

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Importancia de la Existencia de Servicios de Calidad.	3
1.2	¿Qué son los Servicios Diferenciados?	3
1.3	Definiciones Básicas Previas a la Explicación de los Servicios Diferenciados. ...	4
1.4	Generalidades sobre los Servicios Diferenciados.....	8
1.4.1	Antes de que Existiera DS	8
1.4.2	Concepción de la Arquitectura DS. Características Fundamentales.	9
1.4.3	El Marco donde se Define DS	15
1.4.4	Un Servicio Diferenciado y la Utilización del Término.....	16
1.5	Aclaraciones Sobre DS	16
2	ANTECEDENTES EN LA CONCEPCIÓN DE LOS SERVICIOS DIFERENCIADOS.....	19
3	EXPLICACIÓN BÁSICA DE LA OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS DIFERENCIADOS.....	22
3.1	Definiciones Iniciales Sobre DS.....	22
3.2	Generalidades Sobre un Nodo.....	23
3.2.1	Definición de Secciones en un Nodo.....	23
3.2.2	Interfaces de Entrada y de Salida	24
3.2.3	Motor de Despacho de un Nodo.....	25
3.3	Elementos de la Arquitectura de Servicios Diferenciados.....	25
3.3.1	Interconexión de Nodos en la Interconexión de Dominios.	25
3.3.2	Rutas en un Dominio.....	26
3.3.3	Un Servicio Diferenciado en un Dominio.	27
3.3.4	Agregados de Comportamiento, y Comportamientos de Envío.....	28
3.4	“Comportamientos por-Salto” (Per-Hop Behavior –PHB—), y Mecanismos DS. 29	29
3.4.1	PHBs.....	29
3.4.2	Mecanismos DS.....	31
3.5	Campo DS y Agregado de Comportamiento.....	31
3.6	Estado de un Nodo.....	32

3.7	Ejemplos Diversos Sobre Ubicación de los Nodos de Primer Salto, y de Ubicación y Tipos de Nodos Terminales.	33
3.8	Acondicionamientos	33
3.8.1	Necesidad del Acondicionamiento	33
3.8.2	Estructura de Nodos en el Acondicionamiento	34
3.8.3	Acondicionador.	39
3.8.4	Ejemplos de la Aplicación de Acondicionamiento.....	44
3.8.5	Revisión de Aspectos Importantes Acerca del Acondicionamiento.....	45
3.9	Tratamientos en la Interfaz de Salida de un Dominio.	46
3.9.1	Estrategias de Administración de Congestión.	47
3.9.2	Estrategias de Evitación de Congestión.....	48
3.9.3	Clasificación de las Estrategias de Administración de Tráfico.	49
3.10	Política de Provisión de Servicios.....	49
4	ASIGNACIÓN, APROVISIONAMIENTO Y ADMISIÓN.	51
4.1	Recurso de Ancho de Banda de un Dominio en DS.....	51
4.1.1	Complejidad en la Definición del Recurso de Ancho de Banda en un Dominio. 51	
4.1.2	Requerimientos que del Recurso de Ancho de Banda del Dominio Tiene cada PHB que Opera en el Dominio.	53
4.1.3	Situaciones que Permiten la Simplificación de la Definición de Ancho de Banda. 55	
4.2	Aprovisionamiento.	57
4.3	Asignación de los Recursos (“Allocation”) de cada PHB.....	59
4.4	Admisión.....	60
5	DOS PHBS ESPECÍFICOS Y FORMACIÓN DE SERVICIOS CON ELLOS... 60	
5.1	El Grupo de PHBs AF (Assured Forwarding PHB Group –PHB AF Group— [RFC 2597]	61
5.1.1	Generalidades de los Servicios que se Podrían Ofrecer con el Grupo de PHBs AF. 61	
5.1.2	Características del Grupo de PHBs AF	61
5.1.3	Operación del PHB AF en un Nodo.	62
5.1.4	Acondicionamiento de Flujos para ofrecer un Servicio con el Grupo de PHBs AF. 63	
5.1.5	Ejemplos de Servicios que se Pueden Construir con el Grupo de PHBs AF. ..	63
5.2	EL PHB EF	64

5.2.1 Generalidades de los Servicios que se Podrían Obtener con el PHB EF 64

5.2.2 Descripción del PHB EF. 64

5.2.3 Operación del PHB EF en un Nodo..... 64

5.2.4 Implantación del PHB EF..... 65

5.2.5 Ejemplos de Servicios que se Pueden Construir con el PHB EF. 65

5.3 Formación de Diversos Servicios con un Solo PHB..... 66

6 ADMINISTRACIÓN DE DOMINIOS Y ACUERDOS ENTRE DOMINIOS..... 68

6.1 La Administración de un Dominio..... 68

6.2 Administradores de Ancho de Banda 68

6.3 El Propósito de un Acuerdo..... 68

6.4 Tipos de Acuerdos Según su Dinamismo..... 69

6.5 Tipos de Acuerdos Según su Alcance..... 69

6.5.1 SLA..... 69

6.5.2 TCA 70

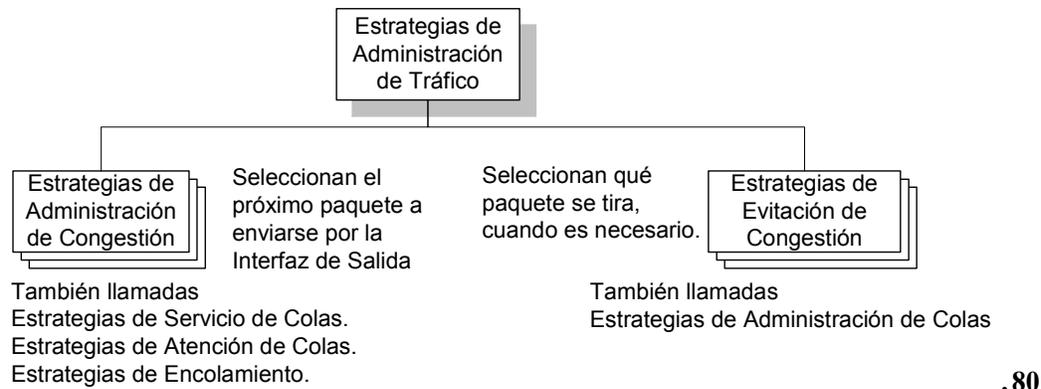
6.6 Señalización 70

6.7 RSVP..... 71

7 COMPORTAMIENTO POR DOMINIO 71

UDP 77

REPETIMOS EL CUADRO EN LA ILUSTRACIÓN 17, EN LA PÁGINA 49. 80



TOMO 2. ARQUITECTURA DE SERVICIOS DIFERENCIADOS REVISIÓN

Prefacio.

Al trabajar en el tema de Servicios Diferenciados, con relación a la Asignación de Recursos, encontré que la arquitectura relacionada con los Servicios Diferenciados estaba, desde mi punto de vista, aun muy incipiente, documentada en diversas fuentes donde se establecían sus características de manera general, de tal forma que se dejaban los detalles y la solución de problemas no resueltos para investigaciones subsecuentes.

El tema de Servicios Diferenciados ha resultado muy amplio e interesante, pero a su vez, ha resultado complicado trabajar en un tema sobre el cual no haya yo encontrado un trabajo didáctico que me ayudara a resolver las dudas que yo tenía sobre el tema. Esto lo digo sin el ánimo de descalificar tantas fuentes interesantes que hablan sobre el tema.

Además, encontraba yo requerido encontrar una forma de transmitir a mis tutores las cosas que yo entendía sobre el tema, no importando que éstas estuviesen erróneas.

Por lo anterior, he trabajado en un documento de tutoría que no tiene el propósito de ser un documento de publicación de innovaciones, pero sí un documento de publicación de consideraciones y meditación sobre la arquitectura de Servicios Diferenciados.

Este documento tiene fundamentalmente los siguientes objetivos:

- 1- Presentar de manera clara y completa los elementos necesarios para entender la propuesta de Servicios Diferenciados, de la Sociedad de Internet, para ofrecer calidad de servicio en las redes de datos.
- 2- Servir como un elemento de revisión de conceptos para que los lectores puedan cooperar en el mejor entendimiento del tema e inclusive en el mejoramiento de este documento.
- 3- Servir como base para facilitar la proposición de aspectos novedosos, en el tema de Servicios Diferenciados.

En este trabajo, presento los elementos de los Servicios Diferenciados en forma progresiva, de fácil lectura para aquel lector que no ha tenido conocimientos previos sobre este tema.

El lector de este trabajo, no obstante, debe conocer, de manera genérica, los protocolos principales y las bases de operación de Internet.

Este documento incluye cosas que no vienen definidas en los documentos sobre DS, como la construcción interna de los nodos que operen con la arquitectura DS. Esta configuración la presento como una propuesta, porque ayuda a entender mejor la operación de DS.

Alfredo Piero Mateos Papis. UNAM.

1 Introducción

En los documentos sobre el tema de “Differentiated Services” (que traducimos como Servicios Diferenciados), se emplea también, en forma corta, para el mismo concepto, las palabras “DiffServ” o “DS”.

La arquitectura de Servicios Diferenciados es una propuesta de diferenciación de servicios (Service Differentiation), pero puede haber otras propuestas para realizar diferenciación de servicios en una red de comunicaciones de datos. Así, el nombre Servicios Diferenciados se refiere a una arquitectura específica de diferenciación de servicios, y por ser un nombre propio lo escribiremos con mayúsculas iniciales, es decir: Servicios Diferenciados (Differentiated Services)

1.1 *Importancia de la Existencia de Servicios de Calidad.*

Conforme existan arquitecturas para ofrecer calidad de servicio en Internet, más servicios de comunicaciones migrarán a Internet, haciendo más rentable el servicio al proveedor de servicio y decreciendo los costos para los usuarios (ver [CBNK02])

Aunque una empresa tenga mucho ancho de banda de tal forma que los administradores de la red de la empresa se sientan cómodos con un solo “nivel” de servicio para todo el tráfico, hay aplicaciones, como telefonía por paquetes que funciona mejor con un “nivel” de servicio diferente, pues esa aplicación requiere mayor control en los retrasos, aunque requiera poco ancho de banda (ver [CBNK02])

Puede haber aplicaciones que requieran mayor aseguramiento de que no habrá pérdidas de la información en su curso entre fuente y destino.

Las aplicaciones principales para la calidad de servicio son: 1- distinción de la importancia del tráfico (misión crítica), 2- buena calidad de voz para redes de IP, y 3- permitir competir con líneas privadas al ISP [CBNK02]

1.2 *¿Qué son los Servicios Diferenciados?*

A continuación damos una paráfrasis de una definición, de Carpenter y Nichols, de lo que es la Arquitectura de Diferenciación de Servicios. La definición tiene algunos elementos que aquí escribimos, que pueden no ser bien identificados por algunos o muchos lectores, pero que quedarán explicados a lo largo de este documento.

La Diferenciación de Servicios (en las redes de datos) es una arquitectura basada en mecanismos simples de implantar, para ofrecer calidad de servicio, y que se pueden agrupar de

diferentes formas para construir muy diversas ofertas de calidad de servicio, con características específicas, casi sin requerir la creación de información de estado en los nodos a lo largo de las rutas de datos, lo que es especialmente importante para los nodos interiores de las redes que manejan gran cantidad de tráfico. Dado que con diversos mecanismos se pueden construir muy variadas ofertas de calidad de servicios, se evita asociar mecanismos con ofertas de calidad de servicios [CBNK02]

1.3 Definiciones Básicas Previas a la Explicación de los Servicios Diferenciados.

A continuación se presentan algunas definiciones básicas para entrar después a hablar del tema de los Servicios Diferenciados. Se hace notar al lector que algunos de los conceptos definidos en esta sección se definen también en los documentos oficiales sobre Servicios Diferenciados, pero las definiciones de esta sección no son idénticas con relación a lo que se presenta en dichos documentos oficiales. Esto no quiere decir que las definiciones sean erróneas. El autor considera que la adaptación de las definiciones y el orden presentado en las mismas ayuda a entender el tema de los Servicios Diferenciados de manera progresiva, sencilla y clara.

El lector se dará cuenta que al menos algunas las siguientes definiciones son vagas, de la misma forma que lo tiene nuestro lenguaje habitual, y sin embargo parece que con dichas definiciones, y otras más, se podrá lograr una definición de la arquitectura DS suficientemente estricta para su implantación, con éxito operativo, en las redes de datos.

Paquete. Se considera que el lector conoce el significado de paquete en el entorno de transmisión de datos, cuando se hace referencia a la unidad de transferencia de datos utilizando el protocolo IP. En este documento, con el término paquete se hace referencia exclusivamente a paquetes del tipo: IPv4 o IPv6 ¹.

Congestión de Paquetes. Este concepto se refiere a la acumulación de paquetes en un lugar cuando más de uno de éstos tratan de pasar por dicho lugar, en un mismo tiempo.

Tráfico de Paquetes. El concepto “tráfico” se refiere al movimiento, en conjunto, de varias entidades, usualmente de iguales características. La combinación “Tráfico de Paquetes” indica el movimiento en conjunto de varios paquetes por algún lugar, y se le refiere a menudo simplemente como “Tráfico”. En la definición de flujo se harán mayores comentarios sobre los usos del término “Tráfico”.

Cantidad de Tráfico en un Punto es la cantidad de paquetes que en cada unidad de tiempo cursan, salen o llegan al punto.

¹ Al paquete IP se le llama también Datagrama, por sus características de no seguir, normalmente, rutas específicas en su trayecto de un punto a otro.

Tasa. Este término se refiere a rapidez de paso, de llegada o de salida, de elementos por algún punto. Así, tasa de bytes (de octetos) se refiere a la cantidad de bytes que en cada segundo salen de, pasan por, o llegan a un punto. Con el tráfico de paquetes por un punto se puede establecer una tasa de bytes en ese punto. Si no se menciona otra cosa, la palabra “tasa” se refiere a “tasa de bytes”. La tasa puede ser de largo plazo (o tasa promedio, que es la cantidad de bytes que pasan en un segmento de tiempo de larga duración relativa al tamaño de los paquetes, entre la duración de dicho segmento), o puede ser de corto plazo (cuando se consideran segmentos de tiempo equivalente a unos cuantos paquetes, para calcular la tasa)

Nodo. Elemento que puede ser fuente de tráfico, sumidero de tráfico o vía de paso para tráfico. Un nodo puede manipular al tráfico de diversas formas y está intercomunicados con otros nodos mediante elementos llamados enlaces. Los nodos se encuentran en los lugares de confluencia de los enlaces. Los nodos tienen limitaciones en cuanto a la cantidad de tráfico que pueden manipular y que pueden dejar fluir, en un tiempo dado. Los nodos que operan con el protocolo IP son de dos tipos: 1- las terminales de usuario, y 2- los enrutadores.

Se considera que el lector ya tiene conocimiento de la labor de un enrutador en las redes de comunicación de datos. Cualquier dispositivo que trabaje exclusivamente debajo de la capa 3, con referencia al modelo ISO – OSI, será transparente en el planteamiento de esquemas de comunicación de datos en este documento. A las terminales de usuario las referiremos como “nodos terminales”, “terminales”, o “estaciones terminales”. Un anfitrión en el que opera o “corre” un programa de aplicación es una terminal.

Ancho de Banda de un Enlace. La tasa máxima, en bits / segundo, o bytes / segundo, que puede “llevar” un enlace (esta definición es específica para el entorno de redes que manejamos)

Red. Conjunto finito de nodos y enlaces. Este término se utiliza de forma muy genérica. Los nodos en una red están relacionados entre sí por alguna propiedad común, y proveen la interfaz para la administración de un subconjunto o de la red entera.

Nodo Interior de una Red (Core Nodes) Este tipo de nodo se interconecta solo con nodos que pertenecen a la misma red.

Nodo de Frontera de una Red (Border Nodes) Este tipo de nodo se interconecta con nodos de la misma red y con nodos de otras redes.

NOTA. Una vez teniendo la definición de Dominio DS, se puede entender la definición que se da en el RFC 2475 de un Nodo de Frontera DS (DS Boundary Node), que es un nodo DS que conecta un dominio DS a un nodo que se encuentra en

otro dominio DS, ya sea dominio DS capaz o no-DS capaz (no se especifica si ese otro nodo sería DS conforme o no)

Nodo de Ingreso / Egreso. Es un nodo de Ingreso es un nodo de frontera por donde ingresan paquetes a la red. Un nodo de Egreso es un nodo de frontera por donde egresan paquetes de la red. Un nodo de frontera puede ser, al mismo tiempo, un nodo de ingreso y de egreso.

Ruta. Una serie de enlaces concatenados entre sí, que inicia en un nodo A y termina en un nodo B, conforma una “ruta” entre A y B. Pueden existir múltiples rutas entre dos nodos de una red. Cuando el tráfico se dirige de A a B lo puede hacer por una de muchas posibles rutas, y se dice que el tráfico fluye “en el sentido de A a B”, sin importar qué ruta siga.

Microflujo de Paquetes. Ese concepto, referido a menudo simplemente como Microflujo, es una instancia de tráfico, que se dirige de una aplicación en una máquina, a otra en otra máquina, en una red, y se caracteriza porque sus paquetes tienen igual contenido en uno o más de los siguientes campos de encabezado:

- Dirección IP de fuente, del paquete.
- Número de “puerto fuente”² de la unidad de transferencia³ del protocolo de transporte, contenida en el paquete.
- Dirección IP de destino, del paquete.
- Número de “puerto destino” de la unidad de transferencia del protocolo de transporte, contenida en el paquete.
- Número de identificación del protocolo de transporte al que pertenece la unidad de transferencia contenida en el paquete.

Es importante notar que no está especificado, ni debe forzosamente ser, que los paquetes de un microflujo sigan la misma ruta entre la máquina de donde parten a la máquina a donde se destinan.

“Diremos” que dos microflujos son “del mismo tipo” cuando los campos que los caracterizan como microflujos, son iguales.

² “Source Port”.

³ Esta unidad de transferencia podría ser, por ejemplo, el Segmento, que es la unidad de transferencia entre los Softwares TCP que operan en dos máquinas.

Torrente de Tráfico (Traffic Stream), es un conjunto “administrativamente significativo” de uno o más microflujos que atraviesan un segmento de una ruta en una red.

Para definir Torrente de Tráfico en el RFC 2475 se utiliza un elemento llamado clasificador, que aquí no se ha definido. En 2475 no se especifica si el torrente de tráfico está formado por microflujos del mismo tipo o no, pero todo parece indicar que los microflujos pueden ser de diferente tipo.

Flujo. Conjunto de microflujos de un mismo tipo. En un flujo puede haber segmentos de tiempo donde dicho flujo tenga ciertas características (por ejemplo su tasa de largo plazo), y otros segmentos de tiempo donde dicho flujo cumpla tenga otras características. Es común que para referirse dos segmentos de tiempo de un flujo, con características diferentes en cada segmento, se diga que un “tráfico” tiene unas características y el otro “tráfico” tiene otras características.

Ráfaga. Parte de un flujo, que en un periodo de tiempo tiene una tasa más grande que la tasa de largo plazo del flujo.

Un servicio es el trato global que se le da a un subconjunto definido del tráfico de un cliente a lo largo de una red en particular, o de extremo a extremo (“End-to-End”), dentro de una red, o a lo largo de varias redes. Regresaremos a este concepto cuando revisemos el concepto de dominio.

“Corriente Abajo” (Downstream) Se refiere a la dirección a donde se mueve un flujo, de origen a destino.

“Corriente Arriba” (Upstream) Se refiere a la dirección contraria hacia donde se mueve un flujo, de destino a origen.

Granularidad. En el contexto de la calidad de servicio en Internet, este concepto se refiere a la fineza en la descomposición de una entidad.

Para explicar lo anterior haremos referencia a [CBNK02], donde dice textualmente (traducido) lo siguiente: “Un usuario de calidad de servicio en IP abarca un rango de granularidades, desde una solo programa de aplicación hasta una compañía entera”.

Es decir, en una granularidad, una compañía se puede considerar como un usuario; y en otra granularidad cada programa de aplicación activo en esa empresa se puede considerar como un usuario.

Latencia: En el contexto de computadoras, este término se refiere al tiempo en que empieza a llegar la información al receptor, contando desde que la computadora ha recibido la instrucción de hacer dicha entrega. En el ámbito de las redes la

Alfredo Piero Mateos Papis. UNAM.

tencia puede ser el tiempo en que un paquete permanece en un nodo, en su tránsito por el mismo (y se incluye el tiempo de encolamiento del paquete) Entonces, la latencia en los nodos, que son parte de las rutas, contribuye al retraso del paquete.

Retraso: En el ámbito de las redes de datos, por paquetes, este término se aplica a cualquier elemento por donde transiten paquetes, como una ruta, considerando que la misma está construida de enlaces y nodos. El retraso en una ruta es el tiempo que toma a un paquete cursar por la ruta, desde que ha entrado completamente a la ruta, hasta que sale completamente de la ruta.

Jitter: En el ámbito de las redes de datos, por paquetes, este concepto es la situación que se presenta en cualquier elemento por donde cursa un paquete, cuando el retraso de al menos un paquete, en su curso por dicho elemento, no es igual al retraso de los demás paquetes, en sus cursos por el elemento. Para evaluar el Jitter se pueden establecer fórmulas específicas, pero no hay una fórmula universal.

Tráfico Elástico. Tráfico típico de Internet donde no importa que exista Jitter en la transmisión.

Tasa de Llegada de Corto Plazo de Tráfico, en un nodo: Tasa de alguna ráfaga de tráfico que llega al nodo (en el contexto de la explicación donde se utilice este término, esta tasa se puede referir a aquella de la ráfaga con mayor tasa)

1.4 Generalidades sobre los Servicios Diferenciados.

1.4.1 Antes de que Existiera DS

Una de las características más sobresalientes de Internet es que ha tenido éxito con el tradicional tipo de servicio “Best Effort”. Este servicio hace el mejor esfuerzo para que los paquetes lleguen a su destino, pero en cada nodo, cada paquete puede perderse⁴, o atrasarse en mayor o menor cantidad con relación a los demás, y estas características definitivamente no favorecen a algunas aplicaciones novedosas en Internet.

Hasta el presente ya se han hecho varias propuestas *para hacer posible* la provisión de más tipos de servicios con características diversas en Internet, para atender mejor a aplicaciones de uso reciente en Internet que requieren un trato diferente a Best Effort para funcionar satisfactoriamente. Una de estas propuestas se llama *Servicios Diferenciados*, también referida como *DS* o como *DiffServ*.

⁴ Gracias a protocolos como TCP, los paquetes perdidos son recuperados, para aplicaciones donde no es aceptable la pérdida de paquetes.

Todas estas propuestas que hemos mencionado se encuentran frecuentemente referidas como “Propuestas para Calidad de Servicios”, o algo similar, y *tratan de hacer posible* el establecimiento de servicios que por sus cualidades puedan relacionarse con calidades diversas.

El decir que un servicio tiene calidad es ambiguo hasta que se determine qué quiere decir “calidad”. Como por ejemplo, calidad de un servicio puede indicar que el servicio está relacionado con determinados parámetros de operación que se ofrecerán al menos con un límite mínimo de cumplimiento, parámetros como los que hemos mencionado, que son el ancho de banda, la prioridad para envío, el retraso, el Jitter, etc.

Los servicios cuya finalidad es ofrecer calidad los llamaremos “Servicios de Calidad” o “Servicios para Calidad”.

DS surge después de que una propuesta anterior llamada de Servicios Integrados, o IntServ, no resultó ser una respuesta satisfactoria en el ámbito de grandes redes. IntServ se define en el RFC 1633 y RFC 2205 al RFC 2216, y opera en la capa de Red y Transporte del modelo ISO / OSI, por lo que el elemento básico sobre los cuales opera IntServ es el paquete. IntServ ofrece servicios de calidad en conexiones en una red, de extremo a extremo de las mismas. Una conexión consiste en un circuito virtual entre dos programas de aplicación. Cada programa de aplicación corre dentro de un anfitrión (nodo terminal), donde dicho programa utiliza un número de puerto específico que sirve para su identificación en la conexión.

Para que IntServ pueda otorgar garantías a una conexión los nodos por donde pasa el tráfico de la conexión deben reservar parte de sus recursos exclusivamente para atender a dicho tráfico. El problema con IntServ es la dificultad en su administración globalmente y por nodo, y en la insuficiencia de capacidades de operación por nodo cuando se deben proporcionar servicios de calidad a una gran cantidad de conexiones, lo que se conoce como “falta de escalabilidad” [MT01 – Pág. 2]

El manejo simultáneo, por nodo, de grandes cantidades de flujos hacen inmanejable el control en el nodo. Las fronteras de las redes que participan en un enlace punto a punto son invisibles, es decir, la reservación de IntServ propasa fronteras administrativas, lo que es un modelo no realista de negocios (ver [CBNK02])

1.4.2 Concepción de la Arquitectura DS. Características Fundamentales.

En DS se define el concepto de “Dominio”. Definido de una forma muy general, un dominio es un conjunto de nodos y enlaces que operan bajo la misma administración. Dado el empleo tan genérico del significado de red, se puede decir que un dominio es un subconjunto de una red, o al contrario que está conformado por varias redes. Por ejemplo, un dominio podría ser la red de una organización, o de un ISP. En un caso muy particular, un dominio

Comentario [APMP1]:

En[CBNK02 P1p4] se refieren a dominio no necesariamente como que está bajo una entidad administrativa.

podría estar formado por un solo nodo (como la terminal de un usuario) Más adelante daremos otras definiciones referentes al término dominio (como dominio DS)

A continuación describimos DS y sus dos grandes características, que hacen de DS una opción que sí es escalable, aunque, dada la segunda gran característica, en DS no se ofrecen garantías sino que existe un margen de falla al no existir la reservación de recursos de los nodos, por flujo, como se hace en IntServ, y como se explicará en subsecuentes capítulos.

1.4.2.1 Operación de DS con Base en Dominios.

Todos los conceptos de DS se aplican por dominio. Cada dominio tiene su propia administración. El administrador de un dominio establece acuerdos para intercomunicación, exclusivamente con los administradores de dominios adyacentes. A partir de acuerdos bilaterales entre dominios, se plantea el establecimiento de cadenas interconectadas de dominios de cualquier tamaño y forma.

