Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Java intègre nativement les fonctionnalités de communication réseau au dessus de TCP-UDP/IP
  - Package `java.net`
- Classes utilisées pour communication via UDP
  - `InetAddress` : codage des adresses IP
  - `DatagramSocket` : socket mode non connecté (UDP)
  - `DatagramPacket` : paquet de données envoyé via une socket sans connexion (UDP)

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `InetAddress`
  - Constructeurs
    - Pas de constructeurs, on passe par des méthodes statiques pour créer un objet
  - Méthodes
    - `public static InetAddress getByName(String host) throws UnknownHostException`
      - Crée un objet `InetAddress` identifiant une machine dont le nom est passé en paramètre
      - L'exception est levée si le service de nom (DNS...) du système ne trouve pas de machine du nom passé en paramètre sur le réseau
      - Si précise une adresse IP sous forme de chaîne ("192.12.23.24") au lieu de son nom, le service de nom n'est pas utilisé
        - Une autre méthode permet de préciser l'adresse IP sous forme d'un tableau de 4 octets

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `InetAddress`
  - Méthodes (suite)
    - `public static InetAddress getLocalHost() throws UnknownHostException`
      - Retourne l'adresse IP de la machine sur laquelle tourne le programme, c'est-à-dire l'adresse IP locale
    - `public String getHostName()`
      - Retourne le nom de la machine dont l'adresse est codée par l'objet InetAddress

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramPacket`
  - Structure des données en mode datagramme
  - Constructeurs
    - `public DatagramPacket(byte[] buf, int length)`
      - Création d'un paquet pour recevoir des données (sous forme d'un tableau d'octets)
      - Les données reçues seront placées dans `buf`
      - `length` précise la taille max de données à lire
        - Ne pas préciser une taille plus grande que celle du tableau
        - En général, `length` = taille de `buf`
      - Variante du constructeur : avec un offset pour ne pas commencer au début du tableau

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramPacket`
  - Constructeurs (suite)
    - `public DatagramPacket(byte[] buf, int length, InetAddress address, int port)`
      - Création d'un paquet pour envoyer des données (sous forme d'un tableau d'octets)
      - `buf` : contient les données à envoyer
      - `length` : longueur des données à envoyer
        - Ne pas préciser une taille supérieure à celle de `buf`
      - `address` : adresse IP de la machine destinataire des données
      - `port` : numéro de port distant (sur la machine destinataire) où envoyer les données

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramPacket`
  - Méthodes « get »
    - `InetAddress getAddress()`
      - Si paquet à envoyer : adresse de la machine destinataire
      - Si paquet reçu : adresse de la machine qui a envoyé le paquet
    - `int getPort()`
      - Si paquet à envoyer : port destinataire sur la machine distante
      - Si paquet reçu : port utilisé par le programme distant pour envoyer le paquet
    - `byte[] getData`
      - Données contenues dans le paquet
    - `int getLength()`
      - Si paquet à envoyer : longueur des données à envoyer
      - Si paquet reçu : longueur des données reçues

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramPacket`
  - Méthodes « set »
    - `void setAddress(InetAdress adr)`
      - Positionne l'adresse IP de la machine destinataire du paquet
    - `void setPort(int port)`
      - Positionne le port destinataire du paquet pour la machine distante
    - `void setData(byte[] data)`
      - Positionne les données à envoyer
    - `int setLength(int length)`
      - Positionne la longueur des données à envoyer

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramPacket`, complément sur les tailles des données envoyées
  - Java n'impose aucune limite en taille pour les tableaux d'octets circulant dans les paquets UDP, mais
    - Pour tenir dans un seul datagramme IP, le datagramme UDP ne doit pas contenir plus de 65467 octets de données
      - Un datagramme UDP est rarement envoyé via plusieurs datagrammes IP
    - Mais en pratique : il est conseillé de ne pas dépasser 8176 octets
      - Car la plupart des systèmes limitent à 8 Ko la taille des datagrammes UDP
    - Pour être certain de ne pas perdre de données : 512 octets max
    - Si datagramme UDP trop grand : les données sont tronquées
  - Si tableau d'octets en réception est plus petit que les données envoyées
    - Les données reçues sont généralement tronquées

