

내제된 행위 유발 가능성을 활용하는 사용자 행동 시뮬레이션 기술의 개발에 관한 연구

이윤길[†], 박창훈^{**}, 임동혁^{***}

A Study on the Development of the User Behavior Simulation Technology Using a Perceived Action Possibilities

Yun-Gil Lee[†], Chang-Hoon Park^{**}, Dong-Hyuk Im^{***}

ABSTRACT

In architectural design, the user is one of the most important factors for the design task as well as the standard for evaluating the value of the built environment after its construction. Recently, accidents, such as fires and breakdowns, in huge and complicated buildings have increased the importance of user behavior simulation. The Korean government has tried to establish a regulation for the prevention of accidents in the built environment. This is regarded as a significant step forward for providing a safer and more appropriate environment for users. However, the existing technologies related to analyzing user behavior only simulate simplified situations. Such simulations are not enough to evaluate accurately the designed alternatives because buildings and spaces contain more complicated information than what we have conventionally considered. Thus, we propose that the advanced agent can interact with the architectural context. It can understand not only the physical situation but also how the users affect this situation. In order to realize this, we adopted the concept of affordances as the perceived action possibilities for the simulation environment.

Key words: User Behavior Simulation, Building Information Modeling, Affordance, Ontology, Reasoning

1. 서 론

정보가시화 분야에서 전산 기술을 이용한 방법들에 대한 연구는 하나의 중요한 연구 주제로서 이는 관련 응용분야 발전에 중요한 도움이 될 수 있다. 그 중의 하나로서 건축분야에서는 디자인된 설계 안을 컴퓨터를 기반으로 모델링하고 이를 가시화하는 것은 이

미 건축실무의 일반화된 디자인 과정으로 채택되고 있다. 왜냐하면 3차원적인 이미지로 향후 건축될 건축공간에 대한 형상을 전달하는 것이 2차원적인 스케치나 이미지로 표현하는 것 보다 건축주와 다른 협업 자들에게 건축가의 의도를 보다 쉽고 효과적으로 전달할 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라 컴퓨터 기술은 건축물의 성능을 시뮬레이션 하여 디자인된 설

* Corresponding Author : Yun-Gil Lee, Address: (336-795) 304, JoHyungKhaHak-Khan, Hoseo University, BaeBangMyun, Asan, ChungNam, Korea, TEL : +82-41-540-5784, FAX : +82-41-548-5126, E-mail : yglee@hoseo.edu

Receipt date : Jun. 3, 2014, Revision date : Oct. 1, 2014
Approval date : Oct. 7, 2014

[†] Assistant Professor, Department of Architecture, Hoseo University

^{**} Associate Professor, Department of Game Engineering, Hoseo University
(E-mail : chpark@hoseo.edu)

^{***} Assistant Professor, Department of Computer Science, Hoseo University
(E-mail : dhim@hoseo.edu)

* This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2012S1A5A2A03034747)

계안의 타당성을 검토하는데 쓰이기도 한다. 건축물의 물리적인 형상을 통하여 만들어진 성능(공간, 빛, 열, 음, 에너지, 환경, 구조 등)들을 일정한 기준에 따라서 컴퓨터로 연산하고 가시화하는 것을 말한다. 최근 친환경 건축물에 대한 관심이 높아지면서 이와 같은 노력은 점차 증대되고 있다. 이러한 노력에도 불구하고 건축공간은 다양한 정보를 포괄적으로 포함하기 때문에 건축공간의 성능을 분석하고 평가하기 위한 기술은 계속 개발될 필요가 있다. 특히, 건축물의 성능을 결정하는 중요한 요소인 사용자와 사용자의 행위에 대한 검토기술의 개발 및 활용은 미비한 실정이다. 피난 동선 시물레이션과 같은 초보적인 기술이 개발되어 사용되고 있지만 건축공간상에서 벌어지는 복잡한 현상을 지나치게 단순화하여 시물레이션하기 때문에 결과의 활용가치가 높지 않다고 판단된다.

본 연구는 건축적인 다양한 상황과 상호작용하는 고도화된 에이전트를 제안한다. 건축공간이 가지고 있는 물리적인 상황뿐만 아니라 물리적인 상황 및 사용자의 상황에 따라 달라지는 공간의 의미를 이해하고 이에 따라서 행동을 결정하는 에이전트를 기반으로 한 시물레이션 환경을 개발하고자 한다. 이는 일종의 적응형 NPC(Non-player Character) 기술에 일환으로 기존의 FSM(Finite State Machine)기술을 기반으로 한 NPC 주행을 보다 현실성 있도록 하기 위한 기반 데이터모델링 기술로 활용 될 수 있다[14]. 본 연구는 연구자의 사전연구의 계속연구에 해당하는 것으로서 사전연구에서 고려되지 않았던 상황에 따른 공간정보의 잠재적인 정보의 데이터모델링 및 이를 통한 시물레이션을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 먼저 건축 공간 정보의 특징을 이론과 사례를 중심으로 분석하였다. 분석된 결과를 중심으로 이를 데이터모델링하고 상황에 따른 공간정보의 의미를 추론하고 이를 사람형태의 에이전트가 행동결정을 위한 정보로 사용하는 시물레이션 기술을 제안한다. 특히, 본 연구에서는 Norman(1999)이 말한 Affordance의 내제된 행위유발 가능성(Affordances as perceived action possibilities)에 대한 정보모델링 및 시물레이션을 주로 하여 연구를 진행하였다[9]. 본 연구의 향후 사용자 행위 분석 시스템에 활용될 정보모델과 추론기술을 제시하여 본 연구가 추구하는 궁극적인 목표인 고도화된 사용자

시물레이션의 실현가능성을 모색하고 검토하는 것에 주안점을 두고 연구가 진행되었다.

