Proposta de tema de mestrado:

Protocolos de comunicação para diagnóstico síncrono de falhas distribuído de sistemas a eventos discretos modelados por autômatos

Orientador: Felipe Gomes de Oliveira Cabral

29 de junho de 2018

1 Objetivo

O objetivo deste trabalho de mestrado é a investigação de protocolos de comunicação entre diagnosticadores locais de sistemas a eventos discretos modelados por autômatos finitos. Os protocolos de comunicação serão desenvolvidos no contexto do diagnóstico síncrono distribuído, em que diagnosticadores locais podem trocar informação a respeito da ocorrência de eventos e estimativa de estados. Os diagnosticadores locais são calculados com base nos modelos dos componentes do sistema com o objetivo de evitar o crescimento exponencial do número de estados da planta.

2 Justificativa

Os modelos em autômatos de sistemas a eventos discretos (SEDs) têm um crescimento do número de estados de ordem exponencial em relação ao número de componentes do sistema. Portanto, uma solução de diagnóstico de falhas que evite esse crescimento é fundamental para as soluções automatizadas de alta complexidade. É nesse contexto que, recentemente, surge a proposta do diagnóstico síncrono de falhas de SEDs modelados por autômatos de estados finitos. Embora o crescimento exponencial dos diagnosticadores seja evitado na abordagem de diagnóstico síncrono, o fato dos diagnosticadores serem construídos com base apenas nos modelos dos componentes do sistema faz com que algumas informações de sincronização entre esses modelos possa ser perdida e o diagnóstico seja menos preciso.

Com o objetivo de melhorar o diagnóstico, uma arquitetura distribuída pode ser usada, em que os diagnosticadores locais fazem parte de uma rede e podem transmitir determinados tipos de informação que auxiliem o diagnóstico do sistema. Para tanto, é fundamental o desenvolvimento de protocolos de comunicação que levem em consideração a estrutura da rede, a quantidade e os tipos de informação que podem ser transmitidos entre os diagnosticadores locais. Além disso, se faz necessária a criação de métodos de verificação da diagnosticabilidade dessas técnicas e estruturas que permitam o funcionamento adequado dos diagnosticadores locais sob arquitetura.

3 Descrição do trabalho

Neste trabalho de mestrado, pretende-se conduzir uma pesquisa investigativa sobre os protocolos de comunicação comumente usados na literatura para o diagnóstico de falhas distribuído em SEDs. Diversos trabalhos abordam o problema de diagnóstico de falhas de SEDs em diferentes arquiteturas [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Dentre elas, destaca-se a arquitetura distribuída, em que diagnosticadores locais trocam informações de acordo com um protocolo bem definido com o objetivo de melhorar o diagnóstico desses sistemas [6, 10, 14, 15]. Em alguns trabalhos que abordaram essa arquitetura, os diagnosticadores são calculados com base no modelo completo do sistema [6, 10], cujo tamanho do espaço de estados pode tornar sua aplicação impraticável em situações reais.

Com o objetivo de evitar a construção e implementação de diagnosticadores calculados a partir do modelo completo do sistema, diversos trabalhos na literatura propõem abordagens que exploram os modelos dos componentes do sistema [3, 4, 9, 14, 15]. Ao realizar o diagnóstico de falhas com base nos componentes, a informação relacionada à sincronização de eventos não observáveis é perdida. Com isso, é possível que os diagnosticadores locais gerem falsos positivos ou ainda a falha pode ser não diagnosticável considerando-se

essas abordagens. Com o objetivo de mitigar esse problema, a abordagem chamada de diagnóstico síncrono de falhas em SEDs, em que diagnosticadores locais são construídos com base apenas no comportamento sem falha dos componentes do sistema, foi proposta [12, 13, 16, 17]. Em [12] é mostrado que, com essa abordagem, o diagnóstico síncrono é equivalente ao diagnóstico de um sistema com uma linguagem sem falha maior que a linguagem sem falha real do sistema, o que pode gerar atrasos maiores para o diagnóstico ou tornar sistemas não diagnosticáveis. Por outro lado, como os diagnosticadores locais são construídos com base apenas no comportamento sem falha dos componentes, a linguagem de falha é mantida e não há a possibilidade de falsos alarmes [12, 13].

Mais recentemente, em [17], o diagnóstico síncrono de falhas considerando uma arquitetura distribuída foi proposto. A arquitetura distribuída é particularmente interessante para o diagnóstico síncrono de falhas, uma vez que a informação trocada entre os diagnosticadores locais pode ser utilizada para tornar o diagnóstico mais preciso, compensando a perda de informação relacionada à sincronização por eventos não observáveis. Em [17], uma arquitetura para a implementação do diagnóstico foi proposta e um protocolo específico foi desenvolvido. Entretanto, não é realizada nenhuma comparação com outros protocolos propostos na literatura. A análise de novos protocolos de comunicação aplicados ao diagnóstico síncrono distribuído de falhas pode aumentar a precisão do diagnóstico, podendo aproximá-lo do diagnóstico centralizado sem a complexidade computacional associada a essa arquitetura. Além disso, é possível investigar problemas relacionados à comunicação entre os diagnosticadores, tornando a técnica robusta a determinados problemas de comunicação, evitando-se falsos alarmes ou atrasos de diagnóstico.

Assim, este trabalho de mestrado irá investigar outros protocolos de comunicação em que seja possível aplicar a abordagem de diagnóstico síncrono distribuído de falhas em SEDs, adaptando-se os diagnosticadores locais para que sejam implementados sob esses protocolos. Para tanto, é necessário obter algoritmos que verifiquem a diagnosticabilidade de sistemas sob essas condições e análises comparativas com o objetivo de determinar a eficiência de cada método.

4 Etapas do trabalho

1. Estudo da bibliografia de diagnóstico de falhas em SEDs;
2. Estudo das diferentes arquiteturas de diagnóstico de falhas em SEDs;
3. Estudo dos protocolos utilizados em diagnóstico distribuído de falhas;
4. Proposta de novos protocolos de comunicação;
5. Proposta de diagnosticadores locais para cada tipo de protocolo sugerido;
6. Estudo da diagnosticabilidade do sistema sob cada tipo de estratégia de diagnóstico;
7. Comparativo entre cada protocolo e infra-estrutura de comunicação;
8. Análise dos resultados;
9. Escrita da 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] E. Fabre, A. Benveniste, and C. Jard, “Distributed diagnosis for large discrete event dynamic systems,” in *15th World Congress of the International Federation of Automatic Control*, Barcelona, Spain, 2002, pp. 1–6.
- [15] R. Su and W. M. Wonham, “Global and local consistencies in distributed fault diagnosis for discrete-event systems,” *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 50, no. 12, pp. 1923–1935, 2005.
- [16] F. G. Cabral, M. Z. M. Veras, and M. V. Moreira, “Conditional synchronized diagnoser for modular discrete-event systems,” in *14th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, Madrid, Spain, 2017, pp. 88–97.
- [17] M. Z. M. Veras, F. G. Cabral, and M. V. Moreira, “Distributed synchronous diagnosability of discrete-event systems,” in *14th Workshop on Discrete Event Systems (WODES)*, Sorrento Coast, Italy, 2018, pp. 100–105.