

# Aula 12 - Relógios Lógicos

Monday, April 18, 2016 13:50

Ordenação de eventos em sistema distribuído

Definimos uma relação matemática entre eventos

$a \rightarrow b$

"aconteceu-antes-de"

Se o evento  $a$  "aconteceu-antes-de" evento  $b$ , então eles realmente ocorreram um antes do outro no "tempo físico".

Se os relógios dos processos são independentes e não-sincronizados, então esta relação nos dá uma ordem parcial de eventos.

→

Satisfaz

- (1)  $a$  &  $b$  são eventos de um mesmo processo, podemos definir que  $a \rightarrow b$  usando o relógio local
- (2) Se  $a$  é o envio de uma mensagem e  $b$  é o recebimento daquela mensagem por outro processo, então  $a \rightarrow b$ .
- (3) Se  $a \rightarrow b$  e  $b \rightarrow c$  então  $a \rightarrow c$ .

Esta relação não permite ordenação TOTAL: há eventos concorrentes.

## Relógios Lógicos

Permite a ordenação total de eventos

Considere o processo  $i$ . O relógio lógico do processo  $i$  (chamado  $C_i$ ) é uma função matemática que assinala um número natural a cada evento de  $i$ .

- A função  $C$  representa o sistema inteiro de relógios lógicos de todos os processos.
- Esta função deve ser consistente com a relação "aconteceu-antes-de"
  - o É a "clock condition"
  - o  $\forall a, b; \text{ se } a \rightarrow b, \text{ então } C(a) < C(b)$

(atenção: o contrário NAO é necessariamente verdade)

## Implementação de um relógio lógico

- 1) O processo  $i$  incrementa  $C_i$  entre dois eventos que executa.
- 2) Quando envia uma mensagem, o processo  $i$  envia junto o  $C_i$  daquele envio de mensagem.
- 3) Quando o processo  $j$  recebe uma mensagem com  $C_i$ , faz o  $C_j$  do recebimento maior que o  $C_j$  do seu evento anterior e maior que o  $C_i$  do envio.

(até aqui: ordenação parcial)

Para a ordenação total, o problema é: como ordenar dois eventos com timestamp igual?)

**Solução:** usar a ordem lexicográfica dos identificadores dos processos

**Justificativa:** Basta que todos os processos concordem com a ordem de execução de todos os eventos. (não tem problema se isso for um pouco diferente do tempo físico).

## A relação $\Rightarrow$

A relação  $a \Rightarrow b$  que define a ordem total (Lamport)

$\forall a, b; a \Rightarrow b$  se e somente se:

- (i)  $\forall i, j; C_i(a) < C_j(b)$
- (ii)  $C_i(a) = C_j(b); i < j$

Obs.: A relação  $\Rightarrow$  é consistente com a relação  $\rightarrow$ .

## Exemplo

1	2	3	4	5	8	9
A: inst A1, A send C, A recv B, inst A2, A send D, A recv D, inst A3						
1	2	6	7	10		
B: B send A, inst B1, B recv C, inst B2, B recv D						
1	2	3	4	5		
C: inst C1, inst C2, C recv A, inst C3, C send B						
1	6	7	8	9		
D: inst D1, D recv A, D send A, inst D2, D send B						

inst A1  $\Rightarrow$  B send A  $\Rightarrow$  inst C1  $\Rightarrow$  inst D1  $\Rightarrow$  A send C  $\Rightarrow$  inst B1  $\Rightarrow$  inst C2  $\Rightarrow$  A recv B  
 $\Rightarrow$  C recv A  $\Rightarrow$  inst A2  $\Rightarrow$  inst C3  $\Rightarrow$  A send D  $\Rightarrow$  C send B  $\Rightarrow$  B recv C  $\Rightarrow$  D recv A  $\Rightarrow$

/ C recv A / inst A2 / inst C3 / A send B / C send B / B recv C / B recv A /  
 inst B2  $\Rightarrow$  D send A  $\Rightarrow$  A recv D  $\Rightarrow$  inst D2  $\Rightarrow$  inst A3  $\Rightarrow$  D send B  $\Rightarrow$  B recv D

### Exercício:

1      2      5      6      7  
 A: send C, inst A1, recv D, inst A2, send B

1      2      8      9  
 B: send D, inst B1, recv A, inst B2

1      2      3  
 C: inst C1, recv A, inst C2

2      3      4      5  
 D: recv B, inst D1, send A, inst D2

A send C  $\Rightarrow$  B send D  $\Rightarrow$  inst C1  $\Rightarrow$  inst A1  $\Rightarrow$  inst B1  $\Rightarrow$  C recv A  $\Rightarrow$  D recv B  $\Rightarrow$  inst C2  
 $\Rightarrow$  inst D1  $\Rightarrow$  D send A  $\Rightarrow$  A recv D  $\Rightarrow$  inst D2  $\Rightarrow$  inst A2  $\Rightarrow$  A send B  $\Rightarrow$  B recv A  $\Rightarrow$  inst  
 B2

1      2      3      12  
 A: send B, inst A1, inst A2, recv E

1      2      3      4  
 B: inst B1, recv A, send C, inst B2

1      4      5      6  
 C: inst C1, recv B, inst C2, send D

1      7      8      9  
 D: inst D1, recv C, inst D2, send E

10      11  
 E: recv D, send A

A send B  $\Rightarrow$  inst B1  $\Rightarrow$  inst C1  $\Rightarrow$  inst D1  $\Rightarrow$  inst A1  $\Rightarrow$  B recv A  $\Rightarrow$  inst A2  $\Rightarrow$  B send C  
 $\Rightarrow$  inst B2  $\Rightarrow$  C recv B  $\Rightarrow$  inst C2  $\Rightarrow$  C send D  $\Rightarrow$  D recv C  $\Rightarrow$  inst D2  $\Rightarrow$  D send E  $\Rightarrow$  E  
 recv D  $\Rightarrow$  E send A  $\Rightarrow$  A recv E