Socket
UDP
en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramSocket`
  - Socket en mode datagramme
  - Constructeurs
    - `public DatagramSocket() throws SocketException`
      - Crée une nouvelle socket en la liant à un port quelconque libre
      - Exception levée en cas de problème (a priori il doit pas y en avoir)
    - `public DatagramSocket(int port) throws SocketException`
      - Crée une nouvelle socket en la liant au port local précisé par le paramètre `port`
      - Exception levée en cas de problème : notamment quand le port est déjà occupé

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramSocket`
  - Méthodes d'émission/réception de paquet
    - `public void send(DatagramPacket p) throws IOException`
      - Envoie le paquet passé en paramètre. Le destinataire est identifié par le couple @IP/port précisé dans le paquet
      - Exception levée en cas de problème d'entrée/sortie
    - `public void receive(DatagramPacket p) throws IOException`
      - Reçoit un paquet de données
      - Bloquant tant qu'un paquet n'est pas reçu
      - Quand paquet arrive, les attributs de `p` sont modifiés
        - Les données reçues sont copiées dans le tableau passé en paramètre lors de la création de `p` et sa longueur est positionnée avec la taille des données reçues
        - Les attributs d'@IP et de port de `p` contiennent l'@IP et le port de la socket distante qui a émis le paquet

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramSocket`
  - Autres méthodes
    - `public void close()`
      - Ferme la socket et libère le port à laquelle elle était liée
    - `public int getLocalPort()`
      - Retourne le port local sur lequel est liée la socket
  - Possibilité de créer un canal (mais toujours en mode non connecté)
    - Pour restreindre la communication avec un seul destinataire distant
    - Car par défaut peut recevoir sur la socket des paquets venant de n'importe où

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Classe `DatagramSocket`
  - Réception de données : via méthode `receive`
    - Méthode bloquante sans contrainte de temps : peut rester en attente indéfiniment si aucun paquet n'est jamais reçu
  - Possibilité de préciser un délai maximum d'attente
    - `public void setSoTimeout(int timeout) throws SocketException`
    - L'appel de la méthode `receive` sera bloquante pendant au plus `timeout` millisecondes
    - Une méthode `receive` se terminera alors de 2 façons
      - Elle retourne normalement si un paquet est reçu en moins du temps positionné par l'appel de `setSoTimeout`
      - L'exception `SocketTimeoutException` est levée pour indiquer que le délai s'est écoulé avant qu'un paquet ne soit reçu
        - `SocketTimeoutException` est une sous-classe de `IOException`

Sockets UDP Java – exemple coté client

Socket UDP en Java

```
InetAddress adr;
DatagramPacket packet;
DatagramSocket socket;

// adr contient l'@IP de la partie serveur
adr = InetAddress.getByName("scinfr222");

// données à envoyer : chaîne de caractères
byte[] data = (new String("youpi")).getBytes();

// création du paquet avec les données et en précisant l'adresse du serveur
// (@IP et port sur lequel il écoute : 7777)
packet = new DatagramPacket(data, data.length, adr, 7777);

// création d'une socket, sans la lier à un port particulier
socket = new DatagramSocket();

// envoi du paquet via la socket
socket.send(packet);
```

Socket UDP en Java

Sockets UDP Java – exemple coté serveur

```
DatagramSocket socket;
DatagramPacket packet;

// création d'une socket liée au port 7777
DatagramSocket socket = new DatagramSocket(7777);

// tableau de 15 octets qui contiendra les données reçues
byte[] data = new byte[15];

// création d'un paquet en utilisant le tableau d'octets
packet = new DatagramPacket(data, data.length);

// attente de la réception d'un paquet. Le paquet reçu est placé dans
// packet et ses données dans data.
socket.receive(packet);

// récupération et affichage des données (une chaîne de caractères)
String chaine = new String(packet.getData(), 0,
                           packet.getLength());
System.out.println(" recu : "+chaine);
```

