Programmation Répartie et Architecture n 1/3

Denis Caromel

Université de Nice Sophia Antipolis

UFR Sciences

Département Informatique

Master 1 Informatique,

ALR: Architectures Logicielles Réparties

ALR 1
Programmation Répartie

caromel@unice.fr

http://www.inria.fr/oasis/Denis.Caromel/

Version 06

Préambule

Volume:

- 8 x 2H00 de cours, 8 x 2H00 de TD machine, mini-projet sur machine

Plan du Cours

- Programmation répartie de type RPC:
  - Principes, Modèle et Méthode
  - Architectures clients-serveurs avec RPC
- RPC dans les langages classiques
  - C, et rpcgen
- RPC dans les langages objets (Java RMI)
  - Clients et serveurs, Callbacks,
  - RMI et les applets,
  - Interactions avec les threads
  - Chargement dynamique de code
  - Polymorphisme : client-serveurs génériques
- Composants et Architecture 3 tiers:
  - Principes des architecture 3 tiers:
    1. 1er tiers: client
    2. 2ème tiers: Objets métiers, etc.

    3. 3ème tiers: Bases de données, facturation
  - Architectures à base de composants:
    1. rôle des JavaBeans, JSP, servlet
    2. principes des EJB, container et transactions
    3. aspects concurrence et transactions transparentes
  - Utilisation et rôle dans les applications web:
    1. Commerce Électronique,
    2. Liens avec HTTP, HTTPS, CGI, JDBC
- Principes et comparaisons avec d’autres systèmes:
  - CORBA,
  - DCOM/ActiveX,
- Conception, paternes pour la program. répartie:
  - Acceptor et Connector,
  - Thread par session ou par requête,
  - Objets actifs, Services asynchrones, migration (mobilité), etc.

- Les web Services:

Idées et Principes

Rôle de WSDL, UDDI, SOAP, XML, (C#)

Comparaison avec différentes plate-formes

Notation

- Examen + Mini-Projet

Examen: dates à voir, en Mai ?

Mini-projet :

Structure du mini-projet:

Une application simple 3 1/3,
par groupe de 4 étudiants (éventuellement 2 ou 3).
En Java. A voir
(éventuellement coordonné avec d’autres enseignements)

Dates pour 2005-2006:

du 27 février au 31 mars
(Semaines 5 à 8 du cours)

Voir web:

http://www.inria.fr/oasis/Denis.Caromel/ProgRpt/

CHAPITRE 1 Introduction aux RPC 14

1.1 Architecture actuelles: cluster de SMPs. 15

1.2 Problème général et RPC 17
1.2.1 Propriétés souhaitables des langages/modèles 17
1.2.2 Schéma de principe 18
1.2.3 Communications + Exécution: RPC 19
1.2.4 Différentes vues d'un RPC 21
1.2.5 Opérations successives d'un RPC 23
1.2.6 Traitement des RPC par le serveur 26
1.2.7 Interactions Client-Serveur 28

1.3 Composantes et variations d'un RPC 31
1.3.1 Forme, syntaxe 31
1.3.2 Passage des paramètres 31
1.3.3 Représentation des données 31
1.3.4 Sémantique de l'appel 32
1.3.5 Gestion des erreurs 32
1.3.6 Code sur machine distante 32
1.3.7 Découverte et nommage 33
1.3.8 Terminaison et GC distribué 33
1.3.9 Persistance des “objets“, Tolérance aux fautes 33
1.3.10 Sécurité 34
1.3.11 Autres aspects et concepts 35

1.4 Conclusion et Evolutions en cours 36

CHAPITRE 2 RPC en C 38

2.1 Principes 39
2.1.1 Généralités 39
2.1.2 Serveur de noms RPC : portmapper 40

2.2 Mise en oeuvre 43
2.2.1 Fichiers de base 43
2.2.2 Exemple d'utilisation 45
2.2.3 Démarrage et configuration 46

2.3 Exemple 49
2.3.1 Principes 49
2.3.2 Interface .x 52
2.3.3 Exemple de client 52
2.3.4 Fichier intermédiaire client: cif.c 54
2.3.5 Exemple de serveur 55
2.3.6 Conversions XDR 58
2.3.7 Header file: rdict.h 59
2.3.8 Stubs client 60
2.3.9 Stubs serveur 61

2.4 Manipulation de types structurés 62
2.4.1 Ajout d'une procédure: récapitulatif 62
a) Interface rdict.x 62

b) Client: rdict.c (le main) 62
c) Client: rdict_cif.c (convention) 62
d) Serveur: rdict_server.c (convention) 63
e) Serveur: rdict_srp.c (code effectif) 63
f) Code généré 63
2.4.2 Procédure qui retourne un char* 65
a) Interface rdict.x 65
b) Client: rdict.c (le main) 65
c) Client: rdict_cif.c (convention) 65
d) Serveur: rdict_server.c (convention) 66
e) Serveur: rdict_srp.c (code effectif) 66
2.4.3 Procédure qui retourne un type complexe 67
a) Interface rdict.x 67
b) Client: rdict.c (le main) 68
c) Client: rdict_cif.c (convention) 68
d) Serveur: rdict_server.c (convention) 68
e) Serveur: rdict_srp.c (code effectif) 68
2.4.4 Gestion mémoire 69

CHAPITRE 3 Introduction à Java RMI 70

3.1 Principes de base 71
3.1.1 Fonctionnalités 71
3.1.2 Architecture: 72
3.1.3 Fonctionnement 73
3.1.4 Différences avec RPC 74
3.1.5 Modèle de la communication 74
3.1.6 Autres caractéristiques 75

3.2 Classes et Interfaces 76
3.2.1 Interface Remote 77
3.2.2 Classe UnicastRemoteObject 78
3.2.3 Schéma global 79
3.2.4 Enregistrement d'un objet RMI 80
3.2.5 Lookup d'un objet RMI 81

3.3 Outils et compilateurs 82
3.3.1 rmic 82
3.3.2 rmiregistry 83

3.4 Méthode type de développement 84
3.4.1 Interfaces distantes 84
3.4.2 Classes implémentant les Interfaces Distantes: serveur(s) 84
3.4.3 Clients utilisant les objets distants 85
3.4.4 Compiler les sources 85
3.4.5 Précompilation: création Stubs/Skeletons 85
3.4.6 Lancer le rmiregistry 85
3.4.7 Installer le serveur 86
3.4.8 Lancer le ou les clients 86

3.5 Exemple simple: Remote Hello 87

3.5.1 Remote Interface . . . 87
3.5.2 Serveur HelloWorld . . . 88
3.5.3 Enregistrement dans le rmiregistry . . . 89
3.5.4 Un client de HelloWorld . . . 91
3.5.5 Compilation, génération, registry . . . 92
a) Côté Serveur . . . 92
b) Côté Client . . . 93

3.6 Implémentation . . . 95
3.6.1 Stub . . . 95
3.6.2 Skeleton . . . 97

CHAPITRE 4 Techniques et utilisations avancées de RMI . . . 101

4.1 Sécurité et chargement dynamique de code . . . 102
4.1.1 Rappels et cadre . . . 102
4.1.2 Security Manager . . . 103
4.1.3 Security file et RMI . . . 104
4.1.4 Applets signés et RMI . . . 104
4.1.5 codebase et RMI . . . 105
4.1.6 CLASSPATH et rmiregistry . . . 109

4.2 Applets et RMI . . . 111
4.2.1 Principes . . . 111
4.2.2 Code et principes des classes . . . 113
a) Remote interface Hello . . . 113
b) Serveur classe (HelloImpl) et main . . . 114
c) Applet cliente: HelloApplet . . . 115
d) Page HTML: hello.html . . . 116
4.2.3 Compilation et déploiement . . . 117
a) Placement des fichiers, serveurs HTTP . . . 117
b) Compilation . . . 118
c) PLacement de l'applet et CLASSPATH . . . 119
d) RMI registry, serveur et applet . . . 119
e) Exécution de l'applet . . . 121

