

Universidade da Beira Interior

Departamento de Informática



**Departamento de
Informática**

Nº 143 - 2021: *Distributed Data-structures in GO*

Elaborado por:

Guilherme João Bidarra Breia Lopes

Orientador:

Professor/a Doutor/a [NOME ORIENTADOR(A)]

30 de janeiro de 2021

Agradecimentos

...

Conteúdo

Conteúdo	iii
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	ix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	1
1.3 Objetivos	1
1.4 Organização do Documento	1
2 Estado da Arte	3
2.1 Introdução	3
2.2 Trabalhos relacionados	3
2.3 Descrição do Protocolo	3
2.3.1 Estrutura do Diretório	3
2.3.2 Características do Diretório	3
2.3.3 Estruturas de Dados	3
2.4 Conclusões	3
3 Especificação	5
3.1 Introdução	5
3.2 <i>Node</i>	5
3.2.1 <i>Owner Terminal</i>	5
3.2.1.1 Receção de um pedido Access Request	6
3.2.2 <i>Owner With Request</i>	6
3.2.2.1 Receção de um pedido Access Request	6
3.2.2.2 Cedência do Objeto	7
3.2.3 <i>Idle</i>	7
3.2.3.1 Receção de um pedido Access Request	7
3.2.3.2 Realização de um pedido de acesso	7
3.2.4 <i>Waiter Terminal</i>	7

3.2.4.1	Receção de um pedido Access Request	8
3.2.4.2	Receção acesso ao objeto	8
3.2.5	<i>Waiter With Request</i>	8
3.2.5.1	Receção de um pedido Access Request	8
3.2.5.2	Receção acesso ao objeto	9
3.3	Atributos do <i>Node</i>	9
3.3.1	Find	9
3.3.2	MyChan	9
3.3.3	Link	9
3.3.4	Obj	9
3.3.5	WaiterChan	9
3.4	<i>Channels</i>	9
3.4.1	Access Request	10
3.4.2	Give Access	10
3.5	Conclusões	10
4	Tecnologias e Ferramentas Utilizadas	11
4.1	Introdução	11
4.2	Linguagens de Programação	11
4.2.1	<i>Go</i>	11
4.2.2	<i>JavaScript</i>	13
4.3	Ferramentas de Edição de Código	13
4.4	Bibliotecas	14
4.4.1	<i>gorilla/mux</i>	14
4.4.2	<i>D3.JS</i>	14
4.5	Outras Tecnologias	14
4.5.1	<i>Docker</i>	14
4.6	Outras Ferramentas	15
4.6.1	Github	15
4.6.2	Lazydocker	15
4.7	Conclusões	15
5	Implementação	17
5.1	Introdução	17
5.2	Escolhas de Implementação	17
5.3	Detalhes de Implementação	17
5.4	Classe <i>Node</i>	17
5.5	Atributos da Classe	18
5.6	Inicialização do objeto “Self Node”	19
5.7	Comportamentos	19
5.7.1	Receção de um pedido Access Request	19

5.7.2	Cedência do Objeto	22
5.7.3	Realização de um pedido de acesso	24
5.7.4	Receção acesso ao objeto	24
5.8	Transformações do <i>Node</i>	24
5.9	Tipos de Nodes	24
5.10	Comunicação entre Nodes	24
5.11	Classes de <i>Channels</i>	24
5.12	Implementação da Visualização	24
5.13	Conclusões	24
6	Visualização	25
6.1	Introdução	25
6.2	Atualização dos Dados	25
6.3	Representação da Rede	25
6.3.1	<i>Nodes</i>	25
6.3.2	<i>Links</i>	25
6.3.3	Fila	25
6.3.4	Histórico de Pedidos	25
6.3.5	Histórico de <i>Owners</i>	25
6.4	Conclusões	25
7	Reflexão Crítica	27
7.1	Introdução	27
7.2	Escolhas de Implementação	27
7.3	Detalhes de Implementação	27
7.4	Conclusões	27
8	Conclusões e Trabalho Futuro	29
8.1	Conclusões Principais	29
8.2	Trabalho Futuro	29
	Bibliografia	31

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Acrónimos

IDE *Integrated Development Environment* - Ambiente de Desenvolvimento Integrado.

Capítulo

1

Introdução

1.1 Enquadramento

1.2 Motivação

1.3 Objetivos

1.4 Organização do Documento

- 1.
- 2.
- 3.

