

Extensão Swarm Intelligence para o Simulador Robocup Rescue

Alessandro Antonino Ostetto – Acadêmico
Fernando dos Santos - Orientador

Roteiro

- Introdução
 - Objetivos
- Fundamentação Teórica
- Especificação
- Implementação
- Operacionalidade
- Resultados
- Conclusão
 - Extensões

Introdução

- Agentes e Sistemas Multiagentes (SMA)
 - Grandes problemas
- Simulador RoboCup Rescue (RCR) (ROBOCUP RESCUE, 2010)
 - Simulador de resgate de vítimas em catástrofes
- Swarm Intelligence (SI)
 - Colônias de insetos

Objetivos do Trabalho

- Incorporar no RCR conceitos de SI, estigmergia
- Disponibilizar uma implementação de SMA de referência para demonstrar o funcionamento da extensão e realizar testes
- Disponibilizar um comparativo do desempenho do SMA desenvolvido com o desempenho de outros SMA's que não utilizam a extensão.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sistemas Multiagentes

- Wooldridge (2002, p. 15): um agente é um sistema computacional que está situado em algum ambiente e que é capaz de ações autônomas neste ambiente, a fim de cumprir os seus objetivos designados.
- **Características** (JENNINGS, SYCARA, WOOLDRIDGE, 1998, p. 280):
 - Cada agente pode possuir diferentes competências
 - Cada agente pode possuir percepção limitada do ambiente
 - Computação é assíncrona
 - Inexistência de controle global/central
- **Interações entre os agentes**
 - Cooperação
 - Coordenação
 - Negociação

Simulador RoboCup Rescue

- Simulador de desastres (terremotos) e operações de resgate.
- Avaliar Abordagens de SMA
- Agentes de Campo:
 - Civis
 - Brigada de Incêndio
 - Força Policial
 - Time da Ambulância
- Refúgio 🚒
- Score

Simulador RoboCup Rescue

Sample Time: 22 Score: 7,636

1 2 3 4 5 6 7 8 9

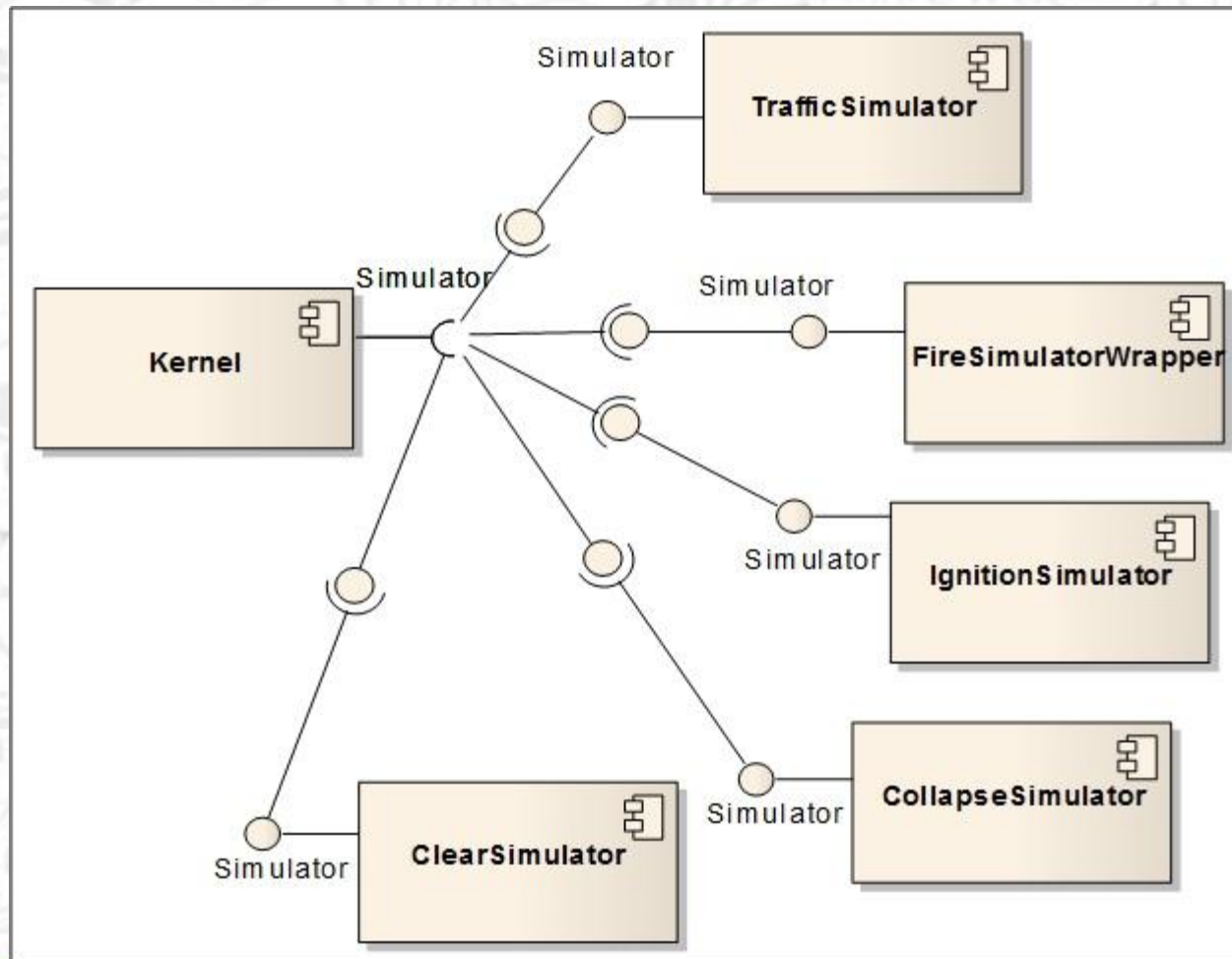
```
collapse
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Mudando Ferormonio:
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Entidade: 969- Fer
DEBUG collapse.CollapseSimulator : Change Set:
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Mudando Ferormonio:
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Entidade: 968- Fer
DEBUG collapse.CollapseSimulator : Change Set:
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Mudando Ferormonio:
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Entidade: 974- Fer
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Entidade: 975- Fer
DEBUG collapse.CollapseSimulator : Change Set:
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Mudando Ferormonio:
DEBUG collapse.CollapseSimulator : CHSET -> Entidade: 974- Fer
DEBUG collapse.CollapseSimulator : Abstract connection Msg broa
#####
DEBUG collapse.CollapseSimulator : EITA ->> urn:rescuecore2:mes
update : ID = 1, Time = 22, Changes = 80 entities
DEBUG collapse.CollapseSimulator : Mensagem: urn:rescuecore2:me
_update : ID = 1, Time = 22, Changes = 80 entities
DEBUG collapse.CollapseSimulator : end Abstract connection Msg
#####
TRACE collapse.CollapseSimulator : Next message: urn:rescuecore
l:ks_update : ID = 1, Time = 22, Changes = 80 entities

agents
DEBUG sample.SampleFireBrigadePheror : Abstract connection Msg
#####
DEBUG sample.SampleFireBrigadePheror : EITA ->> urn:rescuecor
:ka_sense : Agent ID = 978, Time = 23, Updates = 34 entities,
DEBUG sample.SampleFireBrigadePheror : Mensagem: urn:rescuecor
l:ks_update : Agent ID = 978, Time = 23, Updates = 34 entities
DEBUG sample.SampleFireBrigadePheror : end Abstract connection
#####
TRACE sample.SampleFireBrigadePheror Fire brigade (978): Next
ecore2:messages:control:ka_sense : Agent ID = 978, Time = 23,
ies, 3 commands
DEBUG sample.SampleFireBrigadePheror Fire brigade (978): Heard
standard:message:speak : Agent ID = 978, Time = 22, Channel = 1
es of raw data
DEBUG sample.SampleFireBrigadePheror Fire brigade (978): Heard
standard:message:speak : Agent ID = 977, Time = 22, Channel = 1
es of raw data
DEBUG sample.SampleFireBrigadePheror Fire brigade (978): Heard
standard:message:speak : Agent ID = 980, Time = 22, Channel = 1
es of raw data
INFO sample.SampleFireBrigadePheror Fire brigade (978): Exting
TRACE sample.SampleFireBrigadePheror Fire brigade (978): Messa
g: 0 messages in the queue
```

```
fire
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : CHSET -> Mudando Ferormonio: 968 - {}
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : CHSET -> Entidade: 968- Ferormonio:
0,0
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : Change Set:
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : CHSET -> Mudando Ferormonio: 975 - {}
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : CHSET -> Entidade: 975- Ferormonio:
0,0
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : Change Set:
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : CHSET -> Mudando Ferormonio: 974 - {}
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : CHSET -> Entidade: 974- Ferormonio:
0,0
DEBUG firesimulator.FireSimulatorWrapper : Abstract connection Msg broadcast @@@@
#####
```

