

Internetworking

Resolución de ejercicios vistos en clase - Parte 1

Teoría de las Comunicaciones

1. Primer ejercicio

1.1. Enunciado

Un usuario en la PC Web Browser, con IP 192.168.55.90, intenta ingresar desde su navegador a la página de inicio del Servidor Web, con IP 172.16.5.88, y obtiene como resultado que éste no responde debido a que la configuración de ruteo de la red está incompleta (Figura 1).

- ¿En qué lugar de la red se pierde el primer paquete? Explicar.
- Completar las tablas de ruteo para que el servidor responda e indicar el recorrido de los primeros paquetes involucrados.

1.2. Resolución

Para resolver este ejercicio tenemos que tener en cuenta qué información tenemos sobre qué información tienen los hosts y los routers acerca las rutas que deberían utilizar los datagramas que quieren enviar y/o recibir.

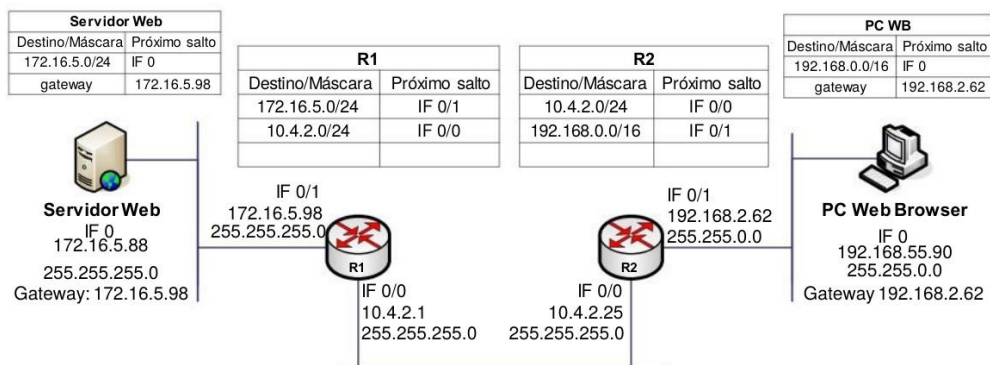


Figura 1: Esquema de la infraestructura de red y la información disponible inicialmente en cada tabla de Forwarding.

1.3. Resolución

El **ítem a)** nos dice que hay un Navegador en un host que quiere acceder a la página Web de un Servidor. Las direcciones IP de los mismos son 192.168.55.90 (Navegador) y 172.16.5.88

(Servidor Web). En el esquema podemos ver la topología de la infraestructura de red de interconexión, es decir la internet, y la cantidad de información que tienen cada uno de los nodos. Las tablas de Forwarding tienen cargados algunos datos Destino/Máscara - PróximoSalto que los hosts obtuvieron previamente o fueron configurados en forma manual por algún admin de la red para usarse con ruteo estático.

Describimos el paso a paso:

1. La aplicación del Navegador inicia una solicitud, lo que resuelve la capa de transporte encapsulando la solicitud de Nivel de Aplicación en un segmento de Nivel de Transporte con flag SYN, que indica el inicio de una nueva conexión. Para realizar el envío del segmento, la capa de Red (el nivel que estamos estudiando en esta práctica) genera un Datagrama con el segmento de capa de transporte en el campo de datos. Llegados a este punto, nos importa preguntarnos "qué dirección Origen y qué dirección Destino van en el encabezado del Datagrama IP?"

Origen: 192.168.55.90 - **Destino:** 172.16.5.88

Al fijarse en la tabla de Forwarding, se pregunta: la dirección **Destino** coincide con la primera entrada? No, porque al aplicar la máscara /16 a 172.16.5.88 no coincide con 192.168.0.0. Entonces se fija en la siguiente entrada de la tabla. Coincide con el gateway? Si. Lo envía al Próximo Salto correspondiente al gateway, es decir a su red.

2. El datagrama llega al router **R2**, que está en la misma red. **R2** recibe un paquete con dirección **Origen** 192.168.55.90 y dirección **Destino** 172.16.5.88 (Eso NO cambia en todo el camino! Lo que va cambiando es la MAC Address del NextHop). El router observa fila por fila de la tabla hasta encontrar alguna que coincida, de no encontrar ninguna descarta el paquete.
Es decir:
 - 1) Mira la primera entrada: 10.4.2.0/24.
 - 2) Calcula la dirección con la máscara /24, el resultado coincide con la primera red? No.
 - 3) Mira la siguiente entrada: segunda entrada /16. Nuevamente calcula la dirección, ahora con la máscara /16, coincide? No.
 - 4) Siguiendo entrada..... Hasta que encuentra una entrada en la tabla que coincida.