Capítulo

2

Estado da Arte

2.1 Introdução

2.2 Trabalhos relacionados

2.3 Descrição do Protocolo

2.3.1 Estrutura do Diretório

2.3.2 Características do Diretório

2.3.3 Estruturas de Dados

2.4 Conclusões

Capítulo

3

Especificação

3.1 Introdução

3.2 *Node*

Neste capítulo serão descritos os tipos de *Nodes* presentes no directório, tais como os seus atributos, que estão definidos em detalhe no capítulo seguinte 3.3.

O tipo de cada *Node* depende dos seguintes fatores:

- Detem o (acesso ao) objeto. - *Owner*/Dono do objeto.
- Efetuou um pedido de aquisição do (acesso ao) objeto. - *Waiter/Node* em espera.
- Tem um pedido em espera. - *With Request*/Com Pedido.
- Nenhum dos anteriores. - *Idle*/Inativo.

Também serão descritos os comportamentos que cada tipo pode manifestar e transformações que estes podem sofrer, como a atualização de atributos e mudança de tipo:

3.2.1 *Owner Terminal*

Node que detem o objeto e não tem pedido em espera.

Atributos:

- Find 3.3.1

- MyChan 3.3.2
- Obj 3.3.4

3.2.1.1 Receção de um pedido Access Request

O *Node* recebe um pedido **Access Request** no seu *Channel Find*, que foi remetido pelo seu *Parent Node*.

Como o *Node* é o detentor do acesso ao objeto, este transforma-se em **Owner With Request**, e atualiza o **Link** (para **NewLink**), que aponta para o **Find** do seu *Parent Node* (Esta informação provém informação comunicada do pedido) - **OwnerWithRequest(find, MyChan, Obj, NewLink, WaiterChan)**.

3.2.2 Owner With Request

Node que detem o objeto e tem um pedido em espera.

Atributos:

- Find 3.3.1
- MyChan 3.3.2
- Link 3.3.3
- Obj 3.3.4
- WaiterChan 3.3.5

3.2.2.1 Receção de um pedido Access Request

O *Node* recebe um pedido **Access Request** no seu *Channel Find*, que foi remetido pelo seu *Parent Node*.

Este envia pelo **Link** o **WaiterChan** do pedido **Access Request** e o seu *Channel Find*.

Como o *Node* já tem em espera um pedido de acesso, este mantém-se como **Owner With Request**, e atualiza o **Link** (para **NewLink**), que aponta para o **Find** do seu *Parent Node* (Esta informação provém informação comunicada do pedido) - **OwnerWithRequest(find, MyChan, Obj, NewLink, WaiterChan)**.

3.2.2.2 Cedência do Objeto

Após a receção de um pedido *Access Request*, o *Node* pode ceder o acesso ao objeto ao *Node* que fez o pedido. Para tal, este envia pelo *Channel Waiter-Chan* (O *MyChan* do *Node* que fez o pedido) um *Channel Give Access*.

Como o *node* não detem o objeto, este transforma-se em *Idle* - *Idle*(find, *MyChan*, *Link*).

3.2.3 Idle

Node não detem o objeto, nem fez qualquer pedido.

Atributos:

- Find 3.3.1
- MyChan 3.3.2
- Link 3.3.2

3.2.3.1 Receção de um pedido Access Request

O *Node* recebe um pedido *Access Request* no seu *Channel Find*, que foi remetido pelo seu *Parent Node*.

Este envia pelo *Link* o *WaiterChan* do pedido *Access Request* e o seu *Channel Find*.

Como o *Node* não tem o acesso ao objeto, este mantém-se como *Idle*, e atualiza o *Link* (para *NewLink*), que aponta para o *Find* do seu *Parent Node* (Esta informação provém informação comunicada do pedido) - *Idle*(find, *MyChan*, *NewLink*).

3.2.3.2 Realização de um pedido de acesso

O *Node* envia no *Link* o *MyChan* e o *Find* para o *Child Node*.

Como fez um pedido, este transforma-se em *Waiter Terminal*, e deixa de apresentar o *Link* - *WaiterTerminal*(find, *MyChan*).

3.2.4 Waiter Terminal

Node aguarda pelo acesso ao objeto.

