

# Capítulo 4

## La Capa de Red Interredes

Application
Transport
Network
Link
Physical

# Interredes

- Tener diferentes redes implica tener **diferentes protocolos**.
- Enrutadores que pueden conectar dos redes de distinta tecnología: **enrutadores multiprotocolo (puertas de enlace)**.
- **Problema: ¿Cómo se pueden enviar paquetes de una red a otra de distinta tecnología?**
- **Solución 1:** Puertas de enlace traducen o convierten paquetes de un protocolo a otro.
- **Solución 2:** construir una capa arriba de las diferentes redes que oculte las diferencias entre las distintas redes (Cerf y Kahn).
  - Esta idea dio lugar a TCP/IP.
  - IP provee un formato de paquete universal que
    - ❑ todos los enrutadores multiprotocolo reconocen y
    - ❑ puede ser pasado a través de casi toda red.

# Interredes

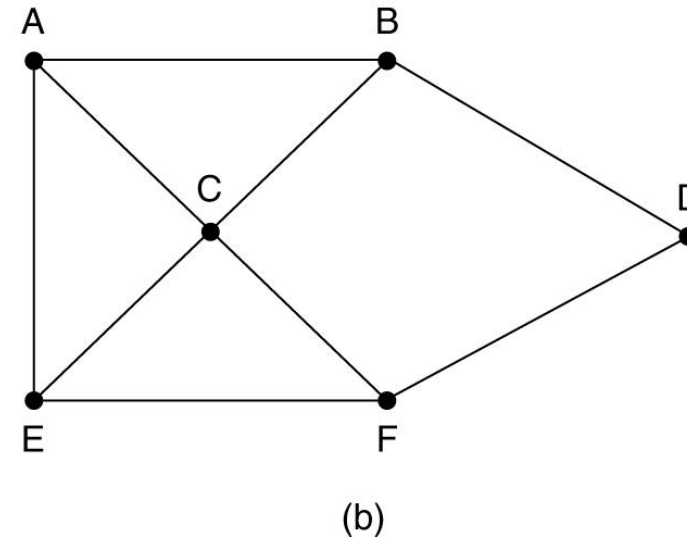
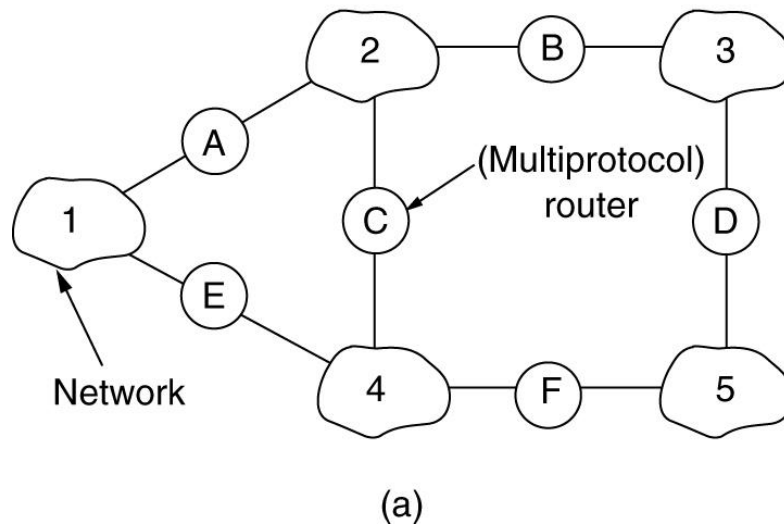
- Problemas que surgen al pasar de una red a otra de tecnología distinta
  - ☐ Paquetes de una red de CVs deben transitar a una red sin conexiones
  - ☐ Con frecuencia se necesitarán conversiones de protocolo.
  - ☐ Se necesitarán conversiones de direcciones.
  - ☐ Diferentes tamaños máximos de paquetes usados por las diferentes redes.

# Aprenderemos

- **Agenda:**

1. Interredes y enfoques para su manejo
2. **Conceptos de enrutamiento de interredes**
  - Para estar preparados para cuando se vea el protocolo de enrutamiento de interred de internet.
3. Fragmentación de paquetes
4. Entunelamiento
5. Información de rutas manejada por protocolos de puerta de enlace exterior (PPEE).
6. Requisitos para los PPEE y tareas de EBSA.
7. Formas en que se pueden relacionar los SA

# Enrutamiento en interredes



- **Grafo de la interred.**

- ❑ los **nodos** son enrutadores multiprotocolo, y
- ❑ un **lado** entre dos enrutadores multiprotocolo significa que esos enrutadores están conectados vía una subred.

# Enrutamiento en interredes

- Una vez construido el grafo de la interred, pueden aplicarse **algoritmos de enrutamiento** al grupo de enrutadores multiprotocolo.
- **Organización del enrutamiento en 2 niveles**
  - ☐ En cada red se utiliza un **protocolo de puerta de enlace interior (IGP)**.
  - ☐ Entre las redes se usa un **protocolo de puerta de enlace exterior (EGP)**.
- **¿Cuántos protocolos distintos pueden usarse en cada nivel?**
  - ☐ La red puede usar diferentes protocolos IGP, pero debe usarse el mismo protocolo EGP.
- Situación en internet:
  - ☐ En internet el EGP se llama BGP (Border Gateway Protocol).
  - ☐ Porque cada red es operada independientemente de las otras se le llama **Sistema autónomo (SA)**.
    - Un proveedor de servicios de internet puede tener uno o más SA.

