

Review of Approaches for the use of the Label Flow of IPv6 Header

L. Y. B. Sánchez and J. J. P. Aguilar

Abstract— One of the radical changes that have occurred in current IP networks has been the migration from IPv4 to IPv6. One of the most important aspects of the IPv6 protocol is the fact that allows the labeling of packets belonging to a particular flow in order to give proper treatment by routers, for such purpose, the "Flow Label" field was originally created. However, this field has not been exploited yet and it has even been shelved due to the rise of other technologies such as MPLS. With the rise of IPv6 world implementation, it is essential to know the requirements of the use of this field to exploit the functions for which it was created. This article describes the IPv6 flow label field evolution, specifications and recommendations published by the IETF to use it; also here, some approaches are described, which have been proposed so far using the Label Flow for different purposes.

Keywords— IPv6 Header, Flow Label, QoS.

I. INTRODUCCIÓN

LA ACTUAL migración de IPv4[1] a IPv6 ha ocasionado cambios relevantes en los campos de la cabecera IP; algunos campos fueron modificados, otros fueron remplazados y otros se agregaron para mejorar las funcionalidades provistas por IPv4. Entre los campos que se agregaron está el de la "Etiqueta de flujo" (flow label en inglés), el cual se creó con el fin de etiquetar paquetes IP que necesitan un tratamiento especial en los Enrutadores de Internet.

Desde la especificación del protocolo IPv6 se presentaron varios debates en la IETF acerca del propósito del campo de "Etiqueta de Flujo". Las preguntas que se hacían los diseñadores eran: ¿Iba a ser para manejar conmutación rápida, o iba a ser útil para aplicaciones y usada para especificar calidad de servicio?, ¿debe ser esta enviada por el host emisor, o podría ser fijada por los routers? ¿Podría ser esta modificada en ruta o debe ser entregada sin cambio?. A causa de estas incertidumbres, y debido a que había trabajo más urgente, la etiqueta de flujo fue ignorada por los fabricantes de Enrutadores, por lo que hoy por hoy, está establecida a cero en casi cada paquete IPv6[2].

Hasta el momento han surgido varias propuestas para el uso del campo "Etiqueta de Flujo" para diferentes propósitos; sin embargo, muchas de estas incumplen alguna o todas las recomendaciones dadas por la IETF en su momento. La IETF ha venido estudiando estos casos y finalmente ha publicado la

recomendación RFC6437[3], que establece los requerimientos mínimos para el uso de este campo.

En este artículo se presenta el estudio realizado alrededor del uso del campo de "Etiqueta de Flujo" de la cabecera IPv6, y cómo ha ido evolucionando desde su creación hasta hoy, mostrando las recomendaciones dadas por la IETF que la especifican y además, las diferentes propuestas que han surgido para su uso con diferentes propósitos. Este artículo está organizado así: en la sección II, se presenta la historia y evolución de la etiqueta de flujo. En la sección III, se dan las recomendaciones más relevantes de la especificación actual del campo "Etiqueta de Flujo" según las recomendaciones de la IETF. En la sección IV se describen algunas de las propuestas independientes relacionadas con el uso del campo de "Etiqueta de Flujo" en los Enrutadores, y finalmente, en la sección V se dan las conclusiones y trabajos futuros.

II. HISTORIA DE LA ETIQUETA DE FLUJO

Con la migración del protocolo IPv4[1] a IPv6[4], se generaron varias modificaciones en los campos de la cabecera IP. Algunos de estos campos fueron renombrados o se dejaron opcional, otros se eliminaron y otros fueron agregados con el fin de proveer nuevas funcionalidades para mejorar el procesamiento y envío de los paquetes.

En primera instancia la capacidad de direccionamiento se incrementó, pasando de 32 bits a 128 bits de direcciones tanto para la fuente como para el destino. Esto resolvió el problema de espacio de direcciones limitado de IPv4 y ofrece una configuración más simple. En lo que respecta al formato de la cabecera, paso de tener una longitud entre 20 y 60 bytes en IPv4 a tener una longitud de 40 bytes constantes para IPv6, permitiendo manejar los paquetes en forma más rápida y con un costo de procesamiento más bajo (ver Figs. 1 y 2). Se mejoró el soporte para extensiones y opciones, debido a que en IPv6 las opciones son manejadas como cabeceras de extensión y estas son insertadas entre la cabecera IPv6 y la carga útil del paquete, al contrario de la cabecera IPv4, en que las opciones están integradas dentro de la cabecera básica de IPv4. Se especificó también el soporte para autenticación y extensiones para integridad y confidencialidad de los datos (IPSEC [5]). Finalmente, también se agregó a IPv6 la capacidad de etiquetamiento de flujos, es decir, los paquetes que pertenecen al mismo flujo de tráfico y que requieren un manejo especial o un cierto nivel de calidad de servicio, pueden ser etiquetados por el emisor con un determinado identificador. En la TABLA I se resumen los cambios realizados en lo que respecta a la cabecera IPv4 vs IPv6.

