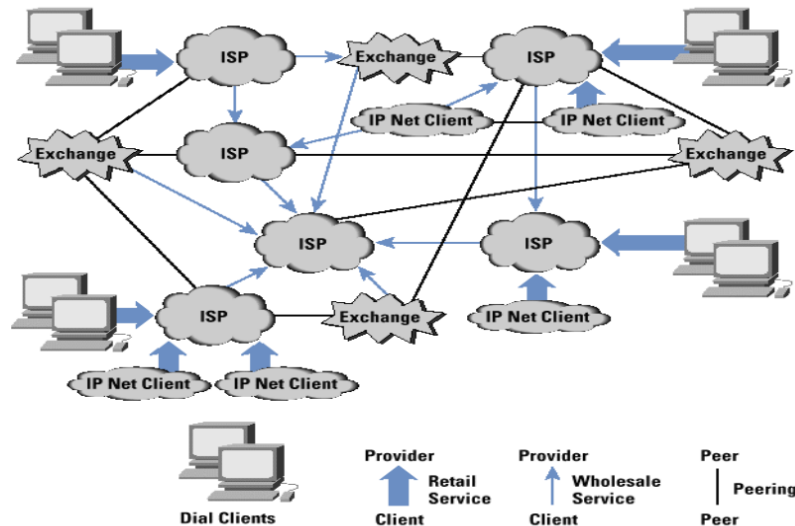


TOPIC 1: Internet architecture & addressing

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.



La arquitectura es el esquema que define las funciones y las reglas que las interconexan. En este caso, la arquitectura de internet está compuesta por los siguientes elementos relacionados:

- > **Usuarios finales** (Dial clients):
contratan una línea de acceso / operador de telecomunicaciones (se incluyen en ISP).
- > **Redes Corporativas** (IP-Net-client):
contratan más líneas, interconexión de varios equipos (LAN), VPN para acceder.
- > **Máquinas sin interacción humana:**
sensores, robots, cámaras...
- > **ISP:**
proporciona conectividad y servicios de Internet a usuarios finales, RC y otros ISPs. Estos ofrecen direcciones IP a cualquier tipo de cliente y este, a través de un operador de telecomunicaciones se le proporcionará una línea de acceso o se conectará a otro ISP.

Estas conexiones se conocen como relaciones de peering, que pueden ser privadas (operadores de telecomunicaciones) o públicas ("Exchange points" - los proveedores se conectan a un punto neutro (switch) según localidad, y a su vez estos se conectan a otros (capas de puntos neutros, de agregación) y así se conectan todos). Tiene de varios tipos: Provider-to-Client, Client-to-Provider i Peer-to-Peer (tránsito/no tránsito, ambos comparten rutas pero el segundo solo intercambia sus redes+clientes con el otro ISP mientras que el otro comparte todo lo que sabe).

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

Una CDN, tiene como función, facilitar el acceso a un contenido y ofrecer servicios de redirección, de distribución y de contabilidad para solucionar los problemas con RTTs grandes y picos de demanda que repercutirán en la QoS (Calidad de Servicio). Esto se consigue mediante servidores cache, que se distribuyen geográficamente para acercar lo máximo posible el contenido a los clientes. Esto se consigue mediante las peticiones DNS, depende de donde provengan se proporcionará una @IP diferente, que corresponderá al servidor más cercano y menos congestionado. Las CDN, también proporcionan servicios tales como escaneo de virus, contabilidad de visitas a un contenido concreto...

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.

Una de las mejores opciones sería el uso de las CDNs. No importa lo lejos que estén los clientes ya que la CDN replica el contenido de forma total o parcial en diferentes servidores repartidos por diferentes zonas geográficas y envía a cada usuario al servidor más cercano a él. Esto reduce el RTT. Además, las CDNs permiten servicios de monitoreo y dan servicios de valor añadido. También se podría usar granjas de servidores (por su alta disponibilidad y capacidad) o mirrors (también reducirían el RTT).

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

Ya que mucha gente puede querer la misma información al mismo tiempo (por ejemplo, el periódico por las mañanas), se pueden usar proxy caches y así ofrecer un mejor servicio (ahorra ancho de banda/capacidad de línea, reduce los costes operativos y reduce latencia).

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.

Desde la perspectiva del cliente, para tener un mejor servicio se podría implementar el "etag" (hash contenido) del HTTP, que cachea la información en el navegador del cliente.