Atributos:

- Find 3.3.1
- MyChan 3.3.2

3.2.4.1 Receção de um pedido Access Request

O *Node* recebe um pedido *Access Request* no seu *Channel Find*, que foi remetido pelo seu *Parent Node*.

Este envia pelo *Link* o *WaiterChan* do pedido *Access Request* e o seu *Channel Find*.

Como o *Node* não tem o acesso ao objeto mas aguarda pelo acesso ao objeto, este transforma-se em *Waiter With Request*, atualiza o *Link* (para *NewLink*), que aponta para o *Find* do seu *Parent Node*, e atualiza o *WaiterChan* (para *NewWaiterChan*) (Esta informação provém informação comunicada do pedido) - *WaiterWithRequest*(find, MyChan, NewLink, NewWaiterChan).

3.2.4.2 Receção acesso ao objeto

O *Node* recebe acesso ao objeto (*Obj*) no seu *Channel MyChan*. Como o *Node* não tem pedidos, este transforma-se em *Owner Terminal* - *OwnerTerminal*(find, MyChan, Obj) .

3.2.5 Waiter With Request

Node aguarda pelo acesso ao objeto e tem um pedido em espera.

Atributos:

- Find 3.3.1
- MyChan 3.3.2
- Link 3.3.3
- WaiterChan 3.3.5

3.2.5.1 Receção de um pedido Access Request

O *Node* recebe um pedido *Access Request* no seu *Channel Find*, que foi remetido pelo seu *Parent Node*.

Este envia pelo *Link* o *WaiterChan* do pedido *Access Request* e o seu *Channel Find*.

Como o *Node* não tem o acesso ao objeto, aguarda pelo acesso ao objeto e tem um pedido em espera, este mantém-se como *Waiter With Request*, e atualiza o *Link* (para *NewLink*), que aponta para o *Find* do seu *Parent Node* (Esta informação provém informação comunicada do pedido) - *WaiterWithRequest*(find, MyChan, NewLink, NewWaiterChan).

3.2.5.2 Recepção acesso ao objeto

O *Node* recebe acesso ao objeto (**Obj**) no seu *Channel MyChan*. Como o *Node* tem pedidos, este transforma-se em **Owner With Request** - **OwnerWithRequest**(find, MyChan, Obj, Link, WaiterChan).

3.3 Atributos do *Node*

Neste secção serão descritos os atributos que podem constituir um *Node*.

3.3.1 Find

Este atributo representa o *Channel* por onde o *Parent Node* difunde os pedidos de acesso para o *Node*. Está presente em todos os *Nodes*.

3.3.2 MyChan

Este atributo representa o *Channel* do *Node* para o qual é transmitido o objeto. Está presente em todos os *Nodes*.

3.3.3 Link

Este atributo representa a ligação do *Node* para o seu *Child Node*. Contém o *Channel Find* do *Child Node*.

3.3.4 Obj

Este atributo representa o acesso ao objeto por parte do *Node*. Em qualquer estado da rede, apenas um *Node* dispões deste atributo.

3.3.5 WaiterChan

Este atributo representa o *Channel* do *Node* sucessor da fila. Contém o *MyChan* do *Node* em espera.

3.4 Channels

Nesta especificação foram apenas definidos dois tipos de *Channels*. A comunicação entre os *Nodes* é feita por canais, pelos quais são comunicados canais. Neste capítulo serão descritos os *Channels*:

3.4.1 Access Request

Este tipo de *Channel* é usado para fazer chegar o pedido ao último elemento da fila de espera (de acesso ao objeto). Para tal, neste *Channel* são comunicados dois tipos de *Channels*:

- O *Channel* **MyChan** do *Node* que fez o pedido.
- O *Channel* que identifica quem fez chegar o pedido, ou seja, o **Find** do **Parent Node**.

3.4.2 Give Access

No entanto, há um tipo de *Channel* que é usado para dar acesso ao objeto a quem fez o pedido, por outras palavras, é usado pelo atual **Owner** para transmitir o acesso ao *Waiter* que estava na posição da fila de espera.

3.5 Conclusões

Capítulo

4

Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

4.1 Introdução

4.2 Linguagens de Programação

Tal como o título deste projeto sugere, **Go** (frequentemente referido como *Go-lang*) é a linguagem usada na implementação do protocolo. Para além de *Go*, também foi utilizada **JavaScript** como linguagem de implementação da visualização.

