Systèmes et Applications Distribués
Communication

Synchronisation par passage de messages :
application sur les « socket » de Java

1

Plan du cours

- Introduction
  - Définitions
  - Problématique
  - Architectures de distribution
- Distribution intra-applications
  - Notion de processus
  - Programmation multi-thread
- Distribution inter-applications et inter-machines
  - Les Sockets
  - middlewares par appel de procédures distantes (RPC)
  - middlewares par objets distribués (Java RMI)
  - middlewares par objets distribués hétérogènes (CORBA/GRPC)
- Conclusion

2

Introduction : pourquoi la communication?

- Nous avons vu la synchronisation entre processus par partage de variables (mémoire commune).
  - La cohérence des états par exclusion mutuelle;
  - Détection de blocage.
- Mais quand les processus se trouvent sur deux sites distincts, la synchronisation se fait par envoi et réception de messages.
- Les messages contiennent des valeurs qui influencent le déroulement de l'exécution du récepteur.

3

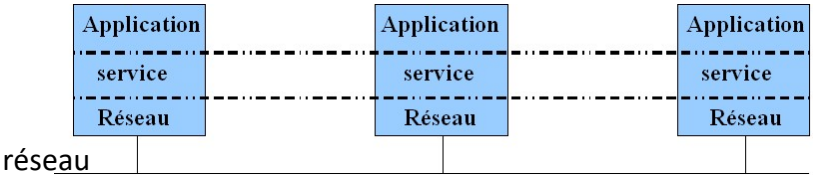
Modèle de répartition

- Le modèle de répartition considéré dans ce cours est composé de :
- Un ensemble de sites
  - Chaque site possède sa propre mémoire non accessible aux autres sites;
  - Chaque site dispose d'un identifiant unique (IP ou adresse MAC).
- Des lignes de communication
  - Bi-point : reliant deux sites;
  - Bi-directionnelle : l'échange est possible dans les deux directions;
  - Chaque direction est appelée canal;
  - On considère que le graphe résultant comme une clique : chaque deux sites peuvent physiquement échanger des données.

4

Les sites : modèle en couches

- Nous nous intéressons à chaque site en tant que composante d'une application répartie.
- Conçue selon un modèle en couches.



- **Chaque couche fournit un ensemble de services aux couches supérieures.**
- **Objectif : masquer les difficultés d'implémentation**

5

Les couches

- La couche réseau et le réseau
  - Un canal de communication entre deux sites a les propriétés :
    - Les données ne sont pas altérées ;
    - Les messages ne sont pas perdus (pas toujours vrai on va la relaxer) ;
    - Le canal est FIFO : les messages arrivent dans l'ordre de leurs envois.
  - Le réseau est considéré comme :
    - Asynchrone : le délai de transit est indéfini (le cas considéré ici) ;
    - Synchrone : le délai est borné et connu par le concepteur.
- La couche services
  - C'est une API qui offre un certain nombre de primitives sous forme d'API à la couche application;
  - Les primitives d'envoi et de réception de messages ;
  - Utilise les primitives de l'API et de la couche réseau pour offrir ses services.
- La couche application
  - => c'est la couche qui nous intéresse dans ce cours avec celle du service.

6

La communication

- Plusieurs définitions, mais on va garder une définition du point de vue de la couche application.
- Une communication est une suite de trois actions
  - L'envoi ;
  - Le transport (ne nous intéresse pas) ;
  - La réception .
- On s'intéresse à la sémantique des deux actions de communication sur chaque site et sur l'apllication répartie.
- Ici on va voir les modèles les plus connus et utilisés
  - Communication synchrone ;
  - Communication asynchrone ;
  - Communication par rendez-vous.
- Attention à ne pas confondre avec le synchrone et asynchrone du réseau

