



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

AGENTES E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DISTRIBUÍDA

4º ANO DO MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E
COMPUTAÇÃO

Simulação dinâmica da gestão de AGVs num contexto fabril

Authors:

Daniel REIS

- up201308586 - up201308586@fe.up.pt

David BAIÃO

- up201305195 - up201305195@fe.up.pt

Filipa RAMOS

- up201305378 - up201305378@fe.up.pt

Conteúdo

1	Introdução	2
2	Especificação	3
2.1	Descrição do cenário	3
2.1.1	Máquinas	4
2.1.1.1	Grau de Potencial	5
2.1.2	AGV	6
2.2	Objectivos	8
2.3	Avaliação dos resultados	8
2.4	Resultados esperados	8
3	Ferramentas	9
3.1	Explicação das plataformas a usar	9
3.1.1	Características principais	9
3.1.2	Funcionalidades Relevantes	9
4	Sistema	9
4.1	Identificação e caracterização dos agentes	9
4.2	Interação entre agentes	9
4.3	Faseamento	9
5	Conclusões	9

1 Introdução

No âmbito da unidade curricular de Agentes e Inteligência Artificial Distribuída pretende-se simular as operações de uma fábrica que utiliza AGVs para transporte de peças entre máquinas nas variadas fases de produção. Serão utilizadas plataformas de sistema e/ou frameworks na construção e simulação de agentes. O objectivo é manusear estas ferramentas por forma a auxiliar a construção de um sistema multiagente que permite comunicação e negociação entre agentes. Tem-se em vista a exploração das possibilidades destas plataformas através da construção de agentes com funções diferentes que se complementam uns aos outros e formam uma unidade de produção fabril.

Este projecto tem como objectivo principal a demonstração de possíveis aplicações de agentes de inteligência artificial no mundo prático. Unidades de produção como a que este projecto envisions poderão ser uma realidade num futuro próximo e permitirão uma subida exponencial na eficiência e na organização de fabricas de produção em massa.

2 Especificação

2.1 Descrição do cenário

Numa fábrica, existem variadas máquinas responsáveis pelas várias etapas da produção. Um lote é composto por um número variável de peças correspondendo, por exemplo, numa fábrica textil, a 10 camisolas. Um lote está pronto quando todas as suas peças passaram por todas as fases da linha de produção. A linha de produção é constituída por máquinas pertencentes a cada uma das fases específicas. Cada fase tem uma ou mais máquinas que fazem o mesmo trabalho. Sempre que uma máquina acaba de processar um lote negocia com as máquinas responsáveis pela etapa seguinte a transferência do lote em causa. Após a determinação da máquina destino para a próxima etapa, a máquina de origem requiere o transporte do lote a um AGV. Após ser feita uma negociação com todos os AGV's presentes no espaço, o escolhido transporta o lote para a máquina destino.

