

Programmation Concurrente, Réactive et Répartie

Cours N°8

Emmanuel Chailloux

Master d'Informatique
Université Pierre et Marie Curie

année 2010-2011

Cours 8 : Programmation répartie

- ▶ Appels distants
- ▶ RMI
 - ▶ appels distants et concurrents
 - ▶ mécanisme de rappel
 - ▶ Dgc
 - ▶ mécanisme d'activation
- ▶ chargement dynamique

Remote Procedure Call

- ▶ appel de procédures ou fonctions distantes
- ▶ des difficultés :
 - ▶ transmission des paramètres :
 - ▶ par référence / par copie
 - ▶ différentes représentations : XDR
 - ▶ typage non sûr
 - ▶ localisation des serveurs/services :
 - ▶ en dur
 - ▶ dynamique : PORTMAPPER
 - ▶ génération du code d'encapsulation : RPCGEN
 - ▶ panne client ou serveur

portmap et rpcinfo

► enregistrement de services

```
rpcinfo -p hydrogene.pps.jussieu.fr
program no_version protocole no_port
100000 2 tcp 111 portmapper
100000 2 udp 111 portmapper
100021 1 udp 32768 nlockmgr
100021 3 udp 32768 nlockmgr
100021 4 udp 32768 nlockmgr
100021 1 tcp 32768 nlockmgr
100021 3 tcp 32768 nlockmgr
100021 4 tcp 32768 nlockmgr
100007 2 udp 705 ypbind
100007 1 udp 705 ypbind
100007 2 tcp 708 ypbind
100007 1 tcp 708 ypbind
100003 2 udp 2049 nfs
100003 3 udp 2049 nfs
100003 4 udp 2049 nfs
100003 2 tcp 2049 nfs
100003 3 tcp 2049 nfs
100003 4 tcp 2049 nfs
100005 1 udp 759 mountd
100005 1 tcp 762 mountd
100005 2 udp 759 mountd
100005 2 tcp 762 mountd
100005 3 udp 759 mountd
100005 3 tcp 762 mountd
100024 1 udp 885 status
100024 1 tcp 888 status
100011 1 udp 888 rquotad
100011 2 udp 888 rquotad
100011 1 tcp 891 rquotad
```

...

RPCGEN (1)

- ▶ un IDL + générateur des codes souches (clients) / squelettes (serveur)
- ▶ add.x :

```
1  struct intpair {
2      int a;
3      int b;
4  };
5
6  program ADDPROG {
7      version ADDVERS {
8          int ADDPROC_ADD(intpair) = 1;
9          int ADDPROC_MULT(intpair) = 2;
10     } = 1;
11 } = 55555;
```

RPCGEN (2)

► Génération

```
1 $ rpcgen -C add.x
2 $ ls
3 add.h
4 add.x
5 add_svc.c
6 add_clnt.c
7 add_xdr.c
```

Exemple : code serveur (1)

```
1 cc -c -o add_svc.o add_svc.c
2 cc -c -o proc.o proc.c
3 cc -o server add_svc.o add_xdr.o proc.o
```

```
1 #include <rpc/rpc.h>
2 #include "add.h"
3
4 int *addproc_add_1_svc(intpair *s, struct svc_req *rqstp)
5 {
6     static int r;
7     r = s -> a + s -> b;
8     return &r;
9 }
10
11 int *addproc_mult_1_svc(intpair *s, struct svc_req *rqstp)
12 {
13     static int r;
14     r = s -> a * s -> b;
15     return &r;
16 }
```

Exemple : code client (2)

```
1 cc -c -o client.o client.c
2 cc -c -o add_clnt.o add_clnt.c
3 cc -c -o add_xdr.o add_xdr.c
4 cc -o client client.o add_clnt.o add_xdr.o
```

