

Solución – 18 de diciembre de 2009 (ref: sirc0912.odt)

Instrucciones

- Indique su nombre completo y número de cédula en cada hoja.
- Numere todas las hojas e indique la cantidad total de hojas que entrega en la primera.
- Escriba las hojas de un solo lado.
- Utilice una caligrafía claramente legible.
- Comience cada ejercicio en una hoja nueva.
- Sólo se contestarán dudas de letra. No se aceptarán dudas de ningún tipo los últimos 30 minutos del examen.
- El examen es individual y sin material.
- Es obligatorio responder correctamente al menos 15 puntos en las preguntas teóricas.
- El puntaje mínimo de aprobación es de 60 puntos.
- Para todos los ejercicios, si es necesario, puede suponer que dispone de los tipos de datos básicos (p.ej. lista, cola, archivo, string, etc.) y sus funciones asociadas (ej: tail(lista), crear(archivo), concatenar(string, string)).
- Duración: 3 horas.

Preguntas Teóricas

Pregunta 1 (10 puntos)

Identifique los componentes del retardo en las redes de paquetes, y señale cuáles son los más significativos. En particular:

- a) Señale las diferencias entre el ancho de banda y la velocidad de propagación en el medio.
- b) ¿En qué componente del retardo influye la congestión?

Pregunta 2 (10 puntos)

Se considera un servicio de transmisión confiable.

- a) Señale las diferencias de implementación en capa de transporte vs. capa de enlace.
- b) En una red de paquetes arbitraria, ¿es posible implementar un servicio de transmisión confiable en capa de enlace? Justifique su respuesta.

Pregunta 3 (8 puntos)

- a) ¿Cuál es el principal cometido de la capa de red?
- b) La longitud en "hops" es la métrica utilizada habitualmente para definir el costo de un enlace. ¿Es la más conveniente? Justifique su respuesta.

Pregunta 4 (6 puntos)

- a) Defina funciones de hash.
- b) Enumere las propiedades básicas de seguridad en la red, y especifique cuál o cuáles aporta la utilización de estas funciones.
- c) Mencione un ejemplo de función de hash comúnmente utilizada para intercambio de mensajes.

Pregunta 5 (6 puntos)

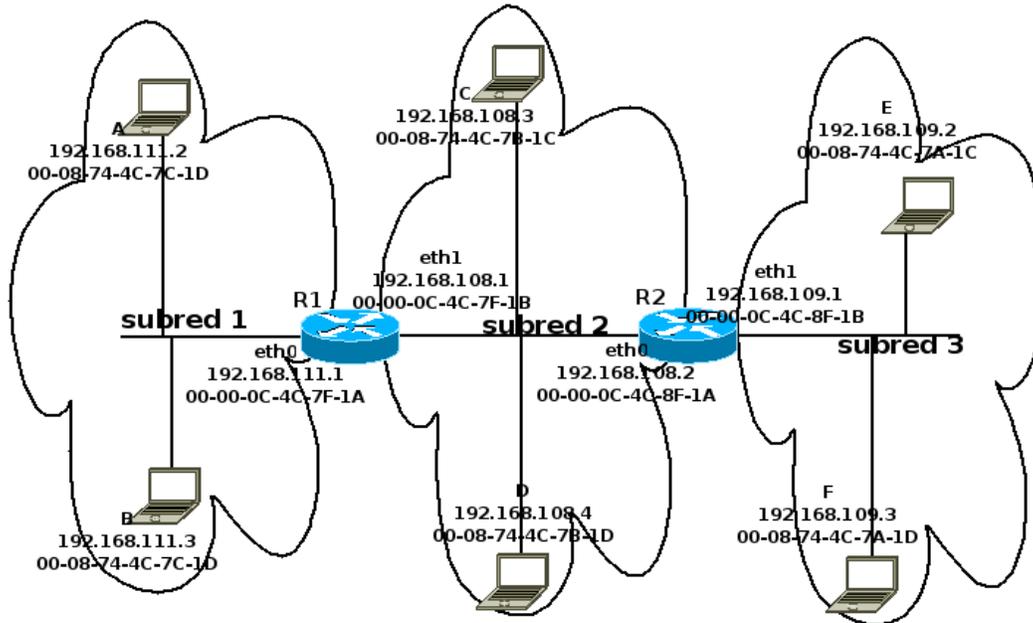
Considere ICMPv6, familia de protocolos de control en IPv6. El mismo implementa diversos protocolos auxiliares.