Socket UDP en Java

Sockets UDP en Java – exemple suite

- La communication se fait souvent dans les 2 sens
  - Le serveur doit donc connaître la localisation du client
  - Elle est précisée dans le paquet qu'il reçoit du client
- Réponse au client, coté serveur
  -
```
System.out.println(" ca vient de :
"+packet.getAddress()+":"+ packet.getPort());

// on met une nouvelle donnée dans le paquet
// (qui contient donc le couple @IP/port de la socket coté client)
packet.setData((new String("bien recu")).getBytes());

// on envoie le paquet au client
socket.send(packet);
```

Socket
UDP
en Java

Sockets UDP en Java – exemple suite

- Réception réponse du serveur, coté client

```
// attente paquet envoyé sur la socket du client
socket.receive(packet);

// récupération et affichage de la donnée contenue dans le paquet
String chaine = new String(packet.getData(), 0,
                           packet.getLength());
System.out.println(" recu du serveur : "+chaine);
```

Socket
UDP
en Java

Critique sockets UDP

- Avantages
  - Simple à programmer (et à appréhender)
- Inconvénients
  - Pas fiable
  - Ne permet d'envoyer que des tableaux de byte

Socket
UDP
en Java

Structure des données échangées

- Format des données à transmettre
  - Très limité a priori : tableaux de byte
    - Et attention à la taille réservée : si le récepteur réserve un tableau trop petit par rapport à celui envoyé, une partie des données est perdue
  - Doit donc pouvoir convertir
    - Un objet quelconque en byte[] pour l'envoyer
    - Un byte[] en un objet d'un certain type après réception
  - Deux solutions
    - Créer les méthodes qui font cela : lourd et dommage de faire des tâches de si « bas-niveau » avec un langage évolué comme Java
    - Utiliser les flux Java pour conversion automatique

Socket
UDP
en Java

Conversion Object <-> byte[]

- Pour émettre et recevoir n'importe quel objet via des sockets UDP
  - En écriture : conversion de Object en byte[]

```
ByteArrayOutputStream byteStream =
                        new ByteArrayOutputStream();
ObjectOutputStream objectStream =
                new ObjectOutputStream(byteStream);
objectStream.writeObject(object);
byte[] byteArray = byteStream.toByteArray();
```

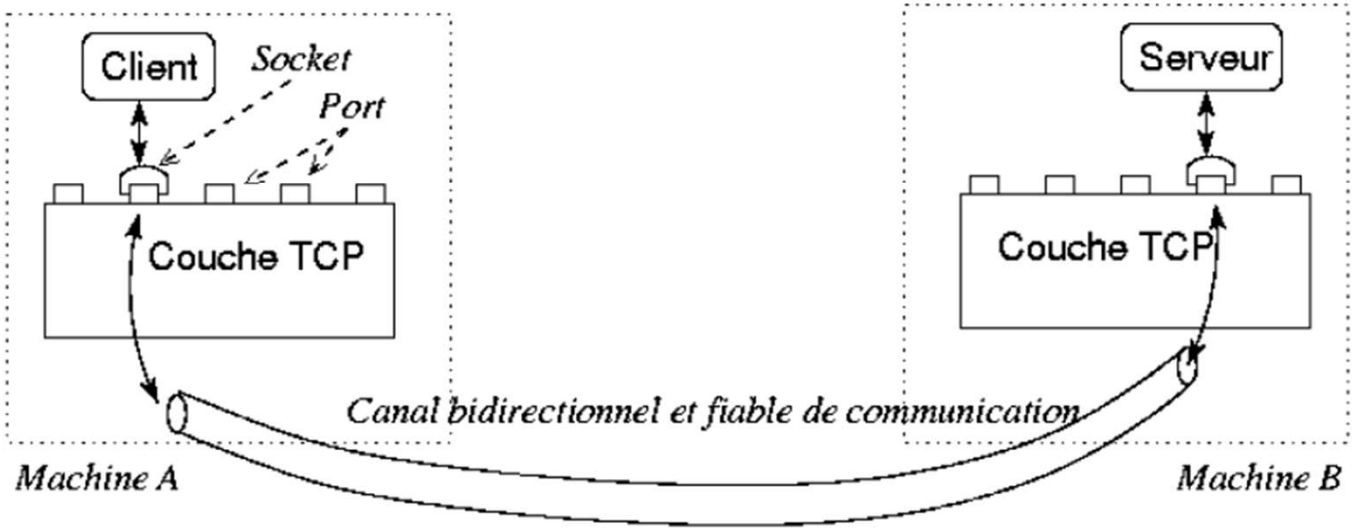
  - En lecture : conversion de byte[] en Object

```
ByteArrayInputStream byteStream =
                new ByteArrayInputStream(byteArray);
ObjectInputStream  objectStream =
                new ObjectInputStream(byteStream);
object = objectStream.readObject();
```