2. 연구의 배경

Wagner(1979)는 ‘건축물을 디자인한다는 것은 사용자 행동(activity)을 위한 환경(settings)을 디자인하는 것이며 이러한 환경을 디자인하기 위해서는 계속적으로 변화하는 상황에 따른 행위에 대한 것을 반드시 고려해야한다.’라고 그의 저서에서 말하고 있다.[13] 그의 말에서도 알 수 있듯이 건축공간에서 사용자의 행위는 매우 중요한 가치로서 건축물의 가치를 결정하는 지배적인 요소 중의 하나라고 할 수 있다. 일반적으로 건축가는 자신의 경험 또는 건축법규를 기반으로 건축물과 건축물을 사용하는 사용자의 행위에 대한 디자인하게 된다. 이는 전통적인 건축 디자인의 방법으로서 건물을 사용하는 사용자들이 경험하는 일상적인 상황에 대하여는 어느 정도 고려가 될 수 있으나 위급상황 및 특수한 경우를 고려할 수 없기 때문에 때로는 화재 등과 같은 대형사고로 이어지고 있다. 또한 한번 부호화된 건축법규는 쉽게 바뀌지 않기 때문에 빠르게 변화하는 사회와 사용자의 요구에 적절하게 대응하기 어려운 점이 있다.

컴퓨터 기술의 발달은 보다 효과적인 사용자 행위에 대한 검토 및 예측을 가능하게 하였다. 사람의 형상의 에이전트와 디지털화된 건축 공간에 대한 정보를 이용하여 디자인된 공간이 향후 어떻게 사용되는지 시물레이션 할 수 있게 되었다. 이는 컴퓨터를 기반으로 디자인된 공간정보를 가상공간 화하여 이를 검토하는 기법으로서 건축물의 대형화 및 복잡화에 따라 그 수요가 점점 늘어나고 있는 실정이다. 예를 들어 2011년 3월에 제정되고 2012년부터 시행되고 있는 초고층 특별법에서는 초고층 건축물(50층 이상 또는 높이 200m이상)과 지하연계 복합건축물(1일 수용인원 5천명 이상으로 지하역사 또는 지하도 상가와 연결된 건축물)을 설계할 때는 건축허가 이전에 사전재난영향성 검토협의 등을 수행하도록 되어 있다. 또한 최근 사회적 약자에 대한 사회적인 관심의 증대에 따라서 지난 2008년부터 시행된 장애물 없는 생활환경(Barrier Free)인증제도는 ‘교통약자법’, ‘편의증진법’ 및 국토해양부의 ‘장애물 없는 생활환경 인증제도 시행지침’에 의거한 것으로서 장애인,

고령자, 임산부 등이 각종 시설물에 접근 이동하는데 불편함이 없도록 하는 취지로 시행되고 있다[15].

3. 이론 및 사례 연구

3.1 건축공간정보의 사회성

건축공간은 인간의 삶을 담은 그릇이라고 말한다. 물리적인 건축물들이 만들어 내는 공간을 통하여 인간의 행위가 규정되고 생활이 이루어진다. 건축 디자인에서 흔히 이야기하는 열림(void)과 닫힘(solid)은 물리적인 형상 정보이면서 환기, 열, 음향 등의 다양한 정보와 밀착되어 있다. 따라서 건축공간의 물리적인 특성은 연관된 다른 정보와 결합되어 의미가 부여된다. 또한 이러한 의미들이 사용자의 행위 결정에 영향을 미치게 된다. 특히, 본 연구에서 주목하는 것은 물리공간이 만들어내는 사회적인 현상이다. 건축공간은 형태적으로는 규모가 상대적으로 큰 조형물과 같으나 건축공간의 본질은 조형물과는 완전히 다르다. 조형물은 외관이 주는 심미적인 영향을 주된 목적으로 하나 건축물은 조형물이 만들어 내는 빈 공간에 주목한다. Kalay와 Marx(2001)는 건축물의 디자인은 장소 만들기(Place-making)의 과정으로 규정하였다. 건축물을 설계한다는 것은 물리적인 형상 자체의 생성이라기보다는 사용자 및 사용자와 관련된 사회적이고 문화적인 공감대를 바탕으로 바람직한 행위를 도모하기 위한 과정으로 설명할 수 있는 것이다[5].

일찍이 Hiller와 Hanson(1984)은 그의 저서에서 공간이 가지는 사회적인 현상에 주목했다. 공간의 외관상 유사성과는 상관없이 공간을 영위하는 사용자는 다른 방식으로 공간을 이용하고 인식하게 된다는 것이다. 이는 사용자가 공간과 공간을 자연스럽게 이동하기 위해서 인지해야 될 공간의 특성이고 공간을 이동하는 사용자의 사회적인 현상을 일으키는 중요한 원인이 된다고 말했다. 이는 건축 공간이 가지는 구문적인 특성(Synthetic Characteristics)이라고 해석할 수 있는데 공간 내에서 벌어지는 사회적인 현상을 심리학파 통계학을 이용해서 수치적으로 해석하였다[4]. 같은 맥락에서 Gibson(1977)은 물리공간에 가지는 사회적인 특징을 Affordance라는 개념으로 설명하고 있다. 특정 물체 또는 물리공간은 사용자에게 일정한 행위의 유발을 요청하는 정보가 포함되어

있다는 것이다[2]. 이는 행위 유발 가능성(As a Action Possibilities)으로 정리될 수 있는데 건축공간이 가지고 있는 사회적인 현상을 설명하고 있다고 할 수 있다. Norman(1999)은 Gibson의 Affordance를 좀더 확대하여 설명하였는데 물리적인 정보를 통하여 기인한 행위 유발 가능성(Affordances as action possibilities)은 물론 사용자의 목표, 가치, 믿음, 과거의 경험 등이 결합된 내제된 행위 유발 가능성(Affordances as perceived action possibilities)로 설명하고 있다[8]. 이는 사용자의 행동이 물리공간을 중심으로 한 다양한 상황(context)에 따라서 다르게 발현될 수 있다는 것으로 해석될 수 있다. Kalay (2001)도 가상공간(virtual place)는 Context, People, Activity로 구성되며 이는 서로 연관되어서 영향을 주고받는다고 정리하고 있고 이는 사용자의 행위가 다양한 상황에 영향을 받는다는 것을 설명하고 있다[5].

