

Réseaux Master 1

Niveau paquet

Louis-Claude Canon

louis-claude.canon@univ-fcomte.fr

Bureau 429C

Master 1 informatique – Semestre 7

Paquet

- ▶ Un paquet est l'unité de données de la couche "réseau".
- ▶ Contient un en-tête et des données.

Plan

Place dans la pile réseau

Adressage IP

Structure des données

Matériel associé

Déroulements des communications

Conclusion

Plan

Place dans la pile réseau

Adressage IP

Structure des données

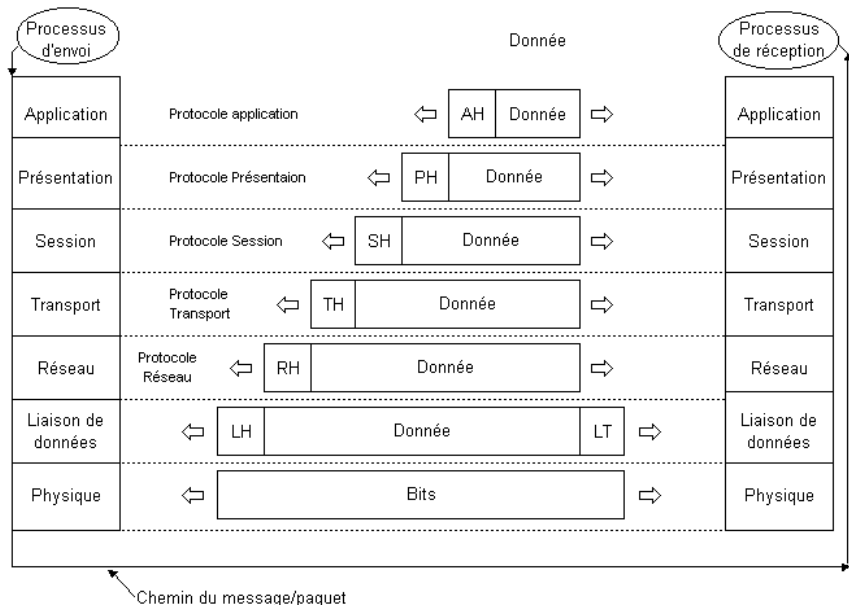
Matériel associé

Déroulements des communications

Conclusion

Place dans la pile réseau

- ▶ Niveau 3 : réseau.
- ▶ Supposition : on sait transmettre des données sur un lien.
- ▶ Objectif : acheminer des données entre des équipements sur des liens distincts.
- ▶ Ce cours se focalise sur les protocoles IPv4 et IPv6.



AH = En-tête application, etc ...

Plan

Place dans la pile réseau

Adressage IP

Structure des données

Matériel associé

Déroulements des communications

Conclusion

Structure d'adresse IP

- ▶ Pourquoi des adresses ? Pour acheminer des données, il faut pouvoir identifier les machines.
- ▶ Différence avec les adresses MAC : hiérarchie pour identifier des groupes d'adresse.
- ▶ Nécessaire pour mettre en place routages efficaces et des politiques et de sécurité.
- ▶ Adresses découpées en 2 parties (RFC 790) : partie réseau (net-id) et partie hôte (host-id).

Adresse IPv4

- ▶ 4 octets : a.b.c.d où a, b, c et d sont compris entre 0 et 255.
- ▶ Exemple : 192.168.0.1 avec 3 octets de net-id, 1 octet de host-id.

+-----+-----+		
net-id	host-id	
+-----+-----+		
192.168.0	1	
+-----+-----+		

- ▶ Chaque interface réseau possède une adresse IPv4 (un seul réseau par lien).

Adresse IPv6

- ▶ 16 octets : s:t:u:v:w:x:y:z où chaque symbole représente 4 caractères hexadécimaux.
- ▶ Exemple : 2001:0db8:0000:0000:0202:b3ff:fe1e:8329.
- ▶ Règles d'abréviation :
 - ▶ Supprimer tous les zéros inutiles :
2001:db8:0:0:202:b3ff:fe1e:8329.
 - ▶ Raccourcir le premier plus long bloc contenant au moins 2 zéros successifs : 2001:db8::202:b3ff:fe1e:8329.
 - ▶ Utiliser des minuscules.
- ▶ Les adresses assignables commencent par les bits 001.
- ▶ Chaque interface réseau peut avoir plusieurs adresses IPv6 (plusieurs réseaux par lien).

