

# 이산시간 상태공간모델에 대한 유한기억구조 평활기

김민희, 김준수, 김수민, 김평수\*

한국산업기술대학교

\*pskim@kpu.ac.kr

## A Finite Memory Structure Smoother for Discrete-Time State-Space Model

Min Hui Kim, Junsu Kim, Su Min Kim, Pyung Soo Kim\*

Korea Polytechnic University

### 요 약

본 논문에서는 제어 입력이 있는 이산시간 상태공간모델에 대한 FMS 평활기를 개발하였다. 제안된 FMS 평활기는 관측값과 추정값이 구해지는 시점 사이에 지연 길이에 따라 기존의 표준 FMS 필터와 동등한 것으로 나타났다. FMS 평활기를 일시적인 불확실성을 포함한 직류 전동기 시스템에 적용하여 기존 Kalman 필터, FMS 필터와 성능을 비교한다. 시뮬레이션 연구를 통해 FMS 평활기가 일시적인 불확실성을 포함한 DC 모터 시스템에 적용될 때 더 좋은 성능을 갖는 것을 확인하였다.

### 1. 서 론

IMS(Infinite Memory Structure) 필터의 대표적인 필터인 칼만 필터[1]는 반복적인 공식화와 무한기억구조로 인해 성능 저하와 발산의 가능성이 존재한다. 무한기억구조를 가진 칼만 필터의 대안으로 유한기억구조(Finite Memory Structure, FMS) 필터가 상태 추정을 위해 개발되었고 다양한 분야에 적용되었다[2]. 또한, 측정치와 추정치의 가용성 사이에 고정된 지연이 존재하는 경우에 대해 상태추정을 위한 FMS 평활기가 개발되었다[3]. 본 논문은 제어 입력이 있는 이산시간 상태 공간모델에 대한 대체 FMS 평활기를 제안한다. 제안된 FMS 평활기와 기존의 FMS 필터들과의 등과 관계 및 모의실험 기반 성능 평가를 수행한다.

### II. 본론 및 결론

FMS 평활기는 제어 입력을 가진 이산시간 상태 공간 모델에서 다른 필터를 대체하기 위해 개발되었다. FMS 평활기는 측정치와 추정치의 가용성 사이에 고정된 지연이 존재하는 경우에 적용된다. FMS 평활기는 지연시간  $i-d$ 에서 상태를 추정하기 위해서 가장 최근의 윈도우에서 유한한 측정치와 입력만을 이용해 가장 최소 제곱 기준에 따라 개발되었으며 본질적으로 무진동, 시간 불변성과 같은 강인한 좋은 특성을 보여준다. FMS 평활기는 추정 시간  $i-d$  전후에 대해 두 개의 알고리즘 결합을 요구하지 않으며 유한기억구조 덕분에 모델 불확실성, 미지의 입력, 불완전한 측정치와 같은 일시적인 불확실성에 대해 강인하다. FMS 평활기는 측정치와 추정치 가용성 사이의 지연 길이에 따라 기존 FMS 필터들과 등과 관계임을 보인다. 제안된 FMS 평활기의 우수성을 확인하기 위해 모델 불확실성을 포함한 DC 모터 시스템에 적용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 진행하였다. 각 시뮬레이션은 최소 500번의 샘플링을 하며 각 20번씩 수행되었다. 그림 1은 20번 모의 실험에 대한 회전 속도의 RMS 오차와 20개의 시뮬레이션 중 하나의 추정오차에 대한 결과이다. FMS 평활기는 일시적인 불확실성이 존재하는 DC 모터 시스템에서 칼만 및 FMS 필터보다 더 작은 오차와 빠른 수렴을 하는 것을 볼 수 있다. 또한 일시적인 모델 불확실성이 사라지고 난 뒤에 두 개의 필터와 비교하여 비슷한 성능을 지님을 확인하였다.

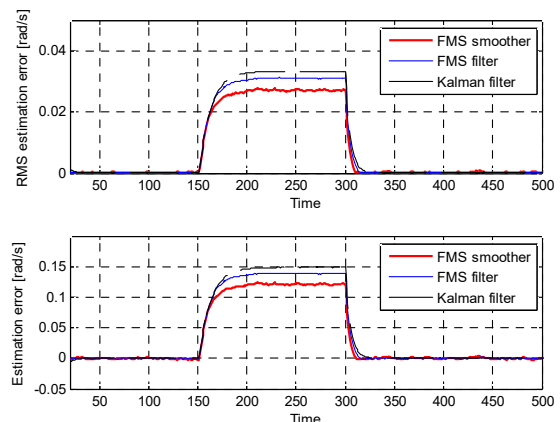


그림 1. 모의 실험 결과

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-현장맞춤형 이공계 인재양성 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017H1D8A1032103).

### 참 고 문 헌

- [1] M. Rhudy, R. Salguero, and K. Holappa, "A Kalman filtering tutorial for undergraduate students," International Journal of Computer Science & Engineering Survey, vol. 8, no. 1, pp. 1-18, 2017.
- [2] 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, vol. 37, no. 5, pp. 70-89, 2017.
- [3] Y. S. Shmaliy, Y. Neuvo, and S. Khan, "Review of unbiased FIR filters, smoothers, and predictors for polynomial signals," Frontiers in Signal Processing, vol. 2, no. 1, pp. 1-29, 2018.