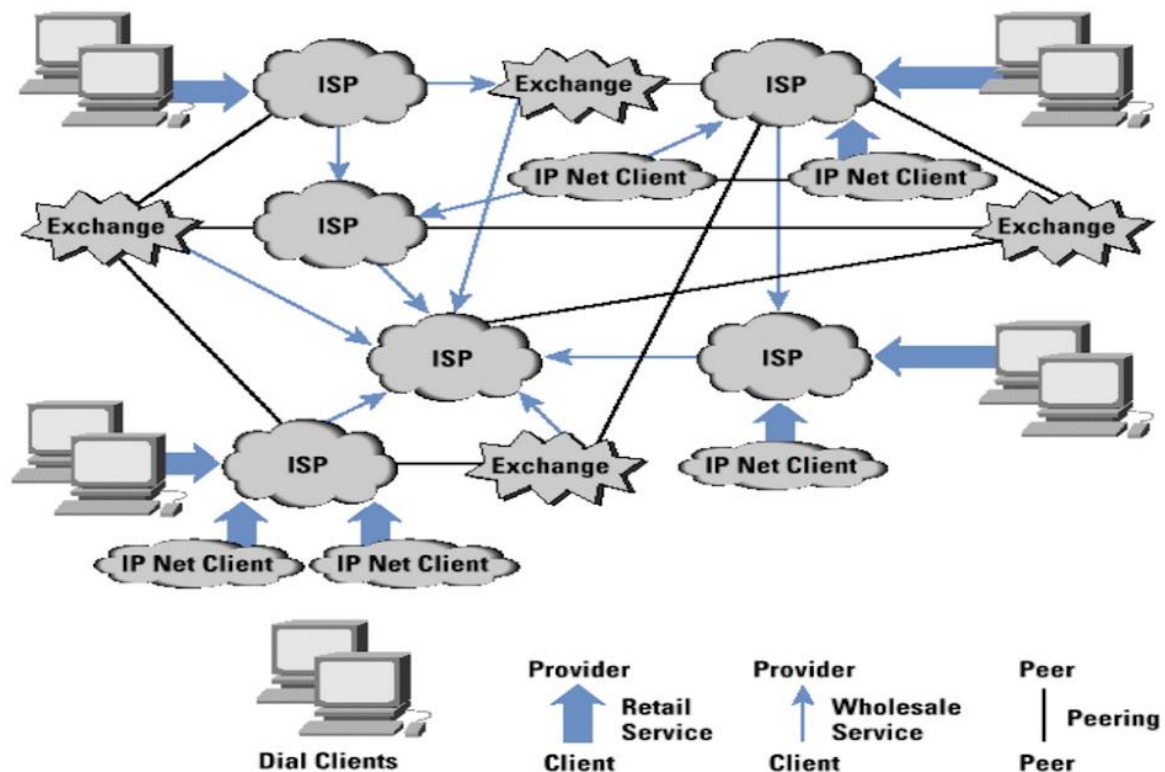


PI-PROBLEMAS TOPIC 1: Internet architecture & addressing

Pregunta 1. A partir de la figura siguiente, explica la arquitectura de Internet y los distintos elementos que participan en dicha arquitectura, así como el modelo general de negocio de dicha arquitectura.



Conjunto de **redes de ordenadores interconectadas** donde participan usuarios finales (personas), máquinas o sensores, redes corporativas y AS's para el **intercambio de datos** (texto, imágenes, audio y vídeo, es decir, información). Los elementos de Internet se conectan entre ellos y es por donde pasa la información. Para disminuir el número de saltos entre las conexiones se establecen **puntos neutros** (exchange points) donde múltiples AS's se conectan y **se redirigen los mensajes** (**relación de peering** de un ISP).

Hay dos tipos de servicio:

- **Wholesale services:** los mensajes de las conexiones pueden ser redirigidos a terceros.
- **Retail service:** los mensajes van dirigidos al destinatario.

Para tener **conectividad** a Internet se tiene que contratar un proveedor de servicios para que éste te **ofrezca una @IP**, para así tener conectividad con el ISP del proveedor. Cuando se contrata un servicio se hace un contrato cliente-proveedor llamado **SLA** (Service Level Agreement) donde hay los términos de servicio de la conectividad contratada.

Pregunta 2. Explica para qué sirve una CDN (Content Distribution Network) y explica su funcionamiento.

Cuando un cliente accede a una web y el **servidor** donde está la página web se encuentra muy **lejos** del cliente, el **RTT** (Round Trip Times) **aumenta** haciendo que tarde más en cargar.

Una posible solución es poner el **servidor más cerca** del cliente para **disminuir** el RTT.

Lo que hace la CDN es **duplicar el contenido de la página web en diferentes servidores** del mundo para que así, el cliente al buscar la url, el **DNS traduzca la ip del servidor que tenga más cercano**. Además, las CDN ofrecen una **serie de servicios de valor añadido, altamente atractivos para las corporaciones** como por ejemplo: Información geográfica de las conexiones, detección de virus, insertar anuncios, etc.

Pregunta 3. Un cliente quiere acceder a un servicio (e.g. una página Web estática) que reside en un servidor de una red corporativa en Internet.

a) Explica qué mecanismos/soluciones puede utilizar el propietario de la página Web para mejorar el acceso a dicho servicio.

- **Farm servers:** Su función es hacer un balance de cargas para que no se sature cuando reciba muchas solicitudes.
- **Mirrors:** servidores distribuidos en muchos lugares geográficos -> reducir RTT.
- **CDNs** (Content Distribution Networks): tienen sus servidores en muchas localizaciones. Ayuda a disminuir el RTT y hace balance de cargas.

b) Explica qué técnicas puede implementar un ISP para mejorar el servicio que puede dar a sus clientes cuando quieren acceder a dicho servicio.