Identification de la partie réseau

► IPv4 :

► Notation CIDR (Classless Inter-Domain Routing) :

- a.b.c.d/n avec n entre 0 et 32.
- Si les $32 - n$ derniers bits sont nuls, il s'agit d'un bloc d'adresses.
- Sinon, il s'agit d'une adresse spécifique.
- Exemples : 192.168.0.0/24 désigne un bloc de 256 adresses ;
192.168.0.1/24 désigne une adresse avec 24 bits pour la partie réseau.

► Masque de réseau :

- Alternative à la notation CIDR.
- n bits à 1 suivi de $32 - n$ bits à zéro en décimal.
- Exemple : 192.168.0.0/24 équivaut 192.168.0.0 avec un masque de 255.255.255.0 (24 bits à 1 dans le masque).

► Classes d'adresses (historique) : classe A = /8, classe B = /16, classe C = /24.

► IPv6 :

- Toujours les 8 premiers octets (préfixe /64).
- Utilisation de la notation CIDR pour manipuler les blocs d'adresses.

Adresses privés

Comment gérer un réseau privé dont les machines ne doivent pas être accessibles depuis l'extérieur (i.e., pas d'adresses globales) ?

- ▶ Pour IPv4, on a les classes privés (blocs d'adresses réservés).
 - ▶ A : 10. ... (16 millions d'adresses), 10/8
 - ▶ B : 172.16. à 172.31. (1 million d'adresses), 172.16/12
 - ▶ C : 192.168. ... (65k adresses), 192.168/16
 - ▶ Ces adresses ne sont pas routées sur Internet (nécessite un NAT).
- ▶ Pour IPv6, les adresses possèdent une portée (scope) : locale ou globale.
 - ▶ fe80::/64 pour les adresses sur un lien (link-local) : fe80::/10 suivi de 54 bits à 0.
 - ▶ fd00::/8 pour les adresses ULA (Unique Local IPv6 Unicast Address) sur un site local : fc00::/7 suivi d'un bit à 1, de 40 bits de *global ID* et de 16 bits de réseau.
 - ▶ On rajoute une adresse globale à l'interface pour accéder à Internet.

Adresses spéciales

- ▶ Pour IPv4, on a les adresses réseau et de diffusion (broadcast) :
 - ▶ Adresse réseau : partie hôte (host-id) à zéro.
 - ▶ Adresse de diffusion : partie hôte avec des bits à 1.
 - ▶ Un réseau avec un masque à 24 bits, contient 256 adresses mais seulement 254 sont assignables.
 - ▶ Exemple : pour le réseau 192.168.0.128/25, l'adresse de réseau est 192.168.0.128, l'adresse de diffusion est 192.168.0.255 et les machines peuvent être numérotées de 129 à 254.
- ▶ Pour IPv6, il n'y a pas d'adresse réseau et de diffusion mais 3 types d'adresses :
 - ▶ Unicast : représente une seule interface (2000::/3).
 - ▶ Anycast : représente un groupe d'interfaces, chaque paquet n'étant reçu que par une seule interface (2000::/3).
 - ▶ Multicast : représente un groupe d'interfaces, chacune recevant tous les paquets (ff00::/8).

