La programmation client-serveur

Olivier Aubert

Sources

- `http://www.info.uqam.ca/~obaid/INF4481/A01/Plan.htm`
- `http://bat710.univ-lyon1.fr/~exco/COURS/clientserveur.html`
- `man 2 socket`
- `http://www.developerweb.net/sock-faq/` FAQ socket
- RFC 791 (IP), RFC 793 (TCP), RFC 768 (UDP)
- Richard Stevens, *UNIX Network Programming*

Le modèle client-serveur

- Communication entre processus : un client, l'autre serveur, qui coopèrent.
- Cette coopération s'effectue sous la forme d'un échange de données. Le client reçoit les résultats finaux délivrés par le serveur.

Utilisation du modèle C/S

- S’étend de plus en plus vers tous les domaines d’activités :
  - World Wide Web
  - Gestion de bases de données
  - Systèmes transactionnels
  - Systèmes de messagerie
  - Systèmes de partage de données
  - Calcul scientifique
  - etc.

Les modes de connexion

- Le mode *non connecté*
  - ne garantit pas :
    - l'intégrité des données
    - l'ordonnancement des données
    - la non-duplication des données
  - Ces propriétés doivent être garanties par l'application.
- Le mode *connecté* :
  - garantit les propriétés ci-dessus
  - implique une diminution des performances brutes par rapport au mode non-connecté. Peut constituer une contrainte.
  - Permet une implémentation asynchrone des échanges

Les clients

- Une application cliente est moins complexe qu'une application serveur.
  - La plupart des applications clientes ne gèrent pas d'interactions avec plusieurs serveurs.
  - La plupart des applications clientes sont traitées comme un processus conventionnel ; un serveur peut nécessiter des accès privilégiés.

Les serveurs

Le processus serveur :

- offre un point d'entrée sur le réseau
- entre dans une boucle infinie d'attente de requêtes
- à la réception d'une requête, déclenche les processus associés à la requête, puis émet la réponse vers le client
- Deux types de serveurs :
  - itératifs : ne gèrent qu'un seul client à la fois
  - parallèles : fonctionnent en mode concurrent

Choix du type de serveur

- Serveurs itératifs en mode non-connecté :
  pour les services qui nécessitent très peu de traitements par requête. Par exemple, un serveur de temps.
- Serveurs itératifs en mode connnecté :
  pour les services qui nécessitent très peu de traitements par requête, mais ont besoin d'un transport fiable.
- Serveurs concurrents en mode non-connecté :
  - Temps de création d'un processus extrêmement faible par rapport au temps de traitement d'une requête.
  - Les requêtes nécessitent des accès périphériques importants.

Les sockets

- Interface client/serveur utilisée à l'origine dans le monde UNIX et TCP/IP.
- Fournit les primitives pour le support des communications reposant sur le protocole IP.
- Les applications client et serveur ne voient les couches de communication qu'à travers l'API *socket*.

Définition des sockets

- Les sockets peuvent être vues comme un point d'accès par lequel un processus peut envoyer ou recevoir des données.
- La socket se présente sous la forme d'un descripteur de fichier.
- Les sockets sont une interface d'accès au réseau au dessus du service transport. C'est une interface souple mais de bas niveau.

Structure des sockets

- Il existe différents types de sockets déterminées selon les propriétés de la communication que l'on veut établir.
- Les propriétés que l'on peut choisir sont :
  - respect de la séquentialité des envois
  - éviter les doubles envois
  - messages à caractère urgent
  - mode connecté

Caractéristiques des sockets

Une socket possède trois caractéristiques :

- **Type** Décrit la manière dont les données sont transmises : `SOCK_DGRAM`, `SOCK_STREAM`, `SOCK_RAW`.
- **Domaine** Définit la nommage des sockets et les formats d'adressage utilisés : `AF_UNIX`, `AF_INET`, `AF_INET6`, `AF_X25`.
- **Protocole** Décrit le protocole de communication à utiliser pour émettre et recevoir les données. Généralement déterminé par le domaine : `PF_UNIX`, `PF_INET`, `PF_INET6`, `PF_X25`.

Les domaines des sockets

- Le domaine d'une socket permet de spécifier le mode d'adressage et l'ensemble des protocoles utilisables par la socket.
- Les domaines d'adressage les plus courants sont Unix (`AF_UNIX`) et IP (`AF_INET`), voire IPv6 (`AF_INET6`).

Le domaine d'adressage

- Domaine `AF_UNIX` : pour les processus qui communiquent sur la même machine.
- Domaine `AF_INET` : pour les processus qui communiquent à travers le réseau IP. Les protocoles disponibles sont TCP/IP ou UDP/IP, voire IP.

