

Relatório da Atividade 1:

Logical Clock

Isabelle Ferreira de Oliveira
CES-27 - Engenharia da Computação 2020
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
São José dos Campos, Brasil
isabelle.ferreira3000@gmail.com

Resumo—Esse relatório documenta a implementação da simulação de processos rodando e trocando seus relógios lógicos entre si (Logical Clock definido por Lamport). Esses relógios foram tanto escalares quanto vetoriais.

Index Terms—Relógio lógico, Relógio lógico escalar, Relógio lógico vetorial, algoritmo de Lamport

I. IMPLEMENTAÇÃO

A. Tarefa 1: Relógio Lógico Escalar

A primeira etapa se tratou da implementação da simulação para o Relógio Lógico Escalar de Lamport, segundo o algoritmo descrito nos slides da aula e conforme o solicitado no roteiro da atividade. Essa implementação foi feita de forma bastante análoga à maneira das dicas fornecidas no roteiro.

Pode-se começar analisando-se a função `main()`, cujo código foi apresentado abaixo.

```
func main() {
    initConnections()

    // close connections when it's over
    defer ServConn.Close()
    for i := 0; i < nPorts; i++ {
        defer AllConn[i].Close()
    }

    // read "processID" from user input
    go readInput(ch)

    for {
        // Server
        go doServerJob()

        select {
        case processID, valid := <-ch:
            if valid {
                // update clock
                logicalClock++

                //Client
                if processID == myID {
                    fmt.Println("logicalClock
                        atualizado:", logicalClock)
                } else {
                    fmt.Println("logicalClock
                        enviado:", logicalClock)
                    go doClientJob(processID,
                        logicalClock)
                }
            }
        }
```

```
    } else {
        fmt.Println("Channel closed!")
    }
    default:
        time.Sleep(time.Second * 1)
    }
}
```

Na `main()`, primeiramente são iniciadas as conexões de servidores e clientes, a partir da chamada de `initConnections()`. Nessa função, também é iniciado o relógio lógico desse processo em questão, além de serem setados seu ID, e as portas de todos os processos.

Após isso, é iniciada uma thread para ler as entradas do usuário a partir da função `readInput()`.

Em seguida, é iniciado o loop de fazer o trabalho de servidor (ou seja, atualiza-se o relógio lógico caso chegue uma mensagem de outro processo, por meio da thread `doServerJob()`) e fica-se esperando uma mensagem do usuário no canal criado `ch`.

Ao se receber esse input do usuário, atualiza-se o relógio lógico e, a partir daí, duas ações podem ser tomadas a depender do conteúdo da entrada:

- faz-se o trabalho de cliente (enviando uma mensagem a um outro processo por meio da thread `doClientJob()`) caso a entrada seja o ID de outro processo;
- ou apenas imprime-se o valor atual do relógio lógico caso a entrada seja o próprio ID desse processo.

Abaixo, segue-se o código dessa função `initConnections()`.

```
func initConnections() {
    nPorts = len(os.Args) - 2

    // my process
    logicalClock = 0
    auxMyID, err := strconv.Atoi(os.Args[1])
    myID = auxMyID
    myPort = os.Args[myID+1]

    // Server
    ServerAddr, err :=
        net.ResolveUDPAddr("udp", myPort)
    aux, err := net.ListenUDP("udp", ServerAddr)
    ServConn = aux

    // Clients
```

```

for i := 0; i < nPorts; i++ {
    aPort := os.Args[i+2]

    ServerAddr, err :=
        net.ResolveUDPAddr("udp", "127.0.0.1"
        + aPort)
    LocalAddr, err :=
        net.ResolveUDPAddr("udp",
        "127.0.0.1:0")
    auxConn, err := net.DialUDP("udp",
        LocalAddr, ServerAddr)
    AllConn = append(AllConn, auxConn)
}
}

```

Vale ressaltar também que, para esse código e todos os outros dessa atividade, sempre após a setagem da variável *err*, referente a um possível erro advindo de algumas funções, também era chamada a função *CheckError(err)*, que imprime o erro e interrompe o processo caso houvesse algum erro.

Essas chamadas de funções foram suprimidas do relatório a fim de simplificar a apresentação dos códigos, e por entender-se que não se trata da ideia principal dos códigos desenvolvidos.

