

Estratégias de Decomposição para Otimização e Controle de Sistemas Dinâmicos – Aplicações ao Carregamento de Veículos Elétricos

Orientador: Eduardo Camponogara
Coorientador: Helton Fernando Scherer

29 de junho de 2018

1 Informações Gerais

- **Áreas de concentração:** otimização, sistemas dinâmicos, controle preditivo
- **Início:** Agosto/2018.
- **Previsão de término:** Dezembro/2019.
- **IMPORTANTE:** caso o candidato tenha interesse, poderá realizar vídeo-conferência com o orientador que se encontra nos EUA até o fim de julho.

2 Objeto da Pesquisa

Diversos sistemas encontrados na indústria e sociedade emergem da interconexão de subsistemas dinâmicos que compartilham recursos limitados [12, 13]. Sistemas representativos incluem o carregamento de baterias de veículos elétricos em estações (ver Figura 1) e a distribuição de fluido de refrigeração em edifícios, entre outros. Duas classes de estratégias para operação de tais sistemas são o controle centralizado [4] e o descentralizado [10]. Embora o controle descentralizado seja rápido e escalável, a falta de coordenação entre as unidades distribuídas (e.g., veículos elétricos e unidades de refrigeração) pode acarretar baixo desempenho e até mesmo infactibilidade das operações. Por outro lado, o controle centralizado é capaz de levar a um desempenho ótimo, porém o custo computacional pode se tornar elevado e a abordagem monolítica se torna inflexível [9, 11].

Esta dissertação de mestrado se propõe a estudar abordagens que combinam as características de controle descentralizado e centralizado, com ênfase em estratégias de decomposição que viabilizam o controle hierárquico (ver Figura [?]). A motivação advém de uma estrutura de coordenação simples e o potencial de computações paralelas, utilizando arquiteturas computacionais multi-core ou distribuídas. As aplicações irão se concentrar no controle de subsistemas com dinâmicas desacopladas, mas que compartilham recursos limitados como energia elétrica, fluidos ou capacidade de processamento.



Figura 1: Estação de carregamento de veículos elétricos.

Hierarchical Architecture

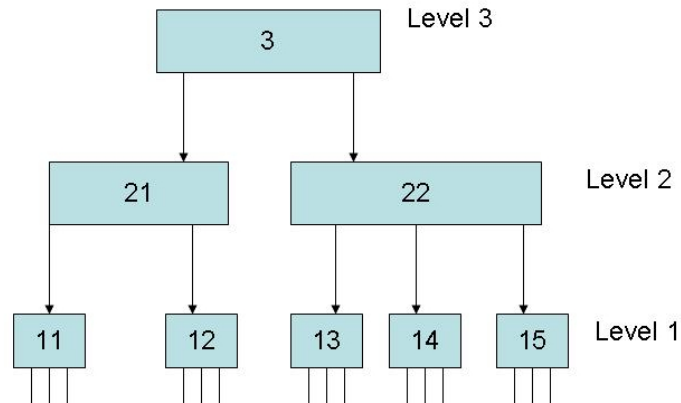


Figura 2: Estação de carregamento de veículos elétricos.

2.1 Objetivos

A presente dissertação busca desenvolver e aplicar metodologias de decomposição para otimização e controle de sistemas dinâmicos com restrições de recursos. A pesquisa tem os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e implementar modelos dinâmicos para carregamento de baterias de veículos elétricos.
- Propor problemas de otimização e controle para carregamento ótimo de baterias em estações, considerando restrições de recursos limitados e dinâmica independente de baterias.
- Propor, implementar e testar estratégias de decomposição para controle ótimo do carregamento de baterias considerando metodologias tais como otimização de dois níveis [6], decomposição Lagrangeana [7] e decomposição de Benders [1].