L. Y. B. Sánchez, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia, line.becerra@ucp.edu.co.

J. J. P. Aguilar, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia, jhon.padilla@upb.edu.co.

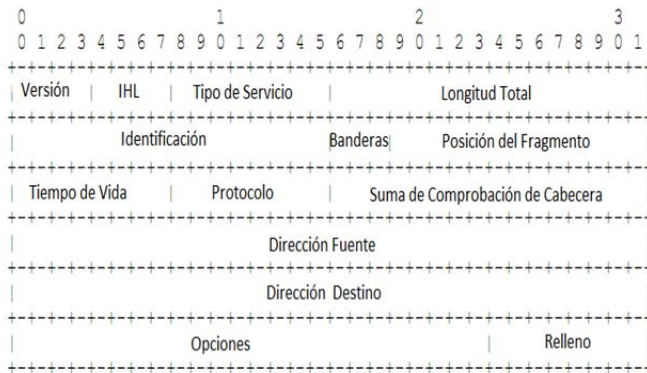


Figura 1. Formato de la cabecera IPv4[1].

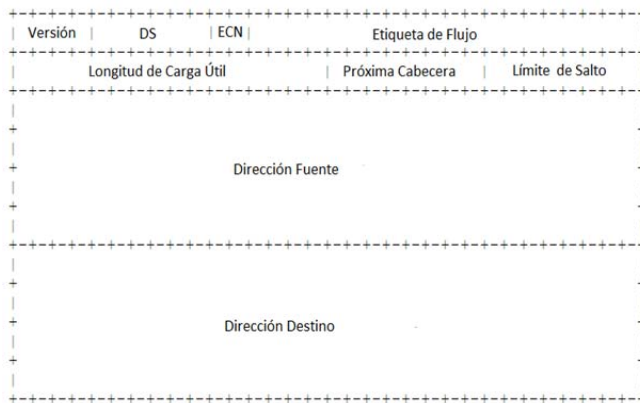


Figura 2. Formato de la cabecera IPv6[4].

Como se puede notar en la Fig. 2, uno de los campos que se agregaron a la cabecera IPv6 fue el de “Etiqueta de flujo”, en el cual se enfoca este documento. El campo “Etiqueta de flujo” no ha sido muy utilizado y ha sido tema de investigación, buscando la forma de darle un uso apropiado. A continuación se describen las diferentes recomendaciones y especificaciones publicadas por la IETF (Internet Engineering Task Force), desde la creación de este campo, que dan luces sobre la finalidad con la que fue creado y como ha venido evolucionando con el tiempo.

De acuerdo a [2], la primera apreciación sobre la necesidad de un campo en la cabecera IP para indicar cuando un paquete pertenece a un flujo y que además permitiese el envío de paquetes salto por salto, se dio en la RFC1707[6], CATNIP (Common Architecture for Next Generation Internet Protocol). A este concepto se le conoce como el precursor de la etiqueta MPLS RFC3031[7]. Luego la IETF desarrolló una propuesta conocida como SIPP (Simple Internet Protocol Plus) RFC1710[8], la cual incluyó etiquetamiento de paquetes pertenecientes a flujos de tráfico particular. Y finalmente en la RFC1752 [9], quedó la elección final y especificación inicial del campo Etiqueta de flujo dentro del diseño de IPv6.

TABLA I. RESUMEN DE CAMBIOS EN LA CABECERA IP.