A função *readInput()* segue bem semelhante àquela apresentada na Dica 3 do roteiro, com a diferença de aceitar um canal de inteiro ao invés de um canal de string. Assim, a função é capaz de ler o ID que o usuário digitar.

Já a função *doServerJob()*, apresentada abaixo, também segue bem semelhante à apresentada na função *main()* do código do servidor fornecido na Dica 1. A diferença está na retirada do loop *for* e do fechamento da conexão, uma vez que essas etapas se equivalem aos apresentados na *main()* da atividade (função já apresentada acima). Outra diferença também é a impressão do relógio lógico recebido por mensagem e, em seguida, a impressão do valor atualizado. Segue abaixo o código descrito.

```

func doServerJob() {
    buf := make([]byte, 1024)

    n, _, err := ServConn.ReadFromUDP(buf)

    aux := string(buf[0:n])
    otherLogicalClock, err := strconv.Atoi(aux)
    fmt.Println("Received", otherLogicalClock)

    // updating logical clock
    logicalClock = max(otherLogicalClock,
        logicalClock) + 1
    fmt.Println("logicalClock atualizado:",
        logicalClock)
}

```

Por fim, a função *doClientJob()* também seguiu de forma semelhante ao código apresentado na função *main()* do código do cliente fornecido na Dica 1. As alterações também foram semelhantes: retirouse o loop *for* e o fechamento da conexão. Além disso, o conteúdo da mensagem a ser enviada foi alterado para o relógio lógico atual do processo em questão. Segue abaixo o código descrito.

```

func doClientJob(otherProcessID int,
    logicalClock int) {
    otherProcess := otherProcessID - 1

    msg := strconv.Itoa(logicalClock)
    buf := []byte(msg)

    _, err := AllConn[otherProcess].Write(buf)

    time.Sleep(time.Second * 1)
}

```

B. Tarefa 2: Relógio Lógico Vetorial

A segunda etapa se tratou da implementação da simulação para o Relógio Lógico Vetorial, segundo o algoritmo descrito nos slides da aula e conforme o solicitado no roteiro da atividade. Essa implementação foi feita de forma bastante análoga à da Tarefa 1.

As principais alterações na implementação foram:

- mudança do *logicalClock* de inteiro para uma *struct* com o ID do processo atual e um vetor com os clocks de todos os processos;
- alteração das mensagens recebidas e enviadas (de inteiros para *jsons* contendo as *structs*);
- alteração na lógica de atualização do vetor de clocks.

O impacto dessas mudanças nas funções no código desenvolvido na Tarefa 2 em relação a Tarefa 1 foram:

- em *initConnections()*, a iniciação do *logicalClock* se trata de setar o atributo *myId* e criar o vetor de clocks da *struct* com valores iniciais zero;
- as mensagens (*structs*) trocadas entre processos foram encapsuladas na forma de *json* a partir da função *json.Marshal()* e desencapsuladas com a função *json.Unmarshal()*;
- ao se receber a *struct logicalClock* de outro processo, (além de incrementar o clock referente ao processo atual) os valores de clocks eram atualizados para o máximo entre o clock armazenado e o clock recém recebido.

Como as principais alterações foram pequenas e já foram descritas acima, não se considerou necessário colocar nesse relatório as partes referentes do código da Tarefa 2. Caso seja necessário, pode-se também consultar o código enviado como anexo a essa atividade.

II. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A. Tarefa 1

A implementação mostrou-se correta, uma vez que os resultados dos testes e das simulações se mostraram condizentes com o esperado.

O primeiro teste executado foi apresentado na Figura 1, e se tratava do exemplo apresentado nos slides da aula. Eram três processos (P_1 , P_2 e P_3), e os acontecimentos se deram da seguinte maneira:

- P_1 realizou seu primeiro evento, incrementando seu relógio lógico para 1;

- P_3 realizou seu primeiro evento, incrementando seu relógio lógico para 1;
- P_1 mandou uma mensagem para P_2 , incrementando seus relógios lógicos para 2 e 3, respectivamente;
- P_2 mandou uma mensagem para P_3 , incrementando seus relógios lógicos para 4 e 5, respectivamente.

