

El papel de los acondicionadores de tráfico para ofrecer Calidad de Servicio extremo a extremo

Maria Dolores Cano, Pablo López-Matencio, Juan José Alcaraz, Fernando Cerdán
Departamento de Tecnología de la Información y las Comunicaciones, Universidad Politécnica de Cartagena
Campus Muralla de Mar. Edificio Antiguo Hospital de Marina, 30202 Cartagena
Teléfono: 968 325953 Fax: 968 325973 E-mail: {mdolores.cano, fernando.cerdan, X, X}@upct.es

Resumen. *Los acondicionadores de tráfico son un elemento clave para la implantación de los Servicios Diferenciados en redes IP. Es conveniente hacer un pequeño esfuerzo para comprender qué son los acondicionadores de tráfico y qué papel desempeñan dentro de los Servicios Diferenciados para proporcionar una Calidad de Servicio extremo a extremo. En este artículo pretendemos ayudar al lector a reconocer las funciones de un acondicionador de tráfico, en concreto, centrándonos en la capacidad que tienen de garantizar un caudal de tráfico al usuario final y la posibilidad de distribuir el ancho de banda no contratado del enlace entre los distintos usuarios.*

1 Un poco de historia

Hace algunos años el uso de Internet estaba prácticamente limitado a aplicaciones como el correo electrónico o la transferencia de archivos. El modelo convencional *best-effort*, donde todos los paquetes compiten por igual por los recursos de la red era suficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios. El extraordinario crecimiento de la popularidad de Internet junto con el desarrollo de nuevas y variadas aplicaciones evidencian el drástico incremento del uso de los recursos de red, con el consecuente problema de congestión en las redes. Para evitar este efecto indeseable se han presentado diversas soluciones que comparten una misma finalidad: proporcionar a cada aplicación exactamente los recursos que necesita. En otras palabras, proporcionar Calidad de Servicio (*Quality of Service*, QoS).

Un primer intento de llevar QoS a las redes IP fue la arquitectura de Servicios Integrados (*Integrated Services*, IntServ). Con IntServ, es fundamental gestionar el ancho de banda, lo que implica utilizar algún método de reserva de recursos y control de admisión. La arquitectura IntServ es capaz de garantizar de modo estricto cualquier requisito de QoS. No obstante, su implantación ha sido escasa por su falta de escalabilidad. En este contexto, la necesidad de encontrar soluciones para disponer de QoS en redes IP llevó al desarrollo de la arquitectura de Servicios Diferenciados (*Differentiated Services*, DiffServ) [1]. DiffServ se diseñó como una arquitectura simple con varios niveles de QoS. Toda la complejidad de este esquema se traslada a la frontera de la red, manteniendo el interior tan simple como sea posible. El campo *Type of Service* de la cabecera de los paquetes IP v.4 se sustituye por el campo DiffServ, confiriendo un nuevo significado a los bits que lo componen: los seis más significativos forman el DSCP (*DiffServ Code Point*), mientras que los dos menos significativos no se utilizan actualmente (bajo experimentación para redes ECN (*Explicit Congestion Notification*)).

Con DiffServ se crea un grupo de mecanismos para tratar a los paquetes de modo diferente en función de la información del campo DSCP. Así, los paquetes se clasifican y marcan para recibir un trato particular en los nodos que atraviesan a lo largo de su camino. A este trato se le conoce como Comportamiento por Salto (*Per-Hop Behavior*, PHB). Las funciones complejas de clasificación y acondicionamiento de paquetes sólo se implementan en la frontera de la red. Mientras, los nodos interiores aplican los PHB a los agregados de tráfico que llegan apropiadamente marcados. El IETF (*Internet Engineering Task force*) ha estandarizado dos PHB: el EF-PHB (*Expedited Forwarding PHB*) y el AF-PHB (*Assured Forwarding PHB*) también denominado Servicio Asegurado [2]. El EF-PHB está destinado a servicios extremo a extremo que requieran pocas pérdidas, baja latencia, poco *jitter* y un ancho de banda asegurado. La idea subyacente del Servicio Asegurado AF PHB es garantizar un caudal mínimo al usuario final, normalmente la velocidad contratada, y si existe ancho de banda no contratado permitir a los usuarios finales consumirlo.