De seguida serão descritas as razões de utilização da linguagem Go e brevemente detalhes sobre o uso de *JavaScript*:

4.2.1 Go

Ao contrário de outras linguagens, a implementação de **sistemas concorrentes** em *Go* é **simples**, sendo uma das razões para a utilização desta tecnologia. É simples “ao ponto” de adicionando a palavra “go” antes de qualquer procedimento, esse procedimento irá correr em uma nova *Goroutine*, ou seja, de forma concorrente em relação a todas as outras *Goroutines* já em execução. Uma “Goroutine” é um *lightweight thread* gerido pelo *runtime* do *Go*.

Outras razões são:

- Simplicidade - tem poucas funcionalidades que por si são simples.
- Rapidez - o código é compilado em apenas um ficheiro executável.

- Transparência - há poucas formas de resolver o mesmo problema, ou seja,

Por exemplo, comparando (parcialmente) *Go* e *Java*, um programa concorrente que mostra os números inteiros de 0 a 10:

```
func main() {
    var wg sync.WaitGroup
    wg.Add(2)
    go count(&wg, "Goroutine-1")
    go count(&wg, "Goroutine-2")
    wg.Wait()
}

func count(wg *sync.WaitGroup, goroutineName string) {
    defer wg.Done()
    for i := 0; i < 10; i++ {
        fmt.Printf("Thread %s, %d\n", goroutineName, i)
        time.Sleep(time.Second * 40)
    }
}
```

Excerto de Código 4.1: Exemplo em *Go*, usando a *keyword* “go” para começar uma *Goroutine*.

```
class RunnableDemo implements Runnable {
    private Thread t;
    private String threadName;

    RunnableDemo( String name) {
        threadName = name;
    }

    public void run() {
        try {
            for(int i = 10; i < 10; i++) {
                System.out.println("Thread: " + threadName + ", " + i);
                Thread.sleep(40);
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            System.out.println("Thread " + threadName + " interrupted.");
        }
    }

    public void start () {
        if (t == null) {
            t = new Thread (this, threadName);
            t.start ();
        }
    }
}
```

```
public class TestThread {  
  
    public static void main(String args[]) {  
        RunnableDemo R1 = new RunnableDemo( "Thread-1" );  
        R1.start();  
  
        RunnableDemo R2 = new RunnableDemo( "Thread-2" );  
        R2.start();  
    }  
}
```

Excerto de Código 4.2: Exemplo em *Java*, usando a *interface* “Runnable” e uma classe “RunnableDemo” para começar *threads*.

Além da simplicidade de execução de procedimentos concorrentes, a linguagem oferece bibliotecas de apoio a problemas concorrentes, como a biblioteca “sync” que disponibiliza primitivas de sincronização simples (como por exemplo *WaitGroups* e *Mutex Locks*), e canais que permitem a comunicação e partilha de dados entre *Goroutines*.

A concorrência é um assunto de grande relevância em problemas de sistemas distribuídos, pois o próprio sistema funciona num paradigma concorrente, visto que os vários elementos executam de forma independente e em simultâneo.

Um exemplo relacionado com o tema deste projeto seria o caso em que um *Node* recebe vários pedidos de outros *Nodes*. De forma a manter o sistema consistente (ou o diretório), o *Node* que recebeu os pedidos terá de os tratar de forma sincronizada, isto é, tem de abordar um pedido de cada vez.

Estas são razões que induzem a linguagem *Go* a ser uma ótima escolha para a resolução de problemas num contexto distribuído, pois esta oferece múltiplas ferramentas concorrência de origem.

4.2.2 JavaScript

Para a implementação da visualização foi usado **JavaScript**. Esta linguagem permite que a informação de páginas *Web* seja alterada após a sua renderização/carregamento. É nos útil no desenho de grafos e alteração de tabelas que dispõe a informação sobre a visualização da rede.

4.3 Ferramentas de Edição de Código

Neste capítulo serão descritas ferramentas que foram usadas para escrita de código de forma mais eficiente:

- *GoLand* - IDE especializado para *Go*. Inclui *Plugins* de *Debugging*, sugestão de código, etc.
- *VIM* - Editor de texto/conjunto de atalhos de teclado. Permite escrever texto de forma eficiente e apenas usando o teclado. Pode ser usado como *Plugin* no IDE *GoLand*.

4.4 Bibliotecas

Nesta secção irão ser referidas bibliotecas utilizadas na implementação e as suas funcionalidades.

