

Réseaux 9

Communication locale au lien et multidiffusion

Juliusz Chroboczek

22 novembre 2020

Communication locale au lien

IP implémente la communication **globale**.

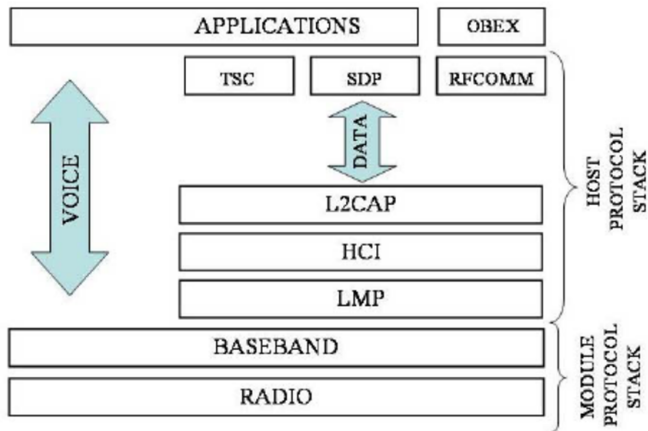
Parfois, on veut communiquer **localement au lien** :

- imprimante ;
- écouteurs ;
- transfert de fichiers *ad hoc* ;
- etc.

Communication de couche lien

Application **directement** au-dessus de la **couche lien**.
Typique des années 1980 (NetBEUI, pas AppleTalk).

Exemple moderne : **BlueTooth**.



Communication de couche lien (2)

Avantages :

- efficace (débit, latence, \$\$\$, €€, zł);
- pas de configuration (adresses, routage).

Désavantages :

- l'application doit être recodée pour chaque technologie couche lien (écouteurs USB et *BlueTooth*);
- difficile de changer de couche lien (IrDA → *BlueTooth*);
- API peu familières (on déteste *sockets*, mais au moins on connaît).

On a donc envie d'implémenter la communication locale au lien sur IP.

Communication locale au lien IPv4

IPv4 : pas de support spécifique dans le protocole :

- il faut une adresse IPv4 sur chaque interface ;
- il faut une table de routage.

(Impossible d'imprimer si le serveur DHCP est mort !)

Sous Linux, on peut se passer de la table de routage :

- BINDTODEVICE + MSG_DONTRROUTE.

Zeroconf (Bonjour) contourne le problème en tirant les adresses IP au hasard.

Communication locale au lien IPv6

Adresses locales au lien :

- dans `fe80::/64`;
- **existent toujours** (presque)
(même en l'absence d'infrastructure IPv6);
- **pas de table de routage**, interface sortante spécifiée dans `sin6_scope_id`.

Applications :

- **ND, RA** et **DHCPv6**
(pas besoin de tricher comme DHCPv4);
- **next hop** dans les tables de routage;
- *Zeroconf (Bonjour)* sur IPv6.

Multidiffusion

En *unicast*, un paquet est destiné à **un seul hôte**.

Multidiffusion :

- *broadcast*

paquet reçu par **toutes les interfaces** du lien local
(analogie : cours en amphi) ;

- *multicast*

le paquet est reçu par les « **abonnés** »
(analogie : télévision herzienne) ;

- *multi-unicast*

le paquet contient une **liste de destinataires**.

Anycast :

- le paquet est reçu par **un des abonnés**.

Multidiffusion : applications

La **multidiffusion** (*broadcast, multicast*) a deux applications très différentes :

- **découverte** : on recherche un destinataire **dont on ne connaît pas l'adresse**
ARP, ND, DHCPv4, RA, DHCPv6, *Zeroconf*, etc.
- envoi à des **destinataires multiples**
audio, vidéo en temps réel.

Découverte : application essentielle.

Destinataires multiples : peu utilisé, sauf en télévision.

Multidiffusion de couche lien

Multidiffusion de couche lien :

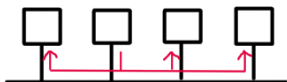
- **broadcast** : une trame est reçue par toutes les stations ;
- **multicast** : une trame est reçue par plusieurs stations.

Efficacité variable :

- Ethernet : **efficace** ;
- WiFi : **très inefficace** (débit minimum, pas d'ARQ) ;
- Arcnet : **broadcast, multicast simulé**.