본 연구에서 주목하고 있는 것은 바로 Norman이 말한 Affordance의 내제된 행위 유발 가능성이다. 현존하는 대부분의 건축 공간상의 사용자 시뮬레이션은 물리공간과 사용자 및 상황이 만들어 내는 다양한 상황을 단순화하여 시뮬레이션 하는 한계가 있다. 보다 진보된 시뮬레이션 환경을 구축하기 위해서는 Affordance의 개념에서 제시하는 내제된 행위 유발 가능성에 대하여 고려하여 상황의 변화에 따라서 가상 사용자의 행위가 대응할 수 있어야 한다.

3.2 사용자 시뮬레이션 사례를 통한 고찰

컴퓨터 기술을 활용한 건축공간상의 사용자의 행태 시뮬레이션 기술은 점점 발전되고 있는 추세이며 아래와 같은 몇 가지 기술들이 그 예가 될 수 있다. buildingEXODUS는 영국의 Greenwich 대학의 Fire Safety Engineering Group에 의해 개발되었다. 재실, 피난이동, 피난형태, 위험도, 유동성 등의 5개의 내용으로 구성되어 각 요소는 재실자의 특성 및 위험도, 유동성에 따라 상호작용하여 피난 시뮬레이션이 이루어질 수 있도록 구성되어있다[1]. building EXODUS는 재실자의 신체특성, 심리, 경험, 위험도의 4가지 측면으로 피난 시뮬레이션을 설정할 수 있는 특징이 있다. 또한 지형의 조건, 대기조건 등을 고려하여 캐릭터의 보행속도가 설정된다[11]. 그러나 상대적으로 공간적인 상황에 대한 고려는 미약하여 기존의 탈출 시뮬레이션 프로그램과 같이 전형적인 형태의

탈출 시뮬레이션 환경을 제공하고 있다. 물리 공간 상황을 일반화한 상태에서 시뮬레이션이 진행되는 단점이 있다. 또한, 시뮬레이션을 위하여 공간정보를 다시 저작하고 관련 정보를 일일이 입력해야 하는 불편함이 있다. buildingEXODUS와 유사한 시뮬레이션 도구로 Simulex가 있는데 이는 영국 Edinburgh 대학의 Dr. Thompson과 Dr. Marchant에 의하여 C언어로 작성된 피난 전용 도구이다[-12]. 본 도구는 대규모 군중의 무작위 상황에 대한 시뮬레이션은 유용하지만 보다 상세한 상황에 대한 반영은 어려운 한계가 있다. 몇 가지 사례를 통하여 볼 때 주목해야 할 한 점은 앞서 논의한 공간정보의 내제된 행위유발 가능성에 대한 고려는 아직까지 없다는 것이다. 따라서 물리적인 환경 및 상황의 변화에 따라서 공간의 Affordance를 충분히 반영하여 다양한 건축공간의 상황에 대응하는 고도화된 사용자 시뮬레이션이 수행되기 어렵다.

3.3 온톨로지를 통한 건축정보모델링

온톨로지는 특정 분야를 기술하는 데이터 모델로서 특정한 분야에서 사용되는 개념(Concept)과 개념 사이의 관계를 기술하는 정형화된 어휘의 집합으로 인공 지능 분야에서 사람이 가지고 있는 지식을 컴퓨터가 처리하고 나아가서 이해할 수 있는 형식으로 표현된 지식 표현에 많이 사용이 되고 있다[3]. 특히, 지식을 표현하는데 있어 논리를 활용할 수 있는 추론이 가능하여 다양한 분야에서 그 쓰임이 증가하고 있다[10]. 최근에는 주변 상황의 변화를 감지하고 컴퓨터 스스로 인식/처리할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 지능형 상황 인지 모델로 연구가 진행되고 있다[7]. 상황 인지 기술은 에이전트(Agent)가 센서, 디바이스, 시스템을 기반으로 상황 정보를 수집 처리하여 최적의 서비스를 제공하는 목표로 한다. 이를 위해서는 이질적인 상황 정보의 상호운용성 및 의미적인 해석을 기계 스스로가 할 수 있어야 한다. 따라서, 개념과 개념간의 의미 관계 정의에서 풍부한 표현력과 자동화된 추론을 지원하는 온톨로지는 상황 인지 모델링에 매우 적합하다[6]. 따라서 본 연구에서는 목표로하는 공간정보의 다양한 상황을 정의하는데 온톨로지의 개념을 도입하여 연구를 수행하였다.

