

태스크 기반 테스트 모델의 군집 적응형 시스템 적용 타당성 연구*

이정현⁰¹ 임유진² 지은경¹ 배두환¹

¹한국과학기술원 전산학부, ²오라클 코리아

chlee@se.kaist.ac.kr, yoo.jin.lim@oracle.com, {ekjee, bae}@se.kaist.ac.kr

A Feasibility Study of Verification on a Task-based Test Model for Collective Adaptive Systems

Cheonghyun Lee⁰¹ Yoo Jin Lim² Eunyoung Jee¹ Doo-Hwan Bae¹

¹School of Computing, KAIST, ²Oracle Korea Co., Ltd.

요 약

군집 적응형 시스템(Collective Adaptive System, CAS)은 다수의 에이전트를 포함하는 자가 적응형 시스템이다. 협업을 기반으로 하는 CAS는 서로 다른 기능을 수행하는 에이전트들 간의 상호작용에 대한 테스트가 필수적인데, 본 연구에서는 CAS를 검증하기 위한 하나의 방법으로 태스크 기반의 테스트 모델을 적용하여 모델 기반 테스팅을 하는 것에 대한 타당성을 분석하고, 향후에 보완해야 할 점들을 기술하였다. 분석을 위해 CAS의 한 사례로 스마트 홈 시스템을 적용하였다.

1. 서론

군집 적응형 시스템(Collective Adaptive System, CAS)은 다수의 에이전트를 포함하는 자가 적응형 시스템으로, 작업 환경의 변화에 따라 적응하고, 공동의 목표 달성을 위해 에이전트간 협업을 수행하는 시스템이다 [1]. CAS는 협업을 기반으로 하기 때문에, 각각 다른 목표와 기능을 수행하는 에이전트들 간의 상호작용에 대한 테스트가 필수적이다. 기존에는 다수의 에이전트를 포함하는 멀티에이전트 시스템(Multi-Agent System, MAS)을 대상으로 에이전트간 모든 통신을 감시하여, 전달이 잘 되는지 여부를 검증하거나 [2], 테스트 중인 MAS를 표현한 온톨로지와 객체 제약 언어(OCL)을 사용하여, 시스템에서 의도하였던 메시지를 정확하게 전달하는지 검증하는 연구가 진행되어 왔다 [3]. 이러한 연구들을 바탕으로, CAS에서 에이전트 간 상호작용에 대한 테스트를 위한 기법으로, 단일 시스템 내에서의 컴포넌트 간 상호작용 테스팅에 대한 연구를 고려할 수 있다 [4]. 본 연구에서는 기존 연구 [4] 에서 제시된 단일 시스템 내에서의 컴포넌트 간 상호작용 테스팅 기법을 CAS에 적용하기 위한 타당성을 검토한다. 이를 위해, 본 논문에서는 CAS의 한 예제로 스마트 홈 시스템을 검증 기법에 적용하였고, 그 결과 기존 태스크 모델을 CAS에 적용 시에 각 에이전트에 대한 부가적인 정보가 필요하다는 것을 알 수 있었다.

* 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원[R0101-15-0144, (엑소브레인-4세부) 자율 지능형 지식/기기 협업 프레임워크 기술 개발]과 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2013R1A1A2058618, 안전 필수 소프트웨어 FBD 모델 대상 자동화된 테스트 케이스 생성)

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 사례 연구로 사용할 스마트 홈 시스템과, 태스크 모델(Task Model) 및 이를 표현하기 위한 방법인, Concur Task Trees (CTT)에 대하여 서술한다. 3장에서는 태스크 모델을 이용하여 테스트 모델(Test Model)을 끌어내는 과정을 소개하고, 이후 사례 연구를 통해 주어진 기법을 적용하는 과정을 기술한다. 마지막으로, 4장에서 결론 및 향후 연구를 기술한다.