Campo IPv4	Campo IPv6	Descripción
Versión	Versión	Permanece sin cambio para permitir coexistencia de IPv4 e IPv6.
IHL	-----	Es irrelevante en IPv6 porque todas las cabeceras son de la misma longitud.
Tipo de Servicio	DS	En IPv6 se renombró a Servicios Diferenciados.
Longitud Total	Longitud de Carga Útil	Cambio debido a que la cabecera de IPv6 es de valor constante.
Identificación	-----	En IPv6 no es necesario porque no permite fragmentación en nodo intermedio.
Banderas	-----	En IPv6 no es necesario porque no permite fragmentación en nodo intermedio.
Posición de Fragmento	-----	En IPv6 no es necesario porque no permite fragmentación en nodo intermedio.
Tiempo de vida	Límite de Salto	Cambio por facilidad de interpretación de un número finito y entero para IPv6.
Protocolo	Próxima Cabecera	Se renombró para IPv6, incluye cabeceras de extensión o de protocolos de capa superior.
Suma de comprobación de cabecera	-----	No se consideró para IPv6 debido a que este cálculo lo realizan los protocolos de capa superior.
Direcciones Fuente y Destino	Direcciones Fuente y Destino	Pasa de 32 Bits en IPv4 a 128 bits en IPv6.
Opciones	-----	En IPv6 no hace parte de la cabecera, son reubicadas después de la cabecera.
-----	ECN	Se agregó a IPv6 como banderas de notificación de congestión explícita.
-----	Etiqueta de Flujo	Se agregó a IPv6 para identificar paquetes que pertenecen al mismo flujo.

El campo “Etiqueta de flujo” inicialmente fue especificado con una longitud de 28 bits, luego mediante la RFC1883[10] se redujo a 24 bits y finalmente fue reducida a 20 bits con la RFC2460[4]. Desde la definición de este campo se presentaron varias incertidumbres acerca de su uso, tanto que, en la RFC2460 es definido como experimental y sujeto a cambios. La IETF realizó varios trabajos preliminares a su especificación completa tales como en [11-14], hasta que se publicó una especificación más detallada en la RFC3697[15], la cual, proporcionaba información útil para su uso y estuvo vigente por siete años aproximadamente. Durante este tiempo varias soluciones fueron publicadas por investigadores proponiendo metodologías de su uso para diferentes propósitos tales como: soporte de calidad de servicio, conmutación de paquetes, filtrado de paquetes entre otros, pero estas soluciones violaban de alguna manera las recomendaciones de dadas por la RFC3697[15].

Debido a lo anterior grupo de trabajo de la IETF hace un estudio de casos de uso del campo “Etiqueta de flujo” publicado en la RFC6294[2] y el análisis de las incompatibilidades de varias propuestas para el uso de la etiqueta con lo especificado en la RFC3697[15]. Dicho análisis fue publicado en la RFC6436[16], y en esta última, se recomienda la actualización de la RFC3697[15]. Como consecuencia de esto, es publicada la nueva especificación de

la etiqueta de flujo mediante la RFC6437[3], quedando como obsoleta la RFC3697[15]. En la TABLA II, se muestra el resumen de las especificaciones de la etiqueta de flujo.

TABLA II. EVOLUCION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL CAMPO ETIQUETA DE FLUJO IPV6.

Especificación	Descripción
RFC1707 [6]	Propuso utilizar un campo de cabecera compartida por todos los paquetes pertenecientes a un flujo.
RFC1710 [8]	Valor de la etiqueta de flujo de 28 bits.
RFC1752 [9]	Etiquetamiento de paquetes pertenecientes a flujos de tráfico particular para cual el emisor solicita un manejo especial.
RF1883 [10]	Reducción de la Etiqueta de Flujo a 24 bits.
RFC2460 [4]	Estandarización de la Etiqueta de Flujo a 20bits.
RFC3697 [15]	Especificación del campo etiqueta de flujo.
RFC6294 [2]	Estudio de casos de uso del campo Etiqueta de Flujo.
RFC6436 [16]	Racionalización para actualizar la especificación del campo Etiqueta de Flujo.
RFC6437 [3]	Especificación actual de la Etiqueta de Flujo.

III. RECOMENDACIONES RELEVANTES DE LA ESPEFICACIÓN ACTUAL DEL CAMPO ETIQUETA DE FLUJO IPV6 RFC6437

El campo de etiqueta de flujo de la cabecera IPv6, con una longitud de 20 bits, fue definido para etiquetar paquetes pertenecientes a un mismo flujo. De acuerdo a [3, 15], desde el punto de vista de capa de red, un flujo se define como una secuencia de paquetes desde una fuente a un destino (*Unicast, anycast, multicast*). Desde el punto de vista de capa superior, un flujo puede consistir de todos los paquetes en una conexión de transporte específica (también conocida en inglés como *media stream*).

