Sincronização

- Tempo e Relógios

- **Sincronização de Relógios**
  - **Algoritmo de Cristian**
  - **Algoritmo de Berkeley**
  - **Network Time Protocol**

Algoritmos de Sincronização

Caso mais simples:

- Sincronização interna entre dois processos num sistema distribuído síncrono.

- São conhecidos os limites máximo (Max) e mínimo (Min) para o envio de mensagens, assim como para o desvio do relógio e para o tempo de execução dos processos.

Assumindo que o processo 1 envia uma mensagem ao processo 2 com o tempo que marca o seu relógio, t

Algoritmos de Sincronização

A incerteza no envio da mensagem será u = (Max – Min)

Se o processo 2 acerta o seu relógio para t + Min, o máximo desvio (skew) será u porque a mensagem pode ter demorado Max.

Se o processo 2 acerta o seu relógio para t + Max, o máximo desvio será também u porque a mensagem pode ter demorado Min.

Mas se o processo 2 acertar o seu relógio para, t + (Max + Min) /2

O desvio (skew) entre os dois relógios será no máximo,

(Max - Min) / 2

Algoritmos de Sincronização

- Como acertar um relógio

 - obter UTC e corrigir o software do relógio

- Problemas

➔ O que acontece se um relógio está adiantado e é acertado?

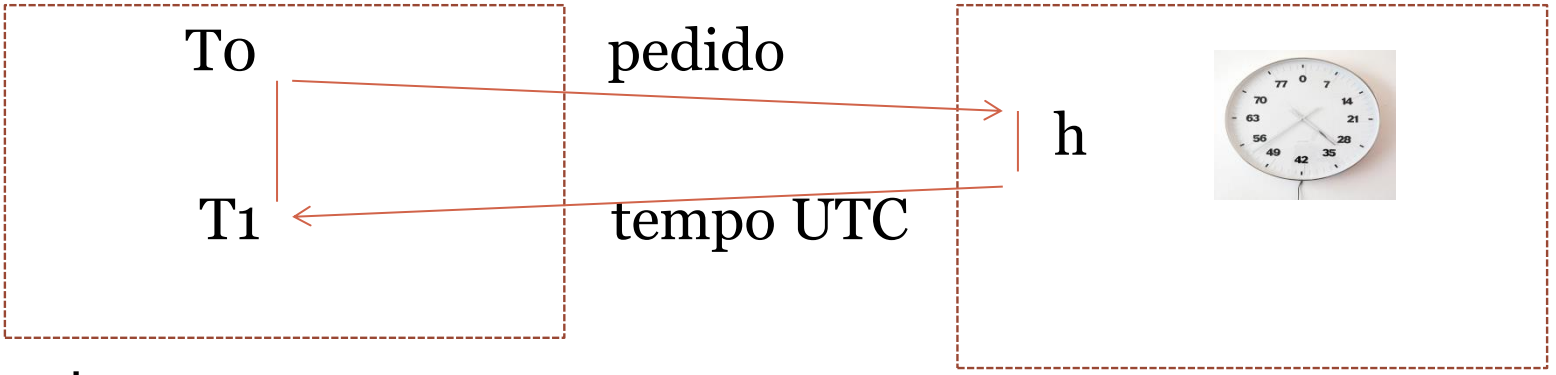
- O tempo nunca anda para trás.

- O valor lido do relógio físico deverá ser escalado pelo software de forma a ir atrasando lentamente, sempre como uma função crescente.

Algoritmos de Sincronização

- Sistemas Assíncronos – Algoritmo de Cristian

 - obter UTC e corrigir o software do relógio



Cliente

Servidor com receptor de UTC

Estimativa para o tempo de propagação da mensagem:

p = (T1 – To – h) /2 (= metade do "round-trip time" = 1/2 RTT)

Algoritmos de Sincronização

- Algoritmo de Cristian

- Acertar o relógio do cliente para UTC + p

- Fazer várias medições para obter o valor de T1-T0
  - Descartar valores acima de um determinado limite
  - Ou assumir os valores mínimos

Algoritmos de Sincronização

- Algoritmo de Cristian (cont)

- Algoritmo probabilístico:

- a sincronização é conseguida se o RTT é pequeno quando comparado com a exatidão desejada

- a exactidão é tanto maior quanto o tempo de transmissão está perto do mínimo

Algoritmos de Sincronização

- Algoritmo de Cristian (cont)

- Problemas
  - Ponto único de falha e congestionamento (*bottleneck*)

Possível solução: - utilizar um conjunto de servidores com receptores de UTC

- o cliente faz o pedido em *multicast* para o conjunto de servidores e usa a primeira resposta que recebe

Algoritmos de Sincronização

- Algoritmo de Cristian (cont)

- Problemas

  - Um servidor em falha ou malicioso pode provocar estragos.

  Possível solução: - autenticação

  - protocolo de acordo entre vários servidores que permita mascarar falhas.

Algoritmos de Sincronização

- Algoritmo de Berkeley (sincronização interna)

  - É escolhido um computador para ser o co-ordenador (*master)*

  - O *master* periodicamente contacta os outros computadores, (*slaves*)

  - O *master* faz uma estimativa do tempo local de cada slave, baseado no rtt.