- **Poner un servidor proxy para que haga de caché.** Para guardar el contenido más frecuente, y así, no saturar el Internet y reducir el RTT.

c) Explica qué mecanismo incorpora HTTP para mejorar el acceso a contenido Web. Comenta los parámetros que se optimizan en cada uno de los casos.

- **Usa el fragmento etag.** Es un identificador hash que permite a la caché ver si se ha modificado el contenido que almacena. Así se reduce el uso del ancho de banda y el RRT en caso que haya hit del etag en el servidor de la web. En caso de fallo, se vuelve a descargar la página web.

Pregunta 4. Define qué es un SLA (Service Level Agreement) y los tipos de SLA que hay. Indica aquellos parámetros que normalmente pueden formar parte de un SLA. ¿Qué ocurre si el ISP no cumple con alguno de los parámetros que aparecen en el SLA? ¿Y si es el usuario o red corporativa?

Un SLA es un **acuerdo entre un cliente y un proveedor**, donde se establecen unos **términos y condiciones** de la conectividad... Hay estos tipos:

- **Customer-based SLA:** acuerdo con un grupo individual de clientes.
- **Service-based SLA:** acuerdo con todos los clientes que usan el proveedor de servicios.
- **Multi-level SLA:** por los mismos servicios ofrecidos tenemos diferentes niveles:
 - ◆ **Corporate-level SLA:** cubre todos los problemas SLA (Service Level Management) de cada cliente dentro de la organización.
 - ◆ **Customer-level SLA:** cubre todos los problemas SLA relevantes al particular grupo de consumidores.
 - ◆ **Service-level SLA:** cubre todos los problemas SLA relacionados con los servicios específicos a ese grupo específico de clientes.

Parámetros de un SLA:

- **Nivel de disponibilidad:** % del tiempo que el cliente está de acuerdo con perder conectividad (paquetes enviados/transmitidos).
- **Ancho de banda contratado** (Mb/s).
- Throughput (Mb/s) en horas punta.
- Redundancia (multi-homing: estar conectado a más de una red).
- Seguridad.
- Servicios de monitorización.
- Quality of Service (QoS): packet marking, dropping, etc.

En caso que **no se cumpla alguno de los parámetros indicados** en el SLA, el proveedor tiene que dar al cliente una **cantidad de créditos** indicada en el SLA.

Pregunta 5. ¿Qué es un Sistema Autónomo (AS), qué organizaciones son AS y qué requisito es necesario para ser un AS?, ¿Qué diferencia hay entre usar inter-domain e intra-domain routing en un AS? Explica los tipos de relaciones que tienen los AS's y qué rutas se intercambian dependiendo del tipo de relación.

Un AS es un **grupo de direcciones IP gestionado por un network operator**, que gestiona rutas, redes, bloques **con una única y definida política de enrutamiento** y tienen relaciones de peering con otros AS usando protocolos Inter-Domain.

Los **AS están formados por ISP's** o redes corporativas (RCs).

Los requisitos para ser un AS, son:

- **Estar conectado al menos a dos AS** (hacer multi-homming)
- Usar **protocolos Inter-domain** (BGPv4)

La diferencia entre el Inter-domain y Intra-domain es que el **Intra-domain** te dice cómo llegar a redes que están dentro del dominio (**las rutas más cortas dentro de un dominio**) (AS) y usa protocolos de mínimo coste (eg. OSPF), y el **Inter-domain** te dice cómo llegar a redes a través de **AS's** y usa protocolos de encaminamiento (eg. BGP).

Los AS tienen cuatro tipos de relaciones:

- **Cliente-proveedor:** El cliente le envía su red y la de sus clientes, excepto las que le envía el proveedor
- **Proveedor-cliente:** El proveedor le envía al cliente su red y todas las que sabe llegar, excepto las que le envía el cliente
- **Peer-to-peer no tránsito:** Se envían sus redes y la de sus clientes
- **Peer-to-peer tránsito:** Se envían sus redes y todas las redes a las que saben llegar excepto las que éste le ha enviado

Pregunta 6. Explica el rol y misión que tienen los RIR en la arquitectura de Internet y qué recursos gestionan. Indica cuántos y qué RIR's operan. Explica el rol que tienen los LIR en la arquitectura de Internet. Indica cómo funciona RIPE NCC y cómo se gestionan las políticas que se definen. Indica qué relación hay entre un AS (Autonomous System) y un RIR y entre un AS y un LIR.

Los RIR **gestionan** los **recursos de Internet** asignados por IANA, que son bloques de **direcciones de IPv4 e IPv6** y sus asignaciones a los AS.

Hay 5 RIRs: **ARIN** (Norte-América), **RIPE NCC** (Europe-North Asia), **AFRINIC** (África), **LACNIC** (Sud-América), **APNIC** (Sud-Asia).

Los LIR son **AS que pagan** para tener ciertos privilegios como miembros de los RIR.

RIPE NCC es un ejemplo de RIR, gestiona la región que comprende Europa y parte de Asia y **se organiza a modo de asamblea participativa por parte de los LIR miembros**. Existe una comunidad libre relacionada con RIPE NCC llamada RIPE, en ella se organizan grupos de trabajo de todo tipo. De las ideas surgidas de esta comunidad se extraen y desarrollan políticas. Estas **políticas son después transmitidas a RIPE NCC** que la presentará a la asamblea y se votará si aplicarla o no. Por lo tanto la **creación de políticas es un proceso abierto y transparente que va de abajo a arriba**.