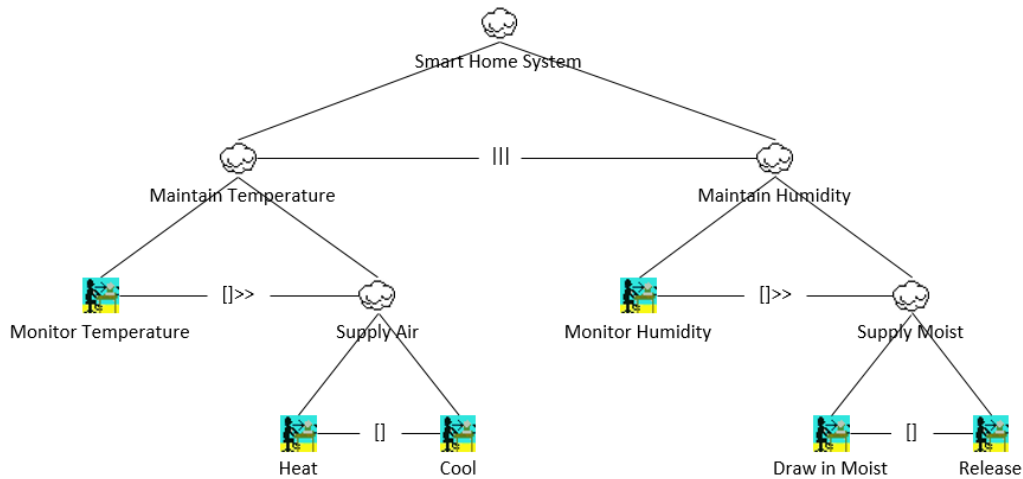
2. 배경지식

2.1. Smart Home System

스마트 홈 시스템(Smart Home System)은 집 안에 설치되어 있는 스마트 기기들의 동적 변경을 통해 사용자에게 편의를 제공해 주는 시스템이다. 네트워크 상에 연결되어 있는 공기청정기, 에어컨, 히터, 제습기 등의 에이전트들이 모여 하나의 시스템을 형성하는 것이다 [5]. 본 연구에서는 Task Model을 설명하기 위해, 스마트 홈 시스템을 사례로 활용한다. 이 시스템은, 건강이 좋지 않은 환자를 위해 집안의 온도 및 습도를 적절하게 유지하는 것을 목표로 하며, 스마트 홈 시스템 내에 온도와 습도를 자유롭게 조절할 수 있게 에어컨, 히터, 가습기 및 제습기가 설치되어 있다고 가정한다.

2.2. Task Model

태스크 모델은 상호작용 소프트웨어 시스템 (Interactive Software System) 에서 각 에이전트 및 협업에 대한 목표 지향 요구사항을 분석하기 위한 모델링 기법이다 [6].



[그림 1] 스마트 홈 시스템의 태스크 모델을 표현한 CTT Diagram

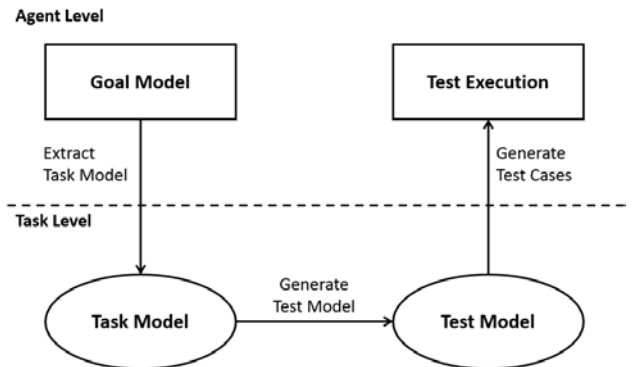
태스크는 시스템에 대한 목표(Goal)를 기반으로 하여 정의하며, 목표를 이루기 위한 과정을 태스크 모델의 종속된 태스크인 서브태스크(Subtask)로 정의한다. 태스크와 서브태스크의 관계는 트리 형태로 표현할 수 있으며, 가장 상위에 있는 태스크가 해당 시스템의 목표가 된다. 이렇게 목표를 기반으로 하여 설계한 태스크 모델은 추후 각 시스템의 목표와, 협업을 통한 목표를 검증하기 위한 테스트 케이스 생성을 할 수 있는 테스트 모델을 만드는 데 사용할 수 있다 [4].