Algoritmos de Sincronização

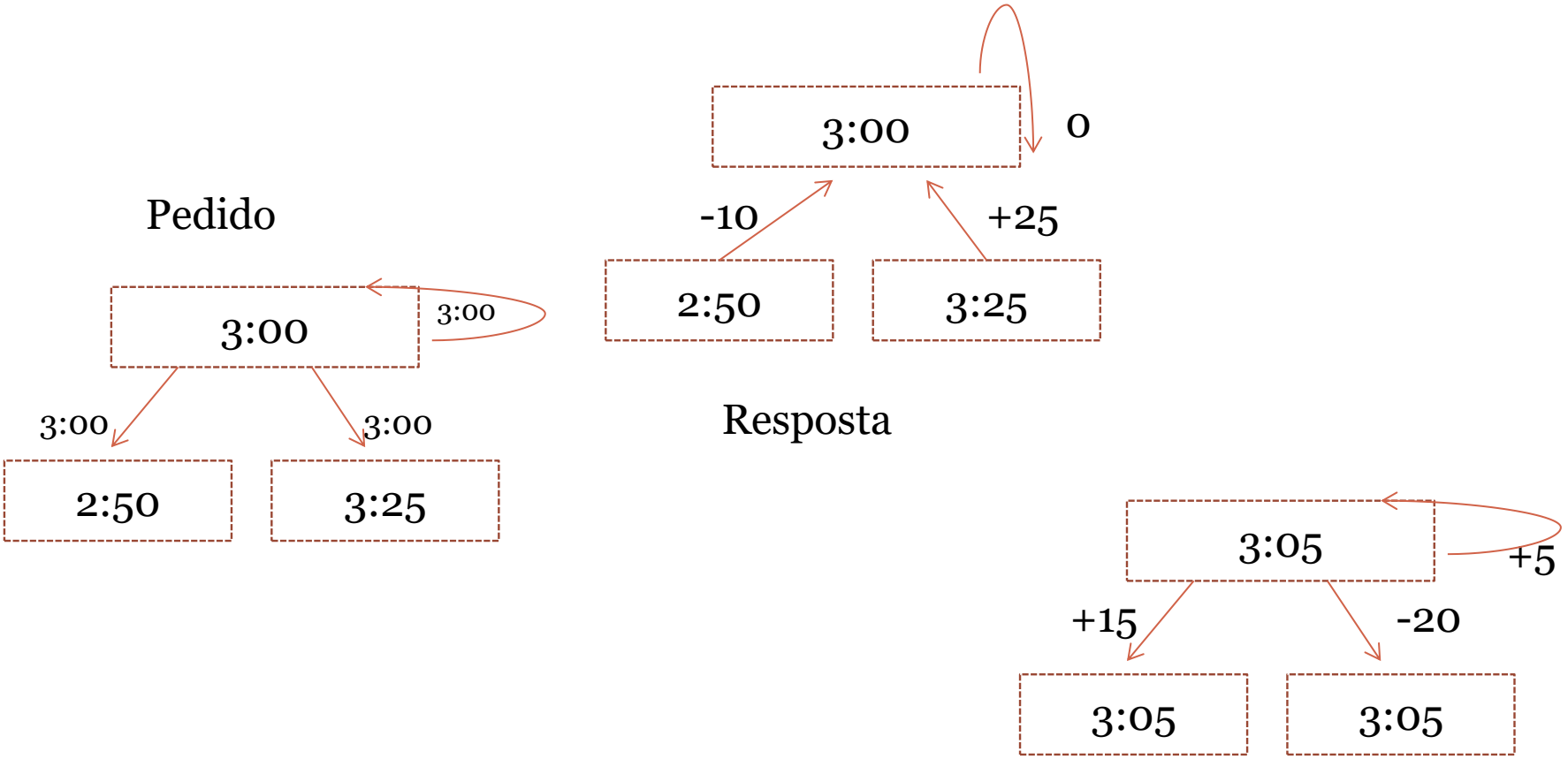
- Algoritmo de Berkeley (sincronização interna)

- O *master* calcula o tempo médio de todos os computadores, ignorando valores de transmissão demasiado elevados e máquinas com tempos muito diferentes dos outros.

- Finalmente o *master* envia a cada computador o valor de que o seu relógio deve ser ajustado (esse valor pode ser positivo ou negativo)

Algoritmos de Sincronização

- Algoritmo de Berkeley (sincronização interna)



180 + 170 + 205 = 555 / 3 = 185

Algoritmos de Sincronização

- Algoritmo de Berkeley (sincronização interna)

  - **Precisão:** depende do round trip time

  - **Tolerância a falhas:** Calcula a média dos tempos para um subconjunto de computadores que diferem até um certo valor máximo.

    Ignora mensagens cujo tempo de transmissão é demasiado elevado.

  - **Que fazer se o *master* falha?**

    Eleger um novo coordenador.