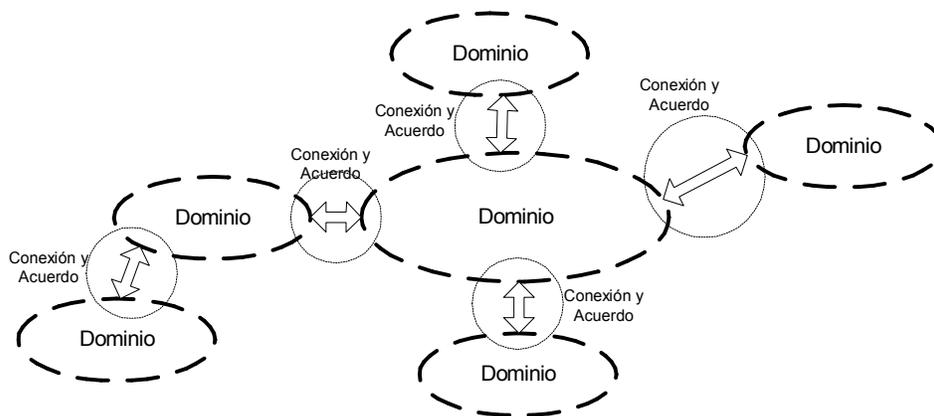


Ilustración 1

En la Ilustración 1 se ve que hay dominios de posición digamos “céntrica”, que interconectan dominios más pequeños, de posición, digamos, “lateral”.

La concepción de DS es que el administrador de un dominio solo se preocupe por la operación de su dominio y por los acuerdos bilaterales de su propio dominio, y esto requiere, además de la estructura de dominios que hemos presentado, una forma de operación, por dominio, especial.

Para que un dominio pueda ofrecer servicios diferenciados, de forma bien determinada, es necesario que los nodos de ese dominio operen con una coordinación adecuada y en conformidad con los acuerdos de ese dominio con sus dominios adyacentes.

La operación de un nodo con DS implica nuevas capacidades en el nodo, es decir, éste deberá manejar funciones nuevas, propias de DS. Un nodo así podrá estar incorporado a la operación de DS y lo llamaremos “no transparente a DS”. A los nodos que manejan estas funciones se les llama “nodos DS”.

Con relación a los dominios, para que un dominio sea útil en la operación de DS, éste debe contener nodos DS. La concepción de la arquitectura DS deja abierta la posibilidad de que un dominio no tenga que estar necesariamente formado exclusivamente de nodos DS; sin embargo, esta concepción indica que si hubiese al menos un nodo no DS en un dominio, la operación de tal dominio, con relación a la provisión de servicios DS, “sería impredecible” (sin más formalismo)

A los dominios hechos exclusivamente con nodos DS se les llama “dominios DS”.

NOTAS.

Dadas las limitaciones de los dominios NO DS, trataremos exclusivamente con dominios DS.

En adelante, y por facilidad, cuando nos refiramos a un Dominio DS diremos simplemente “dominio”, y cuando nos refiramos a un nodo DS diremos simplemente nodo, a menos que indiquemos otra cosa. En las definiciones que involucren nodos y dominios, o cuando queramos remarcar la importancia de la relación con DS, sí utilizaremos el sufijo DS.

Más adelante daremos las definiciones formales de nodo DS y dominio DS.

Como sabemos, la razón de todo servicio ofrecido por una red, o dominio, es la existencia de nodos terminales, con necesidades de comunicación con otros nodos terminales. El usuario de un nodo terminal puede desear que al menos algunos de sus flujos reciban servicios diferenciados.

No se espera, al menos en etapas iniciales del despliegue de DS, que los nodos terminales manejen las funciones “propias de DS”. Para que los flujos de un nodo terminal reciban servicios diferenciados, éstos se deben enviar primeramente a un nodo llamado “nodo de primer salto”. Este nodo se llama así porque a él llega por primera vez el tráfico destinado a recibir servicios DS desde un nodo terminal emisor.

En un nodo de primer salto se marcan los paquetes de los flujos que vayan a recibir servicios diferenciados con diferenciación de servicios, que provengan de terminales inconscientes DS conectadas a dicho nodo de primer salto.

Entre el administrador de la red donde se encuentre el nodo de primer salto y el dominio DS al que se conecte dicha red, debe existir un acuerdo bilateral para provisión de servicios diferenciados con diferenciación de servicios, por parte del dominio.

En dicho nodo de primer salto también se debe vigilar y forzar a que los flujos cuyos paquetes sean marcados también cumplan con las características que han sido fijadas en el acuerdo bilateral mencionado.

La red donde se encuentra un nodo de primer salto no necesariamente es DS consciente. Podría ser que dicha red trabajara con IntServ (cuyos procedimientos no se involucran en absoluto con el campo DS), o podría ser que dicha red no emplease ningún servicio de calidad pero tuviera una muy holgada cantidad de recursos [WZMKP01] (Pág. 94)

Entonces, el administrador de un dominio DS se encarga de los acuerdos bilaterales, para ofrecer servicios diferenciados con diferenciación de servicios, con las siguientes entidades:

Las redes que se conecten a dicho dominio, las cuales tengan nodos terminales que vayan a recibir servicios diferenciados con diferenciación de servicios.

Otros dominios DS que se conecten a dicho dominio adyacentemente.

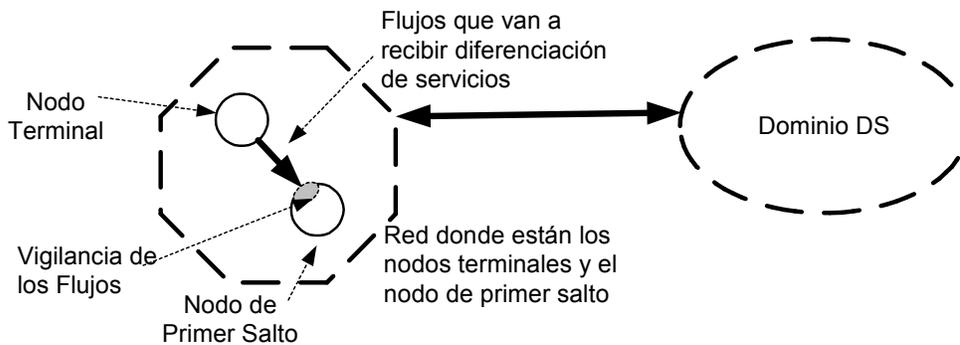


Ilustración 2

Una figura esquemática de la conexión de dos nodos terminales, a través de varios dominios es la siguiente:

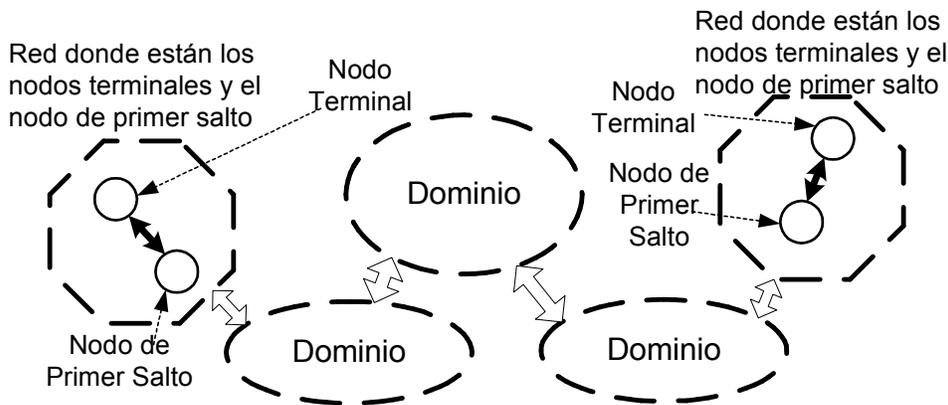


Ilustración 3

Cualquier nodo de primer salto marca los paquetes pertenecientes a los flujos que van a recibir servicios diferenciados, provenientes de nodos terminales conectados al nodo de primer salto. Los paquetes marcados estarán apropiadamente identificados para que en el primer dominio DS donde emigren reciban servicios diferenciados.

Un nodo de primer salto también puede ser el primer nodo (nodo de ingreso) de un dominio DS, al que se conectase directamente un nodo terminal DS inconsciente.

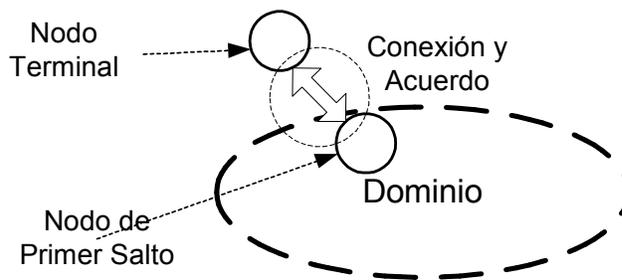


Ilustración 4

Por otra parte, los paquetes, al pasar de un dominio a otro, pueden ser remarcados para recibir apropiados servicios diferenciados en el dominio a donde pasan, como lo veremos más adelante.

Un dominio también debe vigilar, por medio de sus nodos de frontera, que los flujos que recibe, provenientes de otro dominio, cumplan con las características establecidas en el acuerdo bilateral que tiene con ese dominio adyacente.

El nuevo dominio ya no discrimina a los flujos que recibe de otro dominio (se explicará esto más adelante en el punto 3.3.4)

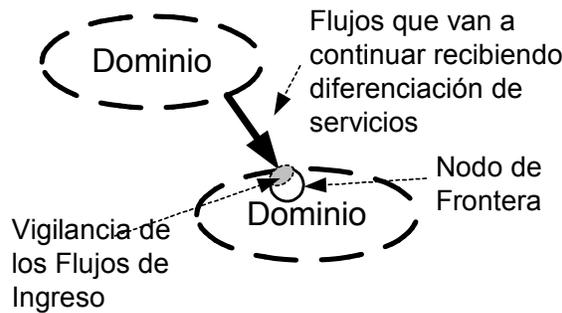


Ilustración 5

Un dominio de donde emanan flujos a otros dominios también puede vigilar, y debe ser de su interés, que esos flujos cumplan con las características establecidas en los acuerdos bilaterales que tenga con los otros dominios.

1.4.2.2 División de Funciones entre Nodos Interiores y Nodos de Frontera.

Si la arquitectura hecha con base en dominios y los acuerdos bilaterales entre dominios forman la primera gran característica de DS, la división de tipos de funciones entre nodos interiores y nodos de frontera forman la segunda gran característica de DS.

Con relación a la cantidad de flujos que se manejan en los nodos de un dominio, es común que los nodos de frontera no tengan que manejar tantos flujos como los nodos interiores.

En la Ilustración 6 podemos observar una representación esquemática de un dominio hecho de nodos de dos tipos: los nodos interiores o nucleares, que tienen los nombres I1 a I5, y los nodos de frontera, que tienen los nombres de F1 a F9. En esta ilustración, las líneas entre los nodos representan los enlaces dentro del dominio.

Decimos que el *interior de un dominio* está formado por todos los nodos interiores y todos sus enlaces, y por los nodos de frontera en todas sus partes con excepción de sus interfaces que se conecten hacia el exterior del dominio. Todas las interfaces en el interior de un dominio las llamamos “interfaces de interior”, en contraposición con las interfaces de exterior, que no están en el interior de un dominio.

Si a los nodos de frontera se les usa para retransmitir, al interior del dominio, paquetes provenientes también del interior del dominio, entonces dichos nodos toman el papel de nodos de frontera y nodos interiores, lo que implica consideraciones especiales en muchos aspectos sobre el análisis y operación de dichos nodos de frontera.

En TODO este documento consideraremos que los nodos de frontera no toman a la vez el papel de nodos interiores. Es común que el nodo de frontera se utilice solamente como nodo de frontera.

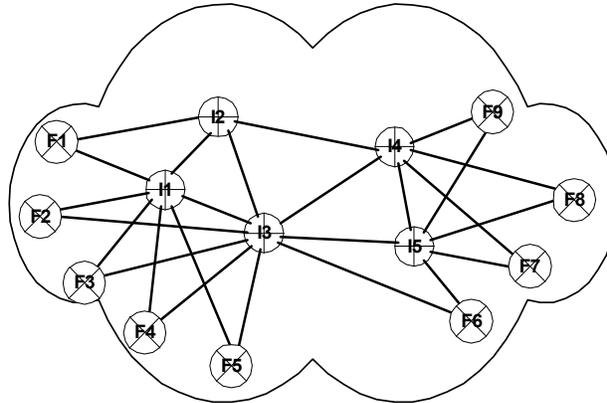


Ilustración 6

Considerando los flujos que entran a un dominio, los nodos de frontera, en general, solo tienen que manejar aquellos flujos de los dominios adyacentes, o nodos terminales, que tengan más cerca, mientras que los nodos interiores quizá tengan que manejar todos los flujos del dominio.

Dado que los flujos interiores manejarán mayor cantidad de flujos, quizá mucho más, deben operar de forma más sencilla, para dejar funciones más complejas, requeridas para la buena operación de DS en el dominio, en los nodos de frontera.

Esta simplificación en las funciones de los nodos interiores incluye que no existirán reservas, por flujo, en dichos nodos, con lo que se hace imposible el ofrecimiento de garantías por parte de DS, ofrecimiento que es sustituido por ofrecimiento de servicios bajo márgenes de falla.

1.4.3 El Marco donde se Define DS

Según el RFC 2475, DS se define en los términos de los RFC 2474 y RFC 2475, y de todos los documentos oficiales que se hayan de generar al respecto, y DS se crea para poder atender a los requerimientos heterogéneos que existen en las aplicaciones en Internet, y a las expectativas heterogéneas que tienen, o puedan tener, los usuarios de Internet. También en dicha referencia se dice que DS permite el establecimiento de costos específicos para presentar a los usuarios, según el tipo de servicio que sus aplicaciones reciban.

DS está definido en las capas de red y de Transporte, según el modelo conceptual de capas de ISO / OSI. Por lo tanto, los nodos que operan con DS pueden llegar a analizar el contenido de los encabezados de los paquetes (en la capa de red), y los encabezados de las unidades de transporte contenidas dentro de los paquetes (dichas unidades de transporte pertenecen a los protocolos de capa de transporte, por ejemplo, los “Segmentos” son las unidades de transporte del protocolo TCP, ubicado en la capa de Transporte)

1.4.4 Un Servicio Diferenciado y la Utilización del Término.

En RFC 2475 se dice que un “servicio” define algunas características significativas en la transmisión de un paquete, en una dirección, a lo largo de un conjunto de una o más rutas dentro de una red. Estas características pueden especificarse cuantitativamente, o en términos estadísticos como la tasa efectiva de envío de paquetes (“throughput”), retraso, variación de retraso (“Jitter”), y pérdidas, y también se puede especificar en términos de prioridad relativa o prioridad de acceso a los recursos de una red.

Considerando el concepto “dominio”, la definición puede extenderse diciendo que un servicio es el trato global que se le da a un subconjunto definido del tráfico de un cliente a lo largo de un dominio en particular, o de extremo a extremo (“End-to-End”) del curso de dicho tráfico.

El término servicio se usa como parte de un nombre propio cuando se refiere a un tipo de servicio específico, por ejemplo “Servicio Best Effort”.

1.5 Aclaraciones Sobre DS

Sobre DS es importante hacer las siguientes aclaraciones:

En el RFC 2475 se establecen las características generales del modelo de Servicios Diferenciados, y se describen en forma genérica sus elementos constitutivos y su organización, por eso el título de dicho documento incluye la palabra “Arquitectura”. Dicho título es: “Una Arquitectura para los Servicios Diferenciados”. Por facilidad, nos referiremos a dicha arquitectura como Arquitectura DS.

En el RFC 2475 no se habla sobre qué elemento haría la coordinación administrativa para implantar, mantener, y actualizar la arquitectura DS, de tal forma que existiese una operación coordinada entre todos los nodos de cada red para poder ofrecer servicios diferenciados.

En [MCGDGTPG03] se indica que para poder ofrecer calidad de servicio se requiere añadir a la funcionalidad estandarizada de la capa IP (funcionalidad que se da ya

sea con DS o con IntServ) algunos otros componentes englobados en 1- Ingeniería de Tráfico y 2- Administración de Servicios (ver también [IJMA04])

Un nodo no ofrece servicios diferenciados; más bien en un nodo se desempeñan funciones con las que se hace posible la oferta de servicios diferenciados en el dominio donde se encuentra el nodo. En esta situación se percibe la necesidad de que los nodos operen bajo alguna coordinación general, la cual no se describe ni en el RFC 2474 ni en el RFC 2475.

Es importante mencionar que los nodos que manejan funciones con las que se hace posible la oferta de servicios diferenciados podrían establecer una correspondencia con los diversos servicios para calidad diferenciada que pudiesen operar en capas protocolarias inferiores a la de Red, y a los que dichos nodos tuviesen acceso. Esta correspondencia podría ser importante para el adecuado desempeño de DS, y sin embargo no forma parte de la definición de DS.

La definición de la arquitectura DS no incluye la definición, y mucho menos la estandarización, de servicios específicos basados en DS. El IETF no ha considerado parte de su función la estandarización de servicios. Claro, esto es desde luego sin considerar a Best Effort, que se considera el servicio tradicional de Internet.

Lo anterior no implica que no existan propuestas de servicios, mencionadas en algunos RFC's, como el caso del RFC informativo 2638 (cuyos trabajos preliminares ya están referenciados en el RFC 2475) donde se mencionan dos tipos de servicios diferenciados: el servicio "Premium" y el servicio "Assured", considerando que el tipo de servicio "dominante" (así lo dicen) en Internet seguirá siendo Best Effort⁵.

La implantación de servicios diferenciados se realiza sobre tráfico que va en un solo sentido entre dos nodos. Si se quiere que el tráfico en el sentido inverso también reciba servicios diferenciados, una implantación similar a la primera debe realizarse.

Para entender mejor lo anterior considérese que se tienen el nodo A y el nodo B en un dominio, y que se tiene tráfico que va en el sentido del nodo A al nodo B, por dentro del dominio, que deberá recibir servicios diferenciados. Las funciones que hacen posible la provisión de servicios diferenciados y que operan en los nodos A, B y en los nodos intermedios entre A y B, contenidos en el mismo dominio, actuarán nada más sobre el tráfico que vaya en el sentido del nodo A al nodo B.

DS está definido de tal forma que no se involucra con las rutas que siguen los paquetes que reciben servicios diferenciados dentro de un dominio. Esas rutas se defi-

⁵ En 3.4.1 se mencionan componentes de DS que están descritos según RFCs específicos: los PHB. Estos componentes pueden servir para forma servicios en DS, y tienen más factibilidad de ser estándares.

nen utilizando el método tradicional de Internet, el método de “Datagramas”⁶, o se pueden establecer rutas predefinidas (por ejemplo con MPLS)

DS y las aplicaciones están “desacoplados” y no es necesario programar o hacer cambios en el Software⁷ de los equipos terminales (anfitriones) para poner a operar DS.

Para poder proveer servicios de calidad a flujos que pasen por diversos dominios se requiere la participación de las entidades administrativas asociadas a dichos dominios. Este aspecto queda fuera de las especificaciones de los RFC 2474 y RFC 2475. Este aspecto se vislumbra como complejo y se trabaja en el mismo para entenderlo.

En la literatura sobre DS se menciona que el enfoque de DS es poner la calidad de servicio donde se requiere (lo que implica que en un dominio posiblemente solo en un cuello de botella se implantaría calidad de servicio)⁸

⁶ En IntServ sí hay involucramiento con las rutas.

⁷ Programar APIs o hacer cambios en APIs.

⁸ El enfoque de la Arquitectura DiffServ es “ponla donde haga falta” (por ejemplo, solo en un cuello de botella [CBNK02 Pág. 14])

2 Antecedentes en la Concepción de los Servicios Diferenciados.

DiffServ inició con las descripciones de D. Clark: “Adding Service Discrimination to the Internet” Oct. 1995, y V. Jacobson “Differentiated Services Architecture”, Ago. 1997 [CBNK02]

En el trabajo “An Approach to Service Allocation in the Internet”, de D. Clark / J. Wroclawski [CDWJ97], presentado en Julio de 1997, se dan algunas ideas que se convertirían en las bases para la concepción de DS. Algunos de los conceptos más importantes, adaptados a la terminología que estamos utilizando, se presentan a continuación (note que se hace uso del término “red” en lugar del término “dominio”)

Primeramente, en los conceptos presentados es esencial la consideración de que los nodos interiores de cualquier red tienen a manejar muchos flujos a la vez. Es común que los nodos de frontera no tengan que manejar tantos flujos como los nodos interiores.

Los servicios diferenciados ofrecidos en las redes pueden evolucionar, crearse, o eliminarse, según las necesidades de los clientes de esas redes, así que se deben tratar de definir servicios diferenciados que puedan instrumentarse en las redes, pero sin incrustarlos en el núcleo de las mismas. Con esto se quiere decir que cualquier cambio en un servicio diferenciado no implique la necesidad de quitar, añadir, cambiar, modificar los elementos que conforman la red, especialmente los nodos interiores.

Entonces, en los nodos interiores no deberá haber CAMBIO ALGUNO cuando algún servicio diferenciado de la red deba modificarse o se quiera establecer otro; de otra forma cualquier cambio en servicios diferenciados podría ser inmanejable.

Todo cambio en un servicio diferenciado se deberá hacer modificando la forma en que se utilizan o aprovechan las funciones que los nodos interiores pueden realizar (desde luego, es posible hacer modificaciones a los nodos interiores de manera generalizada, es decir, hacer cambios similares en todos los nodos interiores, o en grupos determinados de ellos, pero de eso no debe depender el hecho de poder hacer cambios en los servicios diferenciados que se ofrecen)

En cualquier lugar donde exista una relación cliente – proveedor de servicio diferenciado, debe existir el concepto que Clark y Wroclawsky llaman “perfil de servicio”, con el que se describen las necesidades del usuario, el servicio diferenciado que éste ha solicitado, los acuerdos de manejo de tráfico entre el cliente y el proveedor de servicios diferenciados. Para cada usuario entonces debe haber un perfil de usuario (el cliente puede ser un usuario que desea que sus flujos de tráfico pasen por una red y que reciban un trato preferencial, y el proveedor de servicios diferenciados puede ser el administrador de la red, quien se encarga de que en la red se otorguen los servicios diferenciados solicitados por sus clientes)

En cada nodo de una red se deberán implantar los elementos operativos que favorezcan en forma específica al tráfico, dependiendo del perfil de usuario al que pertenezca. Se deberá verificar que el tráfico de cada usuario, AL ENTRAR A LA RED, cumpla con los términos especificados en su perfil, y los paquetes correspondientes al tráfico se deberán identificar y marcar, como “buenos” o “malos” dependiendo si el tráfico que los contiene se sujeta o no a dichos términos. En la entrada de la red, si no se pueden retener los paquetes malos (por ejemplo, por estar llegando a tasas más rápidas que lo convenido según los términos) preferentemente éstos se deben desechar (tirar)

En la parte interior de la red no deberá de haber separación del tráfico de diferentes usuarios en diferentes flujos, sino que el tráfico de los usuarios deberá poder tratarse como un solo flujo compuesto (o varios compuestos) Esta forma de operación es mucho más sencilla que la que se utiliza cuando se manejan reservaciones “por flujo” en donde cada paquete debe ser explícitamente clasificado en cada nodo interior.

Esta concepción sugiere que la terminal transmisora es la que tiene interés en que el tráfico que genera reciba cierto tratamiento especial. Sin embargo, en algunos casos sucede lo contrario, es decir, es el receptor quien quiere controlar el tratamiento del tráfico que recibe, por ejemplo, si un investigador hace búsquedas en Internet, éste puede estar más interesado en tener un mejor tratamiento para los flujos que “recibe”, con relación a un explorador casual.

Un usuario puede desear tratamientos especiales en sus flujos durante solamente parte del día, a cambio de lo cual él pagaría menos que con relación a tener dichos tratamientos permanentemente. Entonces, el proveedor de servicios diferenciados podría ofrecer al usuario tratamientos especiales en un porcentaje del día, o específicamente en ciertas horas del día, o dinámicamente (quizá bajo demanda)

Un usuario podría, en un momento dado, exceder la capacidad que tiene acordada, en el caso en que las redes en la red estén sub-utilizadas.

Puede haber usuarios que no quieran recibir tratamientos especiales para sus flujos, sino un tratamiento similar no importa el destino.

Los servicios diferenciados otorgados a un usuario deben ser útiles, fáciles de entender, factibles de medir y fáciles de implantar.

Es claro que un esquema de provisión de servicios como éste, no puede extenderse en todo Internet a un inicio, entonces, el despliegue debe hacerse incrementadamente (esta idea es un antecedente del concepto de dominio en DS)

Clark y Wroclawsky proponen el marcado de paquetes de manera muy particular dependiendo si los flujos donde se encuentran han cumplido o no, en las fronteras de las redes, con los acuerdos con el proveedor de servicios diferenciados. Dentro de estas propuestas se

encuentra el uso del campo Tipo de Servicio, en el encabezado IPv4, para marcarlo e interpretarlo de manera específica.

Clark y Wroclawsky proponen la división del campo Tipo de Servicio para la creación de un subcampo de 6 bits que se asocie con lo que ellos llaman “perfiles de servicio”, y que ellos definen. Estos perfiles, inclusive, imponen ciertas restricciones en el enrutamiento (cosa que no sucede con DS)

3 Explicación Básica de la Operación de los Servicios Diferenciados.

3.1 Definiciones Iniciales Sobre DS.

Algunas definiciones iniciales para proceder a explicar la operación de DS son las siguientes:

Una función DS, que se ejecuta en un nodo, es un conjunto de acciones realizadas por los elementos funcionales DS de un nodo. Tales elementos están definidos en los documentos oficiales sobre DS, y actúan según las reglas de operación también definidas en dichos documentos, para que el nodo participe en la provisión de servicios diferenciados.

Según el RFC 2475, el adjetivo “DS – Conforme” (DS – Compliant) se refiere a la posibilidad de manejar las funciones DS y comportamientos DS, tales como se definen en los RFC 2474, 2475 y en otros documentos oficiales sobre DS. El adjetivo “DS – conforme” usualmente se aplica a un nodo o a un dispositivo, formando conceptos como “Nodo DS Conforme” (*también llamado “nodo DS”*) o “Dispositivo DS Conforme”.