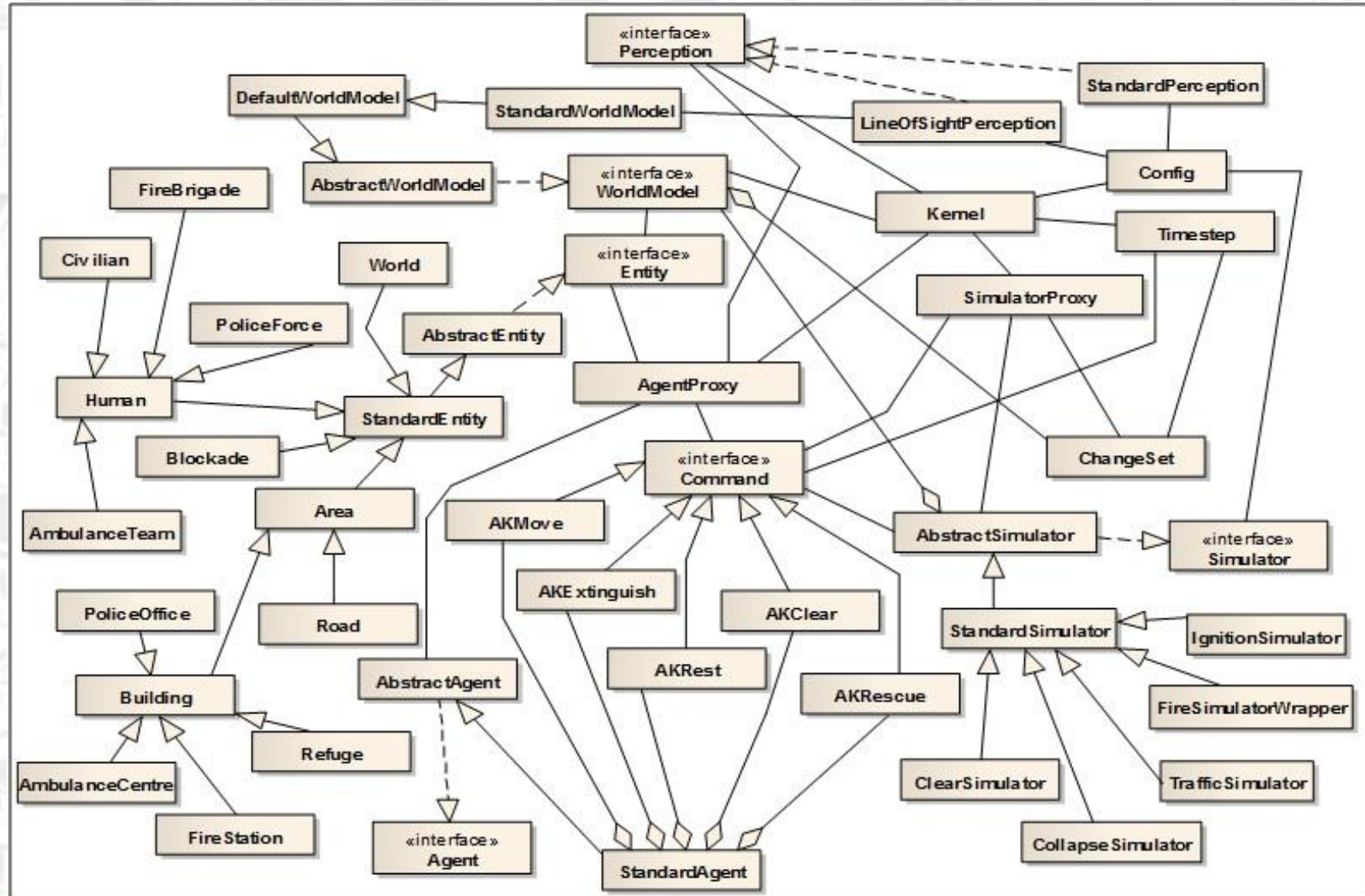

Especificação do Simulador RCR

- Diagrama de Componentes do Simulador

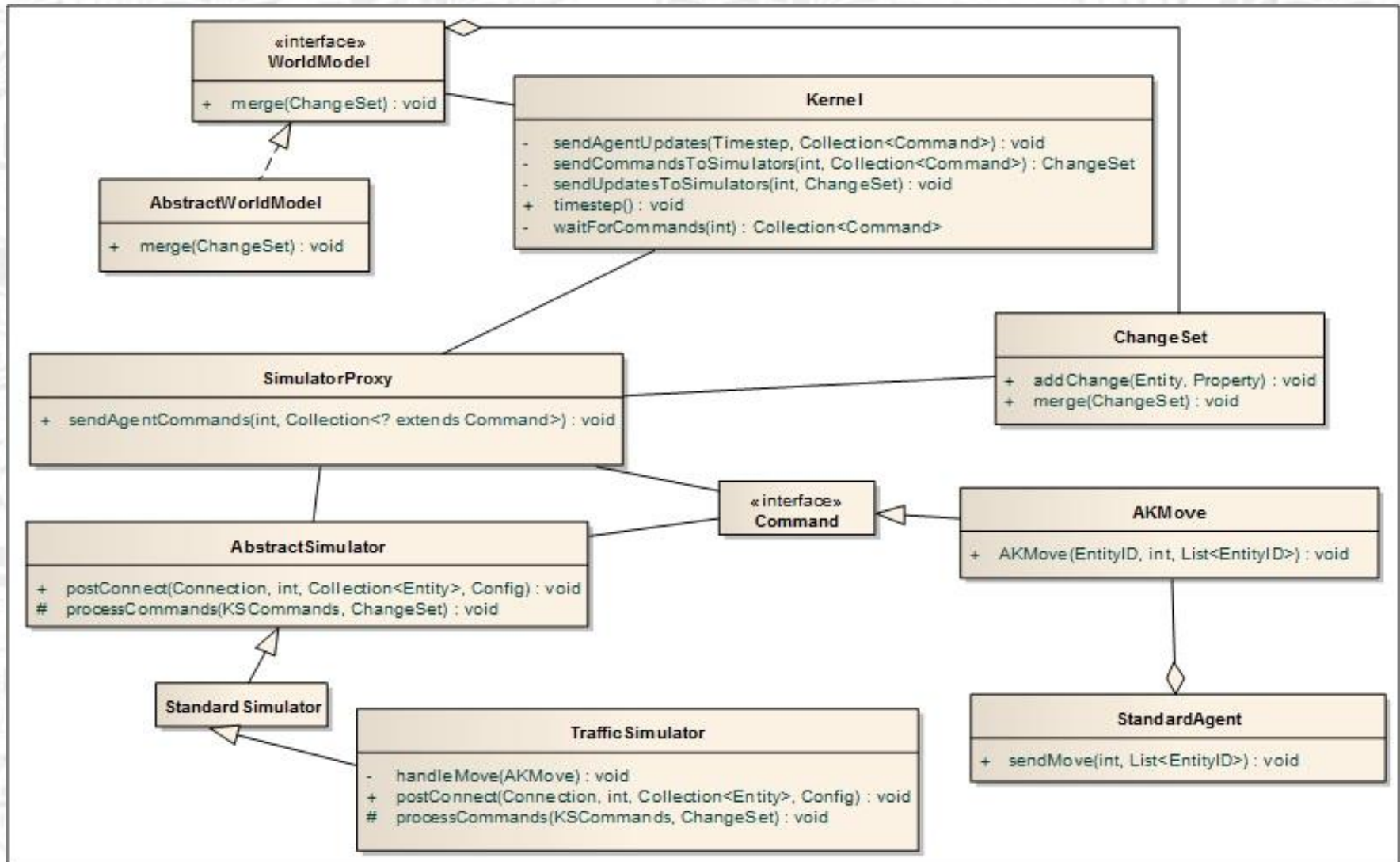


Especificação do Simulador RCR

- Diagrama de classes do Simulador



Especificação do Simulador de tráfego

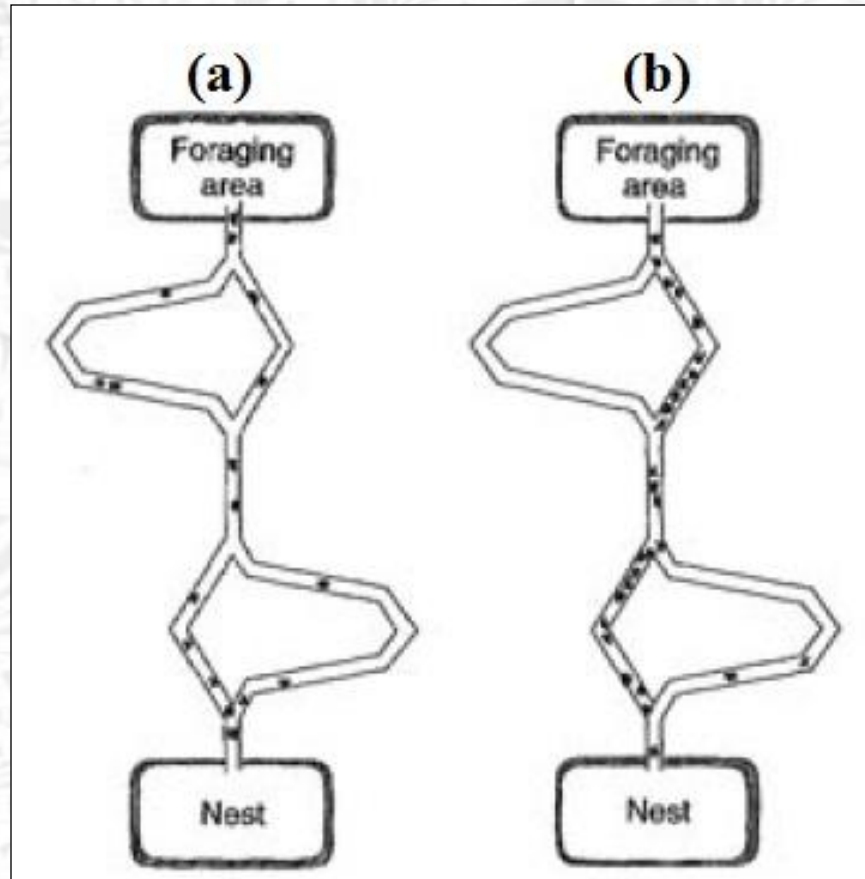


Swarm Intelligence

- Conceitos de Inteligência de enxames no desenvolvimento de SMA
- Estigmergia é a utilização do ambiente para comunicação entre indivíduos. Esta comunicação não ocorre por troca de mensagens diretamente, mas sim pelo ambiente, através de feromônios. (BONABEAU, THERAULAZ, DORIGO, 1999, p. 14)

Estigmergia

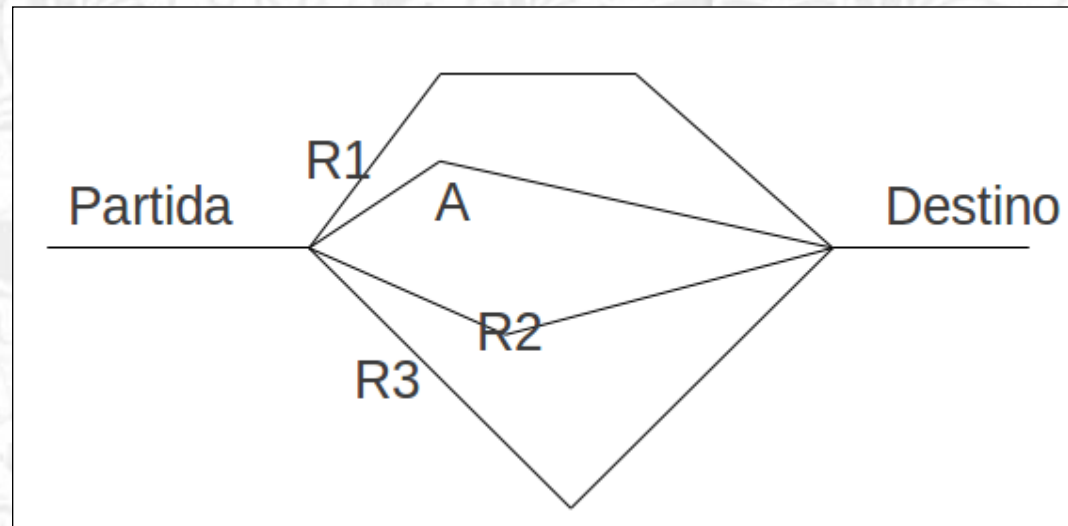
- Experimento
- Maior depósito no galho mais curto
- Evaporação do feromônio



Fonte: Bonabeau, Theraulaz e Dorigo (1999, p. 29).

Swarm Intelligence

- Probabilidade de escolha



- P_A = probabilidade de escolha do caminho A
- F = quantidade de feromônio nos caminhos
- k = grau de atração ramo não marcado
- n = grau de não linearidade
- A = relativo ao caminho A
- R = representando os demais caminhos