Prueba una a una: toma la dirección destino, le aplica la máscara de la primera entrada y se fija si coincide, si no pasa a la siguiente entrada, le aplica la máscara de la siguiente entrada y se fija si el resultado coincide.

3. Luego de que **R2** revisa su tabla completa y verifica que la dirección **Destino** no coincide con ninguna entrada, descarta el Datagrama. Si está configurado así, además, genera un ICMP Error y lo envía por la ruta de origen.

Por otro lado, para resolver el **ítem b)** nos pide que completemos los datos faltantes en las tablas de **R1** y **R2** e indiquemos el recorrido de los primeros paquetes involucrados.

En este caso vamos a considerar como primeros paquetes el SYN enviado por el navegador que describimos en el **ítem a)**, un paquete conteniendo el segmento de Nivel de Transporte con SYN+ACK que envía el Servidor en respuesta y un tercer paquete con el segmento ACK que envía el host del Navegador con el que se termina de establecer la conexión (Vemos este tema en la siguiente práctica sobre Nivel de Transporte, lo importante es tener en cuenta que hay envío en ambos sentidos).

Primero veamos cómo llegar a **R1**.

Observemos que **R1** y **R2** están en la misma red. Ahora, qué impide que agreguemos sencillamente gateway - IF 0/0?

Si bien esto puede funcionar para una red como la descrita por el esquema, ocurre que en el caso general si hubiera, o se agregara, un acceso a Internet u otros enlaces y hosts en la misma red, estaría forzando que TODOS los paquetes usen ese IP de salida, es decir, enviando todo a **R1**. Esto no se considera una buena práctica, aún para una red como la del ejemplo ya que es probable que su topología se modifique.

El destino no es una red conectada sino una red remota, y sabemos que, cuando la red está conectada se agrega la Interfaz (ej. IF 0/0), y cuando es una red remota se agrega el IP conocido para esa red (recordar que el IP puede cambiar y puede haber que actualizar la entrada posteriormente una o muchas veces).

Como se requiere ser específico, según puede verse en la Figura 2, al agregar una entrada para 172.16.5.0/24 con Next Hop 10.2.4.1 queda configurada la ruta para poder enviar el paquete al próximo salto (**Aclaración:** Se trata de lo que agregaría un admin que conoce toda la red de manera manual para esta configuración estática, en la siguiente clase se explican algunos de los algoritmos de ruteo que realizan esta tarea de forma automática para cuando es necesario internetworking con ruteo dinámico).

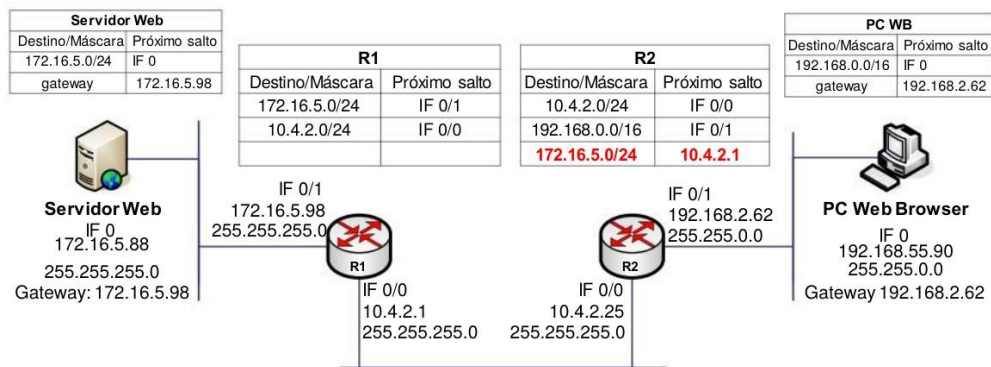


Figura 2: Nueva entrada en la Tabla de Forwarding de R2.

El paquete ya llegó a **R1**, dónde debe enviarse?