4.3 Polymorphisme et RMI . . . 122
4.3.1 Principe et implications . . . 122
4.3.2 Retour de résultat . . . 123
4.3.3 Passage de paramètres . . . 124

4.4 Exemple RMI avec polymorphisme . . . 125
4.4.1 Principe des 2 interfaces . . . 125
4.4.2 Implémentation du serveur . . . 126
4.4.3 Un client: compute Pi . . . 127

4.5 Callback, synchro, multithread, et RMI . . . 131
4.5.1 Model . . . 131
4.5.2 Appel asynchrones . . . 132
4.5.3 Call back . . . 133

4.6 Ramasse miettes réparti . . . 135

4.6.1 Principles . . . 135
4.6.2 Main actions . . . 136
4.6.3 Leasing: Time-To-Live stubs . . . 137
4.6.4 Time-to-live stubs vs. counters . . . 138
4.6.5 API with RMI DGC . . . 139
a) Property: java.rmi.dgc.leaseValue . . . 139
b) Listener on ‘‘no more remote reference’’ . . . 140
c) Stopping a Remote Object . . . 140

CHAPITRE 5 Objets Réparties et Persistance . . . 141

5.1 Objets activables . . . 142
5.1.1 Class java.rmi.activation.Activatable . . . 143
5.1.2 Implémentation d'une classe Activable . . . 145
a) Importation . . . 145
b) Etendre Activatable . . . 145
c) Constructeur spécial . . . 145
d) Remote interface . . . 146
5.1.3 Classe de set-up . . . 147
5.1.4 Implémentation d'une classe "setup" . . . 148
a) Importation . . . 148
b) SecurityManager . . . 148
c) Créer un groupe d'activation (instance) . . . 148
d) Créer un descripteur de la classe activable . . . 149
e) Enregistre la classe dans le rmid . . . 150
f) Enregistre le stub dans le rmiregistry . . . 151
5.1.5 Démon d'activation: rmid . . . 152
5.1.6 Schéma global . . . 154
5.1.7 Compilation et exécution . . . 155
5.1.8 Exemple . . . 156
a) classe Activable . . . 156
b) class Setup . . . 157
5.1.9 java.rmi.activation . . . 159

CHAPITRE 6 Composants et Architecture 3 1/3 . . . 161

6.1 Introduction . . . 162
6.1.1 Des objets aux composants . . . 162
6.1.2 Définitions . . . 163
6.1.3 Exemples . . . 164
6.1.4 Characteristics -- How ? . . . 164
6.1.5 My Definition of Components . . . 165
6.1.6 Component Orientedness . . . 166
6.1.7 Architecture . . . 167
6.1.8 Composants et Introspection . . . 169
6.1.9 Classification des solutions industriels . . . 169

6.2 Java Beans . . . 172
6.2.1 Principes et concepts . . . 172
6.2.2 Exemple . . . 175

6.2.3 Propriétés . . . 176
6.2.4 Evénements . . . 180
6.2.5 Persistance . . . 182
6.2.6 La BeanBox . . . 183
6.2.7 Caractéristiques explicites: BeanInfo . . . 184
6.2.8 Évaluation des JavaBeans . . . 185
6.2.9 Exemple de bean: Juggler . . . 186
a) Juggler.java . . . 186
b) JugglerBeanInfo.java . . . 195
c) Images et icones . . . 196
6.2.10 Conlusion on JavaBeans . . . 197

6.3 Principes des archtectures n 1/3 . . . 199
6.3.1 Introduction . . . 199
6.3.2 Architectures typiques 3 1/3 . . . 200
6.3.3 Objectifs . . . 202
6.3.4 Avantages . . . 202
6.3.5 Inconvénients . . . 203
6.3.6 Couches détaillés . . . 205
6.3.7 Outils et techniques standards . . . 206

6.4 Enterprise Java Beans: EJB . . . 208
6.4.1 Introduction . . . 208
6.4.2 Principes et concepts . . . 208
6.4.3 Plate-forme EJB . . . 211
6.4.4 Rôles et contrats . . . 213
6.4.5 Architecture à l'exécution . . . 214
6.4.6 Autres aspects . . . 215
a) Session et Entity Beans . . . 215
6.4.7 Autres aspects . . . 216
a) Message Driven Beans . . . 216
b) Transaction distribuées . . . 217
c) Sécurité . . . 217
d) Concurrence . . . 217
e) Répartition . . . 217
6.4.8 Un exemple simple . . . 218
a) EJB Remote Interface . . . 218
b) L'interface Home . . . 219
c) La classe qui implémente l'EJB . . . 220
d) Création d'un fichier ejb-jar . . . 224
e) Déploiement du bean . . . 227
f) Le code du client . . . 227
g) Compilation et éxécution du client . . . 230

6.5 Récapitulatif EJB . . . 231
6.5.1 Classes et interfaces EJB . . . 231
6.5.2 Conclusion on EJB . . . 232

6.6 Web vs P2P . . . 234

CHAPITRE 7 Corba . . . 238

7.1 Principes, objectifs, IDL, Mapping C++, etc. . . . 239

7.2 Conclusion sur CORBA . . . 240
7.2.1 Caractéristiques générales . . . 240
7.2.2 Choisir un mapping (IDL --> ?) . . . 243
7.2.3 Versions successives . . . 244
a) CORBA 1 . . . 244
b) CORBA 2 . . . 244
c) CORBA 3 . . . 244

7.3 Détails sur CCM . . . 247
7.3.1 Principes . . . 247
7.3.2 IDL 3 spécifications: . . . 250
a) Attributes: . . . 251
b) Facets . . . 252
c) Receptacles: . . . 253
d) Events: . . . 254
7.3.3 Framework de développement: CIF . . . 257

CHAPITRE 8 Conception et paternes pour la programmation répartie: . . 259

8.1 Principes et objectifs . . . 260

8.2 Exemples de paterns . . . 261
8.2.1 Acceptor et Connector . . . 261
8.2.2 Thread par session . . . 261
8.2.3 Thread par requête . . . 261
8.2.4 Objets actifs vs. Moniteur . . . 261
8.2.5 Services asynchrones . . . 261
8.2.6 Migration (mobilité) . . . 261

CHAPITRE 9 Introspection et Reflexion Java . . . 262

9.1 Principes et objectifs . . . 263
9.1.1 . . . 263
9.1.2 . . . 263
9.1.3 . . . 263
9.1.4 . . . 263
9.1.5 . . . 263

CHAPITRE 10 Jini . . . 265

10.1 Principes et objectifs . . . 266
10.1.1 . . . 266
10.1.2 . . . 266
10.1.3 . . . 266
10.1.4 . . . 266
10.1.5 . . . 266

FIGURE 1 Cluster de SMPs 15
FIGURE 2 Principe de la distribution 18
FIGURE 3 Principe d'un RPC 19
FIGURE 4 Vue temporelle d'un RPC 21
FIGURE 5 Vue en couche d'un RPC 22
FIGURE 6 Un serveur séquentiel 26
FIGURE 7 Un serveur parallèle 27
FIGURE 8 Démarrage d'un serveur 28
FIGURE 9 Démarrage d'un client 29
FIGURE 10 Interactions Client / Serveur 30
FIGURE 11 Principes et fichiers rpcgen 44
FIGURE 12 Couches du système RMI 72
FIGURE 13 Entités du système RMI 73
FIGURE 14 classes et interfaces RMI 79
FIGURE 15 Remote Hello world 87
FIGURE 16 Téléchargement de stub en RMI 106
FIGURE 17 Téléchargement due au polymorphisme 107
FIGURE 18 Téléchargement due au polymorphisme 111
FIGURE 18 Exécution de l'applet Hello World 111
FIGURE 19 Architecture d'un RPC avec une applet RMI 112
FIGURE 20 Téléchargement due au polymorphisme 125
FIGURE 20 Client-Serveur générique 125
FIGURE 21 Téléchargement due au polymorphisme 127
FIGURE 21 Un client : compute Pi 127
FIGURE 22 classes et interfaces RMI: objets activables 144
FIGURE 23 Schéma de fonction. des objets activables 154
FIGURE 24 Architecture d'un système à composants 168
FIGURE 25 Modificatin de propriétés 179
FIGURE 26 Principes des événements Java, JavaBeans 180
FIGURE 27 La BeanBox des JavaBeans 183
FIGURE 28 Images du Jongleur 196
FIGURE 29 Une architecture 3-tiers 200
FIGURE 30 Une architecture 4-tiers avec serveur http 201
FIGURE 31 Cout 2 tiers vs. 3 tiers 204
FIGURE 32 Principes du modèle d'exécution 210
FIGURE 33 Plate-forme EJB 212
FIGURE 34 Rôles dans la production d'une application 213
FIGURE 35 Architecture à l'exécution 214
FIGURE 36 Classes et interfaces EJB 231
FIGURE 37 Composants Corba CCM, 248
FIGURE 38 Exemple de composition 249
FIGURE 39 Role des specifications CIDL 257
FIGURE 40 Génération des stub/proxy des composansts 258