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP : principe

- Fonctionnement en mode connecté
  - Données envoyées dans un « tuyau » et non pas par paquet
    - Flux de données
    - Correspond aux flux Java dans la mise en oeuvre Java des sockets TCP
  - Fiable : la couche TCP assure que
    - Les données envoyées sont toutes reçues par la machine destinataire
    - Les données sont reçues dans l'ordre où elles ont été envoyées



Socket
TCP
en Java

Sockets TCP : principe

- Principe de communication
  - Le serveur lie une socket d'écoute sur un certain port bien précis et appelle un service d'attente de connexion de la part d'un client
  - Le client appelle un service pour ouvrir une connexion avec le serveur
    - Il récupère une socket (associée à un port quelconque par le système)
  - Du coté du serveur, le service d'attente de connexion retourne une socket de service (associée à un port quelconque)
    - C'est la socket qui permet de dialoguer avec ce client
  - Comme avec sockets UDP : le client et le serveur communiquent en envoyant et recevant des données via leur socket

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP en Java

- Classes du package `java.net` utilisées pour communication via TCP
  - `InetAddress` : codage des adresses IP
    - Même classe que celle décrite dans la partie UDP et usage identique
  - `Socket` : socket mode connecté
  - `ServerSocket` : socket d'attente de connexion du coté server

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP en Java

- Classe Socket
  - Socket mode connecté
  - Constructeurs
    - `public Socket(InetAddress address, int port) throws IOException`
      - Crée une socket locale et la connecte à un port distant d'une machine distante identifié par le couple `address/port`
    - `public Socket(String address, int port) throws IOException,UnknownHostException`
      - Idem mais avec nom de la machine au lieu de son adresse IP codée
      - Lève l'exception `UnknownHostException` si le service de nom ne parvient pas à identifier la machine
    - Variante de ces 2 constructeurs pour préciser en plus un port local sur lequel sera liée la socket créée

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP en Java

- Classe Socket
  - Méthodes d'émission/réception de données
    - Contrairement aux sockets UDP, les sockets TCP n'offre pas directement de services pour émettre/recevoir des données
    - On récupère les flux d'entrée/sorties associés à la socket
      - `OutputStream getOutputStream()`
        - Retourne le flux de sortie permettant d'envoyer des données via la socket
      - `InputStream getInputStream()`
        - Retourne le flux d'entrée permettant de recevoir des données via la socket
  - Fermeture d'une socket
    - `public close()`
      - Ferme la socket et rompt la connexion avec la machine distante

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP en Java

- Classe Socket
  - Méthodes « get »
    - `int getPort()`
      - Renvoie le port distant avec lequel est connecté la socket
    - `InetAddress getAddress()`
      - Renvoie l'adresse IP de la machine distante
    - `int getLocalPort()`
      - Renvoie le port local sur lequel est liée la socket
  - `public void setSoTimeout(int timeout) throws SocketException`
    - Positionne l'attente maximale en réception de données sur le flux d'entrée de la socket
      - Si temps dépassé lors d'une lecture : exception `SocketTimeoutException` est levée
      - Par défaut : temps infini en lecture sur le flux

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP en Java

- Classe ServerSocket
  - Socket d'attente de connexion, coté serveur uniquement
  - Constructeurs
    - `public ServerSocket(int port) throws IOException`
      - Crée une socket d'écoute (d'attente de connexion de la part de clients)
      - La socket est liée au port dont le numéro est passé en paramètre
        - L'exception est levée notamment si ce port est déjà lié à une socket
  - Méthodes
    - `Socket accept() throws IOException`
      - Attente de connexion d'un client distant
      - Quand connexion est faite, retourne une socket permettant de communiquer avec le client : socket de service
    - `void setSoTimeout(int timeout) throws SocketException`
      - Positionne le temps maximum d'attente de connexion sur un accept
        - Si temps écoulé, l'accept lève l'exception `SocketTimeoutException`
      - Par défaut, attente infinie sur l'accept

