

### 3.D : Protocole/en-tête IP, MTU, fragmentation

Olivier GLÜCK

Université LYON 1 / Département Informatique

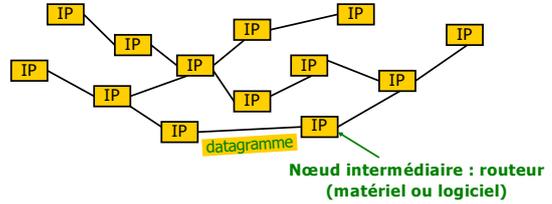
Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr

<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>

1

### Caractéristiques du protocole IP

Couche réseau : communications entre machines



- IP - protocole d'interconnexion, best-effort
  - acheminement de **datagrammes** (mode **non connecté**)
  - peu de fonctionnalités, pas de garanties
  - simple mais robuste (défaillance d'un nœud intermédiaire)

2

### L'Internet Protocol

- IP (RFC 791) : protocole d'interconnexion de l'Internet
  - conçu pour transporter des datagrammes d'une certaine source A vers une destination B
  - A et B peuvent être sur le même réseau ou séparés par d'autres réseaux de nature très différentes
  - livraison au mieux - **best-effort delivery** : aucune garantie quant au service d'acheminement (délai, taux de perte, ...), aucune variable d'état
  - IP n'accomplit que trois tâches élémentaires :
    - adaptation des datagrammes IP à la MTU du réseau physique traversé
    - acheminement dans le réseau logique
    - désignation des nœuds (adressage IP)

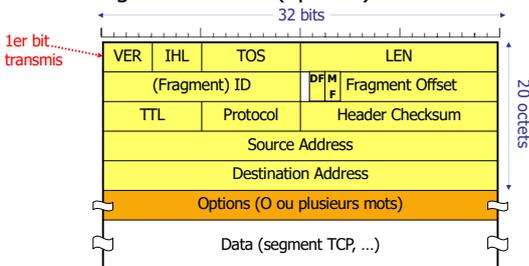
3

### Le protocole IPv4

4

### Le datagramme IPv4 (1)

- Un en-tête de 20 octets + une partie facultative de longueur variable (options)



5

### Le datagramme IPv4 (2)

- VER - Version - 4 bits
  - numéro de version d'IP (généralement 4 pour IPv4)
  - permet de faire cohabiter plusieurs versions (transition)
- IHL - Internet Head Length - 4 bits
  - longueur de l'en-tête du datagramme (en nombre de mots de 32 bits, 4 octets) -> 5 si pas d'option
  - valeur maximale = 15 -> 40 octets d'options maximum
- TOS - Type Of Service - 6+2 bits
  - pour distinguer différentes classes de services (niveaux de priorités) -> compromis entre fiabilité, délai et débit
  - champ ignoré par la plupart des routeurs

6

## Le datagramme IPv4 (3)

- LEN - total LENgth field - 16 bits
  - longueur totale du datagramme en octets
  - au maximum 65535 octets
- ID - Identification - 16 bits
  - identifiant de datagramme (ou paquet)
  - tous les fragments d'un même paquet ont le même ID
- DF (1bit) et MF (1 bit)
  - DF - Don't Fragment : ordre au routeur de ne pas fragmenter (autre route ou destruction)
  - MF - More Fragment : indique qu'un fragment suit
- Fragment Offset - 13 bits
  - position du premier bit du fragment dans le datagramme d'origine, en multiple de 8 octets

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

7

7

## Le datagramme IPv4 (4)

- TTL - Time To Live - 8 bits
  - compteur qui sert à limiter la durée de vie du datagramme
  - 255 au départ puis décrémenté à chaque nouveau saut
  - datagramme éliminé s'il atteint zéro
  - évite les paquets perdus (erreurs de routage)
- Protocol - 8 bits
  - numéro du protocole destinataire (RFC 1700)
- Header Checksum - 16 bits
  - CRC sur l'en-tête uniquement
  - complément à 1 de la somme des demi-mots de 16 bits
  - doit être recalculé dès qu'une valeur change (ex. TTL) !