Para la clasificación de los paquetes, la especificación en RFC6437[3], recomienda el uso de la tri-tupla (Direcciones fuente y destino y la etiqueta de flujo); esto es porque tradicionalmente la clasificación se hacía sobre la quintupla (Direcciones fuente y destino, puertos fuente y destino y tipo de protocolo), pero algunos de estos datos pueden no estar disponibles debido a fragmentación o cifrado o la localización de ellos puede ser ineficiente debido al posible paso por varias cabeceras de opción IPv6.

La RFC6437[3], se centra en el uso de la etiqueta de flujo en un escenario *stateless* (sin estado), aunque enuncia que también puede ser usada en un escenario *stateful* (con estado), a diferencia de la RFC3697[15], que sugería su uso solamente en el escenario *stateful*. Un Escenario *Stateless* se refiere a que cualquier nodo que procesa la etiqueta de flujo en cualquier forma no necesita almacenar alguna información acerca de un flujo antes o después de que el paquete ha sido procesado[3]. En un escenario *stateful*, un nodo que procesa la información del valor de la etiqueta de flujo necesita almacenar información acerca del flujo, lo cual puede incluir el valor de la etiqueta de flujo. Un escenario *stateful* podría también requerir un mecanismo de señalización para informar a los nodos *downstream* (nodos destino) que la etiqueta de flujo está siendo usada en una cierta forma y para establecer estado del flujo en la red. Algunos protocolos de señalización

usados para este propósito son RSVP RFC2205[17] y GIST (General Internet Signaling Transport) RFC5971[18].

La RFC6437[3] aconseja que los valores del campo etiqueta de flujo sean escogidos de manera que sus bits exhiban un grado de variabilidad, y que además, sean adecuados para usar como parte de una entrada a una función hash usada en un esquema de distribución de carga, e igualmente que provea seguridad, de forma que sea poco probable que terceras personas adivinen el próximo valor que una fuente de etiquetas de flujo podría elegir. De acuerdo a esto, se recomienda que se use una distribución uniforme discreta.

La inmutabilidad de las etiquetas es también una de las restricciones dadas por la RFC6437[3], igual que en la especificación anterior la RFC3697[15]. Por tanto, una etiqueta de flujo con valor cero indica que el paquete no pertenece a ningún flujo. La inmutabilidad implica que la etiqueta de flujo debe ser entregada sin cambios al destino. Se permiten cambios por parte del nodo emisor solo por razones de seguridad operacional.

La RFC6437[3] también establece que los nodos de envío tales como Enrutadores y Distribuidores de carga (Load Balancers) no deben depender solamente de los valores de etiqueta de flujo distribuidos uniformemente. En algunos casos de uso, tales como una clave hash para distribución de carga, los bits de la etiqueta de flujo deben ser combinados con bits desde otras fuentes dentro del paquete, para generar un valor hash constante para cada flujo y una distribución adecuada de valores hash a través de los flujos. Los otros campos usados podrían ser algunos o todos los componentes de la usual 5-tupla.

IV. PROPUESTAS RELACIONADAS AL USO DE LA ETIQUETA DE FLUJO

En esta sección se da una breve descripción de las soluciones propuestas para el uso de la etiqueta de flujo para diferentes propósitos. La mayoría de las propuestas encontradas se inclinan a usar la etiqueta de flujo para soportar QoS, algunas se enfocan en usarla para soportar conmutación de paquetes, otras usan la etiqueta para contribuir en funciones de movilidad, mientras que otros usos se dan para balanceo de carga, filtrado de paquetes y seguridad.

En lo que respecta al soporte de calidad de servicio, en [19], se propone un mecanismo para aprovisionamiento de QoS end-to-end mediante la utilización de la 3-tupla en vez de la 5-tupla en la cabecera IPv6, usando el campo de la Etiqueta de flujo y el de Clase de tráfico para reservar recursos y alcanzar provisión de QoS personalizada. Se especifica un valor pseudo-aleatorio de 17 bit para identificar únicamente un flujo dado (ver Fig. 3). La propuesta es simulada en Ns-2 mostrando que el mecanismo se mantiene operando eficientemente durante la congestión de red. Los autores exponen la estructura de la etiqueta de flujo dividida en tres partes que son: LF que es el bit de Flag de Etiqueta, LT que significa el Tipo de Etiqueta y LN el número de etiqueta generado aleatoriamente por el nodo fuente.

LF	0	Deshabilitado.
	1	Habilitado.
LT	00	La etiqueta de flujo es solicitada por la fuente.
	01	La etiqueta de flujo es solicitada por el destino
	10	La etiqueta de flujo es para entrega de datos.
	11	La etiqueta de flujo es usada para terminar conexión.
LN	Un número aleatorio creado por la fuente.	