Dominio DS (Antecedente para Definición) Un concepto básico para la definición de DS es el dominio. En Internet, el concepto dominio se ha utilizado tradicionalmente en el término “Dominio de Nombres”, que se refiere a la organización jerárquica para delegar autoridad a fin de asignar y mantener, en diversas localidades y no centralmente, los registros de las correspondencias entre nombres simbólicos de alto nivel y direcciones IP. El nombre “dominio”, en el ámbito DS es un concepto diferente.

Según las definiciones del RFC 2475, en la definición del concepto “dominio DS” se emplea el término “Política de Provisión de Servicios Diferenciados” (que no hemos definido), y para definir el concepto “Política de Provisión de Servicios Diferenciados” se emplea el término “nodo de frontera DS” (término que hemos empleado pero que definiremos formalmente en el punto **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), y para definir el concepto “nodo de frontera DS” se emplea el término “dominio DS”. Entonces, es evidente que se cae en un círculo de definiciones.

Por lo anterior, con el fin de que se entiendan los conceptos DS con una lectura secuencial, a continuación se define lo que es un dominio DS, de manera sencilla, incompleta con relación a la definición que se encuentra en el RFC 2475, pero correcta. Más adelante en este documento, el lector encontrará la definición de dominio que será más cercana a la del RFC 2475, una vez contando con más elementos definidos.

Dominio DS (Definición Incompleta) es un conjunto contiguo de nodos DS que operan con los mismos comportamientos con relación a los flujos. Un dominio puede conformarse de

una o más redes que operen bajo la misma administración. Por ejemplo, un dominio podría ser la red de una organización, o de un ISP. En un caso muy particular, un dominio podría estar formado por un solo nodo (como la terminal de un usuario)

Comentario [APMP2]:
En [CBNK02 P1p4] se refieren a dominio no necesariamente como que está bajo una entidad administrativa.

Servicio Diferenciado. El trato global en un subconjunto determinado del tráfico de un usuario dentro de un dominio DS, o extremo a extremo (End-to-End)

Cada elemento de un subconjunto de tráfico de un usuario, que recibe un servicio diferenciado determinado, empezando por cualquier paquete, recibe dicho servicio diferenciado.

DS – Capaz. Adjetivo que se asigna a un elemento por su posibilidad de ofrecer servicios diferenciados. Usualmente se refiere a un dominio DS (el dominio DS es la entidad de menor tamaño que ofrece servicios diferenciados)

Se dice entonces que un dominio DS es un dominio DS capaz.

Un dominio DS capaz debe estar conformado de nodos DS. Si dicho dominio tiene un nodo no DS conforme, entonces su operación para ofrecer servicios diferenciados será impredecible.

3.2 Generalidades Sobre un Nodo.

3.2.1 Definición de Secciones en un Nodo

Un nodo en general tiene dos partes fundamentales: 1- las interfaces, y 2- la motor de despacho (Forwarding Engine) única en el nodo.

Un nodo DS, además, realiza funciones DS, como la clasificación y vigilancia⁹, y por esto, propondremos más adelante una segmentación del nodo, según sus funciones.

DS de ninguna manera se involucra con las funciones de la motor de despacho de los nodos.

Un paquete, dentro de un nodo, recibirá diversos tratamientos, en las diversas secciones del nodo.

Debemos notar la consideración “tácita” que se hace en los documentos sobre DS (y esto es muy importante) de que la rapidez en el movimiento de paquetes dentro de un nodo es suficientemente grande para que no existan problemas de congestión de paquetes en parte alguna del nodo, con excepción de las interfaces de salida, dado el valor limitado de la tasa del enlace de salida

⁹ A la que llamamos también “policitación” (Policing)

NOTA:

En el entorno DS, un servicio Best Effort se considera un servicio diferenciado. Así, cuando digamos que un flujo recibe un tratamiento DS en un dominio, nos podremos referir a un flujo destinado a recibir inclusive un servicio Best Effort.

En este punto 3.2, aun no propondremos cómo segmentar un nodo, sino que iniciaremos en este camino solamente revisando la operación de las interfaces del nodo, y la operación de su motor de despacho.

3.2.2 Interfaces de Entrada y de Salida

Una interfaz de entrada de un nodo es un lugar por donde entran los paquetes al mismo. Un nodo puede tener muchas interfaces de entrada. Una interfaz de salida es un lugar del nodo por donde salen paquetes del mismo. Un nodo puede tener muchas interfaces de salida.

Es usual que las interfaces de entrada y de salida se dispongan en parejas en un nodo, es decir, una interfaz de entrada está colocada con una interfaz de salida, compartiendo ambas interfaces un ensamble físico de conexión (un conector), por lo que se les suele llamar, en conjunto, interfaz bidireccional.

Para dar un ejemplo gráfico, revisemos la **Ilustración 7** donde se representa un nodo con una de sus interfaces bidireccionales, y sus secciones de entrada y de salida, dentro del nodo.

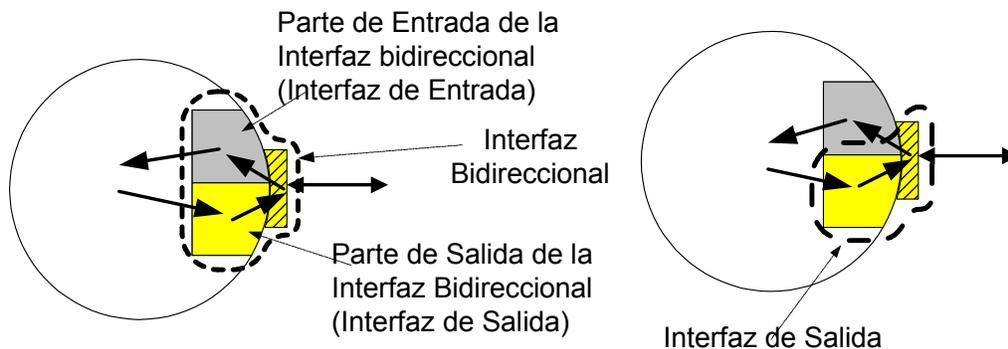


Ilustración 7

Todo paquete egresa de un nodo por la interfaz de salida del nodo. Para salir por dicha parte, los paquetes se acumulan en espera de salir uno a uno. Nosotros consideraremos que los paquetes se acumulan precisamente “dentro” de la Interfaz de salida (ver Ilustración 8)

En una interfaz de salida se siguen reglas específicas, en el marco de la arquitectura DS, para designar el próximo paquete a salir por dicha interfaz.

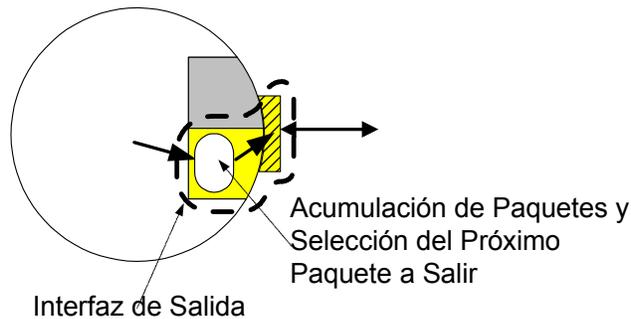


Ilustración 8

3.2.3 Motor de Despacho de un Nodo.

Todo nodo tiene un solo motor de despacho que es la parte donde se decide la Interfaz de salida a donde se deberá dirigir un paquete que ahí ha llegado, proveniente de alguna interfaz de entrada del nodo. En el motor de despacho de un nodo se encuentran las tablas de direcciones IP con las que ha de operar el nodo. Ahí, se decide a qué interfaz bidireccional del nodo se va a dirigir cada paquete para su salida del nodo, y se asocia cada paquete con la dirección física de la interfaz, de algún otro nodo, a donde se va a mandar el paquete al salir del nodo.

3.3 Elementos de la Arquitectura de Servicios Diferenciados.

3.3.1 Interconexión de Nodos en la Interconexión de Dominios.

Para explicar la operación, y presentar los componentes de DS que se han propuesto en los RFC 2474 y 2475, se presentará un caso de ejemplo que ayudará a la explicación.

En la Ilustración 9 se representa, en forma esquemática, un dominio hecho de nodos de dos tipos: los nodos interiores, que identificamos con los nombres I, y los nodos de frontera, que identificamos con los nombres de F. Las líneas entre los nodos representan enlaces bidireccionales.

En este ejemplo no hay redundancia en los enlaces entre dominios (podría haberla), y no hay conexión directa entre un nodo de frontera y otro nodo de frontera (podría también

haberla pero eso implicaría la doble operación de un nodo de frontera como un nodo interior y hemos comentado que no usaremos los nodos de frontera como nodos interiores)

Como vemos, D1 interconecta a los otros dominios en la ilustración. Como ya lo hemos manejado, diremos que D1 es un dominio central, nuclear, o un dominio de paso, y los otros dominios son dominios laterales.

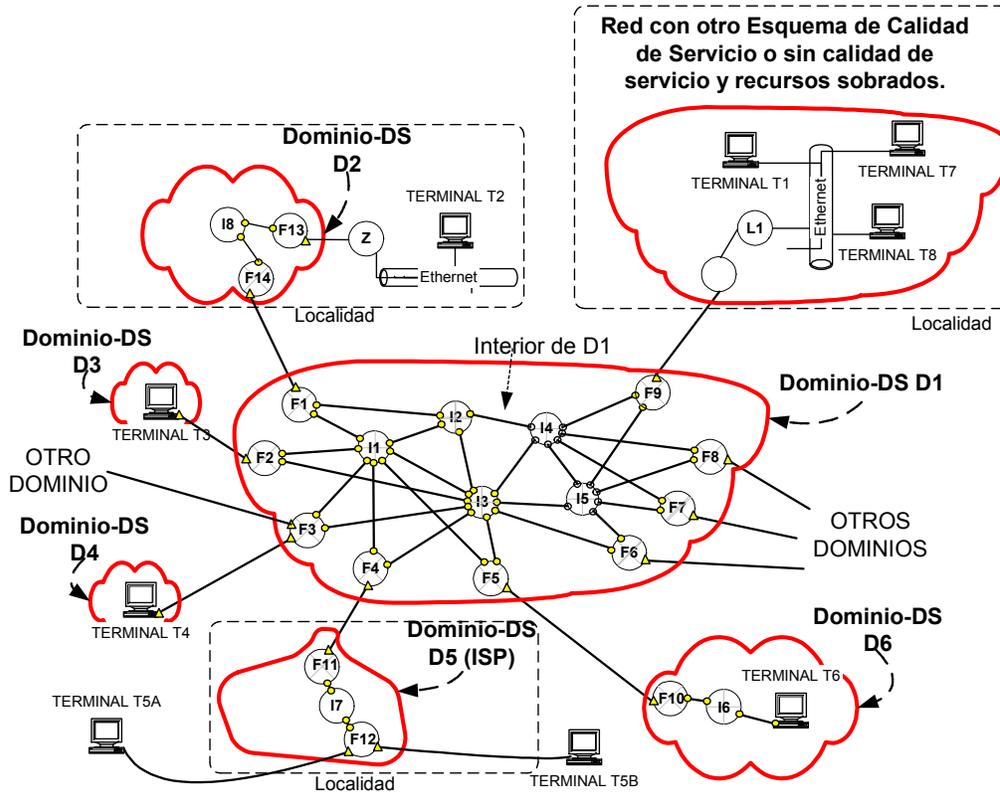


Ilustración 9

En la Ilustración 9, cualquier interfaz de interior se representa con un pequeño círculo, y cualquier interfaz de exterior se representa con un pequeño triángulo (ver página 14)

3.3.2 Rutas en un Dominio.

Considérese un microflujo “ ” que cursa de una aplicación en la terminal T2 a una aplicación en la terminal T7. Dentro de D1, ese microflujo entra por F1 y se dirige a F5. Considérese que el microflujo goza de servicios diferenciados en D1.

DS no se involucra con la ruta que siguen los paquetes en un dominio, por lo que no se involucraría con la ruta que siguiese cada paquete en el interior del D1. Así, cualquier paquete del microflujo “ ”, en su curso de F1 a F9, podría tomar varias rutas en el dominio D1. Sin embargo, es usual que las rutas se restrinjan dentro de un dominio para evitar posibles inestabilidades en la selección de las rutas y lograr un otorgamiento de calidad en D1 más manejable y simple. Es común que todos los paquetes de un flujo pasen por una sola ruta.

3.3.3 Un Servicio Diferenciado en un Dominio.

En los RFC 2474 y 2475 se indica que un servicio diferenciado se otorga con base en las funciones DS que operan en los nodos de un dominio, y se indica que para que se puedan otorgar servicios diferenciados, de forma bien determinada (no impredecible) en el dominio, todos los nodos del dominio deben ser nodos DS.

En dichos RFCs, también se alude que, en general, las funciones DS de las interfaces de salida, de los nodos de un dominio, deberán ser iguales, entre un nodo y otro, para poder otorgar cualquier servicio diferenciado en ese dominio; pero parece dejarse abierta la posibilidad de que esto no tenga que ser necesariamente así. No parece haber aun formalismo sobre esta situación.

El otorgamiento de un servicio diferenciado en un dominio a un flujo, implica dos tipos de tratamiento a los paquetes de dicho flujo, en el dominio.

- 1- El tratamiento en la interfaz de salida de cada uno de los nodos por donde pase el flujo.
- 2- El tratamiento DS otorgado en las secciones donde se realiza acondicionamiento.

Aclaremos que “en general” los nodos interiores no realizan acondicionamiento.

En el ejemplo de la Ilustración 9, un paquete que debe recibir un servicio diferenciado determinado en un dominio, al cruzar cada nodo de ese dominio, recibe de dicho nodo tratamientos determinados, de tal forma que el dominio entero otorgue al paquete el servicio diferenciado previsto.

Si el tratamiento a un paquete, en cada nodo del dominio, dependiese del flujo al que pertenece el paquete, entonces cada nodo requeriría identificar el flujo al que perteneciese cada paquete en curso por ese nodo.

Esta necesidad de identificación es especialmente difícil de manejar en un dominio donde se maneja una gran cantidad de flujos, con la agravante de que pueden generarse nuevos

flujos, o extinguirse los existentes, con gran dinamismo, y así los nodos deberían reconfigurarse para reconocer nuevos flujos, con el mismo dinamismo.

Los nodos interiores de todo dominio, generalmente, manejan más tráfico que los nodos de frontera. Un dominio de paso, como el dominio D1 maneja más tráfico que un dominio lateral (que no es de paso para otros dominios)

Dado lo anterior, parece ideal que se cumpla lo siguiente:

- 1- Ningún nodo interior de un dominio tendrá que realizar labores de identificación de un paquete, a nivel flujo.
- 2- Para todo paquete entrante a un dominio receptor, proveniente cualquier dominio adyacente, ningún nodo de frontera del dominio receptor tendrá que realizar labores de identificación por flujo. Con mayor razón ningún nodo interior deberá realizar dichas labores.
- 3- Al surgir algún nuevo flujo entrante a un dominio, proveniente de un nodo terminal conectado directamente al dominio, el administrador del dominio, en ciertos casos, tendrá que realizar adecuaciones solo en el nodo de frontera por donde ingrese dicho flujo.
- 4- Nunca, el administrador de un dominio tendrá que involucrarse con cambios en otros dominios.

DS se ha creado para cumplir con lo anterior.

3.3.4 Agregados de Comportamiento, y Comportamientos de Envío.

La alternativa creada en DS para que los nodos interiores puedan operar de manera más simple, como lo hemos comentado en el punto 3.3.3, es formar grupos de flujos llamados “Agregados de Comportamiento”, también llamados Agregados de Flujo, clases o simplemente agregados. Todos los paquetes de los flujos que pertenezcan a mismo agregado de comportamiento portarán la misma identificación.

DiffServ utiliza el agregado como su unidad fundamental de tráfico, en lugar del flujo (unidad fundamental de tráfico en IntServ)

Un nodo de ingreso de un dominio operará funciones de acondicionamiento con las que se vigilará que los flujos de ingreso al dominio, por dicho nodo, tengan un comportamiento acorde a las condiciones que ha acordado la administración del dominio con la entidad de donde provienen dichos flujos. El acondicionamiento incluye el proceso de marcado de los

paquetes para incorporarlos a uno de los agregados de comportamiento manejados en el dominio (ver Ilustración 13 en página 40)

Un paquete, al acabar de recibir el tratamiento dado por estas funciones de acondicionamiento, no será tratado ya con relación al flujo al que pertenece, sino con relación al agregado de comportamiento al que ahora también pertenece.

En el nodo de egreso de cada dominio, un agregado será desagregado en sus flujos componentes, y de ahí cada flujo irá a posiblemente un destino diferente con relación a los otros. Esto implica que será necesario que todo flujo salga de un dominio por un único nodo de egreso, de lo contrario no se podría evaluar la característica del flujo saliente del dominio en el punto de egreso. Es posible también que un agregado no tuviera que desmembrarse al llegar a un nodo de egreso de un dominio, pero eso dependería de que dicho agregado estuviese compuesto de flujos que todos ellos siguieran al mismo punto siguiente, que podría ser otro dominio DS o una red con nodos terminales.

La cantidad de agregados de comportamiento que se manejarán en un dominio cualquiera será pequeña, quizá haya 4, 3 ó tan solo 2 diferentes agregados de comportamiento en un dominio. La razón del nombre “agregado de comportamiento” se debe a que un nodo se comportará siempre de una forma determinada con cualquier flujo que pertenezca a un mismo agregado de comportamiento.

Aunque los servicios DS se han visto como servicios que otorgan beneficio a agregados de comportamiento específicos, estos servicios se pueden utilizar también de forma beneficien a otros flujos, incluyendo aquellos que utilizan Best Effort [CBNK02 – Pág. 5] Por ejemplo, si un programa de aplicación para transferencia de archivos de canciones (que no es un programa de aplicación prioritario, y que opera mediante sesiones TCP) utiliza un servicio de calidad DS, la existencia de un límite en la cantidad de recursos que este programa de aplicación puede tomar de la red protege a las aplicaciones tradicionales que operan con Best Effort, sin inhibir la operación de tales programas de aplicación no prioritarios.

Por último, definimos el concepto importante “Comportamiento de envío DS” (Forwarding Behavior) de un nodo (concepto que se da en el RFC 2474)

El Comportamiento de Envío, de un nodo, es el trato diferenciado que se le da a cada paquete en un nodo, dependiendo del agregado de comportamiento al que pertenezca el paquete.

3.4 “Comportamientos por-Salto” (Per-Hop Behavior –PHB—), y Mecanismos DS.

3.4.1 PHBs

El “comportamiento por salto” en un Nodo DS (Per-Hop Behavior –PHB–) Según el RFC 2475, el PHB es la parte “externamente observable” del comportamiento de envío DS de un nodo. Hay fuentes que manejan la expresión “comportamiento de envío” (Forwarding Behavior) de manera equivalente, al menos eso hemos detectado, con relación a lo que es un PHB.

La definición de un PHB NO INCLUYE la definición de las funciones DS que deberán de operar en el nodo DS para establecer dicho PHB, dado que lo único importante es que dichas funciones, como sea que se implanten, provoquen un comportamiento dado “externamente observable”, en el nodo.

En el RFC 2475 se dice que se pueden implantar servicios (específicos) en un dominio, con el uso de un solo PHB (en cada nodo), utilizado en concierto con una serie de acondicionadores de tráfico.

Se dice que el enfoque en el RFC 2474 es la semántica general de los “comportamientos de envío”, más que los mecanismos específicos utilizados para implantar a dichos comportamientos, pues los comportamientos evolucionarán menos rápidamente que los mecanismos [RFC 2474. Pág. 4]

Se dice también que uno de los requerimientos en DS es desacoplar las funciones de acondicionamiento de tráfico y de provisión de servicios, de los “comportamientos de envío” implantados en los nodos interiores [RFC 2475 Pág. 9]

El Grupo de Trabajo DiffServ eligió a unos pocos PHBs para que se estandarizaran, tal que se derivaran de experiencias existentes (principalmente de la experiencia con el campo de precedencia IP)

Cada PHB puede implantarse con varios mecanismos específicos. Estos PHBs son [CBNK02 Pág. 13]:

- Default (equivalente a Best Effort)¹⁰
- Selector de Clase (con valores DSCP de 001000 a 111000) que hacen una imagen exacta de los valores de Precedencia IP originales.
- EF (ver punto 5.2)
- AF (ver punto 5.1)

Los PHB en el interior de un dominio no se espera que cambien frecuentemente [CBNK02, Pág. 18]

¹⁰ A Best Effort se le considera también un servicio (ver página 17)

3.4.2 Mecanismos DS

Los mecanismos DS en un nodo (también llamados mecanismos de envío DS –Forwarding Path Mechanisms—) son equivalentes a lo que hemos llamado “funciones DS” en un nodo.

Un PHB en un nodo, se implanta en un nodo mediante una serie de funciones DS.

Estas funciones [RFC 2638 – Pág. 6] se pueden clasificar en dos tipos:

- 1- Funciones de Acondicionamiento. Se llevan en la interfaz de entrada de los nodos de ingreso (veremos más de esto en el punto 3.8)
- 2- Funciones de Manejo de Paquetes en Congestión. Se llevan en la interfaz de salida de los nodos, después de la parte central de “envío” en el nodo (revisaremos más sobre esto en el punto 3.9)

Los nodos interiores generalmente solo requieren implantar mecanismos del segundo tipo. Los nodos de frontera deben realizar ambos tipos de funciones.

3.5 Campo DS y Agregado de Comportamiento

En la definición de los protocolos IPv4 e IPv6, específicamente en el encabezado, se definió, para cada versión IP, un octeto de bits que tenía un uso relacionado con la calidad de servicio IP. En el caso de IPv4, el octeto se llamaba “Tipo de Servicio”, y en el caso de IPv6, el octeto se llamaba Clase de Tráfico (Traffic Class)

En DS se sustituye el octeto de calidad, ya sea que se trabaje en IPv4, o en IPv6, por el octeto llamado “campo DS”, donde se deposita toda la información necesaria para que los nodos-DS sepan qué tratamiento dar a un paquete, como parte de la provisión de servicios que DS da al flujo al que pertenece dicho paquete. El contenido del campo DS se interpreta conforme se indica en el RFC 2474.

Se sugiere al lector referirse al Apéndice 1, para información sobre los antecedentes del octeto de calidad en IPv4. También se sugiere referirse al Apéndice 4 para una breve descripción de la estructura del paquete IPv4.

Los seis primeros bits del campo DS se usan como un recinto para códigos, y forman un subcampo que se denomina DSCP (DS codepoint), el cual no tiene estructura, con el fin de hacerlo más adaptable a futuras definiciones. Los dos últimos bits del campo DS no se utilizan, y se ignoran.

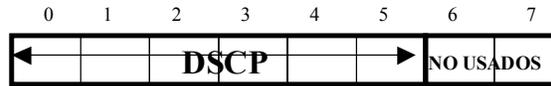


Ilustración 10

Se llama “codepoint” al valor del DSCP. Los codepoints deben corresponder a PHBs estandarizados y específicos. Múltiples codepoints pueden corresponder a un mismo PHB. Esta correspondencia, en la mayoría de los casos, debe ser configurable (se pide al lector referirse al Apéndice 3 para saber sobre la compatibilidad histórica que se ha dado a los codepoints, para formar los llamados PHBs selectores de clase)

Ahora podemos definir lo que es un agregado de comportamiento como se da en RFC 2475.

Agregado de Comportamiento. Un agregado de comportamiento es una colección de paquetes con el mismo codepoint, que cruzan un enlace, con una dirección específica.

Es importante mencionar que los nodos interiores en un dominio no tienen responsabilidad sobre la validación de los codepoints de los paquetes para utilizarlos en el envío [RFC 2475, Pág. 29]

3.6 Estado de un Nodo

En el RFC 2475 se refieren al “Estado de Envío” (Forwarding State) de un nodo, pero no dan una definición, así que daremos una definición en este momento.

El tratamiento que, por agregado de comportamiento, da en conjunto un nodo a cada paquete, depende de dos cosas: 1- El agregado de comportamiento al que pertenece el paquete, y 2- el comportamiento de envío que aplique dicho nodo a tal agregado de comportamiento.

Definimos un “Estado de Envío” de un nodo como el conjunto de “comportamientos de envío” con los que opera el nodo. Si los comportamientos de envío incluyen uno o más comportamientos aplicados específicamente a algún flujo, se dirá entonces que el nodo tiene “estado por flujo”.

No se define en los RFC 2474 o RFC 2475, lo siguiente:

- 1- La entidad que configura y administra los comportamientos de envío en los nodos de un dominio. La forma en que se hace esta configuración.
- 2- La forma en que se construyen los servicios en un dominio a partir de los comportamientos de envío de los nodos del dominio.

Estas definiciones se dan en otros documentos que abordaremos más adelante, y establecen, en un nodo, la forma en que se asignarán parte o partes de los recursos del mismo, para proporcionar un trato diferenciado a los paquetes que por él cursen.

Una vez establecidas dichas definiciones en un nodo, dicho nodo *operará de manera autónoma*, hasta que se le indique otra cosa.

No parece que DS se haya concebido para que un nodo sepa lo que está pasando en cualquier otro nodo. La información global sobre la operación de un dominio la debe tener la entidad administradora del dominio.

3.7 Ejemplos Diversos Sobre Ubicación de los Nodos de Primer Salto, y de Ubicación y Tipos de Nodos Terminales.

En la Ilustración 9 los dominios D3 y D4 están conformados, cada uno, de un solo nodo terminal consciente DS, es decir, esos nodos marcan los paquetes de los flujos que emiten y los acondicionan.

En el caso del dominio D6, se tiene el nodo terminal T6 que también es “consciente-DS”, pero es interior en el dominio D6. T6 marca y acondiciona los paquetes que emite.

En el caso del dominio D5, dos nodos terminales, T5A y T5B, inconscientes DS y externos a D5, se conectan a un nodo de ingreso F12, que es a su vez un nodo de primer salto para dichos nodos terminales. F12 marca y acondiciona los paquetes que recibe de T5A y T5B.

La red donde está la terminal T1, T7 y T8 es una red inconsciente DS pero que tiene una operación con calidad de servicio diferente a DS. Ahí, en dicha red, el nodo L1 es un nodo de primer salto DS que marca los paquetes de los flujos que van a continuar su trayecto hacia otros dominios DS. Asimismo, dicho nodo acondiciona los flujos para que pasen a dichos dominios DS.