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 que garantiza el servicio prestado por un ISP y penaliza al ISP en caso de incumplirse (se otorgan unos créditos al cliente que después comportan una reducción en el precio de los servicios prestados). Existen varios tipos de SLA:

-> **Customer-based:**

Acuerdo con un grupo individual de clientes, cubriendo todos los servicios que utilizan.

-> **Service-based:**

Acuerdo con todos los clientes que usan los servicios dados por el proveedor.

-> **Multi-level:**

Dividido en diferentes niveles, cada uno orientado a diferentes grupos de clientes para los mismos servicios, en el mismo SLA: Corporate-level SLA, Customer-level SLA, Service-level SLA

Algunos aspectos que suele tener en cuenta un SLA:

- Disponibilidad (en %)
- Ancho de banda contratado
- Ancho de banda en horas punta
- Tiempo de respuesta ante fallos de conectividad
- Redundancia (multi-homing)
- Seguridad
- Servicios de monitorización
- Calidad de servicio

Pregunta 5. ¿ Qué es un Sistema Autónomo (AS), qué organizaciones son AS y que 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 redes IP gestionado por uno o más operadores de red con una política de enrutamiento unificada y claramente definida. Un AS se identifica con 16 bits (65535 ASs).

-> **Inter-domain routing (EGP):** Intercambio de rutas entre AS (BGPv4, como el ISP), es un proceso de decisión.

-> **Intra-domain routing (IGP):** Intercambio de rutas entre elementos internos de un AS (OSPF, IS-IS, EIGRP...), va con algoritmos de mínimo coste (Dijkstra).

Por tanto, la diferencia entre enrutamiento Inter-domain e Intra-domain, es con quién queremos intercambiar rutas, un elemento externo al AS o uno interno.

Existen 4 tipos de relaciones entre AS's:

- **Provider-to-Customer:** El proveedor ofrece servicios de tránsito al cliente (devuelve todo lo que sabe menos lo que este mismo cliente le haya pasado).
- **Customer-to-Provider:** Un cliente necesita al menos a un proveedor (devuelve su red y los redes de sus clientes recursivo al proveedor).
- **Peer-to-Peer (non-transit):** Dos AS acuerdan intercambiar rutas pero no transitar a otras (solo sus rutas + clientes, como el caso C-P).
- **Peer-to-peer (transit):** Dos AS acuerdan intercambiar rutas y transitar a cualquier otra ruta (todo lo que sabe menos lo que ya sabe el cliente, como el caso P-C).

Pregunta 6. Explica el rol y misión qué tienen los RIR en la arquitectura de Internet y qué recursos gestionan. Indica cuántos y qué RIR's operan. Explica el rol qué 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 son organizaciones independientes que gestionan los recursos de internet en una zona geográfica concreta. Su misión es definir políticas consistentes (con su implementación y ejecución) y promover buenas prácticas para internet, es decir, la gobernanza del internet. Existen 5 RIR's:

- ARIN (América de Norte)
- RIPE (Europa)
- AFRINIC (África)
- LACNIC (América del Sud)
- APNIC (Asia y Oceanía)

Un **LIR** (Local Internet Register) es un miembro de un RIR (todo miembro de un RIR es un LIR). Estos pagan cuotas para tener derecho a voto. Los RIR asignan bloques de @IP y AS a los LIR, y estos asignan la mayoría de estas @IP a sus clientes. La mayoría de LIR's son ISP, instituciones académicas o empresas.

RIPE (Réseaux IP Européens) es un foro abierto (cualquiera puede participar) a todas las partes interesadas en el desarrollo técnico de Internet. Su objetivo es asegurar la coordinación administrativa y técnica necesaria para mantener y desarrollar Internet. El proceso de desarrollo de políticas de **RIPE NCC** (Centro de coordinación de la red RIPE), o RIR, pueden ser:

- **Abierto:** cualquiera puede participar y se hace en listas de correo y en reuniones.
- **Transparente:** lista de debates archivados y públicos, reuniones transcrito.
- **Desarrollado de abajo hacia arriba:** Tú haces las políticas y RIPE NCC los implementa.

Básicamente RIPE NCC deciden si hacer las políticas y LIR las vota.

Un AS es un grupo de redes IP gestionado por uno o más operadores de red con una política de enrutamiento unificada y claramente definida.

La relación entre un AS y un RIR, es que el RIR, asignará a un LIR un bloque de @IP con el que poder operar i un número de AS, este lo asigna a sus AS.

