

최 승 갑

포항종합제철(주) 기술연구소

1. 서론

일반적으로 제어기의 구성은 대상 process 의 식별이나 modeling이 되어있는 것을 전제로 하고 있으며, 식별의 경우 측정된 입.출력 신호에 의하여 실 process 의 출력신호와 수학적 모델 출력 신호간의 차이를 최소로 하는 방향으로 수학적 모델의 parameter 들을 결정하는 것으로 되어 있다.

Process 의 입력은 test signal 로서, PRBS(Pseudo-random binary sequence) 혹은 충분한 주파수 성분을 가진 신호를 이용하여 식별을 행하고 있으며 [1], 이를 위하여 process 의 정상운전을 멈추고 test signal 을 가하거나, 정상운전중 process 에 비정상 운전이 되지않도록 하는 범위내의 test signal 을 결정하여 process 에 인가하는 방법등을 택하고 있다.

[2]-[4].

제철산업은 각공정간은 batch process 이나 공정단위별로는 연소공정으로 전술한 방법들을 적용 하기가 거의 불가능하므로, 본 연구에서는 process 출력의 polynomial series expansion 에 의한 시스템 식별을 고찰해 보 기로한다.

2. 시스템 식별을 위한 Polynomial Representation

Weierstrass Appoximation Theorem [5] 에 의하여 미지의 함수  $f(t)$ 는,  $f(t)$ 가 정의된 구간과 같은 구간에서의 orthonormal 함수  $\phi_i(t)$ 의 유한급수로 (1)식과 같이 근사화 할 수 있으며

$$f(t) \approx \sum_{i=1}^n C_i \cdot \phi_i(t) \quad (1)$$

$\phi_i(t)$ 의 orthogonality 에 의해 계수  $C_i$ 는  $f(t)$ 와 근사식간의 오차를 최소로 하도록 (2)식과 같이 간단하게 구해지며 이때 사용되는 orthonormal polynomial 및 그 계수는 Table 1 과 같다 [5].

$$C_i = \int_{t_1}^{t_2} f(t) \phi_i(t) w(t) dt \quad i=1, \dots, n$$

$w(t)$ : weighting function (2)

본연구에서는 계산 및 implementation 이 용이하도록  $L^2[0, \infty)$  에서 정의되며,  $s = \alpha_j$ ;  $i=1, \dots, n$ 에서 Pole을 갖는 orthonormal polynomial  $\phi_i(t)$  및 inner product를 다음과 같이 정의하였다.

$$\phi_i(t) = \sum_{k=1}^i r_{ik} e^{-\alpha_k t} \quad (3)$$

$$\langle \phi_i, \phi_j \rangle = \int_0^{\infty} \phi_i \cdot \phi_j dt \quad (4)$$

(3)식의 rik는 Gram-Schmidt Process 에 의하여 구할 수 있다.

Process의 출력  $y(t)$ 의 근사식  $y_1(t)$ 를

$$y_1(t) = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i \phi_i(t) \quad (5)$$

와 같이 정의하고  $y(t)$ 가  $y_1(t)$ 와의 오차를

최소로 하기 위하여

$$ISE = \int_0^T [y(t) - C_0 - \sum_{i=1}^n C_i \phi_i(t)]^2 dt \quad (6)$$

를 최소화 하면

$$\int_0^T C_i dt = \int_0^T (y(t) - \sum_{j=1}^n C_j \phi_j(t)) dt \quad (7)$$

$$C_i = \int_0^T y(t) \phi_i(t) dt - C_0 \int_0^T \phi_i(t) dt \quad (8)$$

와 같이 구할 수 있다.

(7)식의 경우 좌변은 계산불능이므로 적당히 큰구간  $T$ 를 선택하여, 출력  $y(t)$ 의 최적의 근사식에 가까운 근사식을 얻는다.

### 3. 결 론

일반적인 방법으로의 시스템 식별이 어려운 환경에서 polynomial expansion 에 의한 시스템 식별을 유도 하였으며, 특히 계산이나 implementation 이 쉬운 orthonormal polynomial 을 선택, 응용이 용이하도록 하였다.

적절한 구간  $T$ 나 orthonormal polynomial 의 pole  $\alpha_i$  의 선정은 상황에 따른 평가함수를 이용하여 최적화 되도록 연구되어야 겠다.

### 4. 참고문헌

- 1) R. Isermann, Digital Control, Springer-Verlag, Berlin, 1981
- 2) Japan Radio Co., Ltd., 제어특성 해석 장치 Manual, NJK-52B

- 3) Y. Nishikawa et al, "A Method for Auto-tuning of PID Control parameters," Proc. 8th IFAC Congress, Vol. 7, PP 65-70, 1981
- 4) K. Kaneko, "DDC에 用いた 7DDC 特長の 解析とC의 延び方," 計測, Vol. 28, No. 5, PP 40-44, 1985
- 5) G. N. Saridis, Self-Organizing Control of Stochastic Systems, Dekker, 1977