4.4.1 *gorilla/mux*

Multiplexador de pedidos **HTTP!**. Esta biblioteca da linguagem *Go* foi utilizada para simplificar a declaração de métodos do servidor **HTTP!**. É usada nos *Nodes* e no servidor **HTTP!** da visualização.

4.4.2 *D3.JS*

A biblioteca *D3.JS*, em que *D3* significa “*Data-Driven Documents*”, em português, “documentos baseados em dados”, é usada para a representar graficamente dados. No contexto deste projeto, esta é utilizada para a visualização da rede que estamos a testar, sendo que esta é representada como um grafo. Esta biblioteca permite a atualização periódica da representação do estado da rede de forma simples. Faz uso do elemento **SVG!** do **HTML!**, que é um *Standard*, o que permite a funcionalidade desta em grande maioria dos *Browsers* modernos, e é “leve”, a qual nos possibilita uma grande taxa de atualização do grafo com dados mais recentes.

4.5 Outras Tecnologias

4.5.1 *Docker*

Docker é uma plataforma aberta/ferramenta construída de forma a tornar mais acessível a criação e execução de programas usando *containers*.

Estes *containers* podem ser comparados com *Virtual Machines*, ambos tendo o mesmo propósito, mas os *containers Docker* são mais leves, mais rápidos e portáteis, e mantendo as aplicações isoladas do sistema hospedeiro.

No entanto, esta tecnologia foi utilizada para simular uma rede distribuída, em que cada *container* simula um *Node* ou uma máquina que cada um tem uma instância do programa a correr, o seu próprio endereço **IP!** e que podem comunicar entre si.

4.6 Outras Ferramentas

Nesta secção irão ser mencionadas ferramentas de menor destaque na elaboração do projeto. Estas serviram de auxílio

4.6.1 Github

4.6.2 Lazydocker

4.7 Conclusões

Capítulo

5

Implementação

5.1 Introdução

5.2 Escolhas de Implementação

5.3 Detalhes de Implementação

5.4 Classe *Node*

A Classe *Node* desempenha a função de armazenar o estado atual do próprio *Node*, define os métodos/procedimentos que este pode executar, e uma enumeração dos 5 diferentes tipos de *Nodes*.

Nesta Implementação, esta classe está incluída num módulo *Go* “Nodes” (Ou seja, num diretório com o mesmo nome), e é constituído por 5 ficheiros, sendo que as várias (funcionalidades ?) estão distribuídas por estes ficheiros.

Estes são:

- Node.go - Contém *Struct* que define os **atributos**.
- NodeBehaviours.go - Define os possíveis **comportamentos**.
- NodeCommunications.go - Conjunto de **métodos de comunicação** de informação para outros *Nodes*.
- NodeTransformations.go - **Transformações**/Mudanças de tipo que o *Node* pode sofrer.
- NodeType.go - Enumeração dos **tipos** que o *Node* pode ser.

5.5 Atributos da Classe

Como referido no capítulo de Especificação, um *Node* tem, no máximo 5 atributos, no entanto, na sua implementação este inclui no total 8, tendo a mais os atributos “MyAddress”, “Type” e “VisAddress”. Esta é a definição da *Struct* dos atributos do *Node*.

```
type Node struct {
    Type      NodeType //Tipo do Node, ver Tipos de Nodes
    MyChan    string    //Channel onde recebe acesso ao objeto
    Find      string    //Channel onde recebe pedidos
    Link      string    //Ligacao para o child Node
    WaiterChan string    //Channel do Node que esta na posicao seguinte da
                        fila
    MyAddress string    //Endereco do Node
    VisAddress string    //Endereco para onde envia o seu estado atual para
                        a atualizacao da visualizacao
    Obj       bool      //Se tem objeto ou nao
}
```

Excerto de Código 5.1: Definição da estrutura *Node*

Na *Struct* estão definidos todos os atributos que o *Node* pode ter, porém, quando um atributo é inexistente, este é definido como vazio, ou seja, os atributos “WaiterChan”, “VisAddress” e “Link” podem ser *strings* vazias.

O atributo “**MyChan**” é o *Channel* do *Node* onde este vai receber o acesso ao objeto. Também é usado na construção da *Struct* que irá ser enviada para o *Child* node quando este decide pedir o acesso ao objeto.

