(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[5]
G06F 15/31

(45) 공고일자 1993년04월09일
(11) 공고번호 특1993-0002746

(21) 출원번호	특1985-0000164	(65) 공개번호	특1985-0006265
(22) 출원일자	1985년01월12일	(43) 공개일자	1985년10월02일

(30) 우선권주장 84-5575 1984년01월18일 일본(JP)

(71) 출원인 가부시기가이샤 히다찌세이사꾸쇼 미다 가쓰시게
일본국 도오교오도 지요다구 간다 스루가다이 4쬬메 6반지

(72) 발명자 시오야 마꼬도
일본국 도오교오도 스기나미구 젠뿌꾸지 2-39-20
세꼬자와 데루지
일본국 가나가와껜 가와사끼시 아소오구 시로야마 4쬬메 1반 2-1009
후나바시 모도히사
일본국 가나가와껜 사가미하라시 신이소노 4-6-4-505
이시다 마사히로
일본국 이바라기껜 가쓰다시 오오나리쬬 39-2
도꾸다 히로아쓰
일본국 이바라기껜 가쓰다시 히가시이사가와 3-12-24

(74) 대리인 김서일

심사관 : 김연호 (책자공보 제3211호)

(54) 파라미터의 동정(同定)방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

파라미터의 동정(同定)방법

[도면의 간단한 설명]

제 1 도는 본원 발명에 의한 동정방법의 콤퓨터를 사용한 실시예의 블록구성도.

[발명의 상세한 설명]

본원 발명은 프로세스의 파라미터의 동정(同定)방법에 관한 것이며, 특시 비선형(非線形) 프로세스나 파라미터가 시간적으로 변화하는 선형(線形) 프로세스의 제어를 행하는 것과 병행하여 파라미터를 동정하는데 적합한 동정방법에 관한 것이다.

종래의 동정 방법으로서, 예를들어, 축차형의 지수하중형(指數荷重型) 최소 2승추정 알로리즘("선형이산시간시스템의 동정수법", 시스템과 제어,Vol. 25, No. 8, pp476~489, 1981)에 의한 것이 있다.

그것은 다음과 같이 표시된다.

$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + F(k+1)\ Z(k+1)\ (y(k+1) - Z^T(k+1)\hat{\theta}(k)) \quad \cdots\cdots (1)$$

$$F^{-1}(k+1) = \rho F^{-1}(k) + Z(k+1)\ Z^T(k+1) \quad \cdots\cdots (2)$$

$$F(k+1) = \frac{F(k)}{\rho} - \frac{\frac{F(k)}{\rho}\ Z(k+1)\ Z^T(k+1)\frac{F(k)}{\rho}}{1+Z^T(k+1)\frac{F(k)}{\rho}\ Z(k+1)} \quad \cdots\cdots (3)$$

(1)~(3)식에 있어서, 동정하고자 하는 프로세스의 입출력관계가,

$$y(k+1) = Z^T(k+1)\theta + e(k+1) \quad \cdots\cdots (4)$$

여기서, y(k+1) : 프로세스의 출력(제어량)

Θ=(a1, a2, …, am, b1, b2, …, bn) : 동정할 미지 파라미터 벡터

Z^T (k+1)=(y(k),y(k-1), …y(k-m+1), u(k+1),u(k), …, u(k-n+2)) : 프로세스의 입출력으로 이루어진 벡터

u(k+1) : 프로세스의 입력(조작량)

e(k+1) : 잔차(殘差)(식 오차)

k : k번째의 시간시스텝

T : 전치(轉置)행렬을 나타내는 기호로 표시된다고 가정할때, 다음 식으로 주어지는 잔차의 2승의 지수하중합 J을 최소로 하는 미지 파라미터 Θ의 추정(동정)치를 $\hat{\theta}(k+1)$으로 한다.

여기서, J(k+1)

$$= \sum_{i=1}^{k+1} \rho^{k-i+1}\ e^2(i)$$

$$= \sum_{i=1}^{k+1} \rho^{k-i+1}\ (y(i) - Z^T(\theta))^2$$

: 잔차의 2승의 지수하중합 ……(5)

ρ : 지수하중치 $(0<\rho\leq 1)$

$$F^{-1}(k+1) = \sum_{i=1}^{k+1} \rho^{k-i+1}\ Z(i)\ Z^T(i)$$

: 프로세스의 입출력으로 이루어진백터 Z의 지수하중 부가 상관함수 행렬 …(6)

이다.

상기 종래 방법에서는 지수하중치 ρ를 가장 적합하게 결정하는 일반적 방법은 없으며, 1에 가까운 정수, 예를들면, ρ=0.98 로 하거나, 원래는 정수인 것을 시간경과와 함께 1에 가까와지도록, ρ(k+1)=(1-λ)ρ(k)+λ를 사용하여지수적으로 1에 근접시키는 방법이 취해져 왔다. 여기서, λ의 값은 1과 비교하여 충분히 작으며, 예를들면, λ=0.001과 같이 고정적으로 취해져 왔다.

