

Tema 5 - Protocol d'Internet versió 6

Sergi Robles

`Sergi.Robles@uab.es`

Departament d'Enginyeria de la Informació i de les Comunicacions
Universitat Autònoma de Barcelona

Transmissió de Dades

Contingut

- 1 Motivacions i diferències
- 2 Adreçament
- 3 Autoconfiguració

Contingut

- 1 Motivacions i diferències
 - Motivacions
 - El nou datagrama
 - Fragmentació
 - Encaminament d'origen
 - Opcions
- 2 Adreçament
- 3 Autoconfiguració

Motivacions pel canvi

Hi ha moltes raons que motiven a fer una renovació del protocol d'interconnexió de xarxes:



- Han aparegut **noves tecnologies**, amb nous requisits.
- Noves **aplicacions**.
- Increment de **número de hosts** i càrrega de la xarxa.
- Necessitat de nous **grups administratius**.

IPv4 és utilitzat des de principis dels 80!!

→ Això demostra que el seu disseny és molt **flexible** i **potent**.

La velocitat de processament, les mides de les memòries, les velocitats de les LAN, i el número de hosts connectats ha augmentat moltíssim durant aquest temps.

- L'esquema d'adreçament de IPv4 quedarà **obsolet** al 2020 (si es manté el nivell de creixement).
- És necessari incorporar **funcionalitat** per la transmissió de dades en temps real, reserva de recursos, seguretat, etc.

→ IETF va demanar propostes per a IPv6 (són estàndards oberts) i es van rebre moltíssimes.

Finalment es va decidir basar IPv6 en la versió actual del protocol:

- Suporta entrega **sense connexió** (cada datagrama s'envia individualment).
- Es **deixa triar** la mida del datagrama, número de hops màxims, etc.

→ Això si, es canvien la majoria dels detalls!



Els canvis més grans de IPv6 respecte IPv4 es poden agrupar en aquestes set categories:

Canvis introduïts a IPv6

- Ampliació de l'espai d'adreçament
- Jerarquies d'adreces
- Capçaleres flexibles
- Noves opcions
- Extensible per a futures ampliacions
- Autoconfiguració
- Suport per a la reserva de recursos

Contingut

- 1 Motivacions i diferències
 - Motivacions
 - El nou datagrama
 - Fragmentació
 - Encaminament d'origen
 - Opcions
- 2 Adreçament
- 3 Autoconfiguració

El nou datagrama

El datagrama de IPv6 és molt **diferent** del de IPv4. Té una part fixa (Capçalera base), una sèrie de extensions opcionals, i el camp de dades:



Capçalera base	Extensió 1	...	Extensió n	Dades
----------------	------------	-----	------------	-------

La capçalera base conté menys informació que IPv4. Aquesta capçalera és de **mida constant**: 40 bytes.

Algunes diferències amb IPv4:

- No hi ha camp de longitud de la capçalera, ni del datagrama. → Només hi ha *longitud del payload*.
- Les adreces IPv6 tenen 16 bytes (*128 bits*).
- La fragmentació ara és una extensió *opcional*.
- *Desapareix el TTL* i ara és el límit de salts.
- Es canvia el nom tipus de servei (TOS) per anomenar-se *Classe de Tràfic (Traffic Class)*, i s'extén amb una Etiqueta de Flux (*Flow Label*).
- El camp de Protocol es substitueix pel de *Següent Capçalera (Next Header)*.

Format de la capçalera base:

0	3	4	11	12	15	16	23	24	31
Versió		Classe Tràfic			Etiqueta de Flux				
Longitud <i>Payload</i>					Seg. Cap.		Límit Salts		
Adreça d'Origen (16 bytes)									
Adreça de Destinació (16 bytes)									

Com la capçalera base té una mida fixa, **ja no cal** afegir cap camp de longitud de la capçalera.

Mida datagrama

El camp de longitud de les dades (*payload*) especifica quants bytes hi ha en el datagrama, **excloent la capçalera!**

→ Un datagrama pot contenir fins a **64K** bytes de dades, a part de la capçalera.

- El camp de versió portarà el valor **6**.
- El camp de **Classe de Tràfic** és equivalent al de TOS de IPv4. L'etiqueta de **flux** serveix per a associar el datagrama a un cert flux i prioritat per a assegurar qualitat de servei.