O atributo “**Find**” é o *Channel* do *Node* onde este vai receber pedidos de acesso de outros *Nodes*. Também é usado na construção dos dois tipos de pedidos, no pedido de *AccessRequest* quando o *Node* decide fazer um pedido e quando este reencaminha um pedido para o *Child Node*, ao construir um novo pedido de *AccessRequest*, mantendo o “WaiterChan” mas substituindo o “Link” do pedido pelo seu “Find”.

O atributo “**Link**” é o *Channel* “Find” do *Child Node*. Pode existir ou não, caso não exista este é representado como uma *string* vazia. Este é usado para o reencaminhamento e difusão de quaisquer pedidos “AccessRequest”, quer estes sejam construídos pelo *Node* ou pedidos que chegaram ao seu “Find”.

O atributo “**WaiterChan**” é o *Channel* “MyChan” do *Node* que espera pelo acesso ao objeto. Pode existir ou não, caso não exista este é representado como uma *string* vazia. Este é usado na atribuição do objeto ao *Node* que está à espera do acesso ao objeto, por parte do *Node*.

O atributo “**MyAddress**” é o endereço **IP** do próprio *Node*. Este é usado para identificação do *Node* na rede e para a construção dos *Channels* “Find” e “MyChan”, pois este é usado na inicialização do servidor **HTTP** do *Node*.

O atributo “**VisAddress**” é o **URL** usado para a atualização do estado do *Node* na visualização.

O atributo “**Obj**” apenas indica se o *Node* tem acesso ou não ao objeto. Este atributo é redundante, pois a mesma informação pode ser adquirida a partir do tipo do node (“Type”), em que, caso o *Node* seja do tipo *OwnerTerminal* ou *OwnerWithRequest*, este tem o acesso ao objeto.

5.6 Inicialização do objeto “Self Node”

5.7 Comportamentos

Como referido no capítulo de Especificação 3.3, o *Node* pode ter vários comportamentos, que dependem do seu tipo e de fatores que os desencadeiam, como por exemplo receber um pedido de acesso ou o acesso ao objeto e o próprio *Node* (no caso desta implementação) tomar decisões, como ceder o acesso ao objeto ou pedir o mesmo.

5.7.1 Receção de um pedido Access Request

Todos os tipos de *Nodes* têm a possibilidade de receber um pedido de *AccessRequest*, no entanto, o comportamento (e transformação) desencadeado por este evento é diferente entre tipos.

Quando o *Node* recebe um pedido *Access Request* (*Handler* “findRoute” no ficheiro “controller.go”), e método “HandleFind” do objeto *selfNode* é executado.

Na implementação deste método, foi usada a estrutura condicional “Switch” para escolher que comportamento será tomado dependendo do tipo atual do “selfNode”:

O acesso à secção crítica deste método é sincronizada com o uso do *Mutex* “Mutex”, ou seja, o acesso ao estado atual do “selfNode” só é adquirido por uma *goroutine* de cada vez.

O pedido de *Access Request* recebido, “accessRequest” é copiado para um novo objeto “newAccessRequest”, quer irá ser utilizado na construção de um novo “AccessRequest”, caso o *Node* redirecione o pedido para o seu *Child Node*.

O último procedimento a ser executado neste método é o método “UpdateVisualization” da classe “Node”, em uma nova *goroutine*. Este método é usado para atualizar o estado atual do *Node* na visualização.

```
Mutex.Lock() // fecho do Mutex
defer Mutex.Unlock() // a primitiva defer indica que o código de
    abertura do Mutex será corrido caso a execução deste método termine
```

```

newAccessRequest := accessRequest // copia do pedido

// Decisao do comportamento que depende do tipo "Type" atual do Node
switch node.Type {
    case OWNER_TERMINAL:
    case OWNER_WITH_REQUEST:
    case IDLE:
    case WAITER_TERMINAL:
    case WAITER_WITH_REQUEST:
}
go node.UpdateVisualization()

```

Excerto de Código 5.2: *Switch* de decisão do comportamento.

Será feita uma descrição de cada comportamento que cada tipo de *Node* toma, ou seja, a implementação do código em cada caso do “Switch”.

Caso OWNER_TERMINAL

Caso o tipo seja “OWNER_TERMINAL”, o *Node* irá sofrer uma transformação. O método “OwnerWithRequest” da classe *Node* irá ser executado.