7

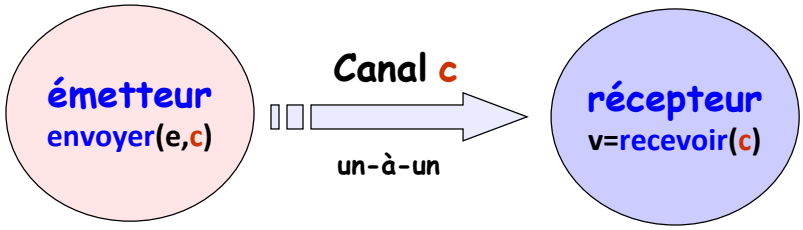
Communication synchrone

- La communication est dite synchrone quand les actions d'envoi et de réception ne sont possibles que si :
  - L'émetteur se trouve dans un état d'envoi;
  - Et le récepteur dans un état de reception.
- La communication orale doit être synchrone, car celui qui parle ne parle que si il sait que son interlocuteur est dans un état d'écoute.
- Une autre façon de modéliser la communication synchrone est de la considérer comme une émulation de l'opération d'affectation distribuée.
- Mettre une valeur locale dans une variable distante.

  => D'où la modélisation en utilisant la notion de canal de communication.

8

Communication synchrone – notion de canal



envoyer(e,c) - envoie la valeur de l'expression e sur le canal c. Le processus appelle l'opération envoyer et se **bloque** jusqu'à réception du message par le récepteur.

***v* = recevoir(*c*)** - recevoir une valeur dans la variable v à partir du canal c. le processus qui appelle **recevoir** se **bloque** jusqu'à ce qu'une valeur soit envoyée sur le canal.

affectation distribuée ***v = e***

9

Enrichissons notre langage avec les actions d'envoi et de réception

- On va rajouter dans notre langage :

EXPR ::= CONSTANTE | **CANAL** |VARIABLE | EXPR+EXPR | EXPR*EXPR | EXPR/EXPR | EXPR-EXPR
TEST ::= EXPR==EXPR | EXPR < EXPR | EXPR > EXPR | TEST & TEST | TEST OU TEST | ! TEST
INSTR ::= VARIABLE=EXPR | **CANAL!EXP** | **CANAL?VARIABLE**

BLOCK ::= ε | INSTR;BLOCK | if TEST then BLOCK else BLOCK | while TEST BLOCK ;

P1

```
int x=1;
c!x;
x+=1;
print(x);
```

x=

P2

```
int y=0;
c?y;
print(y)
```

y=

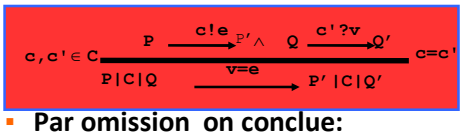
Canal c;
new P1(c).start();
new P2(c).start();

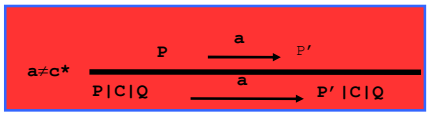
10

10

La sémantique des actions de communication

- Localement d'abord
  - Envoi : *c!e;P*---$^{c!e}$--->*P*
  - Réception *c?v;P*--$^{c?v}$-->*P*
- Sémantique dans le cas de la concurrence
  - On introduit un opérateur de composition *P*|*C*|*Q*
    - *P* et *Q* deux processus de notre nouveau langage et *C* un ensemble de noms de canaux
  - Voici la sémantique opérationnelle de composition par des canaux





- **Par omission on conclue:**
  - Un processus qui est prêt a émettre/recevoir sur un canal est bloqué tant qu'aucun autre processus n'est capable de faire une action complémentaire sur ce même canal.
- **La synchronisation d'envoi/réception sur un canal est alors exécutée entre seulement deux processus à la fois (*un-à-un*).**
- **L'action synchrone résultante est équivalente à une affectation de la valeur envoyée vers la variable de réception.**