Adressage

- Lorsqu'un processus serveur veut fournir des services, il a besoin d'un port d'attache pour la localisation de ses services.
- Un certain nombre de numéros est réservé aux services standards.
- Pour le serveur, les ports inférieurs à 1024 ne peuvent être utilisés que par le super-utilisateur `root`.
- Les numéros de port standard sont définis dans le fichier `/etc/services`, et accessibles via la commande `getservbyname()`.

Structures de socket

Les structures `sockaddr` et `sockaddr_in` sont définies comme suit :

```
struct sockaddr {
        sa_family_t     sa_family;      /* domaine */
        char            sa_data[14];    /* adresse eff
}

struct sockaddr_in {
  sa_family_t           sin_family;     /* domaine
  unsigned short int    sin_port;       /* numro de po
  struct in_addr        sin_addr;       /* adresse IP
  unsigned char         __pad[__SOCK_SIZE__ - ...] /*
}
```

Création d'une socket

On crée une socket avec la primitive `socket()` :

```
s = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
```

`s` est l'identificateur de la socket. On peut l'utiliser pour les opérations de lecture/écriture.

Gestion des connexions

- `bind()` permet d'associer une adresse à une socket :
```
int bind(int sockfd, struct sockaddr *my_addr,
socklen_t addrlen)
```
- `connect()` est utilisée par le client pour établir la connexion :
```
int connect(int sockfd, const struct sockaddr
*serv_addr, socklen_t addrlen);
```
- `listen()` est utilisée par le serveur pour établir la connexion :
```
int listen(int s, int backlog);
```
- `accept()` est utilisée par le serveur pour indiquer qu'il est prêt à accepter des connexions. Appel généralement bloquant :
```
int accept(int s, struct sockaddr *addr,
socklen_t *addrlen);
```
- `shutdown()` et `close()` permettent de fermer une connexion :
```
int shutdown(int s, int how);
```

Transfert en mode connecté

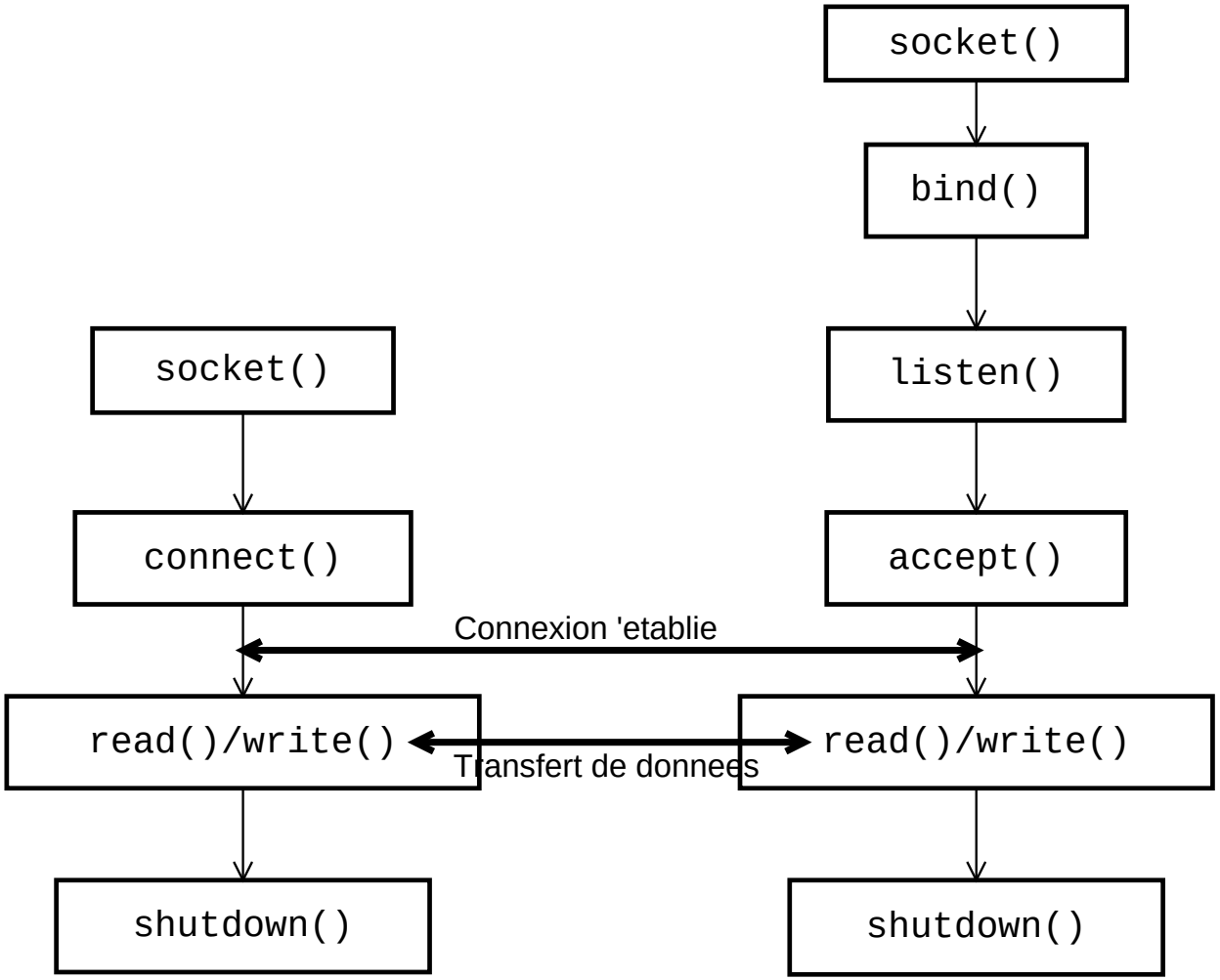
- Les commandes `send()` et `recv()` permettent d'échanger des données :

```
int send(int s, const void *msg, size_t len, int fl
int recv(int s, void *buf, size_t len, int flags);
```