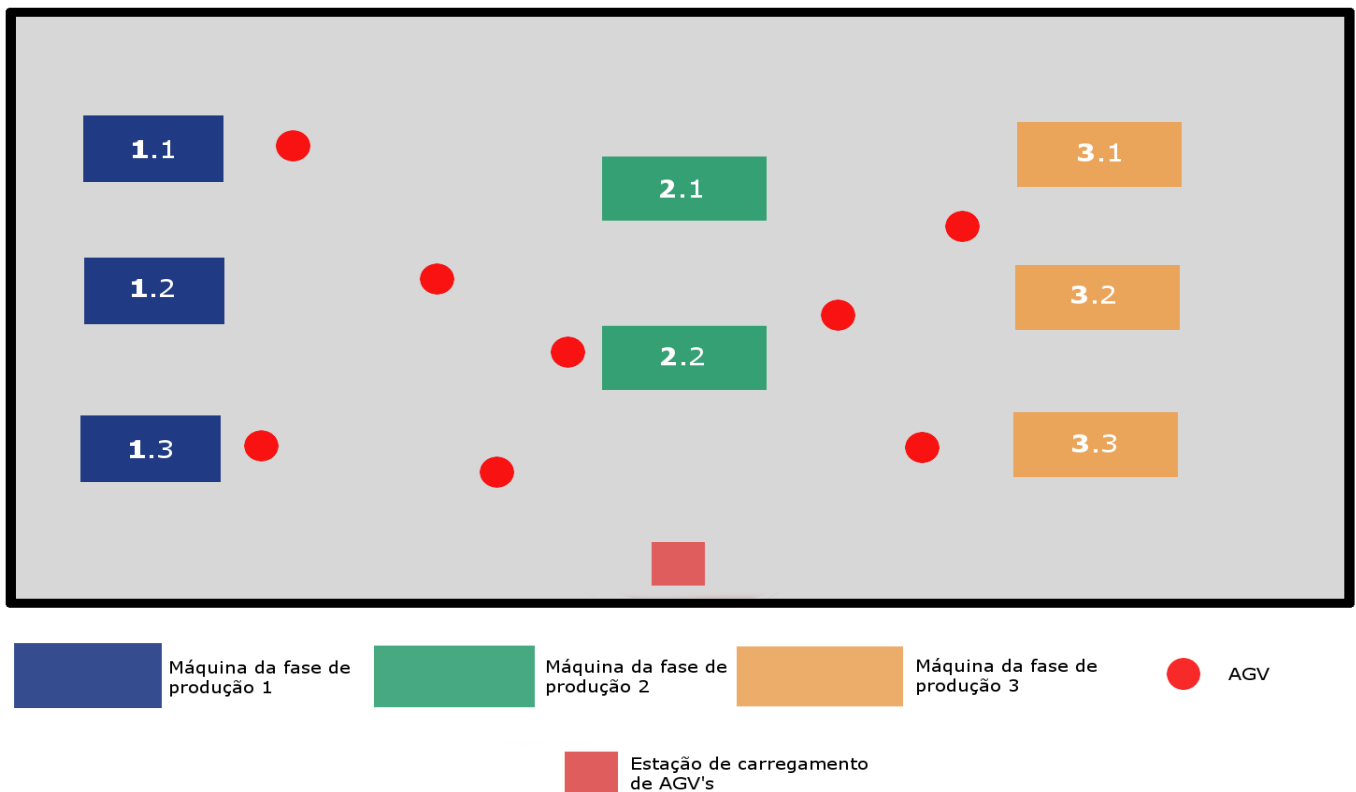


Figura 1: Cenário exemplificativo de uma fábrica simples.

Como se pode observar no exemplo da figura 1, o processo de fabrico de um lote implica 3 fases distintas. Um lote entraria numa das máquinas da fase 1 e, quando o processo nesta fosse completado, a máquina que processou o lote negocia com as máquinas da fase 2 para jogar com a disponibilidade das mesmas. Este processo repete-se até o lote ter sido processado numa máquina da última etapa.

Este cenário é constituído por:

Fase 1 3 máquinas

Fase 2 2 máquinas

Fase 3 3 máquinas

A negociação entre máquinas é feita na passagem da fase 1 para a fase 2 e da fase 2 para a fase 3. Os círculos vermelhos simbolizam AGV's em diferentes posições do espaço físico da fábrica. A negociação pelo transporte de um AGV implica a análise por parte do agente da distância do AGV à máquina origem e destino. O quadrado presente na parte inferior do esquema representa a estação de carregamento de um AGV. Este não é um agente. É apenas a localização referência para onde os AGV's se deslocam por forma a voltarem a encher a sua bateria.

Para efeitos de transporte por parte de um AGV será considerado que todas as peças de todos os lotes têm o mesmo peso (todos os lotes são compostos por peças iguais).

O espaço físico da unidade fabril está mapeada em coordenadas (xy) que auxiliam à localização de todos os elementos do sistema.

2.1.1 Máquinas

No início, cada lote tem uma máquina da fase 1 aleatoriamente assignada de acordo com a capacidade de cada máquina. Para o caso da fábrica do exemplo da figura 1, as decisões a serem tomadas por cada máquina estão representadas na figura 2.

