

동적 시스템에서의 급격한 변화 검출에 관한 연구

이상열*, 이권순
동아대학교 전기공학과

A Study on Detection of Abrupt Changes in Dynamical Systems

Sang yeol Lee*, Kwon soon Lee
Dept. of Electrical Engineering
Dong-A University, Pusan, Korea

Abstract

A method is developed for the detection of parametric change for conditionally-linear stochastic systems. Such systems are quite prevalent in biology, economics and engineering, and may be synthesized as certain bilinear stochastic systems with output feedback(possibly nonlinear) through the controls. In other words, these systems are linear in the "unmeasured states" and nonlinear in the "measured states." The conditionally linear filter developed by Kolodziej forms a convenient part of the algorithm which estimates the time of change of parameter values.

1. 서론

최근에 동적 시스템의 갑작스런 변화 검출에 대하여 여러가지 기술이 보고되어져 있다. 이런 노력은 그 응용분야가 움직이는 물체의 추적실패, 영상(image)에서의 가장자리 검출(edge detection), 심전도(electrocardiogram) 신호해석 문제등 여러분야에서 이용되고 있으므로 대단히 활발하다.

특히, 여러가지 방법이 이 변화 검출 문제를 풀기 위해 적용 가능하다[1] [2]. 여기서 접근 방법은 불연속 동적 시스템의 변화 검출이며, 갑작스런 시스템의 변화는 동적 모델의 계수 변화 검출에 의하여 이루어진다.

2. 변화 검출 알고리즘

기록된 데이터 $\{V_1, \dots, V_t\}$

$$V_t = H(0_0; y_t) \quad (1)$$

에 대하여

$H_0: V_t$ 의 평균은 0이다.

$H_1: t_0 \leq t$ 에서 V_t 의 평균은 a 이다.

라는 두가지의 가설 사이의 log-likelihood ratio를 구하면

$$S(t, t_0, a) = \sum_{k=t_0}^t (\langle V_k, R^{-1}V_k \rangle - \langle V_k - a, R^{-1}(V_k - a) \rangle) \quad (2)$$

와 같이 주어진다. 가설 H_1 하에서 a 를 가장 있을 것 같은 값(most likely value)으로 대체시키면 다음과 같은 식을 얻는다.

$$S(t, t_0) = \max_a (S(t, t_0, a)) \\ = (t - t_0 + 1)^{-1} \langle \sum_{k=t_0}^t V_k, R^{-1} \sum_{k=t_0}^t V_k \rangle \quad (3)$$

t_0 를 추정하기 위해 t_0 를 대하여 $S(t, t_0)$ 를 최대화시키면,

$$t_0(t) = \operatorname{argmax}_{t_0} \{ S(t, t_0) \}$$

즉,

$$\lambda_t = S(t, t_0) = \max \{ S(t, t_0) \}. \quad (4)$$

그러므로 파라미터 변화의 검출지점은 정지시간(stopping time) t_d 로 주어진다:

$$t_d = t_0(\min\{t: \lambda_t \geq \lambda_{max}\})$$

여기서 λ_{max} 는 거짓 변화 검출과 검출 지연의 확률을 제어하는 주어진 값으로서 [3]을 참조하기 바란다.

3. 컴퓨터 시뮬레이션

위와 같은 변화 검출 알고리즘을 실제 시스템에 적용하

기 위하여 우선 간단한 2차 동적 시스템에 적용해 보았다. 여기서는 특이한 경우로서, 상태 변수 2개중 오직 한개만 측정 가능한 경우를 다루기로 한다. 그러므로, 고려되는 시스템은 조건부 선형 시스템(Conditionally Linear System)이 되겠으며, 즉 측정 가능한 상태변수(state)에 대해서는 비선형이고, 측정 불가능한 상태에 대하여 선형인 경우이다. 또한 측정치는 불연속(discrete)이며 측정잡음을 포함한다. 이 경우 best mean-square estimator를 구성하기 위하여 조건부 선형 필터(conditionally linear filter)가 사용되었다[4,5].

여기서 사용되어진 변화 검출 알고리즘은 소위 지역적 점근적 접근방법(local asymptotic approach)에서 연속적인 가설 검증(sequential hypotheses test)에 근거를 두고 있다.

참고문헌

- [1] M. Basseville, A. Benveniste, et al., "Detection of Abrupt Changes in Signals and Dynamical Systems," Lecture Notes in Control and Information Sciences, Vol. 77, Springer-Verlag, New York, 1986.
- [2] A. S. Willsky, "A Survey of Design Methods for Failure Detection in Dynamic Systems," Automatica, Vol. 12, pp. 601-611, 1976.
- [3] W. J. Kolodziej, "Detection of Changes in dynamical Systems with Application to Mathematical Immunology," International Institute for Applied Systems Analysis, A-2361, Sept. 1989.
- [4] W. J. Kolodziej and A. Pacut, "Filtering and Detection Problem for Nonlinear Time Series," Lecture Notes in Control and Information Sciences, Vol. 106, pp. 10-17, Springer-Verlag, Heidelberg, 1988.
- [5] W. J. Kolodziej and R.R. Mohler, "State Estimation of Conditionally Linear Systems," SIAM J. Cont. Optimiz. Vol. 24, pp. 497-508, 1986.