3 Metodologia

O plano de estudos compreende a realização de algumas disciplinas especializadas, são elas:

1. DAS-410048 - Otimização Convexa, 2 créditos.
2. DAS-410066 - Controle Preditivo, 2 créditos.

O plano de atividades para a execução do projeto está delineado abaixo:

1. Fundamentação em otimização matemática e algoritmos com a realização da disciplinas de “Otimização Convexa,” estudo de capítulos de livros [3] e artigos especializados [1, 2, 6, 7].
2. Fundamentação em controle preditivo com a realização da disciplina de “Controle Preditivo” e estudo individual da literatura [4].
3. Identificação na literatura técnica de modelo dinâmico de carregamento de baterias e montagem de sistema dinâmico de estação de carregamento [8, 14].
4. Implementação de estratégias hierárquicas para controle preditivo do carregamento de baterias, considerando metodologias de decomposição.
5. Simulação e avaliação das metodologias de decomposição [5].
6. Redação de artigo científico.
7. Redação da dissertação.
8. Defesa da dissertação.

3.1 Ferramentas

As seguintes ferramentas computacionais poderão ser empregadas:

- Software Matlab para computação científicas (Simulink, Toolbox de Otimização).
- Linguagem Julia e Python.
- Linguagem de modelagem algébrica AMPL, Pyomo e GAMS.
- Pacote de otimização disponíveis no servidor do laboratório: CPLEX, CONOPT, SCIP, Gurobi, Knitro e Baron.

3.2 Cooperação

O projeto irá contar com a participação do Dr. Helton Scherer, pesquisador associado ao Parque Tecnológico Itaipu (<https://www.pti.org.br/>), na parte de modelagem de veículos elétricos, baterias e controle.

4 Cronograma

O cronograma de atividades está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Cronograma de Atividades

Atividade (Mês)	2018					2019											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	x	x	x	x	x												
2	x	x	x	x	x												
3				x	x	x	x	x	x								
4							x	x	x	x	x	x	x				
5												x	x	x	x		
6												x	x	x	x		
7													x	x	x	x	
8													x	x	x	x	x

Bibliografia de Referência

- [1] J. F. Benders. Partitioning procedures for solving mixed-variables programming problems. *Numerische Mathematik*, 4(3):238–252, 1962.
- [2] S. Boyd, N. Parikh, E. Chu, B. Peleato, and J. Eckstein. Distributed optimization and statistical learning via the alternating direction method of multipliers. *Foundations and Trends in Machine Learning*, 3(1):1–122, 2011.
- [3] S. Boyd and L. Vandenberghe. *Convex Optimization*. Cambridge University Press, 2004.
- [4] E. F. Camacho and C. Bordons. *Model Predictive Control*. Springer-Verlag, 2004.
- [5] Eduardo Camponogara. Hierarchical approaches for MPC of resource constrained control systems with applications to building energy management. Technical report, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 2018.
- [6] Benoit Colson, Patrice Marcotte, and Gilles Savard. An overview of bilevel optimization. *Annals of Operations Research*, 153(1):235–256, 2007.
- [7] Monique Guignard and Siwhan Kim. Lagrangean decomposition: A model yielding stronger lagrangean bounds. *Mathematical Programming*, 39(2):215–228, 1987.
- [8] R. C. Kroeze and P. T. Krein. Electrical battery model for use in dynamic electric vehicle simulations. In *IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pages 1336–1342, June 2008.
- [9] R. R. Negenborn, B. De Schutter, and J. Hellendoorn. Multi-agent model predictive control for transportation networks: serial versus parallel schemes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(3):353–366, 2007.
- [10] N. R. Sandell, P. Varaiya, M. Athans, and M. G. Safonov. Survey of decentralized control methods for large scale systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 23:108–128, 1978.

- [11] Riccardo Scattolini. Architectures for distributed and hierarchical model predictive control – a review. *Journal of Process Control*, 19(5):723–731, 2009.
- [12] H. Scherer, J. D. Álvarez, J. L. Guzmán, E. Camponogara, and J. Normey-Rico. Efficient building energy management using distributed model predictive control. *Journal of Process Control*, 24:740–749, 2013.
- [13] H. Scherer, E. Camponogara, J. Normey-Rico, J. D. Álvarez, and J. L. Guzmán. Distributed MPC for resource-constrained control systems. *Optimal Control Applications and Methods*, 36:272–391, 2015.
- [14] Hui Zhang, Dongpu Cao, and Haiping Du, editors. *Modeling, Dynamics and Control of Electrified Vehicles*. Woodhead Publishing, 2018.