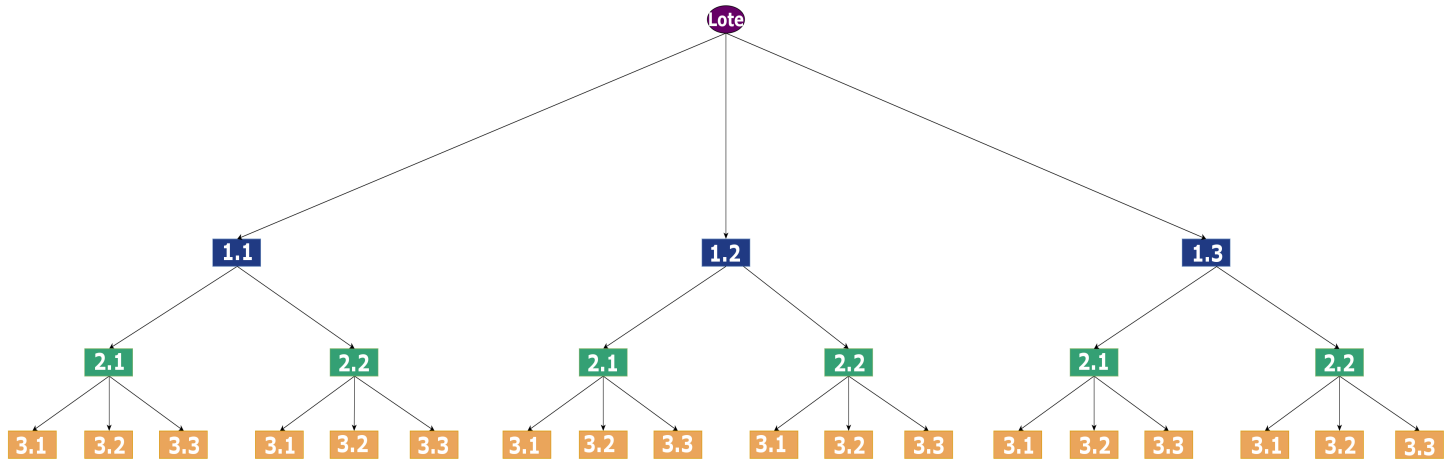


Figura 2: Árvore de decisão para um lote a ser processado no exemplo 1.

No processo de decisão são tidas em conta as variáveis de cada máquina. Cada máquina é caracterizada por:

Capacidade de processamento - Número inteiro de lotes que a máquina consegue processar ao mesmo tempo;

Velocidade de processamento - Inteiro que avalia a velocidade com que a máquina processa um lote;

Manutenção - Booleano que indica se a máquina está operacional ou em manutenção;

Localização - Coordenadas da localização fixa da máquina.

Cada máquina pode continuar a receber lotes até que atinja a sua capacidade máxima de processamento. Todas estas variáveis são inerentes a uma máquina. Podem existir máquinas da mesma fase que não tenham as características iguais. A velocidade é a variável que auxilia ao cálculo do menor tempo em que os lotes são processados. Ao ser feita a escolha da máquina destino são tidos em conta tanto a capacidade de processamento como a velocidade de cada máquina por forma a obter a combinação que minimiza o tempo total de produção do lote.

2.1.1.1 Grau de Potencial

O **Grau de Potencial** de uma máquina expressa o equilíbrio entre as variáveis **capacidade de processamento** e **velocidade de processamento** e caracteriza-se pela fórmula seguinte:

$$G_p = \frac{1}{C_p} \times t_p \quad (1)$$

em que t_p representa:

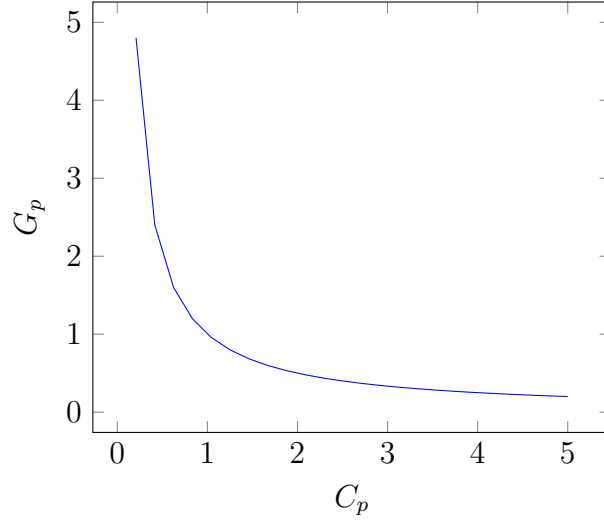
$$t_p = \frac{1}{V_p} \quad (2)$$

Tabela 1: Variáveis presentes nas equações 1 e 2.