La relación entre un AS y un LIR, reside en que un LIR, muy probablemente es a su vez un ISP, y todo ISP tiene al menos un AS.

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

- **UPC:**

Red corporativa.

- **CAIDA:**

Cooperative Association for Internet Data Analysis.

Red corporativa que investiga la arquitectura del Internet. Investiga aspectos prácticos y teóricos de Internet. Su papel es el de recopilar datos para ofrecer estadísticas y datos científicos sobre Internet.

- **RIPE:**

Es el RIR de la región europea. Su papel es el de asignar bloques de @IP, registro de servicios y coordinar a los LIR's que forman parte de su estructura. RIPE participa en la llamada "Gobernanza de Internet".

- **Euro-IX:**

European Internet Exchange Association.

Asociación de puntos neutros europea.

- **IANA:**

Internet Assigned Numbers Authority.

Empresa responsable de asignar y mantener códigos únicos y sistemas de numeración (la asignación global de direcciones IP, la asignación de números de AS a los RIRs, y otros números de Internet relacionados con el Protocolo de Internet) que se utilizan en los protocolos que impulsan Internet.

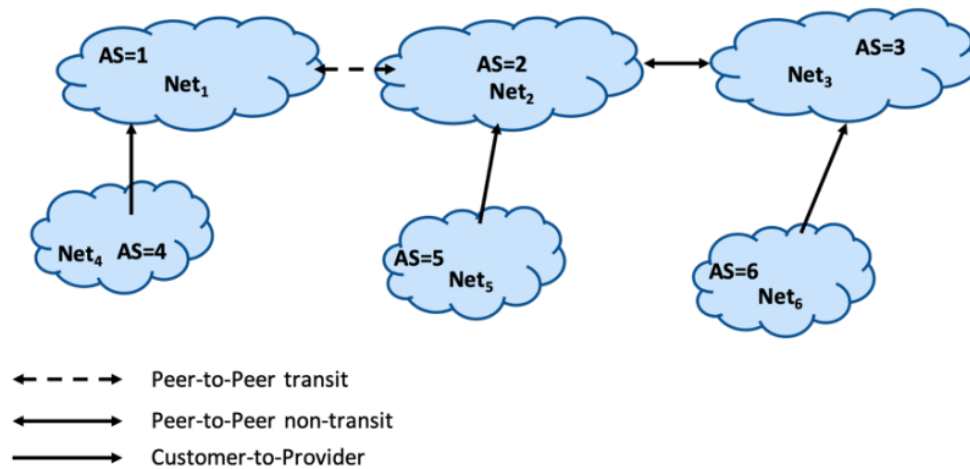
- **Jazztel:**

Es un ISP (Tier 2) que ofrece acceso a internet a clientes end-point.

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 transito? ¿Y de par a par de no-transito?

- **Provider-to-Customer:** todas las rutas que sabe menos las que ya sabe el cliente.
- **Customer-to-Provider:** solamente su red y los redes de sus clientes recursivo.
- **Peer-to-Peer (non-transit):** solamente sus rutas y los redes de sus clientes recursivo.
- **Peer-to-peer (transit):** todas las rutas que sabe menos lo que ya sabe el otro.

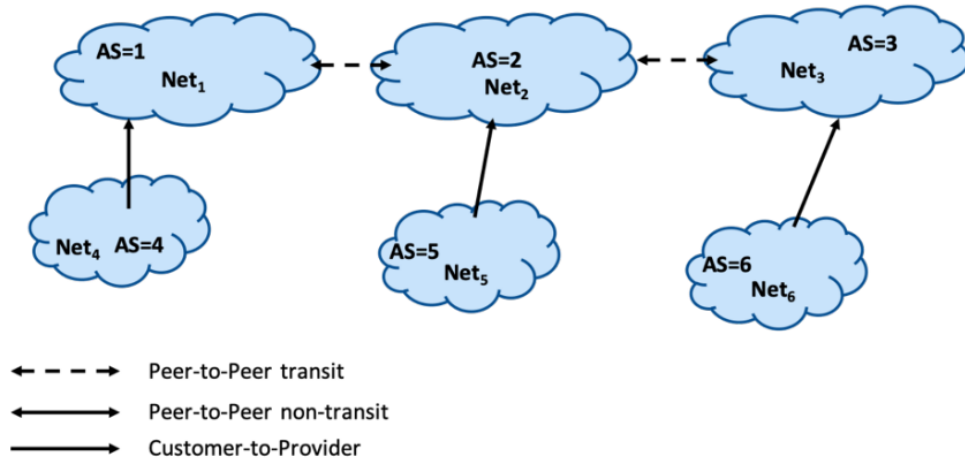
Pregunta 9. Explica de forma justificada qué redes recibe cada uno de los 6 sistemas autónomos de la figura. ¿Podría enviarse un paquete desde un host cliente de la red Net4 a un host servidor de la red Net6? ¿y desde un host cliente de la red Net6 a un host servidor de la red Net4?