CHAPITRE 1 Introduction aux RPC

1.1 Architecture actuelles: cluster de SMPs

Préambule:

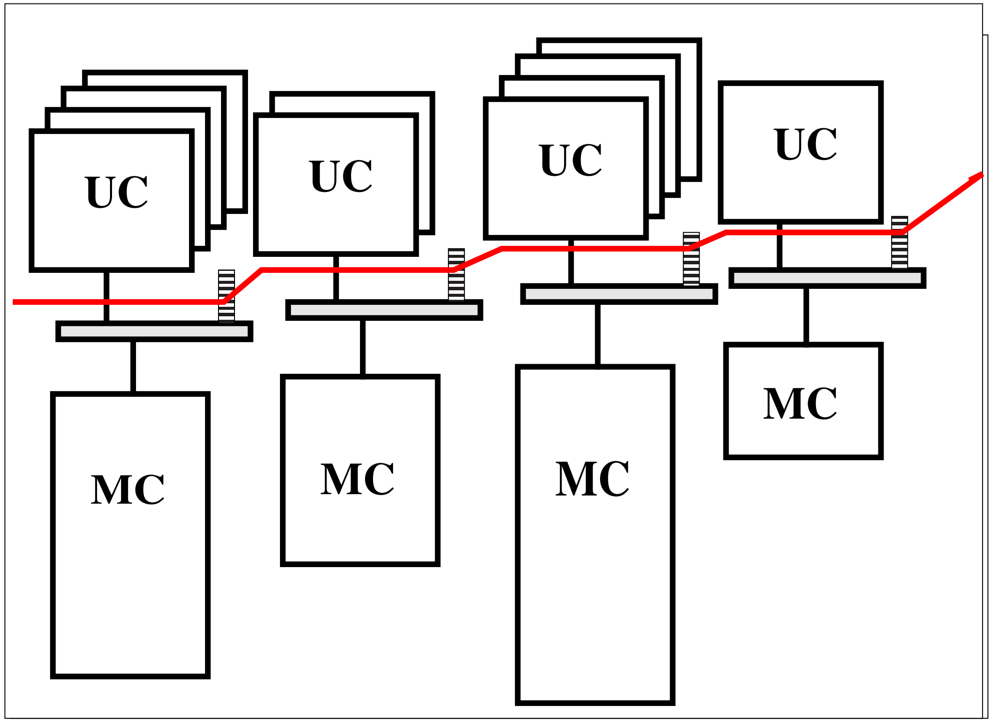


FIGURE 1 Cluster de SMPs

Des **OS et systèmes classiques**

configuration d'un LAN d'entreprise

au

Commerce Électronique

les gros serveurs de transactions ont de plus en plus cette architecture.

Difficile à programmer:

latence et bande passante varient selon la configuration et le placement des processus.

Architecture très hétérogène, avec

concurrence,

parallélisme,

répartition.

Utilisation importante des RPC.

Vers le "Grid" (Grille de calculs et de données)

1.2 Problème général et RPC

1.2.1 Propriétés souhaitables des langages/modèles

Une bonne abstraction des primitives de bases des architectures

- trop concret, bas niveau: obsolète rapidement
- trop haut niveau: performances difficiles à obtenir

Nécessité de compromis, en particulier par rapport à un certain nombre de propriétés.

Indépendant de l'architecture

Exécuter le programme sur des architectures différentes, ***sans modifier le source***

Le modèle, théoriquement, doit s'abstraire de toutes les caractéristiques spécifiques à certaines architectures.

Abstrait

Cacher certains aspects du parallélisme

e.g. : synchronisations

Une des abstractions: Remote Procedure Call

à comparer aux: sockets.

1.2.2 Schéma de principe

L'UC de la machine M1 ne peut pas exécuter des opérations sur la MC de M2.

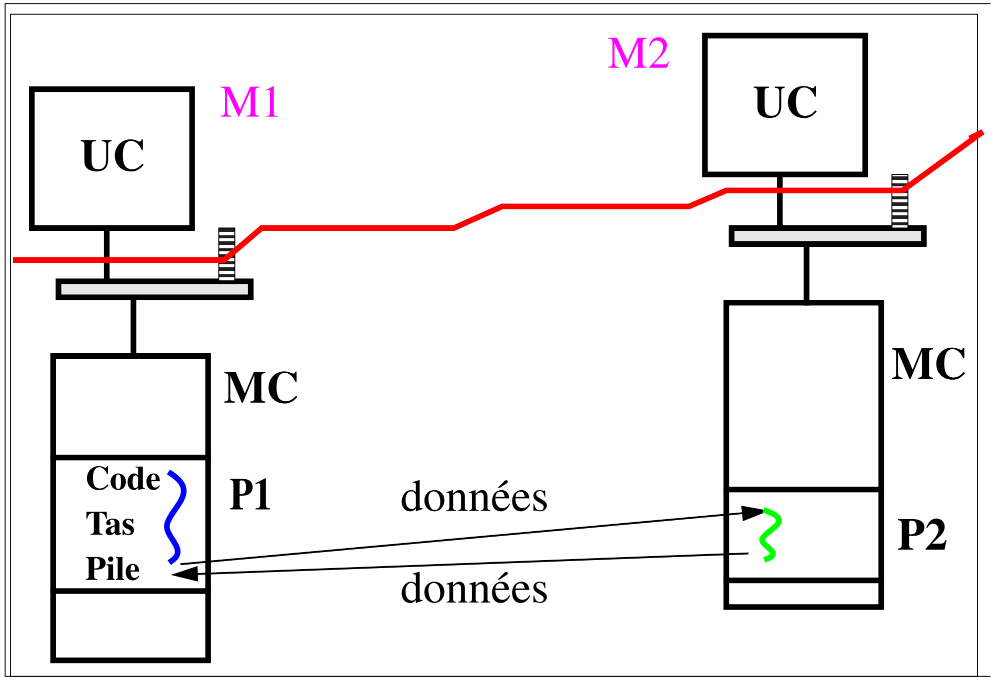


FIGURE 2 Principe de la distribution

Depuis le processus P1 de la machine M1, on a besoin d'exécuter un morceau de code sur la machine M2, evt. dans le cadre du processus P2.
On a également besoin de transmettre des informations (données) de P1 vers P2.
Eventuellement, P1 souhaite récupérer des données ou un acquittement à la fin.