Como esses resultados, conforme na Figura 1, foram exatamente os esperados de acordo com os slides da aula, tem-se que esse teste foi satisfatório.

```

go run tarefal.go 1 :10004 :10003 :10001 50x46
isabelle@isabelle-Inspiron-5448 ~/Graduacao/hirata-juliana-CES-27/Lab1 <master>
$ go run tarefal.go 1 :10004 :10003 :10001
1
logicalClock atualizado: 1
2
logicalClock enviado: 2
$ go run tarefal.go 2 :10004 :10003 :10001 57x46
isabelle@isabelle-Inspiron-5448 ~/Graduacao/hirata-juliana-CES-27/Lab1 <master>
$ go run tarefal.go 2 :10004 :10003 :10001
Received 2
logicalClock atualizado: 3
3
logicalClock enviado: 4
$ go run tarefal.go 3 :10004 :10003 :10001 52x46
isabelle@isabelle-Inspiron-5448 ~/Graduacao/hirata-juliana-CES-27/Lab1 <master>
$ go run tarefal.go 3 :10004 :10003 :10001
3
logicalClock atualizado: 1
Received 4
logicalClock atualizado: 5

```

Figura 1. Exemplo do funcionamento da Tarefa 1 para 3 processos.

Outro teste executado foi o apresentado nas Figuras 2 e 3. Essas duas figuras apresentam o mesmo teste, dessa vez para quatro processos, sendo a Figura 2 referente aos processos 1 e 3, e a Figura 3 aos processos 2 e 4. Os eventos aconteceram da seguinte maneira:

- P_1 realizou seus três primeiros eventos, incrementando seu relógio lógico para 3;
- P_2 realizou seu primeiro evento, incrementando seu relógio lógico para 1;
- P_4 mandou uma mensagem para P_1 , incrementando seus relógios lógicos para 1 e 4, respectivamente;
- P_4 realizou cinco eventos, incrementando seu relógio lógico para 6;
- P_4 mandou uma mensagem para P_1 , incrementando seus relógios lógicos para 7 e 8, respectivamente;
- P_2 mandou uma mensagem para P_3 , incrementando seus relógios lógicos para 2 e 3, respectivamente;
- P_2 mandou uma mensagem para P_1 , incrementando seus relógios lógicos para 3 e 9, respectivamente;
- P_2 mandou uma mensagem para P_4 , incrementando seus relógios lógicos para 4 e 8, respectivamente;
- P_2 realizou um evento, incrementando seu relógio lógico para 5;

- P_2 mandou uma mensagem para P_3 , incrementando seus relógios lógicos para 6 e 7, respectivamente;
- P_3 realizou três eventos, incrementando seu relógio lógico para 10;
- P_3 mandou uma mensagem para P_1 , incrementando seus relógios lógicos para 11 e 12, respectivamente.

```

isabelle@isabelle-Inspiron-5448 ~/Graduacao/hirata-juliana-CES-27/Lab1 <master>
$ go run tarefal.go 1 :10004 :10003 :10002 :10001
1
logicalClock atualizado: 1
1
logicalClock atualizado: 2
1
logicalClock atualizado: 3
Received 1
logicalClock atualizado: 4
Received 7
logicalClock atualizado: 8
Received 3
logicalClock atualizado: 9
Received 11
logicalClock atualizado: 12
$ go run tarefal.go 3 :10004 :10003 :10002 :10001 80x23
isabelle@isabelle-Inspiron-5448 ~/Graduacao/hirata-juliana-CES-27/Lab1 <master>
$ go run tarefal.go 3 :10004 :10003 :10002 :10001
Received 2
logicalClock atualizado: 3
Received 6
logicalClock atualizado: 7
3
logicalClock atualizado: 8
3
logicalClock atualizado: 9
3
logicalClock atualizado: 10
1
logicalClock enviado: 11