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <rpc/rpc.h>
3 #include "add.h"
4
5 main(argc, argv)
6 char **argv;
7 {
8     intpair s;
9     int *r;
10    CLIENT *cl;
11
12    if (argc != 4)
13        fprintf(stderr, "Use: client host <int> <int>\n"),
14        exit(1);
15    ...
```

Exemple : code client (3)

```
1  ...
2      if ((cl = clnt_create(argv[1], ADDPROG, ADDVERS, "tcp↔
3          ") == NULL)
4          clnt_pcreateerror(argv[1]), exit(1);
5      s.a = atoi(argv[3]);
6      s.b = atoi(argv[3]);
7
8      if ((r = addproc_add_1(&s, cl)) == NULL)
9          clnt_perror(cl, argv[1]), exit(1);
10     printf("From %s : %d + %d = %d\n", argv[1], s.a, s.b, *r);
11
12     if ((r = addproc_mult_1(&s, cl)) == NULL)
13         clnt_perror(cl, argv[1]), exit(1);
14     printf("From %s : %d * %d = %d\n", argv[1], s.a, s.b, *r);
15
16     exit(0);
17 }
```

Exemple : exécution (4)

```
1 $ ./server
2 $ ./client localhost 12 23
3 From localhost : 12 + 23 = 35
4 From localhost : 12 * 23 = 276
5 $ ./client localhost 11 23
6 From localhost : 11 + 23 = 34
7 From localhost : 11 * 23 = 253
```

```
1 $ rpcinfo -p
2   program vers  proto  port
3   100000     2    tcp   111  portmapper
4   100000     2    udp   111  portmapper
5     44444     1    udp  51133
6     44444     1    tcp  53879
```

Pannes

- ▶ demande : réémission sur expiration de temporisation
- ▶ réponse : réémission sur expiration de temporisation, avec réexécution de la requête

Objets distribués

Possibilités:

clients/serveurs + persistance \Rightarrow transport d'objets par copie (et création de nouvelles instances)

Références distantes:

références de plusieurs endroits du réseau au même objet pour invoquer ses méthodes et/ou modifier ses variables d'instances.

Difficultés de mise en œuvre

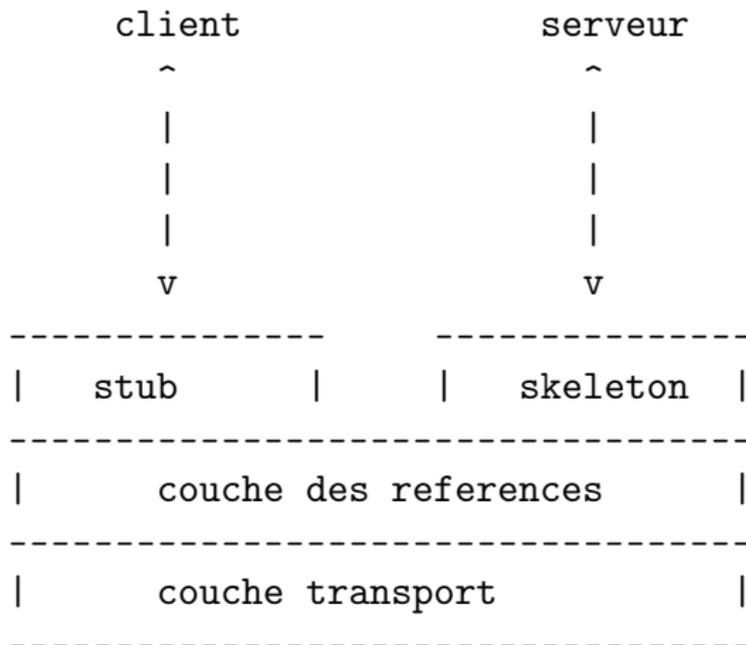
- ▶ transparence référentielle
- ▶ Garbage Collector
- ▶ typage des objets copiés
- ▶ exceptions distantes

le jdk 1.1 offre un mécanisme simple nommé RMI (*Remote Method Invokation*) permettant de manipuler des objets distants.

RMI

- ▶ objet distant : sur une autre machine virtuelle Java
- ▶ garde le même modèle objet
- ▶ utilisation d'interface étendant Remote
- ▶ passage de paramètre et résultat par copie (Serializable)

Structure générale



Le serveur s'en trouve compliqué sur les services suivants :

- ▶ GC des objets distribués
- ▶ réplication d'objets distants
- ▶ activation d'objets persistants

Paquetages

Les paquetages utiles sont :

- ▶ `java.rmi` : pour le coté client
- ▶ `java.rmi.server` : pour le coté serveur
- ▶ `java.rmi.registry` : pour l'utilisation d'un service d'enregistrement et de référentiel des objets serveurs,
- ▶ `java.rmi.dgc` : pour le GC distribué.

L'interface d'objets distants étend l'interface `Remote` en ajoutant les méthodes désirées qui peuvent déclencher des `RemoteException`.

Exemple : Points distants

Interface:

```
1 import java.rmi.*;
2 public interface PointRMI extends Remote {
3
4     void moveto (int a, int b)    throws RemoteException;
5
6     void rmoveto (int dx, int dy) throws RemoteException;
7
8     void affiche()    throws RemoteException;
9
10    double distance() throws RemoteException;
11 }
```

Implantation d'interfaces distantes

```
1 import java.rmi.*;
2 import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
3
4 public class PointD extends UnicastRemoteObject implements ←
    PointRMI {
5
6     int x,y;
7     PointD(int a, int b) throws RemoteException {x=a;y=b;}
8     PointD() throws RemoteException {x=0;y=0;}
9
10    public void moveto (int a, int b) throws ←
        RemoteException {
11        x=a; y=b; }
12    public void rmoveto (int dx, int dy) throws ←
        RemoteException {
13        x = x + dx; y = y + dy;}
14    public void affiche() throws RemoteException {
15        System.out.println("(" + x + "," + y + ")");}
16    public double distance() throws RemoteException {
17        return Math.sqrt(x*x+y*y);}
18 }
```

Compilation

- ▶ interface et implantation par : `javac`
- ▶ *stubs* et *skeletons* par : `rmic` de la manière suivante :

`rmic PointD` qui créera les fichiers `PointD_Stub.class` et `PointD_Skel.class`.

création et enregistrements

Le serveur de points lui va créer des instances de PointD et les enregistrer (rebind) auprès du démon (rmiregistry) qui gère le protocole rmi.

```
1 import java.rmi.*;
2 import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
3 public class Creation {
4     public static void main (String args []) {
5
6         if (System.getSecurityManager() == null) {
7             System.setSecurityManager(new RMISecurityManager());
8         }
9         try {
10             PointD p0 = new PointD();
11             PointD p1 = new PointD(3,4);
12             Naming.rebind("//localhost/point0",p0);
13             Naming.rebind("//localhost/point1",p1);
14             System.out.println("Objets distribués 'p0' " +
15                               "et 'p1' sont enregistrés");
16         }
17         catch (Exception e) { e.printStackTrace(); }
18     }
19 }
```

Commentaires

- ▶ le “security manager” garantit qu’il n’y aura pas d’opérations illégales.
- ▶ l’enregistrement nécessite de nommer chaque instance

La classe Naming permet de nommer des objets pour leur enregistrement sur le serveur (bind, rebind, unbind, list, lookup).

Compilation classique avec javac.

un client

