

測定雜音의 統計的 性質이 未知인 境遇의

線形雜散 値形系統 同定에 關한 研究

河 法 植 (韓國 海洋大學 教授)

朴 長 春 (延世大學 物理學 系 助 教 授)

最適制御, 適態制御 등의 발전과 더불어 動的系統 (dynamical system)의 同定 (identification) 問題 (identification)의 뜻으로 識別, 認知 등의 용어가 사용되기도 하나 여기서는 同定이란 용어를 사용하기로 한다)는 최근 점점 그 중요성이 증가되어 이에 대한 많은 연구가 행하여졌으며 多種多樣的 同定法이 제안되고 있으나 同定이란 용어에 대한 定義도 또한 各研究者에 따라서 多樣하다. (1)~(9) 그러나 一般的으로 同定이란 "物理的系統에 대한 數學的 모델을 決定하는 것"이라고 定義할 수가 있으며 이를 大別하면 다음의 두 가지가 있다.

(1) 理論的解析에 依한 同定

(2) 實驗的同定

理論的 解析에 의한 同定法이란 同定을 行할 시스템 (이를 플랜트 (Plant)라고도 한다)을 지배하는 에너지, 熱量, 質量 등의 평형방정식을 이용하여 理論的 解析에 의해서 數學的 모델을 결정하는 방법이며 實驗的 同定法이란 플랜트의 入力, 出力과 같은 外部變數의 測定 데이터를 이용하여 플랜트와 位相 數學的으로 等價 (topologically equivalent)인 數學的 모델을 결정하는 방법이다. 前者의 방법은 플랜트가 극히 단순하지 않는 한 적용이 곤란하며 플랜트가 복잡해 지면 後者의 방법에 의해서 同定을 행할 수 밖에 없으므로 工學的으로는 實驗的 同定法이 대단히 重要하다.

그러나 實驗的 同定法에서는 다음과 같은 것이 문제가 된다

- (1) 모델의 종류 및 구조
- (2) 시스템의 初期值
- (3) 入出力 데이터에 수반되는 雜音

實驗的 同定法에 있어서 시스템의 構造와 初期值 및

入出力의 測定 데이터에 수반되는 雜音의 통계적 성질이 既知라는 前提下에 시스템의 同定 문제를 통계적 수법에 의한 퍼라미터 推定問題도 취급한 연구가 종래에 많이 행하여 졌다. 이러한 前提가 성립되는 경우 사실상 統計的 퍼라미터 推定法은 가장 유력한 시스템 同定法이며 지금까지 제안된 同定法은 그 대부분이 이에 속한다. 그러나 실제에 있어서 前記한 假定이 성립하지 않는 경우가 많다. 최근 이러한 경우를 고려하여 最適制御理論을 이용해서 시스템의 初期值 推定 및 測定雜音의 分散推定 까지를 고려하여 시스템 同定을 행하는 방법이 제안되고 있다.^{[10]~[13]} 河 등은 多變數雜散值 플레트에 대해서 상태방정식 모델을 사용하고 방정식 오차 (equation error)로서 만들어지는 改良形評価函數를 이용하여 우선 적당한 次數의 모델을 정하여 이의 퍼라미터와 測定雜音의 분산을 推定한 다음 다시 最小次元 實現 (ϵ -minimal realization)에 의해서 시스템의 퍼라미터, 次數 및 測定雜音의 分散을 동시에 推定하는 방법을 제안하고 있다.^[13] 그러나 이 방법에

있어서는 測定雜音의 分散 및 共分散으로서 구성되는 어떤 行列 B 가 定義되고 이 行列 B 가 正則이어야 하는 조건이 요구되므로 예를 들어 入力測定에 雜音이 수반되지 않는 경우 등과 같이 行列 B 가 非正則이 될 때는 사용되기 곤란하다. 이에 筆者들은 前記한 行列 B 가 非正則일 때도 이용될 수 있는 새로운 시스템 同定法을 제안한다.

본 논문은 線形離散値形 시스템을 대상으로 視測雜音의 分散을 모르는 경우에 효과적으로 수행할 수 있는 새로운 시스템同定 (System identification) 法을 제안한 것이다. 즉 視測雜音의 영향을 제거하는 項을 評価函數에 도입하여 改良形二次形式評価函數를 定義하고 이를 最小化함으로써 未知퍼레미터는 물론 雜音의 分散도 동시에 推定함으로써 精度 높은 同定이 가능하며, 方程式誤差도 시스템同定에 유려한 기준이 될 수 있음을 제시하였다.

디지털 컴퓨터에 의한 몇가지 數值計算例를 통하여 본 시스템同定法은 짧은 시간의 視測데이터 밖에 이용될

수 없는 경우에도 만족한 결과를 나타내었다.

본 연구의 성과로서

- (1) 方程式誤差自來의 評価函數를 사용함으로써 未知의 퍼레미터를 해석적으로 구할 수 있고,
- (2) 雜音의 分散이 未知일 때에도 雜音을 平均值가 0인 異常性白色雜音으로 취급함으로써 간단한 數值解析法으로 雜音의 分散도 未知퍼레미터와 같이 精度 높게 推定할 수 있으며
- (3) 실제로 工學에서 처럼 유한한 測定테이터를 사용하여 시스템 同定을 행할. 때에는 비록 測定雜音의 分散이 既知이더라도 이를 未知로 하여 시스템의 퍼레미터와 같이 測定雜音의 分散도 동시에 推定하는 것이 오히려 높은 精度로서 퍼레미터를 推定할 수 있음을 알았다.

~ Reference ~

1. K.J. Astrom & P. Eykhoff: "System Identification" A Survey, Automatica, Vol. 7, no. 2, PP 123-162 (1971).

2. A. V. Balakrishnan & V. Peterka: "Identification in automatic control systems", Fourth congress of the IFAC, Warszawa, Survey paper 9 (1969)
3. P. Eykhoff: "Process Parameter & State Estimation", Survey paper, IFAC Symp. on Identification, Praha (1967)
4. M. Cuenod & A. P. Sage: "comparison of some methods used for process identification" Survey paper, IFAC Symp. on Identification, Praha (1967),
5. A. P. Sage & J. L. Melsa: System Identification, Academic Press (1967)
6. P. B. Liehelt: An Introduction to optimal Estimation, Addison - Wesley (1967),
7. L. A. Zadeh: "From Circuit Theory to System Theory", Proc. IRE 50, pp 856-865 (1962)

8. A. V. Balakrishnan: "Identification of control system from input-output data", IFAC Symp. on Identification, Paper I.1, Praha (1967).
9. R. E. Kalman: "Mathematical Description of Linear Dynamical System", SIAM. J. Control, Vol. I. no. 2, pp 152-181 (1963).
10. 河注植, 石田勝久: 最適制御理論の同定への応用, 第10回 STCE 学術講演会予稿集, No. 303 (1967)
11. 河注植, 石田勝久: 有限次元線形モデルを用いた最適同定法
計測自動制御学会論文集, 掲載予定
12. Joo-shik Ha et al: Identification of Weighting Function using Deterministic Input, IEEE Transaction no AC, Vol.
13. Joo-shik Ha and Katsuhisa Furuta: Identification of Multivariable Systems, 計測自動制御学会論文集, Vol. 8, No. 5, pp 561-567