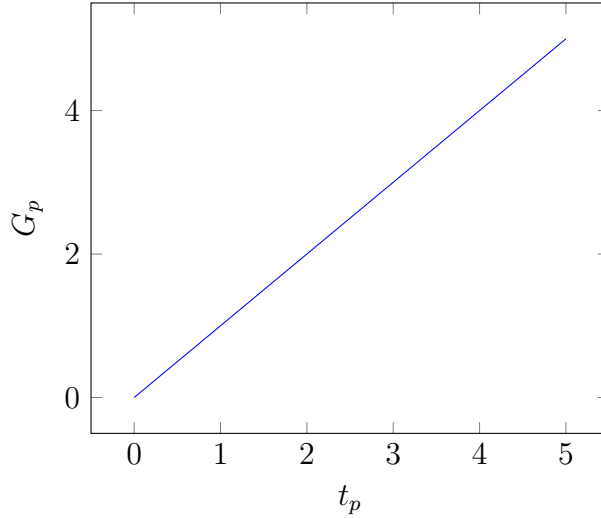
Variável	Definição	Unidades
G_p	Grau de potencial	-
C_p	Capacidade de processamento	-
t_p	Tempo de processamento	s
V_p	Velocidade de processamento	$lotes/s$

Quanto menor o grau de potencial melhor é a opção. Assim, uma máquina escolhe sempre a máquina da fase seguinte com menor grau de potencial. Um menor grau de potencial significa menor tempo de processamento de um lote e este é o objectivo da unidade fabril. Desta forma, o grau de potencial é inversamente proporcional à capacidade de processamento (observável em baixo) e diretamente proporcional ao tempo de processamento (declive da reta é igual a C_p^{-1} , observável em baixo).

Varição do grau de potencial em relação à capacidade de processamento



Varição do grau de potencial em relação ao tempo de processamento



O grau de potencial impede que uma máquina com maior capacidade e velocidade seja sobrecarregada com lotes para processar enquanto que as outras permanecem desocupadas.

2.1.2 AGV

Os AGV's (*Automated Guided Vehicles*) vão estar espalhados pelo espaço físico da fábrica, navegando pelo sistema para os sítios onde são necessários. Efetuam negociações diretas com as máquinas que requerem transporte. Todos os AGV's conhecem as localizações de todas as máquinas desde o início da simulação.

A estação de carregamento de AGV é uma posição física no espaço fabril onde os drones vão para recarregarem a sua bateria. Após um tempo de carregamento no qual o drone está parado na estação, a sua autonomia volta ao valor máximo. Enquanto este se encontra na estação, está indisponível para fazer entregas. Um AGV apenas pode ir à estação recarregar quando não puder fazer qualquer outro deslocamento sem ficar sem bateria.

As variáveis que cada AGV tem de ter em conta são as expressadas a seguir:

Capacidade de carga - Número de lotes que um AGV consegue carregar;

Autonomia - Quantidade de bateria ainda disponível;

Localização - Coordenadas da localização do AGV em cada momento;

Queue de pedidos - Queue com os pedidos assignados ao AGV em questão.

A queue de um AGV guarda por ordem os pedidos de transporte que lhe foram atribuídos. Um pedido tem maior prioridade porque foi requerido primeiro. Ao receber um pedido, um AGV analisa primeiro se a sua carga atual ainda lhe permite adicionar a carga pedida. Se pode suportar a carga, então o AGV responde à máquina requerente com o custo total de cumprir o pedido tendo em conta que os pedidos da queue têm maior prioridade. O cálculo do custo é feito através da fórmula 3.

$$C = \frac{A - d_T}{nr_{pedidos}} \quad (3)$$

Tabela 2: Variáveis presentes na equação 3.