$$P_A = \frac{(k + F_{A_i})^n}{(k + F_{A_i})^n + \sum_R (k + F_{R_i})^n}$$

Fonte: Bonabeau, Theraulaz e Dorigo (1999, p. 27).

Swarm Intelligence

- Deposito de Feromônio

$$F_R = F_R + \sum_{i=0}^m \Delta(F_i)$$

Fonte: Bonabeau, Theraulaz e Dorigo (1999, p. 27).

- F_R = quantidade de feromônio presente no caminho R
- m = quantidade de formigas
- F_i = feromônio depositado por cada formiga

- Evaporação do Feromônio

$$F_R = (1 - p) * F_R$$

Fonte: Bonabeau, Theraulaz e Dorigo (1999, p. 27)

- F_R = quantidade de feromônio presente no caminho R
- p = coeficiente de evaporação

Contexto Atual do Tema

- Trabalho de Kassabalidis (2001)
 - Algoritmo de Roteamento utilizando SI
 - Baseado na exploração do ambiente pelas formigas
 - Agentes deixam rastro de feromônio (estigmergia)
 - Agentes decidem próximo salto influenciados pelo feromônio
 - Monta tabela de roteamento

Contexto Atual do Tema

- Santos (2009)
 - Implementado no RCR
 - Divisão do trabalho entre os agentes;
 - Comunicação por mensagens, SI para decisão;
 - Sugere implementação da comunicação por estigmergia.
 - Após isto, adaptação de seu algoritmo para o uso da estigmergia.