Plan

Place dans la pile réseau

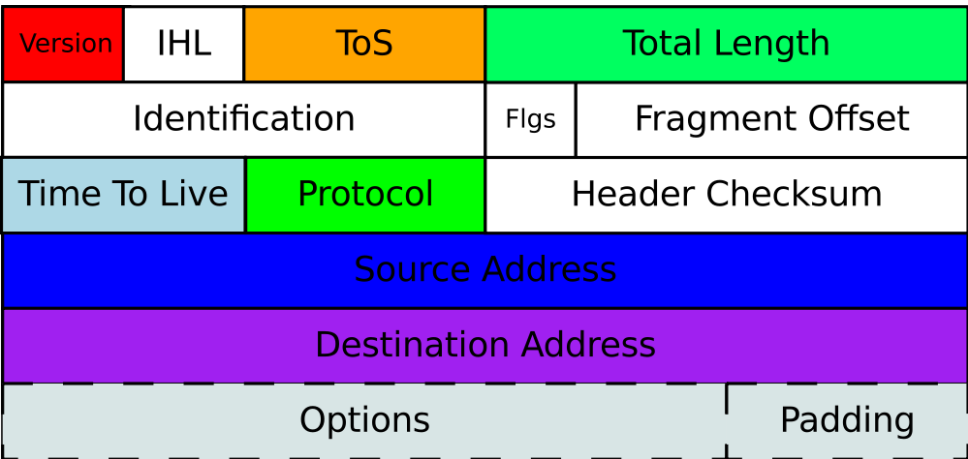
Adressage IP

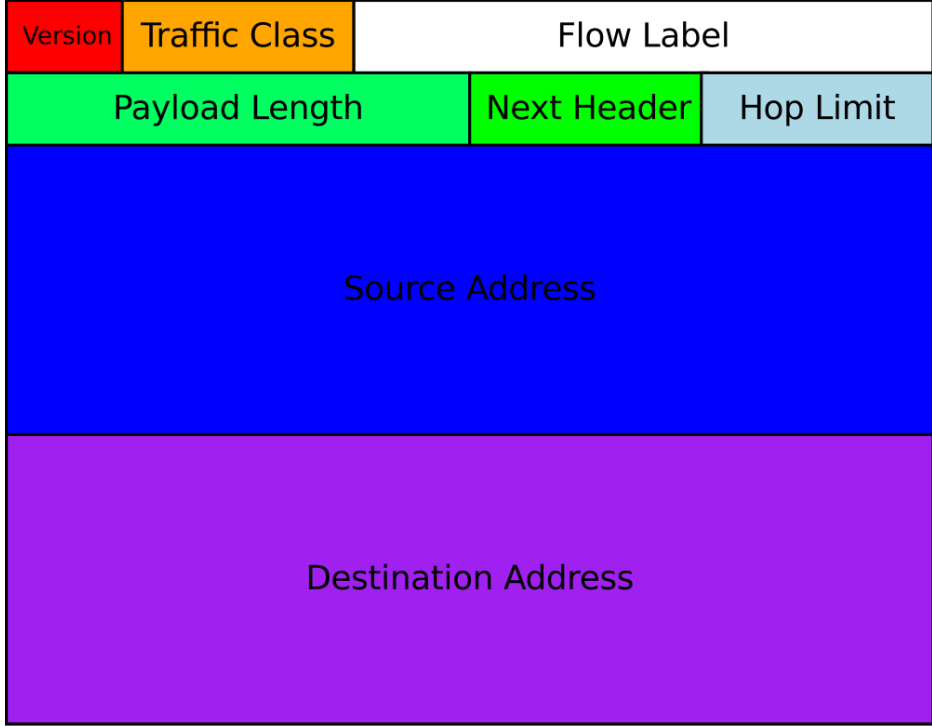
Structure des données

Matériel associé

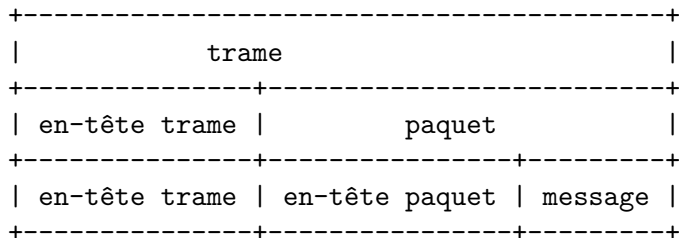
Déroulements des communications

Conclusion





Encapsulation des données



Plan

Place dans la pile réseau

Adressage IP

Structure des données

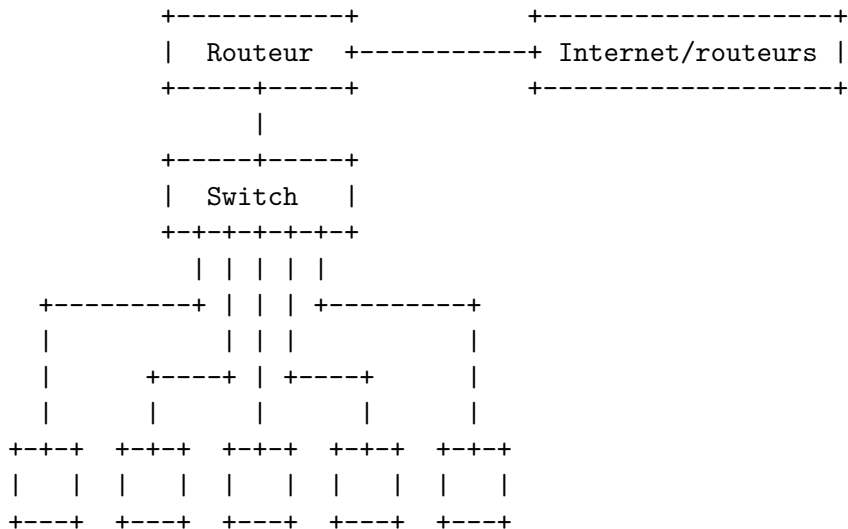
Matériel associé

Déroulements des communications

Conclusion

Routeur

- ▶ Chaque réseau est connecté à un routeur.
- ▶ Les routeurs sont tous connectés entre eux (Internet).
- ▶ Les paquets dont la destination n'est pas sur le même lien sont transmis au routeur le plus proche.