- AS1 = recibe de AS4 porque es su cliente, de AS2 todo lo que sabe porque es tránsito, acaba sabiendo el suyo (1), de AS4 (4), de AS2 (2, 5, 3, 6).
- AS2 = recibe de AS5 porque es su cliente, de AS1 todo lo que sabe porque es tránsito, de AS3 su red + clientes suyos (AS6) porque es no-tránsito, acaba sabiendo el suyo (2), de AS5 (5), de AS1 (1, 4), de AS3 (3, 6).
- AS3 = recibe de AS6 porque es su cliente, de AS2 su red + clientes suyos porque es no-tránsito, acaba sabiendo el suyo (3), de AS6 (6), de AS2 (2, 5).
- AS4 = recibe todo lo que sabe su proveedor AS1 menos lo que ya sabe, acaba sabiendo el suyo (4), de AS1 (1, 2, 5, 3, 6).
- AS5 = recibe todo lo que sabe su proveedor AS2 menos lo que ya sabe, acaba sabiendo el suyo (5), de AS2 (2, 1, 4, 3, 6).
- AS6 = recibe todo lo que sabe su proveedor AS3 menos lo que ya sabe, acaba sabiendo el suyo (6), de AS3 (3, 2, 5).

Si quiero ir de Net4 a Net6 podría hacerlo ya que conozco el camino, pero al revés no se podría hacer.

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?

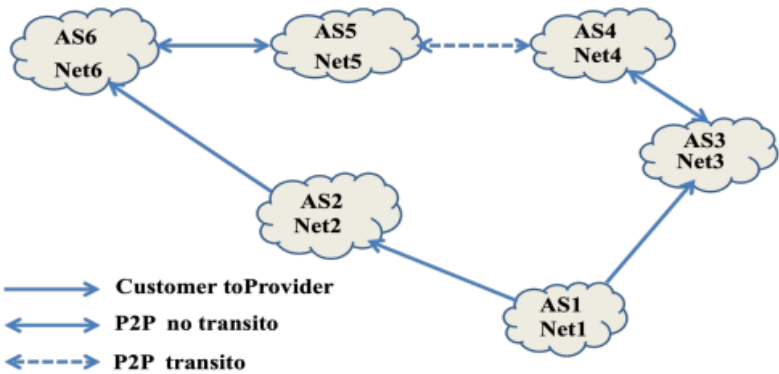


- AS1 = recibe de AS4 porque es su cliente, de AS2 todo lo que sabe porque es tránsito, acaba sabiendo el suyo (1), de AS4 (4), de AS2 (2, 5, 3, 6).
- AS2 = recibe de AS5 porque es su cliente, de AS1 todo lo que sabe porque es tránsito, de AS3 todo lo que sabe porque también es de tránsito, acaba sabiendo el suyo (2), de AS5 (5), de AS1 (1, 4), de AS3 (3, 6).
- AS3 = recibe de AS6 porque es su cliente, de AS2 todo lo que sabe porque es tránsito, acaba sabiendo el suyo (3), de AS6 (6), de AS2 (2, 5, 1, 4).
- AS4 = recibe todo lo que sabe su proveedor AS1 menos lo que ya sabe, acaba sabiendo el suyo (4), de AS1 (1, 2, 5, 3, 6).
- AS5 = recibe todo lo que sabe su proveedor AS2 menos lo que ya sabe, acaba sabiendo el suyo (5), de AS2 (2, 1, 4, 3, 6).
- AS6 = recibe todo lo que sabe su proveedor AS3 menos lo que ya sabe, acaba sabiendo el suyo (6), de AS3 (3, 2, 5, 1, 4).

Como ahora la relación entre AS2 y AS3 es de tránsito, Net6 sabe llegar a Net4, y Net4 sigue sabiendo llegar a Net6.

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.