DESENVOLVIMENTO DA EXTENSÃO

Requisitos Principais

- Manter as funcionalidades presentes no simulador
 - Categorias de agentes, *score*, contagem de tempo
- Permitir ao usuário desenvolver um SMA de simulação no RCR, que utilize funções de SI
 - Utilizar estigmergia

Especificação

Diagrama de Casos de uso

- Diagrama de casos de uso executado pelo usuário.

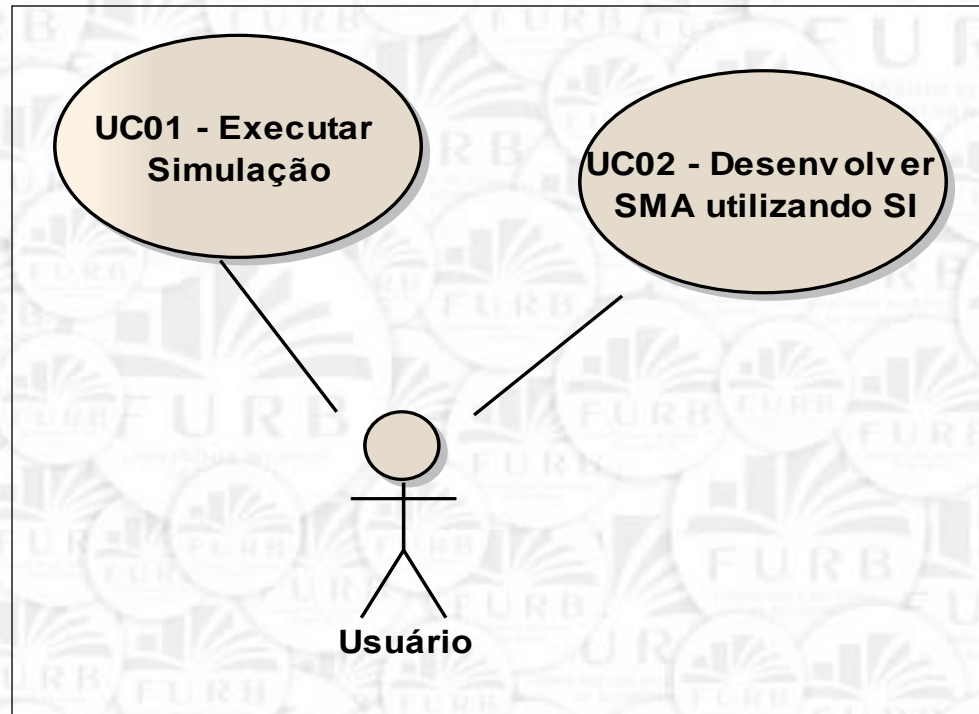
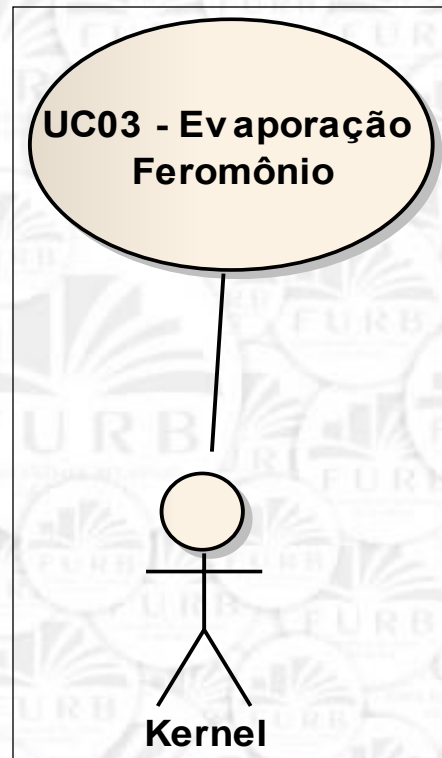


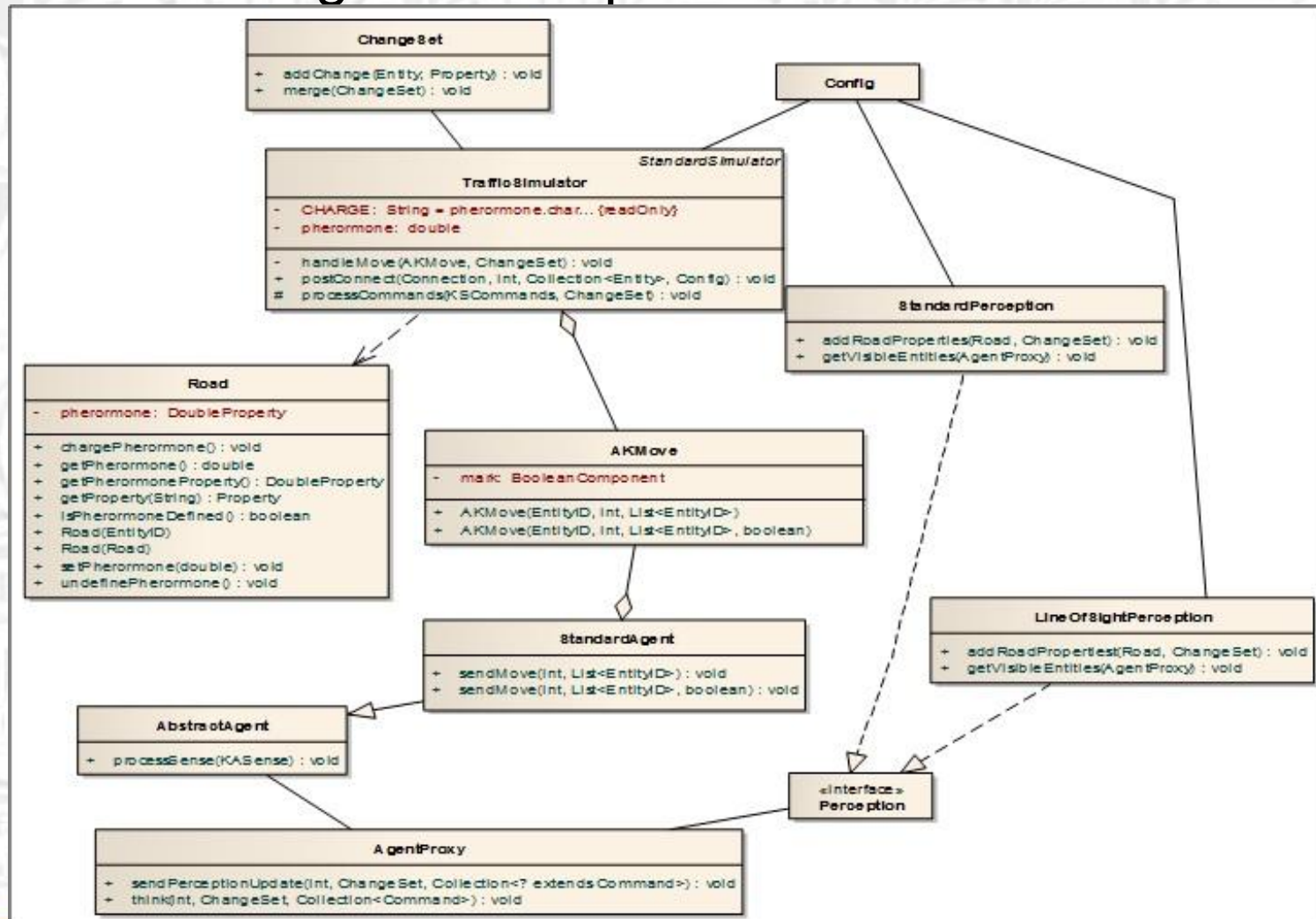
Diagrama de Casos de uso

- Diagrama de casos de uso executado pelo kernel.