Broadcast Ethernet

Ethernet est un **réseau à multidiffusion** (*broadcast network*) :



Par défaut, une interface *if* ignore les trames sauf si :

- l'adresse de destination est l'adresse d'*if*;
- l'adresse de destination est l'adresse **FF:FF:FF:FF:FF:FF**.

Un *broadcast* est simplement réalisé en envoyant une trame à l'adresse FF:FF:FF:FF:FF:FF.

Un tel *broadcast* est **inefficace** : toutes les stations du lien sont **interrompues** pour décider s'il faut accepter la trame.

Multicast Ethernet

Depuis les années 1990, **filtre multicast** : ensemble d'adresses destination **acceptées en plus**.

Une interface *if* ignore les trames sauf si :

- l'adresse de destination est l'adresse d'*if*;
- l'adresse de destination est l'adresse FF:FF:FF:FF:FF:FF ;
- l'adresse de destination est dans le **filtre multicast**.

S'abonner : ajouter l'adresse au filtre multicast.

Se **désabonner** : supprimer l'adresse du filtre multicast.

Un *multicast* est **efficace** : seules sont interrompues les stations qui se sont **abonnées** au groupe.

Multidiffusion locale au lien

Communication locale au lien : communication de couche lien transposée à la couche réseau.

Multidiffusion locale au lien : multidiffusion de couche lien transposée à la couche réseau.

Deux protocoles :

- *broadcast* IPv4 ;
- *multicast* local au lien IPv6.

(Il existe aussi un *multicast* IPv4 dont je ne parle pas.)

IPv4 : *Broadcast* local au lien

L'adresse IPv4 255.255.255.255 est l'adresse *broadcast limité* (local au lien).

Paquet destiné à 255.255.255.255 encapsulé dans une trame Ethernet destinée à FF:FF:FF:FF:FF:FF.

Une socket UDP liée à 0.0.0.0/0 reçoit les datagrammes *broadcast*.

Applications principales : ARP, DHCPv4 (vus en TD).

Broadcast IPv4 et API sockets

Broadcast uniquement utilisable avec UDP (TCP maintient de l'état).

Il suffit de mettre 255.255.255.255 dans l'adresse de destination de `sendto` ou `sendmsg`

Le datagramme est envoyé à tous les hôtes du lien local. **Lequel ?**

IPv4 ne prévoit pas les hôtes *multihomed*.

On contourne le problème à l'aide de `BINDTODEVICE`.

IPv6 : *Multicast* local au lien

IPv6 : pas de *broadcast*, on utilise le *multicast*.

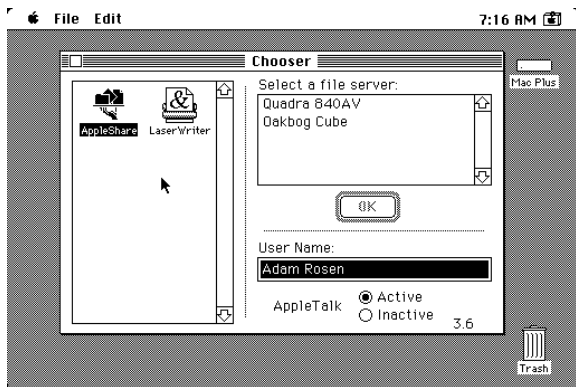
- Adresses dans `ff02::/114` ou `ff12::/114`;
- ce sont des adresses *locales au lien* :
 `sin6_scope_id` spécifie l'interface sortante ;
- tout hôte est abonné au groupe `ff02::1`
 remplace le *broadcast*
 (faites « `ping -c4 -I eth0 ff02::1` »).

Applications : ND, RA, DHCPv6, *Zeroconf* (Bonjour).

Digression : Zeroconf

Mac OS « classique » : **Appletalk**, 7 couches (!).

Appletalk implémentait la **découverte autonome** :



Appletalk **remplacé par IP** dans Mac OS X 10.6 (2009).

Digression : *Zeroconf* (2)

Zeroconf (*Bonjour*) vise à reproduire les fonctionnalités manquantes :

- *génération autonome d'adresses IPv4* (obsolète avec IPv6) ;
- *services dans le DNS* (DNS-SD) ;
- *DNS over multicast* (M-DNS).

