

# Informacion y entropia

**Informacion:**  $I(e) = -\log_2 P(e)$  bits

**Entropia de una fuente:**  $H(S) = -\sum_{s \in S} P(s) \cdot \log_2 P_S(s)$

**Entropia bajo equiprobabilidad:**  $H(S) = \log_2 |S|$

**Bit:** Cantidad de información obtenida al especificar una de dos posibles alternativas igualmente probables

**Fuente de memoria nula:** Fuente en la que cada emisión es estadísticamente independiente

## Codigos

Que es un codigo?

- Un alfabeto es un conjunto de símbolos.
- Dado un alfabeto fuente  $\Sigma$ , un código es una correspondencia entre todas las secuencias posibles de símbolos de  $\Sigma$  a secuencias de símbolos de otro alfabeto  $X$  (alfabeto código).
- Muchas veces son utilizados a los efectos de lograr una representación más eficiente de la información (i.e., para eliminar redundancia).

Código bloque y código no singular

Un **código bloque** es aquél que asigna cada símbolo de  $\Sigma$  a una secuencia fija de símbolos de  $X$ :  $C: \Sigma \rightarrow X^*$

Un código  $C$  se dice **no singular** si todas sus palabras son distintas (i.e., si  $C$  es una función inyectiva).

Código instantáneo y código unívocamente decodificable

Un código es **unívocamente decodificable** si ninguna tira de símbolos del alfabeto código admite más de una única decodificación.

- Definición más formal: si su extensión de orden  $n$  es no singular  $\forall n \in \mathbb{N}$ .

Un código es **instantáneo** cuando es posible decodificar las palabras sin necesidad de conocer los símbolos que la suceden.

- Condición necesaria y suficiente: ser **libre de prefijos**, no codificar ningún símbolo como prefijo de otro.

**Teorema:** Código instantáneo  $\Rightarrow$  código unívocamente decodificable

Longitud de código

Dado un código  $C$  sobre una fuente  $S$ , la **longitud media** de  $C$ ,  $L(C)$ , se define como 
$$L(C) = \sum_{s \in S} |C(s)| \cdot P_S(s)$$

Un código se dice **óptimo** si no existe un código para la misma fuente con menor longitud media. En otras palabras, utiliza en promedio el menor número posible de bits para codificar un mensaje.

**Teorema:** Codificación sin pérdida de información  $H(S) \leq L(C)$

Todo código que satisface esto se dice que codifica **sin pérdida de información**.

## Capacidad y teorema de Shannon

La **capacidad**  $C$  de un canal es la velocidad teórica máxima de transmisión, y viene dada por el...

**Teorema de Shannon:**  $C = B \cdot \log_2(1 + \text{SNR})$

- $B$ : Ancho de banda (Hz)
- $\text{SNR}$ : Relación señal-ruido (veces)

## Delay, propagación y transmisión

El **delay** representa el tiempo total que tardamos en enviar información de un punto a otro:  $\text{Delay} = T_{\text{tx}} + T_{\text{prop}}$

- $T_{\text{tx}}$ : tiempo de transmisión =  $| \text{datos} | / V_{\text{tx}}$
- $T_{\text{prop}}$ : tiempo de propagación =  $D / V_{\text{prop}}$

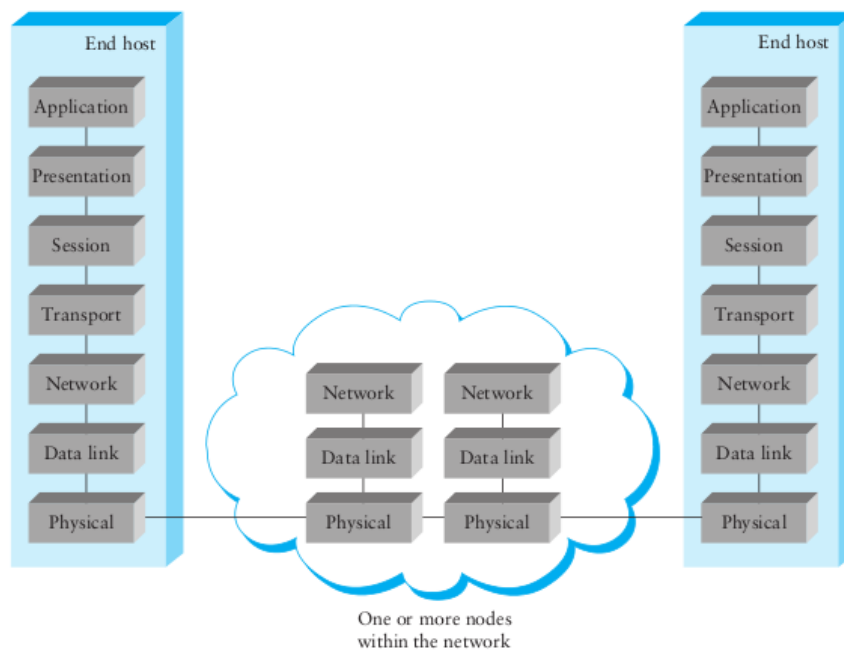
## Capacidad de volumen

La **Capacidad de volumen** la cantidad de bits que entran en el medio desde que se envía el primer bit hasta que éste llega al receptor:  $C_{\text{vol}} = \text{Delay} * V_{\text{tx}}$

