

## 다층 공간 시뮬레이션을 위한 동적시스템의 구조화

### Structuring Dynamic Systems for Multi-method Space Simulation

○김 석 태\*  
Kim, Suk-Tae

#### Abstract

When direct experimentation isn't possible, modeling is an effective problem-solving method. Discrete Event Simulation (DES) in architectural models represents procedural relationships in physical spaces, like production lines. However, DES often overlooks human behaviors and social relationships in architectural spaces. Agent-Based Modeling (ABM) complements DES by modeling these behaviors and integrating them for more realistic outcomes. Despite differences, there's limited research on integrating ABM with pedestrian-based DES for architectural spaces. This study aims to enhance utility by creating an empirical model of exhibition spaces with DES and ABM in a layered composite simulation.

키워드 : 전시공간, 동적시스템, 다층 시뮬레이션, 이산사건 시뮬레이션, 행위자 기반 모형

Keywords : Exhibition Space, Dynamic System, Multilayer simulation, Discrete event simulation, Agent based model

#### 1. 서론

이산사건 시뮬레이션(이하 DES)은 특정한 이동(사용)절차를 가진 공간의 기계적 분석에 유용하지만, 인간의 개별적 행동이나 사회적 활동을 반영하기 어려워 분석이 실제의 상황과 괴리되고 극대화될 수 있다. 이에 인간(행위자)의 행동을 모델링하는 행위자 기반 모델(이하 ABM)을 결합한 다층 시뮬레이션을 제안하고자 하였다.

#### 2. 다층화 복합 시뮬레이션

모델링은 실제 세계에서 발생하는 문제를 해결하는 방법으로, 실제 시스템을 사용한 프로토타이핑이나 실험이 비싸거나 불가능한 경우, 모델링을 이용해 시스템을 구현하기 전 최적화할 수 있다.

모델은 분석모델과 시뮬레이션 모델로 구분할 수 있다. 분석적(또는 정적)모델에서 결과는 입력되는 여러 매개변수에 따라 달라지며 스프레드시트에서 이러한 모델을 구현할 수 있다. 그러나 분석 솔루션이 항상 존재하는 것은 아니므로 답을 찾기가 매우 어려울 수 있다. 이 경우 시뮬레이션(동적 모델링)이 적용될 수 있다. 시뮬레이션 모델은 현재 상태에 따라 시스템이 미래에 어떻게 변할지를 정의하는 일련의 규칙(예: 플로우차트, 스테이트머신, 셀룰러 오토마타)을 포괄하는 개념이다. 일반적으로 시간적 역학(time dynamics)이 중요한 복잡한 문제는 시뮬레이션 모델링이 더 나은 해답이 될 수 있다.(Borshchev 2004)

최근 시뮬레이션 연구 및 실무에 적용되고 있는 두 가지 주요 흐름으로는 이산사건 시뮬레이션과 행위자 기반 모형이 있다.(Wu, 2009)

이산사건 시뮬레이션(DES)의 활용도는 산업, 군사를 비롯한 학계 전반에서 잘 나타나 있다. 그러나 DES를 사용하여 시뮬레이션하기가 매우 어려운 특정 상황도 있다. 개체의 자유로운 이동이나 매우 상세한 이동패턴이 필요한 모든 모델은 DES로 시뮬레이션하거나, 개별 엔터티의 실시간 결정을 모델링하는 것은 매우 어렵다. DES에서 인간(행위자)의 주요 제한은 시뮬레이션 세계에서 개체의 이동과 기능의 일반성에 관련되어 있다.(Dubiel & Tsimhoni, 2005) 반면에 ABM(행위자 기반 모형)은 에이전트의 자율성과 행동을 고려하여 복잡한 상호작용을 모델링이 가능하여 실제세계의 복잡한 현상을 보다 정확하게 모사할 수 있게 해준다.

DES와 ABM, 두 가지 모델을 결합시키면 건축물 내에서의 인간의 사회적 행동을 보다 실제적인 모델링이 가능하다. 이와 관련한 연구는 수년전부터 이루어졌으나, 건축공간 특히 보행자 기반 DES에서는 사례가 많지 않다.

DES는 모델링의 중점이 프로세스 흐름에 있으며, ABS에서는 시스템 내의 개별 엔터티 및 그들의 상호작용에 중점이 있다는 점에서 전통적인 DES와 ABS 간의 주요 차이가 있다.(Majid. et al., 2009)

두 모델은 동적시스템이라는 공통점이 있으므로, 시간 기반의 동적 변수의 동기화가 가장 중요한 이슈가 된다.

#### 3. 다층구조 모델 구축

##### 3.1 실험환경 및 예시모델

공장의 생산라인이나 건강검진센터의 검사과정과 같이 필수 이동동선과 엄격한 절차를 가진 공간도 있고 광장이

\* 인제대 실내건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Interior Architecture, Inje University, demolish@inje.ac.kr)

이 연구는 2019년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2019R111A3A01058657

나 쇼핑물과 같이 개별적으로 자유로운 이동을 하는 공간도 있다. 하지만 대부분의 공간은 일정한 암시적 이용절차에 따른 이동규칙과 그 안에서 자유로운 개별적 행동패턴이 공존한다. 이러한 양면성을 가장 균형적으로 보여주는 공간 중의 하나가 전시공간이다. 전시공간은 설계자가 특정한 루트로의 동선을 유도하지만, 관람객은 자신의 선택에 따라 자유로운 개별행동을 허용받는 공간이다. 이에 예시모델은 부산에 위치한 E전시관 계획안으로 설정하였다.

