Sistemas Distribuídos
Aula 14

Roteiro

- Exclusão mútua distribuída
- Algoritmo centralizado
- Algoritmo de Lamport
- *Token Ring*

Exemplo Bancário (Aula 4)

- Diferentes processos podem atualizar o saldo
  - executando em máquinas e locais diferentes
  - ex. get_saldo, put_saldo são chamadas RPC

```
retirada(conta, valor) {
    wait(mutex)
    saldo = get_saldo(conta)
    saldo = saldo – valor
    put_saldo(conta, saldo)
    signal(mutex)
    retorna saldo
}
```

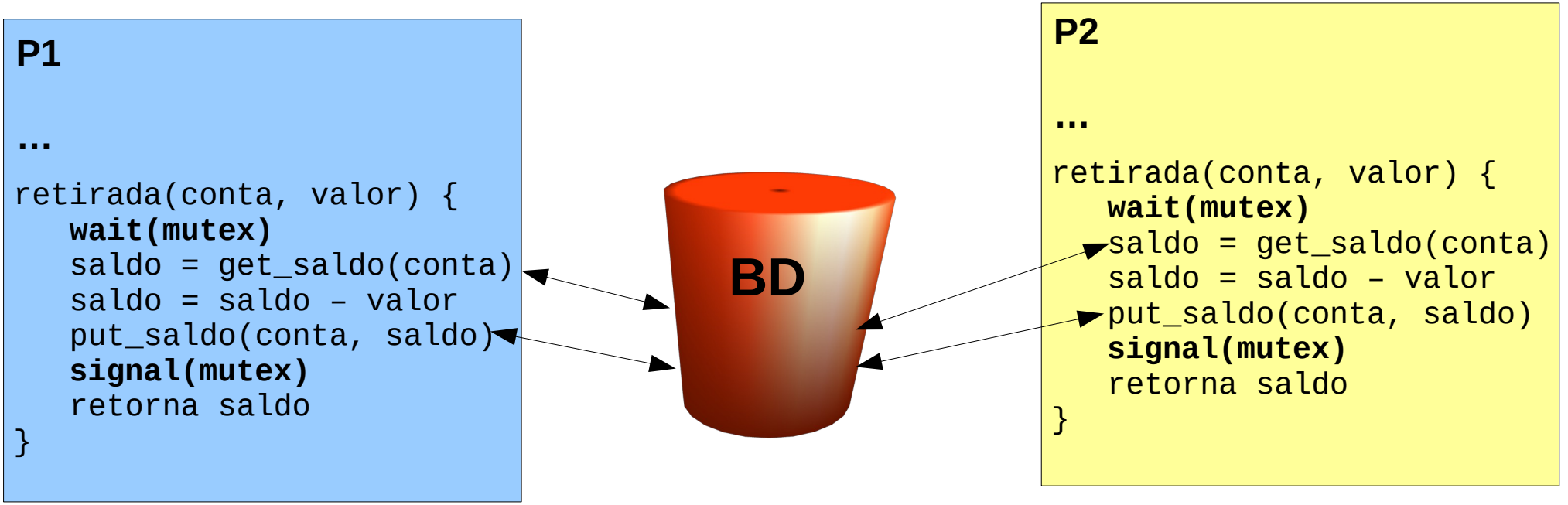
- O que pode acontecer?

Condição de Corrida (entre processos)

- saldo pode não estar correto ao final

Exemplo Bancário

- Dois processos em máquinas diferentes, acessando BD remoto (em outra máquina)



- P1 e P2 podem estar dentro de suas repectivas regiões críticas, simultaneamente
- P2 pode dar get_saldo antes de P1 dar put_saldo (ou vice-versa)
  - apenas uma retirada será registrada

Condição de Corrida

- Cenário anterior: Múltiplas *threads* ou múltiplos processos no mesmo SO
- Condição de corrida resolvida com mecanismo de exclusão mútua
  - *locks* ou semáforos ou monitores
  - mecanismos assumem memória compartilhada (entre *threads* ou processos)
- Cenário atual: múltiplos processos em SO e máquinas diferentes
  - mecanismos anteriores não funcionam

Exclusão Mútua

- Condição de corrida é inerente em sistemas distribuídos
- Precisamos de exclusão mútua entre processos em máquinas diferente

```
...
acquire(lock)
// executa região crítica
release(lock)
...
```

- Como implementar excluão mútua em sistemas distribuídos?

Trocando mensagens!

- única forma de coordenação

Demandas da Exclusão Mútua

- Algoritmo de exclusão mútua deve garantir algumas propriedades
  - **Corretude**: apenas um processo pode estar dentro da região crítica em cada instante
  - **Justiça**: qualquer processo que queira deve poder entrar na região crítica
    - implica que sistema não possui *deadlock*
  - Justiça eventual: eventualmente processo entra na região crítica (sem garantias de tempo)

Demandas da Exclusão Mútua Distribuída

- Desejável que algoritmo de exclusão mútua ofereça
  - Baixo overhead de mensagens
  - Não possuir gargalos (e ponto único de falha)
  - Tolerar mensagens fora de ordem
  - Tolerar entrada e saída de processos
  - Tolerar perda de mensagens (pela rede)
  - Tolerar falha de processos

Nada fácil garantir todas essas propriedades!