- a) Mencione y describa brevemente 2 protocolos definidos como parte de ICMPv6 que utilicen los mensajes Neighbour-Solicitation y Neighbour-Advertisement.
- b) Compare su implementación con sus contrapartes en IPv4.

Problemas Prácticos

Problema 1 (30 puntos)

Sea la red compuesta por tres subredes interconectadas por los routers R1 y R2 presentada en la siguiente figura.



En la misma se indican los nodos conectados en cada subred así como la dirección IP y MAC de cada interfaz. Para su direccionamiento se asignó una clase C a cada una de las subredes como se presenta en la figura. El enrutamiento es estático.

Se pide:

- Para la topología presentada:
 - Indique las tablas de enrutamiento de los routers R1 y R2 que permiten conectividad extremo a extremo entre todos los equipos de la red.
 - Indique las tablas de enrutamiento de los hosts de la topología propuesta.
 - Indique el intercambio de frames necesario para enviar un paquete IP desde el host C al host F, especificando $\{MAC_origen, MAC_destino, IP_origen, IP_destino, protocolo, tipo\ de\ mensaje\}$. Incluya también los frames que contienen el paquete IP considerado. Suponga que las tablas ARP se encuentran vacías.
- Se sustituye el router R2 por un switch, al que se conectan todos los equipos de las subredes 2 y 3, sin modificar las direcciones IP.
 - Indique la tabla de enrutamiento del router R1 que permite conectividad extremo a extremo entre todos los equipos de la red. Justifique las modificaciones realizadas.
 - Indique las tablas de enrutamiento de los hosts en la nueva topología. Detalle los cambios de configuración necesarios.
 - Compare la nueva topología con la original, analizando ventajas y desventajas.

Problema 2 (30 puntos)

Se quiere implementar un protocolo de transferencia de datos confiable restringido a una red donde todos los nodos son alcanzables por paquetes de broadcast con las siguientes características:

- debe poder transferir datos simultáneamente de un computador a todos los computadores que estén en la red.
- en cada momento, la capa de aplicación debe haber recibido los datos de los mismos n paquetes, pudiendo diferir solo en los datos incluidos en el paquete n+1.
- debe recuperarse de fallos de transmisión y eliminar duplicados.
- no tendrá control de congestión.
- no tendrá control de flujo.

Se cuenta con las siguientes primitivas:

- `rdt_send(datos)`, recibe datos desde la capa superior.
- `udt_send_broadcast(pkt)`, le entrega el paquete `pkt` a la capa inferior para ser transmitido a todos los computadores de la red.
- `rdt_rcv(pkt)`, recibe los paquetes desde la capa inferior.
- `deliver_data(datos)`, entrega datos a la capa superior.
- `make_pkt(numeroDeSecuencia, datos, checksum, origen)`
- `extract_data(pkt, datos)`, extrae los datos de un paquete.
- `extract_orig(pkt, ip)`, extrae la dirección de origen del paquete.
- `corrupt(pkt)`, verdadero sii `pkt` fue corrompido durante su transmisión.
- `isACK(pkt, numeroDeSecuencia)`, verdadero sii `pkt` es un ACK con número de secuencia `numeroDeSecuencia`.
- `start_timer`
- `stop_timer`
- `timeout`

Se considera:

- que el proceso de conexión ya ha sido realizado, se posee la lista de direcciones IP de los computadores conectados (`listaConectados`) y dicha lista no varía.
- que solo uno de los computadores en la red envía datos.
- que ninguno de los computadores o los enlaces de la red tendrá fallos permanentes.

