

Proposta de tema de mestrado:

Diagnóstico de falhas de Sistemas a Eventos Discretos modelados por redes de Petri

Professor: Felipe Gomes de Oliveira Cabral

28 de junho de 2019

1 Objetivo

Esta proposta de tema de mestrado tem como objetivo a investigação de métodos de diagnóstico de falhas de Sistemas a Eventos Discretos (SEDs) modelados por redes de Petri. As abordagens mais comuns encontradas na literatura consideram que a marcação de um conjunto de lugares é observada ou que um conjunto de transições são observadas. Neste trabalho, o objetivo é desenvolver um método de diagnóstico de falhas para sistemas modelados por redes de Petri com base na estrutura da rede que modela o sistema original.

2 Justificativa

Diversos trabalhos sobre diagnóstico de falhas em SEDs têm sido publicados nos últimos anos [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Em [8], onde uma revisão sobre métodos de diagnóstico de falhas em SEDs é feita, estima-se que mais de 12% dos trabalhos publicados nos principais congressos (Workshop on Discrete Event Systems e Workshop on Dependable Control of Discrete Systems - WODES e DCDS) e revista (Journal of Discrete Event Dynamic Systems - JDEDS) da área de SEDs são no tema de diagnóstico de falhas. Nesses trabalhos, sistemas modelados tanto por autômatos quanto por redes de Petri são considerados.

Para o caso em que SEDs são modelados por redes de Petri, é possível classificar as abordagens para o diagnóstico de falhas entre as que consideram que a marcação de determinados lugares é observada [15, 16, 17, 18, 19], e as que são desenvolvidas considerando-se que um conjunto de transições é observável [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]. A forma mais simples de se construir um diagnosticador para sistemas modelados por redes de Petri é calcular o grafo de alcançabilidade da rede e, em seguida, calcular um diagnosticador. É importante observar que, nesse caso, o modelo em rede de Petri é substituído por um modelo em autômato correspondente. Com o objetivo de se evitar essa conversão para o diagnóstico, em [20, 26, 27, 28] o cálculo de um observador de estado que não requer a construção completa do grafo de alcançabilidade é proposto. Para tanto, o conceito de marcação de base é introduzido, que consiste em um subconjunto do espaço de alcançabilidade.

Além desses trabalhos, recentemente uma tese de doutorado [29] foi defendida no tema de diagnóstico de falhas de SEDs modelados por redes de Petri rotuladas acíclicas. O diagnóstico é realizado resolvendo-se um conjunto de desigualdades. Embora esse método possa ser usado para o diagnóstico de redes de Petri em que mais de uma transição é rotulada pelo mesmo evento, sua aplicação é limitada a redes de Petri acíclicas.

3 Descrição do trabalho

Nesta proposta de tema de mestrado, objetiva-se investigar o diagnóstico de falhas de sistemas modelados por redes de Petri em que um conjunto de transições são observáveis. A ideia é procurar desenvolver um método de diagnóstico de falhas que use a estrutura do modelo em redes de Petri para o cálculo do diagnosticador, evitando-se, assim, a resolução de problemas de programação linear inteira, grafos de alcançabilidade ou marcações base.

Espera-se desenvolver um diagnosticador para uma classe de sistemas modelados por redes de Petri que seja mais abrangente do que redes de Petri acíclicas. Dessa forma, a aplicação em uma gama maior de sistemas e com menor complexidade computacional que outras técnicas propostas na literatura é esperada. O trabalho de mestrado será desenvolvido partindo-se do método apresentado em [11] com o objetivo de estender os resultados para sistemas modelados por redes de Petri, identificando-se as possíveis correlações e adaptando-se para esse formalismo.

4 Etapas do trabalho

1. Estudo da bibliografia de diagnóstico de falhas em SEDs modelados por autômatos e redes de Petri;
2. Estudo do método de diagnóstico de falhas apresentado em [11];
3. Proposta de aplicação do método de [11] para uma classe de redes de Petri;
4. Extensão dessa aplicação para uma classe mais abrangente de redes de Petri;
5. Comparativo entre a proposta desenvolvida e outros métodos propostos da literatura;
6. Escrita de artigo científico e dissertação de mestrado.

Referências

- [1] M. Sampath, R. Sengupta, S. Lafortune, K. Sinnamohideen, and D. Teneketzis, “Diagnosability of discrete-event systems,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 40, no. 9, pp. 1555–1575, 1995.
- [2] R. Debouk, S. Lafortune, and D. Teneketzis, “Coordinated decentralized protocols for failure diagnosis of discrete event systems,” *Discrete Event Dynamic Systems: Theory and Applications*, vol. 10, no. 1, pp. 33–86, 2000.
- [3] R. Debouk, R. Malik, and B. Brandin, “A modular architecture for diagnosis of discrete event systems,” in *41st IEEE Conference on Decision and Control*, Las Vegas, Nevada USA, 2002, pp. 417–422.
- [4] O. Contant, S. Lafortune, and D. Teneketzis, “Diagnosability of discrete event systems with modular structure,” *Discrete Event Dynamic Systems: Theory And Applications*, vol. 16, no. 1, pp. 9–37, 2006.

