

Réseaux

Couche Réseau

E. Jeandel

Résumé des épisodes précédents

- Couche réseau :
- Transmission précise de données entre deux machines
- Non fiable

Couche transport

- Transmission de données entre deux *processus*
- Fiable ou non

1 Multiplexage

Problématique

- La couche réseau permet la transmission entre deux machines
- Deux processus différents sur la machine *A* veulent parler à un deux processus sur la machine *B*.
- La couche réseau ne permet pas de les distinguer

Solution

- *Ports*
- ~ Adresses de transport
- Sur 16 bits.
- Communication identifiée par un quadruplet (Adresse Réseau A, Port A, Adresse Réseau B, Port B)
- Triplet du point de vue de chacun des participants

Récapitulatif

- Si la machine *A* veut parler à la machine *B* sur le port *b*, elle doit d'abord choisir un port *a*
- Comment NAT peut-il fonctionner ?
- PAT (Port Address Translation)

UDP

- Ajoute les ports à IP, et c'est tout
- Encapsulé dans IP

| | | | | |
|-------------|------------------|----------|-----|---------|
| 16 | 16 | 16 | 16 | |
| Port Source | Port Destination | Longueur | CRC | Données |

Checksum : parité sur 16 bits de UDP+un header IP

2 TCP

Problématique

- UDP ne suffit pas
- Aucune garantie que les paquets arrivent, ni qu'ils arrivent dans l'ordre
- Besoin de transfert fiable

TCP

- Protocole connecté
- A la création, on alloue des structures de chaque côté pour s'occuper spécifiquement de la connexion
- Fiable
- Contrôle de la congestion

L'unité de base en TCP s'appelle le *segment* MSS : Max Segment Size

2.1 Fiabilité

Transfert fiable

- TCP utilise une variante de GoBackN
- Contrôle au niveau des *bits* et non pas des segments
- ACK *n* : j'ai tout reçu jusqu'au *n*-ième bit non compris
- Pas de NACK

Transfert fiable

- Premier numéro choisi aléatoirement et envoyé au correspondant lors de l'établissement de la connexion
- "empêche" de hacker une connexion TCP
- Numéros sur 32 bits

Optimisations

- Optimisation : *fast retransmit* de *n* si 3 ACK *n*.
- Piggybacking (Delayed ACK)
- Attendre 200ms avant de réenvoyer un ACK, au cas où il y aurait une réponse sur laquelle on peut se greffer
- Si un deuxième paquet arrive, envoyer le ACK
- En régime "permanent", seulement un paquet sur deux sera acquitté

Timeout

- Comment estimer le timeout avant de réenvoyer ?
- Estimation du temps AR (ERTT : estimated round-trip time)
-

$$ERTT := \alpha ERTT + (1 - \alpha)RTT$$

- RTT : temps AR du dernier paquet acquitté
- $0.8 \leq \alpha \leq 0.9$
- Comment fixer le timer ?

$$TIMER := ERTT + 4Deviation$$

$$Deviation := \alpha Deviation + (1 - \alpha)|RTT - ERTT|$$

2.2 Contrôle de flux

Contrôle de flux

- Chacun des deux participants a un buffer de réception
- Prévenir que le buffer est presque plein
- *B* prévient *A* qu'il lui reste *p* bits disponibles dans son buffer à chaque message qu'il envoie
- *A* doit s'arranger pour que

$$DernierBitEnvoye - DernierBitAcquitte \leq p$$

Problème (v1)

- *B* envoie un message comme quoi $p = 0$
- Que se passe-t-il ?
- Solution : *A* envoie des paquets de 1 bit que *B* acquitte.
- Persistence Timer

Problème (v2)

- *B* est beaucoup plus lent que *A*
- En régime "permanent", chaque segment fera un seul octet
- Silly Window Syndrome

Solution au SWS (Côté destinataire)

- Attendre que *p* redevienne suffisamment grand
- Par exemple taille max d'un segment ou la moitié de la taille totale
- Que faire en attendant ?
 - Ne pas envoyer de ACK
 - Envoyer des ACK avec $p = 0$

Problème côté émetteur (v3 tinygram)

- Éviter les petits paquets niveau émetteur (*Algorithme de Nagle*)
- Si beaucoup de données (plus que MSS), les envoyer
- S'il y a des données non acquittées, attendre
- Sinon envoyer

Attention

- Peut être indésirable (mouvement de la souris)
- Conflit avec le Delayed ACK
- Peut être désactivé (TCP_NODELAY)

Exemple

- La taille maximum d'un segment pour une pile réseau OSX est de 1448 octets.
- *A*, sous OSX, envoie 100000 octets à *B* puis attend le OK de *B*
- *B* attend les 100000 octets et envoie un OK à *A*.

Questions :

- Sous OSX, le programme va considérablement plus vite pour envoyer 102000 octets que 100000. Pourquoi ?
- Sous Windows qui a un segment max de 1460 octets, le programme va plus vite que sous OSX pour 100000 octets, mais moins vite pour 102000...