Son los operadores los que deciden cómo realizar el acondicionamiento del tráfico para consumir un acuerdo de nivel de servicio (*Service Level Agreement*, SLA). Un SLA describe el servicio contratado e identifica el servicio que debe recibir el cliente. Dado que el SLA incluye en la mayoría de ocasiones consideraciones de naturaleza económica (como por ejemplo el coste del servicio), se ha acuñado un nuevo término: la especificación de nivel de servicio (*Service Level Specification*, SLS). El SLS define el servicio que recibe un flujo de tráfico dentro de un dominio DiffServ. Para poder proporcionar un SLS, se han de especificar los perfiles de tráfico, la clasificación de paquetes, las reglas de marcado (o remarcado), y en general las tareas que se han de llevar a cabo en el caso de que los flujos de tráfico no se acomoden con los perfiles dados. A este conjunto de especificaciones se le denomina especificación de acondicionamiento del tráfico (*Traffic Conditioning*).

Specification, TCS). Como resultado, el TCS incluye reglas de acondicionamiento de tráfico con el objetivo de que el cliente reciba el servicio que contrató. La complejidad del acondicionador de tráfico dependerá del servicio que se oferta, pudiendo ir desde un simple remarcado del DSCP a elaboradas operaciones de funciones policía. La gran cantidad de investigación realizada en este campo nos ha motivado a presentar este trabajo en el que se clarifique el concepto de acondicionador de tráfico y su influencia en la QoS que el usuario final percibe.

El resto del artículo queda organizado del siguiente modo. En la sección 2 mostramos la arquitectura DiffServ, definimos un acondicionador de tráfico y resumiremos sus funciones. La sección 3 presenta algunas características de los diversos acondicionadores propuestos hasta la fecha. La sección 4 analiza el futuro de DiffServ, y en consecuencia de los acondicionadores de tráfico. Las conclusiones más importantes se resumen en la sección 5.

2 Acondicionadores de tráfico

2.1 El dominio DiffServ

La arquitectura DiffServ contiene dominios. Un dominio es un conjunto de nodos contiguos que operan con una política de provisión de servicio común y con un grupo de PHB implementados en cada nodo. Los límites del dominio DiffServ quedan claramente establecidos por los nodos frontera, que clasifican y acondicionan el tráfico de entrada al dominio, asegurando así que los paquetes que circulan por el dominio van marcados con el apropiado comportamiento de salto (PHB) de alguno de los PHB implementados en ese dominio. Los nodos dentro del dominio seleccionan el trato a dar a los paquetes (el PHB) basándose en el DSCP (véase Fig. 1).

2.2 ¿Qué es un acondicionador de tráfico?

La Fig. 2 muestra una visión lógica de un acondicionador de tráfico. Observe que previamente a cualquier operación, el tráfico se debe clasificar. Los clasificadores seleccionan paquetes del flujo de tráfico basándose en el contenido de alguna porción de la cabecera del paquete. Una vez marcados los paquetes se dirigirán a alguno de los componentes lógicos del acondicionador.

Los tres elementos que forman el acondicionador de tráfico son: medidor, marcador y espaciador/descartador. Desde luego, no siempre se implementan todos ellos. Por ejemplo, si las fuentes de tráfico pudiesen generar tráfico de modo ilimitado sin comprometer las prestaciones de la red, el espaciador/descartador no aparecería. Un medidor, como su nombre indica, mide la velocidad o tasa a la que llegan los paquetes al acondicionador, para así determinar la conformidad con los parámetros de tráfico y disparar una acción particular.