Pregunta 7. Explica qué rol tienen en Internet cada una de las siguientes organizaciones: UPC, CAIDA, RIPE, Euro-IX, IANA, Jazztel.

UPC: Se trata de una red corporativa, ya que no realiza los servicios ni dispone de las instalaciones propias de un ISP.

CAIDA: Se trata de una red corporativa, ya que solo es una organización que realiza estudios y rankings.

RIPE: Se trata de una comunidad de desarrollo y progreso organizada en grupos de trabajo.

Euro-IX: Se trata de un punto neutro de interconexión entre AS's.

IANA: Se trata del encargado de distribuir los recursos de internet (@IP's) a los diferentes RIR's.

Jazztel: Se trata de un ISP, ya que, ofrece los servicios típicos de un ISP (proveer direcciones IP principalmente) y dispone de las instalaciones necesarias para cumplir los requisitos de un AS.

Pregunta 8. En una relación BGP, ¿Qué rutas anuncia un ISP cliente a su proveedor?, ¿Y el proveedor a su cliente? ¿Y de par a par de tránsito? ¿Y de par a par de no-tránsito?

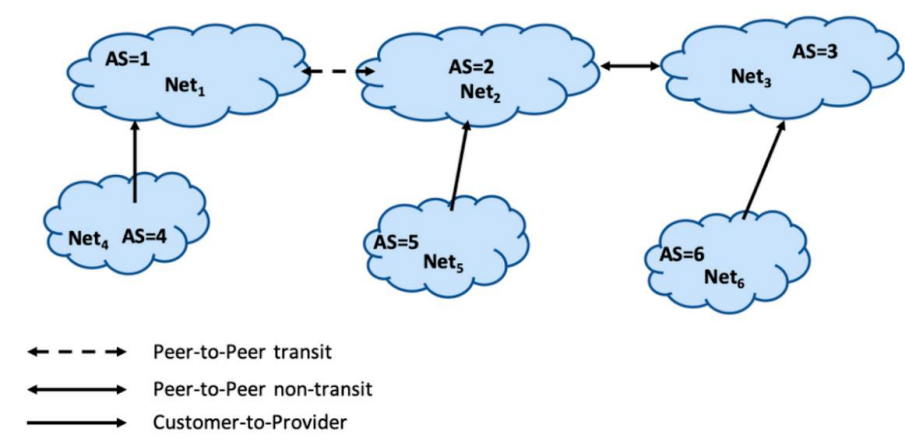
Un cliente a su proveedor anuncia sus propias redes, las de sus clientes y sus **clientes recursivos**.

Un proveedor a su cliente anuncia sus propias redes y las que éste conozca (siempre que no provengan del cliente).

De par a par de tránsito un AS anuncia absolutamente todas las redes que conozca (siempre que no provengan del AS a quien se lo anuncia).

De par a par de no tránsito sólo se anuncian los clientes, los clientes recursivos y las propias redes, no las redes de sus pares.

Pregunta 9. Explica de forma justificada qué redes recibe cada uno de los 6 sistemas autónomos de la figura. ¿Podría enviarse un paquete desde un host cliente de la red Net4 a un host servidor de la red Net6? ¿Y desde un host cliente de la red Net6 a un host servidor de la red Net4?



	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
N1	-	AS2	AS2,AS3	AS4	AS2,AS5	AS2,AS3,AS6
N2	AS1	-	AS3	AS1,AS4	AS5	AS3,AS6
N3	x	AS2	-	x	AS2,AS5	AS6
N4	AS1	AS1,AS2	AS1,AS2,AS3	-	AS1,AS2,AS5	AS1,As2,AS3,AS6
N5	AS2,AS1	AS2	AS2,AS3	AS2,AS1,AS4	-	AS2,AS3,AS6
N6	x	AS3,AS2	AS3	x	AS3,AS2,AS5	-

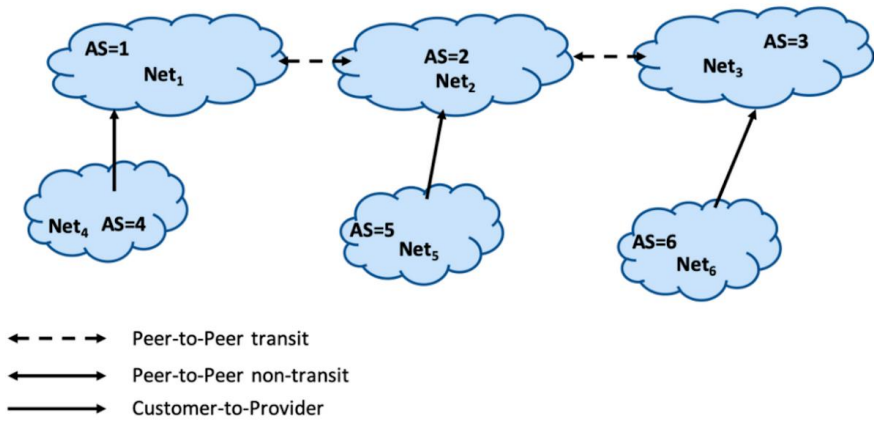
Recibe	N1	N2	N3	N4	N5	N6
AS1	-	AS2	AS3->AS2	AS4	AS5->AS2	AS6->AS3->AS2
AS2	AS1	-	AS3	AS4->AS1	AS5	AS6->AS3
AS3	No	AS2	-	No	AS5->AS2	AS6
AS4	AS1	AS2->AS1	AS3->AS2->AS1	-	AS5->AS2->AS1	AS6->AS3->AS2->AS1
AS5	AS1->AS2	AS2	AS3->AS2	AS4->AS1->AS2	-	AS6->AS3->AS2
AS6	No	AS2->AS3	AS3	No	AS5->AS2->AS3	-