# Aprenderemos

- **Agenda:**

1. Interredes y enfoques para su manejo
2. Conceptos de enrutamiento de interredes
- 3. Fragmentación de paquetes**
4. Entunelamiento
5. Información de rutas manejada por protocolos de puerta de enlace exterior (PPEE).
6. Requisitos para los PPEE y tareas de EBSA.
7. Formas en que se pueden relacionar los SA

# Fragmentación

- Cada red impone un tamaño máximo a sus paquetes.
  - Las cargas útiles máximas van desde 48 bytes (celdas ATM) hasta 65515 bytes (paquetes IP).
- **Problema:** un paquete grande  $P$  quiere viajar a través de una red cuyo tamaño máximo de paquete es bastante más pequeño que  $P$ .



# Fragmentación

- **Solución:** las puertas de enlace dividen los paquetes en **fragmentos**, enviando cada fragmento como paquete de interred individual.
  - ❑ Las redes tienen el problema de **unir nuevamente los fragmentos**.

# Fragmentación

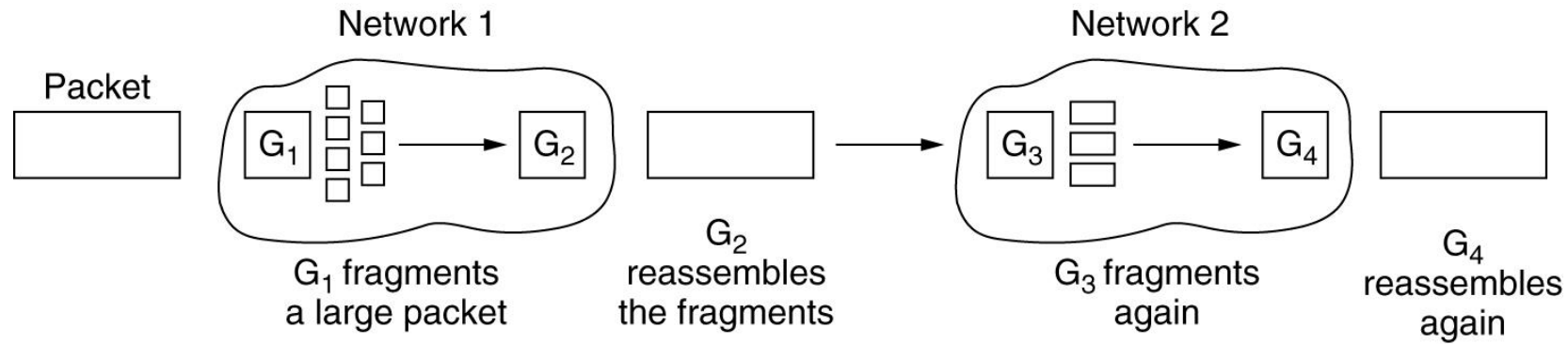
- Existen dos **estrategias** opuestas para re-combinar los fragmentos y recuperar el paquete original:
  - ❑ *Hacer transparente la fragmentación causada por una red de “paquete pequeño”* (a las demás redes subsiguientes por las que debe pasar el paquete para llegar a su destino final).
    - Con este método la red de paquete pequeño tiene puertas de enlace (enrutadores especializados) que interactúan con otras redes.
    - Cuando un paquete de tamaño excesivo llega a una puerta de enlace, esta lo divide en fragmentos.
    - Todos los fragmentos se dirigen a la misma puerta de enlace de salida, donde se re-combinan las piezas.
    - Las redes ATM tienen hardware especial para esta estrategia.

# Fragmentación

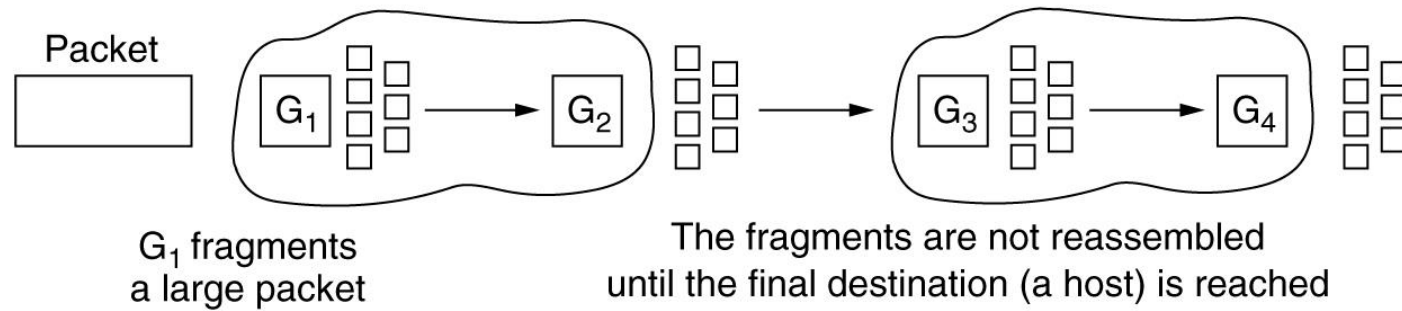
❑ *Abstenerse de recombinar los fragmentos en las puertas de enlace intermedias.*

- Una vez que se ha fragmentado un paquete, cada fragmento se trata como si fuera un paquete original. Todos los paquetes pasan por la puerta de enlace de salida.
- La recombinación ocurre en el host de destino.
- IP funciona de este modo.