4. 공간정보의 내제된 행위 유발 가능성에 대한 데이터모델링

4.1 공간정보의 내제된 행위 유발 가능성에 대한 예시 상황 설정

앞서 논의한 공간정보 상에서 내제된 행위 유발 가능성에 대한 시뮬레이션을 위해서 이를 데이터모델로 구축하는 작업을 먼저 수행하였다. 아래 Fig. 1은 대상건물을 도식적으로 표현한 평면도이다. 이는 건축물의 주요 부재를 객체로 정의하여 모델링하는 전통적인 건축정보모델링(BIM, Building Information Modeling)의 객체 기반 모델링 방식을 고려하였다. 건물(B, building)을 하나의 객체로 보고 건물을 구성하는 각 방(R, room), 문(D, door), 창문(W, window)을 객체로 정리하고 이니셜로 표현하였다. 건축디자인 시스템 개발을 위해서는 벽에 대한 정보도 매우 중요하지만 본 논문은 연구의 목적을 보다 부각시키기 위해서 벽에 대한 고려는 생략하였다.

Fig. 2는 본 연구가 목표로 하는 내제된 행위유발 가능성에 대한 전산 데이터모델을 구축하기 위하여 설정한 예시상황이다. Fig. 2의 좌측은 일반적인 상황에서 R1에 있는 거주자가 외부로 탈출하기 위한 경로를 표현하고 있다. 반면에 Fig. 2의 우측은 R5에서 화재가 발생했을 경우 거주자가 건물 밖으로 탈출하기 위한 경로를 보여주고 있다. 우측상황에서 예시된 건물의 외부로 연결되는 문은 D5밖에 없기 때문에 사용자가 탈출하기 위하여 선택할 수 있는 문은 없다. 그러나 창문 W3나 창문 W4는 화재와도 이격되어 있고 외부공간과도 연결되어 있기 때문에 비상시에는 탈출을 위한 출구로 사용될 수 있다. 본 예시

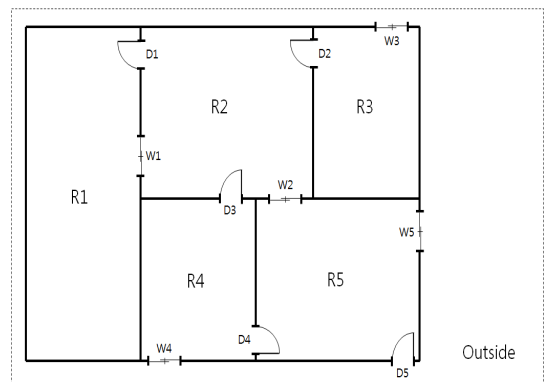


Fig. 1. Floor plan for the simulation,

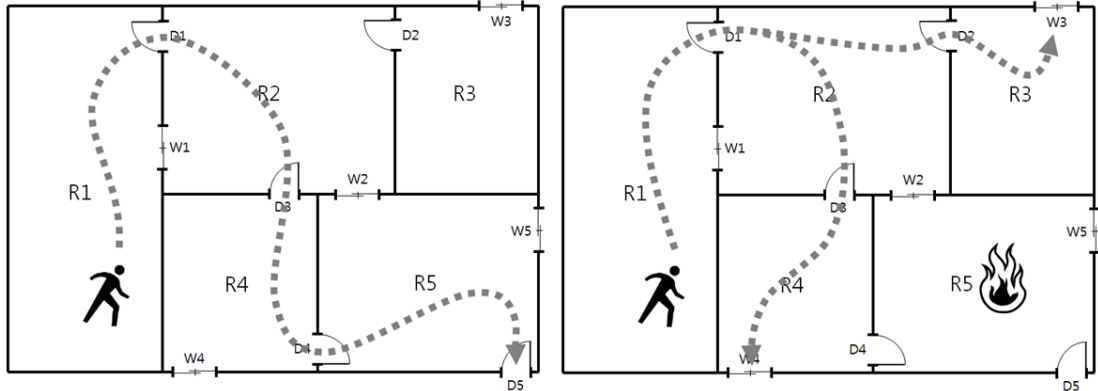


Fig. 2. Evacuation Comparison between normal(left) and fire situation(right).

상황은 일반적으로 창문을 사용하는 방식(‘밖을 내다본다’, ‘환기를 위하여 연다’ 등)과 다르게 상황에 따라 다른 방식(‘탈출로로 활용한다’)으로 창문을 사용하는 경우를 설명하고 있다. 이는 선술한 내제된 행위유발 가능성에 대한 정보의 존재와 사용에 대한 것을 설명하고 있으면 본 연구에서는 본 상황을 전산적으로 기술하여 보다 고도화된 상황재현 시뮬레이션을 가능케 할 수 있는 기술을 개발하고자 한다.

4.2 공간정보의 내제된 행위 유발 가능성에 대한 데이터모델링

선술한 예시상황을 전산화하기 위하여 본 연구에서는 전통적인 건축정보모델링(BIM, Building Information Modeling) 방법을 기초하여 온톨로지(ontology)를 이용한 전산 모델링 방식을 이용하였

다. BIM은 건축정보를 기술하고 활용하는 방식으로 공간정보를 전산화하기에 적합하나 예시상황과 같이 일반적이지 않은 상황을 전산적으로 기술하기에는 한계가 있다. 온톨로지 언어(OWL, Web Ontology Language)는 시맨틱웹을 구축하는 데 필수적으로 이용되고 있는 언어로서 지식표현(knowledge representation)과 추론(reasoning)을 위하여 탁월한 방식이다[10].