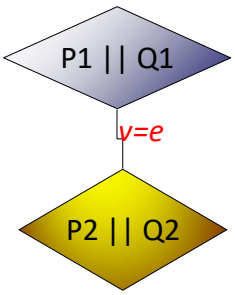
11

11

La communication synchrone synchronise les applications

- *ev* précède causalement *ev' (ev --> ev')* si [lamport 78]:
  - *ev* précède localement *ev'* (sur 1 site, dans 1 processus), ou
  - ∃ un message *m* tel que *ev = émission(m)*, *ev' = réception(m)*, ou
  - ∃ *ev''* tel que (*ev --> ev''*) et (*ev'' --> ev'*)

P=P1;c!e;P2
Q=Q1;c?v;Q2



12

12

Émulation java d'une communication synchrone

- Cas producteur / consommateur :
- Canal : Mémoire tampon de taille 1
- Émetteur :
  - Le producteur
- Récepteur:
  - Le consommateur
- Mais il y a quelque chose qui change.
  - Le producteur ne finit de produire que
    - S'il a fini de mettre l'objet dans le tampon
    - ET que le consommateur a consommé ce qui a été produit.
  - Le consommateur reste inchangé.

13

13

Émulation du canal

```
public class Canal<E>  {
 E message = null;

   public synchronized void envoyer(E v)
      throws InterruptedException {
      message = v;
      notify(); // notifyAll();
      if(message != null) wait(); // while()
  }

   public synchronized E recevoir()
      throws InterruptedException {

      if(message == null) wait(); // while()
      E tmp = message; message = null;
      notify();          // notifyAll()
      return(tmp);
  }}
```

14

Émulation de l'émetteur

```
public class Emetteur implements Runnable {
  private Canal<Integer> canal;
  private SlotCanvas display;
  public Emetteur(Canal<Integer> c, SlotCanvas d){
   canal=c; display=d;}

  public void run() {
    try {   int ei = 0;
      while(true) {
        display.enter(String.valueOf(ei));
        ThreadPanel.rotate(12);
        canal.envoyer(new Integer(ei));
        display.leave(String.valueOf(ei));
        ei=(ei+1)%10;
       ThreadPanel.rotate(348);
      }
    } catch (InterruptedException e){}
  }}
```

15

Émulation du récepteur

```
public class Recepteur implements Runnable {
  private Canal<Integer> canal;
  private SlotCanvas display;
  public Recepteur(Canal<Integer> c, SlotCanvas d){
   canal=c; display=d;}

  public void run() {
    try { Integer v = null;
      while(true) {
        ThreadPanel.rotate(180);
        if (v!=null) display.leave(v.toString());
        v = canal.recevoir();
        display.enter(v.toString());
        ThreadPanel.rotate(180);
      }
    } catch (InterruptedException e){}
  }
}
```

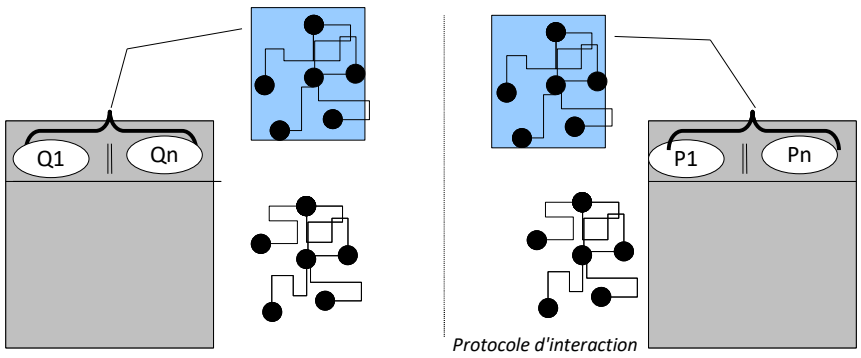
16

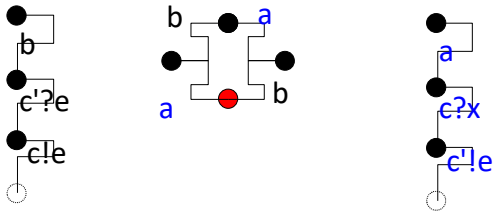
Émulation java- communication synchrone

17

17

Caractérisation d'une application répartie notion de deadlock





18

18

Avantage et inconvénient de la communication synchrone.