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

8

8

## Le datagramme IPv4 (5)

- Le champ Options
  - prévu pour des expérimentations mais peu utilisé dans la pratique
  - codé : <code option (1 octet)>, <longueur (1 octet)>, <données>
  - longueur variable, plusieurs options possibles
  - exemples d'options :
    - sécurité : degré de confidentialité du datagramme (route plus sécurisée que d'autres !)
    - routage strict par la source : suite d'@ IP décrivant le chemin pour atteindre la destination
    - enregistrement de route : les routeurs traversés insèrent chacun leur @IP

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

9

9

## La fragmentation des datagrammes IP

- Caractéristiques :
    - fragmentation non-transparente : réassemblage uniquement sur le destinataire
    - chaque fragment est acheminé de manière indépendante
    - temporisateur de réassemblage sur le destinataire quand le premier fragment arrive (décrément de TTL)
    - la perte d'un fragment IP provoque la retransmission de l'ensemble du datagramme
- S' il y a une perte, elle ne sera détectée qu' au niveau TCP où la notion de fragments n' existe pas
- Un routeur IP ne s' encombre pas de fragments qu' il ne peut réassembler

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

10

10

## La fragmentation des datagrammes IP

[http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_2/0,7240,227091-,00.html](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_2/0,7240,227091-,00.html)

Exemple (valeurs en décimal) :

MTU de 128 octets (soit 108 octets de données IP par fragment), l'offset devant être un multiple de 8 octets  
-> 13\*8=104 octets

Datagramme origine			
4	5	00	LEN=368
ID=368		0001	Offset=0
TTL	Pro=6	Checksum	
Source Address			
Destination Address			
Data (348 octets)			

F1			
4	5	00	LEN=124
ID=368		0001	Offset=0
TTL	Pro=6	Checksum	
Source Address			
Destination Address			
Data (104 octets)			

F2			
4	5	00	LEN=124
ID=368		0001	Offset=13
TTL	Pro=6	Checksum	
Source Address			
Destination Address			
Data (104 octets)			

F3			
4	5	00	LEN=124
ID=368		0001	Offset=26
TTL	Pro=6	Checksum	
Source Address			
Destination Address			
Data (104 octets)			

F4			
4	5	00	LEN=56
ID=368		0001	Offset=39
TTL	Pro=6	Checksum	
Source Address			
Destination Address			
Data (36 octets)			

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

11

11

## Le protocole IPv6



12

## Pourquoi IPv6 ?

- La fin d'IPv4 est proche
  - pénurie d'adresses IP et explosion des tables de routage
  - prolongement de quelques années grâce au routage CIDR et au NAT (solutions transitoires)
  - besoin d'un nouveau protocole mais suppose de le déployer sur tous les nœuds de l'Internet actuel !
- L'IETF, en 1990, élabore les souhaits d'un nouveau protocole et fit un appel à propositions
- 1993 : IPv6 est née de propositions combinées (Deering et Francis) - RFC 2460 à 2466

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 13

13

## Un nouveau protocole IP

- IETF - 1990 - objectifs d'une nouvelle version d'IP
  - supporter des milliards d'hôtes
  - réduire la taille des tables de routage
  - simplifier encore le protocole pour routage plus rapide des paquets
  - offrir une meilleure sécurité
  - accorder plus d'importance à la QoS (trafic temps-réel)
  - améliorer la diffusion multicast
  - permettre la mobilité des hôtes sans changer d'@ IP
  - rendre le protocole plus évolutif
  - permettre au nouveau protocole et à l'ancien de coexister pendant quelques années

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 14

14

## IPv6 - Caractéristiques (1)

- IPv6 est compatible avec
  - non seulement IPv4
  - mais aussi TCP, UDP, ICMP, OSPF, BGP, DNS, ... (ou quelques modifications mineures)
- Supporte un format d'adresses plus longues
  - 16 octets au lieu de 4 (quasiment inépuisable)
- Simplification de l'en-tête
  - 7 champs au lieu de 13 (accélère le traitement dans les routeurs)
  - meilleure gestion des options avec une taille fixe (accélère le temps de traitement des paquets)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 15