La red adyacente al dominio D2 es una red inconsciente DS. En dicha red no hay ningún nodo de primer salto. En dicha red se tiene alguna operación de calidad de servicio, o mucha holgura, para que los flujos, por ejemplo los provenientes del nodo terminal T2, tengan un servicio al menos con la calidad que se espera para su manejo. El nodo de primer salto para esta red será el nodo de ingreso F13 del dominio D2.

3.8 Acondicionamientos

3.8.1 Necesidad del Acondicionamiento

Primeramente diremos que en el ámbito DS se requiere que los nodos vigilen las características que tienen los flujos, o agregados de flujo, que pasa por ellos, características como

Alfredo Piero Mateos Papis. UNAM.

tasa o Jitter. Dentro de un nodo, un acondicionador es una parte del nodo que realiza labores de vigilancia¹¹. Antes de un acondicionador se requiere un clasificador¹² que pase al acondicionador los paquetes, agrupados según los flujos o los agregados de flujo a los que pertenezcan, dependiendo de diversos casos que veremos.

Los clasificadores y los acondicionadores de un nodo no deben desordenar los paquetes correspondientes a los flujos o agregados de flujo, con relación al acomodo temporal de éstos, en su llegada al nodo.

En general, solamente los nodos de frontera son quienes realizan vigilancia.

A continuación, proponemos una estructura del nodo de frontera, para tratar de explicar mejor la operación de DS. Esta estructura no es parte de la definición de DS, dada en los documentos oficiales, pero trata de seguir la funcionalidad establecida en dichos documentos.

3.8.2 Estructura de Nodos en el Acondicionamiento

3.8.2.1 Nodos de Frontera

Ruta de Paquetes dentro de un Nodo de Frontera, desde sus Interfaces a Su Motor de Despacho.

En la Ilustración 11 se presenta un dominio (al que nos referimos como Dominio “C”), se observa un nodo “de frontera” de dicho dominio, y se presenta la ruta de los paquetes, dentro de ese nodo, desde que entran al mismo, hasta que llegan a la motor de despacho del nodo.

¹¹ Las funciones que realiza son Medición, Marcado, Conformado (Shaping) y Desechado (Discarding)

[WZMKP01 – Pág. 95] Estas funciones se verán más adelante.

¹² En el ámbito DS, a la clasificación se refiere también como el filtraje.

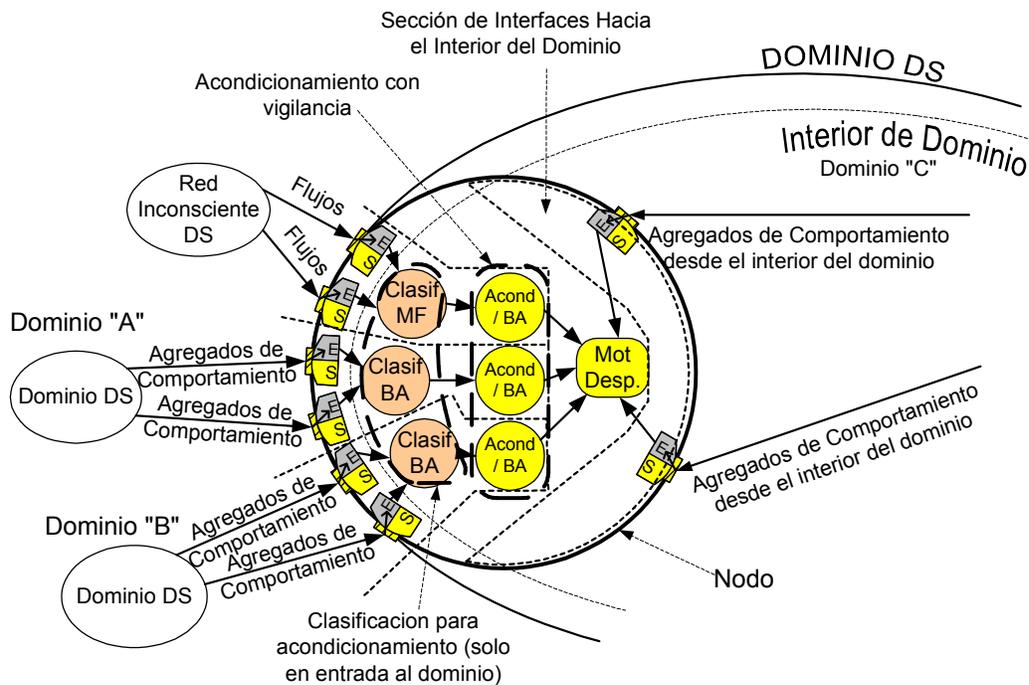


Ilustración 11. Nodo de Frontera. Paquetes en movimiento hacia el Motor de Despacho. Dentro del nodo el movimiento de paquetes es tan rápido que se considera que no hay colas.

En este nodo, con relación a la ruta de paquetes indicada, proponemos varias secciones. Cada sección pertenecerá a las conexiones del nodo con algún dominio, o con alguna red inconsciente DS. Además de las mencionadas secciones, habrá en el nodo una sección que se destinará por entero a la conexión del mismo al interior del dominio a donde el nodo se encuentra.

En cada sección mencionada habrá varios elementos básicos, que son: un clasificador, un acondicionador, y una o más interfaces. El clasificador y el acondicionador de una sección estarán especialmente configurados, según las necesidades en dicha sección.

Una sección del nodo que se conecte a una red inconsciente DS necesita clasificar cada paquete que le llegue de dicha red, haciendo una revisión de múltiples campos del paquete. Por eso esta clasificación se llama "Clasificación Multicampo" ("Multi-Field Classification" o "MF Classification")

El elemento que aísla los flujos provenientes de la red inconsciente DS es precisamente el clasificador MF. El clasificador MF tiene múltiples salidas, y en cada salida se tiene un

flujo bien seleccionado que será llevado al acondicionador para evaluar sus características. El clasificador MF tiene tantas salidas como diferentes flujos pueda reconocer, y que deberán cumplir con determinadas características (ver la Ilustración 14 en la página 43)

Como al hecho de hacer una revisión de múltiples campos en un paquete se considera una actividad elaborada, a las clasificaciones MF también se les llama “clasificaciones complejas”¹³. Así, una sección del nodo que se conecte a una red inconsciente DS, contendrá un clasificador MF

Como lo veremos con mayor detalle en el punto 3.8.3, a la salida del clasificador MF, los flujos, separados, llegan al acondicionador, en donde se evaluará a cada flujo de llegada, para revisar si cumple con las características que se le exigen. En el acondicionador se marcará a cada paquete de cada flujo, de tal forma que se le incorpore a uno de los agregados de comportamiento reconocidos en el dominio, con la salvedad de que si el flujo no cumple con las condiciones que se le exigen, se podrán tomar medidas correctivas que pueden incluir la marcación especial de los paquetes del flujo, de acuerdo con la situación, o la toma de otras medidas, como lo revisaremos más adelante.

NOTA

En el caso de que un paquete IP se fragmente, solamente el paquete correspondiente al primer fragmento contendrá el total del encabezado del paquete de la capa de transporte que estuviese transportando el paquete IP antes de su fragmentación.

Un clasificador MF analiza el contenido no solo del encabezado del paquete IP, sino también el contenido del encabezado del paquete de la capa de transporte (como el caso del paquete TCP, al cual DS le analizan los campos del número de puerto de fuente, y del número de puerto destino) Entonces, el clasificador MF no clasificará apropiadamente los paquetes subsecuentes al primero, en un caso de fragmentación de paquetes.

En RFC 2474, Pág. 15 dicen que lo que se debe de hacer en el caso de fragmentación está fuera del alcance de dicho RFC.

En la Ilustración 12, el nodo de frontera del dominio “C” es un nodo de ingreso que debe acondicionar los flujos que lleguen del exterior. Dichos flujos pueden ya llegar acondicionados y marcados de una red inconsciente DS donde haya un nodo de primer salto, o pueden llegar ni acondicionados ni marcados si no hubiese en dicha red un nodo de primer salto.

Para el caso en que el nodo se conectase a otro dominio de donde proviniesen agregados de comportamiento que fueren equivalentes a los agregados de comportamiento manejados en el dominio local del nodo, entonces, este nodo requeriría hacer una clasificación más sencilla que la clasificación MF sobre dichos agregados, pues solo requeriría revisar la identifi-

¹³ La clasificación MF no solamente se hace en los nodos de primer salto, sino también puede hacerse, en casos especiales, en nodos de otros tipos, como lo comentamos en el punto 3.5.5.

cación que asocia a cada paquete con algún agregado de comportamiento reconocido en el dominio, es decir esta clasificación se basaría únicamente en el contenido del campo DS de cada paquete. A estas clasificaciones se les llama clasificaciones BA (Behavior Aggregate) Un clasificador BA tiene tantas salidas como agregados de flujo que deba reconocer.

Es importante señalar que se ha establecido en los documentos sobre DS que es responsabilidad del dominio emisor hacer que los agregados de comportamiento que emite, con las identificaciones de los mismos, estén acordes con los agregados de comportamiento que se manejan en el dominio receptor, y por supuesto, en cumplimiento con el acuerdo bilateral entre ambos dominios. Aun con esto, el dominio receptor debería también revisar los agregados de flujo de llegada, provenientes de otro dominio, para verificar que éstos cumplieren con las características que se les requiere.

Como ejemplo, en la Ilustración 9, el nodo F10 del dominio D6, cuando recibe paquetes que vienen del interior de D6 y que van a continuar hacia el dominio D1, los podría tener que re-marcar, pues es posible que en D1 las identificaciones definidas ahí fuesen diferentes a los manejados en D6. Asimismo, en F10 se tendría que revisar que las características de los agregados de flujo que emigrasen hacia D1 cumplieren con las características que se les requieren. Por otro lado, F5 en D1 debería hacer revisiones similares correspondientes al ingreso de los flujos a D1.

Ruta de Paquetes dentro de un Nodo de Frontera, desde su Motor de despacho a sus Interfaces.

En la Ilustración 12 se presenta la parte de la ruta de los paquetes que pasan de la motor de despacho del nodo hacia las interfaces del mismo, y donde también proponemos secciones en el nodo. Como se puede observar, en la salida del nodo hacia otro dominio se realizan labores de acondicionamiento.

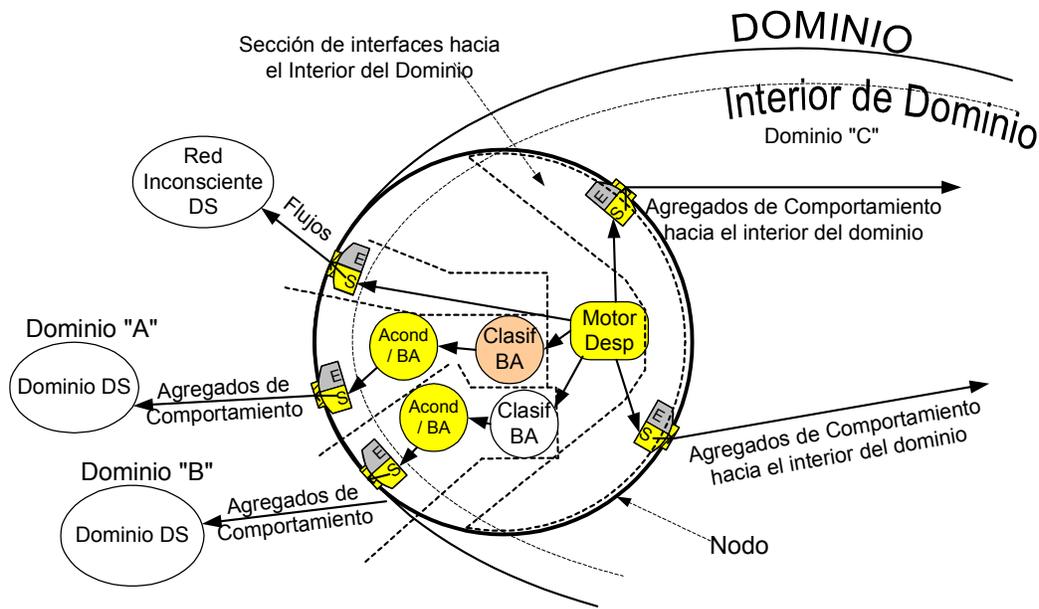


Ilustración 12. Movimiento de paquetes a partir del Motor de Despacho, en el nodo de frontera. Normalmente no hay acondicionamiento hacia el interior del dominio (no está prohibido) A Cada Interfaz de salida le antecede un clasificador BA (ver punto 3.9)

En la Ilustración 12 se observa que los paquetes que pertenezcan a algún agregado de comportamiento, y que deban dirigirse de la motor de despacho hacia alguno de los otros dominios DS, digamos el dominio "A", solo tendrán una ruta que seguir dentro del nodo, empezando en una sección de acondicionamiento a donde deben llegar todos los paquetes del agregado, y de ahí pasar a una interfaz del nodo, para salir del mismo, y del dominio, hacia el dominio "A".

La existencia de una única ruta, para los paquetes de un mismo agregado de comportamiento, dentro de un nodo, desde la motor de despacho hasta una interfaz para salida, cuando hay de por medio trabajo de acondicionamiento para el agregado, en el nodo, parece ser necesaria si se quiere evitar que DS se involucre en el posible desordenamiento de los paquetes del agregado, al salir éstos del nodo, en su ruta hacia su destino.

Podemos ver que la configuración de un dominio para que DS opere incluye:

- 1- El establecimiento de la interconexión apropiada entre los nodos del dominio.
- 2- La configuración de cada nodo de acuerdo con la ubicación adonde se encuentre.

3.8.2.2 Nodos Interiores.

Hacemos notar que un nodo interior es más sencillo que un nodo de frontera, pues no tiene acondicionadores ni clasificadores “previos a los acondicionadores”, solo clasificadores a la salida del nodo.

El tratamiento DS que se pudiera dar a los paquetes en el interior de un dominio se dará en la interfaz de salida de los nodos del dominio.

No hay provisiones en DS para que dentro de un dominio cada paquete de un flujo deba seguir la misma trayectoria de su origen a su destino. Así, un paquete de un flujo podría pasar por diferentes nodos con relación a otro paquete del mismo flujo, ambos en sus trayectos hacia su destino común. Esto implicaría el posible arribo en desorden de los paquetes del flujo, tanto a su destino como a uno o más de los nodos que están en el paso.

El desorden de un flujo provocaría detrimentos importantes para la buena operación del flujo bajo protocolos como TCP. Asimismo, la posibilidad de que los paquetes de un mismo flujo pudiesen tomar diferentes trayectorias en un dominio podría causar inestabilidades en la construcción de las tablas de enrutamiento. Por lo anterior, se prevé que se tendrán, en muchos casos, rutas preestablecidas para los flujos en los dominios.

3.8.3 Acondicionador.

3.8.3.1 Descripción

Posterior a un clasificador, hay tantos acondicionadores como salidas haya de un clasificador. Como hemos dicho, el número de salidas de un clasificador MF es igual el número de flujos que deba reconocer, y el número de salida de un clasificador BA es igual al número de agregados de comportamiento que deba reconocer.

Un acondicionador se encarga de que los flujos que entran a un dominio cumplan con las características comprometidas para ese dominio.

En [WZMKP01 – Pág. 95] se maneja que un acondicionador consta de cuatro elementos básicos: medidor (Meter), marcador (Marker), Conformador (Shaper) y Descartador o desechador (Dropper)

ACONDICIONADOR DE TRÁFICO



Ilustración 13

El elemento que mide las características de un flujo se llama Medidor (Meter), y es un elemento que se encuentra justo al inicio del acondicionador, recibiendo el flujo correspondiente del clasificador.

La mayoría de los medidores son instrumentados con Token Buckets (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), ya que los perfiles del tráfico se describen típicamente con parámetros de Token Bucket.

El elemento con el que se modifican las características de un flujo, para que éste cumpla con las características demandadas se llama Conformador (Shaper) Con este elemento se hace que la gráfica de densidad de tráfico de un flujo adquiera una forma de características determinadas. El conformador previene el paso de paquetes que son parte de secciones de un flujo que no son conformes a las características requeridas a dicho flujo. La prevención se realiza retrasando los paquetes (almacenándolos en memoria temporal –Buffer–) hasta que el flujo adquiera características conformes a lo que se le requiere.

En el curso de un paquete por un acondicionador, antes de un conformador debe estar un medidor. En algunas propuestas al medidor y conformador juntos se les llama conformador¹⁴.

¹⁴ La mayoría de los medidores se realizan con “Token Buckets” [WZMKP01 – Pág. 95] (ver Token Bucket en 0) Los perfiles de tráfico se describen típicamente en términos de parámetros de “Buckets”. Consideramos que aquí, la palabra medidor, puede referirse al amalgamamiento de medidor y conformador.

Nos parece que un acondicionador sería equivalente a lo que en en [RFC 2638, Pág. 8] han llamado “Medidor de Perfiles” (Profile Meter)

La conformación requiere tener una memoria temporal, para guardar los paquetes de flujos en momentos de ráfagas. Los paquetes se van dejando pasar en conformidad con las características que debe tener el flujo¹⁵. En caso de que se desbordase la memoria temporal del conformador, uno o más de los paquetes en esa memoria se tendrían que dejar perder, o bien, se tendrían que dejar salir de tal forma que se indicase que esos paquetes forman parte de segmentos del flujo, o de agregado de comportamiento, que no cumplen con las características que se le requieren.

Esta última situación no implica el que se marquen los paquetes: un conformador no es un marcador. Mientras menos memoria tenga un conformador menos posibilidad habrá de conservar las partes de un flujo en donde no se hayan cumplido con las características requeridas.

En algunas fuentes comúnmente se refieren a la pareja “vigilancia y conformado” (Policing and Shaping) como funciones de un acondicionador, como si el conformado se sustituyese a veces por una vigilancia (Policer), y esta identificación podría causarnos confusión ya que nosotros preferiríamos llamar vigilante a todo el acondicionador.

En [CBNK02, Pág. 15] se dice que un nodo de frontera en su operación de egreso hace conformación, y un nodo de frontera en su operación de ingreso hace policitación. Nosotros consideramos que en ambos casos se hace conformación.

En el mismo documento oficial, el RFC 2475, se dice que la vigilancia (Policing) es el hecho de desechar paquetes de un torrente de tráfico de acuerdo al estado de un medidor correspondiente que impone un perfil de tráfico determinado. Lo anterior implica que en RFC 2475 le llaman “Vigilante” (Policer) precisamente a un conformador sin memoria.

Insistimos en que hay que notar que todo este tratamiento a los paquetes de los flujos no debe implicar que exista la posibilidad de que haya un cambio de orden en el envío de los paquetes, porque eso causaría detrimentos importantes para la buena operación de algunas aplicaciones, tal como TCP.

Después de un conformador se encuentra un marcador. Un marcador es un dispositivo que “marca” paquetes. Marcar es escribir un codepoint en el campo DS de cada paquete, asignándolo así a un agregado de comportamiento.

De lo anterior se observa qué no se marcan los paquetes de un flujo a la salida de un clasificador sino antes de entrar al acondicionador. Esto es porque los marcadores no solamente marcan cada paquete para asignarlo a un agregado de comportamiento, sino que también el

¹⁵ Por eso en RFC 2475 se dice que un conformador retrasa los paquetes de un torrente de tráfico (Traffic Stream) para que éste quede conforme a un perfil de tráfico definido.

marcado puede indicar si el segmento de flujo, o de agregado de comportamiento, al que pertenece el paquete, está cumpliendo con las características que debe cumplir¹⁶.

Con relación a lo que acabamos de indicar, pensemos en un conformador al que no le es posible conformar algún segmento de flujo, o de agregado de comportamiento, porque se han desbordado, de su memoria de conformación, algunos paquetes. Estos paquetes desbordados podrían marcarse, indicando que el segmento de flujo o agregado al que pertenecen no cumple con las características que debe cumplir. Este segmento no se pudo conformar, pero al menos quedó marcado. En [WZMKP01 – Pág. 96], se dice que el conformado es una forma mucho más estricta de policitación que el marcado.

Se conoce como pre-marcado, al marcado para asignar un paquete a un agregado de comportamiento en una primera instancia.

En otras fuentes se dice que un marcador solo marca a los paquetes si pertenecen a segmentos de flujo que no fueron conformes con los requerimientos asociados a dicho flujo. Esta definición parecería decir que un marcador operaría como un solo proceso en conjunto con un conformador.

En el caso del re-marcado, en las fuentes sobre DS el re-marcado se refiere al marcado que se hace a paquetes cuando éstos pertenecen a segmentos de agregados de comportamiento que no cumplen con las características que deben cumplir a la salida del conformado (porque no se pudieron o no se quisieron conformar) El re-marcado también se puede referir a la reasignación de un agregado de comportamiento a otro agregado de comportamiento, cuando el primero pasa de un dominio a otro siguiente.

En el RFC 2475 se dice que el desechador, “desecha” paquetes dentro del proceso de “Vigilancia” (Policing) De este elemento no se escribe mucho y por ello no haremos mayores comentarios sobre el mismo.

¹⁶ Algunas ideas similares a lo que manejamos se encuentran en [CISCO POL-SHA Pg 2], pero hay que tener cuidado con el cambio de nomenclatura.

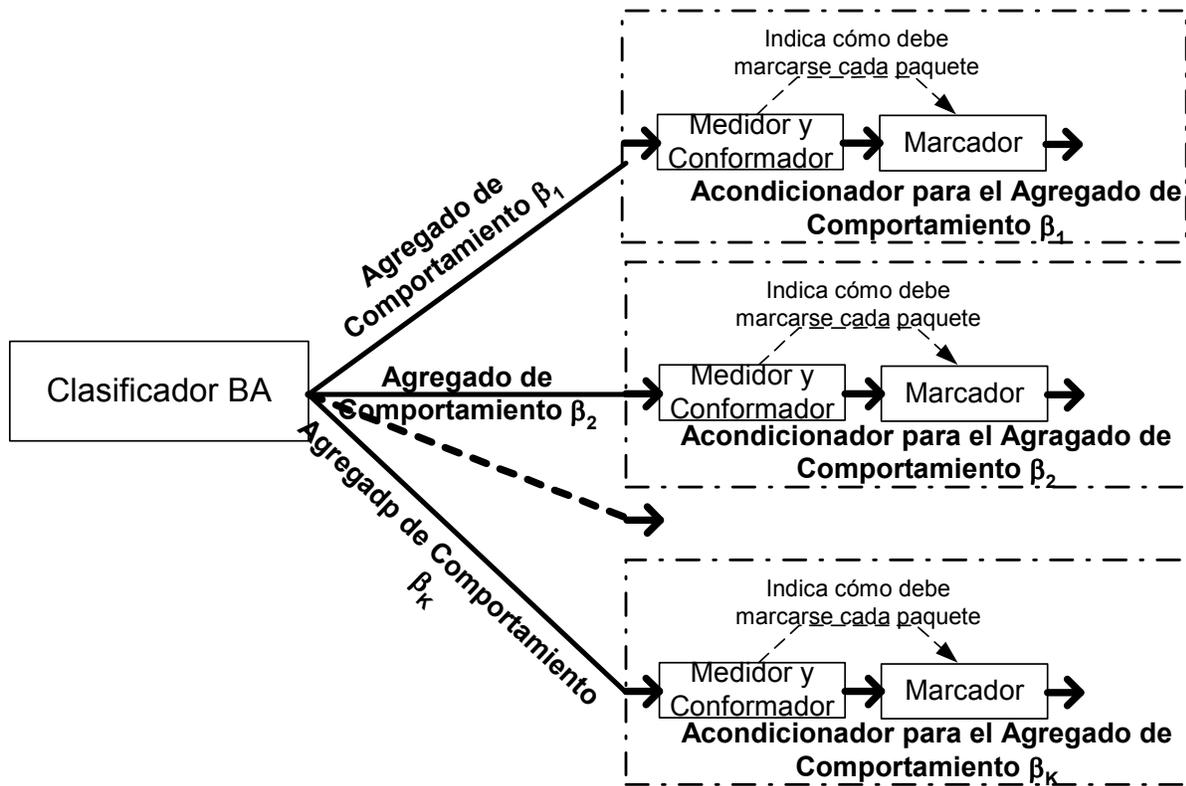


Ilustración 14. Clasificador BA.

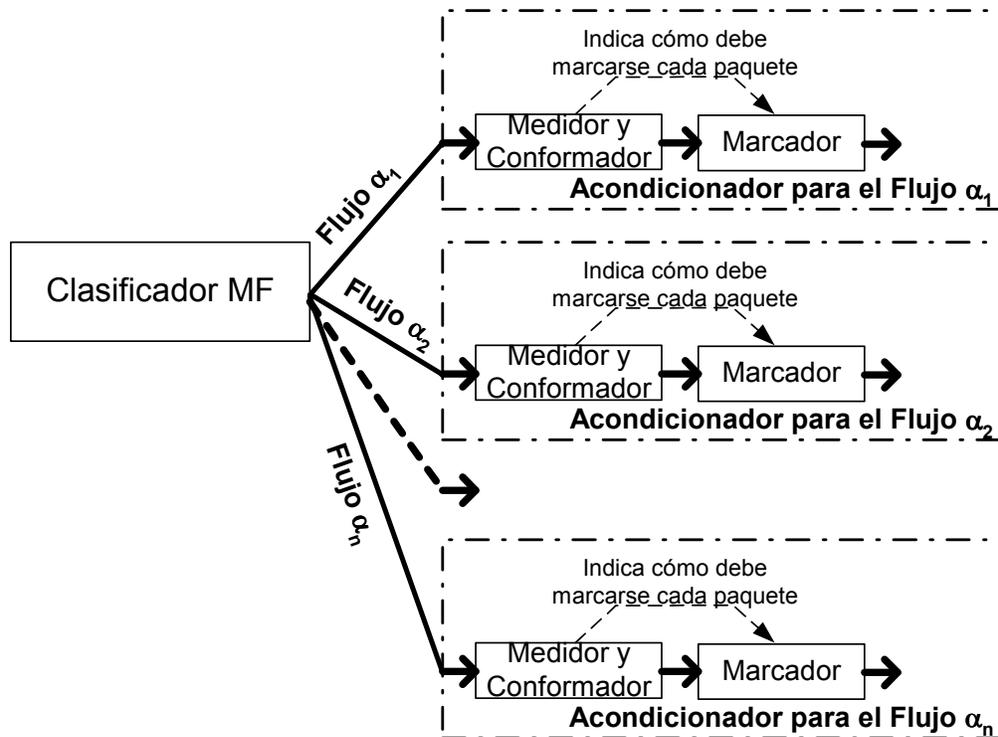


Ilustración 15. Clasificador MF.