Se pide:

Dibujar las máquinas de estados finitos que especifiquen los procesos emisor y receptor del protocolo y el pseudocódigo de las estructuras de datos y los procesos auxiliares utilizados (sin incluir las primitivas provistas).

Solución

Pregunta 1 (10 puntos)

Retardo de procesamiento en el nodo

Por ejemplo chequeo de paridad (CRC), determinar enlace de salida (enrutamiento).

Retardo de encolamiento (buffering)

Espera en colas del enlace de salida para transmisión

Retardo de transmisión

Sea R =ancho de banda del enlace (bps) y L =longitud del paquete (bits), el tiempo de envío = L/R

Retardo de propagación

Sea d = longitud del enlace físico y s = velocidad de propagación en el medio, el retardo de propagación = d/s

a) B es la capacidad de los puertos del dispositivo (switch o router), por ejemplo Ethernet, STM-1, mientras que s es una característica del medio, por ejemplo $s \sim 2 \times 10^8$ m/seg en cobre.

b) El retardo de encolamiento depende del nivel de congestión del router.

Pregunta 2 (10 puntos)

a) En capa de transporte se usan los servicios de la capa de red y la señalización del protocolo de transporte, que implica realimentación de extremo a extremo, teniendo en cuenta la carga de red (congestión). En capa de enlace se señala en base a la capacidad del enlace.

b) No es posible porque pueden existir múltiple hops, con capas de enlace diferentes.

Pregunta 3 (8 puntos)

a) Asegurar la entrega de información de extremo a extremo.

b) Si se busca una utilización eficiente de los recursos y/o satisfacer requerimientos de calidad de servicio, la métrica de hops puede ser inconveniente, ya que señalará como "mejor" el camino más corto, que no necesariamente será el que tenga mejores atributos de calidad (retardo extremo a extremo, pérdidas, throughput) y/o menos congestión.

Pregunta 4 (6 puntos)

a) Un hash o message digest es una función (H) unidireccional que toma una entrada m (mensaje) y produce un valor de salida s de longitud fija y en general, de (muchos) menos bits, $s=H(m)$.

Unidireccional: computacionalmente imposible invertir a la función o sea, dado s encontrar m tal que $s=H(m)$.

b) Las propiedades básicas de seguridad en la red son confidencialidad, integridad y disponibilidad; adicionalmente podemos incluir autenticación y no repudio. Estas funciones aportan a la integridad.

c) Algunas de las más conocidas: MD5, SHA-1.

Pregunta 5 (6 puntos)

a) DAD – Duplicated Address Detection protocol y NDP – Neighbor Discovery Protocol (verlos en la documentación)

b) DAD no está implementado en IPv4. NDP es la versión IPv6 de ARP, que en vez de ser un protocolo independiente de IP(v4), también utiliza mensajes IPv6 para su implementación.

Problema 1 (30 puntos)

a) Para la topología presentada:

i) Indique las tablas de enrutamiento de los routers R1 y R2 que permiten conectividad extremo a extremo entre todos los equipos de la red.

Configuración Router R1

Network	Gateway	Interface
192.168.111.0/24	-	eth0
192.168.108.0/24	-	eth1
192.168.109.0/24	192.168.108.2	eth1

Configuración Router R2

Network	Gateway	Interface
192.168.109.0/24	-	eth1
192.168.108.0/24	-	eth0
192.168.111.0/24	192.168.108.1	eth0

ii) Indique las tablas de enrutamiento de los hosts de la topología propuesta.