15

## IPv6 - Caractéristiques (2)

- Sécurité accrue
  - intégrité des données
  - mécanismes d'authentification et de cryptographie
- Plus de fragmentation dans les nœuds intermédiaires
  - mécanisme de découverte du MTU optimal (envoi de paquets ICMP en diminuant la taille jusqu'à recevoir une réponse)
  - fragmentation par la source uniquement
- Plus de champ *checksum*
  - allège considérablement le travail des routeurs
- Amélioration des aspects de diffusion (multicast)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 16

16

## Le datagramme IPv6

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 17

17

## Exemple d'en-tête IPv6

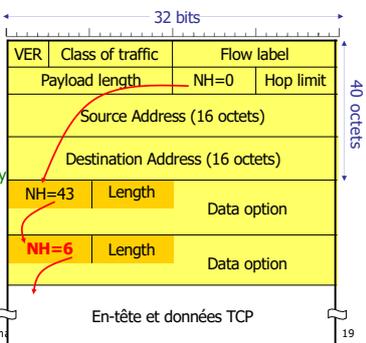
Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 18

18

## Le chaînage des options

### Le champ *Next Header (NH)*:

- 0 : option "Hop-by-Hop"
- 4 : IPv4
- 6 : TCP
- 17 : UDP
- 43 : option "Routing Header"
- 44 : option "Fragment Header"
- 45 : Interdomain Routing Protocol
- 46 : RSVP
- 50 : option "Encapsulation Security Payload" (IPsec)
- 51 : option "Authentication Header" (IPsec)
- 58 : ICMP
- 59 : No next header
- 60 : option "Destination Options Header"



Olivier Glück

Licence Inform

19

19

## Exemples d'options

- Hop by Hop
  - la seule qui doit être traitée par tous les routeurs traversés (les autres extensions sont traitées comme un protocole de niveau 4 !)
  - transport d'informations <type d'option, longueur, valeur> dont on sait qu'elle sera examinée par tous les routeurs (par ex. support de datagramme de taille supérieure à 64Ko : *jumbogram*)
- Routing Header
  - liste de routeurs à traverser obligatoirement
- Fragmentation Header
  - pour permettre au destinataire de réassembler les fragments (reprenant les champs de IPv4)
- Destination Options Header
  - informations additionnelles pour la destination

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

20

20

## L'adressage (1)

- Adressage hiérarchique pour alléger les tables de routage

- |        |      |              |
|--------|------|--------------|
| Public | Site | Interface_ID |
|--------|------|--------------|
- un préfixe de localisation - public - 48 bits
  - un champ de topologie locale (subnet) - 16 bits
  - un identifiant de désignation de l'interface (basé sur l'@MAC sur 64 bits (équivalent HOST\_ID) qui garantit l'unicité de l'adresse

- Notation : groupes de 4 chiffres hexadécimaux séparés par :

- ex : 8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
- :: représente un ou plusieurs groupes de 0000
- ex : 8000::123:4567:89AB:CDEF

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

21

21

## L'adressage (2)

- Trois types

- adresses unicast : désigne une interface
- adresses multicast (FF00::/8) : désigne un ensemble d'interfaces (localisées n'importe où)
- adresses anycast :
  - restriction du multicast
  - désigne un ensemble d'interfaces partageant un même préfixe réseau
  - n'est délivré qu'à une interface du groupe (celle dont la métrique est la plus proche du nœud source)
- plus d'adresses de broadcast, remplacée par FF02::1

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

22

22

## L'adressage (3)

- Adresses particulières

- :: (unspecified address) : équivalent de 0.0.0.0, interface en cours d'initialisation
- ::1 (loopback address) : équivalent de 127.0.0.1
- adresses de site local (adresses privées) : commençant par FD00::
- adresses de lien : commençant par FE80::

- Construction de Interface\_ID

@ MAC      00:A0:24:E3:FA:4B  
 Interface\_ID    02A0:24FF:FE3:FA4B (U/L=1, I/G=0)

- Adressage agrégé

- la partie publique est découpée en différents sous-champs ; un sous-champ est attribué par l'organisme qui s'est vu affecter le champ précédent (assignation hiérarchique)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

23

23