ρ는 현재의 기여를 1이라고하면, 과거의 기여를 지수함수적으로 감소하려고 하는 것이고, 그 값을 1보다 작게하면, 프로세스의 파라미터가 완만하게 변화해도, 동정은 어느 정도는 추종하여 행해진다. 그러나, 파라미터가 급격히 변활할 경우나, 비선형 프로세스의 경우에는 추종이 지연되거나 동정오차가 제어에 피드백되어 전체로서 제어계가 불안정하게 되거나 한다. 또, 역으로 ρ가 지나차게 작으면, 잡음에 대해 감도가 지나치게 높아져서 동정이 수렴되기 어려워진다고 하는 등의 결점이 있었다.

또한, ρ가 현재의 기여를 1로 했을 때의 과거의 기여를 나타낸 것으로 유추로부터 과거의 기여와 현재의 기여를 각각 나타내는 계수 $\lambda_1(k)$, $\lambda_2(k)$를 도입하고, (2), (3)식을 경험적으로 다음과 같이 일반화하여 (1)식과 조합한, 적응제어의일반화 조정칙이라고 하는 것도 있다("적응제어에 있어서

의 최근의 동향", 시스템과 제어, Vol. 25, No. 12, pp 715~726, 1981).

$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + F(k+1)\ Z(k+1)\ (y(k+1) - Z^T(k+1)\ \hat{\theta}(k) \quad \cdots\cdots (7)$$

$$F^{-1}(k+1) = \lambda_1(k) F^{-1} + \lambda_2(k)\ Z(k+1)\ Z^T(k+1) \quad \cdots\cdots (8)$$

$$F(k+1) = \lambda_1^{-1}(k)\ F(k) - \frac{\lambda_2(k)\lambda_1^{-2}(k)\ F(k)\ Z(k+1)\ Z^T(k+1)\ F(k)}{1+\lambda_2(k)\ \lambda_1^{-1}(k)\ Z^T(k+1)\ F(k)\ Z(k+1)}$$

: 적응게인행렬 ……(9)

이 일반화 조정칙에 있어서도 계수 $\lambda_1(k)$, $\lambda_2(k)$의 값의 결정기준은 특히 없으며, 실험적, 경험적으로 결정되는 경우가 많다. 이것으로부터 지수하중형의 경우와 마찬가지로 파라미터가 급격히 변화할 경우나 비선형 프로세스의 경우에는 동정에 불균일성이 생긴다고하는 결점이 있었다.

본원 발명의 목적은 프로세스의 파라미터가 시간적으로 급격히 변화했을 때나 비선형 프로세스의 경우에도 그 동정을 안정되게 행할 수 있는 동정방법을 제공하는데 있다.

그래서, 본원 발명에 있어서는, (5)식에 나타낸 평가지표 J를 다음의 (10)식과 같이 바꾸어 쓰고,

$$J(k+1) = \sum_{i=1}^{k+1} w_i(k+1)\ e^2(i) = \sum_{i=1}^{k+1} w_i(k+1)\ (y(i) - Z^T(i)\theta)^2$$

: 잔차의 2승 하중합 ……(10)

여기서,

$w_i(k)$: 하중치 ……(11)

(10)식의 평가지표에 의거하여 파라미터를 추정함에 있어서, 처음의 시간스텝(i=1)에서 현재의 시간 시스텝(i=k+1)에 이르는 각 시간 스텝 i에서 생긴 잔차의 2승 $e^2(i)$의 영향을 어느 정도 고려하면 좋은지의 관점에서 축차형식에 의해 현시점에서 가중치 $w_i(k+1)$를 결정하는 점에 특징이 있다. 이 관점에서 가중치를 결정하는 기구를 파라미터 추정기구로부터 독립시키 수 있다.

먼저, 본원 발명의 원리를 상세히 설명한다.

(10)식의 기준하에서는, (1), (2), (3)식은 각각 다음의 (12), (13), (14)식과 같이 된다.

$$\hat{\theta}(k+1) = F(k+1)\ \beta_1(k)\ \beta_2^{-1}(k)\ F^{-1}(k+1)\ \hat{\theta}(k) + F(k+1)\ \alpha(k)\ (Z(k+1)\ y(k+1) - \beta_1(k)\ \beta_2^{-1}(k)\ Z(k+1)\ Z^T(k+1)\ \hat{\theta}(k)) \quad \cdots\cdots (12)$$

$$F^{-1}(k+1) \overset{d}{=} \sum_{i=1}^{k+1} w_i(k+1)\ Z(i)\ Z^T(i) = \beta_2(k)\ F^{-1}(k) + \alpha(k)\ Z(k+1)\ Z^T(k+1) \quad \cdots\cdots (13)$$

$$F(k+1) = F(k)\ \beta_2^{-1}(k) - \frac{\alpha(k)\ F(k)\ \beta_2^{-1}(k)\ Z(k+1)\ Z^T(k+1)\ F(k)\ \beta_2^{-1}(k)}{1+\alpha(k)\ Z^T(k+1)\ F(k+1)\ \beta_2^{-1}(k)\ Z(k+1)} \quad \cdots\cdots (14)$$