```
1 import java.rmi.*;
2 public class Client {
3     public static void main( String argv[]) {
4         String machine = argv[0];
5         String port = argv[1];
6         String url0="rmi://" + machine + ":" + port + "/point0";
7         String url1="rmi://" + machine + ":" + port + "/point1";
8         try {
9             PointRMI p0 = (PointRMI)Naming.lookup(url0);
10            PointRMI p1 = (PointRMI)Naming.lookup(url1);
11            p0.affiche(); p1.affiche();
12            p0.rmoveto(7,12);
13            p1.rmoveto(5,6);
14            p0.affiche();    p1.affiche();
15            if (p0.distance() == p1.distance())
16                System.out.println("c'est le hasard");
17            else System.out.println("on pouvait parier");
18        }
19        catch (Exception e) {
20            System.err.println("exception : " + e.getMessage())←
21            ;
22            e.printStackTrace(); } } }
```

Lancement

- ▶ Service :
rmiregistry &
- ▶ Serveur :
java -Djava.security.policy=java.policy Creation
- ▶ Client :
java -Djava.security.policy=java.policy Client
chrome.pps.jussieu.fr 1099

Le fichier java.policy indique les opérations autorisées :

```
1 grant {  
2     permission java.net.SocketPermission "*:1024-65535",  
3         "connect,accept";  
4     permission java.net.SocketPermission "*:80", "connect"↔  
5     ;  
6 };
```

Exécution

1ère exécution:

```
1 (0,0)
2 (3,4)
3 (7,12)
4 (8,10)
5 on pouvait parier // client
```

2ème exécution:

```
1 (7,12)
2 (8,10)
3 (14,24)
4 (13,16)
5 on pouvait parier // client
```

Exceptions

Si le démon ne fonctionne plus au moment de l'utilisation d'un objet distant, on récupère l'exception dans le `catch` et on affiche les messages suivants :

```
1 exception : Connection refused to host;  
2 ...
```

et si l'objet demandé n'est pas enregistré, la suivante :

```
1 exception : point0  
2 java.rmi.NotBoundException: point0
```

port de communication

Par défaut, le port du service rmi est le 1099. Il est possible de changer de numéro. Pour cela le serveur d'enregistrement doit être lancé avec le paramètre du port :

```
1 rmiregistry 2000&
```

et il faut indiquer ce nouveau port aux URL employées :

```
1 //chrome.pps.jussieu.fr:2000
```

Concurrence des appels

Que se passe-t-il quand il y a plusieurs invocations de méthodes sur un même objet?

- ▶ du côté du client : appel bloquant;
- ▶ du côté serveur : queue ou thread? : cela dépend si les appels proviennent de la même JVM ou non
 - ▶ même JVM : en queue
 - ▶ différentes JVM : threads

Mécanisme de rappel

- ▶ Objectif : rendre l'appel distant non bloquant
- ▶ Problème : comment récupérer le résultat?
- ▶ Possibilité : Fournir un objet distant du coté du client qui récupèrera le résultat.
- ▶ Difficultés : objet (serveur) distant temporaire + consultation de celui-ci pour accéder au résultat quand il sera là.

Exemple : Points distants

- ▶ une interface `RappelRMI` contenant une méthode pouvant stocker la valeur calculée du côté du serveur RMI sur l'objet serveur distant temporaire du client
- ▶ une interface `MRPointRMI` des points distants dont la méthode surchargée `distance` n'est plus bloquante
- ▶ une classe `Rappel` : pour le serveur temporaire implantant les interfaces `RappelRMI` et `Unreferenced` pour annuler l'objet temporaire.
- ▶ une classe `MRPointD` qui hérite de `PointD` et surcharge `distance` en appelant un *thread* instance de `Calcul`.
- ▶ un nouveau serveur `CreationN` qui stocke des instances de `MRPointD`
- ▶ un nouveau client `ClientN` qui appelle la méthode `distance` non bloquante.

Les interfaces

► RappelRMI :

```
1 import java.rmi.*;
2
3 public interface RappelRMI extends Remote {
4     void put(double r) throws RemoteException;
5 }
```

► MRPointRMI :

```
1 import java.rmi.*;
2
3 public interface MRPointRMI extends PointRMI {
4     double distance (RappelRMI r) throws ←
5         RemoteException;
6 }
```

La classe Rappel