2.3 Qualité de service

Problématique

- Contrôler la congestion
- Essentiellement au niveau des routeurs qu'on ne contrôle pas
- Quelques infos par ICMP (globales !), mais aussi dans TCP lui-même (par connexion)

Exemple

- *A* et *B* reliés par un routeur au monde extérieur
- Routeur parfait (buffers infinis, temps de traitement nul)
- Câbles de débit *D*
- Comportement du système en fonction du débit moyen *d* de *A* et de *B* ?

Exemple

- Débit sortant : $\min(d, D/2)$ par connexion
- Délai (temps moyen avant réception) : $\sim 1/(D - 2d)$
- Dans la réalité, gros délai → réémission des paquets..

Exemple (v2)

- Même exemple
- Réémission des paquets → délais encore plus grands
- Nombre de paquets transférés de plus en plus petit
- Le routeur surchargé l'est encore plus...

Congestion (Problèmes)

- Dès que le débit est trop élevé
- Délais importants
- Retransmission de segments dans la file d'attente d'un routeur
- Paquets dupliqués envoyés par le routeur
- Les paquets abandonnées par le routeur correspondent à du trafic gâché

S'en occuper

- Qui doit s'en occuper ?
 - Couche réseau (tous les participants, routeurs compris)
 - Couche transport (uniquement les extrémités)
- Choix TCP/IP : Dans la couche transport

S'en occuper

- Comment s'en occuper
- Prévenir plutôt que guérir
- Comment contrôler le débit dans TCP ?
 - En changeant la taille de la fenêtre...

Congestion dans TCP : AIMD (Additive Increase - Multiplicative Decrease)

Point de vue : les pertes de paquets viennent uniquement des files d'attente dans les routeurs

- Fenêtre de congestion de taille F
- Seuil λ de congestion.
- Si $F < \lambda$
 - Au début, taille de la fenêtre de 2 MSS (*slow start*)
 - A chaque ACK, on augmente de 1 MSS
 - Augmentation *exponentielle*
- Si $F \geq \lambda$
 - Augmentation de 1MSS tous les F ACK
 - Augmentation *linéaire*
- Si perte de paquet (timeout) :
 - $\lambda = F/2$
 - La fenêtre passe à 1 MSS

Conséquences

- Conséquence pour l'utilisateur
- A cause du *slow start*, il vaut mieux une connexion pour transférer deux fichiers que deux connexions consécutives.
- Sans oublier les coûts de connexion...
- Exemple : HTTP
 - Keep-Alive
 - Pipelining

Routeurs

- n machines derrière un routeur
- Stratégie du routeur : supprimer les nouveaux paquets quand la file est pleine
- Problème : quand la file d'attente est pleine, *toutes* les connexions vont être perturbées et redémarrer

RED (Random Early Detection/Drop/Discard)

- File d'attente du routeur séparée en deux "moitiés"
- On remplit la première partie
- Si la première partie est pleine, on accepte dans la file d'attente un nouveau paquet IP qu'avec probabilité p
- Bien choisir p

2.4 Connexion

2.4.1 Création

Problématique

- Débuter et terminer la connexion
- Difficulté en général, dans un modèle asynchrone avec pertes, de se synchroniser
- Problème des généraux byzantins

Création de la connexion

- Vérifier que les deux parties veulent communiquer
- Allouer les buffers et autres structures
- Se mettre d'accord sur les numéros de séquence

Création de la connexion

- Paquet *SYN* x : je commence à numéroter à x
- Méthode informelle

A $\xrightarrow{SYN\ x}$ B
A $\xleftarrow{ACK\ x+1}$ B
A $\xleftarrow{SYN\ y}$ B
A $\xrightarrow{ACK\ y+1}$ B
A $\xrightarrow{DATA\ x+1}$ B
A $\xrightarrow{DATA\ x+2}$ B
A $\xrightarrow{DATA\ x+3}$ B
A $\xrightarrow{DATA\ x+4}$ B

Création de la connexion

On peut faire SYN+ACK en même temps.

$$\begin{array}{l} A \xrightarrow{SYN\ x} B \\ A \xleftarrow{SYN\ y, ACK\ x+1} B \\ A \xrightarrow{ACK\ y+1} B \end{array}$$

Three-way handshake.

– En pratique *A* peut envoyer des données dans le troisième paquet.

Création simultanée

$$\begin{array}{l} A \xrightarrow{SYN\ x} B \\ A \xleftarrow{SYN\ y} B \\ A \xrightarrow{SYN\ x, ACK\ y+1} B \\ A \xleftarrow{SYN\ y, ACK\ x+1} B \end{array}$$

Ne marche pas en pratique..

2.4.2 Fermeture

Fermeture de la connexion

- Prévenir qu'on a plus rien à envoyer
- Libérer les ressources allouées
- Attention, l'autre partenaire peut avoir quelque chose à envoyer

Fermeture

$$\begin{array}{l} A \xrightarrow{FIN} B \\ A \xleftarrow{ACK} B \\ A \xleftarrow{FIN} B \\ A \xrightarrow{ACK} B \end{array}$$

- Les deux segments envoyés par *B* ne peuvent pas toujours être confondus
- Timeout pour éviter les problèmes.