Algoritmos de Sincronização

- Network Time Protocol (NTP)
  - Múltiplos servidores de tempo espalhados pela Internet
  - Servidores primários (ligados directamente aos receptores de UTC
  - Servidores secundários sincronizam com os primários
  - Servidores terciários sincronizam com secundários, etc
  - Permite sincronizar um elevado número de máquinas

Algoritmos de Sincronização

- Network Time Protocol (NTP)
  - Permite lidar com avarias de servidores

    Se um servidor secundário não consegue aceder a um primário, tenta aceder a outro. Existem servidores redundantes e caminhos redundantes entre servidores.

  - Usa autenticação para verificar se a informação vem de fonte fiável

Algoritmos de Sincronização

- Modos de sincronização do NTP

  - **Modo "multicast"**

    - Usado em LANs de alta velocidade

    - Um ou mais servidores faz periodicamente *multicast* do seu tempo para os outros servidores.

    - Os receptores acertam os seus relógios assumindo um pequeno atraso de transmissão.

Algoritmos de Sincronização

- Modos de sincronização do NTP

  - **Modo "procedure call"**

    - Similar ao algoritmo de Cristian

    - os clientes solicitam o tempo de um ou vários servidores, e estes enviam o valor do seu relógio.

    - adequado quando o *multicast* não está disponível

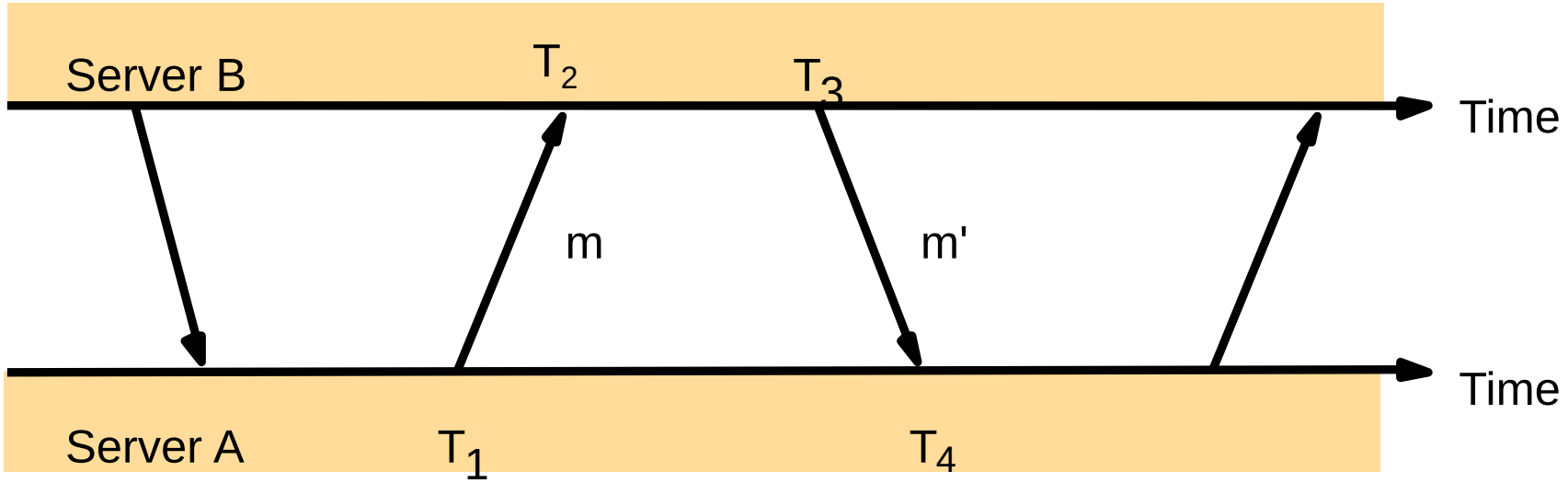
Algoritmos de Sincronização

- Modos de sincronização do NTP

  - **Modo “symmetric”**

    (maior exactidão, usado em servidores primários ou próximos)

    - Pares de processos solicitam o tempo um ao outro



Algoritmos de Sincronização

- ”NTP symmetric mode”

  Para cada par de processos calcula-se um *offset*, **o**, que corresponde à diferença entre os dois relógios,

  e um *delay*, **d**, que é o tempo total de transmissão das duas mensagens

  Se o offset do relógio de A em relação ao de B for **o** os tempos de transmissão de mensagens de **m** e **m’** forem **t** e **t’**

  Então:

  $T_2 = T_1 + t + o$ e $T_4 = T_3 + t' - o$

  $d_i = t + t' = T_2 - T_1 + T_4 - T_3$ **(round trip delay)**

Algoritmos de Sincronização

- ”NTP symmetric mode”

$T_2 = T_1 + t + o$ e $T_4 = T_3 + t' - o$

$d_i = t + t' = T_2 - T_1 + T_4 - T_3$ **(round trip delay)**

- Supondo que T2 - T1 ≈ T4 - T3

Podemos estimar o offset de A relativo a B como:

$O = T3 + ((T_2 - T_1) + (T_4 - T_3)) / 2 - T4$

$= ((T_2 - T_1) + (T_3 - T_4)) / 2$

Se o relógio de A é mais rápido, O < 0;