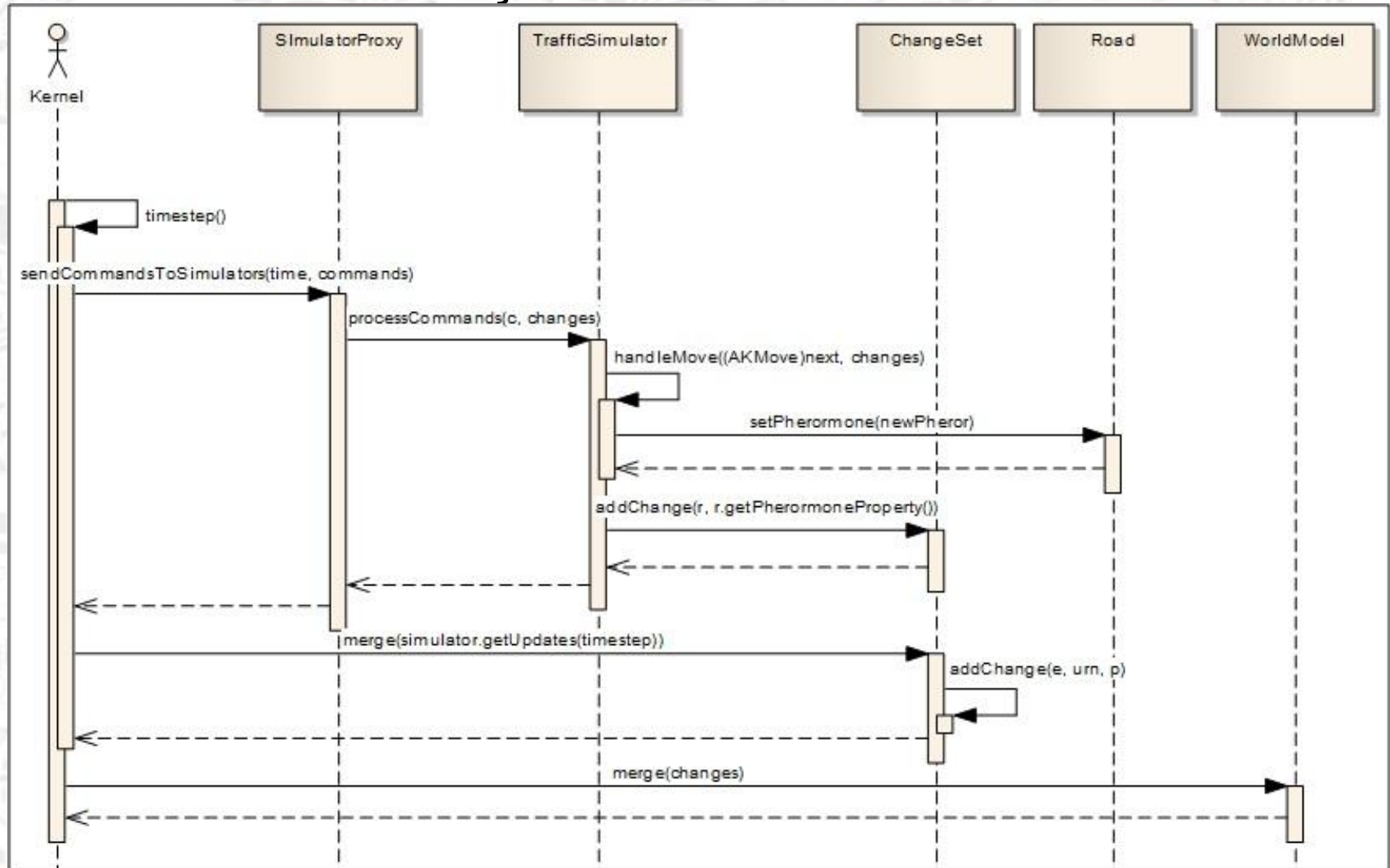
Especificação da Estigmergia

- Permitir ao agente o depósito e leitura do feromônio



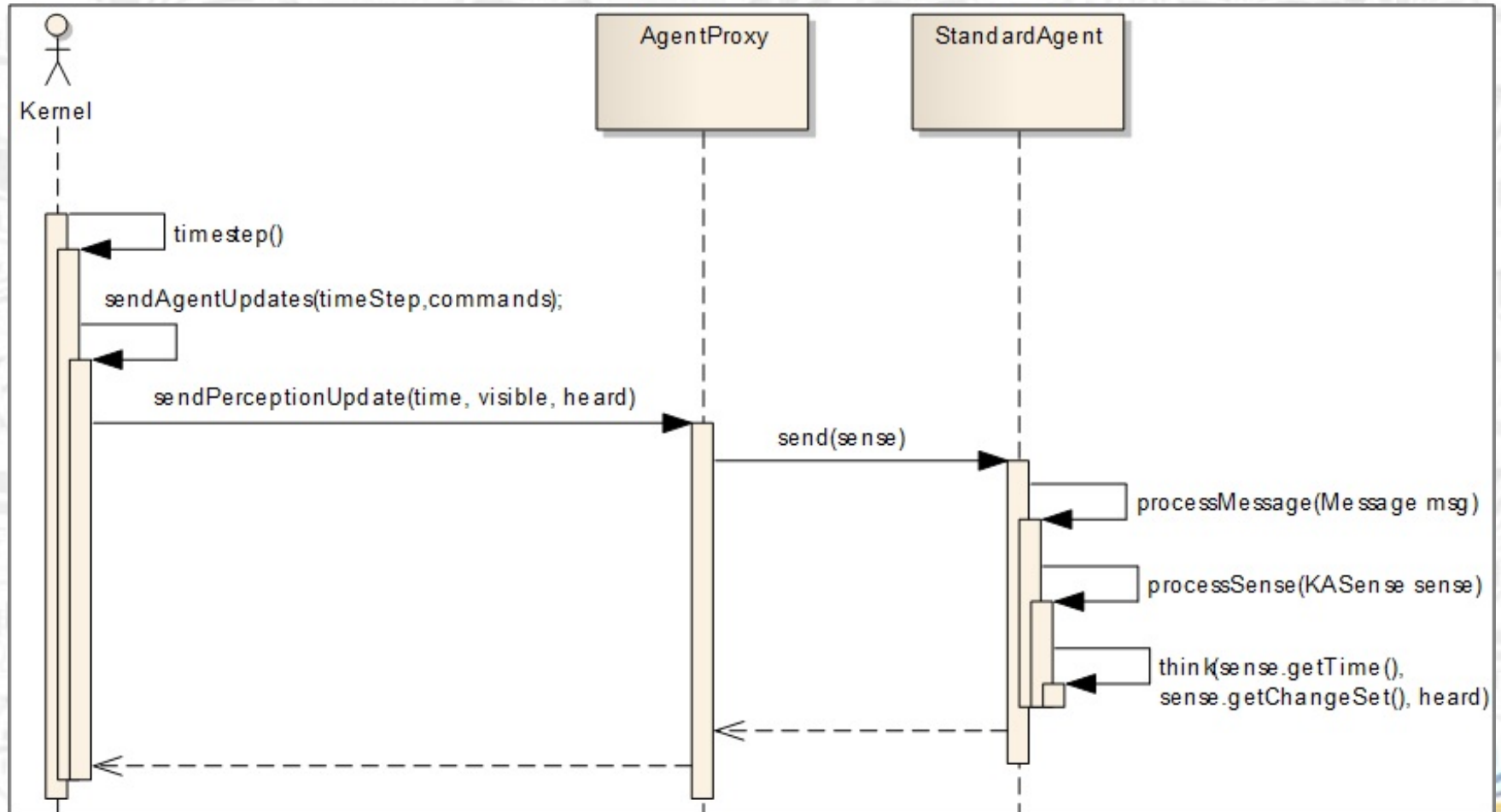
Especificação da Estigmergia

- Processo de adição do Feromônio



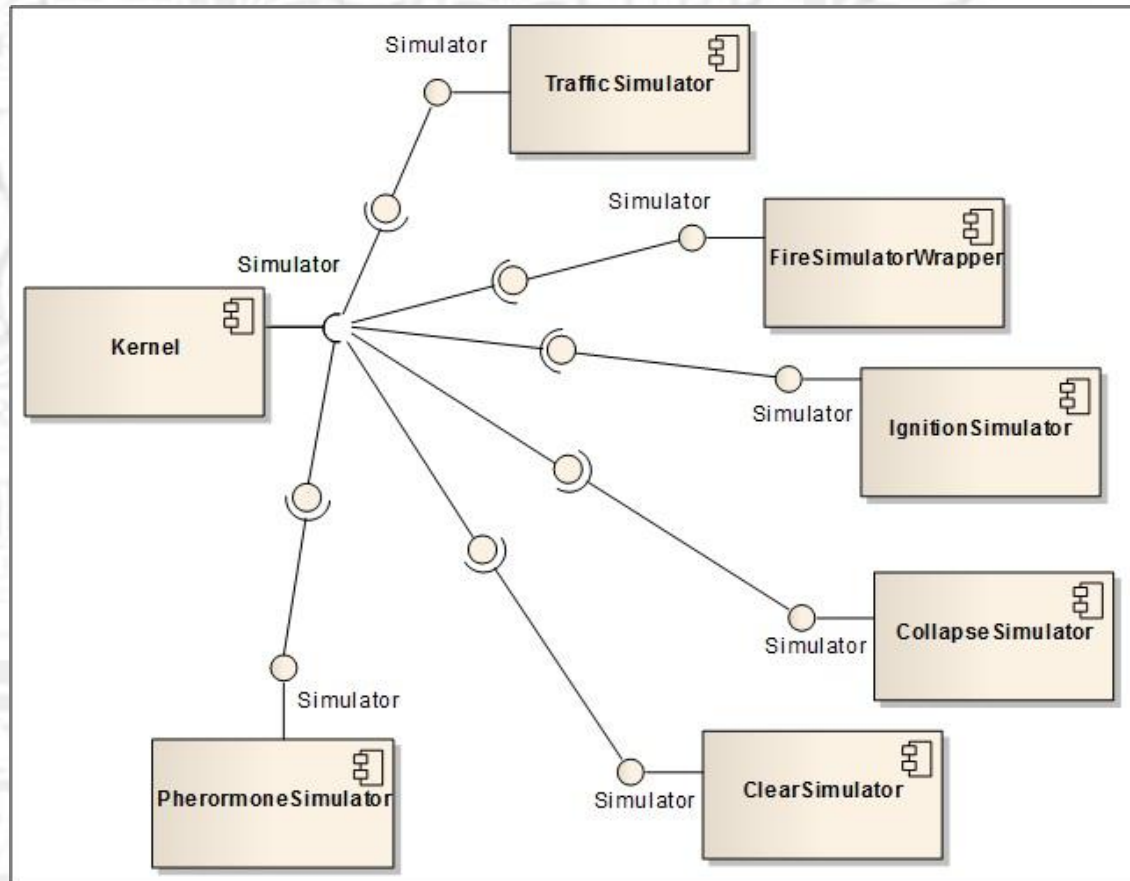
