





Enunciado do trabalho de Modelagem, Análise e Controle de Sistemas a Eventos Discretos, parte I

Considere a tarefa em que um conjunto de r robôs, a partir de uma dada posição pré-determinada, deve visitar ao menos uma vez p células de um grid $m \times n$, contendo q obstáculos, em posições desconhecidas, mas fixas durante toda a tarefa e t obstáculos móveis (que só podem ser empurrados, mas não puxados pelos robôs).

Os robôs conhecem *a priori* os valores de p , m , n e r (mas não os valores de q e t), podem se comunicar ao longo de todo o trajeto, conseguem determinar sua posição (x,y) no grid, são capazes de detectar obstáculos e a presença de robôs em células adjacentes (células que compartilham uma aresta com a célula em que o robô se encontra) e só podem se mover para células adjacentes (ou seja, não se permitem movimentos diagonais).

Pede-se:

- 1) Para a configuração dada pela Figura 1, em que $m = n = 5$, $p = 3$, $q = 5$, $t = 4$ e $r = 1$, modele em FIACRE a movimentação livre do robô e analise as seguintes propriedades do modelo por meio de *model-checking* no TINA:
 - a) Existe uma solução para tarefa?
 - b) É possível visitar as p células em quaisquer ordens (ou seja, $p_1-p_2-p_3$, $p_3-p_2-p_1, \dots$)?
 - c) É possível que o robô volte à sua posição inicial, após ter visitado as três células, sem passar duas vezes por uma mesma célula (a menos, obviamente, da célula de onde partiu)? Caso não seja possível, qual é o menor número de células que precisam ser revistadas para que haja uma solução?
 - d) Qual o menor número de passos necessários para o robô completar a tarefa?
- 2) Modele em FIACRE a restrição de que um robô só visita uma célula já visitada (seja por ele, seja por outro robô, para o caso em que $r > 1$), caso não haja nenhuma célula adjacente à sua atual que não tenha sido visitada. Componha esta restrição com o modelo livre que você obteve em (1), analise por *model-checking* as mesmas propriedades do exercício anterior e, ainda, a seguinte:
 - a) O robô inevitavelmente visita as três células requeridas a partir da condição inicial?
 - b) Compare o tamanho do espaço de estados obtido neste item com aquele obtido no item (1).
Comente.
- 3) Considere o caso em que $r = 2$, sendo a posição inicial do segundo robô no grid $(x_0, y_0) = (2, 5)$. Analise as propriedades abaixo por meio de *model-checking* e comente os resultados obtidos.
 - a) Qual o menor número de passos para os robôs completarem a tarefa (entenda esse número como $\max\{\text{número de passos de } r_1, \text{número de passos de } r_2\}$)?
- 4) Um engenheiro programa ambos os robôs, de modo a, além de respeitar prioritariamente a restrição em (2), satisfazer ainda a seguinte especificação: “sejam (x_1, y_1) e (x_2, y_2) as posições atuais no grid dos robôs 1 e 2, respectivamente. Se $x_1 < x_2$ ($x_2 < x_1$), então o robô 1 (robô 2) dá preferência para deslocamentos no grid que diminuam x_1 (x_2) no estado seguinte. A mesma estratégia é válida para y_i ”. Modele a restrição em FIACRE, repita as análises em (3) e compare os resultados.
- 5) Repita os exercícios (3) e (4) para a configuração apresentada na Figura 2.
- 6) Que outras restrições você incluiria, a fim de obter uma solução que garanta que, para todos os caminhos, os robôs completarão a tarefa para qualquer configuração de um grid 5×5 que permita uma solução? Modele-as e analise, usando *model-checking*, para as configurações dadas pelas figuras 1 e 2 e para uma terceira configuração proposta por você (e que seja “interessante!”).
- 7) Como você avalia a solução encontrada para o item (6), com relação ao número de passos (de ambos os robôs) necessários para completar a tarefa? Faça uma comparação entre o número de passos médio (média entre todos os caminhos) aqui obtido com o menor número de passos encontrado no item 3-d.

-  robô
-  célula-alvo
-  obstáculo fixo
-  obstáculo móvel









			X	X
	C	C		
C			C	X
		X		
X				

Ilustração 1: Configuração do grid para os exercícios 1, 2 e 3.

-  robô
-  célula-alvo
-  obstáculo fixo
-  obstáculo móvel






	X	X		X
		C		
X			C	C
		X		
X				

Ilustração 2: Configuração do grid para o exercício 4.