Autres équipements

- ▶ Pare-feu.
- ▶ Proxy, passerelle.
- ▶ NAT.
- ▶ ...

Plan

Place dans la pile réseau

Adressage IP

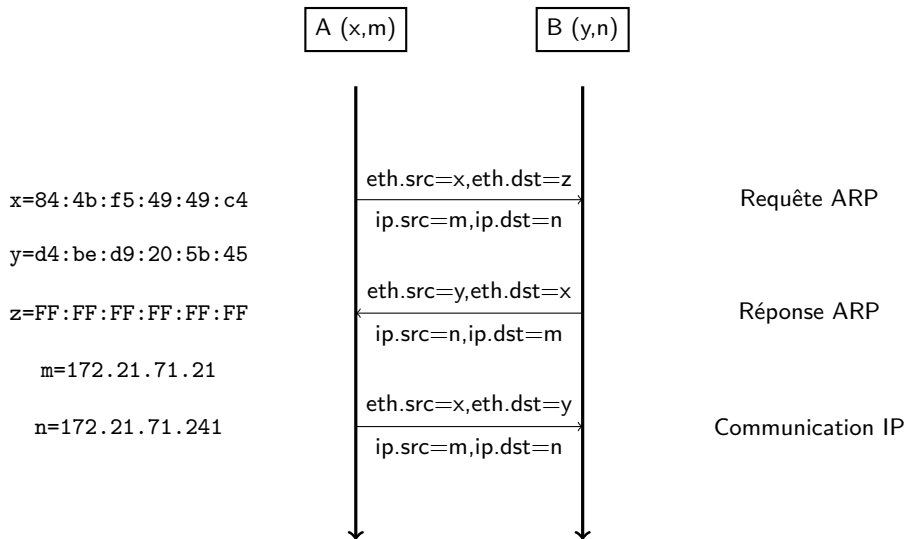
Structure des données

Matériel associé

Déroulements des communications

Conclusion

Exemple d'une communication sur le même lien (IPv4)





ICMPv6 Type = 135

Src = A

Dst = solicited-node multicast of B

Data = link-layer address of A

Query = what is your link address?

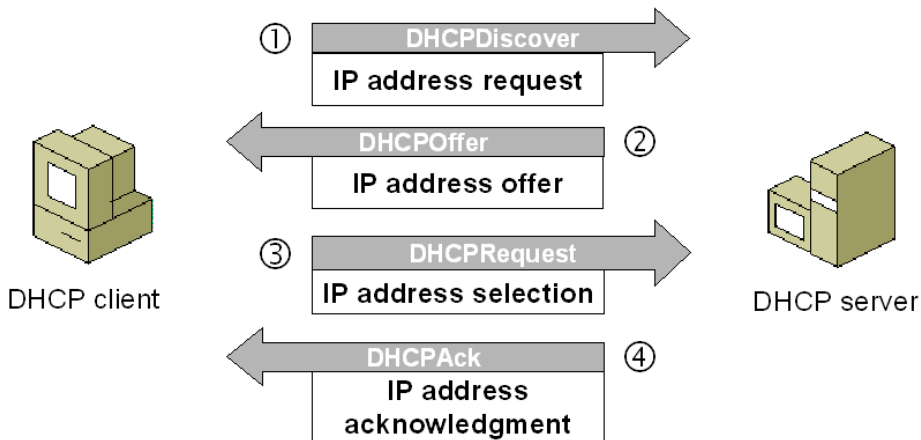
ICMPv6 Type = 136

Src = B

Dst = A

Data = link-layer address of B

A and B can now exchange
packets on this link



ICMPv6 Protocols: SLAAC + DAD

Hosts

Router

(Router Solicitation, optional)

N adv: (Reply)

Mac and IPv6 Unicast
Option=
src LL@: mac@

DAD:
Duplicate @ discovery
no reply (hopefully)

Router advertisement

Router advertisement

Neighbor Solicitation

Who is IPv6@? (# ARP)