Especificação da Estigmergia

- Processo de atualização da percepção do agente



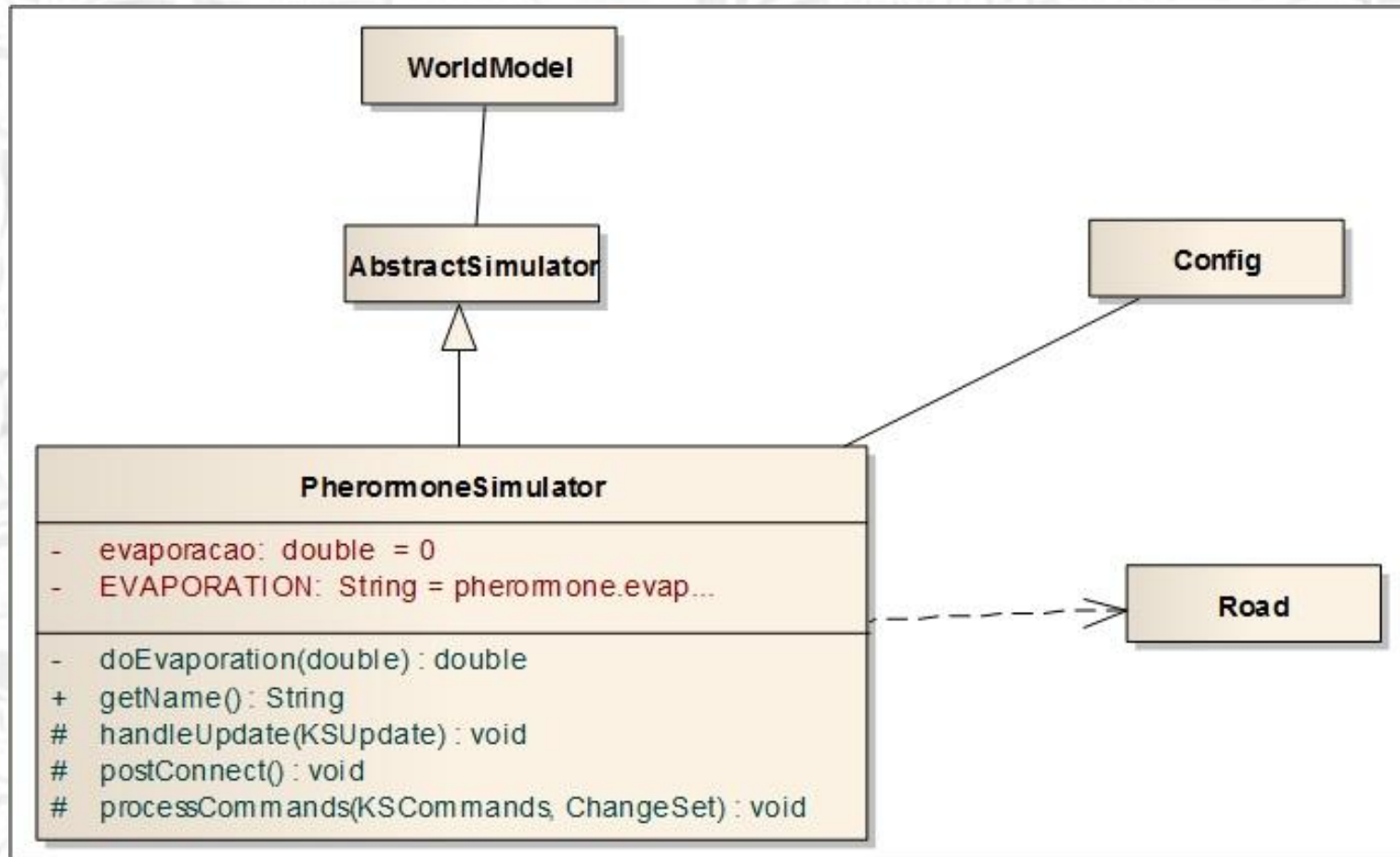
Especificação da Evaporação

- Criação do componente de Evaporação
- Permitir que ocorra a evaporação do feromônio



