Gabriela Lemos Lúcidi Pinhão e Andrew Cruz

Sistemas Distribuídos – Trabalho 3

A linguagem utilizada para a implementação do programa foi a C++.

Primeiramente foram implementadas duas classes a serem usadas como ferramentas. A primeira cria um lock, assim como no segundo trabalho desta disciplina, para garantir a atomicidade das regiões críticas. A segunda implementa o relógio de Lamport local do processo, levando em consideração que o envio de mensagem é evento e, portanto, incrementa o relógio. O recebimento de mensagem compara o relógio de Lamport local e o do evento recebido, incrementa o valor máximo entre os dois e altera o valor do relógio de Lamport local para este valor.

```
class Lamport
{
   atomic<LamportTime> time;
public:

   LamportTime getTime()
   {
      return time;
   }

   LamportTime sendEvent()
   {
      return time.fetch_add(1);
   }

   LamportTime receiveEvent(LamportTime receivedTime)
   {
      time = max(time.load(), receivedTime);
      return time.fetch_add(1);
   }
};
```

Foi criada uma rotina que pode ser chamada n vezes para criar n processos. Na chamada da rotina deve-se passar como parâmetro o nome de um arquivo de configuração, o ID e IP do processo em questão, a porta na qual o processo receberá conexões de sockets, o número de eventos a serem gerados por segundo e o número total de eventos.
Por meio do arquivo de configuração, o processo consegue saber quantos processos estão sendo executados além dele e o ID, IP e porta de cada um deles. Exemplo de um arquivo de configuração para 2 processos:

```
IP          ID  PORT
127.0.0.1   1   8080
127.0.0.1   2   8081
```

Primeiramente a porta de conexão do socket do processo é estabelecida, com exceção da do processo de ID 1, que não terá sockets se conectando a ele. Isso acontece porque foi usada a lógica de conectar-se aos processos de ID maior e, sendo o processo de ID 1 o menor, ele apenas fará conexões e receberá nenhuma. Logo após, são feitas todas as conexões de sockets, seguindo a mesma lógica. Com isso, todos os sockets foram criados e os processos estão prontos para trocar mensagens.

```
// Abre conexão para o processo, com exceção do processo de ID 1
if (processId != "1") {
   createServerSocket(portno);
}

//Faz conexão com todos os processos de ID maior
vector<vector<string>> otherProcessesArray = getProcessesArray(processesFileName);
for(int i = 0; i < totalNumberOfprocesses; ++i)
{
   string otherProcessIp = otherProcessesArray[i][0];
   string otherProcessId = otherProcessesArray[i][1];
   int otherProcessPort = stoi(otherProcessesArray[i][2]);

   if (processId < otherProcessId) {
      createClientSocket(otherProcessIp, otherProcessPort);
   }
}
```

Depois, são criadas 3 threads.
A primeira é responsável por gerar eventos, usando uma função que retorna frases aleatórias. Depois da geração do evento, o relógio de Lamport local é incrementado e a mensagem de ocorrência do evento é enviada a todos os outros processos por meio dos sockets, contendo ID do processo, relógio de Lamport e a frase gerada. Depois, o evento é colocado na fila de espera local.

```
void localEventsManager(string processesFileName, string processId, int
eventsPerSecond, int maxNumberOfEvents)
{
   int totalNumberOfEvents = 0;
   while(totalNumberOfEvents < maxNumberOfEvents) {
      for (int i = 0; i < eventsPerSecond; ++i)
      {
         string phraseSent = getRandomLineInFile("phrases.txt", 100) + processId;
         slock.aquire();
         lamport.sendEvent();
         string messageSent = "EV_" + processId + "_" + to_string(lamport.getTime()) +
"_" + phraseSent;
         addEventInWaitLine(messageSent);
         writeInSockets(processId, messageSent);
```

```
        slock.release();
      }
      sleep(1);
      totalNumberOfEvents += eventsPerSecond;
    }
}
```

Para implementar a fila de espera foram utilizados dois vetores, um armazena as frases conforme são geradas ou recebidas pelo processo, ordenando-as de acordo com o relógio de Lamport e ID do processo de cada uma. O outro vetor armazena, na mesma posição, a quantidade de mensagens de confirmação que cada frase recebeu. Como será visto adiante, a frase só será processada quando apresentar-se no fim do vetor e a quantidade de mensagens de confirmação for igual ao número total de processos.

A segunda thread é responsável por ouvir as mensagens vindas dos sockets, podendo essas serem mensagens de ocorrência de evento ou confirmação. Ao receber a mensagem, o relógio de Lamport local é incrementado. Caso a mensagem seja de ocorrência de evento, esta é adicionada na lista de espera e uma mensagem de confirmação é enviada para todos os outros processos. Caso a mensagem seja de confirmação, o vetor secundário da fila de espera, responsável por armazenar as mensagens de confirmação, é incrementado na posição do evento correspondente.

```
void externalEventsManager(string processId, int totalNumberOfEvents)
{
   while (1) {
      vector<string> messagesReceived = readFromSockets(processId);

      int numberOfMessagesReceived = messagesReceived.size();
      for (int i = 0; i < numberOfMessagesReceived; ++i)
      {
         string messageReceived = messagesReceived[i];
         vector<string> messageReceivedSplited = explode(messageReceived, '_');
         string messageReceivedType = messageReceivedSplited[0];
         string processIdReceived = messageReceivedSplited[1];
         LamportTime LamportTimeReceived = stoi(messageReceivedSplited[2]);
         string phraseReceived = messageReceivedSplited[3];

         slock.aquire();
         lamport.receiveEvent(LamportTimeReceived);

         if (messageReceivedType == "EV") {
            addEventInWaitLine(messageReceived);
            string messageSent = "OK_" + processId + "_" + to_string(lamport.getTime()) +
"_" + phraseReceived;
            writeInSockets(processId, messageSent);
            //Manda confirmação para o próprio processo
```

```
            addOKInEvent(messageSent);
        }
        if (messageReceivedType == "OK") {
            addOKInEvent(messageReceived);
        }
        slock.release();
    }
  }
}
```

A última thread é responsável por, a todo momento, verificar se o evento em primeiro lugar na fila de espera já possui todas as mensagens de confirmação. Se sim, a frase é escrita no arquivo de log correspondente ao processo e depois é deletada da fila de espera.

