Sistemas Distribuídos
Aula 16

Aula passada

- Relógio de vetores
- Propriedades
- Garantindo ordenação total

Aula de hoje

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

Exemplo Bancário (aula 4)

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

```
retirada(conta, valor) {
   saldo = get_saldo(conta);
   saldo = saldo – valor;
   put_saldo(conta, saldo);
   retorna saldo;
}
```

- O que pode acontecer?

Condição de Corrida!

- saldo pode não estar correto

Condição de Corrida

- Como resolvemos o problema antes?

Exclusão Mútua!

- Usando mutex ou semáforos

- Podemos reusar a ideia?

Não! Por que?

- Mutex/semáforos assumem acesso a memória compartilhada
  - imediato com threads, bem difícil com processos

Exclusão Mútua

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

```
...
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 necessita
  - **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

Demandas da Exclusão Mútua

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

Algoritmo Centralizado

- **Ideias** para um algoritmo centralizado?
- Coordenador: processo responsável por coordenar acesso a região crítica
  - comunicação com mensagens
  - utiliza fila para armazenar pedidos
- Processos: solicitam entrada na região crítica ao coordenador; liberam região crítica avisando coordenador

Algoritmo Centralizado

Processo i

```
...
send(Coordinator,Request,i)
receive(Coordinator,Grant)
// executa região crítica
send(Coordinator,Release)
...
```

Coordinator

```
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)
}
```

- Funciona?
- Multi-threaded?

Propriedades do Algoritmo Centralizado

- Demandas básicas
  - **corretude**: claramente garante acesso exclusivo, pois apenas um “Grant” por vez
  - **Justiça**: claramente se política de fila for FIFO, mas não se tivermos prioridade (ex. processo de menor índice tem preferência)
- Desempenho
  - Quantas mensagens por acesso a região crítica?
  - Três: Request, Grant, Release
- Limitações
  - Ponto único de falha (o que ocorre se coordenator falhar, ou rebootar)

Exclusão Mútua de Lamport

- Algoritmo distribuído de 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 de pedidos de entrada na RC
- Fila ordenada por valor do relógio lógico associado ao pedido de entrada
  - relógio lógico de Lamport, adicionar identificador do processo (não há empates no valor de relógio)
- Para entrar na RC:
  - envia pedido com *timestamp* (relógio local) 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

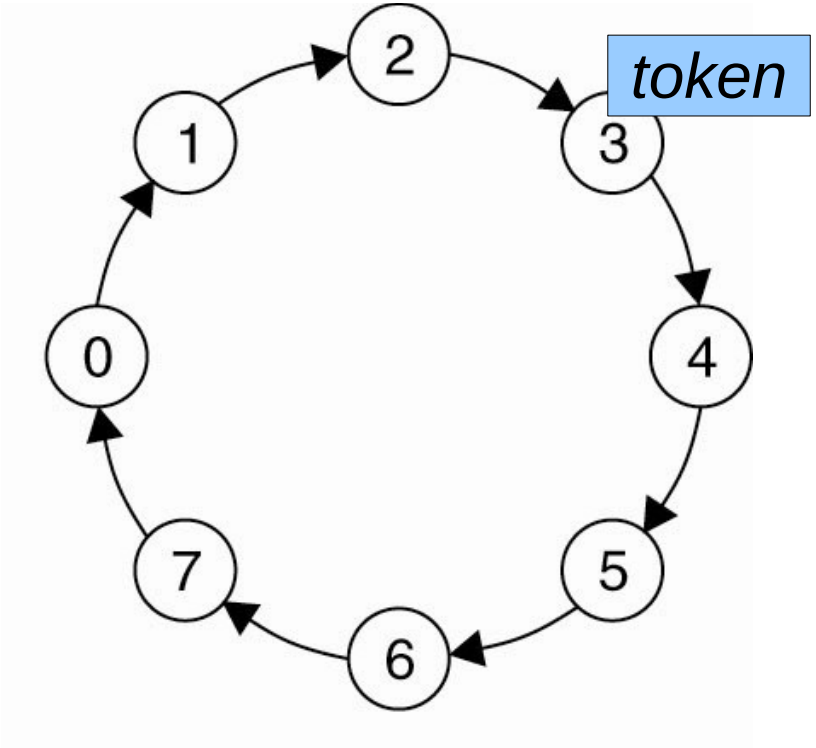
- Ao sair da RC:
  - Remover pedido da fila, enviar mensagem de *release* a todos os processos
- Outros processos:
  - Ao receber um pedido, adicionar na fila em ordenado pelo *timestamp* do pedido, enviar confirmação
  - Ao receber mensagem *release*, remover o pedido da cabeça da fila
  - Se próprio 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 na fila deste processo terão tempos menores que T2
- Quantas mensagens por acesso a região crítica?
  - 3*(n-1): pedido, confirmação, release
- Limitações
  - se um processo falhar?
  - se mensagens trocarem de ordem na rede?

Algoritmo de *Token Ring*

- **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* acessa RC, se necessário
- envia *token* para próximo processo
- *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!
  - Se todos: 1 mensagem por acesso,
    se apenas 1: n mensagens por acesso
- Limitações
  - se um processo falhar?
  - se o *token* se perder?