

Computação Distribuída

Odorico Machado Mendizabal



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Departamento de Informática e Estatística – INE



Consenso em Sistemas Distribuídos

Consenso

/con-sen-so/

1. **concordância ou unanimidade** de opiniões, raciocínios, crenças, sentimentos etc. **em um grupo** de pessoas; **decisão**, opinião, deliberação **comum à maioria** ou a todos os membros de uma comunidade.
2. **Deliberação ou decisão**, em geral tomada em conselhos ou assembleias, que se caracteriza pela **ausência de manifestações discordantes**, argumentos contrários ou objeções.
3. **Manifestação de concordância**; consentimento, anuência.

Consenso em Sistemas Distribuídos

- Um conjunto de processos distribuídos deve entrar em acordo sobre um valor proposto
 - Algoritmos de consenso são amplamente utilizados em Sistemas Distribuídos:
 - Eleição de líder
 - Exclusão mútua
 - Detectores de falhas
 - Difusão atômica
 - Replicação ativa
 - ...

O desafio é propor um protocolo de consenso distribuído considerando sistemas não confiáveis, com atrasos ou perda de mensagens, falhas de processos, violação de segurança, etc.

Modelos de Sistema

- Desenvolvimento de algoritmos distribuídos parte da definição do modelo do sistema ao qual o algoritmo deve funcionar
 - Um modelo **descreve atributos** relacionados sincronia, comunicação, falhas, etc.
 - Modelo deve prover uma **visão simplificada** e ainda deve ser um **representação próxima da realidade**

Modelos com suposições fortes permitem soluções mais fáceis, mas possivelmente inadequadas para sistemas mais realistas. Por outro lado, suposições mais fracas exigem soluções mais fortes.

(tratabilidade do modelo versus precisão do modelo)



FB Schneider. What Good are Models and What Models are Good?
Distributed systems (2nd Ed.), 1993 - dl.acm.org

Sistemas Síncronos versus Sistemas Assíncronos

- **Sistemas assíncronos:**
 - Não há limites conhecidos para o tempo de execução de um processo ou atraso para entrega de mensagens
 - Suposição fraca: qualquer sistema é assíncrono
- **Sistemas síncronos:**
 - A velocidade relativa entre processos e a latência na entrega de mensagens é conhecida
 - Pode-se dizer que cada passo em um processo leva t , onde $\text{lim_inf} < t < \text{lim_sup}$

Um algoritmo/protocolo desenvolvido para um sistema assíncrono também funciona em um sistema síncrono

Modelos de falhas

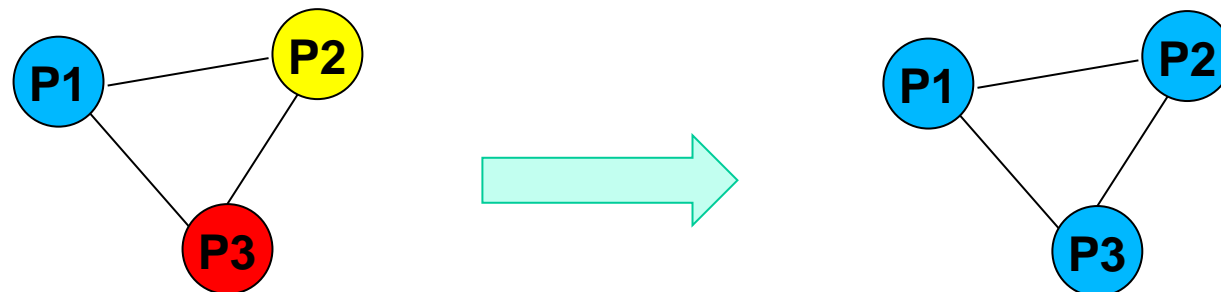
- Componentes que podem ser afetados:
 - **Processos**
 - **Canais de comunicação**
- Modelos de falha de processos:
 - *Parada (Failstop)*: Um processo falha por parada. Uma vez parado, ele permanece no mesmo estado e outros processos detectam esta parada
 - *Colapso (crash)*: Um processo falha por parada. Uma vez parado, ele permanece no mesmo estado, mas a falha pode ou não ser detectada por outros processos
 - *Arbitrária/Bizantina (Byzantine)*: Um processo falha por exibir um comportamento arbitrário.