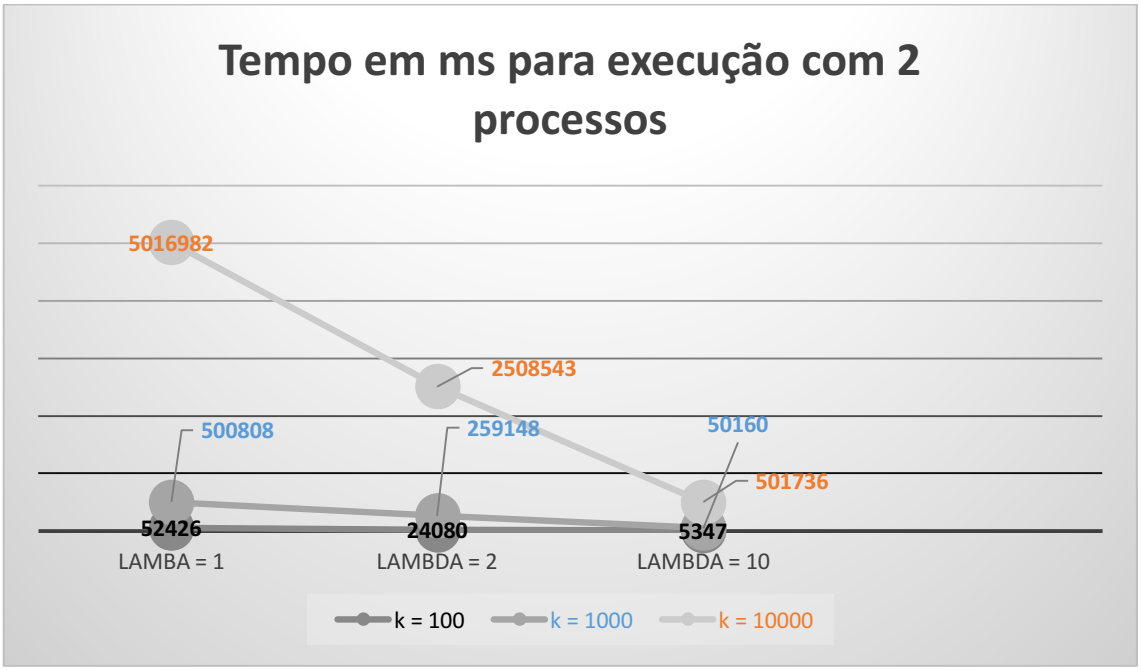
```
void writePhraseInLog(string processId, int totalNumberOfprocesses, int
totalNumberOfEvents)
{
  //Cria arquivo de log
  string fileName = "process_" + processId + "_log.txt";
  ofstream logFile (fileName);

while(1) {
    slock.aquire();
    int waitLineLenght = eventsWaitLine.size();
    if (waitLineLenght != 0) {
        int lastElementIndex = waitLineLenght - 1;
        if (eventsWaitLineOKReceived[lastElementIndex] == totalNumberOfprocesses) {
            //Escreve no arquivo de log
            logFile << eventsWaitLine[lastElementIndex] << endl;
            eventsAlreadywrittenInLog = eventsAlreadywrittenInLog + 1;
            eventsWaitLine.pop_back();
            eventsWaitLineOKReceived.pop_back();
        }
    }
    slock.release();
  }
  logFile.close();
}
```

Abaixo pode ser observado o arquivo de log gerado, de forma idêntica, por dois processos numa mesma máquina, apresentando um total de 10 eventos:

```
EV_1_1_Vale mais lutar com gente de bem do que triunfar sobre gente ruim.1
EV_2_1_Vale mais lutar com gente de bem do que triunfar sobre gente ruim.2
EV_1_4_Vencer a si próprio é a maior das vitórias.1
EV_2_4_Vencer a si próprio é a maior das vitórias.2
```

EV_1_7_Quem sabe o que se pode ganhar num dia jamais furta.1
EV_2_9_Quem sabe o que se pode ganhar num dia jamais furta.2
EV_1_11_Se querer é poder, querer é vencer.1
EV_2_13_Se querer é poder, querer é vencer.2
EV_1_15_Só quando aprendemos a perder é que estaremos nos preparando para ganhar.1
EV_2_17_Só quando aprendemos a perder é que estaremos nos preparando para ganhar.2

A fim de teste, o programa foi executado para n = 2,4,8 e k = 100,1000,10000 e lambda = 1,2,10, sendo n o número de processos, lambda o número de frases a ser gerada por segundo e k o número total de frases a serem escritas no arquivo de log.
No entanto, só foi possível o teste para dois processos e os resultados estão expressados no seguinte gráfico:



Pode-se observar um resultado intuitivo. Observa-se que aumentando a taxa x vezes, o tempo decai aproximadamente x vezes. Ao mesmo tempo, aumentando-se o número de eventos x vezes, o tempo aumenta aproximadamente x vezes.

Código:
https://github.com/gabrielalucidi/sistemasdistribuidos2018.1

Fontes:
http://en.cppreference.com
http://www.cplusplus.com