?	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
N1	-	1	x	1	2, 1	x
N2	2	-	2	1, 2	2	3, 2
N3	2, 3	3	-	1, 2, 3	2, 3	3
N4	4	1, 4	x	-	2, 1, 4	x
N5	2, 5	5	2, 5	1, 2, 5	-	3, 2, 5
N6	2, 3, 6	3, 6	6	1, 2, 3, 6	2, 3, 6	-

Se puede enviar un paquete desde N4 hacia N6, ya que como el proveedor de N4 tiene una relación P2P tránsito con AS2, este le enviará todas las redes que sabe llegar (excepto las que le envía AS1), y AS2 le enviará a AS1 la red N6, y AS1 le enviará a AS4 la red N6.

N6 no le podrá enviar un paquete a N4, ya que como el proveedor de AS6 tiene una relación P2P no tránsito con el AS2, AS2 no le enviará otras relaciones P2P que pueda tener con otros AS. Por lo que AS2 no le enviará a AS3 la red N4.

Pregunta 10. Explica de forma justificada qué redes recibe cada uno de los 6 sistemas autónomos de la figura. ¿Podría enviarse un paquete desde un host cliente de la red Net4 a un host servidor de la red Net6? ¿Y desde un host cliente de la red Net6 a un host servidor de la red Net4?



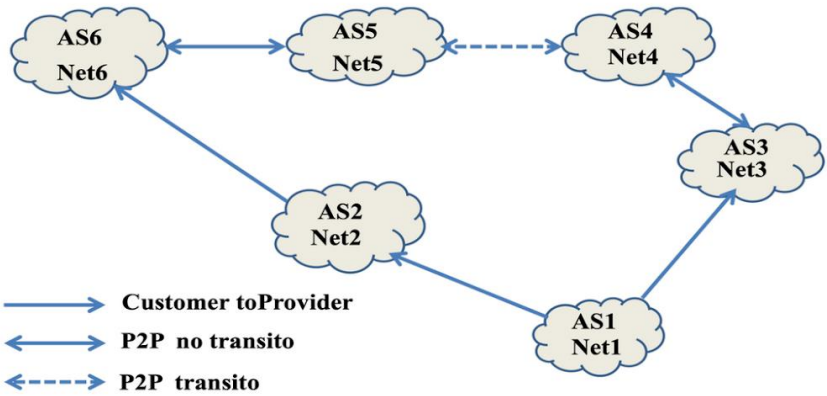
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
N1	-	2	2->3	4	2->5	2->3->6
N2	1	-	3	1->4	5	3->6
N3	2->1	2	-	2->1->4	2->5	6
N4	1	1->2	1->2->3	-	1->2->5	1->2->3->6
N5	2->1	2	2->3	2->1->4	-	2->3->6
N6	3->2->1	3->2	3	3->2->1->4	3->2->5	-

Un host en N4 puede enviar un paquete a un host de N6, ya que todas las relaciones P2P que hay son de tránsito. Por tanto, todos los AS's tienen conectividad con todos.

Por tanto, un cliente en N6 puede enviar un paquete a un servidor de N4.

Pregunta 11. Rellena las tablas de encaminamiento BGP de los Sistemas Autónomos AS4, AS5 y AS6 correspondiente a la siguiente figura, de acuerdo a las relaciones de peering que tienen. Cada tabla tiene que tener el formato:

Tabla de ASj		
	Red	AS path vector
Ejemplo de una entrada	Net a, Net b,	ASw ASx ASy ASz donde ASw tiene que ser un vecino de ASj y ASz el propietario de la red Net a.

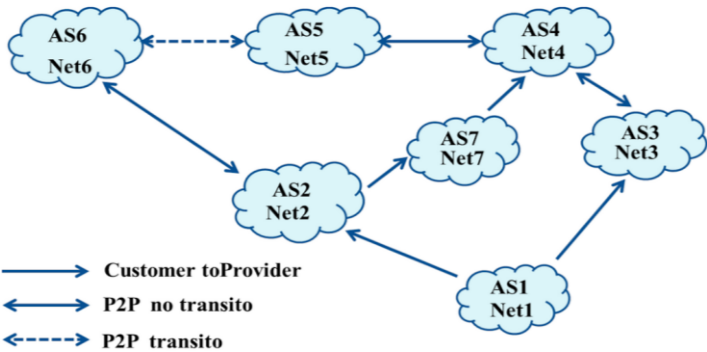


	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
N1	-	2	3	3->4	2->6->5	2->6
N2	1	-	no llega	no llega	6->5	6
N3	1	no llega	-	4	4->5	4->5->6
N4	3->1 5->6->2->1	5->6->2	3	-	5	5->6
N5	4->3->1 6->2->1	6->2	4->3	4	-	6
N6	2->1	2	no llega	no llega	5	-

Pregunta 12.

Tabla de AS_j

	Red	AS path vector
Ejemplo de una entrada	Net a Net b,	ASw ASx ASy ASz donde ASw tiene que ser un vecino de AS _j y ASz el propietario de la red Net a.



(i) En una relación BGP de peer-to-peer de no tránsito, ¿Qué rutas anuncia un ISP a su par?, ¿Y si la relación es de tránsito (sibling)?

P2P no tránsito: anuncia sus clientes y sus propias redes, pero no sus pares ni las redes de sus pares.

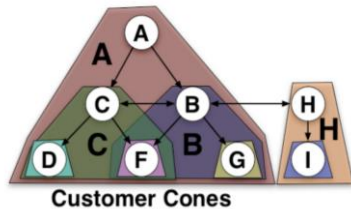
P2P tránsito (sibling): anuncia sus clientes, sus propias redes, sus pares y las redes de sus pares .