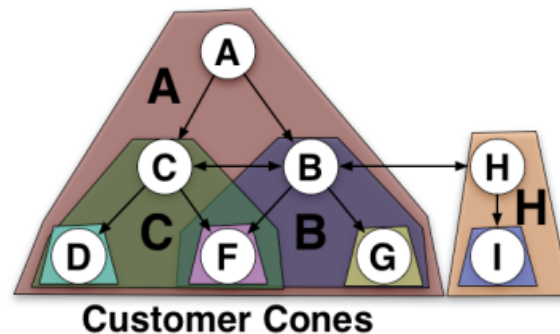


	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
N1	-	AS1	AS1	AS3 AS1 , AS5 AS6AS2 AS1	AS4 AS3 AS1 , AS6 AS2 AS1	AS2 AS1 , 5-4-3-1
N2	AS2	-	NO	AS5 AS6 AS2	AS6 AS2	AS2
N3	AS3	NO	-	AS3	AS4 AS3	NO
N4	AS3 AS4	NO	AS4	-	AS4	NO
N5	AS2 AS6 AS5	AS6 AS5	NO	AS5	-	AS5
N6	AS2 AS6	AS6	NO	AS5 AS6	AS6	-

LA PREGUNTA 12 ES HACER LO MISMO QUE LA 11

Pregunta 13. Explica qué representa el Cono de Clientes (“Customer Cone”) respecto a las direcciones IPv4 y los AS y para que 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 conjunto de AS’s, prefijos IPv4 o direcciones IPv4 a los que puede acceder desde un AS determinado siguiendo solo enlaces de clientes (recursivamente).



En este ejemplo, por tanto, el Cono de Clientes de A incluye a todos estos AS’s, y tiene un tamaño de 6 AS’s (incluyéndose a sí mismo).

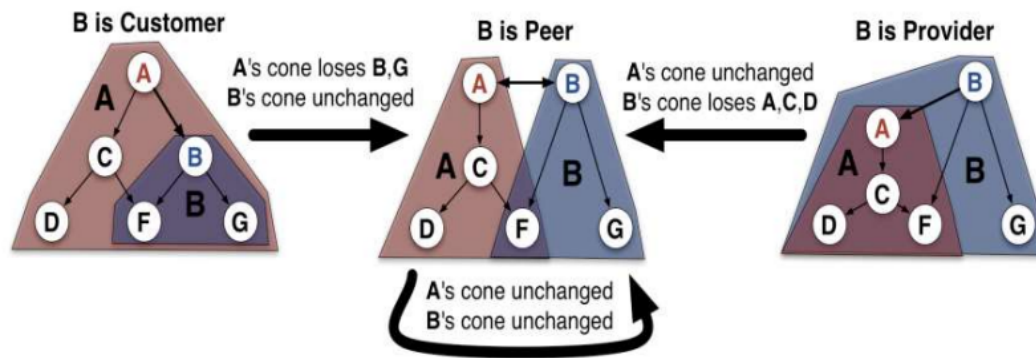
El cono de clientes, representa mejor la “importancia” de un AS, dado que un grafo con las relaciones no tiene en cuenta el tipo de relación. Un AS con muchos clientes puede resultar ser “más importante” que otro con menos clientes (estos a su vez sean proveedores de muchos otros clientes (clientes de clientes)). El grado indica el número de AS’s que está conectado un AS, de modo que si tiene más clientes tendrá un grado mayor que el otro, considerando ser “más importante”.

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

El cono de clientes representa el conjunto de AS’s, prefijos IPv4 o direcciones IPv4 a los que puede acceder desde un AS determinado siguiendo solo enlaces de clientes (recursivamente).

El “peering cone size ratio” es la proporción en los tamaños del cono de clientes de dos AS’s en caso de que tuvieran una relación de peering:

$$\min((CC(AS_x)), CC(AS_y)) / \max((CC(AS_x)), CC(AS_y))$$



Caso 1: min, max \rightarrow A (4), B (3) \rightarrow 3/4

Caso 2: min, max \rightarrow A (4), B (6) \rightarrow 4/6

Pregunta 15. Explica cómo funciona el mecanismo de opciones de IPv6. Da ejemplos de las opciones IPv6 y de cómo se organizan. 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.

Las opciones en IPv6 se incluyen en las cabeceras (headers). Las cabeceras en IPv6 funcionan mediante punteros (Next Header, apunta al siguiente header si existe)

El puntero de la última cabecera apunta al payload del paquete IP. Unos ejemplos:

Las cabeceras hop-by-hop deberían ser examinadas por cada router, mientras que para el resto esto no es necesario.