# Fragmentación



Transparent – paquetes fragmentados / reensamblados en cada red



No-transparente – fragmentos son reensamblados en el destino

# Fragmentación

- El primer enfoque tiene desventajas:

- ☐ La puerta de enlace de salida debe saber cuándo ha recibido todas las piezas por lo que debe incluirse un **campo de conteo** o un **bit de fin de paquete** en cada paquete.
- ☐ Todos los paquetes deben salir por la misma puerta de enlace;
  - esto puede bajar un poco el desempeño.
- ☐ Hay una sobrecarga para re-ensamblar y volver a fragmentar repetidamente un paquete grande que pasa por varias redes de paquete pequeño.

# Fragmentación

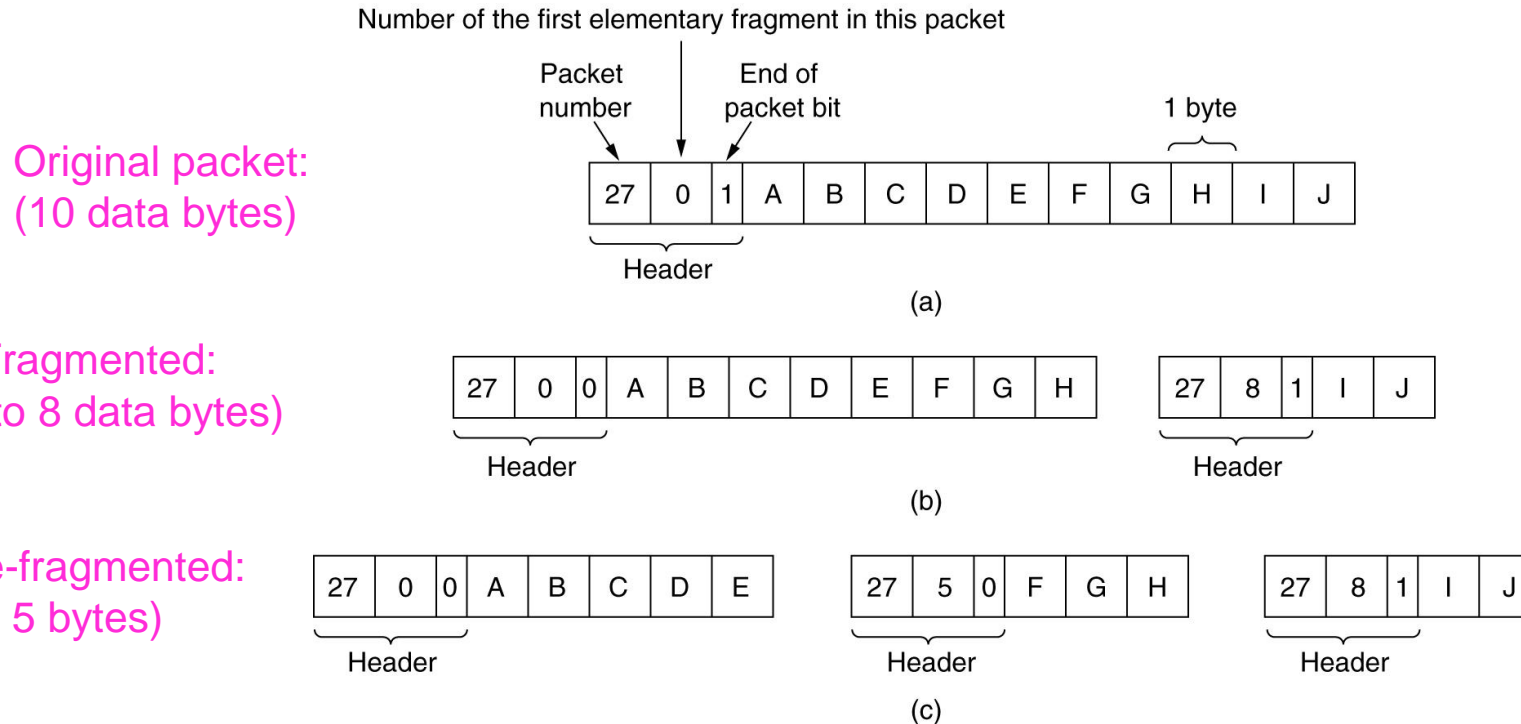
- La fragmentación no transparente tiene algunos problemas:
  - ❑ Requiere que todos los host sean capaces de hacer el re-ensamble.
  - ❑ Al fragmentarse un paquete grande, aumenta la sobrecarga total, pues cada fragmento debe tener un encabezado.

