

Aula 7 -Sequenciamento de eventos

Manter relógios sincronizados (com uma diferença pequena) em um S.D. pode ser uma tarefa cara e complexa. Em 1978 Lamport mostrou que para muitas aplicações não é necessário manter os relógios sincronizados, mas sim garantir que para um observador os eventos aconteçam de uma maneira sequencial.

Para este tipo de sequenciamento, Lamport definiu uma relação chamada *happened-before*, e introduziu o conceito de relógios lógicos baseados nesta relação.

Happened-Before

A relação *happened-before* (representada por \rightarrow em um conjunto de eventos) satisfaz as seguintes condições:

- se a e b são eventos no mesmo processo e a aconteceu antes de b então $a \rightarrow b$;
- se a é o evento de envio de uma mensagem por um processo e b é o evento de recebimento da mesma mensagem por outro processo, então $a \rightarrow b$;
- se $a \rightarrow b$ e $b \rightarrow c$, então $a \rightarrow c$.

Outras condições são verdadeiras: $a \rightarrow a$ não é verdadeira para qualquer evento a ; dois eventos são ditos *concorrentes* caso não exista relação *happened-before* entre estes dois eventos, ou seja $a \rightarrow b$ e $b \rightarrow a$ não são verdadeiros.

Exemplo (figura 6.3 página 293 de [Sinha1997]).

Relógios lógicos

Para determinar a relação *happened-before* entre dois eventos, é necessário um relógio comum ou um conjunto de relógios perfeitamente sincronizados. Como vimos anteriormente, isto é difícil em um S.D. Lamport descreve uma solução para tanto: relógios lógicos.

A idéia é fornecer a cada evento um *timestamp* (que pode ser simplesmente um número), de forma que eventos com a relação *happened-before* possam ser ordenados. Desta forma cada processo P_i possui associado um relógio C_i que determina um valor $C_i(a)$ para cada evento a naquele processo. Este relógio é chamado relógio lógico pois nada se pode afirmar a respeito deste relógio em relação ao relógio real.

Desta forma o sistema de relógios é implementado através de uma função C que atribui a cada evento b o número $C(b)$, onde $C(b) = C_j(b)$ se b é um evento no processo P_j .

O sistema de relógios lógicos é dito correto se a seguinte condição é satisfeita: *para quaisquer dois eventos a e b , se $a \rightarrow b$ então $C(a) < C(b)$.*

Implementação de relógios lógicos

Para que a condição acima seja satisfeita as seguintes condições devem ser garantidas:

- **C1:** se a e b são dois eventos em um mesmo processo P_i e a aconteceu antes de b então $C_i(a) < C_i(b)$.
- **C2:** se a é o envio de uma mensagem pelo processo P_i e b é o recebimento da mesma mensagem pelo processo P_j então $C_i(a) < C_j(b)$.
- **C3:** Um relógio C_i associado com P_i deve sempre ser incrementado nunca decrementado. (Esta condição é utilizada para garantir o correto funcionamento do sistema.)

Desta forma para garantir as condições acima as seguintes regras de implementação devem ser seguidas:

- **IR1:** cada processo P_i incrementa C_i entre dois eventos sucessivos;
- **IR2:** se evento a é o envio de uma mensagem m pelo processo P_i , então a mensagem m contém um *timestamp* $T_m = C_i(a)$, e quando o processo P_j receber a mensagem m o mesmo atribui a C_j um valor maior que T_m .

Exemplo (fig 6.4, pag. 295 de[Sinha1997]).