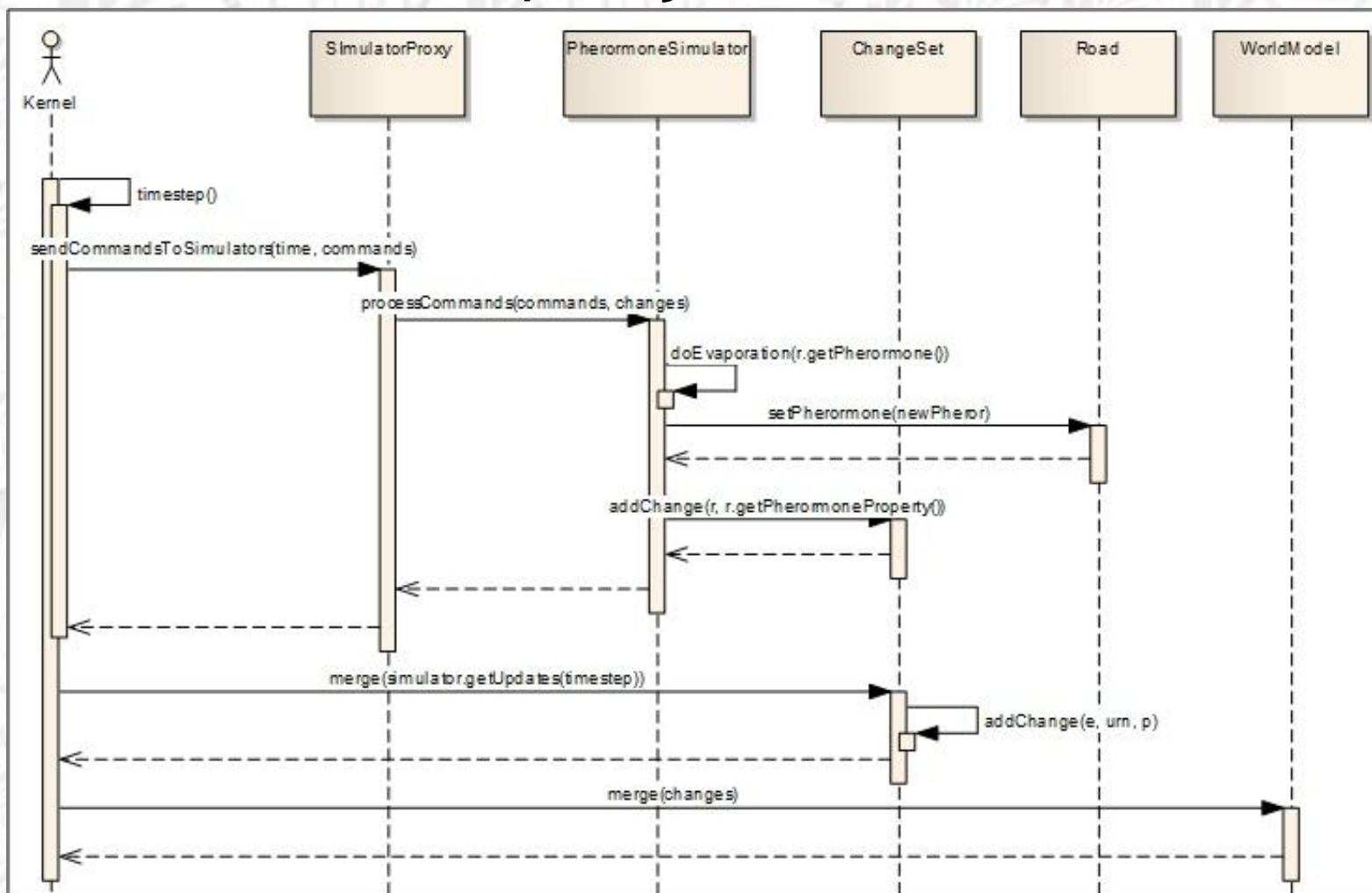
Especificação da Evaporação

- Detalhes do componente de evaporação



Especificação da Evaporação

- Processo de evaporação do feromônio



Implementação

Técnicas e Ferramentas Utilizadas

- Linguagem de Programação Java (Eclipse)
- Sistema Operacional Ubuntu

Implementação do depósito de feromônio

- Componente *TrafficSimulator*

$$F_R = F_R + \sum_{i=0}^m \Delta(F_i)$$

Fonte: Bonabeau, Theraulaz e Dorigo (1999, p. 27)

```
1. private void handleMove(AKMove move, ChangeSet changes){
2. //omitido código do simulador que é responsável por iterar sobre o
3. //caminho recebido e definir a movimentação do agente por ele.
4.     if(move.getMark()){
5.         //o método getEntity retorna o objeto identificado pela id
6.         // que representa do nodo do caminho atual (current)
7.         Entity ent = model.getEntity(current);
8.         if(ent instanceof Road){
9.
10.             Road r = (Road) ent;
11.             double pheror = r.getPherormone();
12.             double newPheror = pheror + pherormone;
13.             r.setPherormone(newPheror);
14.             //Adiciona modificação ao changeSet.
15.             changes.addChange(r, r.getPherormoneProperty());
16.         }
17. }
```

Implementação da Evaporação

- Componente PherormoneSimulator

$$F_R = (1 - p) * F_R$$

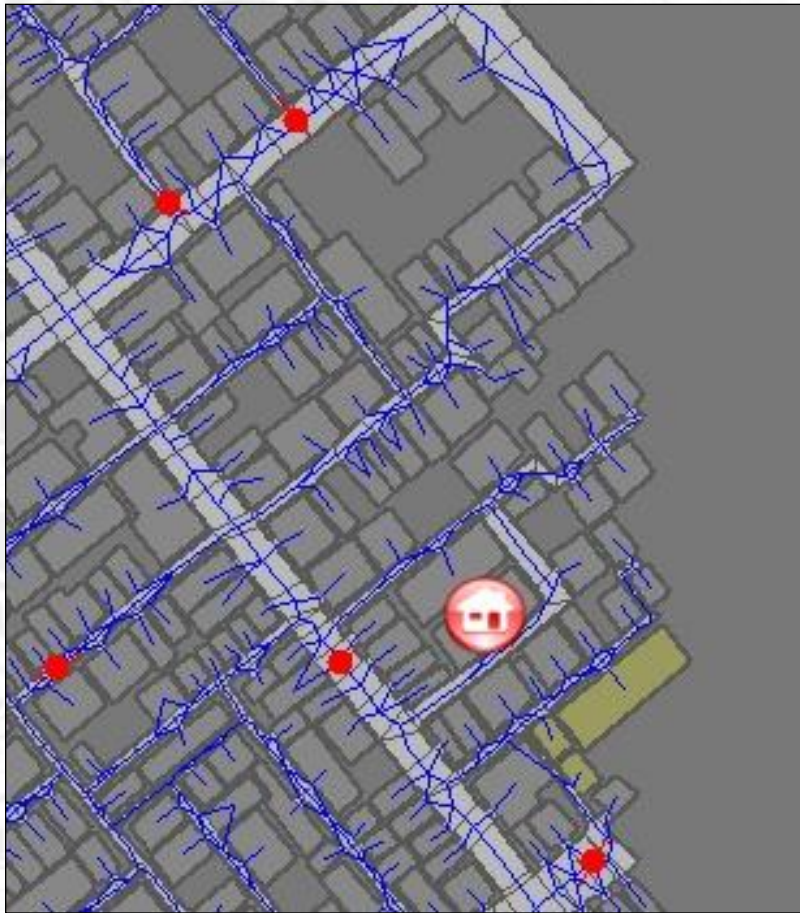
Fonte: Bonabeau, Theraulaz e Dorigo (1999, p. 27)

```
1. //método chamado pelo kernel.
2. protected void processCommands(KSCommands c, ChangeSet changes){
3.     //Lê as ruas do mundo
4.     Collection<StandardEntity> e = model.getEntitiesOfType(StandardEntityURN.ROAD);
5.     for (StandardEntity next : e) {
6.         if (next instanceof Road) {
7.             Road r = (Road) next;
8.             //para cada rua evapora quantidade de feormonio.
9.             double newPheror = doEvaporation(r.getPherormone());
10.            r.setPherormone(newPheror);
11.            //Adiciona modificação ao changeSet.
12.            changes.addChange(r, r.getPherormoneProperty());
13.        }
14.    }
15. }
```

```
private double doEvaporation(double pherormone){
    return pheror = pherormone - (pherormone*(evaporacao/100));
}
```


