적분공정에의 DMC

강병삼, 한종훈, 장근수
지능자동화 연구센타, 포항공과대학교 화학공학과

DMC for the Integrating Process

Byoung Sam Kang , Jong Hun Han, Kun Soo Chang
Automation Research Center , Dept. of Chemical Engineering POSTECH

1.서론

step-response model을 이용한 DMC는 이론이 간단하고 MIMO system으로의 확장이 쉽기 때문에 현장에서 많이 사용될 수 있으나 DMC의 가장 큰 단점은 오직 open -loop stable process에서만 가능하다는 것이다.[1,2,5]
본 연구에서는 화공시스템에서 나타나는 대표적인 open -loop unstable process인 integrating process를 integrating term을 분석하여 DMC로 구현할 수 있음을 보기로 한다.

2.이론

DMC에서 사용되는 convolution model은 두가지로 표현될 수 있는데 다음과 같이 FSR(Finite Step Response) 과 FIR(Finite Impulse Response) 로 표현될 수 있다.[3]

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 T는 model horizon이다.
integrating process인 경우는 open loop unstable인 경우로 model horizon인 T가 일정하게 정해지지못함을 알 수 있으며 또한 정상 상태에서는 제어입력이 zero가 되어야 함을 알 수 있다. 예를 들어 1차 시간지연 모델인 경우는 다음과 같이 표현된다.

$$G(s) = \frac{ke^{-\theta s}}{s(\tau s + 1)}$$

$$y(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{s(\tau s + 1)} u(s)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = Ku(t - \theta)$$

integrating process인 경우 위의 식에서 보듯이 Lapace Trasform에서 분모에 s가 들어가며 이때문에 open loop unstable이 된다. 이것은 다음과 같이 u'(s)를 정의하므로써 쉽게 계산할 수 있다.

$$u'(s) = \frac{u(s)}{s}$$

$$u'_k = u'_{k-1} + u_k \Delta t$$

또한, output인 y와 Impulse response model은 다음과 같이 표현된다.

$$y_k = \sum_{i=1}^{T} h_i u_{k-i} = \sum_{i=1}^{T} h'_i u'_{k-i}$$

$$h'_n = \frac{y_n - h'_1 u'_{n-1} + h'_2 u'_{n-2} + \cdots + h'_{n-1} u'_1}{u'_0}$$

$$h'_k = \frac{1}{u'_o}\left\{ y_k - \sum_{i=1}^{T-1} h'_i u'_{k-i} \right\}$$

load change가 있을때는 다음과 같이 output에 disturbance term을 고려하여 구하면 된다.

$$y_k = \sum_{i=1}^{T} h'_i (u'_{k-i} + d'_{k-i})$$

$$y_k = \sum_{i=1}^{T} h'_i u'_{k-i} + h'_i d'_{k-i}$$

$$y_k - \sum_{i=1}^{T} h'_i u'_{k-i} = h'_1 d'_{k-1} + h'_2 d'_{k-2} + \cdots + h'_T d'_0$$

앞에서 구한 h'_i를 이용하여 일반적인 disturbance term을 이용하면 다음과 같다. 이것을 이용하여 input을 계산하면 일반적인 식은 다음과 같이 표현된다. 여기서 D는 system의 안전성을 보장하기 위한 것으로 처음 D개의 input는 load변화가 없다고 가정한 것이다. [4]

$$d'_{k-D} = \frac{y_k - \sum_{i=1}^{T} h'_i u'_{k-i} - \sum_{i=D+1}^{T} h'_i d'_{k-i}}{h'_1 + \cdots + h'_D}$$

3. 모사결과

여기서는 다음과 같은 3가지 integrating system에 대해서 step change와 load change에 대해 모사 결과를 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3와 Fig. 4로 4 page에 나타내었다.

system 1.

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

system 2.

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

system 3.

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

4. 결론

본 연구에서는 지금까지 DMC로써는 다룰수 없었던 Integrating Process에 대해서 input term을 적분함으로써 step change와 load change에 대해서 완벽하게 분석할 수 있음을 보았다. 이것은 기존의 DMC의 단점으로만 여겨진 open loop unstable process의 문제를 극복할 수 보여준다고 할 수 있다.

5. 참고문헌

1. C. R. Cutler and B. L. Ramaker "Dynamic Matrix Control" Shell Oil Company houstion Texas (1979)
2. C. R. Cutler "Dynmic Matrix Control of Imbalanced Systems" ISA Tansactions Vol 21. No 1. (1982)
3. Jacinto L. Marchetti, Duncan A. Mellichamp and Dale E. Seborg "Predictive Control Based on Discrete Convolution Models" Ind. Eng. Process Des. Dev. Vol 22. pp 488-495 (1983)
4. Paul R. Maurath, Duncan A. Mellichamp and Dale E. Seborg "Predictive Control ler Design for Single-Input Single Output Systems" Ind. Eng. Chem. Res. Vol 27. No. 6 (1988)
5. Calos E. Garcia David M. Prett andManfred Morari Model "Predictive Control : Theory and Practise -A Survey" Automatica. Vol. 25 No 3. pp 335-348. (1989)

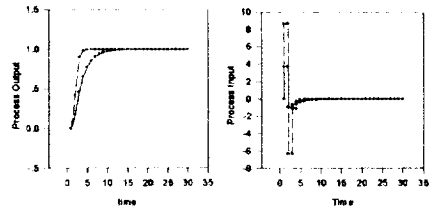

Figure 1. Setpoint change for the System 1

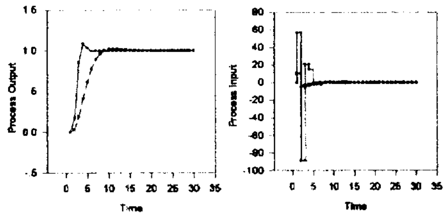

Figure 2. Setpoint change for the System 2

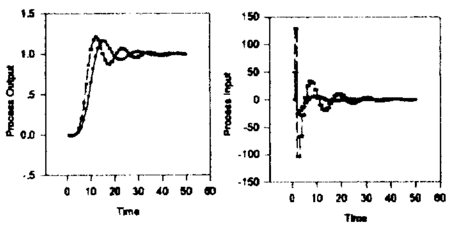

Figure 3. Setpoint change for the System 3

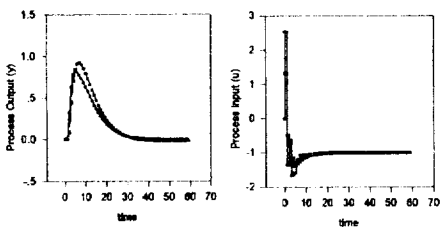

Figure 4. Load chamge for the System 1