```

Figura 2. Exemplo do funcionamento da Tarefa 1 para 4 processos. Tela dos processos 1 e 3.

```

isabelle@isabelle-Inspiron-5448 ~/Graduacao/hirata-juliana-CES-27/Lab1 <master>
$ go run tarefal.go 2 :10004 :10003 :10002 :10001
2
logicalClock atualizado: 1
3
logicalClock enviado: 2
1
logicalClock enviado: 3
4
logicalClock enviado: 4
2
logicalClock atualizado: 5
3
logicalClock enviado: 6
$ go run tarefal.go 4 :10004 :10003 :10002 :10001 80x23
isabelle@isabelle-Inspiron-5448 ~/Graduacao/hirata-juliana-CES-27/Lab1 <master>
$ go run tarefal.go 4 :10004 :10003 :10002 :10001
1
logicalClock enviado: 1
4
logicalClock atualizado: 2
4
logicalClock atualizado: 3
4
logicalClock atualizado: 4
4
logicalClock atualizado: 5
4
logicalClock atualizado: 6
1
logicalClock enviado: 7
Received 4
logicalClock atualizado: 8

```

Figura 3. Exemplo do funcionamento da Tarefa 1 para 4 processos. Tela dos processos 2 e 4.

Como esses resultados também foram condizentes com os resultados esperados, conclui-se que a implementação da Tarefa 1 foi feita corretamente.

B. Tarefa 2

Já a Figura 4 representa as recompensas acumulativas advindas do treinamento do modelo em 300 episódios. Esse resultado depende diretamente da correta implementação e funcionamento dos métodos `make_model()` e `act()`.

Pode-se dizer que esse gráfico condiz com o esperado, uma vez que é possível notar inicialmente recompensas pequenas para os primeiros episódios e, mais ou menos a partir do episódio 80, tornou-se frequente recompensas com valores elevados, chegando a valores próximos de 40, indicando um aprendizado significativamente correto.

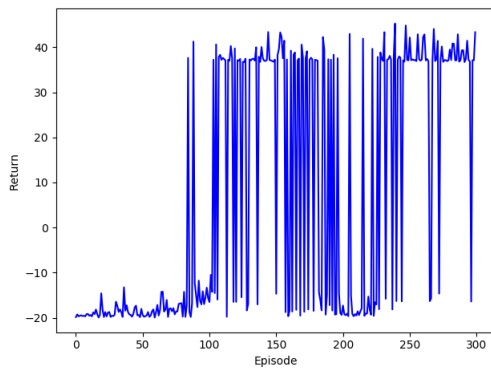


Figura 4. Recompensa acumulativa com o passar dos episódios, no treinamento do modelo para 300 episódios.

Já a aplicação do modelo implementado no ambiente do Mountain Car gerou as Figuras de 5 a 7.

A partir da Figura 5, pode-se concluir que a implementação e treino chegaram em resultados satisfatórios, uma vez que grande parte das recompensas acumuladas foi alta, próximas de 40, chegando no final de 30 episódios a uma média de 27.8, conforme apresentado na Figura 6.

Por fim, acerca da Figura 7, pode-se observar que:

- Para velocidades para direita, quase unanimemente a decisão do carro é continuar para direita. Exclui-se disso as situações de posição muito à esquerda e velocidades altas, na qual é decidido fazer nada, e de velocidades para direita muito baixas, na qual pouquíssimas vezes o carro decide ir para esquerda, talvez já se enquadrando nas intenções descritas no próximo item.
- Para velocidades para esquerda, as decisões do carro diferem bastante da posição na qual ele se encontra. Para posições mais à esquerda, o carro decide continuar indo para esquerda, talvez para pegar impulso da subida e, quando por fim chegar em posições mais à esquerda (consequentemente mais altas) possíveis, decidir ir com velocidade para direita. Já para posições relativamente próximas da posição objetivo, aparecem também decisões de não fazer nada, indicando que o carro irá mais para