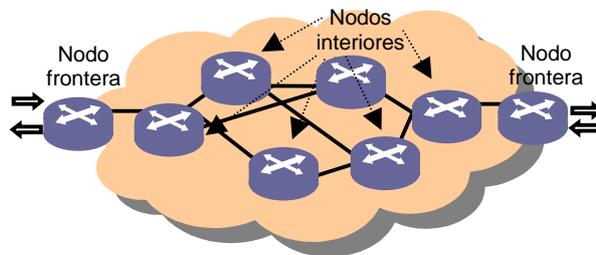


Fig. 1. Topología ejemplo de un dominio DiffServ.

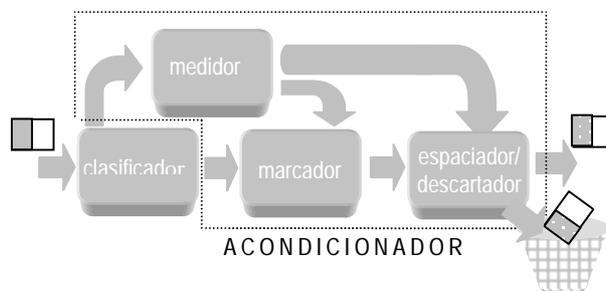


Fig. 2. Clasificador y elementos lógicos de un acondicionador de tráfico.

Acciones comunes son no hacer nada, marcar (o remarcado) el paquete con un determinado DSCP u otra operación como descartar el paquete o espaciarlo. El marcador escribe (o re-escribe) un determinado valor en el campo DSCP. Es decir, haciendo que el paquete pertenezca a un PHB específico. Por su parte, el espaciador retarda algunos o todos los paquetes del flujo para forzarlo a cumplir el perfil de tráfico. Puesto que el espaciador tendrá una cola finita, algunos de los paquetes puede que sean eliminados si la cola se llena. Finalmente, el descartador descarta algunos o todos los paquetes que le llegan con el mismo objetivo de hacer cumplir el perfil de tráfico siguiendo una determinada política de descarte.

Los acondicionadores de tráfico se encuentran habitualmente en los nodos frontera. Sin embargo, las tareas de acondicionamiento del tráfico también se pueden realizar en el enrutador de salida de una empresa, organización o usuario, o incluso en el propio computador a través de controladores proporcionados por el administrador o ISP. Como se indica en [1] existen algunas ventajas al realizar el acondicionamiento cerca de las propias fuentes de tráfico. En primer lugar, resulta sencillo para las fuentes de tráfico tener en cuenta las preferencias de cada aplicación a la hora de marcar un paquete para que posteriormente reciba un trato mejor. Además, también es mucho más sencillo clasificar el tráfico cuando tenemos pocos flujos de tráfico (o incluso sólo uno) que cuando tenemos un agregado con quizá cientos de flujos.

3 Breve estado de la técnica

Los objetivos del Servicio Asegurado AF son asegurar un caudal mínimo a cada fuente (el ancho de banda contratado) y además, permitir a las fuentes consumir más ancho de banda del contratado si la

carga de la red es baja. El reparto del ancho de banda en exceso entre las diferentes fuentes se ha de realizar de modo justo, donde definimos *justicia* como el reparto equitativo del ancho de banda en exceso entre todas las fuentes que componen el agregado. En la mayor parte de la literatura relacionada, se utiliza esta definición, pues se asume que si se consigue un reparto equitativo del ancho de banda en exceso, pasar a un reparto proporcional dependerá únicamente del uso de un sistema de ponderación.

Durante los últimos años se han presentado diferentes propuestas de acondicionadores de tráfico en la literatura especializada. Algunos de los acondicionadores de tráfico propuestos no consiguen garantizar los contratos de modo estricto debido a la gran dependencia que existe con parámetros de la red como por ejemplo el tiempo de ida y vuelta (*Round Trip Time*, RTT). Otros, aún en condiciones favorables donde no hay diversidad en los parámetros de la red, presentan una configuración demasiado compleja que hace que cualquier pequeña variación en los valores de ésta no garantice los contratos. A su vez, existen propuestas que son capaces de asegurar los contratos de los usuarios pero que a la hora de distribuir el ancho de banda en exceso no lo hacen de modo justo (en ninguna de las dos definiciones contempladas para el término *justicia*). Las últimas tendencias en cuanto al desarrollo de acondicionadores de tráfico o bien requieren el uso de señalización excesiva, o necesitan una monitorización por flujos en el *router* con los consecuentes problemas de escalabilidad. Además, incluso en estas últimas propuestas que consiguen garantizar los contratos, existen claras deficiencias en cuanto al reparto del ancho de banda sobrante entre las distintas fuentes TCP que componen el agregado.

