

Direcciones IP



- Problemas debidos al crecimiento de Internet:
 - Prácticamente todas las @IP de clase B han sido asignadas (son las que permiten más hosts por red y las que más se piden).
 - Los routers que conectan sistemas autónomos han visto crecer sus tablas de encaminamiento enormemente...

• Departamento
• Arquitectura
• Computadores
U P C

J.C. Cruellas Grupo de Aplicaciones Telemáticas

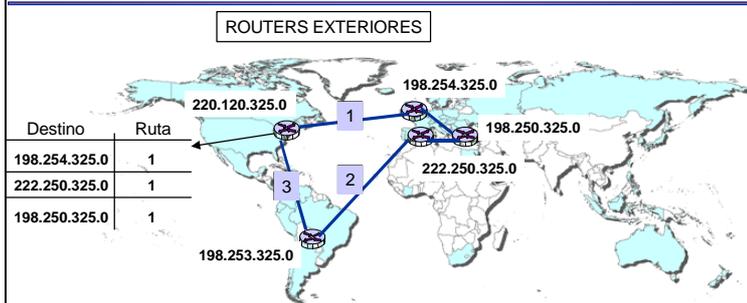
Classless Interdomain Routing

- Para resolver el problema:
 - Asignar direcciones con criterios geográficos (@IP contiguas deberían corresponder a sistemas próximos geográficamente para que los datagramas viajaran por las mismas rutas y reducir tamaños de tablas de encaminamiento).
 - RFC 1466: @IP clase C para Europa, 194.0.0.0 a 195.255.255.255 (65536 redes) (0xc2000000 a 0xc3ffffff). 65536 id de redes clase C con 7 bits de mayor peso idénticos.
 - Routers de fuera de Europa una simple entrada con la @IP 0xc2000000 y la máscara a 254.0.0.0 permite identificar y decidir el encaminamiento para todas las 194.x.x.x y 195.x.x.x .

• Departamento
• Arquitectura
• Computadores
U P C

J.C. Cruellas Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Sin reserva contigua



Copyright © GTE Internetworking 1999. All rights reserved. #14444444
3 Van de Graaff Drive P.O. Box 3073 Burlington, MA 0 1803
800.472.4565 Web: http://www.bbn.com E-mail: net-info@bbn.com

• Departamento
• Arquitectura
• Computadores
U P C

J.C. Cruellas Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Con reserva contigua y CIDR

Destino	Mascara	Ruta
194.0.0.0	254.0.0.0	1

Copyright © GTE Internetworking 1999. All rights reserved. 3 Van de Graaf Drive P.O. Box 3073 Burlington, MA 01803 800-472-4565 Web: http://www.bbn.com E-mail: net-info@bbn.com

● ● Departamento
 ● ● Arquitectura
 ● ● Computadores
 U P C

J.C. Cruellas

 Grupo de Aplicaciones Telemáticas
 GTE Internetworking Country Served

Classless Interdomain Routing

- Hacer que los routers exteriores de los sistemas autónomos gestionen las direcciones IP IGNORANDO LA CLASIFICACIÓN EN CLASES (CIDR)!!
 - Para ellos, una @IP NO tiene clase, esto es, puede tener un número arbitrario de bits dedicados a identificar la red y el resto a identificar el host.
 - En las @IP que originalmente eran de clase C, los bits de netid son MENOS que los dedicados inicialmente (SUPERNETTING): se aglutinan en una sola entrada de la tabla de encaminamiento VARIAS REDES.
 - Ello reduce el número de entradas en las tablas de encaminamiento de los routers exteriores de los AS.

● ● Departamento
 ● ● Arquitectura
 ● ● Computadores
 U P C

J.C. Cruellas

 Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Classless Interdomain Routing

- Tomar decisiones de encaminamiento en base a una estructura plana de las @IP (¡esto es, sin considerarlas de ninguna clase!) más una información de máscara APLICABLE A LOS 32 BITS (Classless Interdomain Routing: encaminamiento sin clase entre dominios).
- Decisiones en base a cual es la entrada con la que la @IP destino del datagrama tiene mayor número de bits coincidentes (una vez hecha la operación AND con la máscara de red de la entrada).

