

외란 예측을 이용한 향상된 DMC

강병삼, 한종훈, 장근수

공정 산업의 지능 자동화 연구센터, 포항 공과 대학교 화학공학과

Improved DMC using disturbance prediction

Byoung Sam Kang, Chong Hun Han, Kun Soo Chang

Automation Research Center, Dept. of Chemical Engineering POSTECH

1. 서론

step response model 을 이용한 DMC 는 이론이 간단하고 MIMO system 으로의 확장이 쉽기 때문에 현장에서 많이 사용되고 있으나 DMC 의 단점은 input 에 disturbance 가 들어있을 때에는 좋은 결과를 가져오지 못한다. [5]

본 연구는 input 에 들어있는 disturbance 를 disturbance horizon 을 이용하여 예측 계산함으로써 DMC 의 단점을 보완할 수 있음을 보여주고 있다.

2. 이론

DMC 에서 사용되는 convolution model 은 두 가지로 표현될 수 있는데 다음과 같이 FSR(Finite Step Response)과 FIR(Finite Impulse Response)으로 표현될 수 있다.

1. FSR

$$\Delta u_i = u_i - u_{i-1}$$

$$y_{n+1} = y_0 + \sum_{i=1}^T a_i \Delta u_{n+1-i}$$

2. FIR

$$h_i = a_i - a_{i-1}$$

$$y_{n+1} = y_0 + \sum_{i=1}^T h_i u_{n+1-i}$$

여기서 T 는 model horizon 이다.

DMC 에서 input disturbance 가 있을 때 performance 가 감소하는 것은 위의 두 가지 model 모두 현재의 disturbance 는 미래에도 똑같이 적용된다[1,2]는 가정하에서 유도되었기 때문이다.

여기서는 미래의 disturbance, d_{t+k} 는 현재(k)에서 t+k-1 까지의 disturbance 의 경향에 의해 predictor 를 이용하여 예측되어 계산될 수 있음을 이용한다. 미래의 disturbance, d_{t+k} 는 과거의 disturbance 를 이용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$d_{k+t} = at^2 + bt + d_k$$

m-step predictor 인 경우 다음 quadratic function 을 최소화하는 a 와 b 는 least square method 를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q = (d_{k+t} - d_k)^2 = \sum_{i=1}^m (a(i\Delta t)^2 + b(-i\Delta t) + d_k - d_{k-i})^2$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^m (y_{k-i} - y_k)(i\Delta t)^2 \sum_{i=1}^m (-i\Delta t)^3 - \sum_{i=1}^m (y_{k-i} - y_k)(-i\Delta t) \sum_{i=1}^m (-i\Delta t)^4}{\left\{ \sum_{i=1}^m (-i\Delta t)^3 \right\}^2 - \left\{ \sum_{i=1}^m (i\Delta t)^2 \sum_{i=1}^m (i\Delta t)^4 \right\}}$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^m (y_{k-i} - y_k)(-i\Delta t) - b \sum_{i=1}^m (i\Delta t)^2}{\sum_{i=1}^m (-i\Delta t)^3}$$

향상된 DMC 의 algorithm 은 다음과 같은 SQP(Sequential Quadratic Program)을 풀면 구할 수 있다.

$$\min_{u(k), \dots, u(k+L-1)} \sum_{i=1}^P (y_{k+i}^P - y_{k+i}^S)^2$$

subject to $u(k) - \Delta U_{\max} \leq u(k) \leq u(k) + \Delta U_{\max}$

$$u(k) = u(k+L-1) \quad \text{for all } k > i+L-1$$

where, L : control horizon

P : prediction horizon

m : disturbance horizon

y_{k+i}^P : process output at $k+i$ th

y_{k+i}^S : set point at $k+i$ th

3. 모사 결과

여기서는 다음과 같은 3 가지 system 에 대해서 step input disturbance 와 ramp input disturbance 를 고려한 모사 결과를 다음 page 의 각 Fig. 1 ~ Fig. 6 에 나타내었다. (Fig. 1, 3, 5 는 step input disturbance 이고 Fig. 2, 4, 6 은 ramp input disturbance 를 고려함)

System 1.

$$G(s) = \frac{Ke^{-s}}{(10s+1)}$$

System 2.

$$G(s) = \frac{Ke^{-s}}{(10s+1)(5s+1)}$$

System 3.

$$G(s) = \frac{Ke^{-s}}{(5s+1)^5}$$

4. 결론

본 연구는 지금까지 DMC 로 다루기 힘들었던 step input disturbance 와 다룰 수 없었던 ramp input disturbance 에 대한 문제를 disturbance horizon 을 이용한 Improved Algorithm 으로 input disturbance 를 극복할 수 있음을 보여주고 있다.