여기서,

$$\beta_1(k)=I+I(\sum_{i=1}^{k+1}\Delta w_1(k)\ Z(i)\ y(i))\ (I\cdot F^{-1}(k)\ \hat{\theta}(k))^{-1} \quad \cdots\cdots (15)$$

$$\beta_2=I+(\sum_{i=1}^{k+1}\Delta w_1(k)\ Z(i)\ Z^T(i))\ F(k) \quad \cdots\cdots (16)$$

$$\alpha(k)=w_{k+1}(k+1) \quad \cdots\cdots (17)$$

$$\Delta w_1(k) \overset{d}{=} w_1(k+1)-w_1(k)$$

$$=(\frac{w_1(k+1)}{w_1(k)}-1)\ w_1(k)$$

$$\overset{d}{=}\ Ci(k)\ w_1(k) \quad \cdots\cdots (18)$$

I : 단위행렬

(12), (13), (14)식이 종래 방법의 항에서 기술한 일반화 조정칙 (7), (8), (9)식에 대응하는 것으로서, 일반적인 가중치를 갖는 경우의 조정칙이라고 할 수 있다. 종래법에서는, $\lambda_1(k)$가 스칼라(scalar)였던 것에 대해, 본원 발명에 있어서의 $\beta_2(k)$는 (m+n)×(m+n)차 대칭행렬, $\beta_1(k)$은 (m+n)×(m+n)차 대각행렬이라는 것 및 후술하는 바와 같이 가중치의 형이 특별한 경우에 $\beta_2(k)$나 $\beta_1(k)$가 스칼라로 되어 일반화 조정칙에 대략 일치한다는 것 등을 고려하면, (12), (13), (14)식은 확장 일반화 조정칙으로 간주할 수 있다.

이 $\lambda_1(k)$가 스칼라라고 하는 것은 시간변화 파라미터계나 비선형계에 적용했을때, 그 것에 의한 영향을 파라미터 추정치의 각 요소에 평균하여 피드백하는 것에 상당하며, $\beta_2(k)$가 행렬이라는 것은 그 차원을 보면 알 수 있듯이, 각 요소의 기여에 따라서 분해하여 피드백하는 것에 상당하는 것이라고 생각된다.

그리고, (12), (13)(, (14)식은 축자형식이므로, 온라인동정에 적합 하지만, 그 안에 역행렬 $\beta_2^{-1}(k)$ 및 F(k+1)의 계산을 포함하기 때문에, $\beta_2(k)$, F(k+1)의 사이즈, 즉 Z의 요소수가 클 때에는 계산에 시간이 걸려서, 실시간의 동정에는 적합하지 않은 경우가 있다.

만일(18)식에 있어서, Ci(k)가 k만의 함수이면, 즉,

$$Ci(k)=Co(k)\ (\text{모든 i에 대하여}) \quad \cdots\cdots (19)$$

이면, (15)식과 (16)식이 우변 제 2 항은 각각,

$$I(\sum_{i=1}^{k}\Delta w_1(k)\ Z(i)\ y(i))(I\cdot F^{-1}(k)\ \hat{\theta}(k))^{-1}$$

$$=I(\sum_{i=1}^{k}Co(k)\ w_1(k)\ Z(i)\ y(i))(\sum_{i=1}^{k}w_1(k)\ Z(i)\ y(i))^{-1}$$

$$=Co(k)I$$

$$(\sum_{i=1}^{k}\Delta w_1(k)\ Z(i)\ Z^T(i)\ F(k)$$

$$=(\sum_{i=1}^{k}Co(k)\ w_1(k)\ Z(i)\ Z^T(i))(\sum_{i=1}^{k}w_1(k)\ Z(i)\ Z^T(i))^{-1}$$

$$=Co(k)I$$

로 된다. 따라서, (15)식과 (16)식은 같아져서,

$$\beta(k)\overset{d}{=}\beta_2(k)=\beta_2(k)=(1+Co(k))I \quad \cdots\cdots (20)$$

으로되어, (12), (13), (14)식은 실질적으로 스칼라의 파라미터 $\beta(k)$, $\alpha(k)$를 갖는 다음의 형으로 된다.

$$\hat{\theta}(k+1)\ =\hat{\theta}(k)$$

$$+F(k+1)\ \alpha(k)\ Z(k+1)\ (y(k+1)-Z^T(k+1)\ \hat{\theta}(k) \quad \cdots\cdots (21)$$

$$F^{-1}(k+1)=\beta(k)\ F^{-1}(k)+\alpha(k)\ Z(k+1)\ Z^T(k+1) \quad \cdots\cdots (22)$$

$$F(k+1)\ =\beta^{-1}(k)\ F(k)$$

$$-\frac{\alpha(k)\ \beta^{-1}(k)\ F(k)\ Z(k+1)\ Z^T(k+1)\ F(k)}{1+\alpha(k)\ \beta^{-1}(k)\ Z^T(k+1)\ F(k)\ Z(k+1)} \quad \cdots\cdots (23)$$

이것은 종래 방법의 항에서 기술한 일반화 조정칙에 있어서,

$$\lambda_1(k)=\beta(k) \quad \cdots\cdots (24)$$

$$\lambda_2(k)=\alpha(k) \quad \cdots\cdots (25)$$

라고 두고, (1)식을 (21)식으로 치환한 것과 같다.