Les extensions de la capçalera

El paradigma de capçalera amb una part fixa seguida d'extensions opcionals va ser triat com un **compromís** entre generalitat i eficiència.

Per a ser totalment general, IPv6 hauria d'haver inclòs a la capçalera camps per a la fragmentació, encaminament d'origen, o autenticitat, per exemple.

→ Això hagués estat molt **ineficient**, ja que la majoria de datagrames no els usarien!

Les extensions de capçalera de IPv6 funcionen de manera similar a les opcions de IPv4:

→ L'emissor pot triar quines extensions afegir al datagrama.

Això és molt flexible ja que cada datagrama només tindrà aquells que realment estigui utilitzant.

Enllaç entre extensions



Cada extensió conté un camp de **Següent Capçalera** (*Next Header*). El host de destí i els routers intermitjos utilitzen aquests valors per a processar el datagrama.

Extreure tota la informació de la capçalera IP requereix una búsqueda seqüencial per totes les extensions.

Exemple de datagrama amb dues extensions:

Cap. Base Next = Route	Cap. Route Next = Auth	Cap. Auth Next = TCP	Segment TCP
---------------------------	---------------------------	-------------------------	----------------

Si un datagrama només té una extensió és tan eficient com IPv4.

Els routers intermitjos **només examinaran** un subconjunt d'extensions. El host de destinació serà l'únic que examinarà totes les extensions.

Contingut

- 1 Motivacions i diferències
 - Motivacions
 - El nou datagrama
 - **Fragmentació**
 - Encaminament d'origen
 - Opcions
- 2 Adreçament
- 3 Autoconfiguració

Fragmentació

Tal i com es feia a IPv4, la **desfragmentació** en la nova versió de IP es realitza quan el datagrama **ha arribat** a la seva destinació final.



A IPv4, els **routers intermitjos** podien fragmentar els datagrames que eren massa grans pel MTU de les xarxes que havien de travessar, **consumint recursos** propis en fer-ho.

Fragmentació a IPv6

A IPv6 la fragmentació és d'**extrem a extrem**: cap router intermig necessitarà trencar un datagrama en d'altres més petits.

L'**origen** del datagrama és l'**únic responsable** de la fragmentació dels datagrames.

Tindrà dues opcions:

- Utilitzar el **MTU mínim garantitzat**, de 1280 bytes,
- o fer un **descobriment** del MTU mínim del camí cap a la destinació.

En qualsevol dels dos casos, l'origen fragmentarà els datagrames de manera que **no superin mai** el MTU esperat pel camí.

IPv6 no disposa de camps anàlegs als camps per a la fragmentació de la capçalera de IPv4.

→ Quan es fa la fragmentació, l'origen **insereix una extensió** petita després de la capçalera base de cada fragment:

0	7	8	15	16	28	29	30	31
Següent Capçalera		Reservat		Offset		Res.		M
Identificació del datagrama								

La funcionalitat **és com a IPv4**. Cada fragment ha de ser múltiple de 8 bytes. La marca M indica si hi ha més fragments i l'identificador és per a la desfragmentació.

Per què utilitzar fragmentació només a l'origen?

→ Es pren aquesta decisió per a *reduir l'overhead* dels routers. Un router a IPv4 que hagi de fragmentar sempre pot tenir la utilització de la seva CPU al 100%!

Una conseqüència important de la fragmentació en origen és que *es perd l'assumpció fonamental de IPv4* de que les rutes canvien dinàmicament.

A IPv4 teníem l'avantatge que el sistema era molt flexible i la ruta d'un datagrama *podia canviar* sense que afectés al servei.

A IPv6 una ruta no pot canviar tant fàcilment, ja que si canvia també pot canviar el MTU mínim al llarg d'aquella ruta. Quan hi ha canvis:

- O bé el router ha de poder fragmentar (impossible a IPv6)
- O bé el host origen **ha de ser informat**.

La nova versió de IP inclou un **nou missatge ICMP d'error**. Quan hi ha un canvi de ruta amb un MTU més petit (és a dir, si es requereix fragmentació), s'envia el missatge **a l'origen**.