- On peut préciser des options dans les champs `flags`. Par exemple, `MSG_OOB` pour les données urgentes.
- Attention : `send()` peut n'envoyer qu'une partie des données. Ne pas oublier de vérifier sa valeur de retour...
- Il est également possible d'utiliser les appels `read()` et `write()` qui offre moins de possibilités de contrôle.

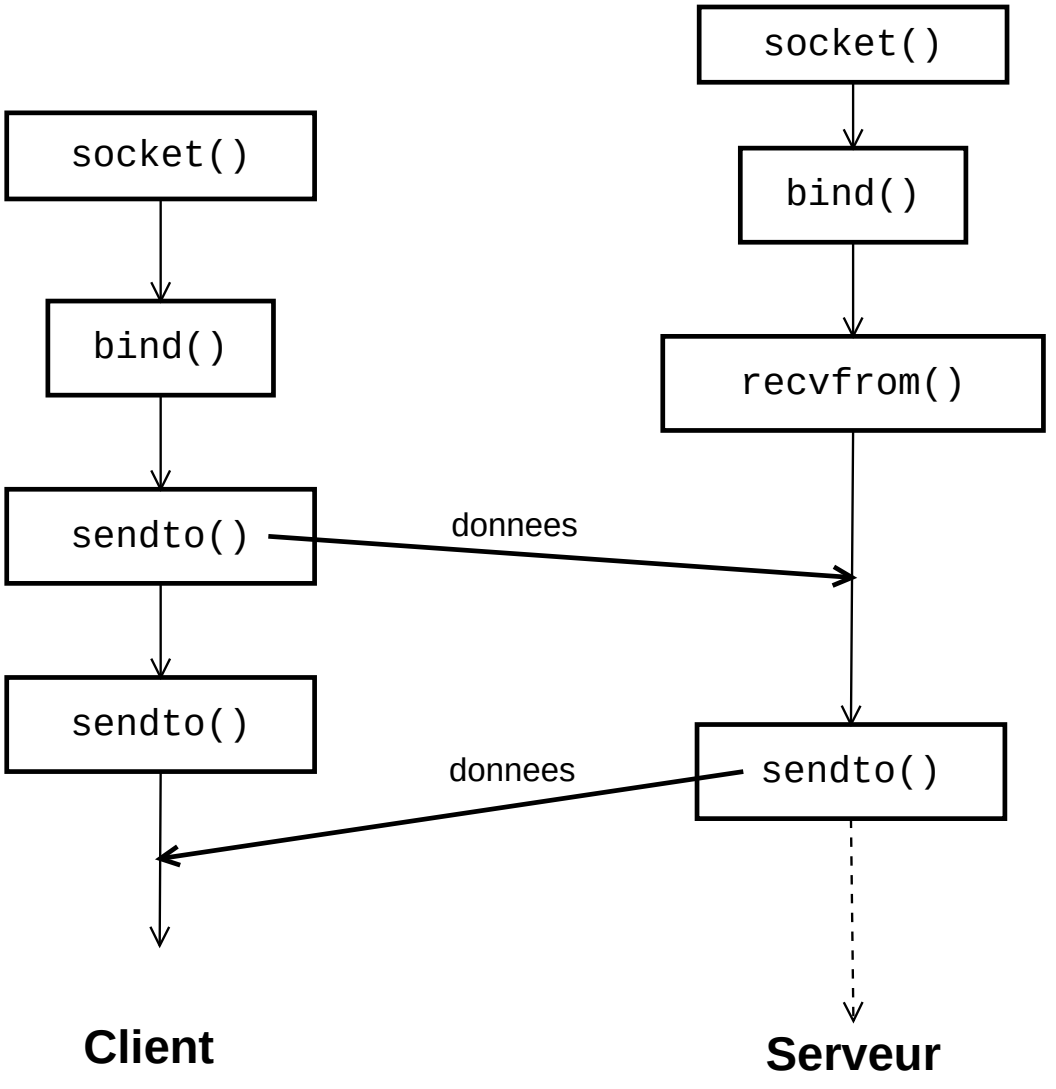
Client-serveur en mode connecté

Dans ce mode, on établit d'abord une connexion. On peut ensuite transférer des données à travers le tuyau créé.