일반화 조정칙에서는 상관함수행렬에만 계수 $\lambda_1(k)$, $\lambda_2(k)$를 도입했지만, 본래는 파라미터의추정식((1)식)안에도 $\lambda_2(k)$를 도입해야 한다는 것을 시사하고 있다.

또, (15)식의 $\beta_1(k)$, (16)식의 $\beta_2(k)$가 스칼라로 되어 있으므로 역행렬계산을 포함하지 않는 축차형식으로 되어 있으며, 실시간의 동정에 적합한 형으로 되어 있다.

(20)식의 $\beta(k)$가 스칼라라고 하는 것은 (19)식에서 알 수 있듯이 어느 시간스텝 k과 다음의 시간스텝 (k+1)에 있어서의 가중치 $w_1(k)$와 $w_1(k+1)$와의 비가 i에 의존하지 않는다고 하는 것이다. 이것은 시간이 경과했을 때, 잔차의 2승의 중요성의 평가를 줄이는 비율을 먼 과거의 시점에서 발생한 잔차에 대해서도, 현재에 가까운 시점에서 발생한 잔차에 대해서도 전적으로 같게 한다는 것을 의미한다.

즉, 파라미터 피팅에 사용하는 데이터를 현시점의 것과 그 이전의 시점의 것으로 2분할하고, 각각에 가중치를 부가하는 방법으로, 개개의 시점에 관해서는 일단 가중치를 부가하면 유의성(有意性)은 어느 시점도 같아지는 것이다. 극단적인 경우에는 과거의 어떤 시점의 가중치를 완전치 0으로 하려고 하면, 현시점 이외는 아무리 현시점에 가까운 점이라도 그 가중치가 0으로 되어 버리게 된다.

이것에 대해, (10)식의 평가지표에 의한 본원 발명의 방법은 대각행렬형의 가중치를 갖는 최소 2승 추정방법이다. 이것은 자기회귀 이동평균조작을 기본으로 하는 예측모델의 파라미터 추정법이라고 해석할 수 있지만, (18)식의 Ci(k)가 k만의 함수라고 가정하면, 파라미터피팅조작의 단계에서 과거의 제어의 결과를 모든 시점 평균적으로 밖에 고려할 수 없게 되어 있고, 이동평균적 생각의 효과가 반감되어 있다고 생각할 수 있다. 종래의 일반화 조정칙에 의거한 적응제어는 이와 같은 제약을 갖고 있다고 말할 수 있다.

적응제어에 있어서의 원래의 조정칙은 고정파라미터계의 제어에 있어서는, 제어결과에 관한 정보를 모으면 모을수록 제어의 효과를 높이기 위한 파라미터조정이 확률적으로 정확해진다고 하는 확률적 점근수렴(漸近收斂)의 사고방식에 입각한 것이다.

일반화 조정칙은 이 수렴속도를 빠르게 하거나 천천히 약간 변화하는 파라미터계에도 어느 정도 적응시키거나 하는 것을 목적으로 하고, 과거와 현재의 가중치를 결정하는 계수 $\lambda_1(k)$, $\lambda(k)$를 원래의 조정칙에 도입하여 만들어진 것으로서, $\lambda_1(k)$, $\lambda_2(k)$의 결정기준은 특히 없으며, 실험적, 경험적으로 결정되는 경우가 많다. 또, $\lambda_1(k)$, $\lambda_2(k)$의 도입에 의해 확률적으로 점근수렴은 일반적으로는 보증되지 않게 되어 있다.

적응제어에 있어서의 종래의 일반화 조정칙은 상기 목적의 범위에서 사용되고 있는 한, 피팅조작단계에서의 상기 제약도 악영향을 주지 않는다. 그러나, 일반적인 시간변화 파라미터계나 비선형계의 제어에 있어서는 과거의 정보는 파라미터가 변화하고 있는 시점 부근 이후의 정보만이 필요하며, 그보다 과거의 정보에 대해서는 되도록 빨리 버리는 쪽이 적응을 더욱 효과적으로 할 수 있다고 생각하는 것이 자연스럽다. 이와같은 생각에 의거하여 되도록 빨리 버리는 한 방법으로서, 본원 발명에서는 피팅을 위한 정보를 이동평균적 기간의 것만에 한정하고, 그 이동평균적기간을 파라미터변화의 상황에 따라 변화시키는 방식을 채용했다. 파라미터변화를 입출력의 관측에 의해 검지하고, 그 상황을 과거의 학습결과를 고려하여 판단해서 이동평균기간을 어떤 방법으로 가장 적절하게 결정하는 것이다.