# Fragmentación

- **Esquema de numeración de fragmentos:**

- ❑ El protocolo de interred define un **tamaño de fragmento elemental**.
  - Al fragmentarse un paquete todas las partes son iguales al tamaño de fragmento elemental, excepto la última que puede ser más corta.
- ❑ **Para saber a qué paquete pertenece un fragmento:**
  - Se numera el paquete original
- ❑ **Para referirme a un fragmento puedo poner en el encabezado:**
  - el desplazamiento del bit o byte inicial en el paquete original.
- ❑ **Para saber si vienen más fragmentos:**
  - Poner un bit que indica si el fragmento es el último del paquete original.

# Fragmentación



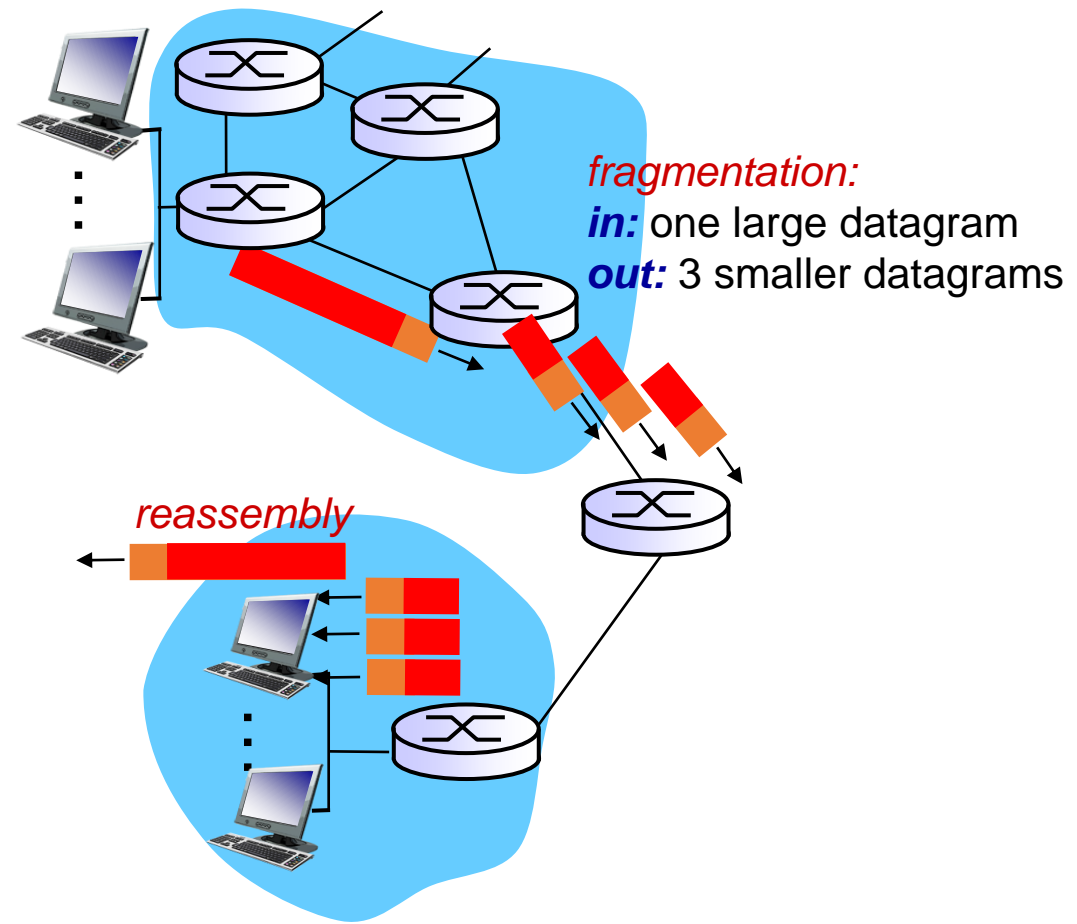
Fragmentación cuando el tamaño de datos elemental es de 1 B.

- (a) Paquete original contiene 10 B de datos.
- (b) Fragmentos luego de pasar por una red con tamaño de paquete máximo de 8 B de datos + encabezado.
- (c) Fragmentos luego de pasar por una red con tamaño máximo de paquete de 5 B de datos + encabezado..



# Fragmentación en IP

- Enlaces de red tienen **MTU** (tamaño máximo de transferencia) corresponde a trama a nivel de capa de enlace más larga posible.
  - Diferentes tipos de enlace tienen diferentes MTU.
- Datagramas IP grandes son **fragmentados** dentro de la red.
  - Un datagrama pasa a ser varios datagramas menores.
  - Ellos son “reensamblados” solamente en el destino final.
  - Bits de encabezados IP son usados para identificar y ordenar fragmentos relacionados.



# Fragmentación en IP

- El campo de **identificación** es necesario para que el host de destino determine a qué datagrama pertenece un fragmento recién llegado.
  - Todos los fragmentos de un datagrama contienen el mismo valor en el campo de identificación.
- **DF** de un bit significa cuando fijado en 1 una orden de no fragmentar (porque el destino es incapaz de juntar las piezas de nuevo).

# Fragmentación en IP

- **MF** es un bit que significa más fragmentos.
  - Todos los fragmentos excepto el último tienen establecido este bit, que es necesario para saber cuándo han llegado todos los fragmentos de un datagrama.
- El **desplazamiento del fragmento** indica en qué parte del datagrama actual va este fragmento.
  - Todos los fragmentos excepto el último del datagrama deben tener un múltiplo de 8 bytes que es la unidad de fragmentación elemental.
  - Dado que se proporcionan 13 bits, puede haber un máximo de 8192 fragmentos por datagrama.