Os parâmetros de entrada serão o “Link” e “WaiterChan” da parte “GiveAccess” do pedido, que correspondem ao “Find” do *Parent Node* e ao “MyChan” do *Node* que fez o pedido, respectivamente. Após a transformação, será executado o método “releaseObj” do *Node*, que irá despoletar o comportamento de Cedência do Objeto, em uma nova goroutine.

```

node.OwnerWithRequest(accessRequest.Link, accessRequest.GiveAccess.
    WaiterChan) // transformacao em Owner With Request
go node.releaseObj() //comportamento de Cedencia do Objeto

```

Excerto de Código 5.3: Comportamento do *Node* tipo *Owner Terminal* caso receba um pedido *Access Request* no *Channel* “Find”

Caso OWNER_WAITER_TERMINAL

Caso o tipo seja “OWNER_WAITER_TERMINAL”, o Atributo “Link” do objeto “newAccessRequest” será substituído pelo “Find” do *Node*.

Após feita esta alteração do objeto, o *Node* envia o objeto “newAccessRequest” pelo seu “Link” para o seu *Child Node*.

Por último, este sofre uma transformação. O método “OwnerWithRequest” da classe *Node* irá ser executado, em que é feita uma alteração do seu “Link” para o “Find” que provêm do pedido “Access Request” que recebeu, ou seja, para o “Find” do seu *Parent Node*, mas mantêm o *WaiterChan* porque o *Node* que fez o pedido ainda não tem o acesso ao objeto.

```
newAccessRequest.Link = node.Find  
node.SendThroughLink(newAccessRequest)  
node.OwnerWithRequest(accessRequest.Link, node.WaiterChan)
```

Excerto de Código 5.4: Comportamento do *Node* tipo *Owner Terminal* caso receba um pedido *Access Request* no *Channel* “Find”

Caso IDLE

Caso o tipo seja “IDLE”, o Atributo “Link” do objeto “newAccessRequest” será substituído pelo “Find” do *Node*.

Após feita esta alteração do objeto, o *Node* envia o objeto “newAccessRequest” pelo seu “Link” para o seu *Child Node*.

Por último, este sofre uma transformação. O método “Idle” da classe *Node* irá ser executado, em que é feita a alteração do seu “Link” para o “Find” que provém do pedido “Access Request” que recebeu, ou seja, para o “Find” do seu *Parent Node*.

```
newAccessRequest.Link = node.Find  
node.SendThroughLink(newAccessRequest)  
node.OwnerWithRequest(accessRequest.Link, node.WaiterChan)
```

Excerto de Código 5.5: Comportamento do *Node* tipo *Owner Terminal* caso receba um pedido *Access Request* no *Channel* “Find”

Caso WAITER_TERMINAL

Caso o tipo seja “WAITER_TERMINAL”, o *Node* apenas vai sofrer uma transformação. O método “WaiterWithRequest” do *Node* será executado. Os parâmetros de entrada serão o “Link” e “WaiterChan” da parte “GiveAccess” do pedido, que correspondem ao “Find” do *Parent Node* e ao “MyChan” do *Node* que fez o pedido, respetivamente.

```
node.WaiterWithRequest(accessRequest.Link, accessRequest.GiveAccess.  
WaiterChan)
```

Excerto de Código 5.6: Comportamento do *Node* tipo *Owner Terminal* caso receba um pedido *Access Request* no *Channel* “Find”

Caso WAITER_WITH_REQUEST

Caso o tipo seja “WAITER_WITH_REQUEST”, o Atributo “Link” do objeto “newAccessRequest” será substituído pelo “Find” do *Node*.

Após feita esta alteração do objeto, o *Node* envia o objeto “newAccessRequest” pelo seu “Link” para o seu *Child Node*.

Por último, este sofre uma transformação. O método “WaiterWithRequest” da classe *Node* irá ser executado, em que é feita uma alteração do seu “Link” para o “Find” que provém do pedido “Access Request” que recebeu, ou seja, para o “Find” do seu *Parent Node*, mas mantém o *WaiterChan* porque o *Node* que fez o pedido ainda não tem o acesso ao objeto.

```
newAccessRequest.Link = node.Find // Alteracao do atributo Find do
    objeto newAccessRequest para o Find do Node
node.SendThroughLink(newAccessRequest) // Envio do objeto
    newAccessRequest pelo link
node.WaiterWithRequest(accessRequest.Link, node.WaiterChan) //
    transformacao do Node. Mantem-se o WaiterChan mas altera-se o Link
```

Excerto de Código 5.7: Comportamento do *Node* tipo *Owner Terminal* caso receba um pedido *Access Request* no *Channel* “Find”

5.7.2 Cedência do Objeto

No caso do *Node* ser do tipo “WAITER_TERMINAL” e receber um pedido “Access Request”, este sofre uma transformação, muda de tipo para “WAITER_WITH_REQUEST” e passou a deter o atributo “WaiterChan” (“MyChan” do *Node* que fez o pedido).