피팅을 이동평균적기간으로 행하는 방법은 Ci(k) 가 i에도 의존하게 되어서, 종래의 일반화 조정칙으로는 실현되지 않으며, 본원 발명에 의한 상기 행렬의 계수를 갖는 확장일반화 조정칙에 의한 것이 필요해진다. 행렬계수를 갖는 조정칙으로 하는 경우, 파라미터의 각 요소의 기여에 따라 분해하여 그 영향이 피드백되는 것을 기술했지만, 이동평균적기간의 경우에는 이것을 그 기간내만의 기여를 고려하여 행하는 것이므로, 기간을 잘 설정한 경우에는 효과적인 적응이 가능해진다.

지금, 하중치 wi(k)가 다음 식에 나타낸 가중치 부가 지수하중의 경우를 생각한다.

$$wi(k)=\nu i(k)\rho^{k-1} \quad \cdots\cdots (26)$$

여기서,

$\nu i(k)$: 가중치

이 때에는, (18)식에 있어서

$$Ci(k) = \frac{wi(k+1)}{wi(k)} - 1$$

$$= \frac{\nu i(k+1)}{\nu i(k)} \rho - 1 \quad \cdots\cdots (27)$$

이다. 따라서, Ci(k)가 k만의 함수라고 하는 (19)식의 조건이 성립하는 경우는,

$$\beta(k) = (1 + C_0(k))$$

$$= \frac{\nu i(k+1)}{\nu i(k)} \rho \text{ (모든 i에 대하여)} \quad \cdots\cdots (28)$$

$$\alpha(k) = w_{k+1}(k+1)$$

$$= \nu_{k+1}(k+1)$$

$$= w_{k+1}(k)(1 + C_0(k))$$

$$= \nu_{k+1}(k)\rho^{-1}(1 + C_0(k))$$

$$= \nu_{k+1}(k)\rho^{-1}\beta(k) \quad \cdots\cdots (29)$$

로 된다. 이것을 β(k)를 저(底)로 하는 가변지수 하중방식으로 간주할 수 있고, 종래의 일반화 조정칙의 경우에 상당한다.

본원 발명에 의한 이동평균기간형에 지수하중이 부가될 경우에는, $\nu i(k)$에 다음의 제약을 부가한다.

$$\nu i(k) = 0 \,(i = 1, \cdots, (k - N_k)) \quad \cdots\cdots (30)$$

$$\nu i(k) = \frac{1}{N_k} \,(i = (k - N_k + 1), \cdots, k) \quad \cdots\cdots (31)$$

여기서,

N_k : 시간스텝 k에 있어서 고려하는 이동평균적 기간길이 ……(32)

이 경우, Ci(k)는 i에 의존하는 것은 명백하며, 행렬계수를 갖는 조정칙의 경우로 된다.

그리고,

$N_{k+1}=N_{k+1}$: 가변이동평균적 기간길이형

$N_{k+1}=N_k$: 고정이동평균적 기간길이형

$N_{k+1}=N_k+1=k+1$: 단순평균형(종래의 일반화 조정칙의 경우로 귀착)

으로 되어 있다.

전술한 확장일반화 조정칙의 (12), (13), (14)식에 있어서는 역행렬의 계산을 2개 이상 포함하는 것을 앞에서 기술했다. 그 계산에는 시간이 걸릴 가능성이 있으므로, 실시간의 제어에는 적당하지 않다. 본원 발명에 있어서는 확장일반화 조정칙을 역행렬의 계산을 1회 밖에 포함하지 않는 형의 축차형식으로 실현한다. 그 형은 (12), (13), (14)식에 대응하여 다음과 같이 된다.

$$\hat{\theta}(k+1)=\hat{\theta}(k)$$
$$+F(k+1)Z_w(k+1)(y_w(k+1)$$
$$-Z_w{}^T(k+1)\hat{\theta}(k)) \quad \cdots\cdots (33)$$

$$F^{-1}(k+1)\overset{d}{=}\sum_{i=1}^{k+1} wi(k+1)\ Z(i)\ Z^T(i)$$
$$=F^{-1}(k)+Z_w(k+1)\ Z_w{}^T(k+1) \quad \cdots\cdots (34)$$

$$F(k+1)=F(k)-F(k)\ Z_w(k+1)$$
$$I+Z_w{}^T(k+1)\ F(k)\ Z_w(k+1)^{-1}\ Z_w{}^T(k+1)\ F(k) \quad \cdots\cdots (35)$$

여기서,

$$Z_w(k+1)\overset{-d}{=}(w^{\frac{1}{2}}_{k-1}(k+1)\ Z(k+1),$$
$$\Delta w^{\frac{1}{2}}_{k}(k)\ Z(k),\cdots,\ \Delta w^{\frac{1}{2}}_{2}(k)\ Z(2),$$
$$\Delta w^{\frac{1}{2}}_{1}(k)\ Z(1))$$

$$y_w{}^T(k+1)\overset{d}{=}(w^{\frac{1}{2}}_{k-1}(k+1)\ y(k+1),$$
$$\Delta w^{\frac{1}{2}}_{k}\ y(k),\cdots,\Delta w^{\frac{1}{2}}_{2}(k)\ y(2),$$
$$\Delta w^{\frac{1}{2}}_{1}(k)\ y(1))$$

이다.

