

## ANÁLISE E PROJETO DE SISTEMAS DE CONTROLE COOPERATIVOS MULTIAGENTES

Giuliana N. T. Mandolesi\*, Paulo A. V. Ferreira

### Resumo

O projeto aborda o controle cooperativo de múltiplos sistemas dinâmicos interconectados por uma rede de comunicação, fundamental para efetivar a cooperação. O objetivo era projetar estratégias locais de controle baseadas em consenso para que cada sistema de uma rede alcance um mesmo estado, inicialmente desconhecido.

### Palavras-chave:

controle cooperativo, problema do consenso, protocolos de comunicação.

### Introdução

O problema clássico de controle consiste em determinar um controlador que controle um sistema dinâmico, ao mesmo tempo em que garante o atendimento de especificações de desempenho formuladas<sup>1</sup>.

O projeto aborda o controle cooperativo de múltiplos sistemas dinâmicos interconectados por uma rede de comunicação, que tem ganhado destaque em pesquisas recentes relacionadas a sistemas de controle devido às suas inúmeras aplicações envolvendo robôs móveis, veículos aéreos não tripulados (UAVs), sistemas multi-veículos e redes de sensores, entre outros<sup>2</sup>.

Neste, cada sistema é caracterizado pelo estado da sua dinâmica e o problema consiste em projetar protocolos distribuídos que garantam consenso (ou sincronismo), no sentido de que todos os estados de todos os sistemas eventualmente atinjam um mesmo valor<sup>3</sup>.

Em geral, as restrições impostas pelo fluxo de informação entre os sistemas tornam árdua a tarefa de sincronizar controladores, sendo comum observar-se comportamentos mais complexos em sistemas multiagentes em grafos do que nos de controle clássicos<sup>3</sup>.

### Resultados e Discussão

Primeiramente, foram estudadas as topologias dos grafos. Para isso, foram utilizados grafos. Estes são estruturas compostas por vértices e arestas utilizadas para modelar e analisar redes de comunicação. Um grafo pode ser descrito como um par  $G = (V, E)$ , com  $V = \{v_1, \dots, v_N\}$  sendo um conjunto de  $N$  nós (ou vértices)  $v_i$  e  $E = \{(v_i, v_j)\}, v_i, v_j \in V$  o conjunto de arcos (ou arestas)  $(v_i, v_j)$  que conectam o nó  $v_i$  (origem) em  $v_j$  (destino). Cada aresta representa o fluxo de informações entre dois nós, também chamados de agentes, que representam sistemas dinâmicos da rede modelada.

Representando os grafos pelas suas respectivas matrizes de adjacência e Laplacianas, foram estudadas 9 redes de comunicação distintas, relacionando comportamentos observados com a teoria algébrica de grafos e então, os estudos foram expandidos para sistemas dinâmicos, adentrando-se à ideia de controle distribuído e de problema de consenso.

A estratégia de controle cooperativo abordada consiste em desenvolver um protocolo de controle descentralizado que garanta a convergência de todos os sistemas dinâmicos a um mesmo estado, conhecido como valor de consenso, que pode ser definido como um objetivo comum entre todos os integrantes do grupo.

Este controle, portanto, somente é possibilidade através da interação de agentes com seus vizinhos. Para o escopo deste projeto, foi considerado que o estado esteja atrelado à informação pura, e portanto, à uma dinâmica de primeira ordem, para implementação de um protocolo de controle local básico. Novamente, foi utilizada a Teoria Algébrica dos Grafos para o estudo e a análise do consenso para sistemas dinâmicos.

Por último, foi determinado um líder para cada rede analisada, que realizará uma trajetória de referência e os demais agentes devem manter uma determinada posição relativa em relação ao líder.

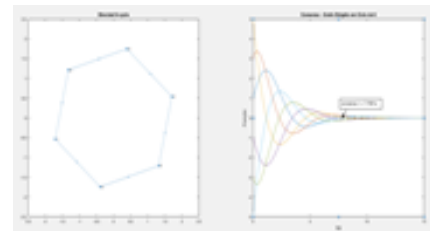


Figura 1. Grafo e Gráfico de Consenso de uma Rede

### Conclusões

Na análise, ficou clara a forte relação entre a autoestrutura e o fluxo de informações permitido. Também foi vista a forte influência de ambos no comportamento do grupo para atingir o consenso. De forma geral, foi revelada a relação entre o feedback local e propriedades de sincronia globais e estabilidade, baseadas em restrições da comunicação entre os agentes.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento de uma bolsa de estudos para a realização da pesquisa.

<sup>1</sup> Zhou, K., Qiu, L., Introduction to Feedback Control, Prentice-Hall, 2007

<sup>2</sup> Cruz, D., McClintock, J., Perteet, B., Orqueda, O., Cao, Y., Fierro, R., Decentralized cooperative control – a multivehicle platform for research in networked embedded systems, IEEE Control Systems Magazine, 27 (3), pp. 58–78, 2007.

Defoort, M., Floquet, T., Kokosy, A., Perruquetti, W., Sliding-mode formation control for cooperative autonomous mobile robots, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55 (11), pp. 3944–3953, 2008.

<sup>3</sup> Lewis, F.L., Zhang, H., Hengster-Movric, K., Das, A., Cooperative Control of Multi-Agent Systems – Optimal and Adaptive Design Approaches, Springer, 2014