### 3.2 복합시뮬레이션을 위한 동적 모델 설계

시퀀스 기반의 DES와 마찬가지로 ABM의 StateChart 또한 시퀀스를 가지고 있기 때문에 두 시뮬레이션이 공존할 때 시퀀스에서 충돌이 발생하게 된다. 이에 측정 변수를 ABM측에서 관리하고 DES는 동적변수로 동기화 하는 방법을 선택하였다. 이는 엔티티의 개별행동을 각각의 데이터셋으로 관리함으로써 시스템의 구체적인 관찰과 평가가 가능하다는 이점도 있다.

관람자(행위자)행동을 모델링한 StateChart는 그림1과 같이 구성하였다. 이동상태, 대기상태, 관람상태, 포기(Cancel)상태, 탈출상태로 구분하여 각 상태의 전환은 DES의 Flowchart Block에서 메시지를 전달받는 구조이다.

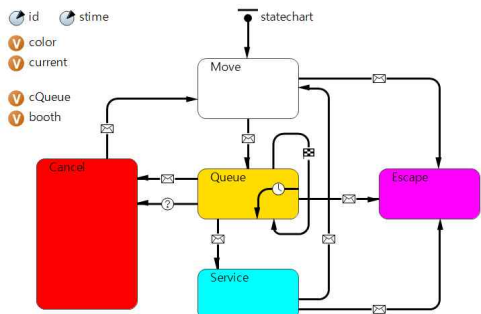


그림1. 관람자의 행동모델 StateChart(ABM)

DES는 표준 관람절차를 프로그래밍하였다. 한 개의 전시 아이템(booth)은 이동과 서비스로 구성되며, 각 부스는 서비스시간, 최대 대기자 허용수, 서비스 장소와 동시 서비스 능력(개수), 대기장소의 변수를 가진다. 이를 DES로 Flowchart block을 구성하면 네트워크가 지나치게 복잡해지므로, 각 부스를 변수와 블록을 포함한 하나의 모듈로 패키징하여 다음과 같이 명료화하였다.

### 4. 분석 및 평가

DES에서는 엔티티 생성(PedSource)에 발생시간을 기록하고 이를 최종 소멸(PedSink)에서 제외하여 관람소요시간을 기록하고, ABM측에서는 개별 에이전트에 시간변수를 기록한 후, 두 값을 비교하여 일치함을 확인하였다. 이는 두 모델의 시간별 동적변수의 동기화가 이루어졌음을 의미한다.

그림2는 시뮬레이션 화면이다. 각 에이전트의 State는 색상으로 표시되고, ID, 패스된 부스의 수, 목적 부스의 대기자 수와 허용대기자수가 표시된다. 시뮬레이션 결과 공간의 밀도는 그림3과 같다.



그림 2 시뮬레이션 화면

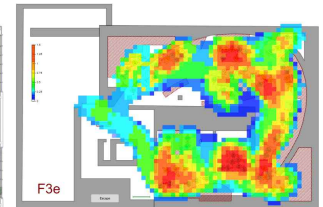


그림3. 관람자 밀도

시뮬레이션 결과 100명의 관람객 25명만이 모든 부스를 통과하였으며. A1부스 36명, C부스 34명, E부스 8명, B부스 1명이 패스를 했다. 따라서 A1부스와 C부스의 전시효율을 증강시킬 필요가 있다. 예를 들면 전시면적이나 동시 체험자수 증가, 체험시간단축 등의 조치가 필요하다.

그림4는 DES측에서 각 부스의 대기자수를 시계열로 표시한 것이며, 그림5는 ABM측에서 개별 에이전트의 관람소요시간을 추출한 것이다.

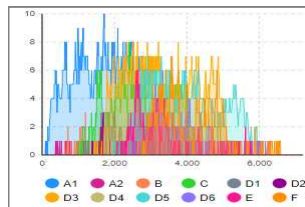


그림4. 부스별 대기자수 (DES측정)

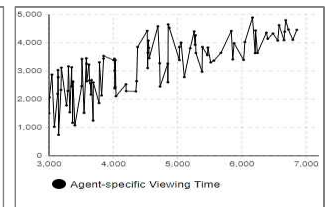


그림5. 에이전트 개별 관람소요시간(ABM측정)

### 5. 결론

동적변수의 시간적 동기화를 통해 다층 시뮬레이션을 구축하였다. 이를 통해 물리적 공간 일련도의 기계적 DES에 의한 극단적이고 비현실적 상황을 보완하여 인간의 사회적 행동을 반영한, 보다 실제적인 시뮬레이션 모델을 구축할 수 있었다.

### 참고문헌

- Borshchev, A., Filippov, A. (2004, Jul). From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society, Vol. 22, 25-29.
- Wu, S. (2009). Agent-Based discrete event simulation modeling and evolutionary real-time decision making for Large-scale systems, Doctoral dissertation, University of Pittsburgh.
- Dubiel, B., Tsimhoni, O. (2005, Dec). Integrating agent based modeling into a discrete event simulation. In Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005, 1029-1037. IEEE.
- Majid, M. A., Aickelin, U., Siebers, P. O. (2010). Comparing Simulation Output Accuracy of Discrete Event and Agent Based Models: A Quantitative Approach. arXiv preprint arXiv:1001.2170.