En algunas fuentes al acondicionador le llaman “marcador”, implicando que ese marcador, mide, marca y conforma. Aquí usaremos la palabra “acondicionador”.

A la salida de una combinación “clasificador MF – acondicionador”, emigran ya agregados de comportamiento. A la salida de una combinación “clasificador BA – acondicionador”, emigran también agregados de comportamiento.

3.8.4 Ejemplos de la Aplicación de Acondicionamiento

Hacemos referencia a la Ilustración 9, en la página 26. Los flujos que vayan a recibir servicios DS en el dominio D1, que emanan de las terminales T7 y T8, se acondicionarán (y marcarán inicialmente) para recibir dichos servicios en el nodo de primer salto (Leaf) L1.

Consideramos también que se ha realizado un acuerdo entre D1 y la administración de la red donde están T7 y T8 para que en el dominio D1 se ofrezcan servicios DS para el transporte de los agregados de comportamiento que salen de dicha red y que pasan por D1 para llegar a su destino. Este acuerdo se debe hacer con relación a agregados de comportamien-

to, no a flujos. Esto quiere decir que D1 no puede saber sobre cada flujo que se pudiese manejar en la red.

Por último, consideramos que existe un acuerdo D1 – D5, para que en el dominio D5 se ofrezcan servicios DS para el transporte de los agregados de comportamiento que salen de D1 y que pasan por D5 para llegar a su destino.

Es el emisor de la señal el que realiza los acuerdos para que la misma llegue a su destino gozando de diferenciación de servicios.

Como se ve, no se requiere modificar el Software en las terminales para que se les puedan dar servicios DS. No obstante, el usuario de T8 debe usar aplicaciones que de manera natural sean compatibles con las características estipuladas en el acuerdo con el dominio D1.

Cuando dos dominios adyacentes han realizado un acuerdo bilateral para provisión de servicios, el dominio de donde salen los agregados de comportamiento está interesado en que estos agregados tengan una continuidad en la recepción de servicios, en el siguiente dominio, y que no lleguen ahí incumpliendo las características que se les requieren. Esta situación implica que el dominio emisor debe realizar labores de acondicionamiento sobre los agregados de comportamiento, para asegurarse de que estos agregados cumplan con las características que les son requeridas en el dominio siguiente.

Además, si estos dominios tienen entre sí diferentes PHBs, diferentes correspondencias de codepoints con PHBs (y diferentes políticas de provisión de servicios que veremos en el punto 3.10), se hace necesario que el dominio de donde salen los agregados de comportamiento hacia el otro dominio incluya en su acondicionamiento un re-marcado en los paquetes de los agregados.

Si dichos dos dominios tienen, entre sí, igualdad en los elementos que hemos mencionado, se elimina la necesidad de hacer el acondicionamiento que se ha indicado [RFC 2475, Pág. 13]

En los nodos interiores a veces se debe hacer clasificación compleja y acondicionar flujos (no agregados de comportamiento) [RFC 2475, Pág. 19], y esto se hace en casos muy especiales, por ejemplo, si dentro de un dominio existe alguna ruta por donde las características que deben cumplir los flujos son más restrictivas con relación a todo lo demás del dominio, pero que, por la construcción del dominio, no es posible considerar a dicha ruta como fuera del dominio, entonces, a la entrada de dicha ruta se deben acondicionar los flujos.

3.8.5 Revisión de Aspectos Importantes Acerca del Acondicionamiento.

El acondicionamiento, con su respectiva preclasificación, no forma parte de los comportamientos de envío (o despacho) de los nodos.

En el RFC 2475, Pág. 13 y 18, se indica que el nodo de ingreso a un dominio tiene que hacer el acondicionamiento. En el RFC 2597 se indica que puede haber acondicionamiento para tráfico de entrada a un dominio, o para el tráfico de salida de un dominio.

En general, en los nodos interiores no se hace acondicionamiento alguno, pero en el RFC 2475 se indica que el acondicionamiento no está prohibido en los nodos interiores.

En DS no se pretende definir cómo instrumentar un clasificador o un acondicionador en un nodo.

Se dice que los nodos interiores no tienen un “estado por microflujo” (Microflow State), sino un “estado por agregados de comportamiento” (Behavior Aggregate State)

3.9 Tratamientos en la Interfaz de Salida de un Dominio.

Los paquetes en proceso de salir de un nodo, por alguna de sus interfaces de salida, se acumulan en la misma mientras esperan para salir. Este es un caso de congestión de paquetes.

Las funciones DS se ejecutan en las interfaces de salida de los nodos del interior de un dominio (ver página 14) y sirven para manejar paquetes en congestión. Estas funciones¹⁷ conforman “estrategias¹⁸ de administración de tráfico de paquetes”. Esas estrategias deben ser simples, flexibles y susceptibles de trabajar con alta tasa.

Previamente a la ejecución de dichas funciones, el paquete pasa por un clasificador BA, que está dentro de la interfaz de salida. Con esto, las funciones DS, en la interfaz de salida, se ejecutan sobre grupos de paquetes, concentrados por agregado de comportamiento.

Toda interfaz de salida de un nodo, en un dominio, tiene un clasificador BA y una parte donde se realizan funciones DS.

Hay dos tipos de estrategias de administración de tráfico de paquetes¹⁹: *estrategias de administración de congestión (o de servicio de colas)*, y *estrategias de evitación de congestión (o de administración de colas)*²⁰.

Con las estrategias de administración de congestión se forman colas de paquetes en los casos de congestión, y se desahogan las colas seleccionando apropiadamente el siguiente pa-

¹⁷ Funciones también llamadas mecanismos de la ruta de envío (Forwarding Path) (ver punto 3.10)

¹⁸ Estrategia. Plan de acción concebido para alcanzar un objetivo. Este término se sustituye, en muchos documentos que hablan del tema DS, por la palabra “disciplina”.

¹⁹ Ver [CICSOQC-378]

²⁰ “Queue Management Mechanisms – Strategies”, y “Queue Service Mechanisms – Strategies”, [MOTL01 – Fig. 16]

quete a enviar por la interfaz, cuidando de dar a cada agregado de flujo que sale por la interfaz, su debido tratamiento.

Con las estrategias de evitación de congestión, aplicables a cada una de las colas formadas, se seleccionan apropiadamente los siguientes paquetes a desecharse en el caso de necesidad debido a la falta de capacidad de almacenamiento de la cola.

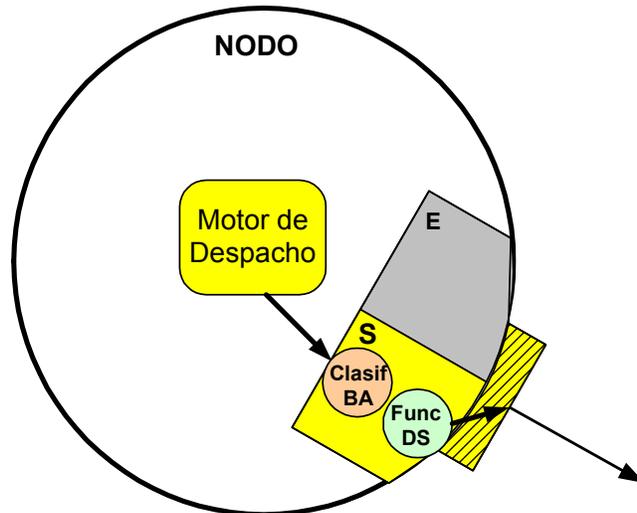


Ilustración 16

3.9.1 Estrategias de Administración de Congestión.

Una estrategia de administración de congestión permite el compartimiento controlado de los recursos de ancho de banda de la salida de dicha interfaz entre los diversos agregados de comportamiento que salen por la interfaz. Este compartimiento se hace mediante la selección del siguiente paquete de entre los paquetes que aguardan su turno de salida, para salir uno por uno, por la interfaz.

Con las estrategias de administración de congestión se busca no perder los paquetes que se hallan en congestión. Para ello, estas estrategias incluyen la formación de paquetes en colas, mientras éstos esperan a ser enviados. En el curso de este proceso no se perderán los paquetes si las colas no se desbordan. Un paquete no puede existir en más de en una cola a la vez.

Se llama “atender” o “servir” a un conjunto de colas en una interfaz, al hecho de seleccionar un solo paquete, en tiempos determinados, tomado del conjunto de colas, y una vez seleccionado el paquete, retirarlo de la cola en donde estaba y enviarlo por la interfaz. Por

eso, a las estrategias de administración de congestión se les llama también Estrategias de Atención de Colas, Estrategias de Servicio de Colas o Estrategias de Encolamiento (Queueing Strategies)

3.9.1.1 Despachador (Scheduler)

El elemento que realiza la tarea de la administración de congestión se llama “Despachador” (Scheduler)²¹ Este elemento se deriva del entorno IntServ [WZMKP01]

Un Despachador es el elemento asociado a una interfaz de salida que se encarga de efectuar el compartimiento de los recursos de ancho de banda de dicha interfaz, según una asignación²² previamente determinada de esos recursos, para los diversos agregados de comportamiento operando en el dominio. El despachador hace un compartimiento en una forma controlada al llevar la cuenta local de la utilización de recursos en dicha interfaz por parte de cada agregado de comportamiento, y al comparar esa utilización con la cantidad de recursos que a cada agregado de comportamiento se le permite utilizar.

3.9.2 Estrategias de Evitación de Congestión

Considérense las colas formadas en una estrategia de atención de colas. Si alguna de esas colas se llenara a su máxima capacidad, no habría capacidad para alojar a los paquetes que llegasen subsecuentemente a la misma. La opción de acción más común en casos como este es descartar (desechar) los paquetes que lleguen subsecuentemente al momento en que la cola se hubiese llenado, dejando intactos los paquetes que ya estuviesen alojados en la cola. Ésta es una estrategia de evitación de congestión que se llama específicamente “desechado en final de cola” (Tail Drops), y es la estrategia más simple de evitación de congestión. Estas estrategias se llaman también estrategias de administración de colas²³.

Desde luego que las estrategias de evitación de congestión no existirían si no hubiese congestión, y existen, como veremos, estrategias que dan mejores resultados con relación a algunas necesidades, en comparación con aquellos que ofrece la estrategia de “desechado en final de cola”.

²¹ Un despachador (Scheduler) se define genéricamente como una entidad que establece una agenda donde se indica cuándo deben partir los elementos de un conjunto de elementos que esperan su turno para partir, uno a uno, por alguna puerta de salida. Estos elementos podrían ser, por ejemplo, trenes, barcos o paquetes. Ha sido difícil encontrar un sustantivo equivalente en español, consistente en una sola palabra, que no fuera algo como agendador, o calendarizador, o programador, para traducir a “Scheduler” (de estos tres términos de traducción, los primeros dos no están contenidos en el Diccionario de la Lengua Española, y el último es demasiado genérico) Al final, en este documento se ha seleccionado el término compuesto “Despachador” como una traducción más cercana.

²² “Allocates”.

²³ Esto lo hemos deducido del RFC 2474, Pág. 4.

3.9.3 Clasificación de las Estrategias de Administración de Tráfico.

Podemos deducir que cualquier estrategia de atención de colas opera en conjunto con al menos una estrategia de evitación de congestión, de algún tipo, ya que siempre existirá la posibilidad de que al menos una cola se llene al máximo de su capacidad durante la ejecución de la estrategia de atención de colas, y que la cola “se desborde” de paquetes.

Los diversos nombres utilizados para las estrategias mencionadas ciertamente causan confusión.

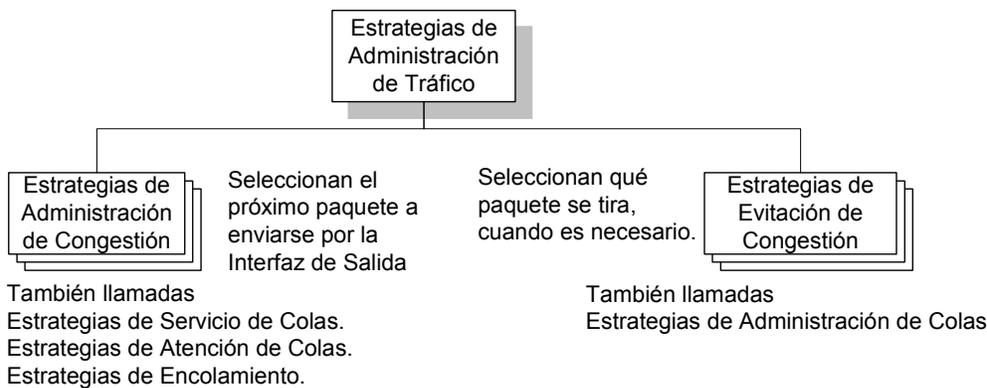


Ilustración 17

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se describen algunas estrategias de administración de tráfico.

3.10 Política de Provisión de Servicios.

En los RFC 2474 y 2475 se refiere mucho la palabra política. Con este concepto se hacen observaciones muy importantes sobre DS, y por lo cual, abordaremos este concepto.

Una definición general de política es la siguiente. Una política es el conjunto de decisiones generales que se dan en una organización, con las que todos, quienes colaboran con la organización, están de acuerdo. Cualquier decisión que se tome dentro de la organización se deberá valorar con relación a la política. Es común referirse a la política como: “las políticas”.

De [CBNK02] obtenemos que las políticas son reglas que aunque pueden ser difíciles de construir, son sencillas de aplicar. En una organización, esas reglas pueden referirse, “por ejemplo”, a la asignación de recursos: ¿quién, cómo, cuándo y en que caso los recibe?

Alfredo Piero Mateos Papis. UNAM.

Quien construye las políticas no es necesariamente el mismo con relación a quien aplica esas políticas, o a quien sobre el cual se aplican dichas políticas.

Las políticas son reglas que se utilizan para la construcción de servicios en el ámbito DS. Revisemos entonces este ámbito.

DS tiene dos COMPONENTES (o planos), uno bien entendido y el otro, más complejo, no bien entendido. Estos componentes son:

- 1- El Plano de la Ruta de Envío. Este componente, bien entendido, lo forman los “comportamientos básicos” en la ruta de envío (Forwarding Path) (es decir, el PHB de cada nodo) Este componente debe mantenerse sin cambios mientras que el otro componente (el Plano de Control, el componente más complejo) evoluciona [RFC 2474, Pág. 2, 3]

Este componente no incluye el saber cómo coordinar los comportamientos de los nodos, para que trabajen en la provisión los servicios diferenciados determinados, en un dominio.

El RFC 2474 se concentra en este primer componente [RFC 2474, Pp. 3, 4] Asimismo, el enfoque del RFC 2474 está en la semántica general de los comportamientos, mas que en las funciones DS específicas utilizadas para instrumentarlos, pues los comportamientos evolucionarán menos rápido que las funciones DS [RFC 2474, Pp. 3, 4]

- 2- El Plano de Control. Este componente, que no está bien entendido, consiste de entidades que pueden producir mensajes de configuración basados en información acerca de la política y el estado de la red (lo que incluye las asignaciones en la red)

Con este componente se configuran los parámetros del Plano de la Ruta de envío (Forwarding Path) [RFC 2474 PAG 3] (o sea, los parámetros de las funciones DS, en cada nodo, con los cuales se implanta la operación de los PHBs en el nodo)

Con un conjunto de dichas configuraciones se crean servicios de calidad en un dominio. Los requerimientos o reglas para formar este conjunto de configuraciones deben seguir una política administrativa. Ni dichos requerimientos y reglas, ni dicha política, están contemplados en el RFC 2474 (ver [RFC 2474, Pág. 2, 3] y [CBNK02 Pág. 11])

A la Política Administrativa, en el ámbito DS, se le conoce también como “Política de Fondo” (Background Policy), Política de Provisión de Servicios, o Política de Provisión de Servicios Diferenciados”.

La configuración de nodos en este plano no se hace “a rapidez de envío” (Forwarding Speed)²⁴

Se evita la estandarización de este componente pues se considera que sería prematuro [RFC 2474, Pág. 2, 3]

Con los elementos explicados, es posible ahora dar la siguiente definición, más formalmente.

Dominio DS. Un dominio DS es un dominio DS – capaz, el cual es una entidad que se forma de un conjunto de nodos que operan con un conjunto común de políticas de provisión de servicios, y con un conjunto común de definiciones PHB [RFC 2475]

4 Asignación, Aprovisionamiento y Admisión.

La repartición de recursos es un asunto que no están actualmente en ruta de estándar (Standards Track) Este, se considera un asunto complejo, y aún está en construcción [CBNK02 Pág. 14]

En cada interfaz salida de un nodo se pueden asignar recursos para envío (Forwarding Resources), recursos que constan de: recurso de ancho de banda y recurso de espacio de memoria temporal (Buffer Space)

Ambos tipos de recursos se asignan dentro de la operación de DS.

Examinaremos exclusivamente al recurso de ancho de banda, considerando que el recurso de espacio de memoria temporal puede ser similarmente examinado. Así, cuando utilicemos la palabra recurso “sola”, nos referiremos a recurso de ancho de banda.

4.1 Recurso de Ancho de Banda de un Dominio en DS

4.1.1 Complejidad en la Definición del Recurso de Ancho de Banda en un Dominio.

²⁴ No cambia tan rápido como el tiempo que pasa entre que se envía un paquete y se envía el siguiente. En [CBNK02 – Pág 17], se “indica” que la configuración que hace el plano de control para poner a operar reglas en los bordes de un dominio se realizan en una escala de tiempo muy diferente (con relación a los tiempos manejados en la ruta de envío) Aun en configuraciones de calidad de servicio extremadamente rápidas, no se espera que se tengan actualizaciones a tasas de envío, o ni siquiera dentro del tiempo de vida de microflujos pequeños.

Primeramente aclaramos que usamos indistintamente los dos siguientes conceptos: 1- ancho de banda de cada interfaz de salida de un nodo, y 2- ancho de banda de los enlaces de salida de un nodo.

El ancho de banda de un dominio es un concepto que puede incluir al ancho de banda de las interfaces de salida del dominio: cada enlace de salida del interior del dominio, y posiblemente cada enlace de egreso del dominio.

Entonces, el hablar de un ancho de banda de un dominio puede resultar intrincado. Como ejemplo se muestra en la Ilustración 18 un dominio. Al ver el ancho de banda de cada enlace nos preguntamos: ¿cuál es el ancho de banda del dominio?

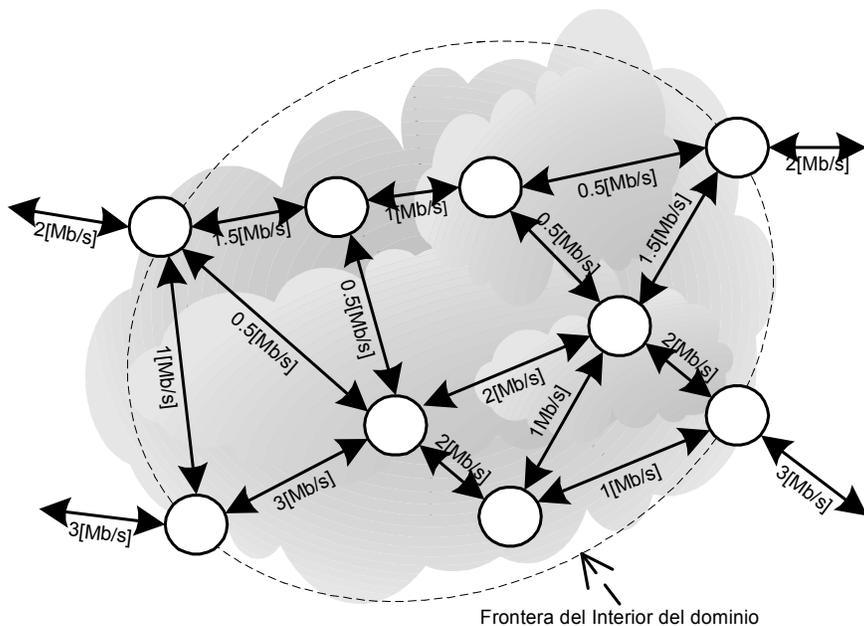


Ilustración 18

Por las reflexiones anteriores resulta conveniente el hacer simplificaciones para el establecimiento del concepto “ancho de banda” en un dominio. Algunas situaciones que permiten simplificación los presentamos en el punto 4.1.3. En este documento no tratamos el aspecto de cómo se puede hacer la simplificación, más allá de tomar algunos ejemplos.

4.1.2 Requerimientos que del Recurso de Ancho de Banda del Dominio Tiene cada PHB que Opera en el Dominio.

Primeramente resaltamos que una parte fundamental en la concepción de DS implica que los recursos de un dominio, como sea que se definan, se puedan repartir por cada PHB, y se pueda limitar el acceso a los recursos repartidos a cada PHB.

Resaltamos que los recursos se reparten a un PHB mediante la operación de funciones DS (específicamente estrategias de atención de colas)

Es importante decir que los recursos de un dominio no se reparten por agregado que opera en un dominio, sino por PHB que opera en un dominio. Hay que recordar que un agregado dentro de un dominio es tratado en correspondencia con un único PHB, pero que puede haber más de un agregado que sea tratado según el mismo PHB²⁵.

Así, es el PHB la entidad a la que se reparten recursos. La parte más fina de los recursos de un dominio que se puede identificar son los recursos de cada interfaz de salida de un nodo. Así, cuando se reparten recursos en un dominio, ultimadamente lo que se reparten son los recursos de la parte de salida de las interfaces del dominio, las de interior y las de frontera.

De hecho, debe quedar claro que un PHB, más que operar por nodo, opera en cada interfaz de salida de los nodos del dominio.

Si una interfaz de salida de un nodo (o equivalentemente, si el enlace de salida correspondiente a dicha interfaz) cuenta con demasiados recursos con relación al tráfico de un agregado que salga por la interfaz, puede ser que no exista la necesidad de repartir recursos al PHB que corresponda a dicho agregado, para que el PHB opere satisfactoriamente en la interfaz de salida.

Por otro lado, existe la posibilidad de que la configuración de un dominio esté dispuesta para que un agregado determinado no pase por todos los nodos en el dominio, y por lo tanto no se tenga que poner a operar el PHB que corresponda a dicho agregado, en todos los nodos del dominio, y por consecuencia, no se tengan que repartir recursos de las interfaces de salida de los nodos por donde no vaya a pasar el agregado al que corresponda a ese PHB.

Para determinar dónde, en el dominio, se tiene que aplicar un PHB correspondiente a un agregado, revisemos diversas formas en que se podría comportar un agregado dentro de un dominio, con relación a su paso por el dominio.

Un agregado en un dominio puede operar en una de entre diversas modalidades de ingreso y egreso a un dominio:

²⁵ En algunos documentos sobre DS se indica que los recursos se reparten por cada agregado (“PHB Aggregate”) [HTTC03]

- a. Todos los paquetes del agregado entran al dominio por un mismo punto del dominio, y todos ellos salen del dominio por un mismo punto del dominio.
- b. Cada paquete del agregado entra al dominio por uno de entre múltiples puntos del dominio, y cada uno de esos paquetes sale del dominio por uno de entre múltiples puntos del dominio.
- c. Todos los paquetes del agregado entran al dominio por un mismo punto del dominio, y cada uno de esos paquetes sale del dominio por uno de entre múltiples puntos del dominio.
- d. Cada paquete del agregado entra al dominio por uno de entre múltiples puntos del dominio, y todos ellos salen del dominio por un mismo punto del dominio.

Parece lógico suponer que en el caso general todos los paquetes pertenecientes a un mismo flujo, que a su vez pertenece a un agregado, entrarán a un dominio por un mismo punto del dominio, y todos ellos saldrán del dominio por un mismo punto del dominio.

Con relación a las rutas de los paquetes de un agregado, en el interior de un dominio, cuando la Suite TCP / IP es responsable total del enrutamiento de los paquetes en un dominio, cada paquete, en su curso por el interior del dominio, seguirá una ruta que dependerá de los protocolos de enrutamiento de la Suite TCP / IP llevados en el dominio, y del algoritmo de enrutamiento IP llevado en la motor de despacho de cada nodo. Así, dos paquetes que cursan, ambos, entre los mismos dos puntos dentro de un dominio, podrían seguir rutas diferentes en ese curso.

Por lo anterior, un agregado en un dominio puede consistir de paquetes que en conjunto podrían abarcar con su paso a todos los enlaces del dominio, donde no se tuviese certeza de las rutas que seguir cada paquete. Dos consecuencias de lo anterior son:

- 1- Si en un dominio se tienen varios agregados se podría complicar el establecimiento de la cantidad de ancho de banda que se requeriría para cada agregado en cada enlace del dominio.
- 2- Podría haber congestiones en los nodos, aun cuando se la utilización del ancho de banda de los enlaces del dominio fuese conservadora. Por ejemplo, en la Ilustración 19 se observa uno de los nodos indicados en la Ilustración 18 en donde se resaltan tres enlaces. En un momento dado, tráfico que hubiese llegado al nodo por los enlaces de $1[\text{Mb} / \text{s}]$ y de $0.5[\text{Mb} / \text{S}]$ podría “querer” salir por el restante enlace de $0.5[\text{Mb} / \text{s}]$, y podría generarse congestión en dicho enlace de salida²⁶.

²⁶ Concepto a lo que parece referirse [WHSCSK01] cuando hablan de “distorsión de tráfico”.

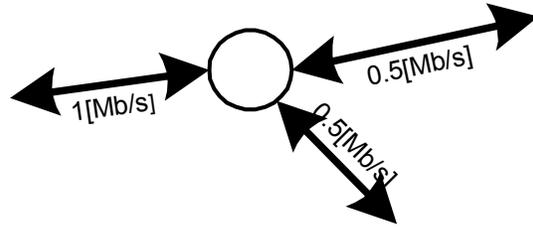


Ilustración 19

4.1.3 Situaciones que Permiten la Simplificación de la Definición de Ancho de Banda.

Cuando los recursos de la interfaz de salida de un nodo de un dominio son suficientemente grandes se simplifica la operación para compartir el ancho de banda entre PHBs.