Configuración hosts subred 1

Network	Gateway	Interface
192.168.111.0/24	-	eth0
0.0.0.0 def. gateway	192.168.111.1	eth0

Configuración hosts subred 2

Network	Gateway	Interface
192.168.108/24	192.168.1	eth0
0.0.0.0 def. gateway	192.168.108.1	eth0

Configuración hosts subred 3

Network	Gateway	Interface
192.168.109.0/24	-	eth0
0.0.0.0 def. gateway	192.168.109.1	eth0

iii) Indique el intercambio de frames necesario para enviar un paquete IP desde el host C al host F, especificando {MAC_origen, MAC_destino, IP_origen, IP_destino, protocolo, tipo de mensaje}. Incluya también los frames que contienen el paquete IP considerado. Suponga que las tablas ARP se encuentran vacías.

Paquete IP a enviar:

IP origen	IP destino
192.168.108.3	192.168.109.3

Pasos a seguir

1. Como IP destino no pertenece a la red envío al default gateway R1 interface eth1.
2. Envío a R2 interface eth0.
3. Envío a host destino

Nr o	MAC origen	MAC destino	IP origen	IP destino	protocolo	Tipo de mensaje
1	00-08-74-4C-7B-1C	FF-FF-FF-FF-FF-FF	192.168.108.3	-	ARP	Consulta ARP 192.168.108.1
2	00-00-0C-4C-7F-1B	00-08-74-4C-7B-1C	192.168.108.1	192.168.108.3	ARP	Respuesta ARP 00-00-0C-4C-7F-1B
3	00-08-74-4C-7B-1C	00-00-0C-4C-7F-1B	192.168.108.3	192.168.109.3	IP	Envío datagrama a default gateway
4	00-00-0C-4C-7F-1B	FF-FF-FF-FF-FF-FF	192.168.108.1	-	ARP	Consulta ARP 192.168.108.2
5	00-00-0C-4C-8F-1A	00-00-0C-4C-7F-1B	192.168.108.2	192.168.108.1	ARP	Respuesta ARP 00-00-0C-4C-8F-1A
6	00-00-0C-4C-7F-1B	00-00-0C-4C-8F-1A	192.168.108.3	192.168.109.3	IP	Envío datagrama a router R2 - eth0
7	00-00-0C-4C-8F-1B	FF-FF-FF-FF-FF-FF	192.168.109.1	-	ARP	Consulta ARP 192.168.109.3
8	00-08-74-4C-7A-1D	00-00-0C-4C-8F-1B	192.168.109.1	192.168.109.3	ARP	Respuesta ARP 00-08-74-4C-7A-1D
9	00-00-0C-4C-8F-1B	00-08-74-4C-7A-1D	192.168.108.3	192.168.109.3	IP	Envío datagrama a destino

Datagramas 1-2, 4-5 y 7-8 corresponden a consultas ARP. Los datagrams 3, 6 y 9 corresponden al envío del datagrama.

b) Se sustituye el router R2 por un switch, al que se conectan todos los equipos de las subredes 2 y 3, sin modificar las direcciones IP.

i) Indique la tabla de enrutamiento del router R1 que permite conectividad extremo a extremo entre todos los equipos de la red. Justifique las modificaciones realizadas.

Como las redes 192.168.108.0/24 y 192.168.109.0/24 son contiguas, pueden unificarse en la red 192.168.108.0/23 que contiene a ambas redes.

Configuración Router R1

Network	Gateway	Interface
192.168.111.0/24	-	eth0
192.168.108.0/23	-	eth1

ii) Indique las tablas de enrutamiento de los hosts en la nueva topología. Detalle los cambios de configuración necesarios.

Configuración hosts subred 1

Network	Gateway	Interface
192.168.111.0/24	-	eth0
0.0.0.0 def. gateway	192.168.111.1	eth0

Configuración hosts subred 2 y 3

Network	Gateway	Interface
192.168.108.0/23	-	eth0
0.0.0.0 def. gateway	192.168.108.1	eth0

iii) Compare la nueva topología con la original, analizando ventajas y desventajas.

La red presentada en la parte B en el caso del envío del envío de C->F realiza solamente una consulta ARP y el envío directo. Reduce la cantidad de datagramas intercambiados en la red.

La virtud de la red presentada en el ejercicio es que es más simple su extensión con nuevas redes.

Problema 2

