

Controle Preditivo: Formulações e Técnicas para Implementação em Sistemas Embarcados

Proposta de Dissertação de Mestrado

Orientador: Julio Elias Normey Rico

Co-orientador: Daniel Martins Lima

1 Informações Gerais

- **Áreas de concentração:** controle de processos.
- **Local de desenvolvimento:** DAS.
- **Início:** Agosto/2016.
- **Previsão de término:** Fevereiro/2018.
- **Requisitos desejados:** experiência com programação em C/C++, cursado disciplinas na área de otimização e controle de processos, familiaridade com sistemas embarcados e ferramentas de simulação.

2 Objeto da Pesquisa

2.1 Problemática

Controle Preditivo (*Model Predictive Control* - MPC) é uma família de algoritmos de controle avançado que surgiu na empresa Shell [5] na área de óleo e gás e teve grande aceitação na indústria. As pesquisas acadêmicas logo seguiram na área gerando muitos desenvolvimentos importantes [3]. Hoje em dia, esses algoritmos são largamente usados no setor petroquímico, principalmente nas refinarias. Diversas pesquisas têm mostrado que a utilização destes controladores tem permitido melhorar a qualidade da produção industrial [4].

O MPC é um conjunto de métodos de controle que foram desenvolvidos considerando o conceito de predição e a obtenção do sinal de controle através da minimização de uma determinada função objetivo [3]. Esta função considera o erro futuro, o esforço de controle e as restrições nas variáveis de processo e/ou de controle.

No caso em que se considera restrições, o que acontece na maioria das vezes, o tempo necessário para encontrar o sinal de controle para ser aplicado em cada instante de amostragem pode ser considerável em relação ao período de amostragem devido à necessidade de se resolver uma otimização quadrática.

Devido a isso, até alguns anos atrás, a aplicação do MPC se manteve restrita a processos lentos onde o período de amostragem se dá em minutos. Nestes sistemas o MPC é usado em cascata com controladores clássicos PID que controlam as variáveis fundamentais do processo: vazão, temperatura, nível, etc., isto é, os sinais de controle gerados pelo MPC são as referências para os controladores locais.

No entanto, algoritmos MPC poderiam trazer ganhos significativos se fossem utilizados em plantas de menor porte, ou até mesmo diretamente no controle regulatório. Para que isso aconteça, os tempos de cálculo da ação de controle, mesmo com restrições, deveriam ser adequadamente reduzidos.

Atualmente, uma vertente das pesquisas se concentra em MPC explícito [8], onde o problema de otimização é resolvido off-line para um conjunto de estados e os resultados obtidos são então armazenados em memória. Então, durante a execução, para encontrar a ação de controle a ser aplicada, basta utilizar o estado atual como base para encontrar a solução na memória. No entanto, dependendo do tamanho e da formulação do problema, pode ser necessário muita memória para armazenar os resultados.

Outra vertente, foco da atenção deste projeto, mantém a resolução do problema de otimização on-line, mas busca formas de tornar o problema mais fácil de se resolver. Por exemplo, busca-se aplicar métodos de blocagem no horizonte de controle [2], que reduzem o tamanho do problema de otimização e o número de restrições. É possível também modificar o próprio algoritmo de otimização de forma a tirar vantagens das particularidades do MPC [9, 6, 1, 7].

2.2 Objetivos

O objetivo do projeto é estudar maneiras de se formular o problema de controle e implementar uma interface específica para MPC que utiliza bibliotecas de otimização quadrática que leve em conta particularidades do MPC de tal forma que a otimização, que é a parte mais custosa computacionalmente do algoritmo, leve menos tempo. Com isso será possível reduzir o período de amostragem. Desta forma, será possível aplicar o algoritmo em processos rápidos.

Além disso, pretende-se implementar o algoritmo proposto em um sistema embarcado que será testado em um ambiente Hardware-in-the-loop e, posteriormente, numa planta experimental.

3 Metodologia

O plano de trabalho consiste de etapas metodológicas delineadas no sentido de se alcançar os objetivos propostos.

São elas:

1. cursar a disciplinas de otimização e controle preditivo;
2. revisão bibliográfica das formulações que visam diminuir o custo computacional do problema de controle;
3. revisão bibliográfica dos algoritmos de otimização quadráticos existentes;
4. estudo comparativo dos algoritmos de otimização existentes;
5. desenvolvimentos da interface para as bibliotecas de otimização para obtenção de resultados melhores;
6. implementação da estratégia obtida em um hardware embarcado;
7. teste do hardware em um ambiente Hardware-in-the-loop;
8. teste em uma planta experimental;
9. escrita da dissertação; e defesa.

Referências

- [1] BARTLETT, R. A., BIEGLER, L. T., BACKSTROM, J., AND GOPAL, V. Quadratic programming algorithms for large-scale model predictive control. *Journal of Process Control* 12, 7 (2002), 775–795.
- [2] CAGIENARD, R., GRIEDER, P., KERRIGAN, E., AND MORARI, M. Move blocking strategies in receding horizon control. *Journal of Process Control* 17, 6 (2007), 563 – 570.
- [3] CAMACHO, E., AND BORDONS, C. *Model Predictive Control*. Springer, Berlin, 2004.
- [4] CLARKE, D. W., AND MOHTADI, C. Properties of generalized predictive control. *Automatica* 25, 6 (1989), 859–875.
- [5] CUTLER, C., AND RAMAKER, B. Dynamic matrix control—a computer control algorithm.
- [6] GUIGGIANI, A., PATRINOS, P., AND BEMPORAD, A. Fixed-point implementation of a proximal newton method for embedded model predictive control. *IFAC Proceedings Volumes* 47, 3 (2014), 2921–2926.
- [7] PEYRL, H., ZANARINI, A., BESSELMANN, T., LIU, J., AND BOÉCHAT, M.-A. Parallel implementations of the fast gradient method for high-speed mpc. *Control Engineering Practice* 33 (2014), 22–34.

- [8] TØNDEL, P., JOHANSEN, T. A., AND BEMPORAD, A. An algorithm for multi-parametric quadratic programming and explicit {MPC} solutions. *Automatica* 39, 3 (2003), 489 – 497.
- [9] WANG, Y., AND BOYD, S. Fast model predictive control using online optimization. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 18, 2 (March 2010), 267–278.