# Protocolos punto a punto

## Arquitectura en capas

Las comunicaciones se dan en capas que se brindan servicios entre sí



## Protocolos punto a punto

### Conceptos

- **Caño serial** (no hay desorden)
- **Sujeto a ruido impulsivo** Lo que se recibe puede no ser lo que se envió (error de transmisión)

### Objetivos

- **Framing** - Encapsular los bits en frames agregando información de control - Cómo los codifico/decodifico?
- **Proveer servicio a la capa superior** - ¿Confiable o no confiable?
- **Control de Errores** - ¿Se produjo algún error? ¿Que hacemos con los errores?
- **Control de Flujo** - (Más adelante: en nivel de transporte)

## Framing

### Cómo se separan los frames en un tren de bits consecutivos?

- *Largo fijo*
- *Largo en el encabezado*
- *Delimitadores con bit-stuffing*
- *(Violación de código)*

**Eficiencia de frame:**  $\eta_{frame} = \frac{\text{largo de los datos}}{\text{largo total del frame}}$

**Frames de largo fijo: Probabilidad de error:** La probabilidad de que el frame llegue bien depende del largo del frame.

## Detección y Corrección de errores

- *Bit de paridad*
- *CRC*
- *Checksum*
- *Hamming*
- *Reed-Solomon*
- *MD5*

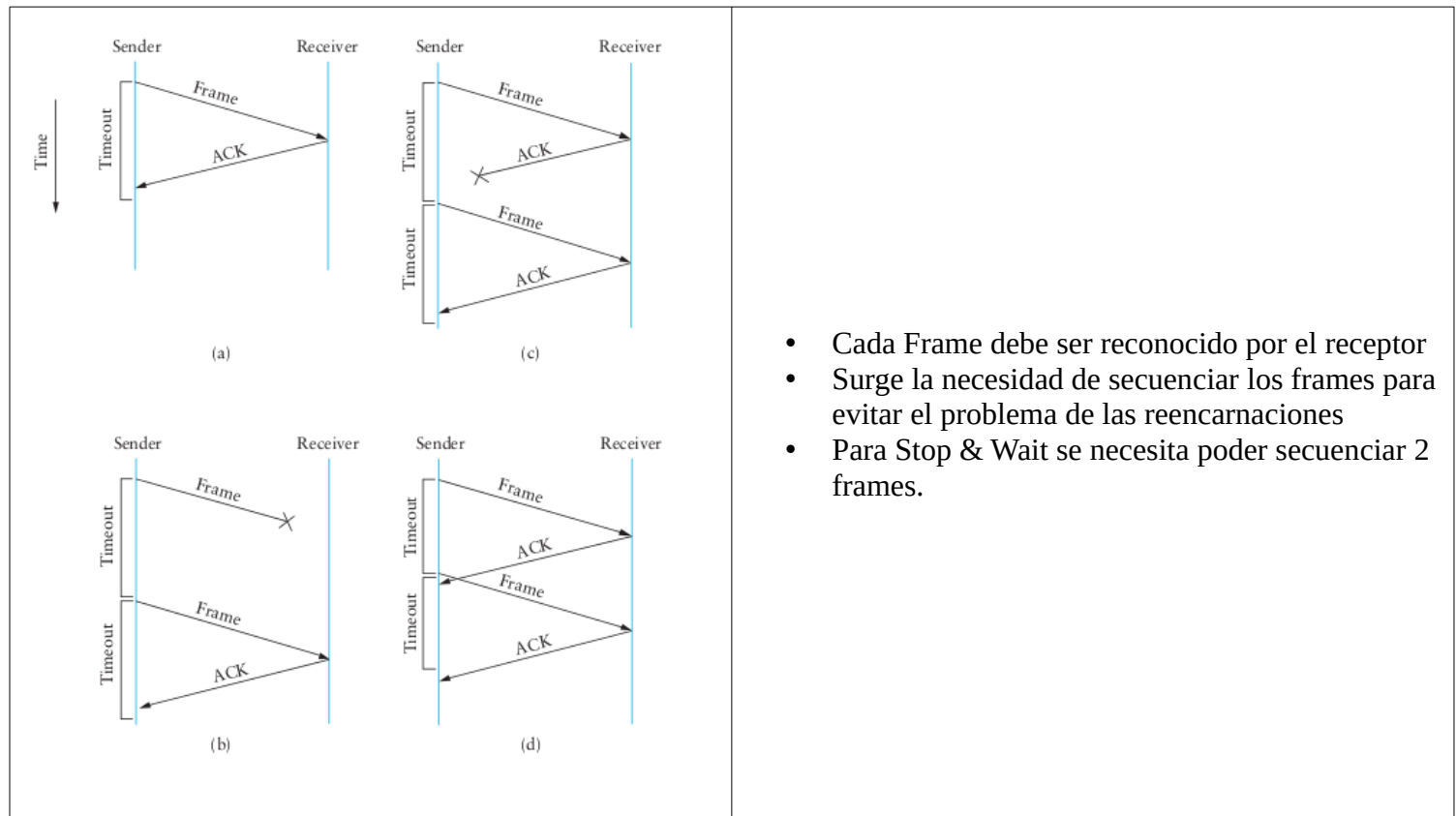
## Retransmisiones

- *Explícitas* (mensajes de control específicos para pedir un datos nuevamente)
- *Implícitas* (cuando ocurre un time-out se asume que el dato se perdió)