Etiqueta de flujo (20bits)

LF(1)	LT (2)	LN (17)
-------	--------	---------

Figura 3. Campo de Etiqueta Flujo propuesto en [19].

Bits patrón	Aproximación
00	Sin requerimientos de calidad de servicio (valor por defecto)
01	Valor Pseudo-Aleatorio que es usado por el valor de la etiqueta de flujo.
10	Soporte para representación paramétrica directa.
1100	Soporte para el modelo DiffServ.
1101	Reservado para uso futuro.
111	Reservado para uso futuro.

Figura 4. Clasificación de varias aproximaciones[20].

Tipo de uso	Tipo (3bits)	Formato de Uso (17bits)			
Número Aleatorio	001	Valor Pseudo-Aleatorio (1-1FFFF)			
Híbrido	101	1 bit	Ancho de banda (6bits)	Búfer (5bits)	Delay (5bits)

Figura 5. Tipo de etiqueta de flujo[21]

En [20], se propone una aproximación para utilizar eficientemente el campo de etiqueta de flujo para indicar requerimientos de QoS en comunicaciones de voz, datos y multimedia. Esta propuesta usa los primeros bits del campo de etiqueta de flujo como códigos para soportar diferentes aproximaciones (ver Fig. 4). Permite una opción pseudo-aleatoria, pero también adiciona opciones para una solicitud directa de QoS y para Diffserv. En la opción pseudo-aleatoria los dos primeros bits son 01 y los 18 bits restantes son ocupados por un número pseudo-aleatorio entre 0 y 3FFFF. Para la especificación de los parámetros directos de QoS, se usan 18 bits para codificar requerimientos de retardo de una vía, variación de retardo IP, ancho de banda, y pérdidas de paquetes en una vía. Y para la opción de soporte a Diffserv se usan los primeros cuatro bits en 1100 y los 16 restantes para indicar el código Diffserv PHB-ID (Differentiated Services Per-Hop-Behavior Identification Code).

Por otro lado, en [21] divide el campo de etiqueta de flujo en cinco partes, con los primeros 3 bits usados para diferenciar el tipo de uso (Número aleatorio ó híbrido) (ver Fig. 5). Si los primeros 3 bits son 001, la etiqueta de flujo será usada como un identificador aleatorio del flujo, pero si es igual a 101, es de tipo híbrido, los bits que quedan en la etiqueta de flujo

incluirán un requerimiento de QoS híbrido para ese paquete, el cual es subdividido en: tipo de tráfico (1, riguroso o 0, best effort), ancho de banda, uso del buffer, y requerimientos de retardo. Esta propuesta usa la etiqueta de flujo para indicar requerimientos de QoS de Intserv y para clasificar tráfico dentro de caminos conmutados de etiquetas con Diffserv. Los paquetes con una etiqueta de flujo aleatoria son mapeados dentro de un camino virtual genérico (best effort).

La propuesta expuesta en [22], usa la etiqueta de flujo como un remplazo para el campo Clase de tráfico; esta propuesta sugiere que la etiqueta de flujo entrante pueda indicar los requerimientos de calidad de servicio mediante matching (un tipo de búsqueda en las tablas de enrutamiento) a un clasificador Diffserv. Los autores usaron los primeros tres bits para indicar esto, y los siguientes 16 bits para indicar un código de identificación de comportamiento por salto de servicios diferenciados (Diffserv PHB-ID) RFC3140[23]; mientras que el último bit está reservado para un futuro uso (ver Fig. 6).

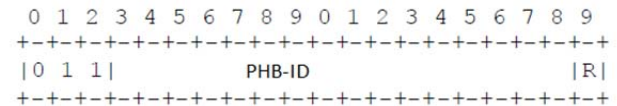


Figura 6. Formato de la etiqueta de flujo según la aproximación híbrida en [22].

Los autores en [24, 25], proponen un método para escoger un camino más óptimo que garantice requerimientos de calidad de servicio en aplicaciones multimedia, usando la etiqueta de flujo basado en redes Overlay [26].

Por otro lado, en [27] los autores proponen una nueva aproximación para soportar calidad de servicio sobre internet para redes fijas e inalámbricas. Esta aproximación es denominada Intserv6, está basada sobre la arquitectura de servicios integrados, ISA [28] y usa el campo de etiqueta de flujo para mejorar un conjunto de propiedades del estándar ISA, tales como reserva de recursos dentro de túneles, agregación de flujos e interconexión con redes de transporte con MPLS.