본 연구에서는 정보의 가시적인 표현과 활용을 위하여 OWL편집기인 Protege를 이용하였으며 Protege에서 제공하는 일종의 Plug-in 소프트웨어인 OntoViz를 이용하여 개발된 온톨로지 기반 공간정보모델을 다이어그램 형태로 가시화 하였다[16]. Fig. 3은 앞서 설정된 예시상황을 구성하고 있는 객체들의 정보모델링을 수행한 결과이다. 건축물을 구성하고 있

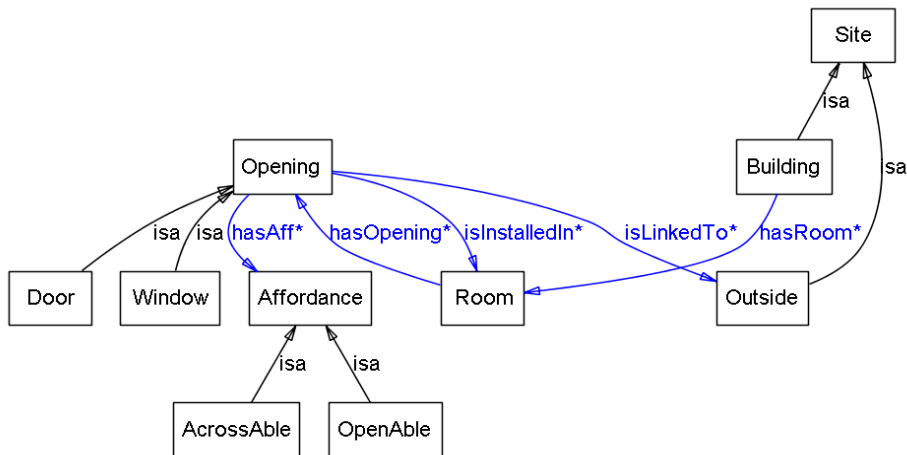


Fig. 3. Building information model for the suggested floor plan (fig.1.).

는 다양한 요소들은 연구 결과의 직관성을 확보하기 위하여 생략하였으며 본 연구에 필요시 되는 방(Room), 문(Door), 창문(Window)을 중심으로 모델링하였다. 각 객체들과의 관계는 hasAff, hasOpening, hasRoom, isDeployedTo, isLinkedTo 등과 같은 Property를 정의하여 기술하였다. 특히, 공간을 구성하는 각 객체가 가지고 있는 행위유발 가능성을 정의하기 위해서 Affordance객체를 정의하고 공간정보 모델과 관계를 설정하였다.

Fig. 4는 Fig. 3의 공간정보 모델링에 화재상황을 추가한 형태이다. FireSituation이란 객체를 정의하고 Fire가 Room과 hasFire와 isDeployedTo의 관계를 가질 수 있도록 설정하였다. 이를 통하여 화재가 발생한 Room을 정의할 수 있으며 추론을 통하여 화재

가 발생한 Room과 관계된 다른 공간정보를 검색할 수 있고 검색된 정보를 통하여 탈출경로를 찾을 수 있다. 또한 Fig. 4는 Fig. 1에서 보여준 예시상황에 해당하는 인스턴스(instance)들을 부분적으로 발췌하여 보여주고 있다. 인스턴스 Room_05는 Fire_01과 hasFire와 isDeployedTo의 관계가 설정되어 있음을 볼 수 있다.

Fig. 5는 화재상황을 보다 자세히 표현하고 있다. 그러나 복잡한 전체의 온톨로지 상황에서 필요한 부분만을 발췌하여 보여주고 있다. 특히, 공간과 문 및 창문과의 관계 그리고 화재상황이 벌어진 공간, 문 및 창문이 외부공과 연결된 상태, 문 및 창문이 어떠한 행위유발 가능성과 관계를 가지고 있는가를 묘사하여 주고 있다. Door_05는 OpenAble_01과 Across-

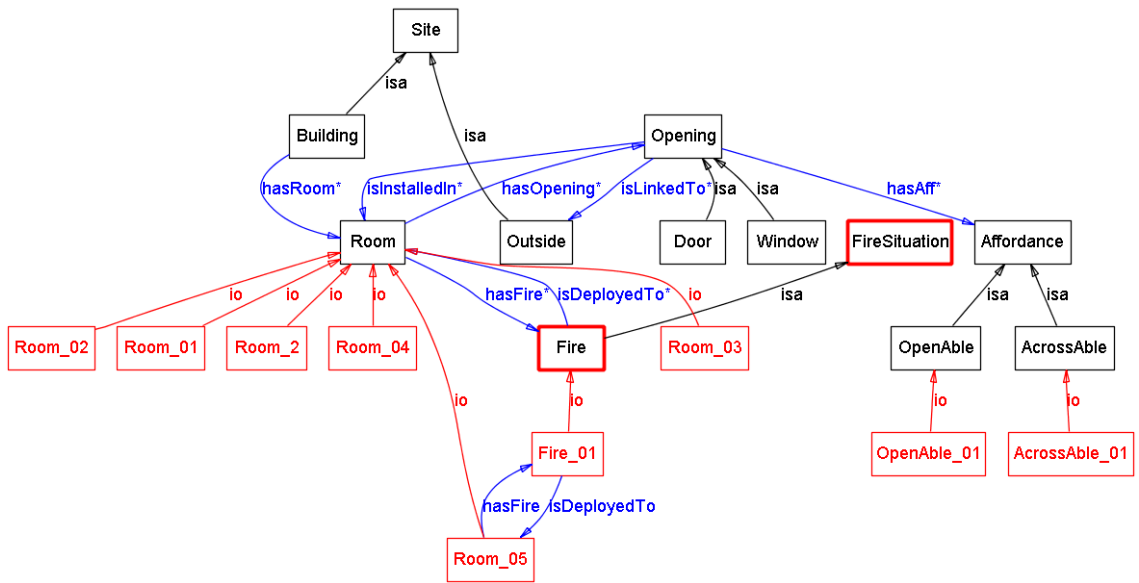


Fig. 4. Building information model with a fire situation.