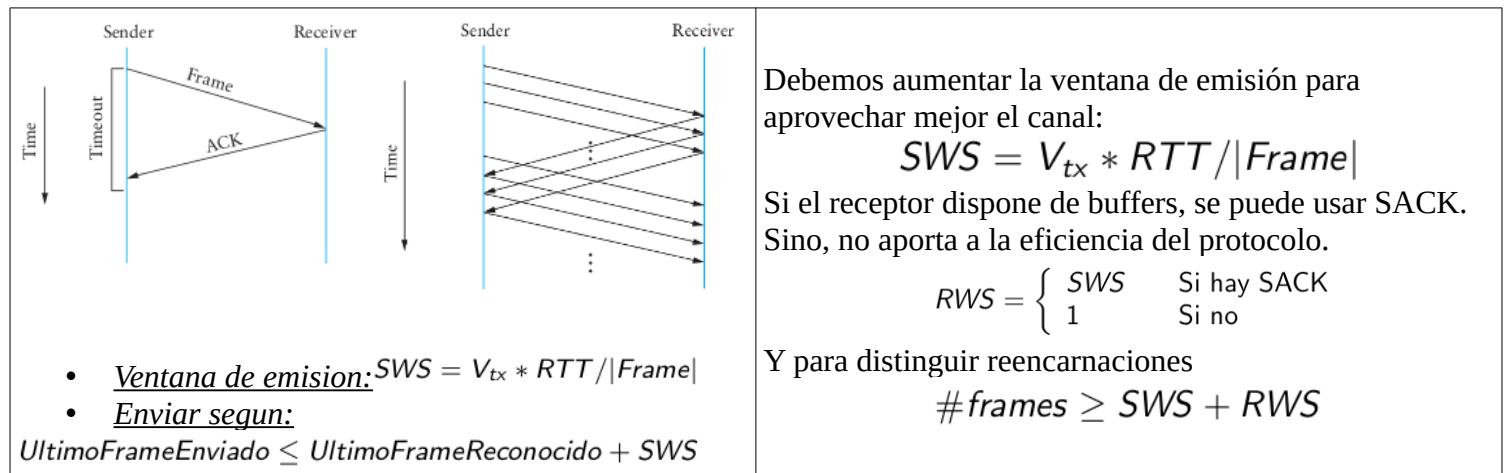
## Tipos de servicio

- *Sin conexión y sin reconocimiento:* Los datos se envían sin necesidad de saber si llegan bien.
- *Sin conexión y con reconocimiento:* Los datos se envían y se asegura la correcta recepción mediante el aviso explícito (ACKs)
- *Orientado a conexión:* Además de asegurar la correcta recepción de los datos. Se mantiene un estado de conexión (una sesión)

## Transmission confiable: Stop and wait



## Transmisión confiable: Sliding Window



## Eficiencia

¿Cuánto tiempo se está transmitiendo con respecto al tiempo bloqueado esperando?

$$Eficiencia = \frac{T_{tx}(V)}{RTT(F)}$$

Con  $T_{tx}(V)$  el tiempo de transmisión de una ventana y  $RTT(F)$  el tiempo de ida y vuelta de un frame.

*Aumentar la eficiencia es estar bloqueado lo menos posible.*

## Medios Compartidos

**Acceso Compartido:** Un medio físico para varios hosts

**Ethernet**

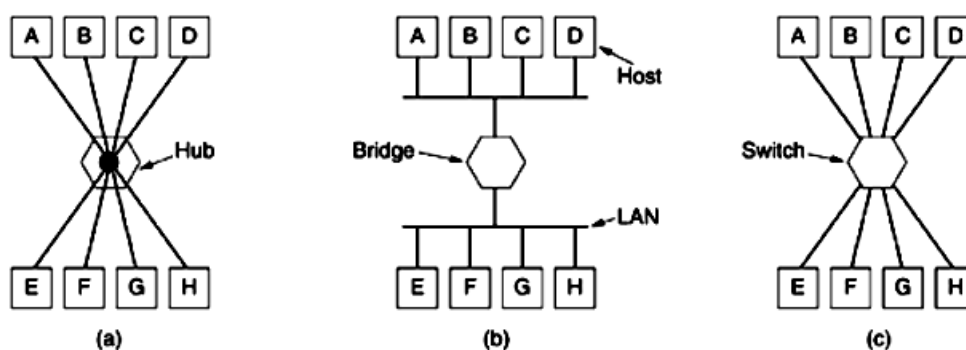
- IEEE 802.3
- Formato de frame
- CSMA/CD
- Exponential backoff