Para completar la tabla de **R1** seguimos el mismo criterio que anteriormente y revisa una a una cada entrada de la tabla de Forwarding.

2) Coincide con la primer entrada? Si.

3) Por qué Interfaz lo tengo que enviar? R1 IF 0/1.

4) ... Por qué no anda?

Porque **R1** no tiene configurada la ruta para la respuesta, con lo que el paquete del Servidor se descarta en **R1**, como pasaba inicialmente con el el paquete del Navegador en el **item a**).

Hasta aquí el paquete con el segmento de Nivel de Transporte con el que se pedía el iniciar la conexión (SYN) llega al Servidor y éste quiere enviar una respuesta. El Servidor prepara una respuesta con flags SYN+ACK para aceptar la conexión y lo envía a Capa 3 (lo que coloquialmente es Capa de Red o IP).

El paquete IP de respuesta tiene como **Origen** el Servidor Web, y como **Destino** el Navegador de la PC (De dónde salió ese IP? Del campo **Origen** del paquete que envió el Navegador de la PC). 1) El proceso de Nivel de Red del Servidor analiza el campo **Destino**, coincide con la primer

entrada? No.

2) Coincide con la segunda? Si, el gateway coincide con todo, lo envía a **R1**.

3) Llega a **R1** en la IF 0/1

... pero sigue sin funcionar.

Nuevamente al llegar a **R1** encontramos que hay datos en la tabla de Forwarding que no están configurados. Si calculamos 192.168.55.90 con la máscara /24, coincide con la primera entrada? No

Coincide con la segunda entrada? No

Qué debería agregar? 10.4.2.25/16.

Nota: Cómo sé qué máscara usar? Al conocer toda la red eso es información conocida. Importante: Lo que se agrega es la Red donde está el Destino, No el IP Destino (Figura 3).

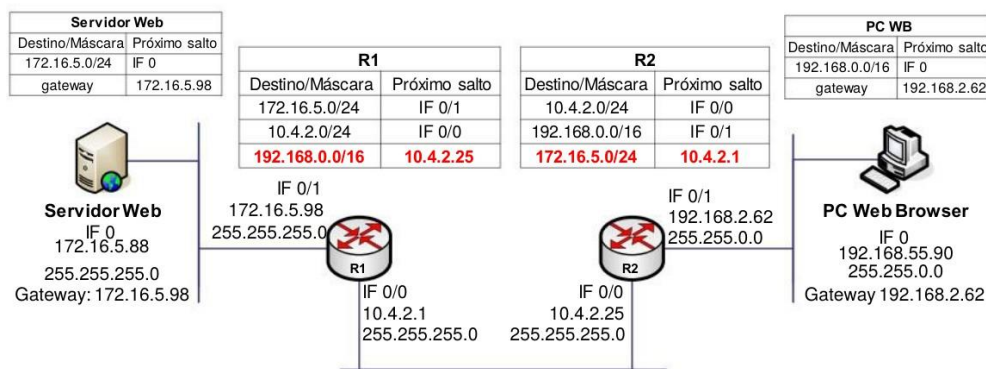


Figura 3: Nueva entrada en la Tabla de Forwarding de R1.

2. Segundo ejercicio

2.1. Enunciado

Enunciado: Un usuario en la PC realiza un ping¹ al servidor. El ping no responde. Explicar a qué puede deberse esta situación. ¿Qué cambia si se reemplaza el router por un servidor con dos tarjetas de red?

2.2. Resolución

1. El utilitario ping de la PC tratará de enviar un paquete ICMP echo-request al Servidor.
2. Para transportarlo encapsulará el paquete ICMP dentro de un paquete IP, <origen 200.3.113.55; destino 200.3.113.250>.
3. Para enviar el paquete IP la PC revisará todas las entradas de su tabla de ruteo: 200.3.113.0/24 | FE0 (directamente conectada) 0.0.0.0/0 | 200.3.113.126 comparando la dirección destino con la máscara de cada entrada, buscando encontrar la ruta más específica. En este caso

¹Comando ping: [https://www.freebsd.org/cgi/man.cgi?ping\(8\)](https://www.freebsd.org/cgi/man.cgi?ping(8))