Operacionalidade

Definição agente Bombeiro



- Semelhança com formigas;
- Busca incêndios;
- Retorno ao refúgio.
- SwarmFireBrigade

Definição agente Bombeiro

```
se não está cheio de água e esta no refúgio então
  enche água
  retorna
```

fimse

```
se está sem água então
  move para refúgio mais próximo marcando o caminho
  retorna
```

fimse

```
procura incêndio no campo de visão
se está perto o bastante então
  apaga incêndio
  retorna
```

senao

```
  move para apagar
  retorna
```

fimse

```
se não achou nada então
  move usando estigmergia.
  retorna
```

fimse

Implementação do agente Bombeiro

- Busca de caminhos utilizando a probabilidade

```
List<EntityID> pathpheror = search.pherormoneSearch(me().getPosition(), model);
```

- Leitura da propriedade

```
Road r = (Road) model.getEntity(neighbour);  
double ferormonio = r.getPherormone ();
```

- Depósito de feromônio

```
sendMove(time, path, true);
```

Resultados e Discussão

- Mapa Kobe4 (SOURCE FOURGE, 2003)

- Constantes:

- $k=0$
- $n=2$
- limite= 80000



Resultados e Discussão

- Comprovação da utilização do feromônio para escolha de caminho pelo agente

$$P_A = \frac{(k + F_{A_i})^n}{(k + F_{A_i})^n + \sum_R (k + F_{R_i})^n}$$

```
1. Início Busca.
2. Nó Inicial: 266
3. Iterando sobre os vizinhos de: 266: [279, 269]
4. Nós que já passou: []
5. Cálculo do Divisor:
6. Rua: 279 -> Feromônio: 0.5011297878809273
7. Rua: 269 -> Feromônio: 0.0
8. Divisor Calculado: 0.2511310643015832
9. Nós Rejeitados: []
10. Probabilidade individual (Para cada Nó):
11. Probabilidade Rua: 279: 1.0
12. Probabilidade Rua: 269: 7.819173592005166E-90
13. Lista probabilidades de cada nó:
14. [[ 279 ; 1.0 ], [ 269 ; 7.819173592005166E-90 ]]
15. Aleatório (determina a escolha): 0.03452323283660941
16. Contador: 0.0
17. Escolheu o nodo - > Road (279)
18. Distância até a rua 279 : 20572.196868589413
```

Resultados e Discussão

- Quantidade de feromônio depositado: 1, 5, 10
- Percentual de evaporação utilizado: 0, 25, 50, 75, 100

1 (uma) unidade de feromônio depositada

Quantidade de Bombeiros	Percentual de Evaporação	Score
20	0%	0,205543138
20	25%	0,196124823
20	50%	0,206619558
20	75%	0,223827752
20	100%	0,193934737
40	0%	0,356805741
40	25%	0,263814039
40	50%	0,286295404
40	75%	0,269387903
40	100%	0,258381419

5 (cinco) unidades de feromônio depositada

Quantidade de Bombeiros	Percentual de Evaporação	Score
20	0%	0,206738148
20	25%	0,217581256
20	50%	0,213188776
20	75%	0,204559179
20	100%	0,185567313
40	0%	0,236505086
40	25%	0,275826638
40	50%	0,334192962
40	75%	0,306718365
40	100%	0,309240701

Resultados e Discussão

- Quantidade de feromônio depositado: 1, 5, 10
- Percentual de evaporação utilizado: 0, 25, 50 ,75, 100

10 (dez) unidades de feromônio depositado

Quantidade de Bombeiros	Percentual de Evaporação	Score
20	0%	0,203687695
20	25%	0,190899442
20	50%	0,212238217
20	75%	0,195587738
20	100%	0,218182847
40	0%	0,317462211
40	25%	0,284331181
40	50%	0,323702942
40	75%	0,355580613
40	100%	0,262838562

SampeFireBrigade

Quantidade de Bombeiros	Score
20	0,226364196
40	0,239583061

Resultados e Discussão

Melhores Resultados

Sampefirebrigade	1 (uma) unidade de feromônio depositado	5 (cinco) unidades de feromônio depositado	10 (dez) unidades de feromônio depositado
40 agentes	40 agentes	40 agentes	40 agentes
sem evaporação	0% de evaporação	50% de evaporação	75% de evaporação
0,239583061	0,356805741	0,334192962	0,355580613

- Melhor resultado obtido com time de 40 agentes.
 - Quantidade maior de feromônio sendo depositado
 - Necessidade de maior evaporação para não prejudicar desempenho

Resultados e Discussão

- Kassabalidis(2001):
 - Sem determinação de agente específico para explorar a rota;
 - Envio de pacotes, calculo de atraso.
- Santos(2009):
 - Sugere o desenvolvimento de uma solução que substitua a comunicação por troca de mensagens entre os agentes do RCR.

Conclusão

- Disponibilizado o uso da estigmergia pelos agentes no simulador RCR;
- Estudo aprofundando do funcionamento do simulador;
- Limitações
 - Limitação em testes com outros agentes não efetuados;
 - Necessidade de possuir o simulador alterado para utilizar a extensão

Extensões

- Estudo e adaptação do algoritmo eXtreme-Ants de Santos (2009) para a utilização dos recursos de SI disponibilizados pela extensão.
- Análise e implementação de outros agentes utilizando os recursos oferecidos pela extensão.

Referências

- BONABEAU, Eric; THERAULAZ, Guy; DORIGO, Marco. **Swarm intelligence: from natural to artificial systems**. New York: Oxford University Press, 1999. 307 p.
- JENNINGS, Nicholas R.; SYCARA, Katia; WOOLDRIGE, Michael J. A Roadmap of Agent Research and Development. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, [S.l.], n.1, p. 275–306b, 1998.
- KASSABALIDIS, Ilias et al. Swarm intelligence for routing in communication networks. In: GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, 2. , 2001, San Antonio. **Proceedings...** Seattle: Washington University, 2001. p. 3613–3617. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.28.8398&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 27 mar. 2011.

Referências

- ROBOCUP RESCUE. Tokio, 2006. Disponível em: <<http://www.robocuprescue.org/>>. Acesso em: 17 mar. 2011.
- SANTOS, Fernando. **eXtreme-Ants**: algoritmo inspirado em formigas para alocação de tarefas em extreme teams. 2009. 69 f. dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SOURCE FORGE. **Robocup Rescue Simulation Project**. [S.l.], 2003. Disponível em: <<http://sourceforge.net/projects/roborescue/>> Acesso em: 18 fev. 2011.
- WOOLDRIDGE, Michael J. **An introduction to multiagent systems**. New York: John Wiley. 348p.

Obrigado!