2.3. Concur Task Trees

Concur Task Trees (CTT)는 태스크 모델을 표현하기 위한 기법 중 하나로, 이를 사용하여 목표 지향 모델을 이해하기 쉽게 시각적으로 표현할 수 있다 [7]. [그림 1]은 스마트 홈 시스템의 목표를 “환자에게 맞는 최적의 온도와 습도를 유지한다”로 정하고, 각 에이전트의 역할을 기초로 하여 공동의 목표를 달성하기 위한 태스크 모델을 CTT로 표현한 다이어그램이다. CTT는 시스템의 각 작업을 트리 형태로 표현하는 것뿐만 아니라, 한 작업과 다른 작업간의 실행 순서 및 관계를 시간 연산자 (Temporal Operator)를 사용하여 세밀하게 표현할 수 있다 [8].

[그림 1]에서와 같이, 스마트 홈 시스템은 크게 Maintain Temperature와 Maintain Humidity 작업으로 분류할 수 있다. 이 두 작업은 연산자 (|||)가 표현하듯이, 실행 순서와 상관 없이 각각 독립적으로 실행한다. 반면에, Maintain Temperature 하위에 있는 Monitor Temperature 작업은, Supply Air 작업을 실행하도록 한다. 따라서, Supply Air 작업은 Monitor Temperature 작업에 종속적이라고 할 수 있다. 마지막으로, Heat과 Cool 작업은 동시에 실행되어서는 안 되는 상반된 작업이기에, 배타적인 작업을 나타내는 연산자 []로 표현하였다. [그림 1]에서 아이콘은 태스크를, 구름 아이콘은 추상화된 태스크를 의미하는 것으로, 하위의 작업들을 단순히 포함하는 의미만을 가진 경우에 사용한다.

3. 태스크 모델 기반 테스트 모델



[그림 2] CAS 대상 태스크 기반 테스트 케이스 생성 절차

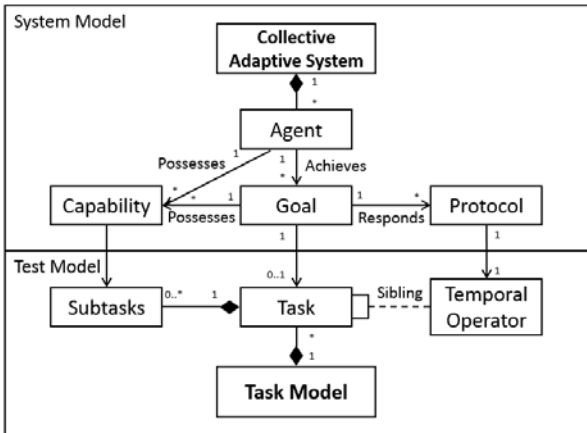
3.1. Interaction Testing

[그림 2]는 CAS를 검증하기 위하여 목표 모델(Goal Model)로부터 태스크 모델을 정의하고, 그로부터 테스트 모델을 생성한 후, 테스트 모델을 기반으로 테스트 케이스를 생성하는 과정을 보여준다. 관련 연구에서는 수행한 태스크의 수를 기준으로 하는 태스크 커버리지를 소개하였다 [4]. 본 논문에서는 관련 연구에서와 같이 태스크 커버리지를 사용하지만, 두 태스크의 현재 실행 상태를 이용하여 테스트 케이스를 생성한다. 예를 들면, Heat 작업에 대한 테스트 케이스는 해당 태스크를 수행하기 위한 Monitor Temperature를 수행한 후, Heat 작업을 수행하는 것이고, 이와 마찬가지로 Cool 작업에 대한 테스트 케이스는 Monitor Temperature를 수행한 후 Cool 작업을 수행하는 것이다.

3.2. 확장 및 고려사항

[그림 3]은 CAS에 포함되어 있는 에이전트들로부터 목표 모델을 정의하고, 이를 기초로 하여 테스트 모델을 생성하기 위한 태스크 모델을 매핑하는 과정을 보여주는 그림이다. [그림 1]의 태스크 모델을 생성하기 위하여, [그림 2]에서와 같이, 검증 시스템은 시스템 모델에서 목표 모델을 참고하고,

서브태스크를 추가하고, 시간연산자를 사용하는데, 이러한 관계가 [그림 3]의 하단에 있는 Test Model 부분에 표현되어 있다.