El acondicionador de tráfico *Counters-Based Modified* (CBM) introducido en [3] se presenta como un prometedor mecanismo de acondicionamiento de tráfico. No sólo garantiza los contratos de cada una de las fuentes gracias al marcado de tráfico mediante el algoritmo CB, sino que es posible además lograr una distribución equitativa del ancho de banda en exceso entre las distintas fuentes utilizando una función policía que descarta de manera probabilística paquetes que están calificados como fuera del perfil. La probabilidad de descarte de un paquete fuera de perfil se determina asumiendo que el acondicionador de tráfico conoce la cantidad de ancho de banda sobrante y una aproximación del RTT medio de las conexiones. Aunque este hecho implica que sea necesario algún tipo de señalización, ésta es más sencilla que la empleada en otras propuestas de acondicionadores de tráfico. Las simulaciones realizadas en diferentes topologías (de uno o varios nodos) con características variadas (diferentes contratos, diferentes RTT, diferentes tamaños de paquete y uso compartido de recursos con fuentes *best-effort*) muestran que CBM consigue garantizar los contratos de cada fuente de manera estricta y repartir el ancho de banda no contratado de modo justo.

4 El acondicionamiento de tráfico en las redes futuras

Las comunicaciones móviles permiten a los usuarios acceder a los recursos de la red en cualquier momento sin importar la localización. Estas redes han evolucionado en lo que se viene conociendo como tercera generación o UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Simultáneo al crecimiento de comunicaciones inalámbricas hay una tendencia al desarrollo de comunicaciones multimedia sobre IP con QoS. En estas circunstancias nos planteamos si será DiffServ el candidato para proveer QoS en ambientes inalámbricos. En [4] se indica expresamente que UMTS utilizará la arquitectura DiffServ para proporcionar QoS. En concreto, se especifica que una de las tareas del servicio portador UMTS (*UMTS bearer service*) es el acondicionamiento del tráfico. Los lugares seleccionados para el acondicionamiento serán el propio terminal móvil, el enlace de bajada de la red de acceso radio y el punto conocido como pasarela (*gateway*). Actualmente, una de las mayores preocupaciones es cómo ajustar las clases de tráfico existentes en UMTS (cada una con sus requisitos de QoS) con las clases existentes en DiffServ.

5 Conclusiones

Para concluir, podemos afirmar que existe una relación evidente entre el trabajo que desempeña un acondicionador de tráfico y la QoS que el usuario final percibe. Hemos explicado brevemente la arquitectura DiffServ y los elementos que componen un acondicionador de tráfico. Como parte esencial de la arquitectura DiffServ, hemos mencionado la problemática de las diferentes propuestas de acondicionamiento, rescatando una de las más significativas (CBM). CBM es capaz de garantizar un Servicio Asegurado AF. El futuro viene claramente marcado por el desarrollo de redes inalámbricas, en concreto por las denominadas tercera y cuarta generación, y las redes *all-IP* (todo IP) donde parece inherente el uso de DiffServ. Lo que plantea nuevos retos a las funciones de acondicionamiento de tráfico.

Referencias

- [1] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, Diciembre 1998. Véase también RFC 3260.
- [2] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski, "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, Junio 1999.
- [3] Maria-Dolores Cano, Fernando Cerdan, Joan Garcia-Haro, Josemaria Malgosa-Sanahuja, "Counters-Based Modified Traffic Conditioner", Lecture Notes in Computer Science (QoSIS 2002), Vol. 2511, pp. 57-67, Springer-Verlag, 2002.
- [4] 3GPP TS 23.107 v5.9.0 Technical Specification 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Quality of Service concept and architecture Release 5 2003-06.