(ii) Rellena las tablas de encaminamiento BGP de los Sistemas Autónomos AS4, AS5 y AS6 correspondiente a la siguiente figura, de acuerdo a las relaciones de peering que tienen. Cada tabla tiene que tener el formato.

	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6	AS7
N1	-	2	3	3->4 2->7->4	2->7->4->5	2->6	2->7
N2	1	-	3	7->4	7->4->5	6	7
N3	1 4->7->2->1	4->7->2	-	4	no llega	4->7->2->6	4->7
N4	3->1 7->2->1	7->2	3	-	5	7->2->6	7
N5	4->7->2->1	4->7->2 6->2	no llega	4	-	6	4->7
N6	2->1 5->4->7->2->1	2 5->4->7->2	no llega	5->4	5	-	5->4->7
N7	2->1 4->3->1	2	4->3	4	4->5	2->6	-

Pregunta 13. Explica qué representa el Cono de Clientes (“Customer Cone”) respecto a las direcciones IPv4 y los AS y para qué se utiliza. Ilústralo con un ejemplo. ¿Qué diferencia hay entre el cono de clientes de un AS y su grado en la representación mediante un grafo donde los vértices son los AS’s y las aristas son las relaciones entre AS’s?

El cono de clientes representa el número de clientes del AS y de **clientes recursivos** de éste. Se utiliza para hacer un **ranking** para ver cuál es el AS con más influencia. El cono de clientes sólo tiene en cuenta los bloques de direcciones de los clientes de un AS y los suyos propios.

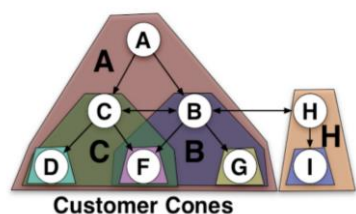


El grado de un AS tiene en cuenta sólo los AS que tiene **adyacentemente** haciendo una extrapolación del internet como una serie de círculos concéntricos de AS representando los más céntricos el “core” de internet y los más perimetrales los AS regionales y menos interconectados.

$CC(ASB)=2$ y $g(ASB)=4$

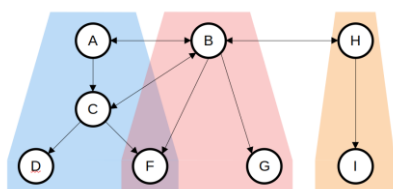
Pregunta 14. Define e indica qué representa el cono de clientes (“Customer Cone”) respecto a las direcciones IPv4 y los AS#.

Un cono de clientes es la forma que usa **CAIDA** para evaluar el grado de importancia de un AS, y así hacer un **ránking** entre los AS para ver el más relevante. El valor del cono de clientes de un AS representa el **número de AS** o el **número de direcciones IP** que están bajo la influencia de este AS.

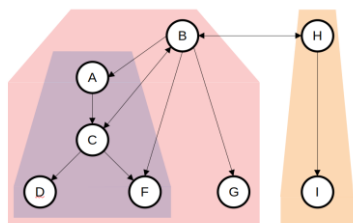


Dibuja una nueva figura respecto a la figura de abajo, con el nuevo cono de clientes si:

(i) A y B (A es proveedor de B) cambian su relación a “A y B tienen una relación de peer to peer”,



(ii) A y B (A es proveedor de B) cambian su relación a “B es proveedor de A”.



Indica cuál es el “peering cone size ratio” para el AS B en el caso de la figura y en los casos (i) y (ii).

$$CC(AS_x) = \#AS_{\text{influents}} / \#AS_{\text{totals}}$$

$$CC(AS_{Bi}) = 3/8$$

$$CC(AS_{Ai}) = 4/8$$

$$CC(AS_{B0}) = 3/8$$

$$CC(AS_{A0}) = 6/8$$

$$CC(AS_{Bii}) = 6/8$$

$$CC(AS_{Aii}) = 4/8$$

$$PCSR(AS_x, AS_y) = \begin{cases} CC(AS_x) / CC(AS_y), & \text{si } CC(AS_x) < CC(AS_y) \\ CC(AS_y) / CC(AS_x), & \text{si } CC(AS_y) \leq CC(AS_x) \end{cases}$$

$$PCSR(AS_{A0}, AS_{B0}) = (3/8) / (6/8) = 1/3$$

$$PCSR(AS_{Ai}, AS_{Bi}) = (3/8) / (4/8) = 3/4$$

$$PCSR(AS_{Aii}, AS_{Bii}) = (4/8) / (6/8) = 2/3$$

Pregunta 15.

a) Explica cómo funciona el mecanismo de opciones de IPv6

En la **cabecera de IPv6** encontramos un campo denominado **"Next Header"** que es utilizado para determinar las opciones que queremos de la forma siguiente:

Existe una tabla con todas las opciones que ofrece IPv6, ordenadas y cada una con su identificador. **En el campo Next Header se introduce el identificador de la opción** que queremos aplicar en el orden indicado en la tabla. Al hacer esto, a **nuestra cabecera IPv6 se le añadirá una extensión de cabecera**. Esta extensión contiene la información necesaria para aplicar la opción en cuestión y, además, también tiene otro campo "Next Header" que apunta a la siguiente opción. De esta forma podemos ir añadiendo opciones a base de extensiones de cabecera hasta que una de estas indique el protocolo de transporte.

b) Da ejemplos de las opciones IPv6 y de cómo se organizan

Varias opciones IPv6 que encontramos son opciones de hop-by-hop, fragmentación, encriptación, autenticación, etc. Es importante que al ir añadiendo opciones estas se vayan indicando en los Next Header en un orden establecido.

