminamiento, clasificación de paquetes y procesamiento de seguridad. El usuario invoca desde la línea de comandos los plugins a cargar en tiempo de ejecución (6).

Los plugins pueden ser asociados a un flujo específico de paquetes, debido a que no es apropiado un solo plugin para todos los flujos. El mecanismo que se usa para establecer esa asociación se sirve de algunas características clave, como son las direcciones IP, los puertos o la interfaz de entrada. En cada compuerta, el sistema intenta emparejar el paquete con las claves registradas en ese punto y, si hay éxito, entonces el paquete se pasa a dicho plugin. Al concluir en ese punto, se pasará el paquete hacia las siguientes compuertas (2).

En la figura 5, se observa la Unidad

de Control de Plugins (PCU), la cual es la responsable de administrar los plugins, la Unidad de Identificación y Asociación (AIU), contiene los patrones para revisar si un paquete cumple con alguno de ellos y decidir el plugin que debe operar, el Plugin Manager sirve para configurar el sistema.

ROUTER SOFTWARE SCOUT

Scout fue desarrollado en la Universidad de Arizona y más tarde en la Universidad Princeton. Es un sistema operativo modular orientado a la comunicación y su abstracción principal es la trayectoria. Una trayectoria es un flujo de datos lineal que comienza en un dispositivo origen y finaliza en un dispositivo destino. Las trayectorias se componen de "etapas" (stages) las cuales son instancias de "módulos". Cada módulo en Scout implementa un protocolo bien conocido, tal como IP o TCP.

El sistema crea trayectorias en función de la demanda en tiempo de ejecución. La infraestructura de Scout ofrece herramientas para crear, modificar, clasificar y controlar trayectorias. Además de proveer etapas para las trayectorias, cada módulo implementa un módulo específico definido por el programador para la función de clasificación.

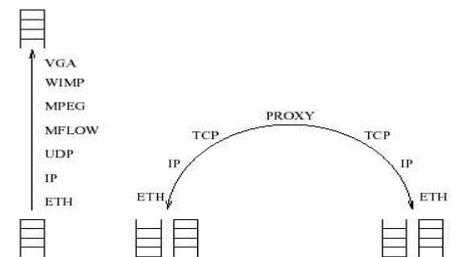


Figura 6 Trayectoria Scout

Los paquetes son clasificados tan pronto como es posible en su trayectoria correcta. En la figura 6 se observa que las trayectorias son flujos lineales desde la entrada hasta la salida.

ROUTER SOFTWARE CLICK

Click fue desarrollado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts y usa un módulo de kernel para reemplazar el subsistema de red del kernel.

Las configuraciones de los "routers Click" son grafos dirigidos de "elementos" con conexiones en los bordes de la gráfica. Los routers se

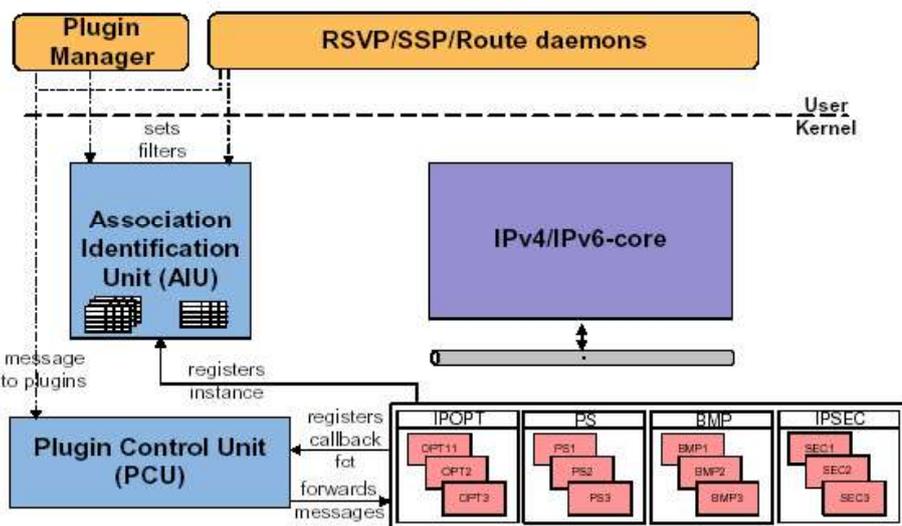


Figura 5: Arquitectura del sistema y ruta de control

ejecutan dentro del contexto de un driver, aunque pueden ejecutarse también en modo kernel (1).