## Learning Bridge y Spanning Tree Protocol (STP)

- Formato BPDU
- Algoritmos

## LAN

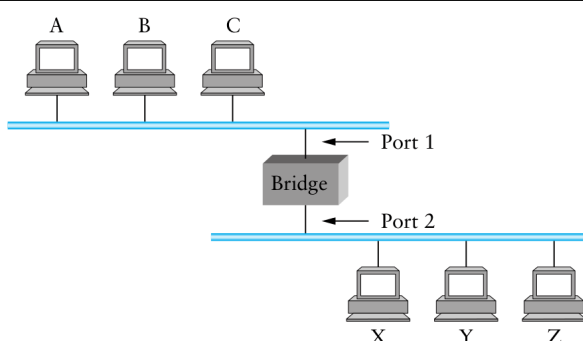
- Conectar enlaces por razones de: heterogeneidad, distancia, aislamiento, redundancia, seguridad, eficiencia, escalabilidad.
- Distintos tipos de multiplexores. Se pueden caracterizar por la capa o nivel en que trabajan.
  - Físico: Repetidores y hubs.
  - Enlace: Bridges y switches.
  - Red: Routers. Gateways?



**Definición:** Conjunto de estaciones que comparten dominio de broadcast.

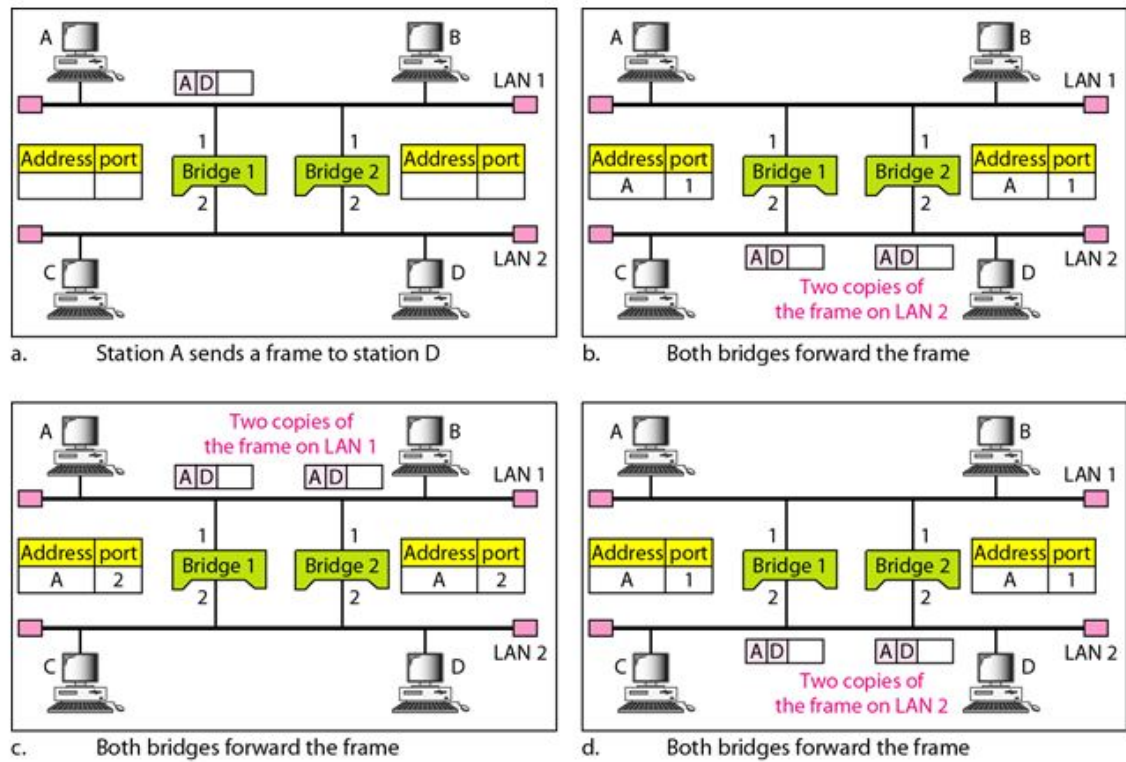
## Learning bridge

Los switches aprenden =>  
Relacionan direcciones (i.e.: MAC) con interfaz en función del tráfico en la LAN.