Avant, ou programmation bas niveau: sockets

1.2.3 Communications + Exécution: RPC

Remote Procedure Call :

Depuis un processus (P1),
sur une machine (M1),

on va exécuter la procédure foo,
avec des paramètres param

sur une autre machine (M2),
(evt. dans un processus (P2))

on récupère éventuellement un résultat res

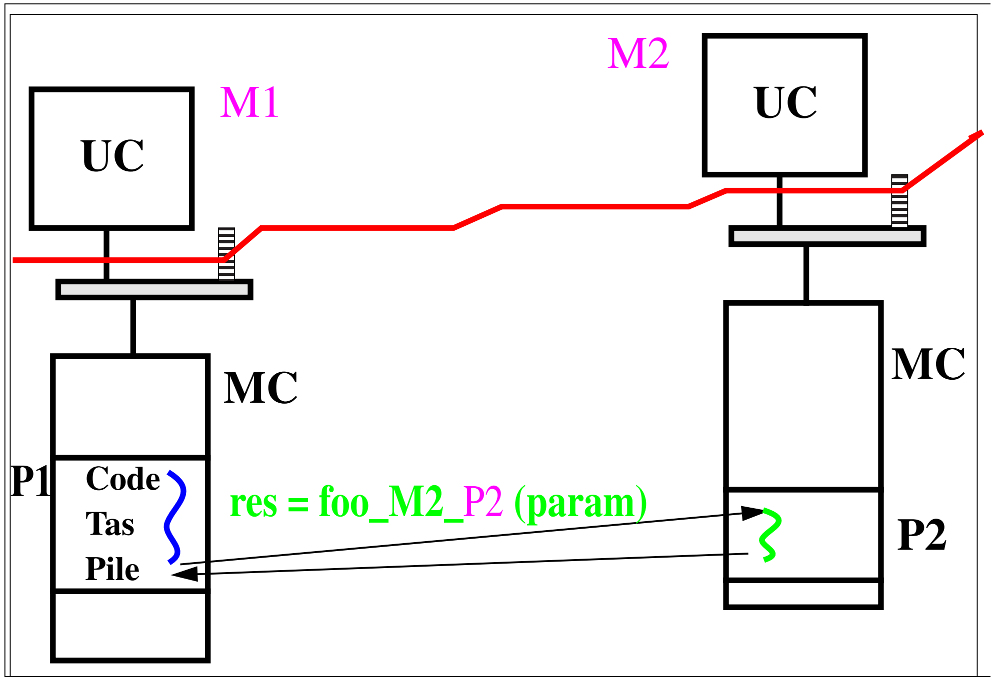


FIGURE 3 Principe d'un RPC

Modèle Client-Serveur

Plus structuré que simplement envoyer un message:

- On communique: paramètres
- On spécifie le code à exécuter: procédure
- On communique: résultats

Notes:

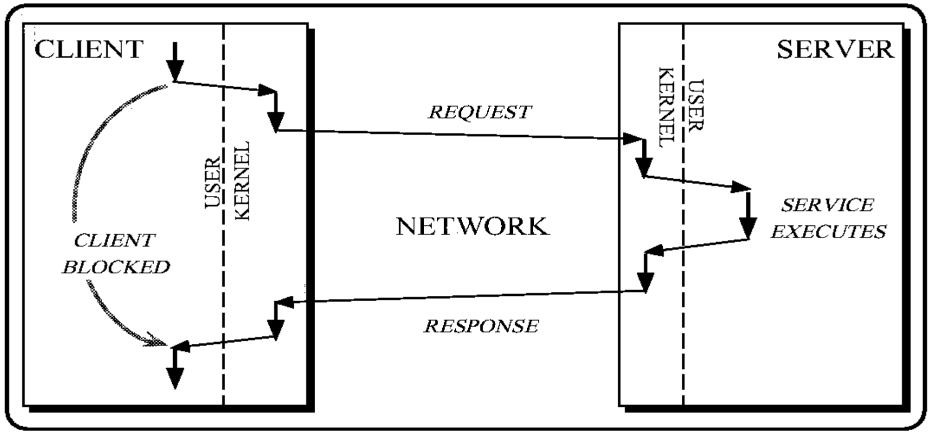
- NFS utilise pour son implémentation le RPC

- On utilise quelques fois le RPC même si il y a une mémoire unique:

communications sans partage afin de protéger les espaces d'adressage (OS)

1.2.4 Différentes vues d'un RPC

Vue temporelle:



- An RPC protocol contains two sides, the *sender* and the *receiver* (*i.e.*, *client* and *server*)
  - However, a server might also be a client of another server and so on...

FIGURE 4 Vue temporelle d'un RPC

Vue en couche

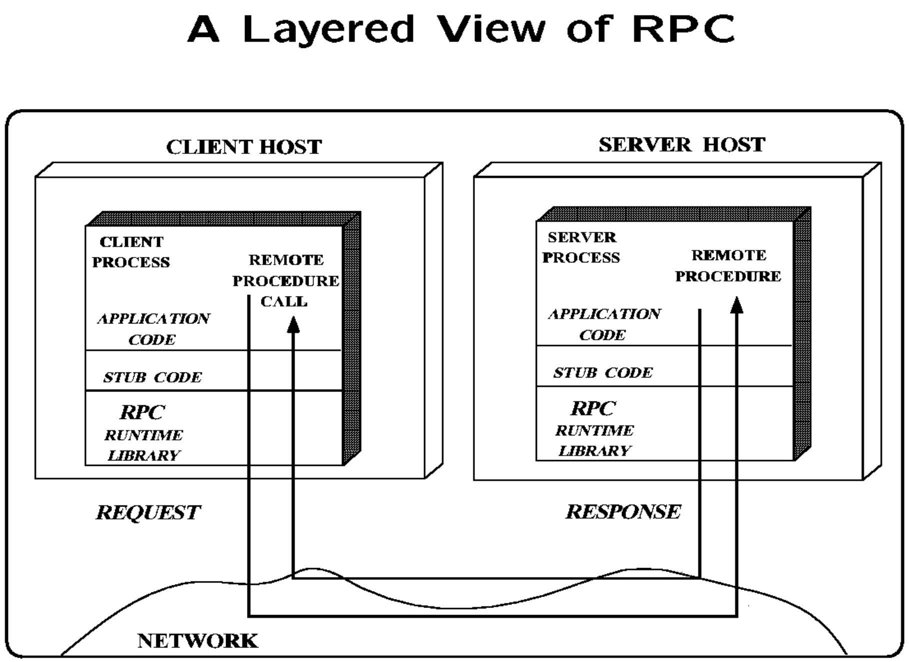


FIGURE 5 Vue en couche d'un RPC

Stub client = Talon client ou proxy

Stub server = Talon serveur ou Skeleton

1.2.5 Opérations successives d'un RPC

Appelant- Client:

- Appel de procédure RPC

Stub Client:

- Assemblage des arguments dans un message:
  - marshalling
  - gestion de l'hétérogénéité
- Génération d'un identificateur pour le RPC
- Un délai de garde est armé (G1)
- Détermination de l'adresse du serveur
- Transmission au protocole de transport pour émission sur le réseau vers le serveur

--------------------- RÉSEAU --------------------

----> Dessin Synthétique au tableau

Stub Serveur:

- Le protocole de transport délivre le message au stub du serveur
- Le stub désassemble le message:
  - Unmarshalling
  - gestion de l'hétérogénéité
- Enregistrement de l'identificateur du RPC
- Appel de la procédure

Appelé - Serveur:

- Exécution de la procédure
- Retour au stub serveur avec param. résultats

Stub Serveur:

- Assemblage des résultats dans un message:
  - marshalling
  - gestion de l'hétérogénéité
- Un autre délai de garde est armé (G2)
- Transmission au protocole de transport pour émission sur le réseau vers le client

--------------------- RÉSEAU --------------------

Stub Client:

- Le protocole de transport délivre le message au stub du client
- Dé-assemblage du message:
  - Unmarshalling
  - gestion de l'hétérogénéité
- Le délai de garde G1 est désarmé
- Un message d'acquittement avec l'ID du RPC est envoyé au stub serveur (le délai de garde G2 est désarmé chez le serveur)
- Les résultats sont transmis à l'appelant

Appelant- Client:

- Retour de la procédure RPC et récupération du résulat

--------------------- FIN du RPC ---------------------

1.2.6 Traitement des RPC par le serveur

Un serveur séquentiel

```
loop {
        wait for RPC request;
        receive RPC request;
        decode arguments;
        execute desired function;
        send result to client
}
```

FIGURE 6 Un serveur séquentiel

Un seul RPC sera exécuté à la fois.

Problème si la fonction à exécuter est relativement longue,

si elle se bloque au milieu,

si elle fait un autre RPC .

---> que faire ?

Pour résoudre ce problème, on réalise des serveurs capables de traiter plusieurs RPC en parallèle (si la sémantique de l'application, et des procédures à exécuter le permettent).