En la figura 7, se observan tres elementos conectados. Las flechas reciben el nombre de “conexiones” y definen el flujo de los paquetes. Un paquete puede fluir en cualquier trayectoria dependiendo de las decisiones que tomen los elementos, los cuales implementan operabilidad con una granularidad muy fina. El usuario puede crear sus propios elementos como clases C++ e incorporarlas a las librerías de Click. Las funciones de los elementos son específicas a algún problema particular de manipulación de un router.



Figura 7: El caso simple de router Click

COMPARACIÓN

Luego de una revisión de los tipos de routers de investigación, en cuanto a su arquitectura, componentes y funciones así como a sus tendencias de diseño, es evidente que los routers son un tema emergente de investigación que está siendo abordado por diferentes perspectivas.

Es un hecho que una solución de router actual deberá permitir programar, extender y configurar un router.

Un router puede ofrecer distintas trayectorias al flujo de los paquetes, lo que es difícil de modelar en Scout, mientras que los plugins son complicados de implementar y configurar puesto que actúan a nivel de kernel. Por otro lado, el router de Click es muy didáctico y fácil de extender a partir de clases C++. El Click proporciona una abstracción que encapsula los conceptos de router con una granularidad muy fina. Entonces permite un entendimiento asequible para su desarrollo, además de que ya ha sido considerado por investigadores en diferentes campos: NPClick, un análisis de desempeño de memoria en, y NsClick.

REDES PROGRAMABLES

El término denominado “redes programables” ofrece la posibilidad de per-

sonalizar el comportamiento de un router en tiempo de ejecución, lo cual brinda nuevos niveles de flexibilidad para los administradores de red.

Actualmente, los investigadores en redes programables sugieren que el router ejecute un programa que controle con mayor inteligencia cómo los paquetes son manejados y reenviados a otras redes. Tales routers programables pueden ser usados entonces para implementar los estándares de QoS, como el modelo de Servicios Diferenciados (DiffServ—Differentiated Services), el cual sugiere marcar los paquetes con la finalidad de identificar su clase de servicio en los routers salientes de las organizacio-

de el punto de vista de la Ingeniería de Tráfico. Es deseable proveer un lenguaje de alto nivel, para permitir a los planificadores escribir los servicios del routers y su configuración.

Los programas de los routers necesitan ser cambiados para introducir nuevos servicios sin tener que apagar el equipo.

La red contiene un gran número de routers heterogéneos, por lo que sería adecuado ocultar tal heterogeneidad a los administradores de red.

CONCLUSIÓN

Luego de revisar los trabajos de investigación, podemos concluir que los routers hoy día pueden verse como productos de software dinámicos que se ejecutan en una plataforma de hardware especial o general (en el caso de los PC's) y que por sus funciones críticas en la red se necesita a priori que su desempeño sea correcto.

El correcto funcionamiento del router resulta en la estabilidad de los sistemas computacionales con aplicaciones finales en las que subyacen elementos de conectividad o de comunicación de redes de computadoras.

nes. De este modo el tráfico puede ser moldeado, es decir, un paquete con baja prioridad puede ser retardado o inclusive eliminado, y un paquete con alta prioridad puede ser despachado inmediatamente.

El surgimiento de las redes programables implica ciertos aspectos des-

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Kohler, Eddie. The Click Modular Router. Thesis for the Degree of Doctor Philosophy, at the Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 2001. <http://www.pdos.lcs.mit.edu/papers/click:kohler-phd/thesis.pdf>
2. Decasper, Dan. Dittia, Zubin. Parulkar, Guru. Router Plugins: A Software Architecture for Next Generation Routers In Proceedings of the SIGCOMM Conference IEEE/ACM Transactions on Networking 1998 Setiembre; 1 (1):30-33.
3. Mosberger, David. Petterson, Larry. Making Paths explicit in the Scout operating System, In Proc. 2nd. Simposium on Operating Systems Design and Implementation; Princeton University 1997. <http://www.cs.princeton.edu/nsg/papers/paths-osdi.html>
4. Lee, David. Harper, Scott. Athanas, Peter. A Stream-based Reconfigurable Router Prototype. IEEE International Conference on Communications 1999 Junio; 1(1):45-50. <http://www.ccm.ece.vt.edu/papers/routericc99.pdf>
5. Keshav, S. Sharma, Rosen. Issues and Trends in Router Design. IEEE Communications Magazine 1988 Mayo; 35(6):144-151.
6. Gottlieb, Yitzchak. Peterson, Larry. A Comparative Study of Extensible Routers. IEEE Open Architectures and Network Programming Proceedings 2002 junio; 2(1):51-62.

E-mail: ing_maxponce@yahoo.es