En lo que respecta a conmutación de paquetes, en [29] y [30] se describe una propuesta llamada "IPv6 Label switching Architecture" (6LSA). En 6LSA, los componentes de red identifican un flujo revisando el campo de la etiqueta de flujo en la cabecera del paquete IPv6; todos los paquetes con la misma etiqueta de flujo deben recibir el mismo tratamiento y ser enviados al mismo salto. Sin embargo, 6LSA se asemeja a MPLS al considerar que una etiqueta solamente tiene significado entre routers 6LSA y establece la etiqueta de flujo en cada salto. A diferencia de las técnicas de enrutamiento tradicionales, pero de manera similar a MPLS, los paquetes 6LSA son clasificados dentro de un FEC, y los routers envían paquetes sobre diferentes caminos mediante la revisión del FEC.

En [31], se propone mezclar la etiqueta de flujo como un tag de conmutación como en MPLS con Diffserv. La propuesta usa un bit en el punto de código de Diffserv RFC2474[32] para indicar que la etiqueta de flujo es un tag de conmutación.

Otra propuesta similar para conmutación basada en calidad de servicio de paquetes IPv6 [33] es diseñada para usar una opción salto por salto, la cual no ha sido aprobada por la IETF. En [34], se propone un nuevo modelo de envío por etiqueta con el fin de mejorar la conmutación rápida de paquetes IPv6 que requieren diferenciación de servicios y de proporcionar funciones más eficaces que MPLS (Multiprotocol Label Switching)[7].

En cuanto a movilidad, en [35] se presenta un esquema de enrutamiento basado en flujo en redes móviles IPv6 para soportar tráfico en tiempo real usando la etiqueta de flujo, y en [36] los autores proponen un esquema de QoS basado en la etiqueta de flujo para redes móviles. El esquema propuesto utiliza la etiqueta de flujo para identificar flujos y servicios. Por otro lado en [37] se propone un protocolo de reserva de recursos para proveer servicios en tiempo real para usuarios móviles, en esta propuesta la etiqueta de flujo es usada para llevar la etiqueta MPLS, pero su valor original es restaurado en el nodo de egreso con el fin de guardar un mecanismo transparente desde el punto de vista de usuario.

En [38], se propone usar la etiqueta de flujo para remplazar el ID de flujo del enrutamiento fuente (DSR, Dynamic Source Routing) para redes inalámbricas Ad hoc, incluyendo provisión de QoS en dicho mecanismo de enrutamiento.

Entre otros usos, en [39] propone un caso de uso mediante el cual, ciertos flujos encapsulados en un tipo particular de túnel IPv4-in-IPv6, serían distinguidos en el terminal remoto del túnel mediante un valor de etiqueta de flujo específico. Esto permitiría a un proveedor de servicio entregar una calidad de servicio a la medida

En [40], se describe cómo las restricciones sobre el uso de la etiqueta de flujo se aplican cuando esta se utiliza para balanceo de carga mediante enrutamiento multicamino de igual costo (ECMP-Equal Cost Multi Path Routing [41]) y para agregación de enlace, particularmente para tráfico tunelizado IP-in-IPv6.

Finalmente, en [42] se propone un metodología de uso de la etiqueta para prevenir ataques de *spoofing*, estableciendo un valor aleatorio en el campo etiqueta de flujo para hacer la cabecera del paquete más compleja y menos fácil de descifrar por un atacante. En la TABLA III, se da un resumen de las diferentes propuestas por categorías según el propósito de cada una.

TABLA III. RESUMEN DE PROPUESTAS PARA EL USO DEL COMPO ETIQUETA DE FLUJO IPV6.

Categoría (Propósito)	Propuestas
Soporte de Calidad de servicio	[19-22], [24-27]
Conmutación de paquetes	[29-34]
Movilidad	[35-38]
Identificación de túnel IPv4-in-IPv6	[39]
Balanceo de Carga	[40]
Seguridad	[42]

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este artículo se presentó el estudio realizado sobre las diferentes propuestas publicadas para el uso del campo de "Etiqueta de Flujo" IPv6, haciendo inicialmente una

descripción de la evolución de las recomendaciones dadas por la IETF que especifican su uso, desde la creación del campo en la cabecera IPv6 hasta el momento.

