

Sistemas Distribuídos

Rui Raposo

Sunday 24th May, 2020
15:45

1 Recordando...

- **Modelo de Avarias:** caracteriza o sistema em termos das falhas/avarias, i.e., dos desvios em relação ao comportamento especificado, que os seus componentes podem apresentar.
- **Modelo de Sincronismo:** caracteriza o sistema em termos do comportamento temporal dos seus componentes:
 - Processos;
 - Relógios locais;
 - Canais de comunicação;
 - Síncrono;
 - Assíncrono.

Um sistema diz-se **síncrono** se e só se:

1. É conhecido um limite inferior e um limite superior para o tempo que cada processo leva a executar;
2. É conhecido um limite inferior e um limite superior para o atraso na comunicação entre os seus componentes;
3. Cada processo tem um relógio local e é conhecido um limite superior para o desvio na sua taxa de incremento.

Um sistema diz-se **assíncrono** se **nada se assume sobre o comportamento temporal do sistema**.

- **Dilema:** É relativamente fácil resolver problemas com sistemas síncronos, mas é extremamente difícil construir um sistema síncrono.

2 Tempo e Relógios – O papel do tempo

- Precisa de ser medido com elevada **precisão**;
- Precisa de ser medido de forma **consistente** pelos diversos componentes de um sistema;
- Crucial na **ordenação** de eventos (observadores distintos podem testemunhar eventos por ordens diferentes);
- Tempo Real?
 - Função monótona contínua e crescente;
 - Unidade: segundo.

O uso do tempo em sistemas distribuídos é feito em **dois** aspetos:

1. Registrar e observar a localização de eventos na *timeline*. Queremos saber qual a sequência em que ocorreu um conjunto de eventos (possivelmente distribuídos por várias máquinas);
2. Forçar o futuro posicionamento de eventos na *timeline*. Sincronização do progresso concorrente do sistema para conhecermos qual a sequência de um conjunto de acontecimentos podemos marcar o instante de ocorrência atribuindo um, **Timestamp**.

Timestamp – sequência de caracteres que marcam a data e/ou tempo no qual um certo evento ocorreu (exemplo, data de criação/modificação de um ficheiro).

– Um *timestamp* está associado a um ponto na *timeline*.

Se queremos comparar a duração de vários acontecimentos podemos usar:

- **intervalos de tempo**, cadeia de tempo composta por vários intervalos adicionados;
- **Timers/Relógios locais**, implementam a abstração da *timeline*.

Num sistema distribuído cada evento pode ocorrer em diferentes locais, cada um com a sua *timeline*. **Como conciliar diferentes *timelines*? Como medir durações distribuídas?**

- **Tempo Global**, implementa a abstração de um tempo universal, através de um relógio que fornece o mesmo tempo a **todos** os participantes no sistema;
- **Tempo Absoluto**, padrões universalmente ajustados, disponíveis como fontes de tempo externo para o qual qualquer relógio interno se pode sincronizar;
- **Relógio físico local**, o modo mais comum para fornecer uma fonte de tempo num processo.

- Equipamento físico, que conta as oscilações que ocorrem num cristal de quartzo a uma dada frequência.
- Cada oscilação do cristal decrementa o contador de uma unidade.
- Quando o contador chega a zero, é gerado um *interrupt* e o contador é recarregado com o valor inicial.
- Cada *interrupt* é designado como um ”*clock tick*”.
- Um relógio num processo correto, k , implementa uma função **discreta**, monótona crescente, pc_k , que mapeia o tempo real t em tempo de relógio $pc_k(t)$.
- Problemas dos relógios físicos:
 - **Granularidade:** relógios físicos são granulares, isto é, avançam uma unidade em cada *tick*, t_k :

$$pc_k^{t_{k+1}} - pc_k^{t_k} = g$$

- * A frequência das oscilações varia com a temperatura.
- * Diferentes taxas de desvio em diferentes computadores.
- **Taxa de desvio do relógio físico:** existe uma constante positiva r_p , a *taxa de desvio (rate of drift)*, que depende não só da qualidade do relógio mas também das condições ambientais.

$$0 \leq 1 - r_p \leq (pc_k(t_{k+1}) - pc_k(t_k))/g \leq 1 + r_p$$

$$0 \leq t_k \leq t_{k+1}$$

3 Clock skew / Clock drift

- **Skew** - é a diferença do valor do tempo lido de dois relógios diferentes.
- **Drift** - é a diferença no valor lido de um relógio e o valor do tempo fornecido por um relógio de referência perfeito por unidade de tempo do relógio de referência.

Ex. drift de 10^{-5} segundos / segundo, significa que em cada segundo o relógio tem um desvio de 0,00001 segundos.

4 Para que serve um relógio local?

- Fornecer *timestamps* para eventos locais.
- Medir durações locais. (O erro causado pelo desvio é insignificante para durações pequenas.)
- Pode ser usado como um ”*timer*” para estabelecer *timeouts*.
- Medir durações distribuídas *round-trip*.

5 Relógios Globais - Características

- Fornecer o mesmo tempo para todos os intervenientes do sistema.
- *Timestamping* de eventos distribuídos.
- Medição de durações distribuídas.

6 Relógios Globais - Funcionamento

- É criado um relógio virtual vc_p para cada processo p a partir do relógio físico.
- É feita a sincronização de todos os relógios locais com o mesmo valor inicial $vc_p(t_{init})$
- Periodicamente os relógios virtuais são re-sincronizados - Algoritmos de Sincronização

7 Relógios Globais - Propriedades

- Granularidade: $g_v = vc_p(t_{k+1}) - vc_p(t_k)$
- Precisão (π_v) : quão próximos os relógios se mantêm sincronizados entre si em qualquer instante do tempo.
- Exatidão (*accuracy* - α_v): quão próximos os relógios estão sincronizados em relação a uma referência de tempo real absoluto (sincronização externa)

8 Sincronização interna vs Sincronização externa

- Sincronização interna:
 - relógios têm que obter precisão relativamente a um tempo interno ao sistema
- Sincronização externa:
 - relógios tem que estar sincronizados com uma fonte externa de tempo universal

9 Referências de Tempo universal - Normas

- Tempo Atômico Internacional (TAI) - é função contínua monótona crescente a uma taxa constante.
- *Universal Time, Coordinated (UTC)* - é referência de tempo política (Correção do TAI).
 - - **Forma mais simples de obter o UTC:** por GPS - é assegurada uma exactidão, em terra, de 100ns para os relógios dos receptores de GPS.

10 Medição de durações *round-trip*

- Certas durações distribuídas podem ser medidas sem a existência explícita de relógios globais.
- O atraso de entrega de uma mensagem pode ser calculado com um erro conhecido e limitado, se existir uma mensagem prévia recente no sentido inverso.
- Pré-requisitos para o uso deste método:
 - Assegurar troca de mensagens frequente entre os sites relevantes
 - Assegurar que o timestamping das transmissões de mensagens e entregas, também sejam trocados entre os sites relevantes