Algoritmo Centralizado

- **Ideias** para um algoritmo centralizado para exclusão mútua distribuída
- Coordenador: processo responsável por coordenar acesso a região crítica
  - comunicação e sincronização através de mensagens
  - utiliza fila para armazenar pedidos
- Processos
  - solicitam ao coordenador a entrada na região crítica
  - avisam ao coordenador ao saírem da região crítica (liberando o acesso)

Algoritmo Centralizado

Processo i

```
...
send(Coordenador,Request,i)
receive(Coordenador,Grant)

//
// executa região crítica
//

send(Coordenador,Release)
...
```

- receive() é bloqueante
- Funciona?
- Quem sincroniza chegada de pedidos no Coordenador

Coordenador

```
Q // fila de espera
while(1) {
  m = receive()

  if m.request
     if Q.empty
        send(m.process,Grant)
     Q.add(m.process)

  if m.release
     Q.remove()
     if !Q.empty
        process = Q.head()
        send(process,Grant)
}
```

Propriedades do Algoritmo Centralizado

- Demandas básicas
  - **corretude**: garante acesso exclusivo, pois apenas um “Grant” por vez
  - **justiça**: se política de fila for FIFO. Mas não se tivermos prioridade (ex. processo de menor índice tem preferência)
- Desempenho
  - Três mensagens por acesso a região crítica
  - Request, Grant, Release
  - Processos podem entrar/sair do sistema
- Limitações
  - ponto único de falha (coordenador)

Exclusão Mútua de Lamport

- Algoritmo distribuído para exclusão mútua
  - usando relógio de Lamport
- **Ideia**: todos os processos devem ter mesma ordem de entrada na RC
  - necessitamos de uma ordenação total dos pedidos de entrada na RC

Totally Ordered Multicast!

- Processos avisam quando querem entrar na RC
- Processos avisam quando saem da RC
- Acesso feito quando está na sua vez

Exclusão Mútua de Lamport

- Cada processo mantém uma fila com os pedidos de entrada na RC de todos os processos
- Fila ordenada por valor do relógio lógico associado ao pedido de entrada (*timestamp*)
  - relógio lógico de Lamport, adicionado do identificador do processo (não há empates)
- Para entrar na RC:
  - envia pedido com *timestamp* a todos processos (incluindo a si mesmo)
  - Aguarda confirmação de todos os processos
  - Se pedido estiver na cabeça da fila, e todas confirmações chegaram, entrar na RC!

Exclusão Mútua de Lamport

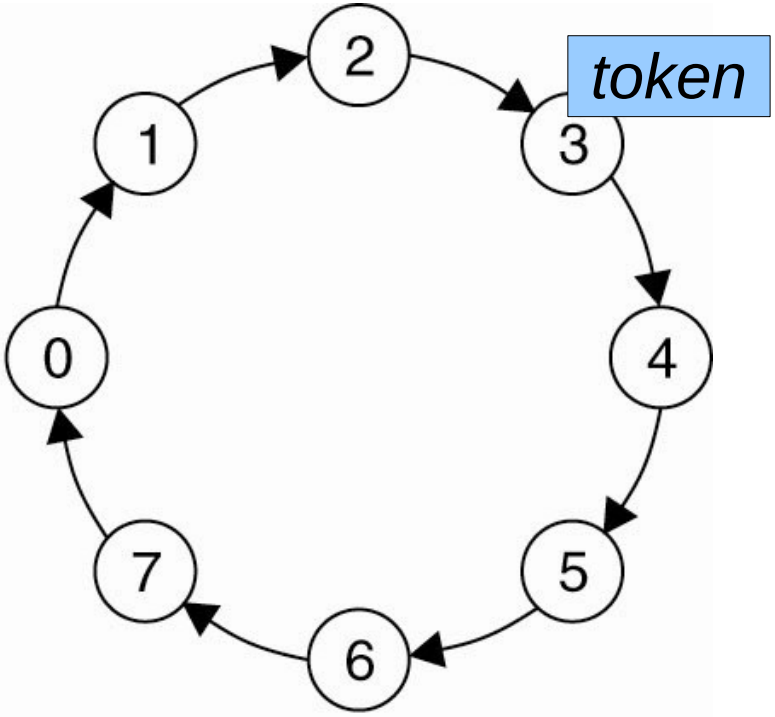
- Ao sair da RC:
  - Remover pedido da fila, enviar mensagem de *Release* a todos os processos
- Outros processos:
  - Ao receber um pedido, adicionar na fila ordenado pelo *timestamp* do pedido, enviar confirmação
  - Ao receber mensagem *release*, remover o pedido da cabeça da fila
  - Se próprio pedido estiver na cabeça da fila, e todas confirmações chegaram, entrar na RC!

Propriedades da Exclusão Mútua de Lamport

- Assumir rede FIFO e que mensagens não se perdem
- **Corretude:** Filas são ordenadas igualmente em todos os processos
- **Justiça**: ao enviar pedido em T1 e receber última confirmação em T2, todos os pedidos subsequentes aque chegarem terão tempos maiores que T2
- Quantas mensagens (em *multicast*) por acesso a região crítica?
  - 1 + n + 1: pedido, confirmação, release
- Limitações
  - se um processo falhar?
  - se mensagens trocarem de ordem na rede?

Algoritmo de *Token Ring*

- Exclusão mútua de Lamport exige comunicação entre todos os processos
- **Ideia**: Organizar processos em alguma topologia lógica, repassar mensagem (*token*) que dá acesso a região crítica
  - ex. topologia em anel (já vimos isto antes?)



- processo com *token* pode acessar RC, se necessário
- envia *token* para próximo processo ao sair da RC
- *token* circula pelos processos

Propriedades do *Token Ring*

- **Corretude:** *token* está em apenas em um processo em cada instante
- **Justiça**: acesso garantido antes de um mesmo processo acessar RC novamente (*token* circula)
- Quantas mensagens por acesso a região crítica?
  - depende do número de processos querendo acessar a RC
  - se todos: 1 mensagem por acesso,
    se apenas um: *n* mensagens por acesso
- Limitações
  - se um processo falhar?
  - se o *token* se perder?