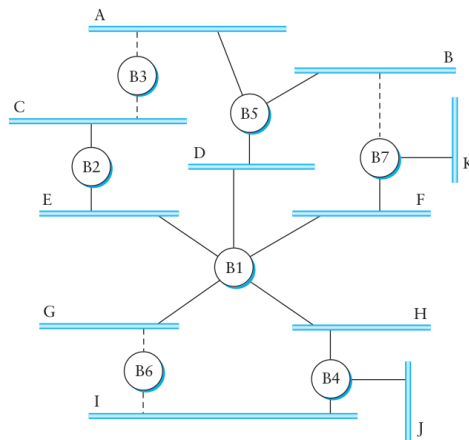
Host	Port
A	1
B	1
C	1
X	2
Y	2
Z	2

## Topologias con ciclos

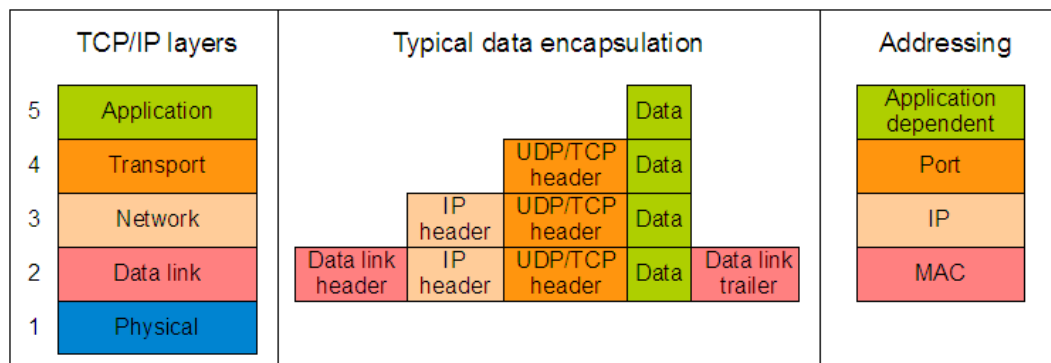


## Spanning tree protocol

Sacar ciclos

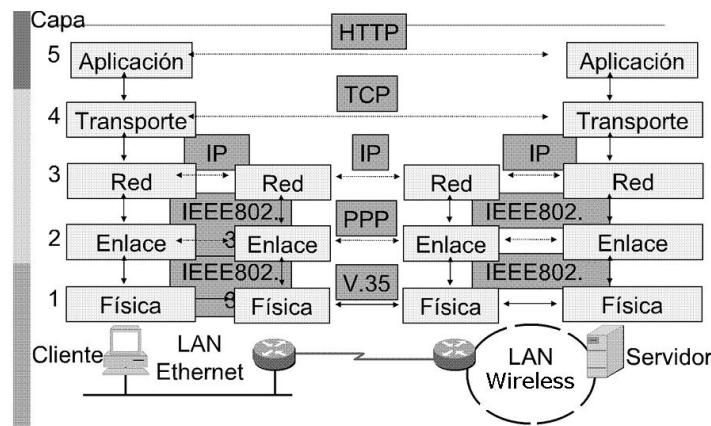


## Internetworking

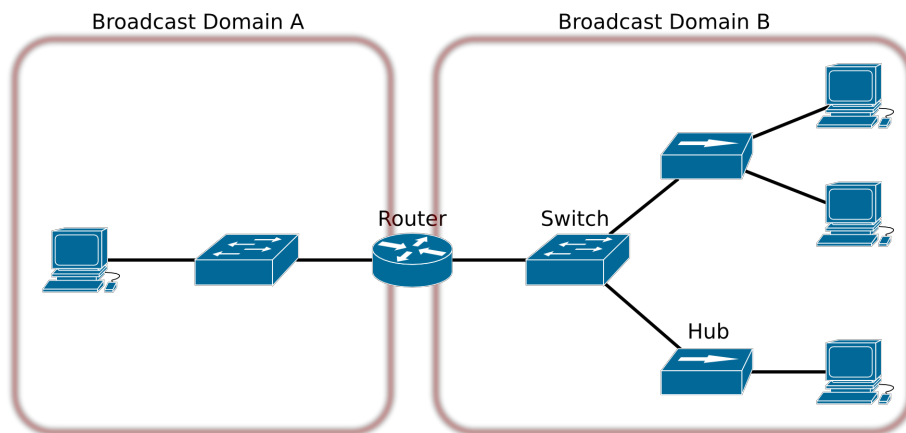


# Capas, encapsulamiento y direccionamiento

Ejemplo: acceso a servidor web



## Internetworking



### Problemas cuando se conectan redes

- Heterogeneidad
  - Los usuarios de un tipo de red quieren ser capaces de comunicarse con usuarios de otro tipo de redes.
  - Establecer conectividad entre hosts de dos redes diferentes puede requerir atravesar varias otras redes intermedias, cada una de las cuales puede ser a su vez de otro tipo.
- Escalabilidad
  - Ruteo: ¿Cómo podemos encontrar un camino eficiente a través de una red con millones o quizás billones de nodos?
  - Direccionamiento: Es la tarea de proveer identificadores adecuados para todos esos nodos.

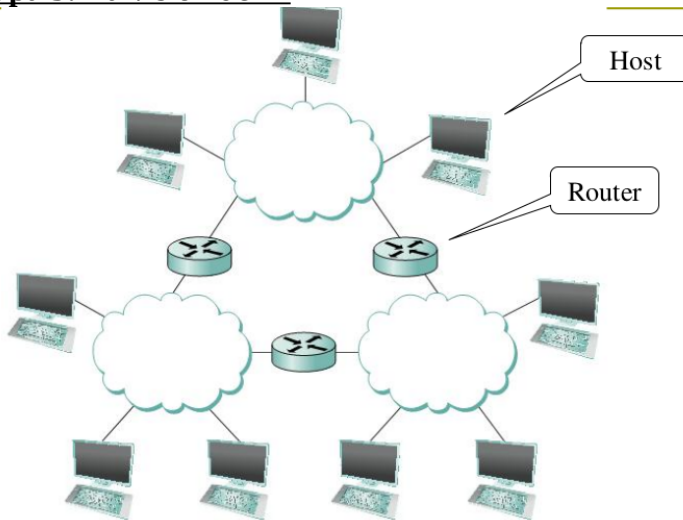
### Modelo de servicio de IP

- Sin conexión (basado en datagramas).
- Best-effort delivery “mejor esfuerzo” (servicio no confiable):
  - Los paquetes se pierden.
  - Los paquetes pueden ser entregados fuera de orden al destino.
  - Los paquetes se pueden retrasar por un tiempo largo en la red.
- Similar al envío de mensajes de texto o SMS.