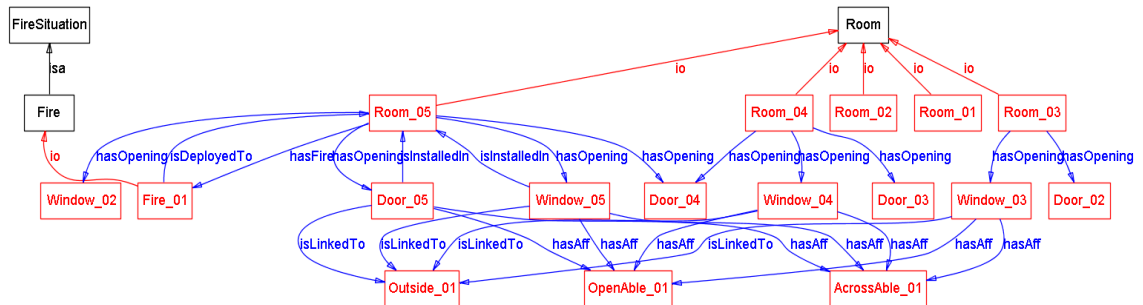


Fig. 5. Relations of objects in the fire situation.

Able_01과 hasAff관계로 설정되어 있는 동시에 Outside_01과 isLinkedTo관계로 설정되어 외부로 출입하는 출입구의 의미를 갖는다고 할 수 있다. 그러나 Door_05는 Room_05에 isInstalledIn관계로 정의되어 있고 Room_05는 Fire_01과 hasFire관계로 설정되어 있기 때문에 Door_05는 안전한 외부 출입구 또는 탈출구로서 역할을 하지 못한다고 유추할 수 있다.

4.3 공간정보의 내제된 행위 유발 가능성에 대한 추론

Protege Query를 이용하여 화재상황에서 탈출이 가능한 출입구를 추론하여 정의된 온톨로지가 본 연구의 목적에 부합하게 작동하는지를 가시적으로 확인하였다. 탈출이 가능한 출입구는 먼저 AcrossAble_01 및 OpenAble_01과 관계된 행위유발가능성을 가지고(hasAff) 있어야하며 이는 외부공간을 의

미하는 Outside_01에 연결(isLinkedTo)되어 있어야 한다. 또한 화재가 발생한 Room_05에는 설치되지(isInstalledIn) 않아야 한다. 이와 같은 질의를 아래 Fig. 6과 같이 수행하였더니 질의에 해당하는 객체 Window_03과 Window_04를 추론을 통하여 얻었다. 이는 Fig. 2에서 화재상황에 대한 탈출예시의 가정과 일치하는 결과로서 제시된 방법과 같은 온톨로지 모델이 내제된 행위 유발에 대한 기술을 가능하게 한다고 볼 수 있다.

Fig. 7과 Fig. 8은 탈출경로 추론의 과정을 표를 이용하여 비교분석한 것이다. 두 그림에서 회색영역이 있는 부분은 화재로 이용이 불가능한 상황을 표시하고 있다. Fig. 7에서는 외부(Outside)로 연결된 D5에 접근할 수 있는 정보의 기술이 되어있지 않기 때문에 탈출추론은 불가능하다. 그러나 Fig. 8에서는 온톨로지를 이용하여 보다 확장된 정보의 기술이 되

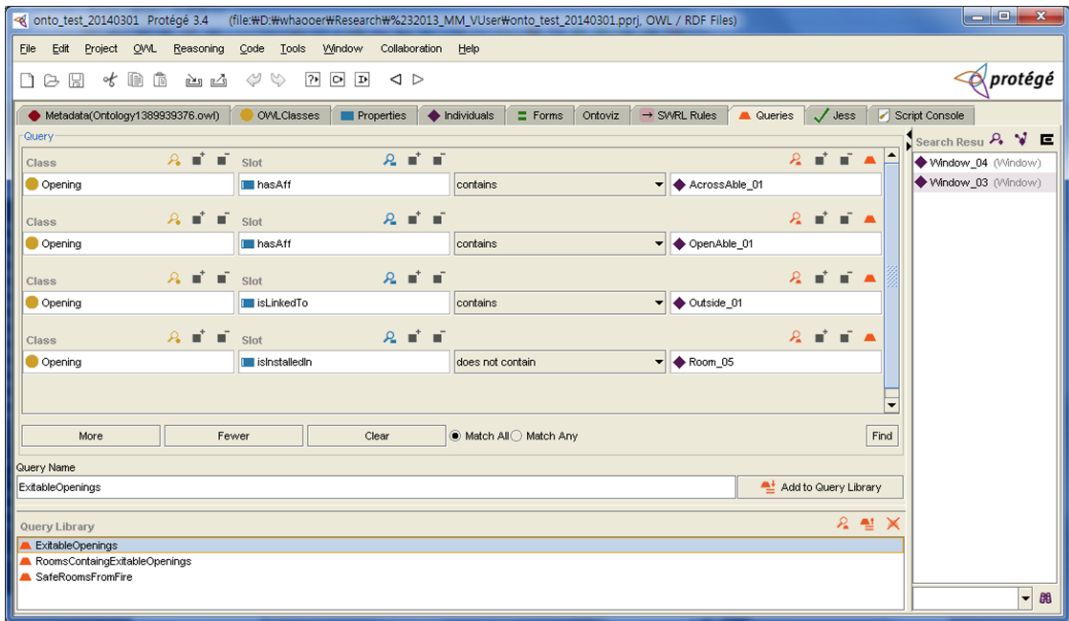


Fig. 6. Situation reasoning finding the exit for the evacuation in the suggested floor plan.