```
1 import java.rmi.*;
2 import java.rmi.server.*;
3 public class Rappel extends UnicastRemoteObject ←
    implements RappelRMI, Unreferenced {
4     private double result = 0.0;
5     private boolean f = false;
6     public Rappel() throws RemoteException {}
7     public void finish () {f=true;}
8     public boolean is_finished () {return f;}
9     public void put(double r) throws RemoteException {
10         try{synchronized(this) {wait(2000);}}
11         catch (InterruptedException ie){};
12         result = r;
13         finish();
14         System.out.println("rangement du resultat " + result);
15         synchronized(this) {
16             this.notifyAll(); } }
17     public void unreferenced() {
18         try {boolean b = UnicastRemoteObject.unexportObject(←
19             this, true);}
20         catch (NoSuchObjectException nsoe) {}; }
21     public double get_result() {return result;}
22 }
```

La classe MRPointD

```
1 import java.rmi.*;
2 import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
3 import java.io.*;
4
5 public class MRPointD extends PointD implements ←
    MRPointRMI {
6
7     MRPointD() throws RemoteException {}
8
9     MRPointD(int a, int b) throws RemoteException {super(a←
    , b);}
10
11     public double distance(RappelRMI r) throws ←
        RemoteException {
12         new Calcul(this, r).start();
13         return 0.0;
14     }
15 }
```

La classe Calcul

```
1
2 public class Calcul extends Thread {
3     MRPointD p;
4     RappelRMI r;
5     Calcul(MRPointD p, RappelRMI r) { this.p=p; this.r=r; ↵
6     }
7     public void run(){
8         try {
9             double z = p.distance();
10            r.put(z);
11        }
12        catch (Exception e){e.printStackTrace();};
13    }
14 }
```

La classe CreationN

```
1 import java.rmi.*;
2 import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
3
4 public class CreationN {
5     public static void main (String args[]) {
6         if (System.getSecurityManager() == null) {
7             System.setSecurityManager(new RMISecurityManager());
8         }
9         try {
10            MRPointD p0 = new MRPointD();
11            MRPointD p1 = new MRPointD(3,4);
12
13            Naming.rebind("//chrome.pps.jussieu.fr/point0",p0);
14            Naming.rebind("//chrome.pps.jussieu.fr/point1",p1);
15            System.out.println("Objets distribues 'p0' " +
16                               "et 'p1' sont enregistres");
17        }
18        catch (Exception e) { e.printStackTrace();
19        }
20    }
21 }
```

La classe ClientN

```
1 import java.rmi.*;
2 public class ClientN {
3     public static void main( String argv[]) {
4         String machine = argv[0]; String port = argv[1];
5         String url0="rmi://" +machine+": "+port+"/point0";
6         String url1="rmi://" +machine+": "+port+"/point1";
7         try {
8             MRPointRMI p0 = (MRPointRMI)Naming.lookup(url0);
9             MRPointRMI p1 = (MRPointRMI)Naming.lookup(url1);
10            p0.affiche(); p1.affiche();
11            p0.rmoveto(7,12); p1.rmoveto(5,6);
12            p0.affiche();    p1.affiche();
13            Rappel ri = new Rappel();
14            System.out.println("appel de distance");
15            double r = p1.distance(ri);
16            System.out.println("retour de distance : r = "+r);
17            if (! ri.is_finished()) {
18                synchronized(ri) { ri.wait(); }}
19            System.out.println("le resultat est " + ri.↵
20                get_result());
21        }
22        catch (Exception e) { System.err.println("exception : ↵
23            " + e.getMessage());
24            e.printStackTrace();} } }
```

Difficultés du GC: en présence de références locales et distantes.

- ▶ comment savoir si une référence distante est encore active?
 - ▶ implanter un mécanisme de GC réparti : difficile et lent
 - ▶ laisser ce travail au programmeur : durée de vie limitée d'une référence distante

Si l'objet exposé est publié dans un serveur de nom, il y a toujours une référence distance sur cet objet.

Période de détention

Un client possède une référence distante pour une certaine période (période de détention).

- ▶ passé ce temps : le serveur peut récupérer la mémoire
- ▶ le client peut aussi informer le serveur qu'il vient de libérer de son côté la référence (méthode `finalize`)
- ▶ si le client utilise de nouveau la référence, la période de détention est de nouveau maximum
- ▶ sinon le client doit signifier au serveur qu'il désire la garder (méthode `dirty()`)
- ▶ durée connu par `leaseValue`.

Trace du Dgc

objet non référencé et récupéré: :

1. implanter unreferenced (classe PointD)