Lo anterior se puede exponer en un ejemplo gráfico en la Ilustración 20, donde se presenta casi el mismo ejemplo de dominio que presentamos en la Ilustración 19, con la diferencia de que en el caso de la Ilustración 20 se considera que se ha determinado correctamente que solamente en las interfaces de salida de los dos nodos achurados que se muestran se requiere la operación de las funciones DS para poder ofrecer ahí los PHBs deseados, considerando que existe un control para que la cantidad de tráfico que fluye por el dominio, con relación a los diversos agregados que operen en el dominio, se mantenga dentro de ciertos límites. En todas las demás interfaces de salida se puede cumplir con el otorgamiento de calidad en el servicio sin necesidad de poner en operación funciones DS.

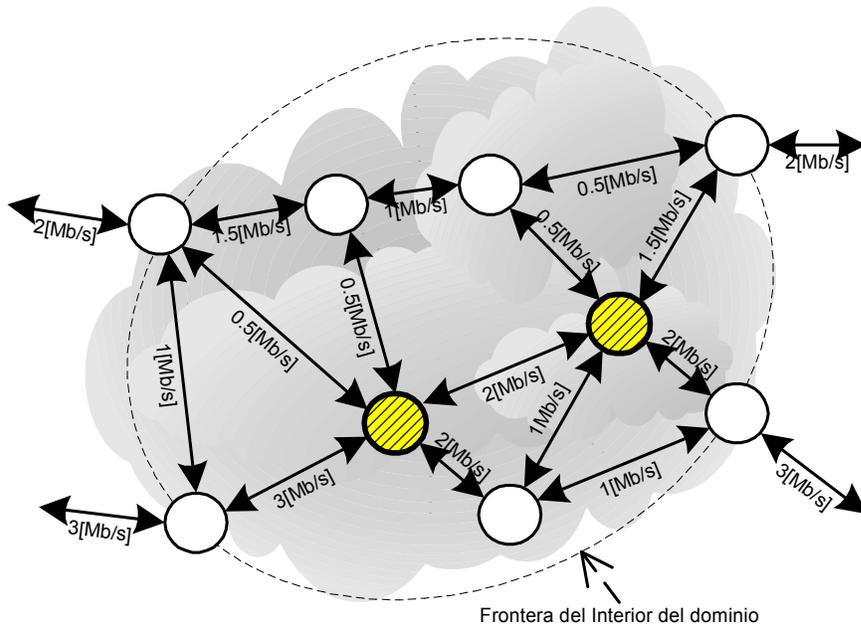


Ilustración 20

Cuando existen nodos en un dominio en los cuales no se requiere la implantación de funciones DS para que en ellos operen los PHBs deseados, entonces se simplifica el establecimiento y administración de los servicios DS en un dominio.

Para el apropiado ofrecimiento de servicios DS en un dominio, debe quedar claro que las funciones de acondicionamiento son imprescindibles en todo nodo de ingreso, “activo”, del dominio.

Hay que aclarar que existen ciertos PHBs (como el EF) donde no se acepta que haya ni el menor congestionamiento en la parte de salida de una interfaz donde se pone en operación ese PHB (es decir, no se acepta que la cola de dicha parte de salida, corresponde a dicho PHB, crezca a más de un paquete, donde los paquetes pertenezcan a cualquier agregado que sea tratado con dicho PHB en el dominio²⁷)

²⁷ Es posible también que pudiese haber congestionamiento pero que los tiempos de espera en cols fuesen demasiado pequeños con relación a los tiempos límite manejados.

Otra posibilidad para facilitar la implantación y operación de DS en un dominio cualquiera, es tratar de restringir la ruta a seguir por los paquetes de cada agregado que opere en ese dominio, así, también solamente podría ser necesario que los PHBs deseados en el dominio se tuvieran en los nodos pertenecientes a las rutas por donde pasaran los agregados.

4.2 Aprovisionamiento.

Como hemos dicho, DS está concebido considerando que es posible repartir los recursos de ancho de banda y de memoria temporal de las interfaces de salida de un dominio, entre los diversos PHBs que operan en dicha parte de salida.

A esta repartición se llama “asignación”²⁸ de recursos (utilizamos “asignación” como traducción la palabra del Ingles “Allocate”)

Dejamos claro que la palabra asignación, referente a los recursos de ancho de banda y de memoria temporal en DS, también se utiliza para otras formas de repartición que veremos más adelante.

A la asignación de recursos de ancho de banda y de memoria temporal de las interfaces de salida de un dominio, entre los diversos PHBs que operan en el dominio se les llama específicamente Aprovisionamiento (utilizamos “aprovisionamiento” como traducción de la palabra del Inglés “Provisioning”)

Se dice que LOS RECURSOS DE ANCHO DE BANDA SE APROVISIONAN A UN PHB, o que A UN PHB SE LE APROVISIONA DE RECURSOS.

Dado que un agregado está ligado a un solo PHB, y viceversa, entonces se llega a hablar de aprovisionar recursos a un agregado.

Cuando en una interfaz de salida no hay paquetes en espera correspondientes a algún agregado, los recursos de ancho de banda aprovisionados a dicho agregado se pueden utilizar para otro PHB²⁹. Por la forma de operación de un Despachador (Scheduler), es muy fácil y rápido regresar los correspondientes recursos de ancho de banda al PHB cuando llegan paquetes del mismo a la interfaz de salida.

No todos los recursos de una interfaz de salida se tienen que aprovisionar. Tener recursos no aprovisionados permite su uso para diversos PHB si se requiere, sin tener que desaprovisionar a otro PHB para obtener recursos.

²⁸ Recordando que Best Effort se considera como uno de los agregados de comportamiento definido en el dominio.

²⁹ En RFC 2597, punto 2, párrafo 4, se cita: “An AF class MAY also be configurable to receive more forwarding resources than the minimum when excess resources are available either from other AF classes or from other PHB groups. This memo does not specify how the excess resources should be allocated...”.

La elección de cómo utilizar la terminología “asignación” (Allocation) y “aprovisionamiento” (Provisioning), para la escritura de este documento nos ha sido controvertible. En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** hacemos un análisis que sirve de base para fundamentar la selección que hemos hecho de algunos términos en este documento.

Podemos notar que, con la forma en que operan los aprovisionamientos en la interfaz de salida, el hecho de que los recursos de un PHB se encuentren en congestión en dicha interfaz no implica que los recursos de otro PHB, también en dicha interfaz, también lo estén.

En la Ilustración 21 se muestra un nodo de frontera y un nodo interior de un dominio, y se representan la cantidad de aprovisionamiento para un PHB específico, que se hace de los recursos totales de la parte de salida de las interfaces de los nodos.

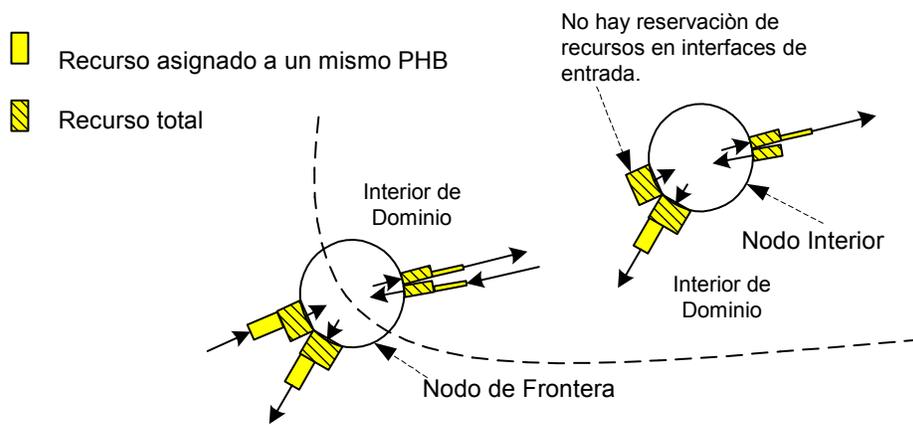


Ilustración 21

En la Ilustración 22 se representa un dominio “A”, y se representa la porción de recursos totales de ancho de banda de la interfaz salida de tres nodos de frontera, que ha sido aprovisionada para un PHB específico que opera en el dominio. La cantidad de recursos de ancho de banda aprovisionados se representa con el grosor de los rectángulos de relleno liso.

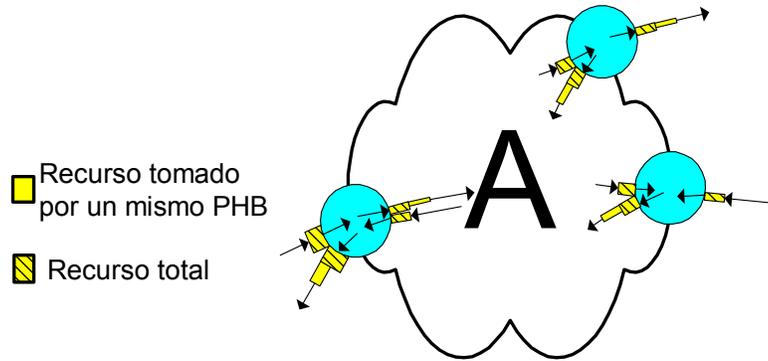


Ilustración 22

El aprovisionamiento puede ser estático o puede ser dinámico. La razón de hacer el aprovisionamiento dinámico es ajustar la cantidad de recursos que se asignan a un PHB dependiendo de la necesidad que este último tenga.

El aprovisionamiento de la cantidad adecuada de recursos a cada PHB que opera en un dominio puede ser la diferencia entre maximizar o no la provisión de servicios en el dominio.

Esta maximización a su vez impacta en aspectos económicos relativos al dominio. El ofrecer servicios con base en PHBs que ocupen siempre una cantidad fija de recursos, generalmente sobrada con relación a lo requerido, para cubrir fortuitas necesidades, es un factor para el encarecimiento de esos servicios, y es un factor que hace menos flexibles las posibilidades de otros PHBs.

Se vislumbra que las cantidades de aprovisionamiento en todas las interfaces de salida del dominio serán fijas en el principio de la implantación de arquitecturas DS.

El problema de aprovisionamiento dinámico se plantea en varias fuentes, como [HTTC03], [JVJPLPVG]

4.3 Asignación de los Recursos (“Allocation”) de cada PHB.

Hay dos tipos de Asignaciones:

- 1- El aprovisionamiento (que hemos revisado)
- 2- La incorporación de un flujo a un agregado de comportamiento de un dominio, o la incorporación de un agregado de comportamiento de un dominio a un agregado de comportamiento en un dominio subsiguiente.

Considerando un flujo que se quisiera incorporar a un agregado interno, si el flujo es efímero con relación a lo que tarda el proceso de revisión de cantidad de recursos disponibles para autorizar al flujo a ser miembro o no del agregado interno, y de autorización, entonces se tiene una situación inoperante.

Si el administrador de un dominio tiene la posibilidad de aumentar y reducir los recursos provisionados a los diversos PHBs del dominio, de forma dinámica, entonces se facilita la adaptación para cambios de requerimientos de dichos PHBs.

Se ha plantado en diversos trabajos que es conveniente adelantarse a los requerimientos de modificación de utilización de recursos para los agregados externos, provisionando de forma adelantada los PHBs. Si este adelanto se hace correctamente, se evita tener que provisionar o des-provisionar de manera reactiva con relación a dichas solicitudes de modificación. Este adelanto será conveniente, a menos de que sea sumamente rápido y poco costoso el cambio de aprovisionamientos reactivo para los PHBs.

Por último diremos que, según [CBNK02 – Pág. 9], la tarea de asignación es compleja y aun está bajo desarrollo.

4.4 Admisión

La incorporación de agregados externos o flujos, a agregados internos, por parte de un dominio receptor, se llama “admisión”.

La admisión implica tener el cuidado de que, aceptando un margen de falla determinado, se tenga disponibilidad suficiente de recursos para que se otorgue al agregado externo, en el dominio receptor, el servicio que satisfaga sus requerimientos.

Sobre la admisión, se dice que se espera que la “admisión” y los procedimientos de instalación (Set-up Procedures) evolucionen para llegar a ser dinámicamente configurables, y bastante complejos, mientras que los mecanismos en la ruta de envío se mantengan simples. El establecimiento de acuerdos de servicio y de perfiles de tráfico es más complejo que las decisiones de envío en las rutas [RFC 2638, Pág. 3]

Para algunos servicios, un control de admisión estricto es necesario.

5 Dos PHBs Específicos y Formación de Servicios con Ellos

Ya en el punto 3.4 hemos dicho que la formación de un servicio se hace a partir del uso de un PHB. Un servicio a un flujo, en una cadena de dominios, se construye a partir del acondicionamiento del flujo (en general una sola vez en el ingreso al primer dominio), del acondicionamiento del flujo

dicionamiento del agregado de comportamiento al que el flujo pertenece, en subsecuentes dominios, y con el PHB de cada nodo, en los dominios.

Pueden operar, al mismo tiempo, muchos PHBs en cada interfaz de salida de cada nodo, como el PHB EF, y el PHB AF, siempre que se respeten los requerimientos para cada PHB.

5.1 *El Grupo de PHBs AF (Assured Forwarding PHB Group –PHB AF Group— [RFC 2597]*

5.1.1 Generalidades de los Servicios que se Podrían Ofrecer con el Grupo de PHBs AF.

Consideremos un servicio para enviar tráfico de un punto a otro donde los paquetes del tráfico deban ser entregados con alta probabilidad (es decir, habrá alta probabilidad de que no haya desechado de paquetes debido a saturación, en los nodos intermedios) siempre que la tasa convenida en el envío de paquetes no sea rebasada (el flujo enviado no se salga de su perfil)

También es deseable que los paquetes pertenecientes a un tráfico cuya tasa exceda los límites convenidos, tengan la posibilidad de ser entregados, aunque se entreguen con una probabilidad menor a la que corresponde al tráfico que sí cumple con los límites de tasa convenidos.

Sobre si debe o no haber reordenamiento de paquetes de un mismo flujo, aun si éstos perteneciesen a un tráfico fuera de perfil, no está indicado. Parecería mejor para la claridad de operación de este servicio que no hubiese reordenamiento.

Los paquetes de flujos que vayan a recibir servicios que sean provistos con el grupo de PHB AF, serán marcados, ya sea por el cliente, o por el dominio DS proveedor de servicio, como paquetes AF. El marcado indicará la clase AF y el nivel de precedencia de desecho (Drop Precedence), conceptos que se explican a continuación.

5.1.2 Características del Grupo de PHBs AF

El PHB referente a AF no es uno solo, sino es un conjunto de PHBs, que se definen en conjunto. El Grupo de PHBs AF maneja N clases AF independientes (son N PHBs) Dentro de cada clase, cada paquete se asigna a uno de M diferentes niveles de precedencia de desecho (“Drop Precedence”), donde la precedencia indica la propensión a ser desechado en una cola, debido a situaciones de proximidad a saturación en la cola. Cada paquete de un agregado tratado con el grupo de PHBs AF se marca con el codepoint AF_{ij}, donde “i” corresponde a la clase y “j” a la precedencia. Actualmente se han definido 4 clases, con tres nive-

les de precedencia para cada clase (aunque para una utilización local, particular, se podrían utilizar más clases y niveles de precedencia)

Dentro de una clase AF el nivel de precedencia más bajo es el nivel que se asigna a la probabilidad de desecho más baja, es decir AFx1 debe tener la probabilidad más baja de desecho. No siempre, por haber tres niveles de precedencia, se manejan tres probabilidades de desecho, a veces AFx2 y AFx3 se manejan con la misma probabilidad de desecho, y AFx1 se maneja con otra probabilidad de desecho.

5.1.3 Operación del PHB AF en un Nodo.

Un nodo DS debe implantar las cuatro clases AF. Los paquetes en una clase AF no se agregan con paquetes de otra clase. Así, un nodo DS debe considerar un mínimo de recursos exclusivos (espacio de memoria –Buffer—, y ancho de banda) para la operación de cada clase AF, en largo y corto plazo. Desde luego una clase puede recibir más recursos, si existen recursos ociosos de otras clases o de otros grupos de PHB.

A cada clase AF, en cada nodo, DS asigna una cantidad de recursos (espacio de memoria – Buffer— y ancho de banda)³⁰ Cada clase debe ser servida de tal forma que se desempeñe la tasa configurada de servicio (ancho de banda) en las escalas de tiempo chicas y grandes.

En un nodo DS, el “nivel” de aseguramiento de que un paquete será enviado depende de:

- 1- Cuántos recursos de envío se han asignado a la clase AF a la que pertenece el paquete.
- 2- Cuánta congestión hay en la clase AF a la que pertenece el paquete.
- 3-Cuál es la precedencia de desecho del paquete.

En cada nodo, en una clase AF se puede ofrecer a los paquetes que pertenecen a un flujo que está dentro de perfil un nivel “alto” de aseguramiento de llegar a su destino (con precedencia 0), y para los paquetes que pertenecen a flujos que no están dentro de perfil se les puede situar en uno de los dos siguientes niveles de menor prioridad (precedencia 1 y 2)

El RFC 2597 no indica una particular relación entre el grupo de PHB AF y otros grupos de PHB; sin embargo, el RFC 2597 dice que en operación normal otros grupos de PHBs no deben invadir los recursos (preempt) de los PHBs AF (en casos emergentes, por ejemplo, el tráfico de control de red sí puede invadir los recursos de los PHBs AF)

Una clase AF puede recibir más recursos de los mínimos establecidos en el nodo, cuando existen recursos en exceso en el nodo, de otras clases AF o de otros grupos PHB. El RFC

³⁰ Aquí se asignan recursos a las clases dado que se considera un PHB por cada clase.

2597 no habla, a propósito, de los algoritmos específicos que se pudiesen emplear para lograr esta asignación de recursos en exceso.

El comportamiento de encolado y desecho en una clase AF intenta minimizar la congestión de largo plazo, permitiendo la congestión de corto plazo resultante de ráfagas. Así, el algoritmo para implantar el Grupo de PHBs AF en los nodos debe permitir que flujos con diferentes formas de ráfagas, pero con idénticas tasas de largo plazo, se traten de la misma manera, lo que se logra con la introducción de un elemento aleatorio en el desechado de paquetes. Esto se hace con un algoritmo de administración de colas como por ejemplo RED (A6.2), aunque el RFC 2597 no recomienda un algoritmo determinado.

Para un “nivel de congestión suavizado” (Smoothed Congestion Level) la tasa de desecho de paquetes de un flujo particular, dentro de un nivel de precedencia determinado, será proporcional al porcentaje que ese flujo tenga del total de tráfico pasando por ese nivel de precedencia³¹.

5.1.4 Acondicionamiento de Flujos para ofrecer un Servicio con el Grupo de PHBs AF.

En los límites de los dominios DS, los procesos de acondicionamiento pueden implicar que a los paquetes de tráfico AF se les incremente o disminuya su precedencia de desecho, o se les reasigne a otras clases AF. Se debe considerar que cierto tipo de reasignaciones pueden causar el desorden los paquetes de los flujos, lo que no es admisible para algunas aplicaciones.

5.1.5 Ejemplos de Servicios que se Pueden Construir con el Grupo de PHBs AF.

5.1.5.1 Servicio Olímpico.

El grupo de PHBs AF se puede utilizar para implantar el servicio llamado Servicio Olímpico, donde hay tres clases de servicio: oro, plata y bronce (que pueden corresponder a diferentes clases AF, y dentro de cada clase también se pueden implantar niveles de precedencia. Por ejemplo, los paquetes en la clase oro pueden experimentar menor carga (y por eso mayor probabilidad de ser entregados a tiempo), con relación a los paquetes en la clase plata, y aun menor con relación a paquetes en la clase bronce.

5.1.5.2 Servicio Assured

³¹ Notar que esto no implica que exista en el nodo un conocimiento de a qué microflujo pertenece cada paquete, es decir, esta regla se cumple automáticamente dadas las características del desechado en la cola.

En el RFC 2638 se habla de un servicio Assured, que tiene características similares a las de los servicios que podrían formarse con el grupo de PHBs AF.

5.2 EL PHB EF

5.2.1 Generalidades de los Servicios que se Podrían Obtener con el PHB EF

El PHB EF se puede utilizar para producir servicios de punta-a-punta, a lo largo de dominios DS, que tengan las siguientes características: baja pérdida, baja latencia, bajo Jitter, y ancho de banda asegurado. Servicios así darían la impresión, ante los puntos terminales, como si se tuviese una conexión hecha con una línea privada, por eso al tipo de servicio lo llaman “servicio de línea privada virtual”.

Para proveer las características estipuladas en el PHB EF es necesario que los paquetes del agregado, en el curso que lleven, solo encuentren nodos en donde las colas de espera en las que se alojen sean de nulo tamaño (no haya congestión), o sean colas de tamaño “muy pequeño” (así lo dicen en el RFC 2598)

Las colas se forman, en un nodo, cuando la tasa de corto plazo de llegada de tráfico excede la tasa de salida (que es la tasa efectiva a la que se está saliendo)

5.2.2 Descripción del PHB EF.

El PHB EF se define como un tratamiento de envío, en un nodo y para un agregado de comportamiento particular, en donde la tasa de salida de los paquetes del agregado en cualquier nodo debe igualar o exceder una tasa configurable (una tasa objetivo) El agregado debe contar con un ancho de banda, en la interfaz de salida de un nodo, independiente de lo que tenga asignado cualquier otro agregado en dicha interfaz. Este ancho de banda debe promediar un valor de al menos la tasa configurable al medirse en cualquier intervalo de tiempo de duración igual o mayor que el tiempo que toma enviar un paquete de tamaño MTU a la tasa configurable. La tasa mínima configurable debe poderse fijar por el administrador de la red (utilizando cualquier mecanismo que el nodo maneje para configuración no volátil)

5.2.3 Operación del PHB EF en un Nodo.

En los nodos el agregado de comportamiento deberá contar siempre con al menos una mínima tasa de salida bien definida (donde “bien definida” significa independiente del “estado dinámico” del nodo, particularmente de la intensidad de otros tráficos que puedan existir en el nodo)

Se deben acondicionar los agregados en un dominio para que su tasa de llegada a cualquier nodo del dominio sea siempre menor que la mínima tasa de salida configurada en el nodo.

5.2.4 Implantación del PHB EF.

El PHB EF se puede producir por medio de más de un mecanismo (estrategias de administración de tráfico más acondicionamientos) Se dan algunos ejemplos a continuación:

- Una estrategia de atención de colas tipo Cola de Prioridades (Priority Queue), siempre que no haya una cola de mayor prioridad que pueda aniquilar (Preempt) a la cola EF, por más de una paquete a la vez, operando a la tasa configurada (esto se puede lograr teniendo un limitador³²)

Se dice que la implantación debe incluir provisiones para limitar el daño que el tráfico EF pueda ocasionar en otro tráfico, de tal forma que el tráfico EF que exceda un límite debe descartarse.

- Una estrategia de atención de colas del tipo “Round Robin con Pesos” (Weighted Round Robin Scheduler) (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), que sirva a varias colas simples, entre ellas, a una cola simple para EF, en donde la parte de ancho de banda de salida para EF corresponda a la tasa configurada para EF.
- Una estrategia de atención de colas “Encolado Basado en Clases” (CBQ –Class Based Queueing) (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), donde la cola EF tuviera una prioridad correspondiente a la tasa configurada para EF.

Es importante darse cuenta que en todas las estrategias de atención de colas anteriores, el ancho de banda de EF se puede utilizar por otras clases mientras no haya paquetes que enviar del agregado EF, sin desperdiciar dicho ancho de banda.

Con esto se logra que el ancho de banda del nodo no tenga que ser enorme para poder tener en operación una cola EF.

5.2.5 Ejemplos de Servicios que se Pueden Construir con el PHB EF.

5.2.5.1 Servicio Premium.

Este servicio se ha descrito en el RFC 2638, y se cita en el RFC 2598.

³² Hecho con un Token Bucket asociado a cada cola de prioridad [ver Token Bucket **0**]
Alfredo Piero Mateos Papis. UNAM.

El servicio Premium ofrecido a un flujo en un dominio cercanamente garantiza que su paso por los nodos “no tendrá retraso” por congestión en los mismos, siempre que la tasa del flujo no sea mayor que un valor máximo permitido³³.

Con este servicio sí se pueden perder paquetes en el proceso de acondicionamiento cuando el flujo no cumple con su perfil.

El costo económico del servicio Premium es alto pues con este servicio se tiene “una especie” de reservación (no es estrictamente una reservación pues al no haber paquetes en espera en el nodo el ancho de banda que se destinaría para este servicio se puede utilizar para otros servicios) de dentro del agregado de comportamiento correspondiente

El servicio Premium es adecuado para aplicaciones donde se requieren tasas constantes de paquetes (poco Jitter), aplicaciones tales como aplicaciones de transmisión de señales de video o de audio en tiempo real. A estas aplicaciones no les debe afectar la pérdida de uno que otro paquete, y sin embargo las retransmisiones de paquetes debido a pérdidas sí les pueden ser perjudiciales.

Esto se logra con la NO SOBRE-CONTRATACIÓN, es decir, el ancho de banda reservado para los agregados de comportamiento no es rebasada por la suma de los anchos de banda requeridos por los flujos miembro de esos agregados (aunque resulta evidente que garantizar esto, por nodo, no es posible, con la forma de operación DS³⁴)

Los agregados de flujo Premium no deben aniquilar [Preempt] la capacidad para otros agregados de comportamiento en un nodo.

El acondicionamiento de un flujo que recibirá servicio Premium no va a permitir que ese flujo rebase la tasa máxima promedio definida para ese flujo, aunque para hacerlo tenga que tirar paquetes del flujo (claro, primeramente va a tratar de conformar el flujo)

5.3 Formación de Diversos Servicios con un Solo PHB

Un solo PHB se puede utilizar para forma diversos servicios. Esto es tan fácil como considerar que un servicio puede ofrecer un “alto” aseguramiento de que los paquetes del flujo llegarán a su destino, si se cumple que el flujo no pase de una tasa promedio “X”. Otro servicio puede ofrecer lo mismo que el primero, pero con relación a una tasa promedio “Y”. Estos dos servicios se pueden lograr con el mismo PHB EF, pero haciendo acondicionamientos diferentes a los flujos.

³³ Este valor de tasa es el valor promedio del flujo. Puede ser que el flujo tenga tasas momentáneas abajo o arriba del promedio.

³⁴ Debido a un fenómeno que hemos referido como “distorsión de flujos” (término utilizado en [WHSCSK01])

Las características de los flujos deben mantenerse, al integrarse a agregados de comportamiento. Por ejemplo, muchos flujos Premium, ya en el interior del dominio (es decir, ya conformados), que tengan tasas diferentes entre sí, pueden viajar en un solo agregado de comportamiento, pero las tasas de cada flujo deben mantenerse, y no debe haber Jitter en flujo alguno. Esto se puede lograr si los nodos (de interior y de frontera operando como de interior) prácticamente no hacen esperar a los paquetes de los agregados de comportamiento que pasan por ellos.