이상에 기술한 종래법 및 본원 발명에 의한 방법에서는 지금까지에는 아직 정상편차(bias)제거에 관한 고려가 이루어져 있지 않다. 정상편차를 제거할 수 있는 종래 방법으로서, 확대최소 2승법("선형 이산시간 시스템의 동정방법", 시스템과 제어, Vol.25, No.9, pp 551~563, 1981)이 있다. 본원 발명에 의한 방법에서는 확장일반화 조정칙을 확대 최소 2승법과 융합시킨 축차형식으로 실현한다. 그 형은 (33), (34), (35)식에 대응하여 다음과 같이 된다.

$$\hat{\theta}_e(k+1)=\hat{\theta}_e(k)$$
$$+\hat{F}_e(k+1)\ \hat{\Omega}_w(k+1)\ (y_w(k+1)$$
$$-\hat{\Omega}_w{}^T(k+1)\ \hat{\theta}_e(k)) \quad \cdots\cdots (36)$$

$$F_e^{-1}(k+1) \overset{d}{=} \sum_{i=1}^{k-1} wi(k+1)\ \hat{\omega}(i)\ \hat{\omega}^T(i)$$

$$= \hat{F}_e^{-1}(k) + \hat{\Omega}_w(k+1)\hat{\Omega}_w{}^T(k+1) \quad \cdots\cdots (37)$$

$$\hat{F}_e(k+1) = \hat{F}_e(k)$$

$$-\hat{F}_e(k)\hat{\Omega}_w(k+1)(I+\hat{\Omega}_w{}^T(k+1)$$

$$\hat{F}_e(k)\hat{\Omega}_w(k+1))^{-1}\ \hat{\Omega}_w{}^T(k+1)\ \hat{F}_e(k) \quad \cdots\cdots (38)$$

여기서,

$\hat{\theta}_e(k+1)$: θ_e의 추정치 ……(39)

$$\hat{\Omega}_w(k+1) \overset{d=}{=} (w_{k-1}^{\frac{1}{2}}(k+1)\ \omega(k+1),$$

$$\Delta w_k^{\frac{1}{2}}(k)\ \hat{\omega}(k), \cdots, \Delta w_2^{\frac{1}{2}}(k)\ \hat{\omega}(2),$$

$$\Delta w_1^{\frac{1}{2}}\ \hat{\omega}(1)) \quad \cdots\cdots (40)$$

$$y_w{}^T(k+1) \overset{d}{=} (w_{k-1}^{\frac{1}{2}}(k+1)\ y(k+1)$$

$$\Delta w_k^{\frac{1}{2}}\ y(k), \cdots, \Delta w_2^{\frac{1}{2}}(k)\ y(2),$$

$$\Delta w_1^{\frac{1}{2}}(k)\ y(1)) \quad \cdots\cdots (41)$$

$$\hat{\omega}^T(k+1) \overset{d}{=} (y_m{}^T(k),\ u_n{}^T(k+1),\ \hat{r}_p{}^T(k),\ \hat{e}_q{}^T(k))$$

: $\omega^T(k+1)$의 추정치 ……(42)

$$\hat{r}(k) \overset{d}{=} y(k)-(y_m{}^T(k)\ \hat{a}(k)-u_n{}^T(k)\ \hat{b}(k)$$

: $r(k)$의 추정치

$$\hat{e}(k) \overset{d}{=} (\hat{r}(k)-\hat{r}_p{}^T(k)\ \hat{c}(k)-\hat{e}_q{}^T(k)\ \hat{d}(k)$$

: $e(k)$의 추정치

$$e(k+1) = y(k+1)$$

$$-(Y(k+1),\ U(k+1),\ R(k+1),\ E(k+1)\ \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix})$$

$$\overset{d}{=} y(k+1)-\Omega(k+1)\ \theta_e$$

: 잔차벡터

$Y^T(k+1)=(y_m(k),\ y_m(k-1),\ \cdots,\ y_m(1),\ y_m(0))$

: 프로세스의 출력을 요소로 하는 행렬

$U^T(k+1)=(u_n(k+1),\ u_n(k),\ \cdots,\ y_n(2),\ u_n(1))$

: 프로세스의 입력을 요소로 하는 행렬

$R^T(k+1)=(r_p(k),\ r_p(k-1),\ \cdots,\ r_p(1),\ r_p(0))$

: y의 편차를 요소하는 하는 행렬

$E^T(k+1)=(e_q(k),\ e_q(k-1),\ \cdots,\ e_q(1),\ e_q(0))$

: y의 편차 제거 후의 잔차를 요소로 하는 행렬

$y_m{}^T(k+1)=(y(k+1),\ y(k),\ \cdots,\ y(k-m+2)$

: 출력벡터(m차)