Dst: Mac@: 33:33:ff: + ½ IF id
Dst IPv6: FF02::1:FF + IF id

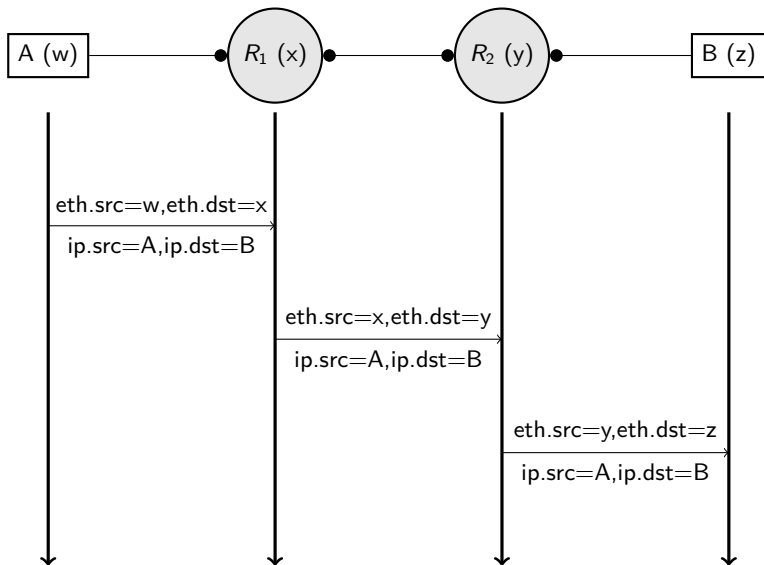
Option= src Link layer: mac@

Unsolicited:
Period:

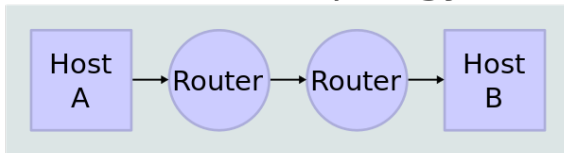
If duplicated address:

Mac@ all hosts
33:33:00:00:00:01
Target: Link-local@

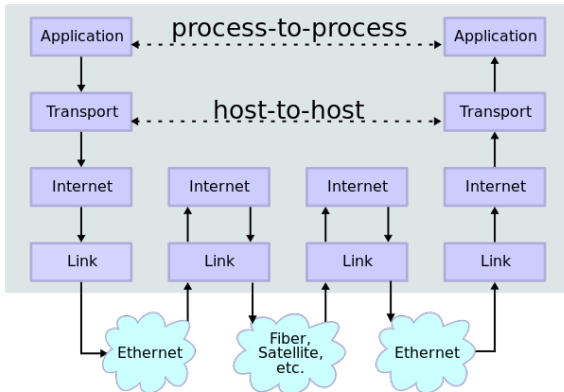
Exemple d'un acheminement sur plusieurs routeurs



Network Topology



Data Flow



Plan

Place dans la pile réseau

Adressage IP

Structure des données

Matériel associé

Déroulements des communications

Conclusion

Différences IPv4/IPv6

- ▶ Adresses sur 128 bits plutôt que 32 bits.
- ▶ Longueur de la partie réseau fixe (64 bits).
- ▶ Mécanisme d'obtention d'adresse automatique (SLAAC¹).
- ▶ Plusieurs adresses par interface et plusieurs réseaux par lien.
- ▶ Plus de diffusion (remplacée par une meilleure gestion intégrée des groupes multicast et anycast).
- ▶ Autres améliorations : qualité de service, routage plus efficace (longueur d'en-tête fixe), sécurité (IPSec), mobilité, ...

1. Stateless Address Autoconfiguration.

Déploiement IPv6

- ▶ Deux solutions :
 - ▶ Maintenir deux piles réseaux (dual stack) où cohabitent les deux protocoles quand les équipements le permettent.
 - ▶ Mise en place de tunnels : encapsuler les paquets IPv6 dans des paquets IPv4 (ou inversement).
- ▶ Processus de transition :
 - ▶ On ne change pas un réseau qui marche (“If it ain’t broke, don’t fix it”).
 - ▶ Élaboration d’une architecture IPv6.
 - ▶ Intégration des éléments de transition au fur et à mesure avec les interventions classiques.
 - ▶ Ce qui est essentiel est d’avoir un plan de transition (architecture, formation du personnel, test des fonctionnalités, ...).

Bilan

- ▶ Permet de transmettre des données avec peu de surcout.
- ▶ Contrôle d'intégrité.
- ▶ Pas de garanti que les paquets soient reçus.
- ▶ Taille du réseau mondiale.
- ▶ Quelques outils logiciels pour échanger directement des paquets (raw socket, ping, traceroute, ...).