Applications principales :

- *découverte d'imprimantes* ;
- *piratage de Macs.*

M-DNS ne traverse pas les routeurs.

(Empêche de scinder les Ethernet trop gros.)

Multicast IPv6 et API sockets

S'abonner ou se désabonner :
`setsockopt (IPV6_JOIN_GROUP)`.

Émettre un paquet : `sendto`
(on n'a pas besoin de s'abonner avant).

Recevoir un paquet : `recvfrom`
(il faut être abonné).

(Voir <https://www.irif.fr/~jch/enseignement/2019/prog-reseau/prog-reseau-9.pdf>)

Application : découverte de voisins

Le préfixe `ff02::1:ff00:0/104` est réservé pour la découverte de voisins.

Chaque hôte est abonné à `ff02:1:ff0::xxxx:xxxx`, où `xxxx:xxxx` est un hash de son adresse IPv6.

Requête ND envoyée au groupe du destinataire :

- évite d'interrompre tous les nœuds du lien pour chaque requête ;
- oblige chaque hôte à s'abonner à un groupe par adresse IPv6.

(IPv6 est donc inefficace sur les vieilles cartes Ethernet qui n'implémentent pas de filtre multicast.)

Multidiffusion globale

Il n'y a pas de *broadcast* global. Heureusement.

Par contre, il existe un *multicast* global :

- nécessite un *protocole de routage multicast* construit un arbre *depuis* la source vers les abonnés vecteur de distance *à l'envers*.
- nécessite de l'*état* : $O(\text{groupes} \times \text{sources} \times \text{routeurs})$.

Du fait de l'état nécessaire *pas déployé* globalement.

Multidiffusion locale au site

Le multicast global n'est **pas déployé**.

Par contre, le multicast est parfois déployé dans les **réseaux privés**. C'est le **multicast local au site**.

Application principale : télévision sur IP
(les 300 chaînes de télévision de *Free*).

Multicast global IPv6

Le préfixe `ff00::/120` est réservé au multicast.

Une **adresse de groupe** a la forme `ffxy: ...`, où

- `x` vaut 0 pour un groupe affecté globalement, 1 pour un groupe tiré au hasard ;
- `y` vaut :
 - 2 pour un groupe local au lien ;
 - 5 pour un groupe local au site ;
 - E (14) pour un groupe global.

Exemple : `ff05::2` : tous les routeurs du site.

Essayez `ping -c4 ff05::2`.

(Ça ne fait rien d'utile, pas d'infrastructure *multicast*.)

Anycast

Communication *anycast* :

le paquet arrive à un *sous-ensemble* du groupe :

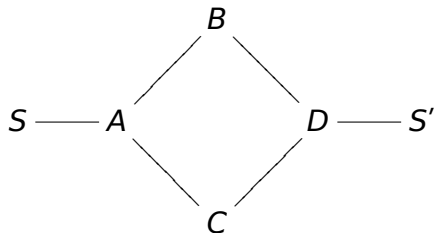
- typiquement *un seul destinataire* ;
- mais *perte* ou *duplication* de paquets.

Technique confidentielle mais *vastement déployée*.

Anycast : implémentation

Implémentation en vecteur de distances naïf :
même préfixe annoncé à **plusieurs endroits**.

(Attention aux mécanismes de suppression de boucle !)



Hôtes non-modifiés,
implémenté au niveau de l'**infrastructure de routage**.

Anycast : applications

Applications :

- serveurs racine DNS (car Google Chrome);
- CDN (*Content Distribution Network*)
(plus robuste que DNS scindé).

Difficile à déployer : injecter des routes dupliquées dans l'infrastructure de routage.

(Sujet de recherche ouvert : rendre l'*anycast* moins coûteux.)

Conclusion

Mécanismes de multidiffusion :

- *broadcast IPv4* (local au lien) ;
- *multicast local au lien IPv6* ;
- *multicast global IPv6*
(pas déployé, sujet de recherche ouvert).

Mécanismes *anycast* :

- *anycast global*
(confidentiel mais vastement déployé)
(sujet de recherche ouvert : *anycast* moins coûteux).