$u_n{}^T(k+1)=(u(k+1),\ u(k),\ \cdots,\ u(k-n+2)$

: 입력벡터(n차)

$r_p^T(k+1)=(r(k+1), r(k), \cdots, r(k-p+2)$

: y의 편차벡터(p차)

$e_q^T(k+1)=(e(k+1), e(k), \cdots, e(k-q+2)$

: y의 편차 제거 후의 전차벡터(q차)

$a^T=(a_1, a_2, \cdots a_m)$

: 프로세스입출력 전달함수의 다항식 전개 파라미터벡터(분모)

$b^T=(b_1, b_2, \cdots b_n)$

: 프로세스입출력 전달함수의 다항식 전개 파라미터벡터(분자)

$c^T=(c_1, c_2, \cdots c_p)$

: 잡음생성전달함수의 다항식 전개 파라미터벡터(분모)

$d^T=(d_1, d_2, \cdots d_q)$

: 잡음생성전달함수의 다항식 전개 파라미터벡터(분자)

$$\Omega(k+1) \overset{d}{=} (Y(k+1), U(k+1), R(k+1), E(k+1))$$
$$= (Z(k+1), R(k+1), E(k+1))$$
$$\overset{d}{=} \begin{bmatrix} \omega^T(k+1) \\ \omega^T(k) \\ \vdots \\ \omega^T(1) \end{bmatrix}$$

: Z(k+1)의 확대행렬 ……………………………………………………(43)

$$\omega^T(k+1) = (y_m^T(k), u_n^T(k+1), r_p^T(k), e_q^T(k))$$
$$= (Z^T(k+1), r_p^T(k), e_q^T(k))$$

: $Z^T(k+1)$의 확대벡터 ……………(44)

$$\theta_e^T \overset{d}{=} (a^T, b^T, c^T, d^T)$$
$$= (\theta^T, c^T, d^T)$$

: θ^T의 확대 파라미터 ……………………………………………………(45)

이상 설명은 간단히 하기 위해 1입력 1출력계에 관하여 행했지만, 다입력 다출력에 대해서도 종래 방법에 대한 경우와 같은 방법 ("선형 이산시간 시스템의 동정수법", 시스템과 제어, Vol.26, No.2. pp 84~95, 1982)으로 확장할 수 있다.

다음에, 본원 발명의 일실시예에 대하여 제 1 도에 의거하여 설명한다.

본원 발명에 의한 동정방법은 콤퓨터를 사용하여 실시한 경우, 제 1 도에 나타낸 것과 같이, (38)식에 따라 게인행렬을 계산하는 게인 행렬계산부(1), (36)식에 따라 파라미터를 추정하는 파라미터추정치 계산부(2), 추차계산을 하기 위한 시간스텝갱신부(3), 잔차평가를 위한 가중치 설정부(4)로 구성된다. 제 1 도에 있어서, 실선의 화살표는 처리의 흐름을 나타내며, 긴 파선의 화살표는 정보의 흐름을 나타낸다. 본 실시예에 있어서의 동작에 대하여 다음에 설명한다.

먼저, 콘트롤러(102)로 만들어지며, 프로세스(101)에의 입력으로 되는 조작량(11) 및 프로세스(101)로부터의 출력인 (피) 제어량(12)의 신호가 게인행렬계산부(1)에 입력된다. 게인행렬계산부(1)에서는 가중치설정부(4)에 그 시각까지 미리 설정되어 있는 (11)식에 나타낸 가중치(13)와 상기 신호(11), (12)를 사용하여, (38)식 및 그 관련식에 따라 게인행렬 $\hat{F}_e(k+1)$ 에 상당하는 신호(14)를 계산하여 출력한다. 그 신호(14) 및 가중치(13)를 파라미터추정치 계산부(2)에 입력하고, (36)식 및 그 관련식에 따라 파라미터추정치 $\hat{\theta}_e(k+1)$ 에 상당하는 신호(15)를 계산하여 출력하고, 콘트롤러(102)에의 입력으로 한다. 콘트롤러(102)는 신호(15)를 사용하여 새로운 조작량(11)을 작성해서 프로세스(101)에의 입력으로 한다. 파라미터추정치 계산부(2)에서 그 시점에 있어서의 파라미터추정치(15)의 계산이 끝나면 시간스텝 갱신부(3)에서 시각이 1시간 스텝만큼 나아갈 때까지 기다린 다음, 처리의 흐름의 제어를 게인행렬계산부(1)에 넘기고, 상기 처리를 반복한다.

본 실시예에 의하면 콘트롤러(102)에 의해 프로세스를 제어하면서 프로세스파라미터를 동정할 수 있고, 그것을 콘트롤러에서의 조작량 결정에 즉시 피드백하는 것이 가능하므로 보다 효과적인 적응제어를 할 수 있다.

본원 발명에 의하면 프로세스의 파라미터가 시간적으로 변화하는 선형 프로세스나 비선형 프로세스의 동정을 제어하는 것과 병행하여 할 수 있다. 그러므로, 본원 발명은 상기 프로세스의 온라인 실시간 적응제어에 적합하다.