Las cabeceras EH pueden ser filtradas mediante ACLs.

No es más eficiente, debido a que al usar IPv6, requiere más información en la cabecera, y por tanto el mensaje podrá tener una extensión mayor en según qué partes del recorrido de internet.

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 (Exchange Point), o punto de intercambio público, es una infraestructura física que permite establecer relaciones de peering (interdomain BGPv4) para conectar ASs. La matriz de peering indica con quién hace peering un AS. Las condiciones para ser miembro de un punto neutro, son diferentes para cada uno y las definen los mismos miembros en función de sus intereses.

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.

Un bloque de direcciones PA (Provider Aggregatable) es un bloque que puede ser sub-asignado a otros ISP u otras compañías (estos pueden dar a sus respectivos clientes), pueden ser agregadas mediante protocolos de enrutamiento (es una ventaja desde el punto de vista de encaminamiento para el ISP), y si una compañía A cambia de proveedor (ISP), esta tiene que devolver el bloque a su ISP original, excepto si el bloque fue entregado directamente por RIPE.

En cambio,

un bloque de direcciones PI (Provider Independent) es un bloque de direcciones que no puede ser sub-asignado a otros ISP u otras compañías, solamente puede ser asignado a un cliente final, no pueden ser agregadas mediante protocolos de enrutamiento, y si una compañía A, cambia de ISP, esta retiene el bloque de direcciones IP.

Un RIR puede asignar un único bloque /22, del último /8 en un LIR, pero no más. Esto es así ya que las direcciones IPv4, se están agotando. A los nuevos LIR se les fuerza a utilizar IPv6.

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

Se usa la dirección MAC + una extensión de la MAC.

Ejemplo: tenemos MAC 04:6c:8f:45:8c:c7. Dirección IPv6 local:

- Poner los 24 primeros bits de nuestra MAC, invirtiendo el 7º bit (contando por la izquierda).
- Seguidamente, poner la constante FF:FE.
- Por último, poner los últimos 24 bits de la MAC.

**PREFIX -> link-local -> FE:80::/64 + Host-ID
-> global -> router nos lo da + Host-ID

04:6c:8f:45:8c:c7

1. Primeros 24 bits -> 0000 0100 0110 1100 1000 1111 | 0100 0101 1000 1100 1100 0111
2. Invertir 7º bit -> 0000 0110 0110 1100 1000 1111 | 0100 0101 1000 1100 1100 0111
3. Tenemos -> 66C8:F
4. Añadir FF:FE -> 066C:8FFF:FE
5. Le añadimos los últimos 24 bits de la MAC -> PREFIX:066C:8FFF:FE45:8CC7

La forma de obtener una dirección IPv6 si disponemos de una dirección IPv4 es:

- 1. Poner los 80 primeros bits a 0 (0000:0000:0000:0000:0000)
- 2. Poner 16 bits a 1 (FFFF)
- 3. Poner los 32 bits de nuestra dirección IPv4 en hexadecimal.

192.168.0.1 -> C0.A8.00.01

0000:0000:0000:0000:0000:FFFF:C0A8:0001

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

Las direcciones IP global permiten enrutamiento en todo internet.

Las direcciones IP site-local sólo permiten enrutamiento en la red local.

Las direcciones IP link-local no son enrutadas por ningún router, permite un Plug&Play con solamente comunicación dentro de un enlace (llega a un router).

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

El Neighbor Discovery Protocol (NDP) es una función que usa mensajes ICMPv6 que permite, entre otras las siguientes funcionalidades, la resolución de direcciones (se manda un NS con dirección destino FF02::1:FF00:/104 + los últimos 24 bits de la dirección IP que estamos buscando (FF02::1:FFxx:xxxx) y también se va mandando periódicamente NS para verificar si los hosts son accesibles), la autoconfiguración de direcciones, o detectar direcciones duplicadas (DAD, los nodos pueden verificar si una dirección ya está en uso mandando un NS con dirección origen null y con la dirección destino la que quiero comprobar, funciona como el Gratuitous ARP).