Esta secção de código é executada concorrentemente (numa *goroutine*) com qualquer outras *goroutines* que são inicializadas depois, isto para permitir que o *Node* receba outros pedidos, que os redirecione, e que outros comportamentos ou transformações possam ocorrer enquanto este espera para ceder o acesso.

Num exemplo real, o *Node* transmitiria o objeto a partir do *Channel* “WaiterChan”, quando por exemplo, o acesso a este não fosse mais necessário.

No entanto, por questões de se pretender criar uma simulação deste protocolo, o *Node* decide ceder o acesso ao objeto após um tempo aleatório (entre 1 a 2 segundos) depois de receber o pedido para o seu acesso.

```
randomSleep := utils.RandomRange(1, 2)
time.Sleep(time.Second * time.Duration(randomSleep))
```

Excerto de Código 5.8: *Node* espera 1 ou 2 segundos antes de ceder o objeto.

De seguida é criado um objeto da classe/tipo “GiveAccess” que será transmitido para o *Node* em espera através do “WaiterChan”.

```
accessObject := Channels.GiveAccess{WaiterChan: node.WaiterChan}
```

Excerto de Código 5.9: Criação do objeto “accessObject”, da classe “GiveAccess”

O método “releaseObj”, o procedimento que implementa o que foi anteriormente referido, contém uma secção crítica, pois acede ao objeto “selfNode”.

O acesso à secção crítica deste método é sincronizada com o uso do *Mutex* “Mutex”, ou seja, o acesso ao estado atual do “selfNode” só é adquirido por uma *goroutine* de cada vez.

Quando tiver a possibilidade de aceder à secção crítica, este irá transmitir o acesso do objeto. De seguida, como já não possui o acesso ao objeto, este sofre uma transformação, mudando-se para um *Node* do tipo “IDLE”, mantendo o “Link”.

Como o *Node*, é inicializada uma *goroutine* que executará o método “AutoRequest”. Este método desempenha a função de decidir se o *Node* faz um pedido de acesso. No entanto, este é descrito num capítulo diferente.

O último procedimento a ser executado neste método é o método “UpdateVisualization” da classe “Node”, em uma nova *goroutine*. Este método é usado para atualizar o estado atual do *Node* na visualização.

```
Mutex.Lock() //Pedido de acesso a seccao critica
node.SendObjectAccess(accessObject) //Transmissao do objeto, atraves
do envio do objeto "accessObject"
node.Idle(node.Link) //transformacao em "IDLE", mas mantendo o "
Link"
go node.AutoRequest() // goroutine que decidira se o \emph{Node} faz
um pedido de acesso
go node.UpdateVisualization() // atualiza o estado do Node na
visualizacao
```

Excerto de Código 5.10: Acesso à secção crítica, transmissão do Objeto, transformação em *Node* “IDLE”, *goroutine* de decisão de pedido, e atualização na visualização

5.7.3 Realização de um pedido de acesso

5.7.4 Receção acesso ao objeto

5.8 Transformações do *Node*

5.9 Tipos de Nodes

5.10 Comunicação entre Nodes

5.11 Classes de *Channels*

5.12 Implementação da Visualização

5.13 Conclusões

Capítulo

6

Visualização

6.1 Introdução

6.2 Atualização dos Dados

I

6.3 Representação da Rede

6.3.1 *Nodes*

6.3.2 *Links*

6.3.3 Fila

6.3.4 Histórico de Pedidos

6.3.5 Histórico de *Owners*

6.4 Conclusões

Capítulo

7

Reflexão Crítica

7.1 Introdução

7.2 Escolhas de Implementação

7.3 Detalhes de Implementação

7.4 Conclusões

Capítulo

8

Conclusões e Trabalho Futuro

8.1 Conclusões Principais

8.2 Trabalho Futuro

Bibliografia