- Define un esquema de direccionamiento global (las direcciones IP son globalmente únicas en la red).

## Modelo de capas para IP

### Capa 3: La vision de IP



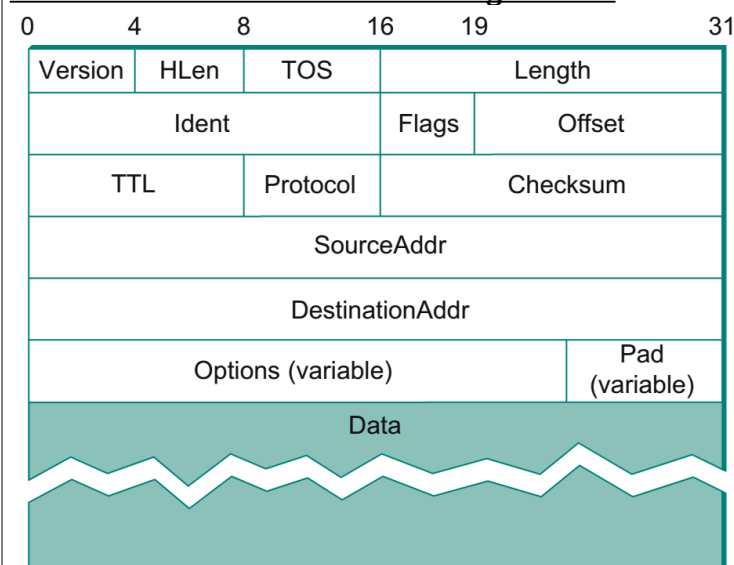
### Situación de los protocolos de Internet en el modelo de capas

- El protocolo IP (a nivel de red) es el ‘pegamento’ que mantiene unida la Internet.
- Es capaz de funcionar sobre una gran diversidad de protocolos a nivel de enlace y de medios físicos.
- Un slogan popular en las reuniones de Internet es ‘IP over everything’ indicando la flexibilidad de IP que se adapta a cualquier medio físico y protocolo del nivel de enlace.

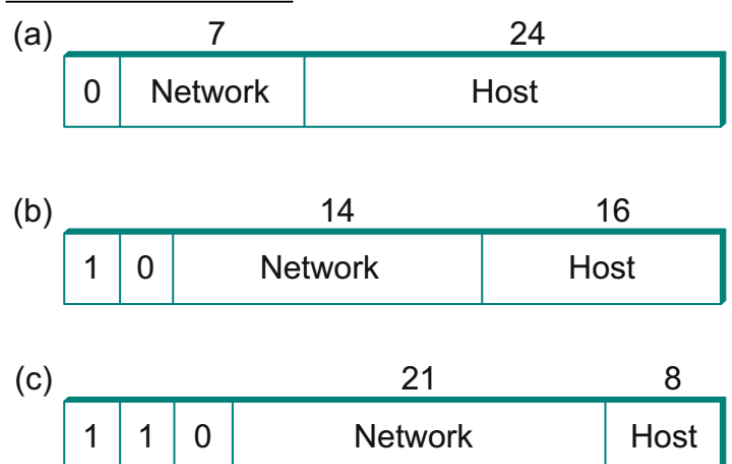
## Direcciones IP

- Cada host y router en Internet tiene al menos una dirección IP.
- En realidad las direcciones se asignan a las interfaces. Por ejemplo, si un host tiene varias interfaces (host „multihomed“) cada una tendrá una dirección IP.
- Las direcciones IP tienen una longitud de 4 bytes (32 bits) y se suelen representar como cuatro números decimales separados por puntos (notación dot), ej.: 147.156.135.22
- En principio cada uno de los cuatro bytes puede tener cualquier número entre 0 y 255, aunque algunas direcciones están reservadas.
- Son globalmente únicas y jerárquicas

### Ubicación de direcciones en el datagrama IP

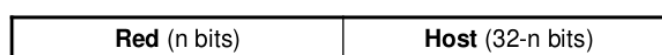


### Clases de direcciones



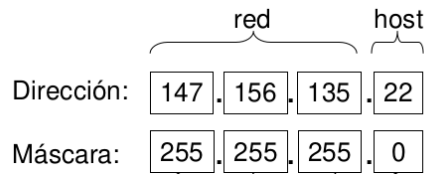
## Direcciones y mascarar

- Los hosts y routers interpretan las direcciones IP separándolas en dos partes, la de red y la de host:





- La longitud de cada parte se indica mediante un parámetro denominado máscara de red.
- La máscara tiene también una longitud de 32 bits y está formada por un conjunto de unos seguido de ceros. Los unos indican la parte red.
- Como la dirección IP, la máscara se expresa mediante cuatro números decimales separados por puntos, ej.: 255.255.255.0
- Al configurar la dirección IP de una interfaz hay que especificar la máscara utilizada. Por ejemplo:



Esta interfaz está en una red con 256 direcciones, desde la 147.156.135.0 hasta la 147.156.135.255

## Uso de la primera y ultima direcciones de red

Cuando tenemos una red, por ejemplo la 40.40.25.0 con máscara 255.255.255.0:

- La primera dirección posible (40.40.25.0) identifica la red.
- La última dirección posible (40.40.25.255) es la de broadcast en esa red.
- El rango asignable en este caso sería desde 40.40.25.1 hasta 40.40.25.254.
- No se puede asignar a una interfaz ni la primera ni la última direcciones de cada red.