Por ejemplo, si queremos enviar un mensaje con hop-by-hop y encriptado, primero tendremos que poner la opción hop-by-hop y que ésta apunte a la opción de encriptación y finalmente apunte al protocolo de transporte usado.

c) Explica justificadamente si es más eficiente usar IPv6 en un router que usar IPv4 y si influye y cómo el usar opciones en los rendimientos.

Los routers están hechos para **transmitir mensajes por hardware**, ya que es **más rápido**. Como muchos están hechos para dirigir exclusivamente direcciones @IPv4, **su hardware no soporta las @IPv6** y las tienen que **computar en la CPU** del router, pero hoy en día, estas operaciones se hacen muy rápido y no hay casi diferencia en cuanto a **eficiencia**.

Sí que influye, ya que dependiendo de la opción, ésta tendrá que pasar por la CPU o por hardware. Solo la opción hop-by-hop afecta a la eficiencia, ya que son paquetes que la CPU del router tiene que procesar por sí misma, pero con el resto de opciones no afectan demasiado ya que como no se tienen que pasar a la CPU, el hardware se encarga de todo.

Pregunta 16. Explica qué es un punto neutro y quién lo compone. Explica qué es la matriz de peering de un punto neutro. ¿Qué condiciones hay que cumplir para ser miembro de un punto neutro?

Un punto neutro es una **infraestructura que agrupa diversos AS's**, permitiendo la **interconexión entre ellos** a través de un protocolo BGP. De esta forma, se reduce lo que en un principio habrían sido miles de conexiones privadas entre ellos. Hay 2 tipos de puntos neutros, los **nacionales** (que conectan redes corporativas e ISPs) y los **internacionales** (que conectan otros puntos neutros). Los miembros de un punto neutro son los ASs y los individuos que se ocupan de la organización de este punto neutro.

Aunque todos estén conectados al punto neutro, **las conexiones reales no son de todos a todos**. Existe lo que se denomina la “**matriz de peering**” que establece las relaciones reales de peering que hay dentro del punto neutro, dictaminando qué AS's están conectados con otros AS's.

Para ser miembro de un punto neutro, se tiene que cumplir con los requisitos/reglas de los propios AS's que lo componen y financian, dictaminan así como las propias impuestas por las propias características del punto neutro en cuestión.

Pregunta 17. Explica las diferencias entre las direcciones PA (Provider Aggregatable) y PI (Provider Independent). ¿Qué ventaja desde el punto de vista de encaminamiento proporciona el uso de direcciones PA a los ISP's?. ¿Puede un RIR asignar redes IPv4 /22 del tipo PI?. Justifica tu respuesta.

Las direcciones **PA** son direcciones que, en caso de cambiar de proveedor, **se han de devolver** ya que éstas forman parte de un grupo de direcciones que **son agregables**. Esto quiere decir que, para el ISP que te ha otorgado estas direcciones, su pertenencia le permite agregarlas con otros bloques de direcciones reduciendo así el espacio en las tablas de enrutamiento de sus routers.

En cambio, las **PI** son bloques de direcciones que **te pertenecen independientemente de tu ISP**. Estos bloques de direcciones **se otorgan directamente desde el RIR** con la ayuda de un LIR realizando la función de mediador y sólo en casos justificados (donde se espera una estabilidad permanente de quien hace uso de estas direcciones). Por lo tanto, es normal verlos en universidades, entidades gubernamentales...

Pregunta 18. Explica cómo se puede crear una dirección IPv6 a partir de un prefijo de red. ¿Y si disponemos de una dirección IPv4?

La creación de una dirección IPv6 se hace a través de la dirección MAC del dispositivo. Si la MAC es de 64 bits, esta se junta directamente con el prefijo de 64 bits formando así la dirección de red. En caso de ser una MAC de 48 bits, la dirección MAC se parte en 2 y se introduce entre medio de los 16 bits “ff:fe”. Además, al haber modificado una dirección MAC, hemos de invertir el séptimo bit del host-id.

Otra forma en la que crear una dirección IPv6 es a partir de una IPv4 de la siguiente forma:

0 (80bits):ffff (16bits): IPv4 (32 bits, codificados en hexadecimal)

Pregunta 19. Explica la diferencia entre las direcciones IP global/site/local en IPv6.

Cada uno de estos tres tipos define el alcance de las direcciones:

- Link-Local: alcance que solo puede llegar hasta un **router**. Es la primera dirección que se obtiene en un dispositivo que soporta IPv6.
- Site-Local: dirección privada que no se puede encaminar **fuera de una red corporativa**. La idea principal de estas es evitar las conexiones externas con la red.
- Global: dirección de alcance global. Estas **atraviesan routers** y son enrutadas a través de los proveedores de servicios de **internet**.

Pregunta 20. Explica brevemente en qué consiste el “neighbor discovery” de IPv6 y explica dos mecanismos que hacen uso de dicho mecanismo.

Neighbor discovery es una funcionalidad que hace uso de mensajes **ICMPv6** que nos permite entre otras funciones la resolución y la autoconfiguración de direcciones a partir de la combinación de estos mensajes. Los 5 tipos de mensajes son: Router Solicitation, Router Advertisement, Neighbor Solicitation, Neighbor Advertisement y Redirect.