● ● Departamento
 ● ● Arquitectura
 ● ● Computadores
 U P C

J.C. Cruellas

 Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Internet Control Message Protocol (ICMP)

- Definido en la RFC 792
- Se usa para que **host destinatarios** de datagramas y **routers**, comuniquen errores de procesado en dichos datagramas a los **hosts que los generaron**.
- ¡NO HACE AL IP FIABLE!: los mensajes ICMP se introducen en nuevos datagramas que gestiona el nivel IP de las máquinas del camino de vuelta (su entrega NO está garantizada).
- Resumen: IP no garantiza que un datagrama llegará a su destino, NI que un hipotético mensaje ICMP notificando un error de procesado de éste, llegue al host que lo generó.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Principios del ICMP

- Para evitar generación de mensajes de error sobre mensajes de error, el fallo en el procesado de un mensaje ICMP NO desencadena la creación de un nuevo mensaje ICMP.
- Solo los fallos en el procesado de los fragmentos 0 de un datagrama fragmentado conducen a la creación de un mensaje ICMP.
- Algunos de los mensajes incorporan en sus contenidos parte de los datagramas en respuesta de cuyos fallos de procesado se generan.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Principios del ICMP

- La reacción ante la llegada de un mensaje ICMP depende del usuario del nivel IP del host remitente del datagrama cuyo fallo de procesado origina la creación de dicho mensaje.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Mensajes del ICMP

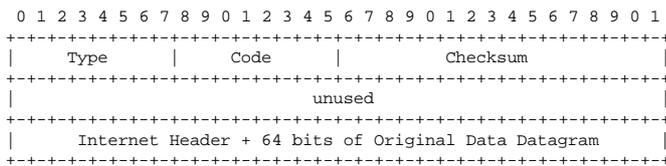
- Algunos mensajes del protocolo y sus formatos:
 - Destino inalcanzable ←
 - Tiempo de vida excedido ←
 - Redireccionar datagrama
 - Solicitud de mensaje de eco ←
 - Timestamp

• Departamento
• Arquitectura
• Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Destino inalcanzable



- Los primeros 32 bits son comunes a todos los mensajes ICMP. Permiten:
 - Discernir los tipos de mensajes (campo type)
 - El código de cada tipo (describe específicamente el error del que está informando este mensaje)

• Departamento
• Arquitectura
• Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Destino inalcanzable

- Asegurar todo el mensaje con el checksum
- Los segundos 32 bits no se usan.
- El mensaje ICMP acaba con:
 - el header del datagrama cuyo fallo de procesamiento lo originó y
 - los primeros 64 bits del contenido de dicho datagrama para relacionar el datagrama original con el proceso usuario de IP (si usa un puerto, su número aparece en esos 64 bits).

• Departamento
• Arquitectura
• Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Destino inalcanzable

- Para este mensaje el tipo es 3.
- Este mensaje se genera cuando no se puede llegar a:
 - La red en la que está el host destino (se da cuenta un router). Código 0
 - Al host destino (se da cuenta el router de la red del host). Código 1
 - Al protocolo destinatario del contenido del datagrama llegado al IP del host destinatario. Código 2
 - Al puerto destinatario del contenido del datagrama llegado al IP del host destinatario. Código 3

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Destino inalcanzable

- Cuando un router debe fragmentar el datagrama pero no puede por el valor del flag DF. Código 4 (Importante en el protocolo para descubrir el "Path MTU")
- Cuando un router no puede enviar el datagrama a otro router ajustándose a la ruta especificada desde el IP del host originador del datagrama. Código 5

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Tiempo de vida excedido

- Formato de mensaje idéntico al anterior.
- Tipo de mensaje: 11
- Se produce cuando:
 - Un router encuentra el campo TTL de un datagrama a 0. Código 0.
 - En el host destinatario ha transcurrido un tiempo determinado desde la llegada de un fragmento correspondiente a un datagrama y todavía NO ha recibido todos los fragmentos necesarios para reensamblarlo, SI ha recibido el fragmento 0. Si uno de los fragmentos que faltan es el 0, NO se genera.
- **¡Uso: en el programa traceroute!**

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Petición de eco y respuesta

- Una máquina solicita mediante este mensaje que otra le conteste (respuesta al eco).
- En la petición viajan unos datos que el que contesta añade al mensaje respuesta.

```

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|  Type      |      Code      |      Checksum      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      Identifier      |      Sequence Number      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      Data ...      |
+-----+-----+
    
```

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Petición de eco y respuesta

- Tipo = 8
- Código 8 para la petición de eco. Código 0 para la respuesta a la petición.
- Identificador y número de secuencia, usados para asociar peticiones y respuestas.
 - El identificador podría identificar una sesión (de la misma forma que un puerto en TCP o UDP)
 - El número de secuencia se incrementa con cada petición enviada e identifica a la petición dentro del conjunto.
- Usado en el ping.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa Ping