# Fragmentación en IP

## *Ejemplo:*

- ❖ 4000 byte datagram
- ❖ MTU = 1500 bytes

	length	ID	fragflag	offset	
	=4000	=x	=0	=0	

*one large datagram becomes  
several smaller datagrams*

1480 bytes in  
data field

offset =  
 $1480/8$

	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=0	

	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=185	

	length	ID	fragflag	offset	
	=1040	=x	=0	=370	

# Aprenderemos

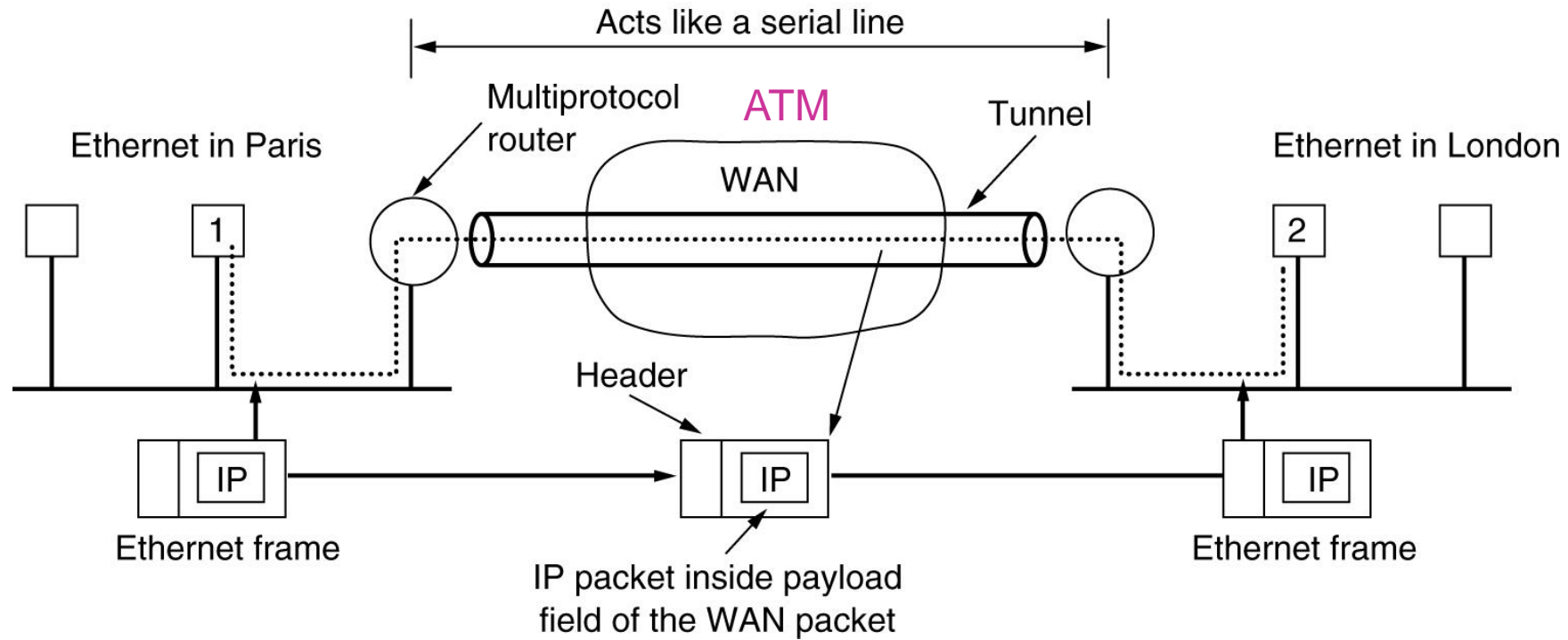
- **Agenda:**

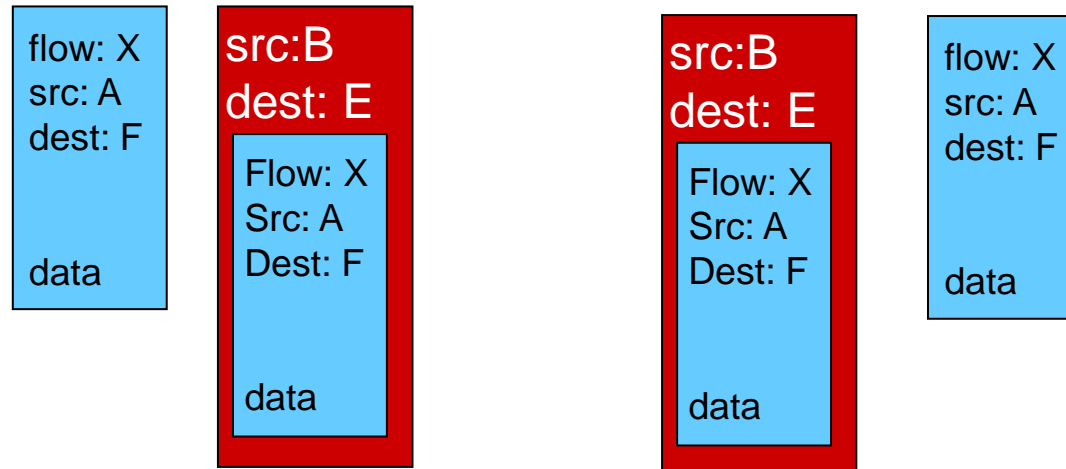
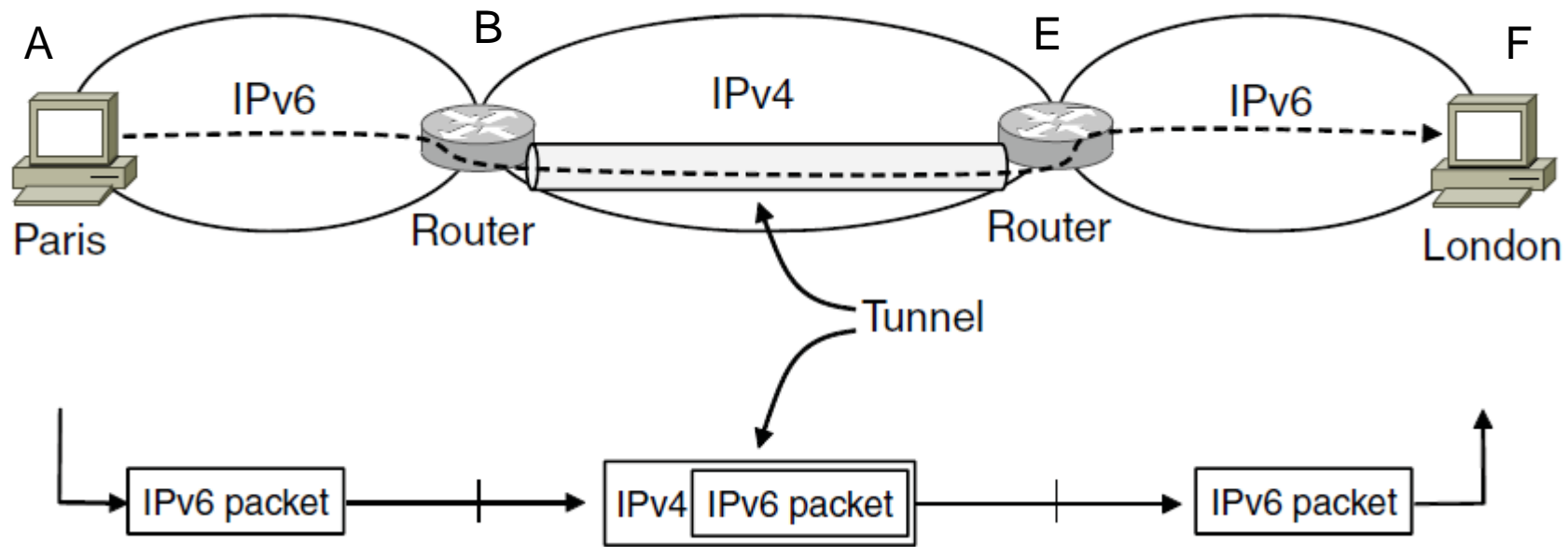
1. Interredes y enfoques para su manejo
2. Conceptos de enrutamiento de interredes
3. Fragmentación de paquetes
- 4. Entunelamiento**
5. Información de rutas manejada por protocolos de puerta de enlace exterior (PPEE).
6. Requisitos para los PPEE y tareas de EBSA.
7. Formas en que se pueden relacionar los SA

# Entunelamiento

- **Problema:** Un host de origen h1 y de destino h2 están en la misma clase de red, pero hay una red diferente en medio.
  - ❑ ¿Cómo hacer para mandar un paquete de h1 a h2?
- **Solución:** Usar **entunelamiento**
  - ❑ Los paquetes son encapsulados en la red del medio usando un encabezado de ésta.

# Entunelamiento





## Entunelamiento

B sabe que tiene que mandar a E porque tiene información de enrutamiento en la interred.



# Aprenderemos

- **Agenda:**

1. Interredes y enfoques para su manejo
2. Conceptos de enrutamiento de interredes
3. Fragmentación de paquetes
4. Entunelamiento
- 5. Información de rutas manejada por protocolos de puerta de enlace exterior (PPEE).**
  - Para deducir qué es una ruta en un PPEE.
6. Requisitos para los PPEE y tareas de EBSA.
7. Formas en que se pueden relacionar los SA

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Repaso:** La internet consiste de un conjunto de redes interconectadas (SA), la mayoría operadas por proveedores de servicio de internet (PSI) privados.
- **Es necesario estudiar protocolos de puerta de enlace exterior (PPEE) porque:**
  - Las tablas de reenvío deben permitir mandar mensajes entre máquinas conectadas a SA diferentes.
    - El PPEE permite agregar información a ser usada con ese fin a las tablas de reenvío de los enrutadores.
  - El enrutamiento de PPEE se preocupa de establecer las rutas a usar (que pasan por diferentes SA) para permitir que se comuniquen máquinas pertenecientes a distintos SA.