----> Quelques fois, on ne veut pas :
on souhaite garder un traitement *séquentiel*
des requêtes, une seule à la fois, en *FIFO*

Un serveur parallèle

```
loop {
        wait for RPC request;
        receive RPC request;
        decode arguments;
        spawn a process or a thread{
                execute desired function;
                reply result to client
        }
}
```

FIGURE 7 Un serveur parallèle

On préfère largement le multi-threading pour un serveur parallèle car cela est plus efficace, et utilise moins de ressources qu'une implémentation à base de processus.

A voir en TD: la stratégie RMI pour gérer le multi-threading au niveau des Objets Remotes.

1.2.7 Interactions Client-Serveur

Démarrage d'un serveur

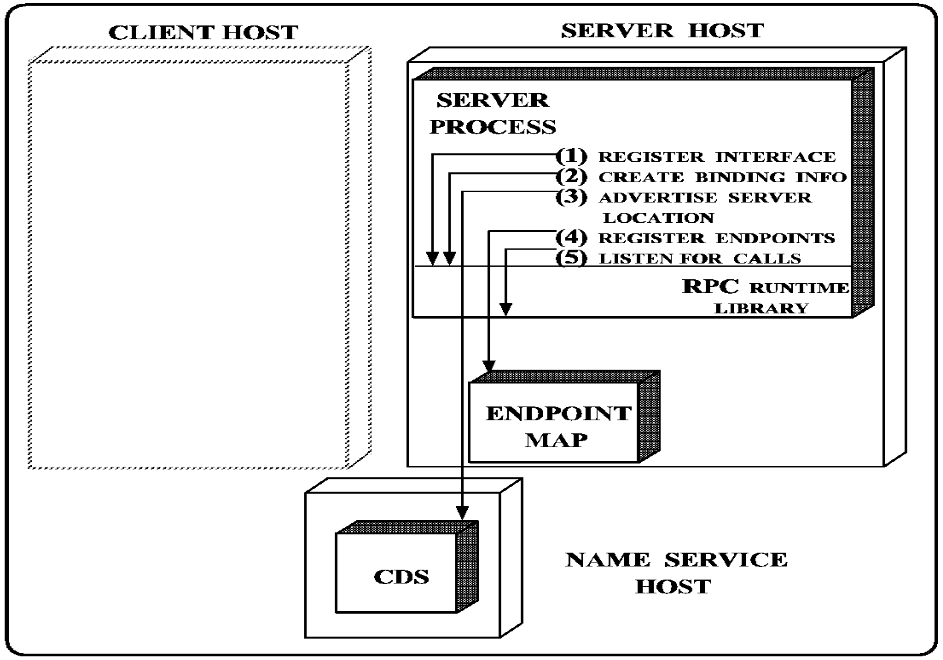


FIGURE 8 Démarrage d'un serveur

EndPoint Map = e.g. les ports d'une machine, Port Mapper

CDS= Cell Directory Service, LDAP, JNDI, ...

Directory service = Un service de répertoire qui permet à un client de trouver un serveur (binding), rpcbind, portmap, RMIregistry

à partir d'un NOM

Notes:

- CDS Name Service Host, Trouver la machine
- Endpoint map: at the level of the OS

Démarrage d'un client

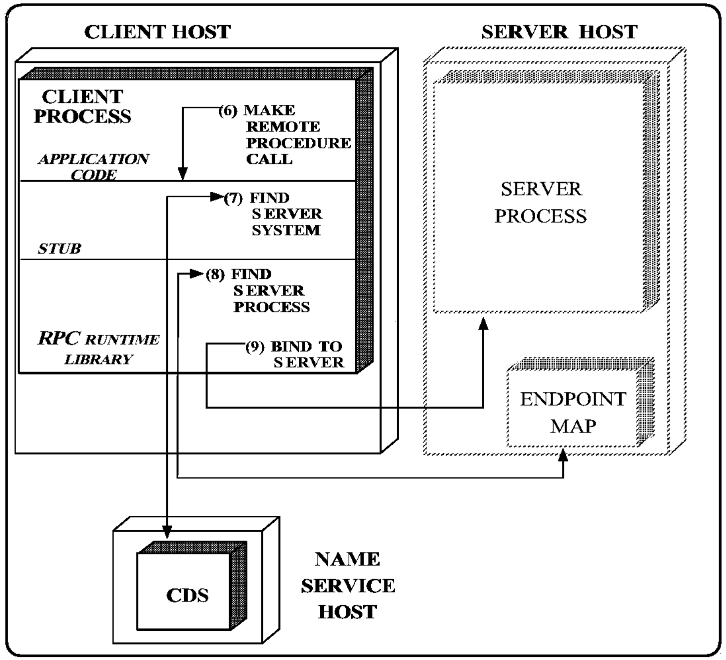


FIGURE 9 Démarrage d'un client

EndPoint Map= No Port TCP ou UDP, etc.

Problème général et RPC

Interactions Client / Serveur

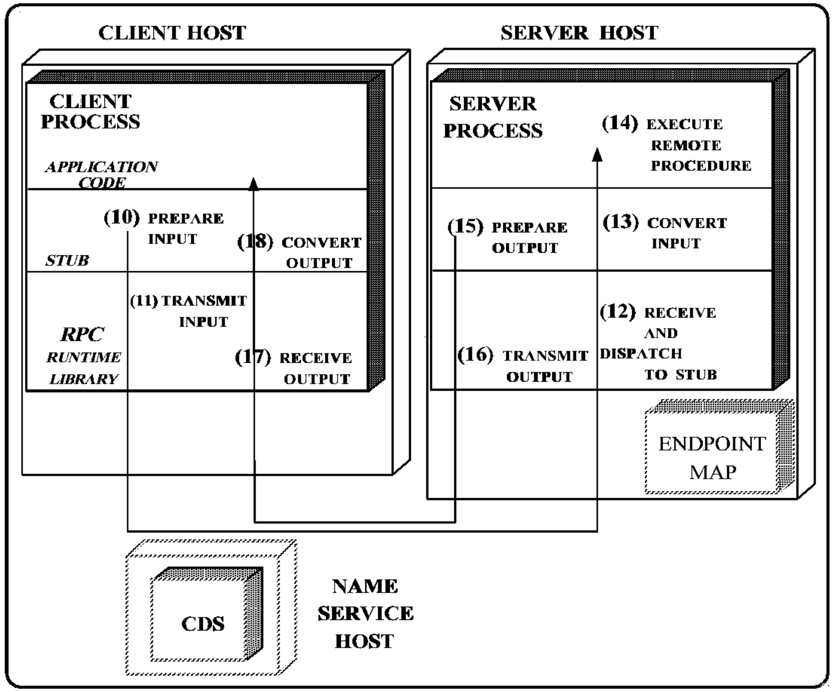


FIGURE 10 Interactions Client / Serveur

(12) = trouver la routine à exécuter

1.3 Composantes et variations d'un RPC

1.3.1 Forme, syntaxe

Forme et syntaxe du RPC varient dans le code:

res = foo_M2 (param);

foo_M2_P2 (param, res);

res = P2.foo (param);

foo_ (Param, M2P2)

foo_ (Param, M2, P2)

1.3.2 Passage des paramètres

Sémantique par copie, par référence, etc.

1.3.3 Représentation des données

Intéropérabilité entres des machines incompatibles

Utilisation de XDR: External Data Representation

1.3.4 Sémantique de l'appel

Synchrone

Asynchrone

Futur

1.3.5 Gestion des erreurs

Panne ou congestion du réseau

Panne du client, du serveur

Avant ou pendant le traitement du RPC

Sémantique “at most one“:

Si OK, alors exécution 1 fois

Si erreur, alors 0 ou 1 fois (pas 2 ou plus)

Remontées des erreurs vers le client par des exceptions

1.3.6 Code sur machine distante

Comment est assurée la disponibilité du code sur la machine distante ?

--> • Code Mobile

--> • Java

--> • Serveurs d’applications

1.3.7 Découverte et nommage

Découverte et nommage :

des machines

des processus

des services (interfaces)

des objets accessibles

1.3.8 Terminaison et GC distribué

Comment savoir si un serveur peut être arrêté ?