	D1	D2	D3	D4	D5	W1	W2	W3	W4	W5
R1	connected					connected				
R2	connected	connected	connected			connected	connected			
R3		connected						connected		
R4			connected	connected					connected	
R5				connected	connected		connected			connected
Outside					connected			connected	connected	connected

Fig. 7. Reasoning process for pathfinding for evacuation based on the conventional building information model.

	D1	D2	D3	D4	D5	W1	W2	W3	W4	W5
R1	hasOpening					hasOpening				
R2	hasOpening	hasOpening	hasOpening			hasOpening	hasOpening			
R3		hasOpening						hasOpening		
R4			hasOpening	hasOpening					hasOpening	
R5				hasOpening	hasOpening		hasOpening			hasOpening
Outside					isLinkedTo			isLinkedTo	isLinkedTo	isLinkedTo
OpenAble	hasAff	hasAff	hasAff	hasAff	hasAff	hasAff	hasAff	hasAff	hasAff	hasAff
AcrossAble					hasAff			hasAff	hasAff	hasAff

Fig. 8. Reasoning process for pathfinding for evacuation based on the suggested the building information model using ontology.

어있기 때문에 D5에 접근이 불가능한 상황에서 차선책으로 W4를 이용하여 탈출하는 추론이 가능하게 된다. 이는 보다 다양한 상황에 대한 묘사가 가능하다는 것을 증명하며 보다 현실적인 사용자 시뮬레이션의 가능성을 보여주고 있다.

5. 내제된 행위유발 가능성을 이용한 고도화된 사용자 시뮬레이션 전략

본 연구는 건축 공간 내에서 화재 등과 같은 위급한 상황을 반영할 수 있는 사용자 시뮬레이션을 개발하기 위하여 건축적인 상황(context)과 상호작용하는 고도화된 에이전트 제안한다. 고도화된 에이전트는 건축공간이 가지고 있는 물리적인 상황뿐만 아니라 물리적인 상황 및 사용자의 상황에 따라 달라지는 공간의 의미를 이해하고 이에 따라서 행동을 결정한다. 단순히 물리공간에 대응하는 최단거리 길 찾기, 충돌회피를 하는 것이 아니고 사용자의 상황에 따라 건축공간을 구성하는 객체의 의미를 다르게 해석하여 행동을 결정하게 된다. 우리는 앞장에서 서술한 상황에 따른 공간정보의 잠재적인 정보의 데이터모

델링과 연동하며 행동을 결정하는 에이전트를 전산적으로 기술하여 보다 고도화된 상황재현 시뮬레이션을 가능케 할 수 있는 기술을 개발하고자 한다.

우리는 설정한 화재상황의 시뮬레이션을 위하여 공간이 가지고 있는 물리적인 상황과 내제된 행위유발을 위한 공간상황을 연동한다. 이를 위하여 에이전트는 먼저 건축 공간의 물리적인 관계를 모델링하여 알고리즘이 이동경로를 탐색할 수 있는 자료구조의 형태인 네비게이션 그래프를 만든다. Fig. 9는 화재상황의 시뮬레이션을 위한 건축공간에 대하여 네비게이션 그래프를 구축한 사례이다.

에이전트는 탐색 알고리즘을 네비게이션 그래프에 적용하여 최단경로를 구하게 된다. 본 시뮬레이션을 위한 경로탐색은 출발지점에서부터 가장 가까운 탈출지점을 찾기 위하여 A*가 아닌 Dijkstra알고리즘을 도입한다. A* 알고리즘은 이미 알고 있는 출발지점에서부터 목적지점까지 최단경로를 찾을 때 이용된다. 하지만, 본 경우처럼 현재 에이전트의 위치로부터 출발하여 건축물을 구성하는 임의의 객체에 대하여 온톨로지 추론에 의하여 탈출구로서 적합한지 비교하며 최단경로를 찾기 위해서는 Dijkstra 알

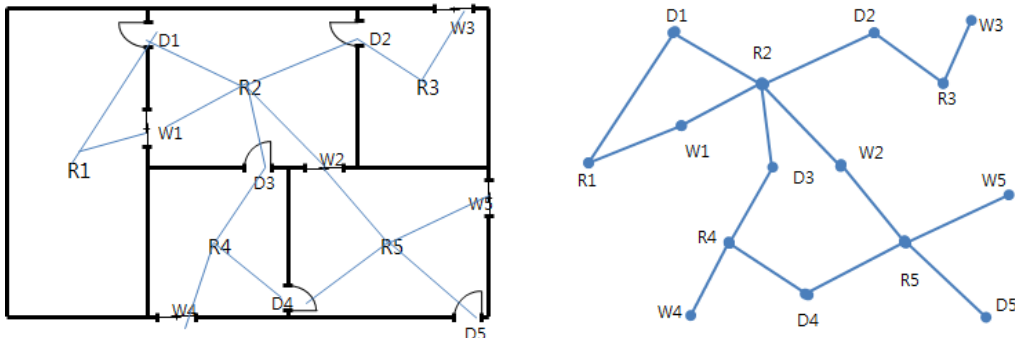


Fig. 9. Navigation graph of the simulation for fire situation.