6 Administración de Dominios y Acuerdos entre Dominios.

6.1 La Administración de un Dominio.

Un dominio se administra de manera autónoma con relación a los otros dominios. La administración de un dominio puede (se dice “un dominio puede”): 1- conocer, documentar y cambiar las características de los PHB para del dominio, 2- cuantificar, documentar y cambiar la cantidad de recursos requeridos para cada PHB en el dominio, 3- Conocer, documentar y solicitar el cambio de los recursos requeridos para los agregados de comportamiento que van a dominios subsecuentes, 4- llevar el registro de membresía en los agregados del dominio.

6.2 Administradores de Ancho de Banda

La entidad que lleva la administración de un dominio, con relación a la asignación de ancho de banda, se ha designado como Bandwidth Brokers –BB—.

Un BB puede: 1- llevar el registro de las asignaciones de recursos en los nodos, 2- interpretar las nuevas solicitudes para marcar tráfico, considerando las políticas y asignaciones existentes, 3- controlar la admisión de flujos en los nodos de frontera y administrar la distribución de recursos en los nodos, 4- entregar la información que tienen sobre el estado de operación del dominio, 5- administrar los mensajes (si los hay) que se envían entre dominios.

6.3 El Propósito de un Acuerdo.

Un dominio puede también realizar acuerdos. Los acuerdos se hacen entre dominios o se hacen entre una terminal (o red inconsciente DS) y un dominio que le da servicio.

Una cadena de dominios que han establecido acuerdos bilaterales pueden ofrecer servicios en la extensión de dicha cadena (servicios punta-a-punta) La administración de un dominio está sujeta a cumplir los acuerdos bilaterales que tenga con otros dominios adyacentes³⁵.

En [DBNK02, Pág. 8 y 9] dice que los dominios pueden ser administrativamente y tecnológicamente independientes, donde las asignaciones de recursos se hacen en cada dominio, y

³⁵ La arquitectura DS requiere un marco de trabajo donde los dominios tengan el control de sus recursos y del método utilizado para asignarlos. Las “características” de los agregados en un dominio deben poderse cuantificar de forma bastante sencilla, y en términos mesurables. Estas características harán posible la construcción de acuerdos bilaterales y el establecimiento de diversas expectativas de desempeño para agregados [CBNK02]

afuera de cada uno solo importa el comportamiento a través de las fronteras con dominios vecinos inmediatos. En el cruce de una frontera se requieren reglas acerca de lo que puede cruzar hacia un lado y hacia el otro. El tráfico se clasifica en agregados de comportamiento, con base en reglas locales, al cruzar hacia el interior de un dominio.

6.4 Tipos de Acuerdos Según su Dinamismo.

Los acuerdos entre dominios pueden ser estáticos o dinámicos.

Los acuerdos estáticos pueden modificarse mediante procesos no automatizados que implican que las atribuciones y obligaciones especificadas en los mismos sean estáticas. Por ejemplo, la reservación de recursos de ancho de banda para un agregado de comportamiento sería estática, o la cantidad de recursos “reservada” a un agregado de comportamiento miembro, de un agregado de comportamiento “huésped”, sería estática³⁶.

Los acuerdos dinámicos se comunican de un dominio a otro, o de una terminal a un dominio, mediante señalización. La señalización puede hacerse de forma implícita (paquetes con contenidos determinados en campos específicos), o de forma explícita (por petición con protocolos determinados) Un acuerdo así implica que las atribuciones y obligaciones especificadas en el mismo pueden cambiar dinámicamente. Por ejemplo, la cantidad de recursos de ancho de banda que tiene un agregado de comportamiento en un dominio pueden cambiar.

6.5 Tipos de Acuerdos Según su Alcance

6.5.1 SLA

Un acuerdo de servicio entre un cliente y un proveedor de servicio se llama SLA (Service Level Agreement) En este acuerdo se especifican los SERVICIOS que el cliente va a recibir. Un cliente puede ser una persona, una organización, una red, o un dominio. Un SLA no incluye detalles técnicos, sino que es la base para formar un acuerdo técnico llamado Acuerdo de Acondicionamiento de Tráfico (Service Level Specification –SLS) Un SLA puede incluir reglas de acondicionamiento de tráfico que se toman del Acuerdo de Acondicionamiento de Tráfico.

En el SLA se especifican la clasificación de los paquetes, las reglas de remarcado cuando un paquete pasa de un dominio a otro, posiblemente las características que deben tener los flujos, y las acciones a seguir en caso de que los flujos no cumplan sus características.

³⁶ Los acuerdos bilaterales que impliquen asignación estática de recursos dominarán en el despliegue inicial de DS, pero en el futuro se desarrollará señalización para comunicar y alterar dinámicamente a los acuerdos (ver [CBNK02])

Cuando un dominio cliente hace un SLA con otro dominio que le provea de servicio diferenciados para el transporte de agregados de comportamiento, el dominio cliente será responsable de que en el acuerdo con el siguiente dominio (proveedor) se prevea que los servicios ofrecidos en el dominio proveedor den continuidad a los servicios ofrecidos en el dominio cliente.

6.5.2 TCA

Un Acuerdo de Acondicionamiento de Tráfico, TCA, es un acuerdo de carácter más técnico que el SLA, donde se especifica, por ejemplo, cómo se adaptará la operación de los diversos elementos de acondicionamiento, a los diversos flujos manejados por el clasificador MF, para cumplir con los criterios de acondicionamiento explícitamente establecidos en el SLA, y para cumplir con otros criterios no explícitos en el SLA, derivados de los requerimientos específicos del servicio que se vaya a ofrecer y de la política de provisión de servicios del dominio DS.

En el TCA también se puede especificar cómo acondicionar tráfico de tránsito que va de un dominio a otro.

Los clasificadores se deben configurar por algún procedimiento administrativo, de acuerdo con el TCA correspondiente.

6.6 Señalización

En el ámbito DS, definimos la señalización como la transmisión de información, bien estructurada, entre los actores que en conjunto operan para otorgar un servicio DS, para coordinar su operación.

En DS no hay necesidad de hacer señalización en cada salto (Hop) [RFC 2474 PAG 1], es decir, no se requiere que de un nodo se señalice al siguiente nodo, como se hace en el establecimiento de rutas de enlace con servicios garantizados, punto final a punto final, en Intserv.

En DS se prevé señalización entre el administrador y los nodos de un dominio, o entre dominios (entre los administradores de dos dominios)

La naturaleza de operación, bilateral y de intra-dominios, de DS implica que no es necesario contar con un protocolo de señalización uniforme, para un rango amplio de servicios de calidad útiles (lo que es crítico para implantaciones rápidas) [DBNK02, Pág. 8 y 9]

Según [CBNK02] la agregación puede eliminar la necesidad de señalización. La estructura de administración local en un dominio, y de acuerdos bilaterales entre dominios, permite ser agnóstico acerca de la señalización, lo que es crítico para el “tendido” rápido y por incrementos. Así, DiffServ es agnóstico acerca de señalización, y no la incluye en su arquitectura. Los criterios para acondicionamiento se pueden configurar estáticamente o señalar por cualquier medio disponible y expedito.

Con el fin de controlar asignación de recursos, en una forma dinámica, la señalización entre la administración del dominio y los nodos del mismo se puede hacer con Unicast mediante SNMP o COPS-PR.

6.7 RSVP

El protocolo de reservación (RSVP), especificado en el RFC 2205, es un protocolo simple, iniciado por el receptor, para intercambiar indicaciones e información en el proceso de instalación de servicios de calidad, como es el caso de IntServ.

RSVP podría servir para hacer señalización en DS, por ejemplo entre los usuarios y el administrador de un dominio.

7 Comportamiento por Dominio

Un concepto reciente en DS es el PDB (Per-Domain Behavior) [RFC 3086], que se define como el tratamiento que un agregado de comportamiento recibirá de punta-a-punta en un dominio DS. Cada PHB está asociado a un PDB. Un PDB tiene atributos medibles y cuantificables que se utilizan para describir lo que pasa a los paquetes cuando entran y cruzan un dominio DS. Estos atributos pueden ser absolutos o estadísticos y pueden ser parametrizados según propiedades de la red. Por ejemplo, un atributo de pérdida puede expresarse como “no más del 0.1% de los paquetes serán desechados en un período.

Aunque DS no puede garantizar que un paquete dado no se pierda, sí debe garantizar lo establecido en los PDBs, o PHBs, lo que se refleja, a su vez, en los acuerdos establecidos para la calidad de servicio.

Apéndice 1. Nodo de Primer Salto.

El nodo de primer salto³⁷ (–First Hop Router–) es aquél a donde llegan los flujos provenientes de nodos terminales “inconscientes-DS”, y donde a esos flujos se les dará una caracterización para su reconocimiento en dominios DS mediante el marcado apropiado de los paquetes pertenecientes a dichos flujos.

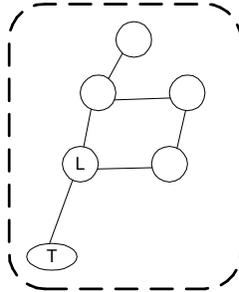


Ilustración 23. Nodo de Primer Salto.

Los nodos de primer salto pueden estar dentro o fuera de un dominio DS.

Por ejemplo, en la figura adyacente el nodo terminal T, inconsciente-DS, enviará su flujo al Nodo de Primer Salto L, que dará a los flujos provenientes del nodo terminal T, la caracterización para su reconocimiento en dominios DS.

³⁷ En el RFC 2638 se refieren al Nodo Hoja (Leaf Node) Un Nodo Hoja porta ese nombre más bien por su posición en una estructura de una red de nodos.

Apéndice 2. Antecedentes sobre el Octeto de Calidad Previamente Manejado en IPv4.

En el caso de IPv4, el octeto de calidad estaba definido en el RFC 791, se llamaba “Tipo de Servicio” (Service Type), y estaba compuesto de varios subcampos, como en la figura siguiente

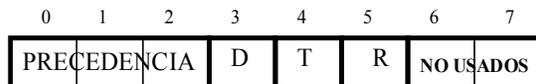


Ilustración 24

El subcampo de precedencia (de prioridad) incluía los bits llamados bits de precedencia, que indicaban la prioridad del paquete: 000 Rutina, 001 Prioridad, 010 Intermedia, 011 Flash, 100 Nulificación de Flash, 101 Crítico, 110 Control de Inter-red, 111 control de red. Al valor del subcampo de precedencia se le llamaba simplemente “Valor de Precedencia”.

Los bits D, T y R (bits DTR) indicaban el tipo de transporte que se deseaba para el paquete: D indicaba bajo retraso (Delay), T indicaba alto Throughput, y R indicaba alta confiabilidad (Reliability), es decir, baja probabilidad de pérdida.

En el RFC 1349 se re-definió dicho octeto como se muestra en la siguiente figura

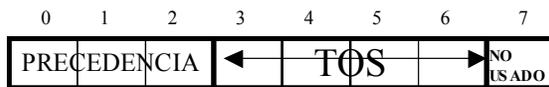


Ilustración 25

Donde el significado del subcampo TOS (cuyos bits son los bits TOS) tenía también que ver con el tipo de servicio, algo similar a lo que se tenía con los bits DTR.

El subcampo de precedencia se ha utilizado en Internet para indicar, en conjunto con otras características del paquete, el tipo de estrategia de encolamiento con la que se manejará al paquete, otorgándole así, al paquete, un tratamiento según SU CLASE (donde la clase está indicada en el subcampo de precedencia)

Así, el uso del subcampo de precedencia se ha extendido en el Internet; aunque no exactamente de igual forma que prevista en el RFC 791, de hecho, en el RFC 1122 se estableció que el uso del subcampo de precedencia se mantenía válido pero que las prioridades establecidas en el RFC 791 tomaban el carácter de históricas (ya no eran válidas)

En el RFC 2475 comparan el modelo DS con otros modelos para proveer servicios diferenciados. A uno de esos otros modelos lo llaman “Modelo de Prioridad Relativa”, el cual es un modelo anterior a DS para diferenciar servicios y que precisamente maneja el campo de precedencia en los paquetes. En RFC 2475 dicen que DS es un refinamiento del modelo de Prioridad Relativa porque los comportamientos de envío de este último modelo son menos generales que los que se tienen en DS, y en DS surgen de forma importante los conceptos de “nodos de frontera” y de “acondicionamiento de tráfico”.

Apéndice 3. PHBs Selectores de Clase.

En el RFC 2474 se define el significado del DSCP, que incluye características para preservar los USOS corrientes del subcampo de precedencia, definido en el octeto de calidad de IPv4. Esto se consideró así porque muchos nodos no serán nodos-DS en los inicios de la distribución de DS, pero muy posiblemente sí serán sensibles a las clases de servicio (indicadas en el subcampo de precedencia de los paquetes), y así, al menos se podrían construir prototipos sencillos de DS, configurando apropiadamente esos nodos-no-DS.

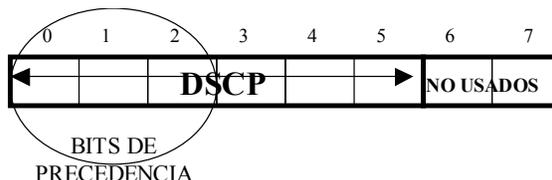


Ilustración 26

Por lo anterior, en el RFC 2474 se ha determinado la existencia de un conjunto de PHBs que cumplan, al menos, con requerimientos mínimos (pueden cumplir con otros requerimientos más sofisticados) que los hacen compatibles con la mayoría de los “Tratamientos de Envío” corrientemente usados, seleccionados por el subcampo de precedencia. Estos PHBs se llaman PHBs “Selectores de Clase” (Class Selector PHBs), y los correspondientes codepoints de estos PHBs selectores de clase se llaman “Codepoints Selectores de Clase”.

Desde luego que los PHBs selectores de clase, al contener características adicionales que los requerimientos mínimos mencionados, pueden corresponder también a codepoints diferentes a los codepoints selectores de clase.

Se han definido 8 codepoints llamados Selectores de Clase (Class Selector), que son del tipo xxx000, es decir, éstos son los siguientes: 000000, 001000, 010000, 011000, 100000, 101000, 110000, 111000. El codepoint 000000 corresponde al PHB Best Effort, definido en el RFC 1812, y es el PHB que se utiliza por omisión cuando en un nodo no hay información para tratar un paquete que contiene un codepoint específico.

En el RFC 2474 se indica que no hay intentos por mantener la compatibilidad de DS con los bits TOS o DTR del octeto Tipo de Servicio del IPv4.

Apéndice 4. El paquete IPv4. Breve Descripción.

El paquete IPv4 se puede representar según el bloque de la siguiente figura, donde las unidades de medida son octetos. El paquete IP puede ser segmentado si el MTU (maximum transfer unit) del marco manejado por el protocolo de la capa física así lo requiere (por ejemplo, Ethernet limita sus transferencias a 1,500 octetos de datos (máximo tamaño de “Payload” del marco Ethernet) IEEE 802.3 limita a 1,492 octetos)

Los enrutadores deben aceptar paquetes de hasta el MTU de las redes físicas a las que se conectan, y deben aceptar paquetes de al menos 576 octetos [COMER91 – Pág. 96]

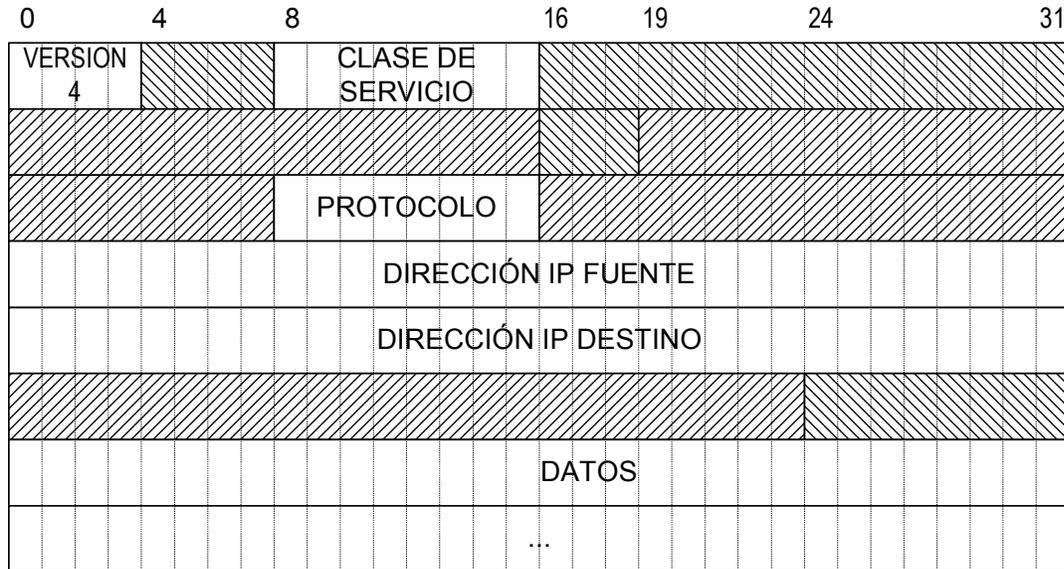


Ilustración 27

Como se puede ver, sin las opciones, el paquete tiene 20 octetos de encabezado.

Apéndice 5. Aspectos Generales sobre los paquetes UDP y TCP.

UDP

El paquete UDP se puede representar según octetos, según la siguiente figura

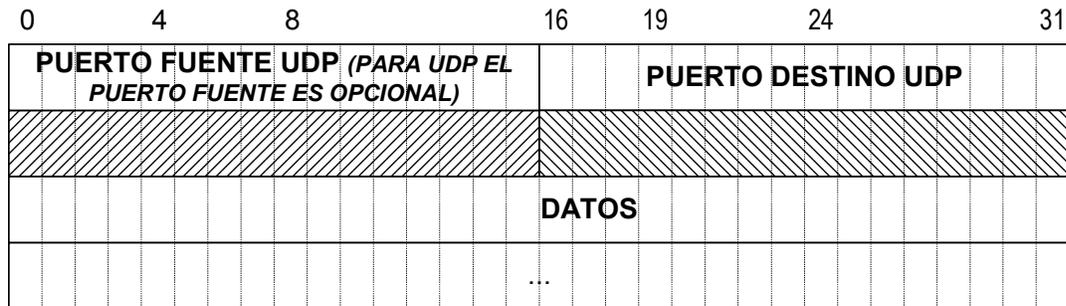


Ilustración 28

Cada aplicación, en el cliente, utiliza un número de puerto específico local y se liga a un puerto, en general bien conocido (según la aplicación) en el servidor.

En la siguiente figura se presenta un diagrama que indica cómo las aplicaciones hacen uso de un puerto por aplicación, para enviar sus información a la capa UDP, en el cliente. El sistema operativo del cliente asigna los puertos a las aplicaciones, a petición de estas últimas.

En el servidor existen puertos bien conocidos que se ligan con los puertos del cliente, según la aplicación de que se trate, por ejemplo, FTP-DATA: 20, NNTP: 119, http: 80, etc.

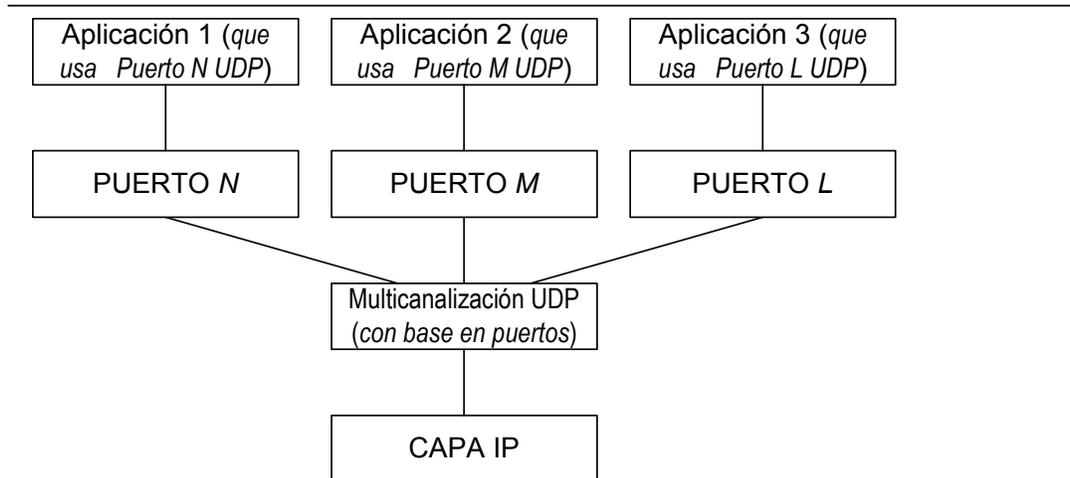


Ilustración 29

TCP

TCP utiliza las conexiones como los objetos identificables que se usan para determinar el enlace virtual para establecer la comunicación entre una aplicación en un cliente y una aplicación en un servidor. Los puntos finales de una conexión virtual son las duplas (dirección IP, # de puerto). Dos conexiones pueden estar ligadas a un solo punto final en un anfitrión (en un servidor), y siguen siendo conexiones diferentes.

El Segmento.

Un segmento (el paquete TCP) tiene 20 octetos de encabezado (sin opciones), y estando dicho segmento dentro de un paquete IP sin opciones, forman una combinación que tiene 40 octetos [COMER91 – Pág. 185]. Esta combinación se presenta a menudo en segmentos que transportan Reconocimientos (Acknowledgements).

Se puede probar los tamaños para los cuales se realiza la fragmentación, utilizando el bit “No fragmentación” (DF –“do not fragment”–)

Hay implantaciones de TCP que utilizan “MTU Discovery” [MSCK00-8]. Si no se utiliza MTU discovery, cualquier enrutador debe aceptar paquetes de al menos 576 octetos (536 bytes en el contenido –Payload–) y 40 bytes de encabezado –sin opciones–)

El protocolo TCP puede forzar el tamaño de los segmentos para que se ajusten al MTU, considerando el tamaño del encabezado del paquete [COMER91-Pág. 185]

TCP es un protocolo orientado a conexión que requiere que los programas de aplicación en ambos lados de la conexión participen y accedan a establecer la conexión. En uno de los lados (donde esté el servidor) la aplicación crea una “apertura pasiva” (Passive Open) indicando a su sistema operativo que aceptará una conexión entrante. El sistema operativo entonces asigna un número de puerto para su lado de conexión. En el otro lado, el programa de aplicación se pone en contacto con su sistema operativo solicitando una “apertura activa” (Active Open) para establecer una conexión. Los dos módulos TCP (uno en cada lado de la conexión a establecerse) se comunican para establecer y verificar la conexión. Una vez que se ha creado la conexión, ambos programas de aplicación pueden iniciar a pasar datos por la conexión [COMER91 - Pág. 180]

Una conexión TCP se puede establecer con solicitud de cualquiera de los dos lados [cualquier lado puede operar como servidor y el otro como cliente, y ambos lados pueden operar como servidor y cliente al mismo tiempo] Una conexión TCP es bidireccional, y no hay los elementos Amo y esclavo.

TCP establece una conexión bidireccional con un “HandShake” de tres pasos, y la cierra con otro “HandShake” de tres pasos, modificado. Para la aplicación de servicios diferenciados en ambas direcciones de una conexión TCP, DiffServ deberá abrir un servicio de calidad para cada una de las direcciones de la conexión.

Apéndice 6. Estrategias de Administración de Tráfico.

Repetimos el cuadro en la **Ilustración 17**, en la página 49.

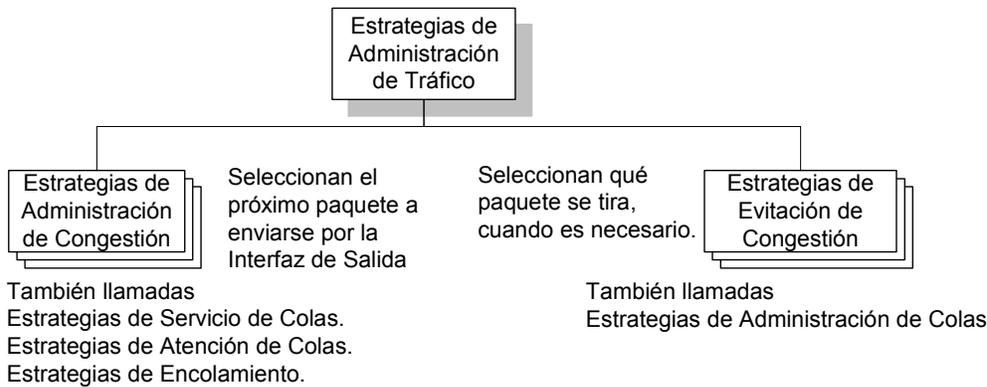


Ilustración 30

A6.1 Estrategias de Atención (Servicio) de Colas. Algunos Tipos.

A estas estrategias también se les puede llamar “Estrategias de Despacho”.

FIFO. FIFO es una estrategia de atención de colas que sirve para casos en que se tiene una sola cola. En esta estrategia los paquetes se envían según el orden con el que llegaron a la cola, es decir: el primero que llega es el primero que se envía.

Encolamiento con Prioridades --Priority Queuing--. Esta es una estrategia de atención de colas donde los paquetes tienen prioridades de envío, y donde se utilizan cuatro colas: 1 la de alta prioridad, 2 la de mediana prioridad, 3 la de prioridad normal y 4 la de baja prioridad. Entonces cada cola aloja paquetes de la misma prioridad entre sí, y cada cola aloja paquetes de diferente prioridad con relación a las demás colas. Para que un paquete llegue a alguna de las colas, éste pasa por un clasificador para saber en qué cola poner cada paquete de llegada. La clasificación se hace de acuerdo a características específicas del paquete, y a condiciones específicas que guarda el clasificador.

La forma de operación en esta estrategia es que a una cola solo se puede dar servicio cuando todas las colas de mayor prioridad estén vacías. La estrategia de servicio individual a cada cola es FIFO. Es decir, Priority Queuing es una estrategia de servicio compuesta que utiliza para cada cola, la estrategia de atención de colas FIFO.