## Asignación de dirección IP a un host

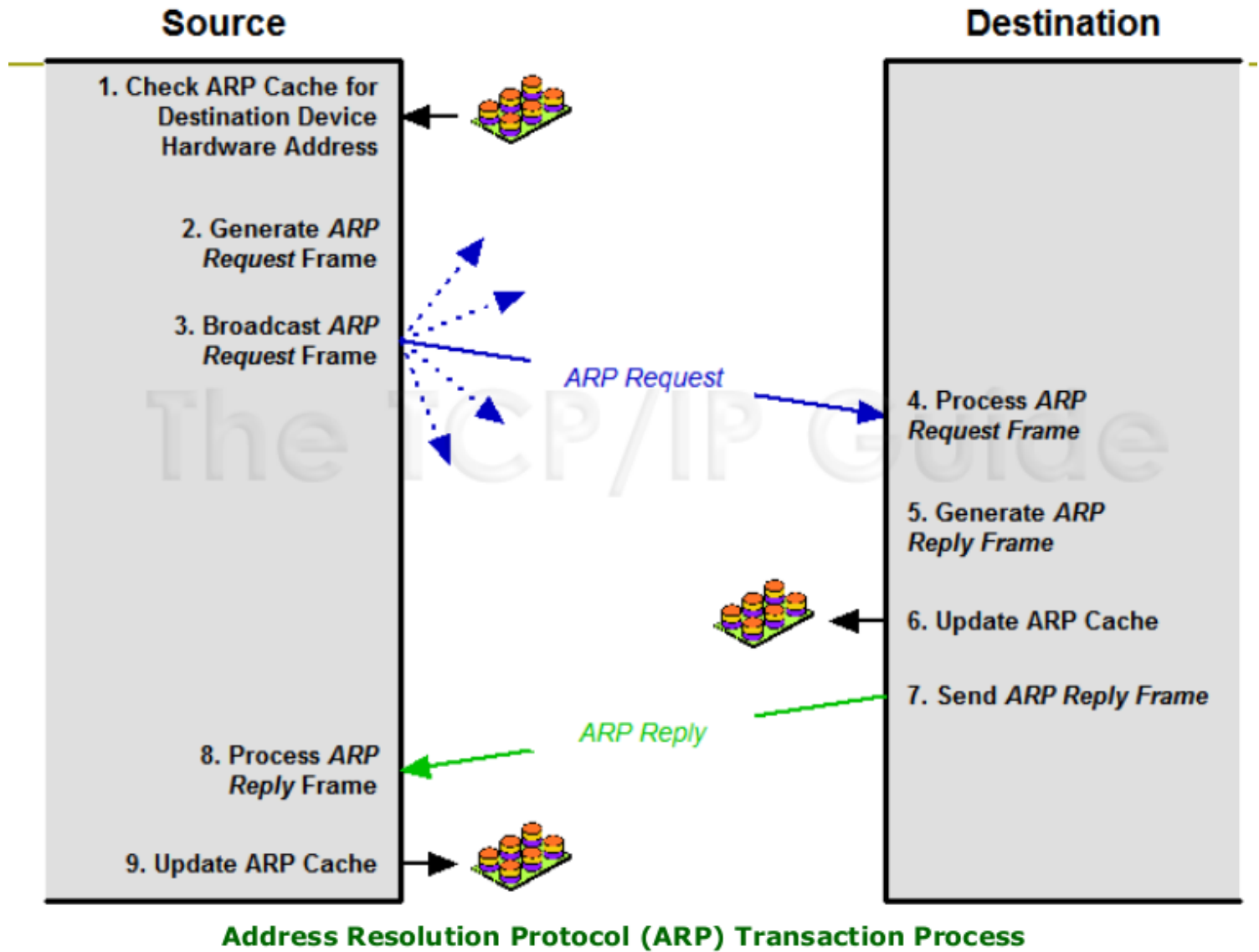
La asignación de direcciones y máscaras puede hacerse:

- Por configuración manual en el propio equipo.
- Automáticamente, mediante un protocolo de asignación de direcciones desde un servidor: típicamente DHCP.