Variável	Definição	Unidades
C	Custo	-
A	Autonomia do AGV no momento da receção do pedido	-
d_T	Distância total percorrida pelo AGV	m
d_e	Distância desde o último ponto do trajecto até à estação de carregamento	m
$nr_{pedidos}$	Número de pedidos satisfazidos pelo AGV	-

Um pedido é impossível de ser satisfeito por um AGV se $A - d_T < d_e$. Caso $A - d_T \geq d_e$, o pedido é válido. O AGV faz o cálculo do custo para todos os trajetos possíveis tendo em conta os pedidos da queue e os novos pedidos. O objectivo é maximizar o número de pedidos satisfazidos e minimizar o custo total. Assim, o custo comunicado à máquina que requiere o transporte é o menor encontrado pelo AGV que satisfaz esse pedido. A máquina escolhe o AGV que lhe comunicar o menor custo de todos.

Movimento no sentido negativo Pode acontecer o caso de um AGV receber um pedido de uma máquina que se encontra numa posição que implique ao mesmo andar para um lado contrário ao que ele se dirigia. Um AGV avalia apenas a possibilidade de andar no sentido negativo se a localização da máquina se encontrar dentro de um raio com diâmetro igual à distância entre o AGV e o próximo destino na sua queue.

FAZER GIF PARA EXPLICAR ISTO

2.2 Objectivos

O maior objectivo inerente a esta simulação é o de verificar a possibilidade de automação de uma unidade fabril por forma a diminuir a interação humana o mínimo possível e visando obter a maior eficiência possível na produção. Do ponto de vista da aplicação de agentes o ponto mais evidente é a observação da comunicação e do comportamento de e entre agentes máquina e AGV. Para além disto, um dos objectivos é a aplicação dos protocolos de negociação abordados na unidade curricular.

Será assumido na simulação que é do interesse da fábrica obter a maior eficiência possível na sua linha de produção. Isto significa que todas as escolhas de agentes terão em vista obter uma maior produtividade.

2.3 Avaliação dos resultados

Os resultados serão avaliados através da construção de estatísticas das seguintes variáveis:

1. Tempo médio de processamento dos lotes¹;
2. Intervalo médio de negociação máquina-máquina;
3. Intervalo médio de negociação máquina-AGV;
4. Número de lotes processados dentro do tempo limite.

Pretende-se comparar cenários com elevado número de máquinas e AGV's contra reduzido número dos mesmos. Pretende-se também testar cenários com variadas máquinas da mesma fase com capacidade e velocidade de processamento totalmente diferentes. Um cenário a explorar será um com opções de máquinas da mesma fase com elevada capacidade e reduzida velocidade e vice-versa.

Pretende-se ainda fazer uma análise comparativa entre cenários da quantidade de lotes processados num determinado intervalo de tempo estabelecido.

2.4 Resultados esperados

Espera-se que o sistema tenha uma boa performance para situações baseadas no mundo real (unidades de produção médias e grandes). Antecipa-se que o intervalo de negociação máquina-AGV seja maior do que o tempo de negociação máquina-máquina devido à necessidade de cálculo de todos os caminhos possíveis.

Espera-se que em certos cenários a execução se torne mais lenta. Considera-se que os fatores que mais podem influenciar o tempo de execução são os seguintes:

1. Número exagerado de máquinas e de AGV's no cenário;
2. Grande afluência de pedidos praticamente ou totalmente simultâneos.

¹Um lote é considerado processado depois de ter passado por todas as fases de produção.

3 Ferramentas

3.1 Explicação das plataformas a usar

JADE e SAJAS

3.1.1 Características principais

3.1.2 Funcionalidades Relevantes

4 Sistema

4.1 Identificação e caracterização dos agentes

Máquinas e AGV's. As máquinas processam lotes e os AGV tratam do transporte destes. Quando uma máquina acaba o processamento, deverá negociar com uma nova máquina o transporte da peça que deverá ser feito pelos AGV.

4.2 Interação entre agentes

As máquinas processam os lotes/peças e comunicam com as outras máquinas a próxima fase. Após decidirem qual deverá ser a próxima máquina a processar as peças devem comunicar com os AGV disponíveis o transporte entre a máquina atual e a seguinte no processo.

4.3 Faseamento

Prevê-se que o projeto seja desenvolvido segundo as fases especificadas em baixo.

1. Desenvolvimento dos agentes máquina;
2. Implementação do protocolo de negociação máquina-máquina;
3. Desenvolvimento dos agentes AGV;
4. Implementação do protocolo de negociação máquina-AGV;
5. Simulação de variados cenários;
6. Avaliação e comparação estatística dos resultados.

5 Conclusões

Referências