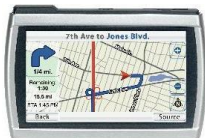
→ L'origen determinarà el nou valor de MTU mínim i fragmentarà de manera adient.

Contingut

- 1 Motivacions i diferències
 - Motivacions
 - El nou datagrama
 - Fragmentació
 - Encaminament d'origen
 - Opcions
- 2 Adreçament
- 3 Autoconfiguració

Encaminament d'origen

És possible que l'emissor del datagrama indiqui una **ruta aproximada** d'origen.



Extensió de Source Routing

Existeix una extensió específica per a fer aquest encaminament:

0	7	8	15	16 23	24	31
Següent Cap.	Longitud Cap.		Tipus	Adr. restants		
Dades específiques del tipus ...						

Els primers quatre camps del header són fixos, l'últim és variable:

- **Següent Capçalera:** Indica la capçalera que **seguirà** a aquesta.
- **Longitud Capçalera:** Expressada en paraules de **64 bits**.
- **Tipus de ruta:** Especifica el **tipus d'informació d'encaminament** (l'únic definit de moment és l'encaminament aproximat d'origen).
- **Adreces restants:** Número d'adreces **que queden** a la llista.
- **Dades específiques del tipus:** **Llista de les adreces** dels routers pels que ha de passar el datagrama.

Contingut

1 Motivacions i diferències

- Motivacions
- El nou datagrama
- Fragmentació
- Encaminament d'origen
- Opcions

2 Adreçament

3 Autoconfiguració

Opcions

Tot i que sembla que les extensions **substitueixen** totalment les opcions de IPv4, també existeixen opcions a IPv6.

Hi ha dos extensions addicionals per a posar altra informació no inclosa en cap altre extensió (opcions):

- Extensió **Hop By Hop** (de router a router), i
- Extensió **End To End** (d'extrem a extrem).

Cadascuna té un identificador propi, però comparteixen el format de la capçalera.

Capçalera extensions addicionals

0	7	8	15	16	31
Següent Cap.		Longitud Cap.			
Una o més opcions					

Donat que les opcions no tindran una longitud fixa el camp de longitud de la capçalera especificarà la mida total.

Cada opció dintre d'aquesta extensió tindrà aquest format:

0	7	8	15	16
Tipus		Longitud		Valor ...

El format de les opcions segueix l'especificat a **IPv4**.

Els **dos bits** més grans del camp Tipus de la opció indica què ha de fer el router amb el datagrama si no entén aquesta opció:

- 00** → Ignorar aquesta opció.
- 01** → Descartar el datagrama, no enviar ICMP.
- 10** → Descartar el datagrama, enviar ICMP a origen.
- 11** → Descartar el datagrama, enviar ICMP si no-multicast.

El **tercer bit** indica si la opció **pot variar en trànsit o no**.

Contingut

1 Motivacions i diferències

2 Adreçament

- Les noves adreces
- Tipus d'adreces
- Transició IPv4→IPv6

3 Autoconfiguració

Adreçament

Les adreces a IPv6 tenen 128 bits, 4 vegades més bits que a IPv4.



Costa d'imaginar la **magnitud** del nou espai d'adreçament disponible: 2^{128} . Veiem alguns exemples per a fer-nos a la idea:

- Cada persona al planeta podria adreçar una Internet com l'actual.
- Hi caben 10^{24} adreces per cada metre quadrat de superfície terrestre.
- Si assignéssim una adreça cada microsegon, trigaríem 10^{20} anys per assignar-les totes!

Notació hexadecimal amb dos punts:

Tot i que les noves adreces resolen alguns problemes, creen de nous: com representem els humans aquestes adreces?

El format *dotted quad* de IPv4 ja **no serveix**:

104.130.140.100.255.255.255.255.0.0.17.128.150.10.12.1

La nova notació és més compacta: valors de 16 bits en **hexadecimal** separats per dos punts:

68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:96A:32D

Maneres d'abreujar les adreces

Compressió de zeros:

FF05:0:0:0:0:0:0:B3 es pot escriure FF05::B3

Per a evitar ambigüïtats aquesta contracció només es pot fer **una sola vegada** per adreça.