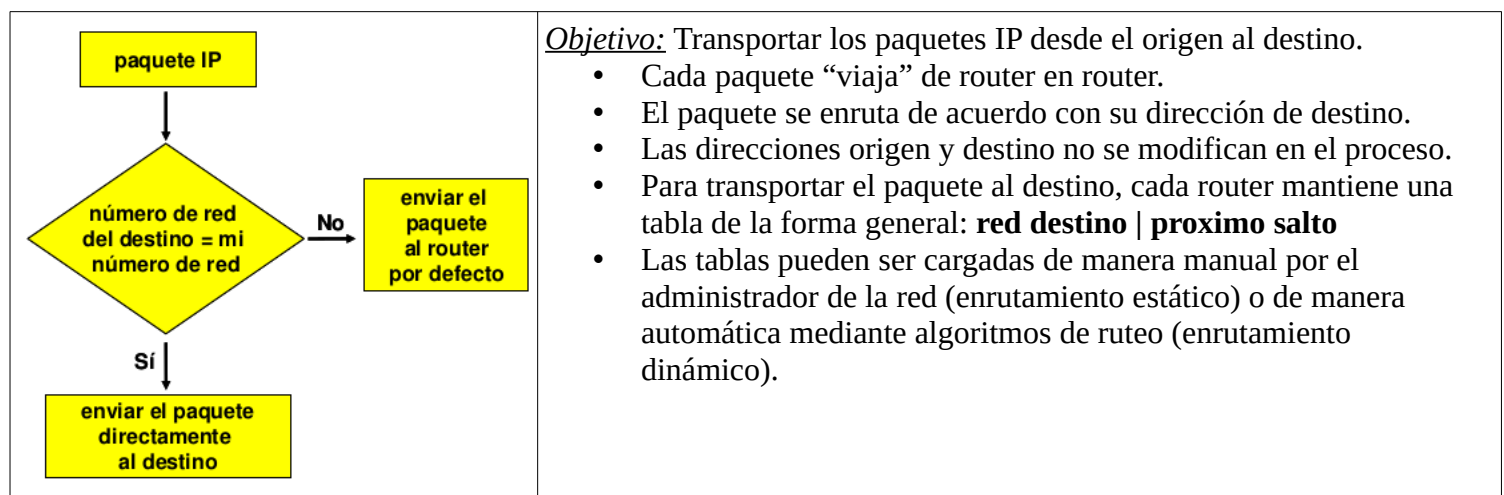
Normalmente le asignamos además al host un router por defecto („puerta de enlace predeterminada“ o „default gateway“). No es obligatorio.

## Enrutamiento en un host

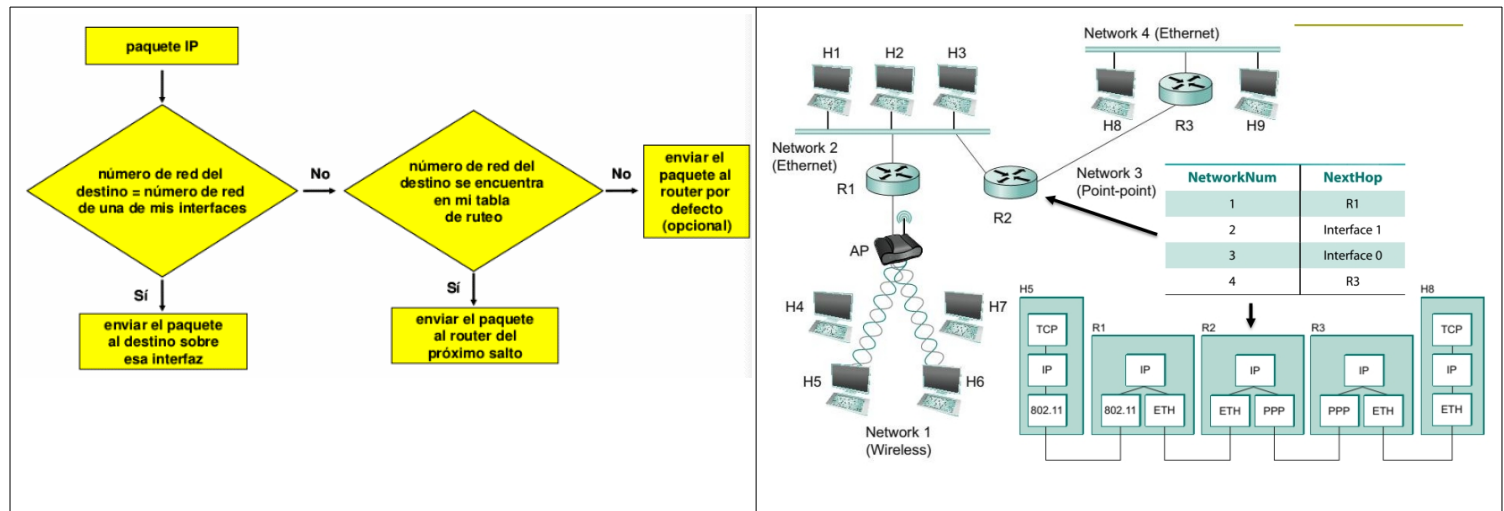
Desde el punto de vista de un host el mundo se divide en dos partes: sus vecinos (los que tienen la misma dirección de red) y el resto del mundo. Con sus vecinos habla directamente, con los demás lo hace a través del router.



## Enrutamiento en un host



## Enrutamiento en la red



## Notacion

Network	Next hop	<u>Network (Red):</u> Red destino  <u>Next hop (Proximo salto):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interface de salida, si la red destino se encuentra directamente conectada a esta interface, o</li> <li>Direccion IP del proximo salto, si la red destino es una red remota</li> </ul>
172.16.5.0/24	IF 0/1	
10.4.2.0/27	IF 0/0	
192.168.2.0/26	10.4.2.25	
Default	10.4.2.25	