[그림 3] CAS에서 시스템 모델과 테스트 모델간 매핑

기존 연구에서는[6] 하나의 시스템 내에 있는 다양한 컴포넌트간의 상호작용을 테스트 하는 것이기에, 태스크 모델만으로 테스트 모델 매핑이 가능하였다. 하지만, CAS에 대한 태스크 모델은 협업을 통한 목표에 대한 태스크 모델이기에, 테스트 모델로 매핑하기 위해서는, [그림 3]의 시스템 모델에서와 같이 CAS와 각 에이전트가 수행할 수 있는 태스크에 대한 정보들을 제공하여 목표 모델과 태스크 모델 생성시에 참고하여야 한다. 아래 표는 시스템 내의 에이전트들이 태스크로서 수행할 수 있는 역량(capabilities)을 정리한 목록이다.

Agent	Capability
Thermometer	Monitor Temperature
Heater	Heat
Air Conditioner	Cool
Hydrometer	Monitor Humidity
Dehumidifier	Draw in Moist
Humidifier	Moist

[표 1] 스마트 홈 시스템 내 각 에이전트의 역량

검증 시 [표 1]의 정보를 참고하여, CAS 시스템 검증 시에 태스크를 수행하기 위한 해당 에이전트를 찾을 수 있게 된다. 이를 통해, 아래 [표 2]와 같이, 대상 에이전트를 지목하고, 테스트에 필요한 함수들을 호출 할 수 있다.

Test Case	Task	Test Sequence
1	Heat	Thermometer.MonitorTemperature() Heater.Activate() Heater.Heat()
2	Cool	Thermometer.MonitorTemperature() Cooler.Activate() Cooler.Cool()

[표 2] 태스크 Heat과 Cool에 대한 테스트 케이스

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 자율성을 가진 에이전트들이 모여 협업을 통해 목표를 수행하고, 환경에 적응하는 시스템을 검증하기 위한 테스트 모델로, 태스크 모델을 사용하는 것에 대한 타당성을 분석하였다. 태스크 기반 테스트 모델과 더불어 해당 CAS내 에이전트들의 태스크 수행 능력과 같은 부가적인 정보를 제공하면 태스크 기반 테스트 모델로부터 CAS에 대한 테스트 케이스를 생성할 수 있는 가능성을 확인하였다. 향후 연구에서는 CAS 대상 태스크 기반 테스트 모델로부터 테스트 케이스를 자동 생성하는 방안을 개발하고자 한다.

5. 참고 문헌

- [1] S. Kernbach, T. Schmickl and J. Timmis, "Collective Adaptive Systems: Challenges Beyond Evolvability," *arXiv preprint arXiv:1108.5643*, 2011.
- [2] A. L.-A. a. A. S. A. Botía, "ACLANalyser: A Tool for Debugging Multi-Agent Systems," in *Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence*, 2004.
- [3] A. P. a. P. T. D. C. Nguyen, "A Goal-Oriented Software Testing Methodology," in *Agent-Oriented Software Engineering*, 2007.
- [4] S. Benz, "Combining Test Case Generation for Component and Integration Testing," in *3rd International Workshop on Advances in Model-based Testing*, New York, 2007.
- [5] T. Edwards and S. Sankaranarayanan, "Intelligent Agent based Hospital Search & Appointment System," in *2nd International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human*, 2009.
- [6] F. Paternò, "Task Models in Interactive Software Systems," in *Handbook of Software Engineering & Knowledge Engineering: Fundamentals*, River Edge, World Scientific Publishing, 2001, pp. 817-836.
- [7] F. Paternò, C. Mancini and S. Meniconi, "ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models," in *Human-Computer Interaction INTERACT'97*, Sydney, 1997.
- [8] F. Paternò, "ConcurTaskTrees: An Engineered Approach to Model-based Design of Interactive Systems," *The Handbook of Analysis for Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates, p. 483-500, 2002.