Sufixes “*dotted quad*”:

Els darrers 4 bytes de l'adreça es poden posar de la manera tradicional d'IPv4:

0:0:0:0:0:0:128.10.2.1 o equivalentment, ::128.10.2.1

Notació CIDR:

Exactament com a IPv4: 12AB::CD30:0:0:0:0/60

Contingut

1 Motivacions i diferències

2 Adreçament

- Les noves adreces
- Tipus d'adreces
- Transició IPv4→IPv6

3 Autoconfiguració

Tipus d'adreces bàsiques:

A l'igual que en IPv4, una adreça no s'assigna a un host, sinó a una connexió. En aquesta nova versió una xarxa podrà tenir **més d'un prefix simultàniament**, i una interfície múltiples adreces.

Adreces especials:

- **Unicast:** Un únic host.
- **Anycast:** Conjunt de hosts. El datagrama es donarà només a un host (el més proper)
- **Multicast** Conjunt de hosts. A cada host li arriba una còpia del datagrama. Inclou el “*broadcast*”.

Partició de l'espai d'adreçament

Fins ara teniem una jerarquia de dos nivells: prefix de xarxa i sufix de host.

→ IPv6 permet tenir una jerarquia de múltiples nivells per a l'assignació.

Per tal de mantenir el cost d'encaminament baix es fan categories d'adreces com a IPv4, utilitzant els primers bits de l'adreça.

L'espai d'adreçament no està dividit en seccions de la mateixa mida.

Fins ara només s'ha assignat el **15%** de l'espai total. El IETF utilitzarà l'espai restant segons creixi la demanda.

Prefix binari	Tipus d'adreça	Proporció
0000 0000	Compatibilitat IPv4	1/256
0000 001	Adreces NSAP	1/128
0000 010	Adreces IPX	1/128
001	Unicast global agregables	1/8
1111 1110	Adreces unicast link/site-local	1/512
1111 1111	Adreces Multicast	1/256

Contingut

1 Motivacions i diferències

2 Adreçament

- Les noves adreces
- Tipus d'adreces
- Transició IPv4→IPv6

3 Autoconfiguració

Transició v4 → v6

Es reserven les adreces que comencen amb 80 zeros per a codificar adreces IPv4.

Hi ha dos tipus, indicats amb un camp de 16 zeros o uns després dels 80 zeros:

0	79	80	95	96	127
0000	...	0000	0000	Adreça IPv4	
0000	...	0000	FFFF	Adreça IPv4	

Aquest camp central indica si el host també disposa d'una adreça IPv6 (0000) o no (FFFF).

Creació adreça IPv6 a partir de MAC Ethernet

Adreça Ethernet (48 bits):

0	8	23	24	47
cccccc0gcccccccccccccccccc			Identificador	

Conversió a adreça IPv6 (Id 64 bits):

0	8	23	24	39	40	63
cccccc1gcccccccccccccccccc			111 ... 1110		Identificador	

El bit 6, que indica si l'adreça té àmbit local o no, es canvia de 0 a 1. 'c' indica l'identificador de la companyia fabricant.

Adreces Locals

La classe 1111 1110 serveix per a identificar adreces locals, similars a adreces “no enrutables”.

Tipus adreces locals:

- **Link-local**, adreces d'una *xarxa*, i
- **Site-local**, adreces d'un *site*.

Aquestes adreces estan restringides al domini concret. Els routers *no encaminaran* els datagrames amb aquestes adreces fora del domini concret (*link/site*).

Autoconfiguració

IPv6 està dissenyat per a suportar autoconfiguració sense haver de necessitar un servidor.



L'autoconfiguració consisteix a obtenir una **adreça vàlida** i altres paràmetres de la xarxa per a poder comunicar-se en la internet.

Procés d'autoconfiguració:

- **1.** S'agafa com adreça local una de tipus *Unicast link-local* (1111 1110 10, 54 zeros, i l'identificador d'interfície de 64 bits).
- **2.** S'envia una petició de router en *multicast*.
- **3.** Un router li contesta amb la *informació* requerida. El remitent és agafat directament com a router per defecte.
- **4.** El missatge del router conté un *temps de caducitat*: el host haurà d'anar renovant les seves dades.

La contestació del router també pot indicar que s'utilitzi *algun altre* mecanisme de configuració com DHCP, per exemple.