Dos de las funcionalidades que encontraríamos son la detección de direcciones duplicadas y la autoconfiguración de direcciones. La primera se realiza usando un neighbor solicitation en multicast de la dirección a la dirección a la que se pretende cambiar, si no hay respuesta es que no está siendo usada, si la hay significa que ya hay un nodo con esa dirección y por tanto se tiene que buscar otra. La segunda se realiza usando la dirección link local para poder obtener la información necesaria para generar la IP o se usa los mecanismos de generación de direcciones propios del protocolo IPv6.

Pregunta 21. Explica la diferencia entre direccionamiento “Stateful” y “Stateless” en IPv6. Explica el sistema de autoconfiguración de direcciones IPv6.

La funcionalidad Neighbor Discovery nos permite obtener el prefijo de red de una dirección IPv6 a partir de mensajes de Router Solicitation y Router Advertisement. Al proceso de obtener este prefijo de red lo llamamos “configuración de dirección IPv6”.

Cuando se hace un router solicitation, podemos activar 2 flags: M y O. El flag M sirve para determinar si la petición va a ser stateless o stateful. En caso de ser **stateless**, el prefijo de red lo obtendremos **a través del router** y en caso de ser **stateful** lo obtendremos a través del servidor **DHCPv6**.

Cuando sea stateless (M=0), se realizará un Router Solicitation cuya IP origen sea la link-local unicast del host que pide el prefijo y, la IP destino será una multicast link-local. Cuando un router reciba este mensaje, enviará un Router Advertisement de dirección origen su link-local y dirección destino una multicast link-local, con la información del prefijo de red.

Cuando sea modo stateful (M=1), la petición se hará con una IP multicast link-local que el servidor DHCP entenderá y este nos devolverá un prefijo de red, entre otras cosas.

m	o	
0	0	only slaac
0	1	slaac (Stateless Address Auto-Configuration)
1	0	x
1	1	stateful (Stateful Address Auto-Configuration)

Pregunta 22. Explica la manera en que un ISP recibe un prefijo IPv6 por parte de IANA/RIR. Explica también cómo puede dividir dicho prefijo para que pueda ser utilizado por distintas organizaciones usando las reglas TLA/NLA (RFC 2450) y el formato de direcciones único global (RFC3587)

Los RIR reciben un bloque /12 de IANA para que éste lo gestione y lo reparta entre los **LIRs en prefijos de /32**, y finalmente, los LIR dan bloques de **/48 a /56 hacia otros LIRs o RC**.

RFC 2450: Un bloque /3 de direcciones IPv6 se segmenta en bloques de diferente tamaño según la tier del LIR. Hay 3 tiers:

- Tier 1: Top Level Aggregator (TLA), se le da un /13~8
- Tier 2: Next Level Aggregator (NLA), se le da un /24
- Tier 3: Site Level Aggregator (SLA), se le da un /16

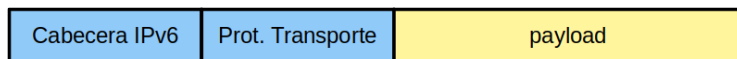
RFC 3587: Un bloque /3 de direcciones IPv6 se divide en bloques /n y se puede hacer subredes de /(n-64)

Pregunta 23. Explica la diferencia entre el mapeo de direcciones IP con MAC's en IPv4 e IPv6.

Para mapear direcciones IP en IPv4 se utiliza el protocolo ARP (Address Resolution Protocol), que es de nivel 2 (nivel de hubs y switches). En cambio IPv6 usa NDP (Neighbor Discovery Protocol), protocolo de nivel 3 (routers).

Pregunta 24. Explica para qué sirven y cómo se utilizan las cabeceras AH y ESP en IPSec-v6.

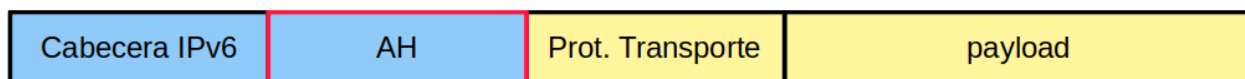
Esta es una cabecera IPv6 sin opciones:



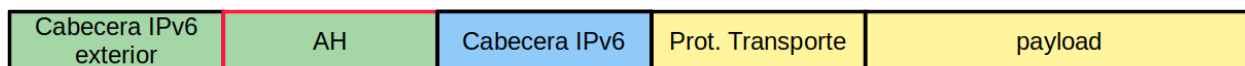
IPv6 ofrece dos opciones de **seguridad**:

- **Autenticación (AH):** Da integridad de los datos.

En modo **transporte**: autentifica **todos los datos** excepto los que son modificados por los routers (eg: TTL)

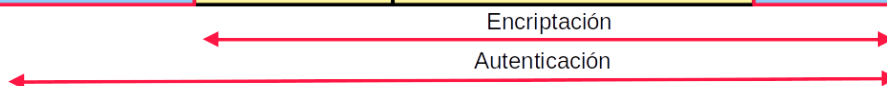
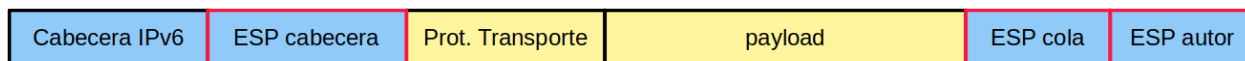


En modo **túnel**: autentifica todos los datos excepto los que son modificados por los routers en la **cabecera exterior**, los de la cabecera interior sí que son autenticados (durante el túnel).

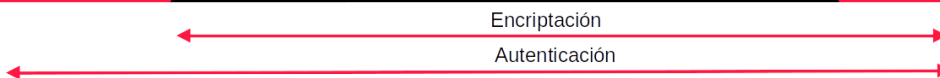
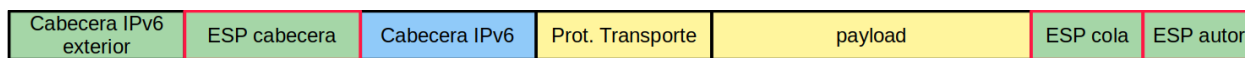


- **Encriptación (ESP):** Da integridad y confidencialidad.