El inconveniente de Priority Queuing es que a las colas de menor prioridad se les pueda llegar a, prácticamente, negar el servicio, mientras que las colas de mayor prioridad están

siempre preferentemente atendidas. Para evitar esta llamada “muerte de hambre” de las colas de menor prioridad, se pueden tomar determinadas previsiones, que omitimos.

Encolamiento a la Medida --Custom Queueing--

Esta es una estrategia de atención de colas donde cada paquete tiene prioridad de envío, y donde se utiliza un número variable de colas, y a cada cola se le puede dar una prioridad específica. En esto es similar a la estrategia de Priority Queueing. Existe también un clasificador que selecciona de una manera similar a la que se tiene en Priority Queueing.

Al igual que Priority Queueing, para cada cola individual se tiene una estrategia de atención FIFO, pero a diferencia de Priority Queueing, la selección de la cola de la cual saldrán los siguientes paquetes se hace en “Round Robin”, lo que significa que una cola es atendida después de la otra, en forma circular, pero donde la cantidad de paquetes (o bytes) que se retiran de cada cola están predeterminados, según la cola de que se trate, es decir, no es la misma cantidad de una cola a la otra pues a las colas de mayor prioridad se les retirarán más paquetes (o bytes) en cada ciclo de selección. La forma de atención individual de cada cola es FIFO.

Esta estrategia previene que una cola monopolice la interfaz de salida, como puede pasar en la estrategia de Priority Queueing, pero posiblemente será menos favorecedora con las colas de mayor prioridad.

WFQ --Weighted Fair Queueing--

WFQ es una estrategia de atención de colas en donde los paquetes se despachan tratando de lograr que se tenga el mínimo tiempo de retraso para cada paquete. Esta estrategia tiene un algoritmo elaborado y se considera no realizable para enrutadores en producción, sobre todo para aquellos que manejan una gran cantidad de tráfico. En el Tomo 1 de este trabajo damos detalles de la operación de WFQ.

WRR --Weighted Round Robin.

Estrategia de atención (servicio) de colas. Descripción genérica encontrada en RFC2474 cuyo algoritmo de operación es bastante simple (Round Robin con pesos)

A6.2 Estrategias de Administración de Colas (Evitación de Congestión) Tipos.

Desechado en Final de Cola --Tail Drops--

Esta estrategia es la más simple perteneciente a las estrategias de evitación de congestión. Cuando una cola se llena a su máxima capacidad, y ya no hay posibilidad de alojar a los paquetes que llegan subsecuentemente a la misma, estos últimos se descartan (desechan), dejando intactos los paquetes que ya estaban alojados en la cola.

Esta estrategia tiene desventajas, por lo siguiente. Los paquetes de muchos flujos IP se perderán en un intervalo de tiempo pequeño en el caso de que la estrategia de desechado en

final de cola se ejecute, dado que están llegando paquetes de muchos flujos a la cola, que están siendo uno tras otro desechado. Entonces, se dispararán al mismo tiempo procedimientos de retransmisión, situación que se conoce como Sincronización Global.

Frecuentemente la mayoría de los flujos que conforman el tráfico IP son flujos TCP (Web, FTP, Telnet y otras aplicaciones cliente – servidor transportan sus datos con el protocolo TCP) Cuando en algún flujo TCP se experimenta una pérdida de algún paquete, se dispara un procedimiento de retransmisión. Si paquetes de muchos flujos TCP se pierden en tiempos muy cercanos (lo que ocurre en el caso de la Sincronización Global), se dispararán muchos procedimientos de retransmisión TCP al mismo tiempo.

Un procedimiento de retransmisión TCP utiliza, entre otras, una técnica llamada “Comienzo Lento” (Slow Start) que consiste en que en al inicio de la retransmisión, el nodo terminal que retransmite envía paquetes con una tasa de “paquetes / tiempo” pequeña, y gradualmente incrementa dicha tasa conforme los paquetes enviados llegan sin problemas al nodo terminal receptor.

La combinación de Sincronización Global con la técnica de Comienzo Lento de TCP resulta en que muchos flujos TCP bajan su tasa de transmisión casi al mismo tiempo, y el tráfico en la red, en conjunto, baja abruptamente, y los flujos suben su tasa de transmisión aproximadamente al mismo ritmo, lo que ocasiona que el tráfico del conjunto de flujos llegue a congestionar nuevamente la cola. Esta situación ocurre cíclicamente. Lo anterior ocasiona que el aprovechamiento del ancho de banda del enlace correspondiente a la cola se degrade, que las tasas de transmisión vistas por las aplicaciones sean inconsistentes, lo que ocasiona problemas o molestias en los usuarios, y que sea difícil realizar la planeación de las mejoras en la red debido a que la utilización de sus enlaces está lejana a la utilización que podría llegar a tener.

Desde luego, en el caso de flujos que utilicen UDP puede que nunca haya retransmisiones en casos de pérdidas de paquetes, y si las hay, eso dependería de los procesos o aplicaciones en capas superiores. Algunas aplicaciones son casi inmunes a la pérdida de no muchos paquetes, y definitivamente la retransmisión no les hace ningún bien, como es el caso de audio o video en tiempo real.

“Random Early Discard” –RED–

RED es una estrategia de evitación de congestión en una cola.

RED tira los paquetes que están en la cola, escogiéndolos de manera aleatoria, cuando la cola pasa cierto límite en su llenado, sin estar completamente llena.

Conforme RED tira algún paquete en una cola, si éste pertenece a algún flujo TCP, el procedimiento de Comienzo Lento de TCP hará que se reduzca el tráfico causado por ese flujo, causando que se alivie el problema de congestión en la cola y evitando que se genere la situación de la combinación de Sincronización Global con la técnica de Comienzo Lento de TCP

RED con Pesos –WRED— (Weighted RED)

WRED es una estrategia de evitación de congestión en una cola similar a RED, pero en este caso la selección del paquete a descartar en una cola no es al azar, sino se descartan los paquetes según su nivel de precedencia.

De entre los paquetes de un nivel de precedencia dado, en una cola, se descartan paquetes bajo una selección aleatoria. Existen varios umbrales de llenado de la cola para cada nivel de precedencia. Conforme los umbrales se van alcanzando, se tiran paquetes de dicho nivel de precedencia, con un ritmo más grande (más agresivamente), hasta que se llega al punto en que se tiran todos los paquetes, algo similar a lo que pasa con la estrategia de “desechado en final de cola”, pero aplicado exclusivamente a los paquetes con ese nivel de precedencia.

RIO --RED In – Out— [CDWJ97 Pg 13]

Un paquete está **en** perfil (**In Profile**) cuando forma parte de un flujo en un lapso de tiempo en donde el flujo sí cumple con sus características comprometidas. Un paquete está fuera de perfil (**Out of Profile**) en caso contrario. En la operación de RED se corren dos algoritmos al mismo tiempo: uno para los paquetes In y otro para los paquetes Out.

El algoritmo RED para Out empieza a desechar paquetes cuando la longitud de la cola correspondiente es pequeña, en promedio, y tira mucho más agresivamente que el algoritmo In. Al crecer la cola a un punto dado se empezarán a seleccionar paquetes In también, para desecharlos.

Apéndice 7. Operación de un Token Bucket y su Aplicación a Con- formadores y Policidores.

Apéndice 8. Conceptos Relacionados con IntServ que Fueron de Influencia en DS.

Control de Tráfico. La calidad de servicio para un flujo particular se implanta por mecanismos llamados colectivamente “control de tráfico”. Estos mecanismos incluyen: 1) un clasificador de paquetes, 2) control de admisión y 3) un despachador de paquetes (Packet Scheduler)[RFC 2205]

Control de Tráfico. La función de enrutador que crea diferentes calidades de servicio se llama control de tráfico y se implanta por tres componentes: El Scheduler, el clasificador y el control de admisión (referido a IntServ) [RFC 1633, Pág. 7]

Un Despachador de Paquetes (Packet Scheduler) es un mecanismo que determina cuándo se enviarán, por la interfaz de salida de un nodo, los paquetes, para desempeñar la calidad de servicio prometida.

Clasificador de Paquetes. Determina la clase de calidad de servicio para cada paquete. Esta entidad asigna una correspondencia entre cada paquete de llegada y una “clase” (los paquetes de la misma clase reciben el mismo tratamiento por el Despachador “Scheduler”) Una clase puede corresponder a una “amplia categoría de flujos, como todos los flujos de video, o todos los flujos de video de una organización, o a un flujo específico [RFC 1633, Pág. 8]

Control de Admisión. Durante el establecimiento de la reservación, la solicitud del RSVP se envía a dos módulos de decisión locales (en un nodo): “control de admisión” y “control de política”.

Control de Admisión. Función que determina si un nodo tiene suficientes recursos disponibles para satisfacer la solicitud de Calidad de Servicio.

Control de Política (Policy Control) función que se usa para determinar si el usuario que solicita servicio de calidad tiene permiso administrativo para hacer la reservación. Los datos de entrada al control de política se llaman datos de política.

Estado Suave en un nodo. Con RSVP se envían mensajes periódicos para mantener el estado en un nodo. Después de un tiempo sin que el nodo reciba mensajes el estado se borra automáticamente. El estado puede indicar los flujos que se están atendiendo.

Flujo. En IntServ el flujo es un concepto importante. Un flujo es una corriente específica de paquetes de usuario (Specific User Packet Stream) [RFC 1633, Pág. 5]

Flujo: Corriente distinguible de datagramas relacionados que resultan de una actividad específica (single) de un usuario, y que requieren la misma calidad de servicio. Esta es la “granularidad” más fina de corriente de paquetes distinguible por IntServ [RFC 1633, Pág. 7]

Conformado del Flujo. Espaciado de los paquetes de un flujo que pasa por un circuito virtual formado en IntServ, para que el flujo esté conforme a los recursos reservados para el mismo.

Apéndice 9. Notas para Revisar la Semántica en DS.

Notas Iniciales

Las palabras *itálicas* son citas (pueden estar traducidas) Las palabras en normal son explicaciones o comentarios. Las palabras en **negrilla** son resaltos.

A9.1 CON RELACIÓN AL USO TÉRMINOS QUE TIENEN QUE VER CON EL USO DE RECURSOS

Sobre el Uso del Verbo “To Provision”.

[HTTC03] (b1)	Con relación a DiffServ, se habla de la cantidad de ancho de banda “to provision” to each PHB aggregate.	To provision quiere decir “proveer”. Parece que se refiere simplemente a proveer recursos a cada PHB, en un dominio.
[HTTC03] (b2)	<i>Provisioning: determination of the amount of bandwidth to allocate for each PHB aggregate across each network link, usually done through packet scheduling at outgoing ports of routers.</i>	Aquí parece indicar que los recursos provistos a cada agregado son de los enlaces en el dominio, pero la especificación de qué enlaces queda difusa.
[HTTC03] (b3)	<i>EF is over provisioned, AF is only slightly over provisioned.</i>	

[CBNK02] (28)	<p><i>“Provisioning sets up static membership and limits on traffic aggregates while call set-up allocates a portion of a traffic aggregate for a single flow’s duration.” Static levels can be provisioned with time-of-day specifications, but cannot be changed in response to a dynamic message. Both kinds of bandwidth allocation are expected to be important.</i></p> <p><i>“...In addition there needs to be a dynamic allocation capability to respond to particular events, such as a demonstration, a network broadcast by a company’s CEO...”</i></p>	<p>Parece que Provisioning aquí lo refieren a la membresía de flujos (aunque no mencionan la palabra flujo pero sí dicen membresía, y los miembros de un agregado son los flujos “individuales”) Se refieren a membresía “estática”.</p> <p>Call Set up parece una forma de asignación (Allocation) estática como si fuera una reservación.</p> <p>Cuando se dice “static levels can be provisioned” se está utilizando el verbo que se quiere definir, en la definición.</p>
---------------	--	---

[WZMKP01 – Pág. 9]	<p><i>“DS provides resource assurance through provisioning, combined with prioritization, rather than per-flow reservation”.</i></p>	<p>El autor no indica qué es “Provisioning” ni “Assurance”]</p> <p>El autor también dice que a diferencia de DS, con IS sí se realiza reservación.</p>
--------------------	--	--

[WZMKP01 – Pág. 79]	<p>El autor dice que en DS: <i>“no resource reservation setup is required for specific flows”.</i></p>	
---------------------	--	--

Sobre el Uso del Verbo “To Allocate”.

[HTTC03] (b2)	<p><i>Provisioning: determination of the amount of bandwidth to allocate for each PHB aggregate across each network link, usually done through packet scheduling at outgoing ports of routers.</i></p>	<p>Allocate se refiere a proporcionar o asignar. Parece que su uso en DiffServ se refiere simplemente a proporcionar.</p>
---------------	--	---

[CBNK02] (7)	<p>En IntServ, la palabra “allocate” se usa para QoS y para Recursos de Red.</p>	
--------------	--	--

[CBNK02] (10)	En Diffserv, la palabra “allocate” se utiliza para recursos, en un dominio.	
[CBNK02] (28)	<i>“Allocation refers to the process of making traffic commitments anywhere along this continuum from strictly preallocated to dynamic call set-up...”</i>	Me parece confusa esta definición, pero me parece que allocate es simplemente asignar. Además se utiliza lo definido (preallocated) en la definición, lo cual es absurdo.
	<i>An allocator has responsibility for parceling out its cloud’s totals for each behavior aggregate by configuring the edge routers ... in response to a wide range of possible inputs, including requests, network status, policy database, configure set ups.”</i>	Un alloctor sería simplemente un “asignador” de recursos.
[WZMKP01]	Más o menos dice así: DS allocates bandwidth in aggregates. A mechanism is needed to allocate the aggregates to individual flows and users.	
[WZMKP01 – Pág 118]	Más o menos dice así: In an enterprise network, the allocation of an aggregate to individual flows can be done with the use of IS. The Admission Control Policy Server keeps a record of the amount of bandwidth consumed by reservations...	El agregado se asigna (allocates) a flujos individuales.
[JVJPLPVG]	<i>“In this model, there exist long-term bilateral agreements on the allocation of resources to different traffic classes, which are aggregates of traffic flows crossing multiple borders.”</i>	
[JVJPLPVG] (a3’)	<i>“Resource Allocation in simple terms is nothing but the issue of establishing which groups of traffic get access to what resources and when.”</i>	

[JVJPLPVG] (a3')	<i>"The main problem of resource allocation can be characterized by the following: ...the granularity of allocations (e.g. individual application flows, aggregate flows, etc)"</i>	
[JVJPLPVG] (a6)	<i>"Internally, the BB keeps track of all the QoS requests and allocates the required resources according to the domain's policies."</i>	
[JVJPLPVG] (a7)	<i>"If we maintain Inter-domain resource agreements on a per applications-flow basis, it is very obvious that the amount of state maintained by the border routers and BB would increase linearly with the number of application flows between domains. This would affect the scalability and stability of the Inter-domain mechanism. To avoid this, <u>resource allocations</u> between domains are maintained for the total aggregate amount to Inter-domain traffic belonging to each service class."</i>	Me parece confusa la redacción en la última parte, desde "To Avoid this...".

Sobre el Uso de la Palabra "Reservation".

[CBNK02] (1)	<i>En IntServ las reservaciones se hacen por sesión.</i>	
[CBNK02] (3)	<i>En IntServ las reservaciones son solicitadas utilizando RSVP.</i>	La palabra "reservación" se usa como sustantivo, y no solo como verbo.
[WZMKP01]	<i>"... The BB of an enterprise performs admission control <u>for reservation</u> requests from the users of the enterprise. When the enterprise network wants to increase (or decrease) the amount of bandwidth for a certain forwarding class, its bandwidth broker talks to BB1 (the BB of the adjacent domain) to determine whether the new request can be accepted or not, and BB1 may communicate with BB2 and BB3 (the BB's of the following domains) The BB act as resource management agents for their respective ISP's..."</i>	

Sobre el Uso de la Palabra “Admission”.

[CBNK02] (2)	<i>Un concepto importante de IntServ es la Admisión.</i>	Parece que la admisión es un concepto que viene de IntServ y de más allá de IntServ, pero no parece definirse estrictamente en DiffServ.
[CBNK02] (15)	Admission Control. Implica “policitar” la “entrada a un agregado, no solo por derecho o permiso, sino también por cumplimiento de compromisos.	Quien entra a un agregado es un paquete de un flujo (el derecho lo tiene el flujo, de ser miembro del agregado) Ahora sí Nichols y Carpenter nos dan buena ayuda en un concepto que parece no estar bien definido.
[WZMKP01 – Pág. 25]	Dice que para IS, con el control de admisión se determina si hay suficientes recursos en la red para admitir nuevos flujos.	Parece que hace falta una definición formal para DS, sobre “control de admisión”.
[WZMKP01 _ Pág. 95]	<i>“For some services strict admission control is necessary; shaping ensures that excessive packets are not allowed into the network.”</i>	Un adecuado control de admisión es parte fundamental para el ofrecimiento de un servicio.
[WZMKP01 – Pág. 82]	<i>En DS, los servicios están contruidos de Comportamientos de Envío (“Forwarding Behaviors”) y de Control de Admisión.”</i>	Además del control de admisión se debe incluir el acondicionamiento.

A9.2 CON RELACIÓN AL USO TÉRMINOS QUE TIENEN QUE VER CON OTRAS IDEAS.

Sobre el Uso del Acrónimo “PHB”.

[HTTC03] (b2)	<i>Provisioning: determination of the amount of bandwidth to allocate for each PHB aggregate across each network link, usually done through packet scheduling at outgoing ports of routers.</i>	Se dice “PHB aggregate”, en lugar de “flow aggregate” o “behavior aggregate”.
---------------	--	---

[RFC 2475]	<i>PHB: “the externally observable forwarding behavior applied at a DS-compliant node to a DS behavior aggregate”.</i>	No está claro si el PHB es la PARTE externamente observable de un Forwarding Behavior o es un forwarding Behavior COMPLETO que es externamente observable.
------------	--	--

[CBNK02] (14)	<i>“...a PHB is a combination of link scheduling and queue management...”</i>	link scheduling and queue management hacen un Forwarding Behaviors, pero ¿un PHB es equivalente estrictamente a un Forwarding Behavior?
---------------	---	---

NOTA: Yo traduzco Forwarding Behavior como **Comportamiento de Envío...**, ¿habrá alguna mejor forma de traducir? En [CBNK02] (23) usan el término “Forwarding Treatment”.

[CBNK02] (16)	<i>“...Per-hop forwarding behaviors are generally implemented by packet queues, their management, and their scheduling discipline that moves packets from the queue(s) to the output link”</i>	Revisar que se dice “generalmente”. ¿De qué otra forma se puede hacer?
---------------	--	--

Nota. A Per-Hop Behavior (PHB) le intercalan “Forwarding”.

[CBNK02] (19)	<i>“Multiple services can be supported by a single forwarding treatment used in concert with a range of traffic conditioners and multiple packet “marks” might map to the same forwarding treatment.”</i>	Creemos que la frase “Forwarding Treatment” se usa como equivalente a “Forwarding Behavior”. Aquí es interesante revisar que mientras los nodos de frontera pueden dar diferente “acondicionamiento” a diferentes Codepoints (lo que llaman “marks”), los nodos interiores pueden dar un solo Forwarding Behavior a todos esos Codepoints, para formar múltiples servicios.
---------------	---	---

Hay que notar que el acondicionamiento no se debe referir como tratamiento de envío (Forwarding Behavior o Forwarding Treatment), aunque podría referirse simplemente como un tratamiento. Lo anterior se debe a que el concepto “tratamiento de envío” se reserva para las funciones de administración de colas y de servicio de colas (por cierto, a esta última función le llaman Scheduling, lo que traducimos como “Programar Salidas”..., ¿estará bien traducido?)³⁸

Sobre el Uso de los Términos “Policing” y “Shaping”.

[CBNK02] (18)	<i>“Policing enforces that the behavior conforms to the rules governing the packet substream (by dropping, delaying, or remarking)”</i>	Delaying es lo que hace el Shaper, por lo que parecería que el shaper está dentro del policer.
---------------	---	--

En [WZMKP01] (Pág 95) dice “... *the traffic conditioner performs traffic policing functions... consists of 4 basic elements: meter, marker, shaper, dropper...*”.

Por lo anterior, en mi documento indiqué que el shaper está dentro del conditioner, y que el conditioner es lo mismo que el policer (ya que hace policing functions) Asimismo indiqué que en algunas Fuentes usan el policer y el shaper como cosas diferentes (como a continuación se cita)

[CBNK02] (17)	<i>“Traffic aggregates are described by a particular set of rules, represented by a configuration of classifiers, markers, policers and shapers, in concert with a specific forwarding treatment configured in a particular way.”</i>	Policers y Shapers lo utilizan como cosas separadas.
---------------	--	--

[CBNK02] (Fig 3)	<i>“Upstream Border routers shape departing aggregate marked traffic to meet negotiated rates..., Downstream Border routers police marked traffic arriving on inter-domain links to negotiated rates”</i>	A los Policers y Shapers les asignan lugares específicos.
------------------	---	---

En mi documento (Pág 44), escribo lo siguiente (note que traduzco a Shaper como Conformador y a Policer como Vigilante): “*Si un conformador no tiene memoria temporal, entonces éste ya no puede hacer conformado. En algunas fuentes comúnmente se refieren a la pareja “vigilancia y conformado” (Policing and Shaping) como funciones de un acondi-*

³⁸ Por otro lado, y pidiendo al lector una disculpa por tan tediosos detalles, hay que notar que un nodo de frontera también hace tratamiento de envío en la parte de salida de sus interfaces bidireccionales “de interior” (aquellas que conectan con nodos interiores) Por otra parte, en la parte de entrada de las interfaces bidireccionales de los nodos interiores no hay procesamiento alguno.

cionador, por lo que pensamos que algunos autores identifican a un conformador sin memoria como un “Vigilante” (Policer), y esta identificación podría causarnos confusión ya que nosotros preferiríamos llamar vigilante a todo el acondicionador.”

[WZMKP01 – Pág. 95]	<i>“For some services strict admission control is necessary; shaping ensures that excessive packets are not allowed into the network.”</i>	Aquí con “shaping” se indica que se hace el control de admisión, en lugar de hacerlo con “policing”.
---------------------	--	--

[WZMKP01 – Pág. 95]	El conformado (Shaping) es parte del control de admisión.	Aquí se dice que en el ingreso a un dominio hay conformado. Entonces se acepta que puede hacerse conformado en el ingreso a un dominio.
---------------------	---	---

--	--	--

Sobre la Utilización de la Palabra CLASE como sinónimo de AGREGADO.

[CBNK02] (5)	En IP se usaba el campo TOS que contenía “precedencia” y en SNA se llevaba la “Clase de Servicio”.	Debido a la existencia de los “selectores de clase” no me gustaba utilizar la palabra Clase como sinónimo de agregado.
--------------	--	--

[CBNK02] (6)	Se utiliza la palabra Clase para referirse a Best Effort.	Están utilizando la palabra “clase” como sinónimo de agregado, pero no es común.
--------------	---	--

[CBNK02] (20)	<i>“Class Selector Behaviors. Here, seven DSCP values run from 001000 to 111000 and are specified to select up to seven behaviors...”</i>	Como hay PHBs llamados Class Selector Behaviors, no me gustaba llamar Clase a los Agregados, pero no es algo muy importante.
---------------	---	--

[CBNK02] (21)	“An AF behavior actually consists of three sub-behaviors;... Thus, within the AF class, differential drop probabilities are available, but otherwise the class behaves as a single PHB... The standard actually defines four independent AF classes.”	Aquí, por clase se refieren al PHB, y no al Agregado, por ejemplo, se dice “la clase AF”. Asimismo, a un PHB le llaman Behavior, simplemente, y al menos debería ser Forwarding Behavior. Por ultimo, se dice que una “clase AF” se comporta como un simple PHB, independiente de los otros, por lo que parece que no está previsto que un acondicionador pase paquetes de una “clase” a la otra por faltas de cumplimiento en el flujo donde se encuentran los paquetes, en las características establecidas.
---------------	---	--

En RFC 2597 dice: “3. Traffic Conditioning Actions..., A DS domain MAY at the edge of a domain control the amount of AF traffic that enters or exits the domain at various levels of drop precedence. Such traffic conditioning actions MAY include traffic shaping, discarding of packets, increasing or decreasing the drop precedence of packets, and reassigning of packets to other AF classes. However, the traffic conditioning actions MUST NOT cause reordering of packets of the same microflow.”

[JVJPLPVG]	Se dice que los flujos serán agregados en “clases”.	Se usa clase como sinónimo de Agregado de Comportamiento.
------------	---	---

--	--	--

Sobre la Utilización de la Palabra AGREGADO.

[CBNK02] (8), (22)	Se usa el término “agregado de tráfico” (Traffic Aggregate)	Me imagino que se refieren a Behavior Aggregate, pero parece que cada quien usa la palabra de forma relajada.
--------------------	---	---

[CBNK02] (9) (12) (13)	<i>Un paquete corresponde a un “agregado” ...</i>	Se usa “agregado” como sustantivo, es decir, como una entidad existente en un dominio que opera y “vive” en el dominio.
[CBNK02] (20b)	<i>“Diffserv’s control plane focuses on the behavior of traffic aggregates by ensuring their characteristics on an edge-to-edge basis.”</i>	Llama la atención que dicen que los agregados se comportan..., cuando los que se comportan son los nodos con sus PHBs, asociados a los agregados.
[WZMKP01 – Pág. 82]	<i>“Through allocating resources to “Forwarding Classes”, and controlling the amount of traffic for these classes, DS creates different levels of services and resource assurance, but not absolute bandwidth guarantees.”</i>	Se usa la frase “Forwarding Classes”, pero creo que deberíamos sujetarnos a usar en su lugar “Behavior Aggregates”.

Sobre la Utilización de la Palabra POLÍTICA.

[CBNK02] (21)	<i>“... the allocation architecture is made up of agreements across boundaries..., the construction of these agreements is an administrative matter, they must then be translated into router configuration parameters by a QoS policy management system.”</i>	¿Qué es un “Policy Management System”?
[CBNK02] (24)	<i>“The control plane consists of entities that can produce configuration messages based on information about <u>policy</u> and the state of the network.”</i>	No dicen qué es “Policy”.
[WZMKP01 – Pág 118]	Más o menos dice así: In an enterprise network, the allocation of an aggregate to individual flows can be done with the use of IS. The Admission Control Policy Server keeps a record of the amount of bandwidth consumed by reservations...	Hablan de un Admission Control Policy Server.

