

유한기억구조 필터를 위한 윈도우 초기 상태값 계산

김수열, 김평수*

한국산업기술대학교

*pskim@kpu.ac.kr

Window Initial State Computation for Finite Memory Structure Filter

Soo Yeol Kim, Pyung Soo Kim*

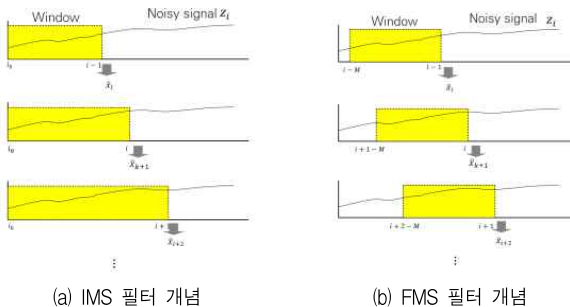
Korea Polytechnic University

요약

본 논문에선 유한기억구조 필터의 윈도우 초기 상태값을 결정하는 새로운 방법을 제안한다. 상태 추정과 윈도우 초기 상태값을 다루기 위해 주 윈도우와 보조 윈도우로 이루어진 한 쌍의 이동 윈도우를 정의한다. 주 윈도우는 상태 추정을 위한 가장 최근 필터링 윈도우로서 사용되고 보조 윈도우는 윈도우 초기 상태값을 다루기 위해 주 윈도우의 과거 윈도우로 사용된다.

I. 서론

상태 추정 문제는 관측값 기억 주기에 따라 무한기억구조(Infinite Memory Structure, IMS) 필터와 유한기억구조(Finite Memory Structure, FMS) 필터로 나눌 수 있으며, <그림 1>과 같이 IMS 필터는 초기시간부터 현재시간까지의 모든 정보를 이용하는 반면 FMS 필터는 상태 추정 시점에서 최근의 유한한 정보만을 사용하여 상태를 추정하는 것이 특징이다[1][2]. FMS 필터는 정해진 크기의 윈도우가 이동하면서 현재의 값을 측정한다. 윈도우 초기 상태값 역시 미지의 상태 변수이기 때문에 FMS 필터를 적용하기 전 미리 그 값을 정해야 한다. 따라서, 윈도우 초기 상태값의 정확도에 따라 FMS 필터의 성능이 달라지므로 이를 결정하는 것은 FMS 필터에서 중요한 문제로 다뤄진다.

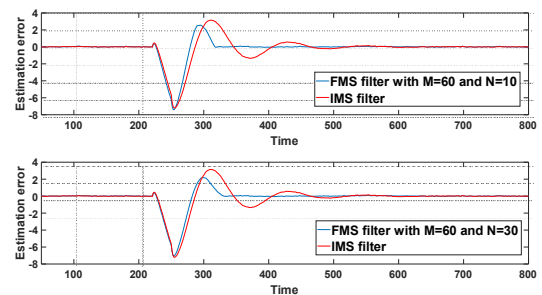


<그림 1> IMS 필터와 FMS 필터의 개념

II. 본론 및 결론

본 논문에서는 FMS 필터의 윈도우 초기 상태값을 결정하는 새로운 방법을 제안한다. 상태 추정과 윈도우 초기 상태값을 다루기 위해 주 윈도우(M)와 보조 윈도우(N)로 이루어진 한 쌍의 이동 윈도우를 정의한다. 주 윈도우는 상태 추정을 위한 가장 최근 필터링 윈도우로서 사용되고 보조 윈도우는 윈도우 초기 상태값을 계산하기 위해 주 윈도우의 과거 윈도우로 사용된다. 반면에 기존의 FMS 필터는 주 윈도우에서의 유한한 관측값 하나로 상태 추정값과 윈도우 초기 상태값을 동시에 계산한다. FMS 필터의 이득 행렬은 설계 중에 윈도우 초기 상태값을 포함하고 모든 이동 윈도우에 대해 시불변임을 보여준다. 본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통

해 불확실성이 없는 시스템에서 제안된 FMS 필터와 IMS 필터로 잘 알려진 칼만 필터를 일시적 불확실성을 가진 시스템에 적용하는 경우에 대해서 비교 분석한다. 컴퓨터 시뮬레이션에서 FMS 필터의 주 윈도우의 길이는 $M=60$ 으로 설정하고 보조 윈도우의 길이는 $N=10$ 과 $N=30$ 으로 두가지를 가정한다. Van der Pol 발진 신호 모델에 대해 불확실한 모델 매개 변수는 $220 \leq i \leq 250$ 구간에서 $\delta_i = 0.02$ 로 설정한다. <그림 2>의 결과에서 볼 수 있듯이, 모델 불확실성이 존재하는 구간에서 FMS 필터의 추정 오차는 칼만 필터의 추정 오차보다 작다. 또한, 일시적 모델 불확실성이 사라진 후 FMS 필터의 추정 오차 수렴 시간은 칼만 필터의 수렴 시간보다 훨씬 빠르다. 물론, 일시적 모델 불확실성의 영향이 완전히 사라진 후에는 칼만 필터가 FMS 필터보다 우수한 성능을 발휘한다. 따라서 FMS 필터는 강인성을 고려하지 않고 설계 되었지만 일시적 불확실성을 갖는 시스템에 적용될 때 IMS 필터인 칼만 필터보다 강인할 수 있다.



<그림 2> 시뮬레이션 결과

참고 문헌

- [1] Y. S. Shmaliy, S. Zhao, and C. K. Ahn, "Unbiased finite impulse response filtering: An iterative alternative to Kalman filtering ignoring noise and initial conditions," IEEE Control Systems Magazine, 37(5), pp. 70–89, 2017.
- [2] Pyung Soo Kim, "Diverse derivation methods and expressions of discrete-time finite memory structure filter," Engineering Letters, vol. 29, no. 2, pp658–667, 2021