- [5] Y. Wang, T.-S. Yoo, and S. Lafortune, “Diagnosis of discrete event systems using decentralized architectures,” *Discrete Event Dynamic Systems: Theory And Applications*, vol. 17, pp. 233–263, 2007.
- [6] W. Qiu and R. Kumar, “Distributed diagnosis under bounded-delay communication of immediately forwarded local observations,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, vol. 38, no. 3, pp. 628–643, 2008.
- [7] R. Kumar and S. Takai, “Inference-based ambiguity management in decentralized decision-making: Decentralized diagnosis of discrete-event systems,” *IEEE Trans. on Automation Science and Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 479–491, 2009.
- [8] J. Zaytoon and S. Lafortune, “Overview of fault diagnosis methods for discrete event systems,” *Annual Reviews in Control*, vol. 37, no. 2, pp. 308–320, 2013.
- [9] K. W. Schmidt, “Verification of modular diagnosability with local specifications for discrete-event systems,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 43, no. 5, pp. 1130–1140, 2013.
- [10] C. Keroglou and C. N. Hadjicostis, “Distributed diagnosis using predetermined synchronization strategies,” in *Proceedings of 53rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC)*, Los Angeles, CA, USA, 2014, pp. 5955–5960.
- [11] F. G. Cabral, M. V. Moreira, O. Diene, and J. C. Basilio, “A Petri net diagnoser for discrete event systems modeled by finite state automata,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 60, no. 1, pp. 59–71, 2015.
- [12] F. G. Cabral, M. V. Moreira, and O. Diene, “Online fault diagnosis of modular discrete-event systems,” in *54th Conference on Decision and Control (CDC)*, Osaka, Japan, 2015, pp. 4450–4455.
- [13] F. G. Cabral and M. V. Moreira, “Synchronous codiagnosability of modular discrete-event systems,” in *20th World Congress of the International Federation of Automatic Control (IFAC)*, Toulouse, France, 2017, pp. 6831–6836.
- [14] M. V. Moreira and J.-J. Lesage, “Discrete event system identification with the aim of fault detection,” *Discrete Event Dynamic Systems*, pp. 1–19, 2019.
- [15] J. Prock, “A new technique for fault detection using petri nets,” *Automatica*, vol. 27, no. 2, pp. 239–245, 1991.
- [16] Y. Wu and C. N. Hadjicostis, “Algebraic approaches for fault identification in discrete-event systems,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 50, no. 12, pp. 2048–2055, 2005.
- [17] P. Miyagi and L. Riascos, “Modeling and analysis of fault-tolerant systems for machining operations based on petri nets,” *Control Engineering Practice*, vol. 14, no. 4, pp. 397–408, 2006.
- [18] D. Lefebvre and C. Delherm, “Diagnosis of des with petri net models,” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 114–118, 2007.

- [19] A. Ramirez-Trevino, E. Ruiz-Beltran, I. Rivera-Rangel, and E. Lopez-Mellado, “On-line fault diagnosis of discrete event systems. a Petri net-based approach,” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 31–39, 2007.
- [20] A. Giua, C. Seatzu, and D. Corona, “Marking estimation of Petri nets with silent transitions,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 52, no. 9, pp. 1695–1699, 2007.
- [21] S. Genc and S. Lafortune, “Distributed diagnosis of place-bordered petri nets,” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 206–219, 2007.
- [22] F. Basile, P. Chiacchio, and G. De Tommasi, “An efficient approach for online diagnosis of discrete event systems,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 54, no. 4, pp. 748–759, 2009.
- [23] A. Benveniste, E. Fabre, S. Haar, and C. Jard, “Diagnosis of asynchronous discrete-event systems: a net unfolding approach,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 48, no. 5, pp. 714–727, 2003.
- [24] M. Dotoli, M. P. Fanti, A. M. Mangini, and W. Ukovich, “On-line fault detection in discrete event systems by petri nets and integer linear programming,” *Automatica*, vol. 45, no. 11, pp. 2665–2672, 2009.
- [25] M. P. Cabasino, A. Giua, M. Pocci, and C. Seatzu, “Discrete event diagnosis using labeled petri nets. an application to manufacturing systems,” *Control Engineering Practice*, vol. 19, no. 9, pp. 989–1001, 2011.
- [26] M. P. Cabasino, A. Giua, and C. Seatzu, “Fault detection for discrete event systems using Petri nets with unobservable transitions,” *Automatica*, vol. 46, pp. 1531–1539, 2010.
- [27] —, “Diagnosis using labeled Petri nets with silent or undistinguishable fault events,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 43, no. 2, pp. 345–355, 2013.
- [28] M. P. Cabasino, A. Giua, A. Paoli, and C. Seatzu, “Decentralized diagnosis of discrete event systems using labeled Petri nets,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 43, no. 6, pp. 1477–1485, 2013.
- [29] P. R. Paiva, “Diagnose online de sistemas a eventos discretos modelados por redes de Petri rotuladas acíclicas,” in *Tese de doutorado*, Programa de Engenharia Elétrica (PEE) - COPPE-UFRJ, 2019.