- Programa que genera y envía mensajes ICMP “echo request” cada cierto tiempo (las versiones iniciales cada segundo).
- Hoy en día integrado en el kernel de las implementaciones TCP/IP.
- En UNIX, ping coloca en el campo “identifier” el identificador del proceso.
- Posibilidad de enviar datos en el mensaje.
- Versiones últimas del programa reciben las respuestas y generan estadísticas.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa Ping

- Si al ejecutar el ping desde una máquina se reciben respuestas, se está seguro de que:
 - El software IP de la propia máquina funciona correctamente.
 - Los routers intermedios están operando y encaminan correctamente los datagramas.
 - El software IP e ICMP en destino funcionan correctamente.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa traceroute

- Programa para inspeccionar la ruta que siguen los datagramas en su tránsito por las redes.
- Principios de diseño:
 - El programa envía un datagrama con un TTL = 1.
 - Cuando este datagrama llega al primer router, éste decrementa el TTL a 0 y ENVÍA AL HOST un mensaje ICMP Tiempo Excedido. ¡¡¡En la cabecera IP que contiene el mensaje ICMP aparece la @IP del router!!!.
 - Cuando se recibe el datagrama con el ICMP, traceroute extrae esta @IP del datagrama.
 - Traceroute envía un datagrama con un TTL = 2.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa traceroute

- El segundo datagrama llega al primer router, quien decrementa su TTL a 1 y lo envía al segundo router. Este decrementa el TTL a 0 y envía el correspondiente ICMP dentro de un datagrama.
- El programa recoge la @IP del segundo router.
- El programa sigue enviando sucesivamente datagramas con valores crecientes de TTL y va obteniendo las @IP de los routers que van atravesando los datagramas en su avance hacia el destino final.

• • Departamento
• • Arquitectura
• • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa traceroute

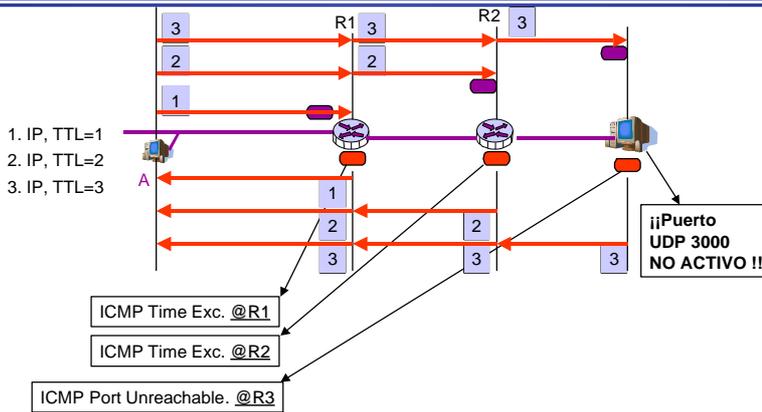
- PARA ACABAR: finalmente un datagrama llega al host destinatario. Traceroute ha colocado en el datagrama IP datagramas UDP enviados a un puerto que es seguro no va a existir en destino (>3000 pe). El host destinatario envía entonces un mensaje ICMP de "Port Unreachable".
- Cuando traceroute recibe este mensaje, sabe que el datagrama que envió llegó al host destino y finaliza el envío de datagramas.
- Comentarios:
 - Los datagramas sucesivos PUEDEN SEGUIR RUTAS DISTINTAS.
 - Los mensajes ICMP PUEDEN LLEGAR POR RUTAS DISTINTAS.

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa Traceroute

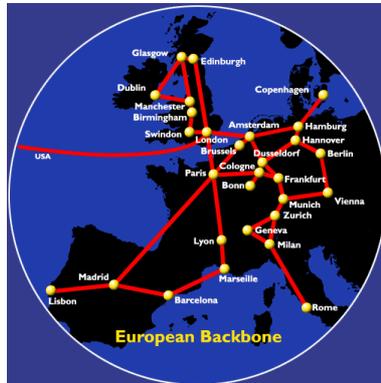
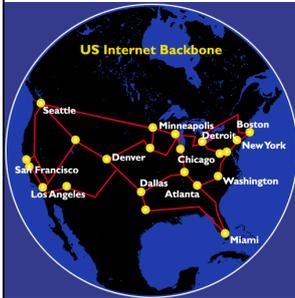


• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Mapas de Redes



••• Departamento
••• Arquitectura
••• Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa Traceroute

```
tracert www.cisco.com
tracert to www.cisco.com (198.133.219.25), 30 hops max, 40 byte packets
 0  arenys3.ac.upc.es (147.83.33.2)  1.292 ms  2.783 ms  1.085 ms
 1  phanella.upc.es (147.83.124.128)  2.780 ms  1.583 ms  1.721 ms
 2  termcat.cesca.es (193.145.223.9)  3.540 ms  1.597 ms  1.456 ms
 3  193.145.223.38 (193.145.223.38)  1.389 ms  1.592 ms  1.439 ms
 4  A0-1-1.EB-Madrid00.red.rediris.es (130.206.224.1)  12.994 ms  14.016 ms  13.077 ms
 5  A6-0-0-1.EB-Madrid00.red.rediris.es (130.206.224.74)  16.656 ms  19.903 ms  25.087 ms
 6  194.69.226.13 (194.69.226.13)  99.754 ms  106.218 ms  97.508 ms
 7  195.219.101.1 (195.219.101.1)  152.968 ms  150.867 ms  153.907 ms
 8  * 195.219.96.34 (195.219.96.34)  1497.170 ms  1531.041 ms
 9  if-5-2.core1.NewYork.Teleglobe.net (195.219.0.190)  1913.776 ms * 1856.813 ms
10  * 208.30.204.17 (208.30.204.17)  1594.635 ms
11  * s1-bb11-nyc-2-3-155M.sprintlink.net (144.232.8.225)  1575.063 ms *
12  s1-gw18-nyc-10-0.sprintlink.net (144.232.13.161)  1594.742 ms  1579.895 ms *
13  s1-bb12-nyc-10-0.sprintlink.net (144.232.13.165)  1590.241 ms  1588.790 ms  1591.764 ms
14  s1-bb12-pen-7-0.sprintlink.net (144.232.9.70)  1862.452 ms  1876.559 ms *
15  s1-bb10-pen-10-0.sprintlink.net (144.232.5.154)  1884.244 ms * *
16  s1-bb11-stk-6-0.sprintlink.net (144.232.8.178)  1961.150 ms * *
17  s1-gw10-stk-8-0-0.sprintlink.net (144.232.4.78)  1936.373 ms  1932.501 ms  1971.858 ms
18  * * *
19  sty.cisco.com (192.31.7.1)  1967.959 ms  1972.959 ms  1993.940 ms
20  www.cisco.com (198.133.219.25)  1977.141 ms * 2010.449 ms
Se envían tres datagramas con el mismo TTL (por eso aparecen 3 tiempos en cada línea)
```

••• Departamento
••• Arquitectura
••• Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Programa Traceroute

```
tracert www.uba.ar
tracert to www2.uba.ar (157.92.4.13), 30 hops max, 40 byte packets
 0  arenys3.ac.upc.es (147.83.33.2)  1.321 ms  0.905 ms  0.878 ms
 1  phanella.upc.es (147.83.124.128)  1.840 ms  3.156 ms  1.965 ms
 2  termcat.cesca.es (193.145.223.9)  2.356 ms  1.493 ms  1.569 ms
 3  193.145.223.38 (193.145.223.38)  4.126 ms  1.447 ms  1.438 ms
 4  A0-1-1.EB-Madrid00.red.rediris.es (130.206.224.1)  12.865 ms  14.103 ms  13.693 ms
 5  A6-0-0-1.EB-Madrid00.red.rediris.es (130.206.224.74)  14.818 ms  16.116 ms  15.783 ms
 6  194.69.226.13 (194.69.226.13)  98.881 ms  96.061 ms  102.645 ms
 7  194.69.226.22 (194.69.226.22)  434.391 ms * 441.363 ms
 8  border-atm10-0-1-ciba.telintar.net.ar (200.10.128.149)  390.494 ms border-atm11-0-3-ciba.telintar.net.ar (200.10.128.5)  387.083 ms *
 9  ciba-riu-riu.telintar.net.ar (200.10.128.58)  469.402 ms  452.479 ms  429.054 ms
10  * rnorte-rsur-512.riu.edu.ar (170.210.0.189)  1909.234 ms *
11  170.210.0.214 (170.210.0.214)  2256.691 ms * *
12  * * *
13  ns2.uba.ar (157.92.4.1)  1844.177 ms * 2020.651 ms
```

••• Departamento
••• Arquitectura
••• Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

Maximum Transmission Unit (MTU)

- MTU: Tamaño máximo del campo de datos presente en una trama de una red determinada
- Es un parámetro propio de cada una de las tecnologías de red existentes.
- En el contexto de Internet, se define el "Path MTU" entre dos hosts que están en redes diferentes, como el mínimo de las MTUs de las redes que los datagramas deben atravesar para ir de uno a otro.