En modo **transporte**: encripta todo el mensaje excepto la cabecera IP



En modo **túnel**: encripta todo el mensaje excepto la cabecera IPv6 exterior



Pregunta 25. Si tenemos un terminal con dirección IPv4=12.5.5.4 y MAC 05:07:14:ab:ff:04, indica cuál sería su dirección IPv6 link-local, una dirección global IPv6 con prefijo 22ab::/64, y una dirección global IPv6 a partir de la dirección IPv4.

1. Creamos una dirección IPv6 link-local unicast: (prefijo fe80::/64)

Usamos la MAC para crear el Host-ID: 05:07:14:ab:ff:04 ← 48 bits

Añadimos ff:fe en medio de la MAC y modificamos el bit #7:

$$05_{16} \rightarrow 0000\ 0101_2 \Rightarrow 0000\ 0111_2 \rightarrow 07_{16}$$

fe80:: 0707:14ff:feab:ff04 /64

2. Crear la dirección IPv6 con el prefijo global (22ab::/64)

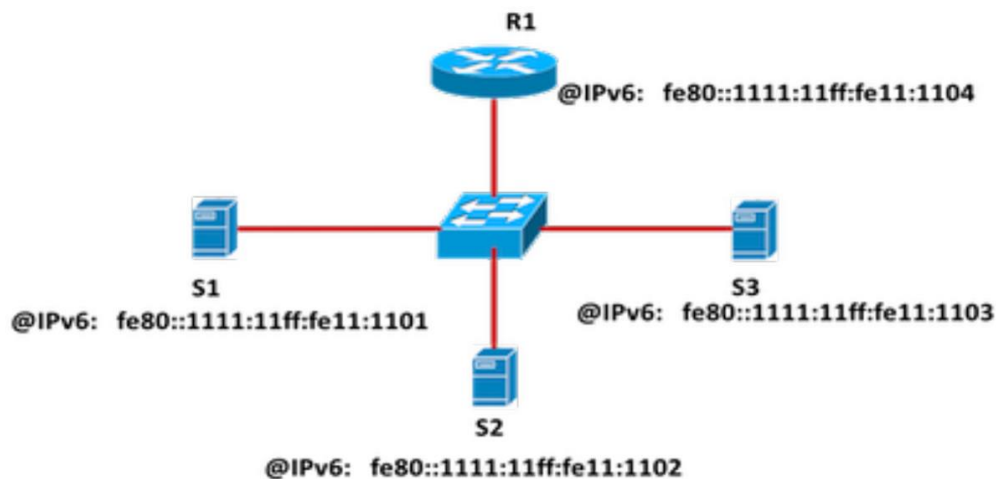
22ab:: 0707:14ff:feab:ff04 /64

3. Crear dirección IPv6 a partir de dirección IPv4

añadimos ::ffff y pasamos la @IPv4 a hexadecimal $\Rightarrow 12.5.5.4_{10} \rightarrow 0C.05.05.04_{16}$

::ffff:0C05:0504 \Rightarrow ::fff:C05:504

Pregunta 26. Tenemos una red como la figura. El servidor S1 (MAC=13:11:11:11:11:01) quiere hacer una petición al servidor S3 (MAC=13:11:11:11:11:03) y su cache de resolución de direcciones (Neighbor cache) MAC-IPv6 está vacía. El servidor S1 envía un Neighbor Discovery (ND) y el S3 responde. Indica la dirección MAC origen y destino de ambos mensajes, así como las direcciones IPv6 y el contenido de las direcciones IPv6 target del mensaje ND.



Para hacer resolución de direcciones en IPv6, utilizamos el NDP. El host S1 enviará un mensaje Neighbor Solicitation y S3 le responderá con su dirección MAC..

Neighbor Solicitation:

IPorigen: fe80::1111:11ff:fe11:1101

IPdestino: ff02::1:ff**11:1103**

MACorigen: 13:11:11:11:11:01

MACdestino: ff:ff:ff:ff:ff:ff

Target Address: fe80:1111:11ff:fe11:1103

Sender's Link Address: 13:11:11:11:11:01

Neighbor Advertisement:

IPorigen: fe80:1111:11ff:fe11:1103

IPdestino: fe80::1111:11ff:fe11:1101

MACorigen: 13:11:11:11:11:03

MACdestino: 13:11:11:11:11:01

Target Address: fe80:1111:11ff:fe11:1103

Target's Link Address: 13:11:11:11:11:03

Siglas

AS: Autonomous System.

CDN: Content Distribution Network.

EGP: External Gateway Protocol.

IGP: Internal Gateway Protocols.

IoT: Internet of Things.

ISP: Internet Service Provider.

LIR: Local Internet Registry.

NIR: National Internet Registry.

P2P: Peer to peer.

QoS: Quality of Service.

RC: Red Corporativa.

RIPE NCC: RIPE Network Coordination Centre.

RIR:s Regional Internet Registries.

RTT: Round Trip Times.

SLA: Service-Level Agreement

Prefijos IPv6

	Unicast	Anycast	Multicast
Global	[2000:.../64, 3fff:.../64]	[2000:.../64, 3fff:.../64]	ff0e::/16 ff1e::/16
Site-local	fec0::/64	fec0::/64	ff05::/16 ff15::/16
Link-local	fe80::/64	fe80::/64	ff02::/16 ff12::/16

LoopBack → ::1