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP Java – exemple coté client

- Même exemple qu'avec UDP
  - Connexion d'un client à un serveur
  - Envoi d'une chaîne par le client et réponse sous forme d'une chaîne par le serveur
- Coté client

```
// adresse IP du serveur
InetAddress adr = InetAddress.getByName("scinfr222");

// ouverture de connexion avec le serveur sur le port 7777
Socket socket = new Socket(adr, 7777);
```

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP Java – exemple coté client

- Coté client (suite)

```
// construction de flux objets à partir des flux de la socket
ObjectOutputStream output =
    new ObjectOutputStream(socket.getOutputStream());
ObjectInputStream input =
    new ObjectInputStream(socket.getInputStream());

// écriture d'une chaîne dans le flux de sortie : c'est-à-dire envoi de
// données au serveur
output.writeObject(new String("youpi"));

// attente de réception de données venant du serveur (avec le readObject)
// on sait qu'on attend une chaîne, on peut donc faire un cast directement
String chaine = (String)input.readObject();
System.out.println(" recu du serveur : "+chaine);
```

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP Java – exemple coté serveur

```
// serveur positionne sa socket d'écoute sur le port local 7777
ServerSocket serverSocket = new ServerSocket(7777);

// se met en attente de connexion de la part d'un client distant
Socket socket = serverSocket.accept();

// connexion acceptée : récupère les flux objets pour communiquer
// avec le client qui vient de se connecter
ObjectOutputStream output =
    new ObjectOutputStream(socket.getOutputStream());
ObjectInputStream input =
    new ObjectInputStream(socket.getInputStream());

// attente les données venant du client
String chaine = (String)input.readObject();
System.out.println(" recu : "+chaine);
```

Socket
TCP
en Java

Sockets TCP

- Critique sockets TCP
  - Avantages
    - Niveau d'abstraction plus élevé qu'avec UDP
      - Mode connecté avec phase de connexion explicite
      - Flux d'entrée/sortie
    - Fiable
  - Inconvénients
    - Plus difficile de gérer plusieurs clients en même temps
      - Nécessite du parallélisme avec des threads (voir suite cours)
      - Mais oblige une bonne structuration coté serveur

Socket
TCP
en Java

Sockets UDP ou TCP ?

- Choix entre UDP et TCP
  - A priori simple
    - TCP est fiable et mieux structuré
  - Mais intérêt tout de même pour UDP dans certains cas
    - Si la fiabilité n'est pas essentielle
    - Si la connexion entre les 2 applications n'est pas utile
    - Exemple
      - Un thermomètre envoie toutes les 5 secondes la température de l'air ambiant à un afficheur distant
        - Pas grave de perdre une mesure de temps en temps
        - Pas grave d'envoyer les mesures même si l'afficheur est absent

Socket
TCP
en Java

Sockets UDP ou TCP ?

- Exemple de protocole utilisant UDP : NFS
  - Network File System (NFS)
    - Accès à un système de fichiers distant
  - A priori TCP mieux adapté car besoin de fiabilité lors des transferts des fichiers, mais
    - NFS est généralement utilisé au sein d'un réseau local
      - Peu de pertes de paquets
    - UDP est plus basique et donc plus rapide
      - TCP gère un protocole assurant la fiabilité impliquant de nombreux échanges supplémentaires entre les applications (envoi d'acquittement...)
      - Peu de perte de paquet en UDP en local : peu directement gérer la fiabilité au niveau NFS ou applicatif et c'est moins couteux en temps
    - Dans ce contexte, il n'est pas pénalisant d'utiliser UDP au lieu de TCP pour NFS
      - NFS fonctionne sur ces 2 couches

Socket
TCP
en Java

Concurrence

- Par principe, les éléments distants communiquants sont actifs en parallèle
  - Plusieurs processus concurrents
  - Avec processus en pause lors d'attente de messages
- Exemple de flux d'exécution pour notre exemple de client/serveur précédent