- Communiquer est une action de synchronisation.
- Un moyen efficace pour le contrôle d'exécution des applications réparties
  - => des applications simples
- Contraignant quand la synchronisation n'est pas nécessaire mais juste l'échange de données.
  - Beaucoup de synchronisation tue la concurrence (synonyme d'efficacité).
- Une application mal conçue risque des blocages.
- Permet seulement une communication un-à-un.
- Solution:
  - => Communication asynchrone.

19

19

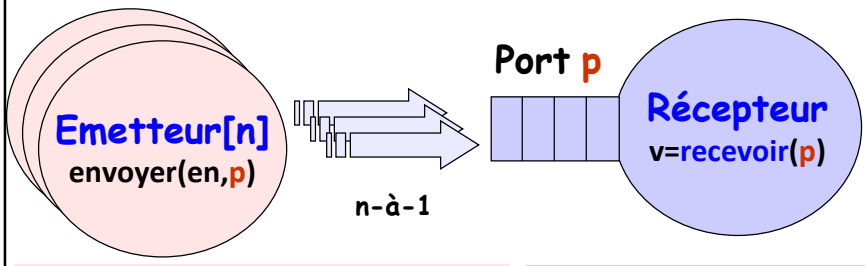
Communication asynchrone

- C'est très contraignant : pour parler avec quelqu'un au téléphone, par exemple, il faut qu'il soit disponible pour écouter.
- Idée => utiliser les répondeurs (ou SMS)
  - Celui qui appelle peut déposer son message et continu à faire tout ce qu'il a à faire et qui ne dépend pas de la réponse.
  - Celui qui est appelé n'est pas obligé de définir son comportement en fonction de celui qui appelle. Il consulte son répondeur quand il a besoin de l'information.
- Propriété recherchée :
  - Action d'envoi n'est pas bloquante (peut être si le répondeur est plein)
  - L'action de réception est bloquante ssi il n'y a pas de message en attente.
  - Communication n-à-1
- D'où l'utilisation de la notion de **port**
  - Adresse d'écoute ;
  - Doté d'une mémoire tampon.

20

20

Communication asynchrone



envoyer(e,p) - envoie la valeur de l'expression e au port p. le processus ne se bloque pas. Le message est stocké dans le tampon du port si celui-ci est non plein et que le récepteur n'est pas en attente.

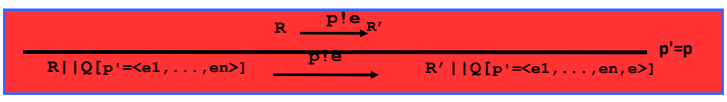
v = recevoir(p) - recoit une valeur du port p et la stocke dans une variable v . le processus se bloque si le tampon est vide.

21

21

Enrichissons notre langage et notre sémantique

- Un processus peut donc avoir un ensemble de ports
- modélisé par une suite d'expressions p=<e1,...., en>.
- On garde la même syntaxe mais on change les canaux par des ports.
- Q [p_1=<....>,...p_n]
- Sémantique:
  - *(p!e;Q)—$^{p!e}$-->Q*
  - *(p?v;Q)[p=<e1,....,en>]—$^{v=e1}$-->Q[p=<....,en>] si p≠∅*
- Sémantique de la concurrence:



22

22

Émulation java- communication asynchrone

- Plusieurs producteurs - un consommateur
- Une zone tampon avec taille illimitée (ou limitée)
- Les émetteurs
  - producteurs
- Le port
  - la zone tampon (taille n)
- Le Récepteur
  - consommateur + port.
- Modifiez le code de canal pour qu'il devienne un port