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Propósito:** entender por qué es diferente un PPEE a un protocolo intra-SA.
- **Situación:** Para enrutamiento inter SA encontrar un camino óptimo es **imposible en la práctica**.
- **¿Por qué?**
  - Cada SA corre su propio protocolo interno y usa cualquier esquema para asignar métricas a los caminos.
  - Por lo tanto, es **imposible calcular costos de caminos** significativos para caminos que cruzan varios SA.

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Problema:** Como no se puede manejar información de caminos óptimos, ¿qué tipo información sobre rutas manejar?
- **Solución:** El enrutamiento inter-SA permite
  - avisar **alcanzabilidad** de prefijos desde un SA;
  - considerar **caminos formados por SAs** para ir de un origen a un destino.

# Aprenderemos

- **Agenda:**

1. Interredes y enfoques para su manejo
2. Conceptos de enrutamiento de interredes
3. Fragmentación de paquetes
4. Entunelamiento
5. Información de rutas manejada por protocolos de puerta de enlace exterior (PPEE).
- 6. Requisitos para los PPEE y tareas de EBSA.**
7. Formas en que se pueden relacionar los SA

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Requisitos de protocolos de puerta de enlace exterior:**
  - Para el enrutamiento es necesario encontrar algún camino de SAs para el destino deseado que es libre de ciclos.
  - Además los caminos deben respetar las **políticas de los SA** a lo largo del camino.
  - **¿Qué sería una política?**
  - **Reglas** que se refieren a **preferencias** de enrutamiento y a **limitaciones** de enrutamiento.

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- Los PPEE suelen implementarse sobre **enrutadores de borde de sistema autónomos (EBSA)**
- **Tareas que realiza un EBSA:**
  - Tiene que **hacer una elección** de varias rutas a un destino;
  - va a **elegir la mejor** de acuerdo con sus propias políticas locales y esta va a ser la **ruta que avisa**.
  - Le dice a sus vecinos el camino exacto que está usando. para cada destino.

# Aprenderemos

- **Agenda:**

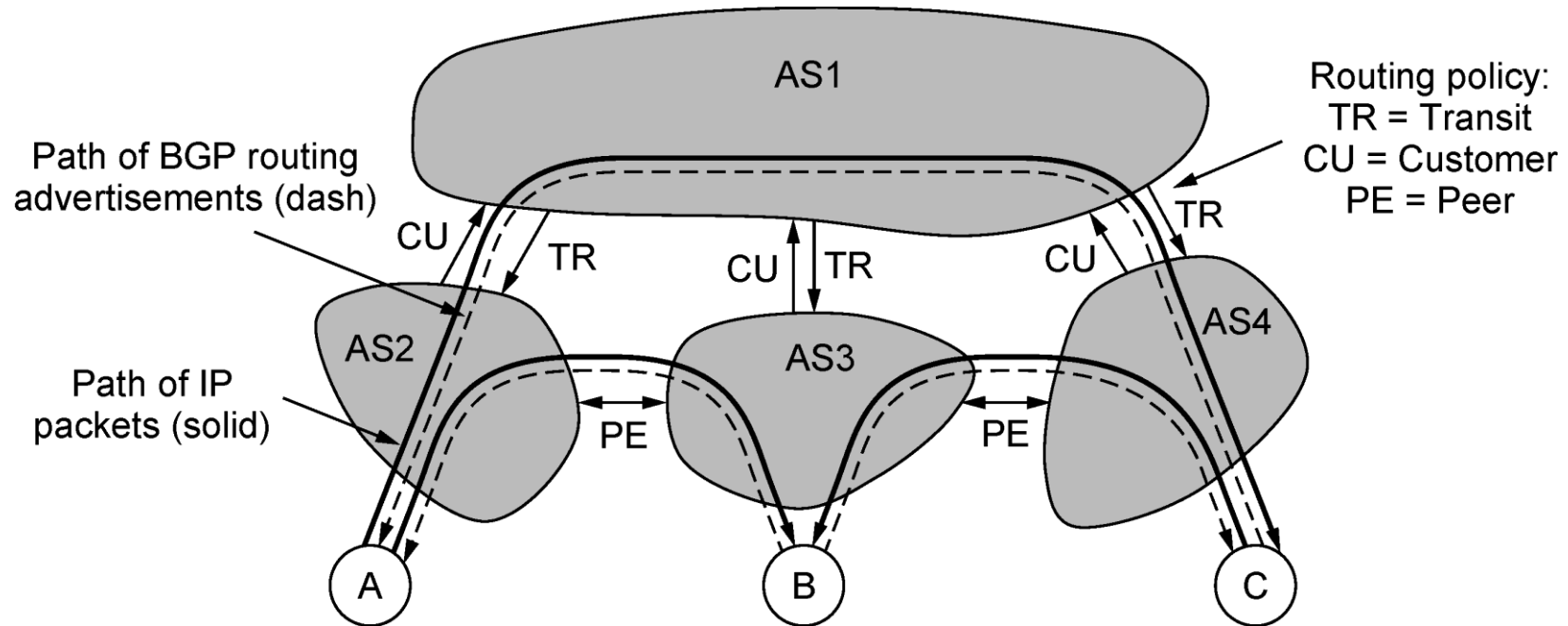
1. Interredes y enfoques para su manejo
2. Conceptos de enrutamiento de interredes
3. Fragmentación de paquetes
4. Entunelamiento
5. Información de rutas manejada por protocolos de puerta de enlace exterior (PPEE).
6. Requisitos para los PPEE y tareas de EBSA.
- 7. Formas en que se pueden relacionar los SA**