5. 감사의 글

본 연구가 이루어지도록 지능 자동화 센터를 도와주신 한국 과학 재단에 감사드립니다.

6. 참고문헌

1. C. R. Cutler and B. L. Ramaker "Dynamic Matrix Control" Shell Oil Company houston Texas (1979)
2. C. R. Cutler "Dynamic Matrix Control of Imbalanced Systems" ISA tansactions Vol. 21, No.1 (1982)
3. Jacinto L. Marchtti, Duncan A. Mellichamp and Dale E. Seborg "Predictive Control Based on Discrete Convolution Models" Ind. Eng. Process Des. Dev. Vol22. pp. 488-495 (1983)
4. Paul R. Maurath, Duncan A. Mellicamp and Dale E. Seborg "Predictive Controller Design for Single-Input Single Output Systems" Ind. Eng. Chem. Res. Vol. 27 No.6 (1988)
5. P. lundstrom J. H. Lee M. Morari and S. Skogestad "Limitations of Dynamic Matrix Control" Computers chem. Eng. Vol. 19, No. 4 pp. 409-421 (1995)
6. Qi Chenand Willam A. Weigand "Dynamic Optimization of Nonlinear Processes by Combining Neural Net Model with UDMC" AIChE Journal Vol. 40, No. 9 pp.1488-1497 (1994)
7. Calos E. Garcia David M. Prett and Manfred Morari "Model Predictive Control : Theory and Practice - A Survey" Automatica Vol. 25, No. 3. pp. 335-348. (1989)

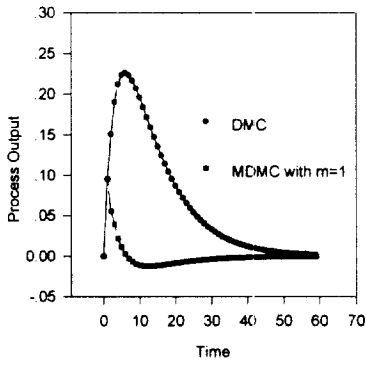


Fig. 1 Step input disturbance for system 1

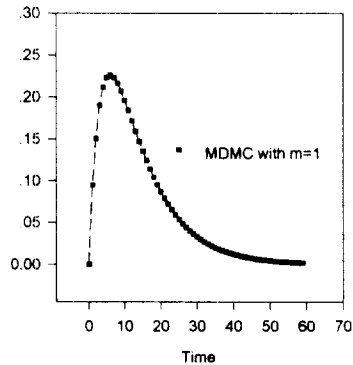


Fig. 2 Step input disturbance for system 1

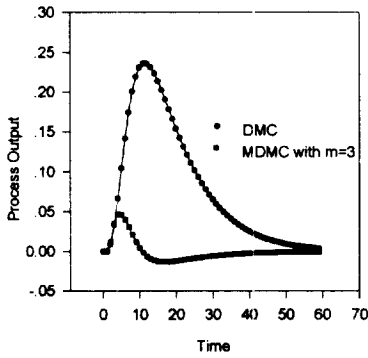


Fig. 3 Step input disturbance for system 2

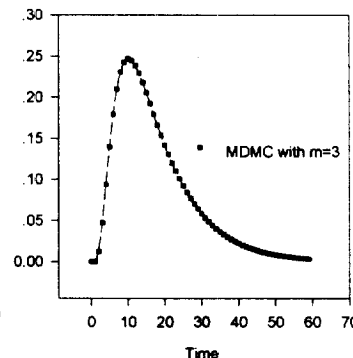


Fig. 4 Step input disturbance for system 2

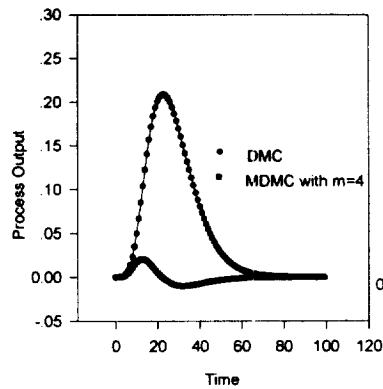


Fig. 5 Step input disturbance for system 3

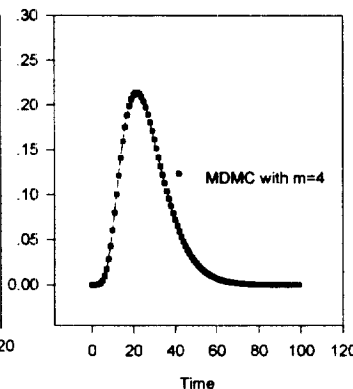


Fig. 6 Ramp input disturbance for system 3