23

23

Émulation java- le port

```
public class Port<E> {
   List<E> queue = new ArrayList<E>();
   public synchronized void envoyer(E v){
       queue.add(v);
       notify(); // un seul receveur
   }

   public synchronized E recevoir()
       throws InterruptedException {
          if(queue.size()==0) wait(); // while()
          E tmp = queue.get(0);
          queue.remove(0);
          return(tmp);
   }
}
```

24

24

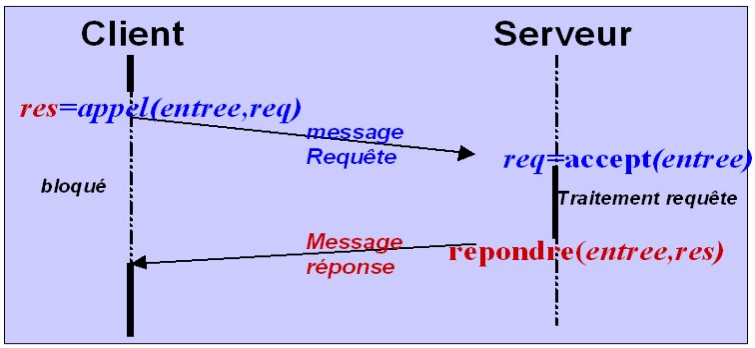
Émulation java- communication asynchrone

25

25

Communication par rendez-vous

- La forme utilisée pour réaliser les systèmes *Requête-Réponse* pour supporter la communication *client-serveur*
- C'est une forme qui mélange les deux premières formes
  - Les clients envoient les demandes de *RDV* pour le traitement de requêtes.
  - Le serveur traite de manière asynchrone les requêtes. Une à la fois.
  - Les réponses sont envoyées au client sur un canal qui lui est spécifique



26

26

Communication par rendez-vous – point d'entrée

res=appel(e,req) - envoie la valeur ***req*** comme message de requête stocké dans le point d'entrée ***e***.

Le processus est bloqué jusqu'à l'arrivée de la réponse res.

req=accept(e) - Reçoit la valeur de la requête envoyée sur l'entrée ***e*** dans la variable. L'appel est bloquant quand l'entrée est vide.

répondre***(e,res)*** - envoit de ***res*** comme réponse à l'entrée ***e***.

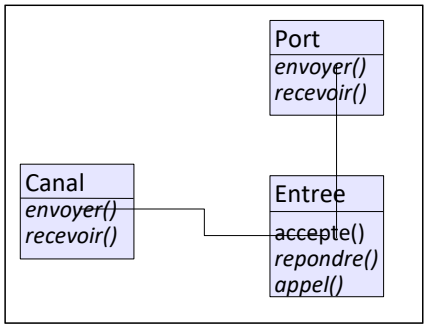
27

27

Pour comprendre ce qu'est qu'un point d'entrée

Les entrées sont des ports, ils stockent les requêtes client pour un traitement asynchrone en plus d'autres fonctionnalités...

La méthode appel crée un canal et met le client en attente de la réponse sur ce canal. Le client à l'appel de appel se bloque tant qu'il n'a pas reçu ni la réponse ni un refus. La méthode appel envoit un message au port du serveur composé d'une référence au canal du client et la requête.



La méthode accepte récupère un message du tampon et récupère la requête ainsi que le canal du client. La méthode repondre envoie la réponse sur le canal du client.

28

Émulation java – communication par RDV

```
public class Entree extends Port {
  private CallMsg cm;
  public Object appel(Object req) throws InterruptedException
{
    Canal clientCan = new Canal();
    envoyer(new CallMsg(req,clientCan));
    return clientChan.recevoir();
  }
  public Object accepte()throws InterruptedException {
    cm = (CallMsg) recevoir();
    return cm.req;
  }
  public void reponse(Object res) throws InterruptedException
{
    cm.repCan.envoyer(res);
  }
  private class CallMsg {
    Object  req; Canal repCan;
    CallMsg(Object m, Canal c)
      {req=m; repCan=c;}
  }
}
```

29

Émulation java – communication par RDV

30

30