Modelos de falhas

- Componentes que podem ser afetados:
 - **Processos**
 - **Canais de comunicação**
- Modelos de falha de canais de comunicação:
 - *Colapso + enlace (link crash)*: Um enlace falha por perder algumas mensagens, mas não atrasa, duplica ou corrompe o conteúdo das mensagens
 - *Omissão de recebimento (Receive omission)*: Um processo falha por receber um subconjunto de mensagens destinadas a ele ou falha por colapso.
 - ...

Consenso: Definição Informal

- Assumindo que processos pretendem estabelecer um acordo sobre um determinado valor:
 - Cada processo inicia com um valor inicial
 - Cada processo deve retornar, como saída, o mesmo valor
 - O valor de saída deve ser um dos valores propostos pelos processos (não-trivialidade)



Consenso: Definição Formal

- O consenso pode ser definido pelas seguintes propriedades:
 - *Acordo (Agreement)*: Dois processos corretos não decidem valores diferentes
 - *Terminação (Termination)*: Todos os processos corretos eventualmente decidem
 - *Validade (Validity)*: Qualquer valor decidido é o valor inicial de algum processo

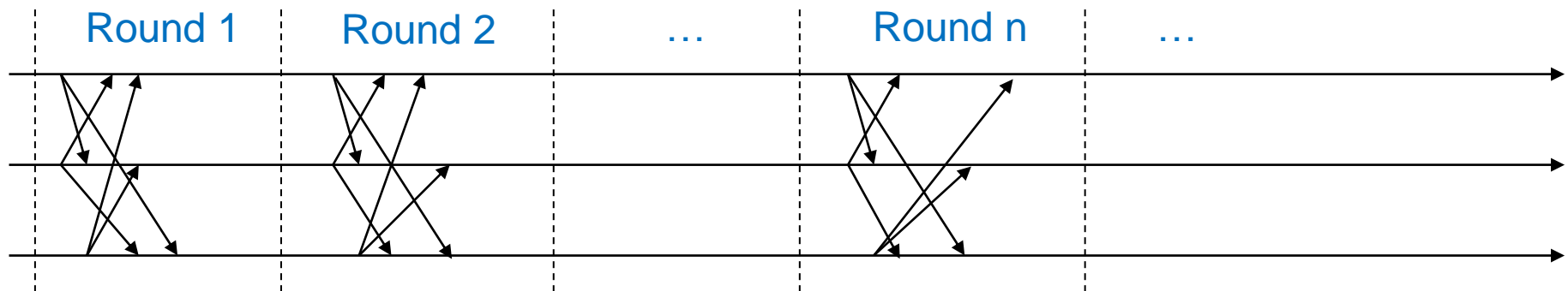
Consenso em Sistemas Síncronos

- Desde que (no modelo síncrono)
 - Há limites no atraso de mensagem
 - Há limite no desvio entre relógios
 - Há um limite no tempo de execução dos passos de um processo
- E assumindo que no máximo f processos podem falhar (*crash* ou *fail-stop*)

O consenso pode ser resolvido!

Consenso em Sistemas Síncronos

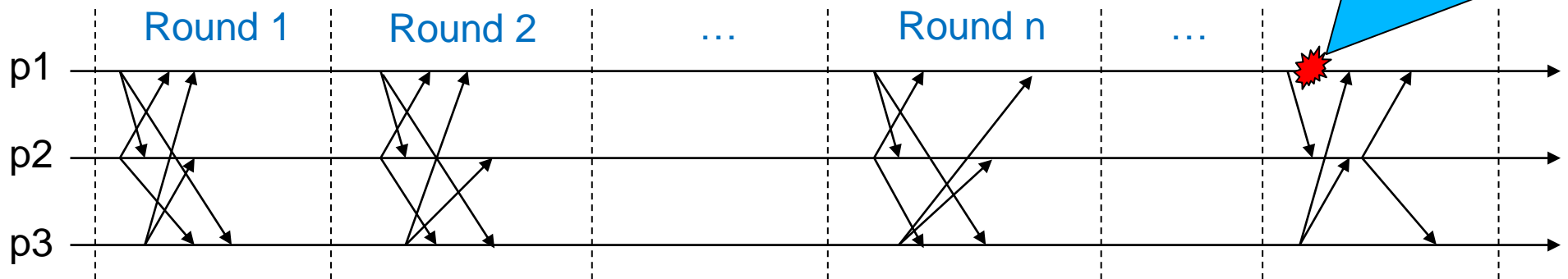
- Todos os processos são sincronizados e operam em rodadas (*rounds*)
- Processos iniciam em estados arbitrários e com os canais vazios
- A cada rodada:
 - Processos aplicam uma função de geração de mensagens com base no seu estado atual e propagam a mensagem a todos os processos
 - Com base nas mensagens recebidas e no estado atual, cada processo atualiza o seu estado