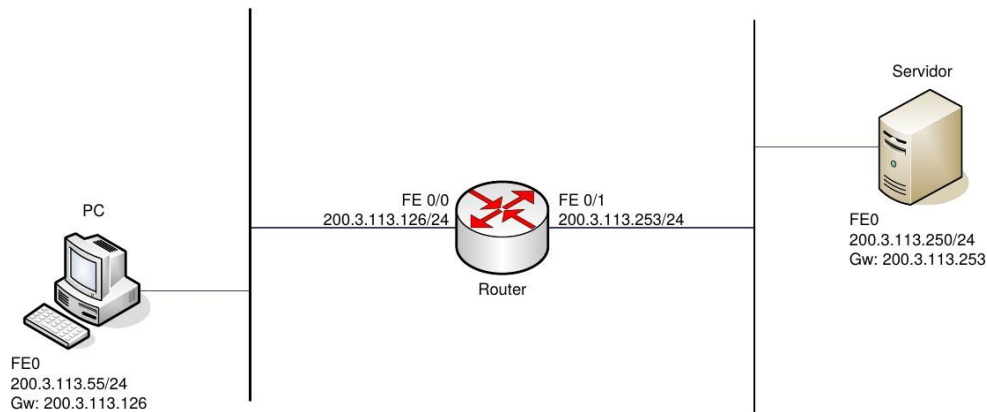


Figura 4: Esquema Ejercicio 2.

usará la primer entrada, encontrando que el destino está en su misma red (dicho de otra forma, está en una red directamente conectada a su interface FE0).

Encapsulará el paquete IP dentro de un paquete Ethernet, dirección origen la MAC de la PC, dirección destino la MAC correspondiente con la IP de destino. Revisará su tabla ARP buscando la correspondencia MAC-IP y al no encontrar la entrada correspondiente, realizará el requerimiento ARP (broadcast).

4. El requerimiento quedará restringido a la red local (no pasará más allá del router) y nunca llegará a la PC destino. Por lo tanto no se obtendrá respuesta.
5. En conclusión, el ICMP echo-request no podrá ser enviado por la PC.
6. Si se reemplaza el router por un servidor con dos tarjetas de red y se habilita el ruteo IP en el servidor no cambia nada. Son funcionalmente equivalentes, lo único que cambia es el hardware y software utilizado.

3. Tercer ejercicio

3.1. Enunciado

Un router presenta la siguiente tabla de forwarding (o ruteo):

NetworkNum	NextHop
135.46.60.0/24	Interface0
192.53.40.0/24	135.46.60.23
192.53.40.0/25	135.46.60.99
0.0.0.0/0	135.46.60.103

¿Qué hace el router cuando recibe un paquete con destino a las siguientes direcciones?

- a) 208.70.188.15
- b) 135.46.62.62
- c) 192.53.40.7

3.2. Resolución

Algoritmo básico de reenvío de datagramas:

```
D = destination IP address
for each forwarding table entry
  (SubnetNumber, SubnetMask, NextHop)
  D1 = SubnetMask & D
  if D1 = SubnetNumber
    if NextHop is an interface
      deliver datagram directly to destination
    else
      deliver datagram to NextHop (a router)
```

Sin embargo, el uso de CIDR significa que los prefijos pueden ser de cualquier longitud, de 2 a 32 bits. De esta manera, es posible tener prefijos en la tabla de forwarding que se “solapan” en el sentido que algunas direcciones pueden coincidir con más de un prefijo. Es posible que haya varias rutas válidas para un mismo paquete. Por ejemplo la ruta por defecto es aplicable en principio a cualquier paquete. Se revisan primero las rutas de máscara más larga. Este criterio garantiza que se aplicarán primero las rutas. más específicas y luego las más generales. Así por ejemplo las rutas host (/32) se aplican en primer lugar y la ruta por defecto (/0) se aplican en último lugar.

En consecuencia, el router recorre toda la tabla buscando las entradas que coincidan con la dirección destino. De ellas selecciona la más específica (máscara más larga) y reenvía el paquete (sin modificar las direcciones IP origen y destino del paquete original) al NextHop correspondiente:

- a) 208.70.188.15, coincide solamente con la entrada 4. Reenvía a 135.46.60.103.
- b) 135.46.62.62, coincide solamente con la entrada 4. Reenvía a 135.46.60.103.
- c) 192.53.40.7, coincide con las entradas 2, 3 y 4. La ruta más específica es la 3. Reenvía a 135.46.60.99.