```
1  implements RemoteConnection, java.rmi.server.↵  
    Unreferenced  
2  
3  public void unreferenced() {  
4      System.out.println("RemoteConnectionImpl for client ↵  
        unreferenced");  
5  }
```

2. et la méthode finalize (classe PointD)

```
1  protected void finalize() {  
2      System.out.println("RemoteConnectionImpl for client ↵  
        finalized");  
}
```

Activation d'objets

Pour résoudre : :

- ▶ l'exposition (attente de connexions) continue d'objets :
ressources mémoire et réseau monopolisées
- ▶ si le serveur s'arrête puis repart :
le stub d'un client sur l'ancienne exposition n'est plus valable

Démon d'activation

1. un descripteur d'activation d'un objet distant est enregistré auprès du démon d'activation (`rmid`);
2. c'est ce descripteur qui est publié dans le serveur de noms (`rmiregistry`);
3. lors d'une requête sur cet objet, le stub client demande l'activation de cet objet qui est alors exposé dans le serveur d'objet;
4. le client peut alors envoyer les paramètres de l'invocation d'une méthode sur cet objet.

Package et commande

- ▶ package `java.rmi.activation`
- ▶ commande `rmid` : démon d'activation des objets distants

Exemple : Points distants

```
1 import java.rmi.*;
2 // nouvelles importations : java.rmi.server.↔
   UnicastRemoteObject;
3 import java.rmi.activation.*;
4 public class PointD extends Activatable implements ↔
   PointRMI {
5 // herite de Activable, implante UnicastRemoteObject
6 int x,y;
7 // PointD(int a, int b) throws RemoteException {x=a;y=b;}
8 // change le constructeur sans argument
9 // PointD() throws RemoteException {x=0;y=0;}
10 public PointD(ActivationID id, MarshalledObject data) ↔
   throws RemoteException
11     {super(id,0); }
12 public void moveto (int a, int b) throws ↔
   RemoteException { x=a; y=b;}
13 public void rmoveto (int dx, int dy) throws ↔
   RemoteException {
14     x = x + dx; y = y + dy;}
15 public void affiche() throws RemoteException
16     { System.out.println("(" + x + "," + y + ")");}
17 public double distance() throws RemoteException
18     { return Math.sqrt(x*x+y*y);}
19 }
```

CreationA

```
1 import java.rmi.*; import java.rmi.activation.*;
2 public class CreationA {
3     public static void main (String args[]) {
4         if (System.getSecurityManager() == null) {
5             System.setSecurityManager(new RMISecurityManager());
6         }
7         try { ActivationSystem as = ActivationGroup.getSystem←
8             ();
9             ActivationGroupDesc agd = new ActivationGroupDesc(←
10                null, null);
11             ActivationGroupID agi = as.registerGroup(agd);
12             String oClass = "PointD";
13             String oClassLocation = "file:/tmp";
14             MarshalledObject oArgs=null;
15             ActivationDesc ad = new ActivationDesc(agi, oClass, ←
16                oClassLocation, oArgs);
17             Remote r1 = Activatable.register(ad);
18             Naming.rebind("//127.0.0.1/pointp0",r1);
19             Remote r2 = Activatable.register(ad);
20             Naming.rebind("//127.0.0.1/pointp1",r2);
21         }
22         catch (Exception e) { e.printStackTrace();
23         } } }
```

Lancement

```
1 $ rmiregistry&
2 $ rmid&
3 $ java -Djava.security.policy=java.policy CreationA
4 $ java Client
```