

다중 충실도를 적용한 동적 시스템의 모델링 기법 연구

최선한*, 서경민*, 권세중*, 김탁곤*

Modeling methodology of dynamic system using multi-fidelity

Seon Han Choi, Kyung-Min Seo, Se Jung Kwon, Tag Gon Kim

Abstract

For a dynamic system analysis, the Modeling & Simulation methodology can be a suitable way to achieve. The Modeling means a process of abstracting the real world according to an objective and the simulation means to execute it. The fidelity is the degree of similarity between a model and the system properties being modeled. A High-Fidelity model has a high accuracy simulation result, but it takes a long time to get a result. However a Low-Fidelity model has a low accuracy simulation result, but it takes a short time to get a result. In this paper, we suggest the multi-fidelity modeling methodology for reducing simulation time without losing accuracy with using mixture of the high-fidelity model and the low-fidelity model. Suggested multi-fidelity modeling methodology consists of the multi-fidelity modeling process and the fidelity interchangeable model. In the case study, we verify the effective of suggested methodology through a simple target tracking scenario.

Key Words : 다중 충실도, 동적 시스템

1. 서론

동적 시스템의 분석을 위해 모델링 시뮬레이션 기법을 사용할 수 있다. 이때 정확한 분석 결과를 얻기 위해서는 실제계와 유사한 모델을 사용해야 하며 이 유사한 정도를 나타내는 것을 충실도라 한다. 고 충실도 모델은 시뮬레이션 결과의 정확도가 높지만 시뮬레이션 실행 시간이 많이 걸리는 단점이 있는 반면, 저 충실도 모델은 시뮬레이션 결과의 정확도가 낮지만 시뮬레이션 실행 시간이 빠르다는 장점이 있다. 본 논문에서는 각 모델의 장점을 혼합하여 시뮬레이션을 사용한 분석에서 결과의 정확성을 유지하는 동시에 시뮬레이션 수행 시간을 단축시키기 위한 다중 충실도 모델링 기법을 제안한다. 2장에서 관련 연구를 살펴보고 3장에서 제안하는 다중 충실도 모델링 기법을 설명하며 4장의 사례 연구를 통하여 제안하는 방법의 성능 향상을 확인한다. 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

다중 충실도를 고려한 M&S는 M&S 기반 학습[1]이나 M&S 기반 훈련[2] 등에 적용이 되었다. 이들 연구는 시스템 설계/검증에 초점을 맞

추어 진행되었으며 다중 충실도 기법을 제안했다기보다는 시뮬레이션 상황에 따라 저 충실도 M&S의 필요성을 언급하였다고 볼 수 있다. 실제로 M&S 기반 시스템 분석에서 다중 충실도 개념을 도입한 연구사례를 없었으며, 이러한 관점에서 본 연구는 분석 측면에 다중 충실도를 적용하는 기초 연구가 된다.

3. 다중 충실도 모델링 기법

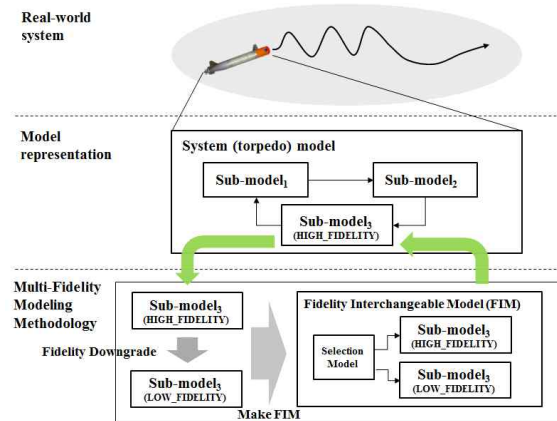


그림 1. 다중 충실도 모델링 기법

본 논문에서 제안하는 다중 충실도 모델링 기

* 한국과학기술원 전기및전자공학과

법의 전체적인 개념은 그림 1과 같다. 다중 충실도 모델링 기법을 적용할 고 충실도 모델을 선택하고, 이를 기반으로 충실도 감소 과정(Fidelity Downgrade)을 통하여 저 충실도 모델을 개발한다. 개발한 저 충실도 모델과 기존의 고 충실도 모델을 조합하여 다른 모델의 수정 없이 기존의 고 충실도 모델을 대체하는 Fidelity Interchangeable Model(FIM)을 구성한다. FIM의 구조는 그림 2와 같다.