Comment savoir si un objet accessible à distance n'est plus référencé par personne ?

1.3.9 Persistance des “objets“, Tolérance aux fautes

Le temps de la vie en mémoire:

résistence aux pannes

ou

Autre solution:

se trouvent sur un support de type disque, avec “activation“ (mise en mémoire) à la demande

Economise également des ressources.

1.3.10 Sécurité

Peut-on contrôler:

qu'un client donné a le droit d’appeler un serveur donné

qu'il a le droit d'accéder à un service donné

que personne n’intercepte les communications

On peut avoir:

du contrôle d'accès,

des protocoles d'authentification,

des protocoles de cryptage des communications : A, I, C,

--> • A : Authentification

--> • I : Intégrité

--> • C : Confidentialité

Une propriété souvent recherchée (pas simple à obtenir): NR

--> • Non Répudiation

Note: ces protocoles ne sont pas encore intégrés correctement avec des modèles généraux de RPC.

Recherches en cours (en particulier avec traitement de la mobilité du code et des calculs).

1.3.11 Autres aspects et concepts

Transactions

Migration du client sur la machine du serveur

Communications de groupe, et typés

Middleware à Messages (MOM, e.g. Java JMS):

- Messages, queues de messages,
- Messages vus comme des ressources transactionnelles
- Asynchrone, mais Non typé

Communication événementielle:

- événements, et réactions (traitement associé à l'occurrence d'un événement)
- Anonymat: indépendance entre l'émetteur et les consommateurs d'un événement

...

1.4 Conclusion et Evolutions en cours

La programmation distribuée est en train de devenir de plus en plus une composante incontournable des logiciels.

Commerce Electronique, Portails de Calculs, Cartes à Puces et Terminaux, Applications collaboratives, Jeux distribués, etc.

Grille, Web Services (SOAP, WSDL), P2P

C'est également en passe de devenir bien plus sophistiqué qu'une simple interaction Client-Serveur.

De moins en moins de Clients, et de Serveurs purs, mais des processus, voire des objets distribués, qui communiquent, inter-agissent en s'échangeant des références, font des callbacks, etc.

Certains aspects vont prendre de l'importance:

- Intégration plus fine au modèle N1/3

- Interaction entre la programmation distribuée et les Composants

- Sécurité

Rares sont les programmeurs

qui ne font pas de la Programmation Répartie !!!!

CHAPITRE 2 RPC en C

Utilisation du RPC de sun: rpcgen

2.1 Principes

2.1.1 Généralités

Génère du code C pour réaliser du RPC en C

Prend en entrée un langage (similaire au C, .h) qui permet de spécifier l'interface du serveur.

Génère les fichiers stubs pour clients et serveurs

Gère l'interopérabilité par XDR.
Echange de données indépendantes de l'architecture interne des machines

Avec RPC de Sun:

On peut avoir plusieurs paramètres

Un seul résultat

Adressage d'une procédure distante:

nom du programme,
numéro de version (du programme),
nom de la procédure.

Enregistrement du serveur auprès d'un service dédié :

portmapper

2.1.2 Serveur de noms RPC : portmapper

Enregistrement d'un serveur RPC auprès d'un service dédié: le portmapper

Il joue le rôle d'un serveur de nom pour RPC.

Il convertit :

<Numéro Program. (Nom) + Version + Protocole>

--->

< numéro de port >

Caractéristiques:

Nom du service : portmapper, ou rpcbind

Processus:

linux : portmap ou encore rpc.portmap

Solaris : rpcbind

Windows : portmap.exe

Numéro de port: 111

Fonctionnement:

Lorsqu'on lance un nouveau serveur RPC:

- - il crée une socket (appel noyau) qui lui assigne dynamiquement un port libre.
- puis il s'enregistre auprès du portmapper en lui donnant : No Prog., No Version, Port + Protocol

Lorsqu'un client veut se connecter sur un server RPC d'une machine donnée :

- - il contacte le portmapper et lui demande le numéro de port correspondant à :

  < No Prog., No Version, Nom protocole >

- puis il contacte le serveur directement par le protocole et le numéro de port.

Normalement c'est le seul service RPC à avoir besoin d'un numéro de port attribué STATIQUEMENT, les autres services RPC auront un numéro attribué dynamiquement (grâce au système et au portmapper qui mémorise cette association justement).

Services RPC connues ("well known RPC") :

Certains numéro de services (programmes) RPC ont un nom et des alias afin de faciliter leur utilisation. Exemple:

```
# /etc/rpc - miscellaneous RPC-based services
 #
rpcbind         100000  portmap sunrpc rpcbind
rstatd          100001  rstat rup perfmeter
rusersd         100002  rusers
nfs             100003  nfsprog
ypserv          100004  ypprog
mountd          100005  mount showmount
ypbind          100007
walld           100008  rwall shutdown
```



```
yppasswdd       100009  yppasswd
```

Ce mapping est décrit dans : /etc/rpc

D'autre part, il existe certains services RPC qui ont des ports récurrents:

```
program vers proto   port
100003   2  udp   2049  nfs
100003   3  udp   2049  nfs
```

Pour connaître les services actuellement enregistrés dans le portmapper:

rpcinfo -p *(Solaris)*

/usr/sbin/rpcinfo *(Linux)*

Exemple:

```
clio > rpcinfo -p
program vers proto   port  service
   100000    4   tcp    111  rpcbind
   100000    3   tcp    111  rpcbind
   100004    2   udp    752  ypserv
   100004    1   udp    752  ypserv
   100003    2   udp   2049  nfs
   100003    3   udp   2049  nfs
   100026    1   udp  32956  bootparam
   100026    1   tcp  32804  bootparam
   300598    1   udp  32958
   805306368    1   udp  32958
   805306368    1   tcp  32805
...
```

Les deux derniers : Programmes Utilisateurs

2.2 Mise en oeuvre

2.2.1 Fichiers de base

A partir d'un fichier, 4 fichiers sont générés:

Interface.x ---- rpcgen ---->

--> • Interface.h
Header file

--> • Interface_clnt.c
Stubs client

--> • Interface_svc.c
Stubs serveur

--> • Interface_xdr.c
Routines de conversions XDR pour les structures définies par l'utilisateur

SYNOPSIS

rpcgen Interface.x

Principes et fichiers de rpcgen

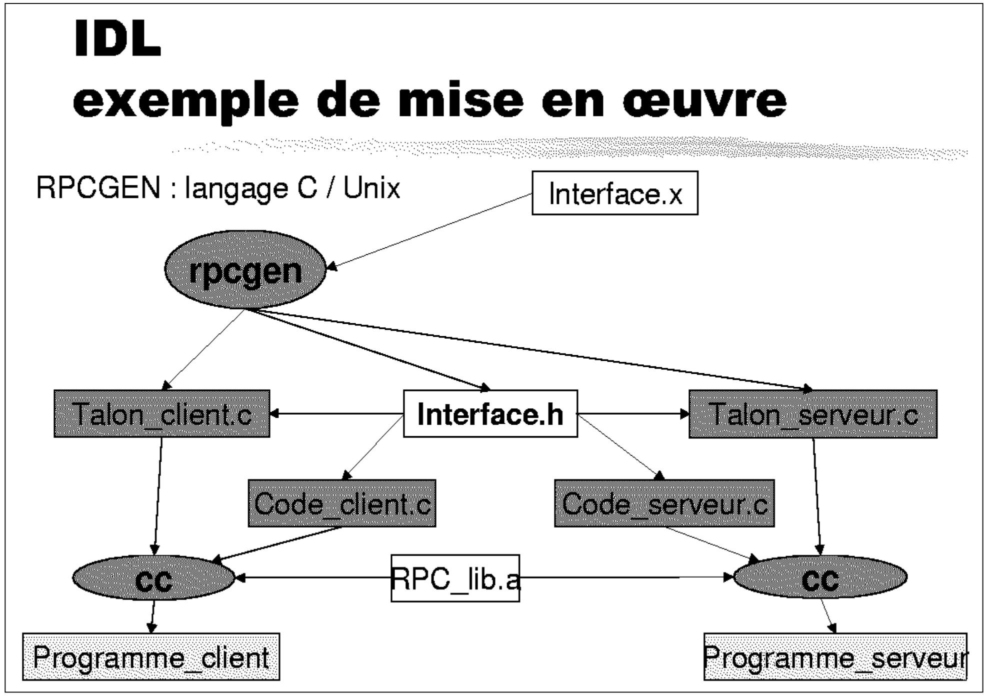


FIGURE 11 Principes et fichiers rpcgen

IDL: Interface Definition Language

2.2.2 Exemple d'utilisation

On peut également générer:

--> • Interface_client.c

Un exemple de client (sample client)

--> • Interface_server.c

Un exemple de serveur (sample server)

--> • makefile.Interface

Exemple de makefile

SYNOPSIS

rpcgen -C

ANSI C compilers, and C++

rpcgen -N

Permet d'avoir des procédures à arguments multiples. Attention, ce n'est pas le défaut (pb. de compatibilité)

rpcgen -Sc Interface.x

Génère l'exemple de client

rpcgen -Ss Interface.x

Génère l'exemple de serveur

rpcgen -Sm Interface.x

Génère l'exemple de makefile

rpcgen -C -N -a Interface.x

Génère tout (4 fichiers + exemples client et serveur + makefile)

2.2.3 Démarrage et configuration

Le serveur peut être démarré par un démon (e.g. inetd) ou directement.

Option -I pour faire une génération qui permet un démarrage avec inetd

On peut choisir les transports pour lesquels on démarre le service (variable NETPATH).
Voir aussi l'option -n netid pour contrôler la génération de stub côté serveur.

rpcgen -n tcp ...

Option -M pour générer des stubs “thread-safe“

Option -K seconds pour contrôler le temps d'inactivité après lequel le serveur se termine (si démarrage avec inetd). Permet aussi de mettre 0 si démarrage d'un nouveau processus à chaque requête.

rpcgen

usage: rpcgen infile
rpcgen [-abkCLNTM][-Dname[=value]] [-i size] [-I [-K seconds]] [-Y path] infile
rpcgen [-c | -h | -l | -m | -t | -Sc | -Ss | -Sm] [-o outfile] [infile]
rpcgen [-s nettype]* [-o outfile] [infile]
rpcgen [-n netid]* [-o outfile] [infile]

options:
-a generate all files, including samples
-b backward compatibility mode (generates code for SunOS 4.1)
-c generate XDR routines
-C ANSI C mode
-Dname[=value] define a symbol (same as #define)
-h generate header file
-i size size at which to start generating inline code
-I generate code for inetd support in server (for SunOS 4.1)
-K seconds server exits after K seconds of inactivity
-l generate client side stubs
-L server errors will be printed to syslog
-m generate server side stubs
-M generate MT-safe code
-n netid generate server code that supports named netid
-N supports multiple arguments and call-by-value
-o outfile name of the output file

Mise en oeuvre

-s nettype generate server code that supports named nettype
-Sc generate sample client code that uses remote procedures
-Ss generate sample server code that defines remote procedures
-Sm generate makefile template
-t generate RPC dispatch table
-T generate code to support RPC dispatch tables
-Y path directory name to find C preprocessor (cpp)

2.3 Exemple

- D'après Michel Syska
- D'après Comer, D. E. and D. L. Stevens [1996], "Internetworking with TCP/IP Vol 3: Client-Server Programming and Applications," Prentice-Hall

Programme de dictionnaire accessible à distance

RDICT

2.3.1 Principes

Contenu de rdict.tar :

Makefile

rdict.x

Spécification de l'interface du serveur

rdict.c

Programme client

```
handle = clnt_create(argv[1], RDICTPROG, RDICTVERS,
                                              "tcp");
    ...
insertion(Mot);
```


rdict_cif.c

Fichier intermédiaire du coté client qui permet de se passer du nom de version et du pointeur distant vers le serveur (handle):

```
int insertion(char* Mot) {
  return *insertion_1(Mot, handle);
}
```

svc = sans doute à "Server Code"

rdict_server.c

Procédures appelées par le runtime RPC du côté serveur.

```
int* insertion_1_svc(char *argp, struct svc_req *rqstp){
  static int  resultat;
  /*
   * insert server code here
   */
  resultat = insertion(argp);
  return(&resultat);
}
```

rdict_srp.c

Implémentation effective des procédures du serveur.

Code purement serveur

```
int
insertion(Mot)
char*Mot;
{
  strcpy(Dictionnaire[CompteurMots], Mot);
  CompteurMots++;
  return CompteurMots;
}
```

Fichiers Générés:

rdict.h   Fichier .h avec toutes les déclarations

rdict_xdr.c Conversions de format

rdict_clnt.c Stub/Proxy Client

rdict_svc.c Skeletton (stubs) Serveur

2.3.2 Interface .x

```
/* rdict.x */

/* Declarations en RPCL du programme dictionnaire pour l'outil rpcgen */

const TAILLEMOT = 50;        /* Taille maximale d'un mot du dictionnaire */
const TAILLEDICTIONNAIRE = 100; /* nombre d'entrées du dictionnaire */
/* Ajout pour montrer XDR */
struct example {             /* unused structure declared here to    */
      int    exfield1; /* illustrate how rpcgen builds XDR     */
      char   exfield2;      /* routines to convert structures.     */
};
/*---------------------------------------------------------------------
 * RDICTPROG - programme distant qui propose les services de gestion
 * du dictionnaire : initialise, insertion, suppression, cherche
 * Les numéros sont ceux utilisés par portmap
 * voir rpcinfo -p localhost (les numéros sont en décimal)
 *---------------------------------------------------------------------
 */
program RDICTPROG { /* nom du programme                 */
   version RDICTVERS { /* numéro de version              */
      int INITIALISE(void)  = 1; /* premiére procédure du programme   */
      int INSERTION(string) = 2;  /* seconde procédure                */
      int SUPPRESSION(string) = 3;/* troisiéme procédure              */
      int CHERCHE(string) = 4;    /* quatriéme procédure              */
   } = 1; /* numéro de la version du programme */
} = 0x30090949;                  /* numéro de programme             */
```

2.3.3 Exemple de client

rdict.c

```
#include <rpc/rpc.h>

#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

#include "rdict.h" /* Généré par RPCGEN */

#define TAILLEMOT 50          /* Taille maximale d'un mot du dictionnaire */
```

```
#define RSERVEUR "localhost"    /* nom du "remote host" serveur */
                               /* à passer en paramètre argv[1] */
CLIENT  *handle;               /* handle de la procédure serveur */

/*----------------------------------------------------------------------
 * main - insere, supprime, ou cherche un mot dans le dictionnaire
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int
main(argc, argv)
int     argc;
char    *argv[];
{
        char    Mot[TAILLEMOT+1];  /* allocation de la mémoire pour un mot */
        char    Commande;          /* commande saisie */
        int     LongueurMot;       /* longueur réelle du mot saisi */

/* connexion avec le serveur pour les appels RPC  */
handle = clnt_create(argv[1], RDICTPROG, RDICTVERS, "tcp");
      if (handle == 0) {
             printf("La connexion avec le programme distant ne peut etre
établie...\n");
             exit(1);
      }
/* appels RPC  vers le serveur */
      while (1) {
            initialise_1(0, handle); /* Convention: nom de la procedure_version */
            insertion_1(Mot, handle);
            suppression_1(Mot, handle);
            cherche_1(Mot, handle);
```