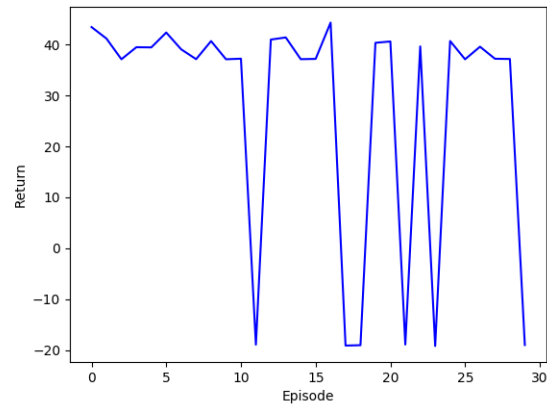


Figura 5. Representação em cores da tabela de action-value calculada, para algoritmo de Sarsa.

```
episode: 1/30, time: 107, score: 43.4619, epsilon: 0.0
episode: 2/30, time: 94, score: 41.2016, epsilon: 0.0
episode: 3/30, time: 159, score: 37.1377, epsilon: 0.0
episode: 4/30, time: 85, score: 39.5076, epsilon: 0.0
episode: 5/30, time: 84, score: 39.4702, epsilon: 0.0
episode: 6/30, time: 101, score: 42.3907, epsilon: 0.0
episode: 7/30, time: 83, score: 39.0879, epsilon: 0.0
episode: 8/30, time: 160, score: 37.1565, epsilon: 0.0
episode: 9/30, time: 91, score: 40.7103, epsilon: 0.0
episode: 10/30, time: 159, score: 37.138, epsilon: 0.0
episode: 11/30, time: 167, score: 37.2522, epsilon: 0.0
episode: 12/30, time: 200, score: -18.9488, epsilon: 0.0
episode: 13/30, time: 92, score: 41.0060, epsilon: 0.0
episode: 14/30, time: 95, score: 41.4258, epsilon: 0.0
episode: 15/30, time: 160, score: 37.1562, epsilon: 0.0
episode: 16/30, time: 163, score: 37.2112, epsilon: 0.0
episode: 17/30, time: 113, score: 44.3414, epsilon: 0.0
episode: 18/30, time: 200, score: -19.131, epsilon: 0.0
episode: 19/30, time: 200, score: -19.0591, epsilon: 0.0
episode: 20/30, time: 89, score: 40.3713, epsilon: 0.0
episode: 21/30, time: 90, score: 40.6353, epsilon: 0.0
episode: 22/30, time: 200, score: -18.9305, epsilon: 0.0
episode: 23/30, time: 86, score: 39.6682, epsilon: 0.0
episode: 24/30, time: 200, score: -19.2182, epsilon: 0.0
episode: 25/30, time: 91, score: 40.7233, epsilon: 0.0
episode: 26/30, time: 160, score: 37.1333, epsilon: 0.0
episode: 27/30, time: 85, score: 39.6013, epsilon: 0.0
episode: 28/30, time: 165, score: 37.2369, epsilon: 0.0
episode: 29/30, time: 161, score: 37.1958, epsilon: 0.0
episode: 30/30, time: 200, score: -19.0234, epsilon: 0.0
Mean return: 27.79701181215042
```

Figura 6. Recompensa acumulada em função das iterações, para algoritmo de Sarsa.

esquerda e cairá na situação anteriormente descrita, na qual ele decidirá continuar indo para esquerda e pegará o impulso da elevação.

Como as decisões aprendidas e tomadas pelo carro fizeram sentido e puderam ser interpretadas satisfatoriamente, pode-se dizer que a proposta do laboratório foi corretamente implementada e se mostrou satisfatória em resolver o problema proposto.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Maximo, "Roteiro: Laboratório 12 - Deep Q-Learning". Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Computação. CT-213, 2019.
- [2] M. Maximo, "Roteiro: Laboratório 8 - Imitation Learning com Keras". Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Computação. CT-213, 2019.
- [3] M. Maximo, "Roteiro: Laboratório 12 - Aprendizado por Reforço Livre de Modelo". Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Computação. CT-213, 2019.

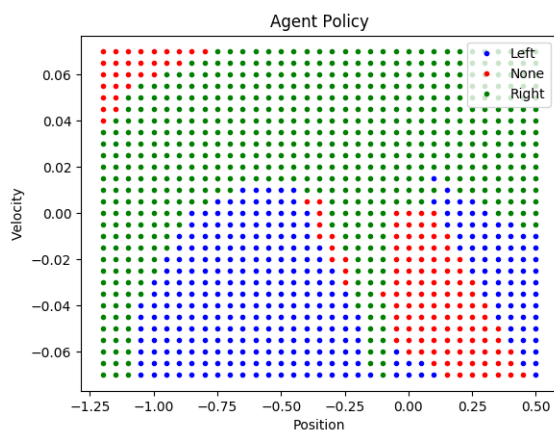


Figura 7. Representação em cores da tabela de greedy-policy calculada, para algoritmo de Sarsa.