Además define 5 tipos de paquetes ICMPv6:

- Router Solicitation (petición del router)
- Router Advertisement (contestación del router)
- Neighbor Solicitation (petición al vecino no router)
- Neighbor Advertisement (contestación del vecino no router)
- Redirect (redirección de una mejor ruta)

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

El direccionamiento Stateful (flags M = 1, O = 1) usa un servidor DHCP para configurar una dirección IPv6 obteniendo así el prefijo y otras funcionalidades.

En cambio,

el direccionamiento Stateless (flags M = 0) usa una dirección link-local para llegar a un router con NDP (mensajes ICMP), este nos la da, así obteniendo el prefijo. El flag O puede estar a 0 (la información adicional será configurada manualmente) o a 1 (la información adicional será configurada por DHCPv6).

Resumiendo, el sistema de autoconfiguración de direcciones IPv6 funciona con el RS (Router Solicitation) y el RA (Router Advertisement) del NDP (mensajes ICMPv6), donde el router (stateless) puede asignar una dirección global, indicando un prefijo al que el host agrega su Host-ID (prefijo/64 + Host-ID) o puede indicar usar un servidor DHCPv6 (stateful).

Pregunta 22. Explica cómo 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).

Cuando acabaron las direcciones IPv4, empezaron a emplear IPv6 y se organizan:

	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

Para RFC 2450 -> 001 + TopLevelAggregator Tier 1 (21) +
NextLevelAggregator Tier 2 (24) + SiteLevelAggregator RC (16)

Para RFC 3587 -> prefijo (n) + subnet (64-n)

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

IPv4 -> ip de 32 bits -> 2^{32} direcciones
0.0.0.0 - 255.255.255.255

IPv6 -> ip de 128 bits -> 2^{128} -> $2^{96} * 2^{32}$ bits -> 2^{96} veces más que IPv4.
xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx hexadecimal alfanumérica.

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

IPSec (IP Security) ofrece autenticación, encriptación y seguridad, por las cabeceras que tiene:

La cabecera AH (Authentication Header), con NH = 51, contiene la información necesaria usada para verificar la autenticidad de la mayoría de las partes del paquete.

La cabecera ESP (Encapsulating Security Payload), con NH = 50, transporta los datos encriptados para una comunicación segura.

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.

IPv4 = 12.5.5.4

MAC 05:07:14:ab:ff:04

IPv6 link-local? IPv6 global con 22ab::/64?

Link local → FE80::/64

- Poner los 24 primeros bits de nuestra MAC, invirtiendo el 7º bit (contando por la izquierda).
- Seguidamente, poner la constante FF:FE.
- Por último, poner los últimos 24 bits de la MAC → **Host-ID= 0707:14ff:feab:ff04**

@IPv6 link-local → fe80::0707:14ff:feab:ff04

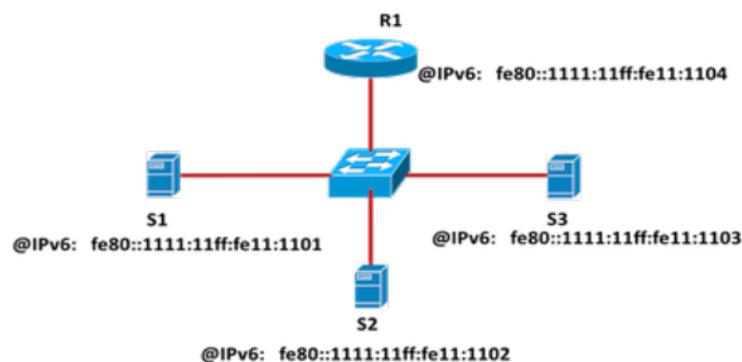
@IPv6 global → 22ab::0707:14ff:feab:ff04

IPv6 global a partir del IPv4?

IPv4 = 12.5.5.4 → 0C 05 05 04 → ::ffff:0C05:0504/64

@IPv6 global → 22ab::ffff:0C05:0504/64

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 dirección IPv6 target del mensaje ND.



@MAC S1: 13:11:11:11:11:01

@MAC S2: 13:11:11:11:11:02

@MAC S3: 13:11:11:11:11:03

S1 -(Neighbor Solicitation)-> S3

S3 -(Neighbor Advertisement)-> S1

(Neighbor cache) MAC-IPv6 está vacía

MAC origen → 13:11:11:11:11:01

MAC destino → ff:ff:ff:ff:ff:ff (broadcast)

IPv6 origen → fe80::1111:11ff:fe11:1101

IPv6 destino → ff02::1111:11ff:fe11:1103 (ff02::/16 multicast link-local)