Durante este estudio se pudo evidenciar las incertidumbres existentes sobre las aplicaciones y usos que se le puede dar a este campo, tanto, que aún este ha sido poco utilizado y las propuestas que se han realizado han quedado inconclusas debido a que han violado las especificaciones del momento.

Con las nuevas recomendaciones mediante la RFC6437[3], trabajos futuros podrían estar enfocados a validar nuevamente aquellas propuestas que no cumplían con la RFC3697[15], por violar algunas de sus prohibiciones, de tal manera que evolucionen y den un aporte significativo a la comunidad de internet. Una de los propósitos que sería interesante indagar en forma más profunda es el de utilizar el campo de "Etiqueta de Flujo" para conmutación de paquetes como una contraparte de MPLS [43] en la realización de ingeniería de tráfico en redes IPv6, tomando como punto de partida las propuestas mencionadas en este artículo y haciendo ajustes pertinentes de acuerdo a la nueva especificación.

REFERENCIAS

- [1] Postel J., "Internet Protocol," *IETF RFC791*, 1981.
- [2] Hu Q. and Carpenter B., "Survey of Proposed Use Cases for the IPv6 Flow Label," *IETF RFC6294*, 2011.
- [3] Amante S.; Carpenter B.; Jiang S. and Rajahalme J., "IPv6 Flow Label Specification," *IETF RFC6437*, 2011.
- [4] Deering S. and Hinden R., "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," *IETF RFC2460*, 1998.
- [5] Kent S. and Seo K., "Security Architecture form the Internet Protocol," *IETF RFC4301*, 2005.
- [6] McGovern M. and Ullmann R., "CATNIP: Common Architecture for the Internet," *IETF RFC1707*, 1994.
- [7] Rosen E.; Viswanathan A. and Callon R., "Multiprotocol Label Switching Architecture," *IETF RFC3031*, 2001.
- [8] Hinden R., "Simple Internet Protocol Plus White Paper," *IETF RFC1710*, 1994.
- [9] Bradner S. and Mankin A., "The Recommendation for the IP Next Generation Protocol," *IETF RFC1752* 1995.
- [10] Deering S. and Hinden R., "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," *IETF RFC1883*, 1995.
- [11] Metzler J. and Hauth S., "An end-to-end usage of the IPv6 flow label," *Work in progress*, 2000.
- [12] Conta A. and Carpenter B., "A proposal for the IPv6 Flow Label Specification," *IETF Internet-Draft*, 2001.
- [13] Conta A. and Rajahalme J., "A Model for Diffserv use of the IPv6 Flow Label Specification," *IETF Internet-Draft*, 2001.
- [14] Hagino J., "Socket API for IPv6 Flow Label Field," *IETF Internet-Draft*, 2001.
- [15] Rajahalme J.; Conta A.; Carpenter B. and Deering S., "IPv6 Flow Label Specification," *IETF RFC3697*, 2004.
- [16] Amante S.; Carpenter B. and Jiang S., "Rationale for Update to the IPv6 Flow Label Specification," *IETF RFC6436*, 2011.
- [17] Braden R. et al., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) Version 1 Functional Specification," *IETF RFC2205*, 1997.
- [18] Schulzrinne H. and Hancock R., "GIST: General Internet Signalling Transport," *IETF RFC5971*, 2010.
- [19] Lin C.; Tseng P. and Hwang W., "End-to-End QoS Provisioning by Flow Label in IPv6," *ICIS*, 2006.
- [20] Prakash B., "Using the 20 bit flow label field in the IPv6 header to indicate desirable quality of service on the internet," *University Colorado (MSc Thesis)*, 2004.
- [21] Lee I. and Kim S., "A QoS Improvement Scheme for Real-Time Traffic Using IPv6 Flow Labels," *Lecture Notes in Computer Science Vol 3043*, 2004.
- [22] Banerjee R.; Malhotra S. and M. M., "A Modified Specification for use of the IPv6 Flow Label for providing An efficient Quality of Service using a hybrid approach," *Work in progress*, 2002.