On peut l'écrire comme ci-dessus, mais en pratique:

```
insertion(Mot);
```


2.3.4 Fichier intermédiaire client: cif.c

```
/* rdict_cif.c - initialise, insertion, suppression, cherche */
#include <rpc/rpc.h>
#include <stdio.h>
#include "rdict.h"
/* Talon (ou souche | "stub") coté client à écrire "à la main" */
externCLIENT*handle;/* handle de la procédure serveur */
/*----------------------------------------------------------------------
 * initialise - procedure interface client qui appelle initialise_1
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int initialise()
{
  return *initialise_1(handle);
}
/*----------------------------------------------------------------------
 * insertion - procedure interface client qui appelle insertion_1
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int insertion(char* Mot)
{
  return *insertion_1(Mot, handle);
}

/*----------------------------------------------------------------------
 * suppression - procedure interface client qui appelle suppression_1
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int suppression(char* Mot)
{
  return *suppression_1(Mot, handle);
}
/*----------------------------------------------------------------------
 * cherche - procedure interface client qui appelle cherche_1
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int cherche(char* Mot)
{
  return *cherche_1(Mot, handle);
}
```

2.3.5 Exemple de serveur

rdict_server.c

Procédures appelées par le runtime RPC du côté serveur.

```
#include "rdict.h"

int* initialise_1_svc(struct svc_req *rqstp)
{
  static int  resultat;

  /*
   * insert server code here
   */
  resultat = initialise();

  return (&resultat);
}

int* insertion_1_svc(char *argp, struct svc_req *rqstp)
{
  static int  resultat;

  /*
   * insert server code here
   */
  resultat = insertion(argp);
  return(&resultat);
}

int * suppression_1_svc(char * argp, struct svc_req *rqstp)
{
  static int  resultat;

  /*
   * insert server code here
   */
  resultat = suppression(argp);

  return(&resultat);
```



```
}

int * cherche_1_svc(char *argp, struct svc_req *rqstp)
{
  static int  resultat;

  /*
   * insert server code here
   */
  resultat = cherche(argp);
  return(&resultat);
}
```

L'implémentation réelle des fonctions est dans un autre fichier :

rdict_srp.c

Implémentation effective des procédures du serveur.

```
/* rdict_srp.c - initialise, insertion, suppression, cherche */
#include <rpc/rpc.h>
#include <stdio.h>
#include "rdict.h"
/* procédures distantes coté serveur avec leurs données */
char Dictionnaire[TAILLEDICTIONNAIRE][TAILLEMOT+1];/* dictionnaire de
mots */
int  CompteurMots = 0;/* nombre de mots dans le dictionnaire */

/*---------------------------------------------------------------------
 * initialise - initialise le dictionnaire avec 0 mots
 *---------------------------------------------------------------------
 */
int
initialise()
{
  CompteurMots = 0;
      printf("Initialisation du dictionnaire ...\n");
  return 1;
}
```

```
/*----------------------------------------------------------------------
 * insertion - insére un mot dans le dictionnaire
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int
insertion(Mot)
char*Mot;
{
   strcpy(Dictionnaire[CompteurMots], Mot);
   CompteurMots++;
   return CompteurMots;
}

/*----------------------------------------------------------------------
 * suppression - supprime un mot du dictionnaire
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int
suppression(Mot)
char*Mot;
{
   int      i;

   for (i=0 ; i<CompteurMots ; i++)
           if (strcmp(Mot, Dictionnaire[i]) == 0) {
                   CompteurMots--;
                   strcpy(Dictionnaire[i], Dictionnaire[CompteurMots]);
                   return 1;
           }
   return 0;
}

/*----------------------------------------------------------------------
 * cherche - cherche un mot dans le dictionnaire
 *----------------------------------------------------------------------
 */
int
cherche(Mot)
char*Mot;
{
   int      i;

   for (i=0 ; i<CompteurMots; i++)
```



```
           if (strcmp(Mot, Dictionnaire[i]) == 0)
                   return 1;
   return 0;
}
```

2.3.6 Conversions XDR

rdict_xdr.c

```
/*
 * Please do not edit this file.
 * It was generated using rpcgen.
 */

#include "rdict.h"

bool_t
xdr_example(register XDR *xdrs, example *objp)
                                    /* example == NOM DE LA STRUCTURE */
/* procedure generee */{

        register long *buf;

        if (!xdr_int(xdrs, &objp->exfield1))
               return (FALSE);
        if (!xdr_char(xdrs, &objp->exfield2))
               return (FALSE);
        return (TRUE);
}
```

2.3.7 Header file: rdict.h

```
/*
 * Please do not edit this file.
 * It was generated using rpcgen.
 */

#ifndef _RDICT_H_RPCGEN
#define _RDICT_H_RPCGEN

#include <rpc/rpc.h>
#define TAILLEMOT 50
#define TAILLEDICTIONNAIRE 100

struct example {
	int exfield1;
	char exfield2;
};
typedef struct example example;

#define RDICTPROG ((unsigned long)(0x30090949)) /* Numero du programme */
#define RDICTVERS ((unsigned long)(1))
#define INITIALISE ((unsigned long)(1))
extern  int * initialise_1(); /* kind of stub client */
#define INSERTION ((unsigned long)(2))
extern  int * insertion_1();
#define SUPPRESSION ((unsigned long)(3))
extern  int * suppression_1();
#define CHERCHE ((unsigned long)(4))
extern  int * cherche_1();
extern int rdictprog_1_freeresult();

/* the xdr functions */
extern bool_t xdr_example();

#endif /* !_RDICT_H_RPCGEN */
```


2.3.8 Stubs client

rdict_clnt.c

```
#include "rdict.h"
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h> /* getenv, exit */
/* Default timeout can be changed using clnt_control() */
static struct timeval TIMEOUT = { 25, 0 };

int * initialise_1(argp, clnt)                                  /* clnt == Handle */
	void *argp;
	CLIENT *clnt;
{
	static int clnt_res;

	memset((char *)&clnt_res, 0, sizeof (clnt_res));
	                                   /* REIFICATION     of the call */
	if (clnt_call(clnt, INITIALISE,                   /* target (Handle), Method Name */
		(xdrproc_t) xdr_void, (caddr_t) argp,          /* Params */
		(xdrproc_t) xdr_int, (caddr_t) &clnt_res,  /* Where to put result */
		TIMEOUT) != RPC_SUCCESS) {                 /* == G1: Guard Delai */
		return (NULL);
	}
	return (&clnt_res);
}
int * insertion_1(argp, clnt)
	char **argp;
	CLIENT *clnt;
{
	static int clnt_res;

	memset((char *)&clnt_res, 0, sizeof (clnt_res));
	if (clnt_call(clnt, INSERTION,
		(xdrproc_t) xdr_wrapstring, (caddr_t) argp,
		(xdrproc_t) xdr_int, (caddr_t) &clnt_res,
		TIMEOUT) != RPC_SUCCESS) {
		return (NULL);
	}
	return (&clnt_res);
}
etc.
suppression_1 ... cherche_1 ...
```

2.3.9 Stubs serveur

rdict_svc.c (skeleton)

```
/* Please do not edit this file. It was generated using rpcgen. */
#include "rdict.h"
...
static void
rdictprog_1(struct svc_req *rqstp, register SVCXPRT *transp) {
	union {
		char *insertion_1_arg;
		char *suppression_1_arg;
		char *cherche_1_arg;
	} argument;
	char *result;
	xdrproc_t _xdr_argument, _xdr_result;
	char *(*local)(char *, struct svc_req *);
_rpcsvccount++;
	switch (rqstp->rq_proc) {		/* Procedure to call */
	case NULLPROC:
		(void) svc_sendreply(transp,
			(xdrproc_t) xdr_void, (char *)NULL);
		_rpcsvccount--;
		_rpcsvcstate = _SERVED;
		return;
	case INITIALISE:
		_xdr_argument = (xdrproc_t) xdr_void;	/* Decoding arguments */
		_xdr_result = (xdrproc_t) xdr_int;
		local = (char *(*)(char *, struct svc_req *)) initialise_1_svc;
							/* Setting the procedure to call */
		break;
	case INSERTION:
		_xdr_argument = (xdrproc_t) xdr_wrapstring;
		_xdr_result = (xdrproc_t) xdr_int;
	...
result = (*local)((char *)&argument, rqstp);	/* Execution of the (reified) call */
...	}
main() {
	pid_t pid;
	int i;
...
if (!svc_create(rdictprog_1, RDICTPROG, RDICTVERS, "netpath")) {
... }
```