Consenso em Sistemas Síncronos

- Todos os processos são sincronizados e operam em rodadas (*rounds*)
- Processos iniciam em estados arbitrários e com os canais vazios
- A cada rodada:
 - Processos aplicam uma função de geração de mensagens com base no seu estado atual e propagam a mensagem a todos os processos
 - Com base nas mensagens recebidas e no estado atual, cada processo atualiza o seu estado

No caso de falha de processo durante o envio de mensagem, um subconjunto de mensagens deste processo será entregue



Consenso em Sistemas Síncronos

- Algoritmo de consenso:
- Cada processo p_i mantém um conjunto de valores propostos V_i .
- Inicialmente V_i contém apenas o valor proposto por p_i
- Para cada $f + 1$ rodadas:
 - Cada processo p_i envia uma mensagem m contendo V_i para todos os processos
 - Para cada mensagem recebida, inclui adiciona a V_i os valores V_j recebidos
- Após $f + 1$ rodadas, p_i decide em um único valor de V_i (com um critério determinístico. Ex. escolhe o menor valor)

Consenso em Sistemas Assíncronos

- Resultado Fundamental
 - É impossível implementar algoritmo que resolva o consenso em ambientes assíncronos onde pelo menos um processo pode falhar

FLP Impossibility Result (Michael J. Fischer, Nancy A. Lynch and Michael S. Paterson, “Impossibility of Distributed Consensus with One Faulty Process,” Journal of the ACM, April 1985, 32(2):374-382)
 - Não é possível distinguir um processo falho de um processo lento

Consenso em Sistemas Assíncronos

- Então, como resolver o problema de consenso em sistemas assíncronos?
 - Pode-se **modificar o problema** de consenso
 - Ex. consenso probabilístico
 - Ou, fazer suposições mais fortes sobre **o modelo do sistema**

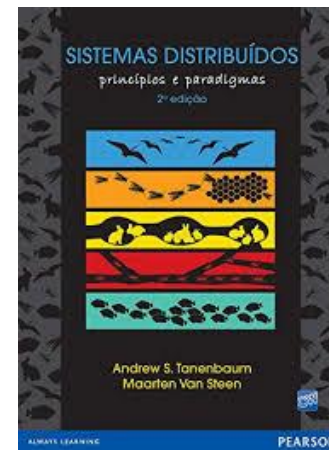
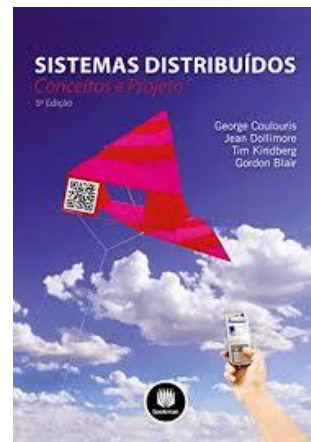
Ex. modelo parcialmente síncrono:

- *O sistema comporta-se de forma assíncrona, mas eventualmente ele se comporta de forma síncrona por um período suficiente para avançar em uma computação (ex.: para alcançar o consenso)*

Referências

Parte destes slides são baseadas em material de aula dos livros:

- *Coulouris, George; Dollimore, Jean; Kindberg, Tim; Blair, Gordon. Sistemas Distribuídos: Conceitos e Projetos. Bookman; 5ª edição. 2013. ISBN: 8582600534*
- *Tanenbaum, Andrew S.; Van Steen, Maarten. Sistemas Distribuídos: Princípios e Paradigmas. 2007. Pearson Universidades; 2ª edição. ISBN: 8576051427*



- *Imagens e clip arts diversos:*
<https://free-icon-rainbow.com/>
<https://www.gratispng.com/>