Client-serveur en mode non-connecté

Dans ce mode, on n'établit pas de connexion au préalable.



Serveur séquentiel

Le serveur ne peut gérer qu'une connexion à la fois :

```
s = socket (...);
bind (...);
listen (s, ...);
for (;;) {
  ns = accept (s, ...);
  executer_service (ns, ...);
  close (ns);
}
```

Serveur concurrent

Le serveur peut gérer plusieurs connexions en parallèle :

```
s = socket (...);
bind (...);
listen (s, ...);
for (;;) {
  ns = accept (s, ...);
  if (fork() == 0) {
    close (s);
    executer_service (ns, ...);
    close (ns);
  } else {
  close (ns);
  }
}
```

Autre gestion de la concurrence

- Fonction `select()`
-
```
int select(int n, fd_set *readfds, fd_set *writefds,
fd_set *exceptfds, struct timeval *timeout);
```
- Manipulation des *fdsets* : `FD_ZERO`, `FD_SET`, `FD_CLR`, `FD_ISSET`

Transfert en mode non-connecté

- Aussi appelé *mode datagramme*.
- On utilise les commandes `sendto()` et `recvfrom()`.

```
int
sendto(int s, const void *msg, size_t len, int flags
       const struct sockaddr *to, socklen_t tolen);
int
recvfrom(int  s,  void  *buf,  size_t len, int flags
         struct sockaddr *from, socklen_t *fromlen);
```

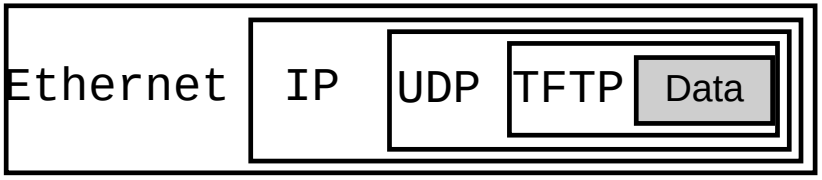
Les conversions de données

- Exemple de big endian/little endian :
  12 34 56 78 (Little endian - Motorola)
  78 56 34 12 (Big endian - Intel)
  Network order : 12 34 56 78 (little endian)
- `unsigned long int htonl(unsigned long int hostlong);`
  Convertit une valeur dans l'encodage réseau en une valeur dans l'encodage local.
- `unsigned short int htons(unsigned short int hostshort);`
  Idem pour des valeurs `short`.
- `unsigned long int ntohl(unsigned long int netlong);`
  Convertit une valeur dans l'encodage local en une valeur dans l'encodage réseau.
- `unsigned short int ntohs(unsigned short int netshort);`
  Idem pour des valeurs `short`

Traduction d'adresses

- Un nom de machine (`bat710.univ-lyon1.fr`) peut être converti en adresse IP (`134.214.88.10`) par la commande `gethostbyname()`.
- Les données nécessaires sont stockées en local (fichier `/etc/hosts`) ou sur des serveurs DNS.
- Fonction inverse : `gethostbyaddr`.

Encapsulation des données



Options

- `setsockopt` : permet de spécifier des options sur les connexions
- `SO_REUSEADDR`
- `SO_PRIORITY`
- `SO_DONTROUTE`
- `SO_BROADCAST`

Obtention d'informations

- `getpeername` : retourne le nom de la machine connectée à une socket

Inetd

- `inetd` : exemple de “super-serveur” UNIX
- Déclenche l’exécution de programmes lors d’une connexion sur un port particulier
- Les services sont nommés dans le fichier `/etc/services` :

```
echo                7/tcp
echo                7/udp
daytime             13/tcp
daytime             13/udp
ssh                 22/tcp                                  # SS
telnet              23/tcp
smtp                25/tcp          mail
tftp                69/udp
```

Inetd.conf

Configuration de inetd

```
# <service_name> <sock_type> <proto> <flags> <user> <server_path> <args>
daytime         stream  tcp     nowait  root    internal
telnet          stream  tcp     nowait  telnetd.telnetd /usr/sbin/in.telnetd
smtp            stream  tcp     nowait  mail    /usr/sbin/exim exim -bs
ident           stream  tcp     wait    identd  /usr/sbin/identd        identd
```