# Relaciones entre SA

- **Relación proveedor-consumidor:** Supongamos que tenemos un PSI cliente (o PSI consumidor) y un PSI proveedor.
  - El PSI cliente paga al PSI proveedor para entregar paquetes a otros destinos y recibir paquetes enviados de otros destinos.
  - **¿Qué tipo de rutas publica el PSI proveedor? ¿Y el PSI consumidor?**
    - El **PSI proveedor** debe dar **publicidad de rutas** a todos los destinos en internet al PSI cliente sobre el enlace que los conecta.
      - Así el PSI cliente va a tener rutas para enviar paquetes para todos lados.
    - El **PSI cliente** debe **publicar rutas** a los destinos en su red al **PSI proveedor**.
      - Esto permite al PSI proveedor enviar tráfico al PSI cliente solo para esas direcciones.

# Relaciones entre SA

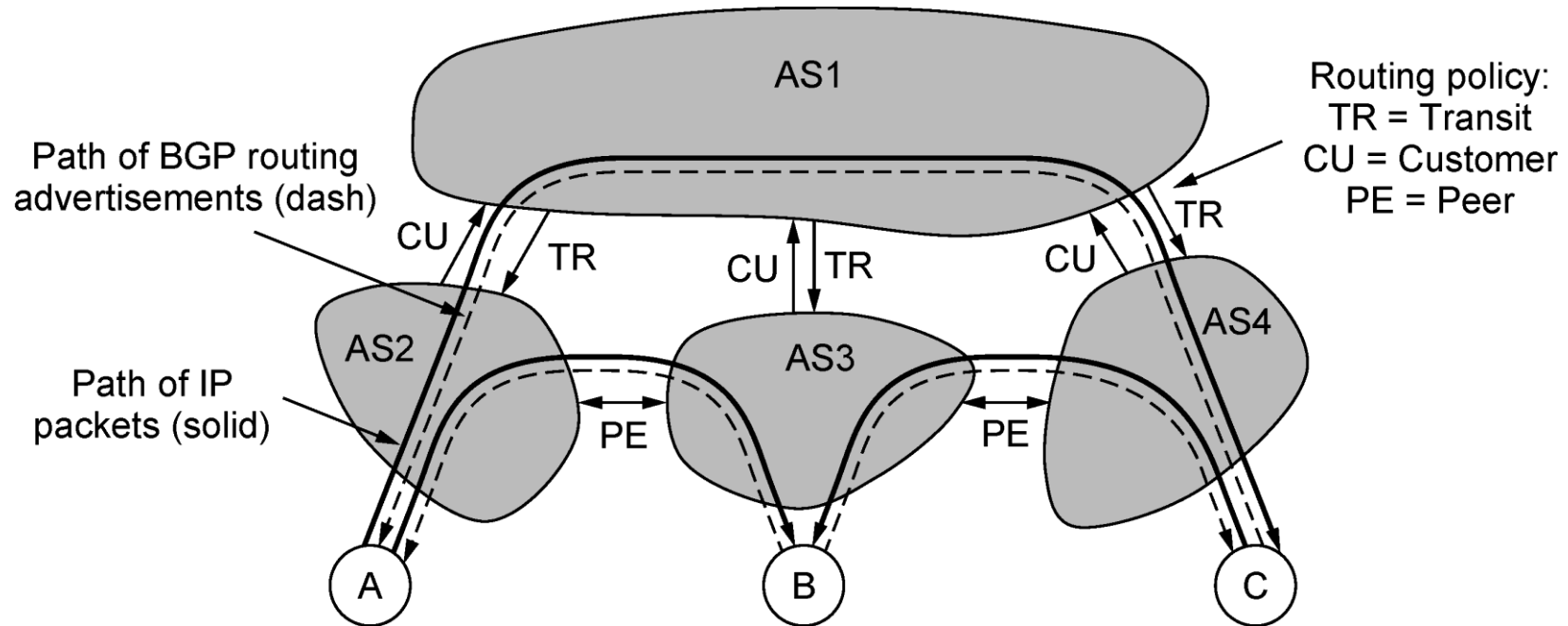


Relación de proveedor-consumidor: entre AS1 y AS2, entre AS1 y AS3, entre AS1 y AS4

# Relaciones entre SA

- **Relación de compañerismo:** los PSI compañeros no se cobran por mandarse mensajes entre sus destinos.
- **¿Qué tipo de rutas publica un PSI a sus compañeros?**
  - Los SA compañeros mandan publicidad de enrutamiento de uno al otro para los destinos que residen en sus redes.
  - **El compañerismo no es transitivo.**

# Relaciones entre SA



Relación de compañerismo: entre AS2 y AS3, entre AS3 y AS4

# Relaciones entre SA

- **Multihoming** significa que un PSI está conectado con varios PSI.
  - Esta técnica es usada para mejorar la confiabilidad, por si el camino por uno de los PSI falla.