Red	Bytes
Punto a Punto	296
X.25	576
Ethernet	1500
IEEE 802.3/802.2	1492
FDDI	4352
IEEE 802.5 (4 Mbps TR)	4464
IBM (16 Mbps TR)	17914

Algunos valores de MTU

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

MTU Path Discovery

- Especificación en RFC 1063
- Objetivo: ajustar el tamaño de los datagramas IP enviados por un host al fijado por el "PMTU" del camino seguido para:
 - Evitar fragmentación si su tamaño es excesivo.
 - Evitar desaprovechar recursos de redes si su tamaño es demasiado pequeño.
- Protocolo que permite al host remitente evaluar el PMTU y ajustar el tamaño de los datagramas enviados.

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

MTU Path Discovery

- Principios de funcionamiento:
 - Inicialmente se envían datagramas ajustados al MTU del primer enlace y con el flag DF (Don't Fragment) a 1, impidiendo que ningún router lo fragmente.
 - Cuando algún router encuentra un datagrama demasiado grande para la MTU de la red por la que debe enviarlo, genera un mensaje ICMP de "destino inalcanzable" con el código 4 (se necesita fragmentar y el DF lo impide).

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

MTU Path Discovery

- Cuando el host recibe este mensaje reduce el tamaño del PMTU supuesto y puede hacer dos cosas:
 - Reenviarlo con el DF a 0 (permite fragmentación). Es lo que debe hacerse si IP es usado por UDP (un segmento de UDP debe ir en un datagrama IP)
 - Reduce el tamaño del datagrama y lo envía con DF=1. Es lo que se hace cuando el usuario de IP es TCP.
 - Propuesta: que el router coloque en el campo no usado el MTU de la red por la que quería enviar el datagrama para que el host ajuste el tamaño: cambios en los routers más recientes.
 - Los routers más antiguos NO lo hacen: el host puede entonces ir probando con varios tamaños (con una tabla de MTUs más frecuentes, por ejemplo).

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

IP versión 6 (IPv6)

- Motivos de nueva versión de IP
 - Direcciones IP de 32 bits casi agotadas: las de la nueva versión serán más largas.
 - Aplicaciones de entrega de audio y vídeo exigen regularidad en la circulación:
 - No cambio frecuente de rutas
 - Servicios especiales para estas aplicaciones. El protocolo debe suministrar mecanismos para definirlos.
 - Aplicaciones de colaboración de grupos: el protocolo debe suministrar mecanismos para gestionarlos.

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

IP versión 6 (IPv6)

- Protocolo básico RFC 2460. Arquitectura de direcciones: RFC 2373.
- Proporciona:
 - **Direcciones IP más largas** (128 bits)
 - **Nuevo formato de header básico** más simple. Determinadas opciones que aparecían en el header de IPv4 NO aparecen en este header. En su lugar, define ...
 - ... **nuevos headers de extensión**, que sirven para suministrar determinados servicios específicos (opciones, etc).

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

IP versión 6 (IPv6)

- IPv6 codifica esta información en headers definidos para ello. Optimiza recursos (solo transmite esa información en los datagramas que lo necesitan, no en todos como hacía IPv4).
 - Un datagrama tiene pues un header básico que puede ir seguido de nuevos headers de extensión.
- Capacidad para etiquetar un **flujo** (secuencia) de datagramas relacionado con aplicaciones específicas (audio y vídeo por ejemplo) y solicitar un nivel de calidad de servicio no estándar o un servicio de “tiempo real”, por ejemplo.
- Mecanismos de seguridad.

• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

IP versión 6 (IPv6)

- Es un protocolo extensible. Los headers extensión proporcionan mecanismos que pueden contener cualquier información que respecto al tratamiento de un datagrama o un grupo de ellos pueda ser necesario definir para proporcionar servicios específicos en el futuro.

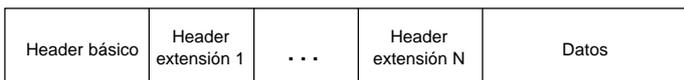
• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

IP versión 6 (IPv6)

- Disposición de header básico y headers extensión en los datagramas de IPv6



• • • Departamento
• • • Arquitectura
• • • Computadores
U P C

J.C. Cruellas

Grupo de Aplicaciones Telemáticas