- [23] Black D; Brim S. and Le Faucheur F., "Per Hop Behavior Identification Codes," *IETF RFC3140*, 2001.
- [24] Zheng He et al., "The Optimization of QoS Path-Selection Using Flow Label Based On Overlay Network," *IEEE International Conference on Communications Technology and Applications*, pp. 241-245, 2009.
- [25] Xiao-Hong Huang et. al., "Packet-switch Mechanism Based on QoS Class Mapping Using Flow Label for Overlay Network," *The Journal of China Universities of Post and Telecommunications. Science Direct*, vol. 17, pp. 17-23, 2010.
- [26] Awduche D. et al., "Overview and Principles of Internet Traffic Engineering," *IETF RFC3272*, 2002.
- [27] Padilla J. and Paradells J., "Intserv6: an approach to support QoS over IPv6 wired and wireless networks," *European Transactions on Telecommunications, Wiley InterScience*, 2007.
- [28] Braden R.; Clark D. and Shenke S., "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview," *IETF RFC1633*, 1994.
- [29] Chakravorty S., "Challenges of IPv6 Flow Label implementation," *Proc IEEE MILCOM2008*, 2008.
- [30] Chakravorty S.; Bush J. and Bound J., "IPv6 Label Switching Architecture," *work in progress*, 2008.
- [31] Beckman M., "IPv6 Dynamic Flow Label Switching (FLS)," *IETF Internet-Draft*, 2007.
- [32] Nichols K.; Blake S.; Baker F. and Black D., "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers," *IETF RFC2474*, 1998.
- [33] Roberts L. and Harford J., "In-Band QoS Signaling for IPv6," *work in progress*, 2005.
- [34] Chin-Ling Chen, "A Study of IPv6 Labeling Forwarding Model Supporting Diffserv," *Procedia Engineering-SciVerse ScienceDirect Elsevier*, vol. 15, 2011.
- [35] Doan H. et. al., "Flow-based forwarding scheme and performance analysis in mobile IPv6 networks.," *8th International Conference on Advanced Communication Technology*, vol. 3, pp. 1490-1496, 2006.
- [36] Zheng Tao; Wang Lan and Gu Daqing, "A flow Label Based QoS Scheme for End-to-End Mobile Services," *ICNS 2012-Ehte Eighth International Conference on Networking and Services*, pp. 169-174, 2012.
- [37] Ouellette Stéphane and Pierre Samuel, "HPMRSVP-TE: a Hierarchical Proxy Mobile Resource Reservation Protocol for Traffic engineering," *IEEE 64th Vehicular Technology Conference, 2006*, pp. 1-5, 2006.
- [38] Yee Tai W.; Eng Tan Ch. and Ping Lau S., "Towards Utilizing Flow Label IPv6 in Implicit Source Routing for Dynamic Source Routing (DSR) in Wireless Ad Hoc Network.," *IEEE Symposium on Computers & Informatics*, pp. 101-106, 2012.
- [39] Donley C. and Erichsen K., "Using the Flow Label with Dual-Stack Lite," *Work in progress*, 2011.
- [40] C. B. a. S. Amante, "Using the IPv6 Flow Label for Equal Cost Multipath Routing and Link Aggregation in Tunnels," *IETF RFC6438*, 2011.
- [41] Hopps C., "Analysis of an Equal-Cost Multi-Path Algorithm," *Ietf RFC2992*, 2000.
- [42] Blake S., "Use of the IPv6 Flow Label as a Transport- Layer Nonce to Defend Against Off-Path Spoofing Attacks," *Work in progress*, 2009.
- [43] J. Padilla, M. Huerta, O. Ravelo, R. Fabregat, R. Clotet, X. Hesselbach, "Minimization of Congestion in MPLS Networks by means of Flows Optimization Techniques", *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, Vol. 5, No. 5, pp. 352-359, Sept. 2007.



Jhon Jairo Padilla Aguilar. Es ingeniero Electrónico de la Universidad del Cauca (1993). Obtuvo su grado de Maestría en Informática de la Universidad Industrial de Santander (1998) y es Doctor en Ingeniería Telemática por la Universidad Politécnica de Cataluña (2008). Actualmente es docente de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana y coordina el Grupo de Investigación en Telecomunicaciones (GITEL) de dicha universidad. Sus áreas de interés son: Ingeniería de tráfico, Internet, Calidad de Servicio en Internet, redes inalámbricas, IPv6.



Line Yasmín Becerra Sánchez. Es Ingeniera Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana (1999). Especialista en Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana (2005). Magíster de la Universidad Pontificia Bolivariana (2009). Actualmente es estudiante de doctorado en ingeniería en el área de telecomunicaciones de

la misma universidad, es docente de la Universidad Católica de Pereira y Pertenece al Grupo de Investigación GIII-UCP. Sus áreas de interés son: Ingeniería de tráfico, Enrutamiento, Redes Móviles, Simulación de Redes, Internet, MIPv6, HMIPv6.