또, 본원 발명에 의한 방법에서는 각 시간스텝에 있어서의 정보의 가중치를 파라미터 추정기구와 독립하여 결정할 수 있으므로, 가중치 결정기구의 문제의 시간변화성이나 비선형성에 적합한 학습기구나 최적화의 기구를 조입할 수 있는 여지가 있다고 하는 이점을 갖는다.

본원 발명에 의하면 행렬계수를 갖는 확장일반화 조정칙에 의거하고 있으므로 파라미터의 각 요소의 기여에 따라 분해해서 그 영향이 피드백되며, 개개의 파라미터의 동정이 더욱 정확해지는 특징을 갖는다. 또한, 이동평균적 기간으로 파라미터 피팅을 할 경우에는 시간변화성, 비선형성의 영향을 더욱 민감하게 피드백시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

초기의 시간스텝으로부터 현재의 시간스텝에 이르기까지의 복수의 시간스텝에 있어서의 프로세스의 입력정보와 출력정보와의 관계에 의거하여 규정되는 잔차(殘差)의 2승의 하중합이 최소로 되도록 프로세스의 파라미터를 동정(同定)하는 방법에 있어서, 상기 하중이 시간스텝마다 변화했을 때에 상기 입력정보와 출력정보로부터 축차형식에 의해 대응하는 시간스텝마다 최소 2승법에 의해 최적으로 상기 파라미터를 동정하는 것을 특징으로 하는 파라미터의 동정방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 하중은 대각 하중행렬에 의해 표시되는 것을 특징으로 하는 파라미터의 동정방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 하중행렬은 일반화 조정칙의 2개의 스칼라계수인 조정계수가 2개의 행렬계수로 치환되는 확장 일반화 조정칙의 형을 가지는 것을 특징으로 하는 파라미터의 동정방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 확장일반화 조정칙의 2개의 행렬계수는 이동평균적기간으로 피팅하는 방법에 대응하는 하중행렬로부터 결정되는 것을 특징으로 하는 파라미터의 동정방법.

청구항 5

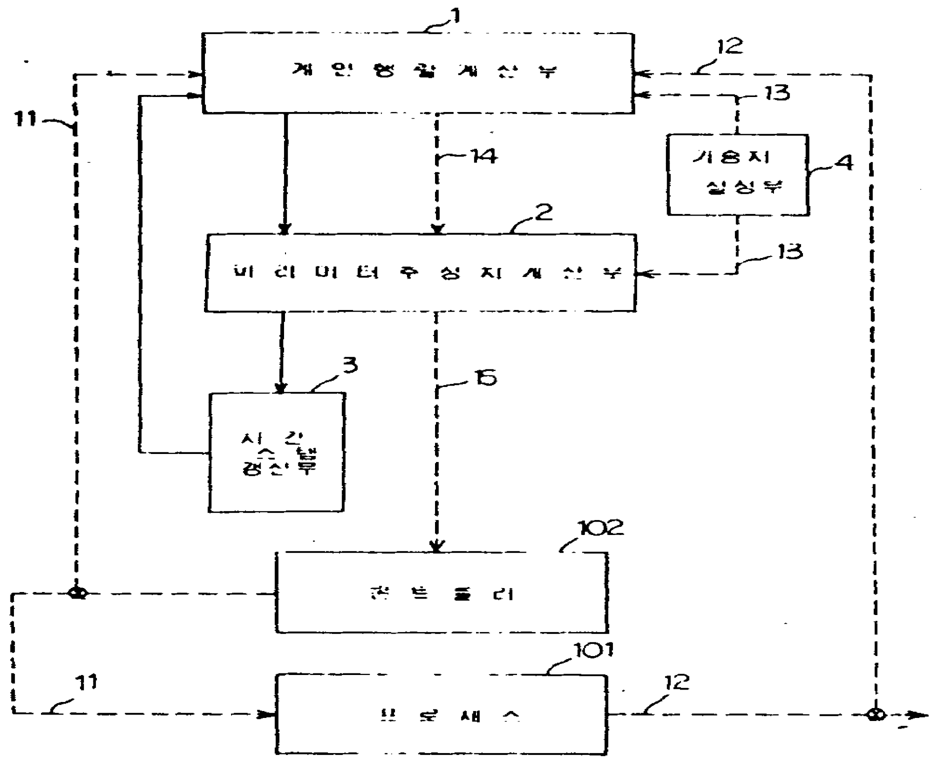
제 3 항에 있어서, 상기 확장일반화 조정칙은 축차형식으로 된 것을 특징으로 하는 파라미터의 동정방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서, 정상편차를 제거하는 확장 최소 2승법은 상기 확장일반화 조정칙의 최소 2승법에 적용되는 것을 특징으로 하는 파라미터의 동정방법.

도면

도면1


1
게인행렬계산부
12
13
11
14
4
2
파라미터추정치계산부
13
3
15
시간스텝갱신부
102
콘트롤러
101
11
12
프로세스