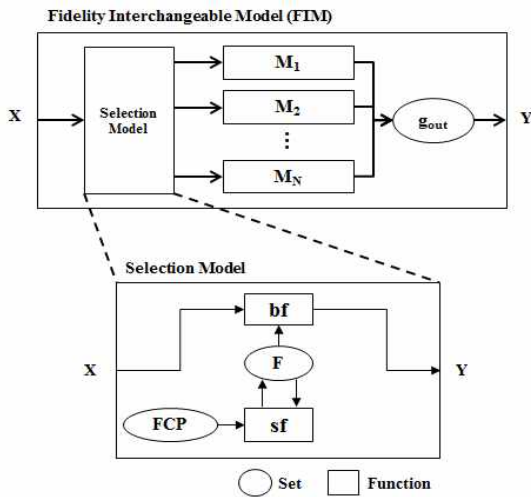


그림 2. FIM의 구조

FIM은 다양한 충실도를 가진 내부 모델들과 Selection Model(SM), 출력 변환함수로 이루어진다. SM은 입력 전달 함수(bf)를 통하여 FIM의 입력을 현재 충실도(F)에 따라 선택된 모델로 변환해서 전달하고, 충실도 변경 함수(sf)를 통하여 충실도를 변경하는 역할을 한다. FCP는 충실도를 변경하는 지점으로 충실도 상태 변수와 그 변수의 충실도 변경 지점으로 이루어져 있으며 적용되는 사례에 따라 다양하게 지정될 수 있다.

4. 사례 연구

본문에서 제안한 다중 충실도 모델링 기법을 어뢰 표적 추적 성공률을 측정하는 추적 모델내의 어뢰 기동 모델에 적용하였다. 기존의 기동 모델은 수중 물체의 기동을 묘사하는데 사용되는 고 충실도 모델인 6자유도 기동 모델[3]로 이루어져 있다. 그림 3에 충실도 감소 과정을 적용하여 기존 모델에서 저 충실도 모델인 질점 기동 모델을 생성하는 과정이 나타나 있다. 6자유도 기동 모델과 질점 기동 모델을 조합하여 기동 FIM을 구성하였으며 이때 FCP로 '어뢰와 목표 사이의 거리'로 지정하며 변경 지점의 값을 3000m로 정하였다. 즉 기동 FIM은 어뢰와 목표 사이의 거리가 3000m가 되는 순간 모델의 충실도를 바꾼다.

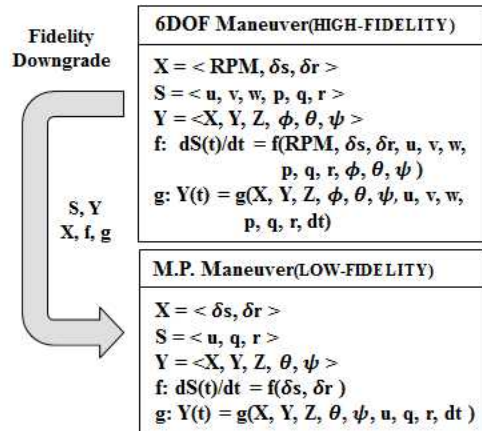


그림 3. 충실도 감소 과정 적용

아래 표 1은 기존 모델을 기동 FIM모델로 대체하여 시뮬레이션을 진행하였을 때 어느 정도 시뮬레이션 성능 향상이 있었는지 확인한 결과이다. 다중 충실도 모델링 기법을 적용했을 때 기존의 모델에 비하여 정확도를 유지하면서 약 1.75배의 시뮬레이션 성능 향상이 있었음을 확인하였다.

표 1. FIM을 적용하였을 때의 시뮬레이션 결과

	기존 모델	기동 FIM
추적 성공률	1	0.966
실행 시간	280	160

5. 결론

본 논문에서는 다중 충실도 모델링을 적용하기 위한 FIM을 제안하였으며 이는 기존의 고 충실도 모델을 그대로 대체하여 다른 모델을 수정하지 않고 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 사례 연구를 통하여 정확도를 유지하면서 시뮬레이션 성능을 향상시킴을 확인하였다. 추후 연구로는 이를 이산 사건 시스템으로 확장한다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소 핵심연구사업의 지원으로 수행되었습니다. (계약번호 UD110037DD)

참고문헌

- [1] 류언나, 하은호, 조진영, "High-fidelity 와 Multi-mode 시뮬레이션을 이용한 학습 효과 비교: 심정지 환자 응급간호 적용", 대한간호학회 논문지, 제 43권, 제 2호, pp. 185-193, 2013.
- [2] 김창주, 양창덕, 김승호, 황창진, "Indirect Method를 이용한 헬리콥터 기동비행 해석-Part II. High Fidelity 헬리콥터 모델링의 사용 가능성", 한국항공우주학회 논문지, 제 36권, 제 1호, pp. 31-38, 2008.
- [3] Fossen, T.I., Guidance and control of ocean vehicles, John Wiley & sons, New York, NY, pp. 447-452, 1994.