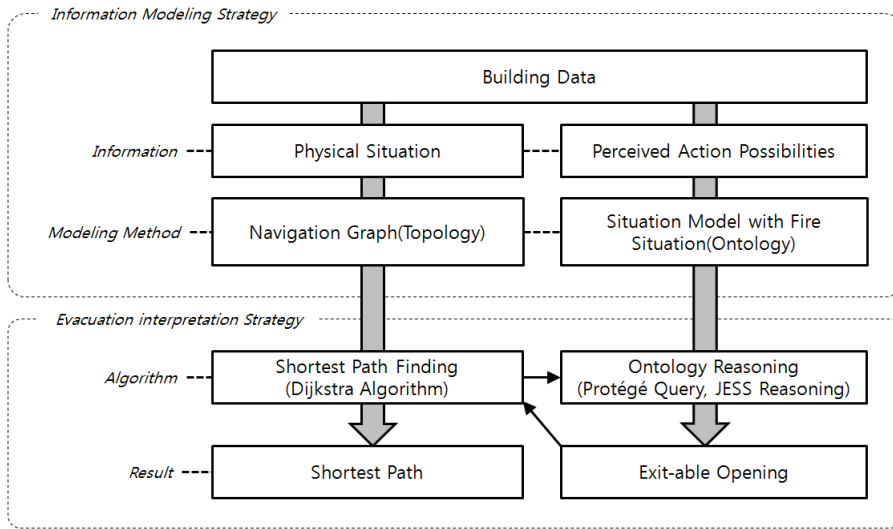


Fig. 10. The evacuation reasoning considering both building situation and perceived action possibilities.

고리즘이 효율적이다. Fig. 10과 같이 Dijkstra 알고리즘은 탈출 개구부를 위한 상황추론과 연동하며 경로를 결정한다. 에이전트가 탈출을 위하여 현재 위치에서 가장 가까운 노드로부터 한 단계씩 확장을 하며 목적지를 찾을 때, 해당 목적지가 안전한 탈출구로서의 의미가 있는지 여부를 판단하기 위해 상황추론으로 도출한 “탈출 가능한 출입구”와 비교한다. 만약 해당 목적지가 이를 만족하게 되면, 알고리즘은 현재 위치에서부터 탈출 가능한 출입구까지의 최단 탈출 경로를 구하게 된다.

Dijkstra 알고리즘은 출발지점으로부터 가장 적은 비용을 가지는 객체로부터 시작하여 한 단계씩 확장하며 목적지점 여부를 검사한다. 본 시뮬레이션의 경우 해당 객체가 추론에 의하여 탈출구로서의 의미 있다고 파악한 객체들에 포함된다면 목적지점으로 간주하고, Dijkstra 알고리즘은 출발지점으로부터 찾은 대상까지의 최단경로를 보장하게 된다. 에이전트는 결국 탈출구로서의 의미가 있으면서 가장 가까운 거리에 있는 탈출구로 이동하게 될 것이다.

6. 결 론

본 연구는 내제된 행위유발 가능성을 전산적으로 정의하고 이를 시뮬레이션 환경에 적용하기 위한 전산모델을 개발하는 것을 목표로 진행되었다. 이를 위하여 온톨로지를 기반으로 한 데이터모델을 제시하

였고 이를 기반으로 화재상황을 전산적으로 기술하고 상황변화에 따른 내제된 행위유발 가능성을 추론하여 캐릭터의 이동 및 탈출 경로를 추출하는 것으로 실현가능성을 모색하였다. 또한 이런 방법이 시뮬레이션 환경에 어떻게 적용될 수 있는지 적용방안을 고찰하였다. 본 연구는 보다 진보된 사용자 시뮬레이션을 위한 기반기술로 활용될 수 있으며 이와 같은 시뮬레이션은 건축 및 공공시설을 디자인 할 때 예측하지 못한 상황을 예측하고 디자인에 반영하기위한 방안으로 활용될 수 있다.

향후 본 연구의 궁극적인 목표를 달성하기 위해서는 다양한 사용자의 프로파일(profile)과 공간의 물리적이고 사회적인 상황을 폭넓게 정의하고 추론할 수 있도록 데이터모델을 확장할 필요가 있으며 이를 추론하기 위한 추론체계도 심도 있게 재구성할 필요가 있다. 또한 시뮬레이션 환경에 탑재 가능한 추론기를 이용하여 실제 가상환경에서 실시간으로 구동하는 환경을 제시할 필요가 있다.

REFERENCE

[1] E.R. Galea, P.J. Lawrence, S. Gwynne, L. Filippidis, D. Blackshields, and D. Cooney, *Building EXODUS V4.06 User Guide and Technical Manual*, 2006.
 [2] J.J. Gibson, *The Theory of Affordances*,

Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1977.

[3] T.R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontologies," *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, pp. 199-220, 1993.

[4] B. Hiller and J. Hanson, *Social Logic of Space*, Cambridge University Press, Cambridge, 1984.

[5] Y.E. Kalay and J. Marx, "The Role of Place in Cyberspace," *Proceedings of the Seventh International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 770-779, 2001.

[6] J.D. Kim, J.S. Son, J.H. Kim, and D.K. Baek, "A Modeling Method of Context-Aware based on Ontology," *Journal of KIISE*, Vol. 38, No. 2, pp. 65-68, 2011.

[7] J.H. Kim, S.H. Lee, J.T. Lee, and W.J. Hwang, "Design and Implementation of Ontology-Based Context Reasoning System for Adaptive Multimedia Service Migration," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 9, No. 4, pp. 460-469, 2006.

[8] D.A. Norman, "*Affordances, Conventions and Design Interactions*," Vol. 6, No. 3, pp. 38-43, 1999.

[9] D.A. Norman, *the Design of Everyday Things*, Basic Books, NewYork, 2013.

[10] Y.T. Park and J.M. Choi, "Overview and Research Trends in Ontology Reasoning," *Journal of KIISE*, Vol. 24, No. 4, pp. 17-23, 2006.

[11] D.K. Seo, E.K. Hwang, K.S. Hwang, J.H. Cho, and Y.J. Kwon, "A Study on the Egress Model Analysis using EXODUS, SIMULEX," *Proceeding of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp. 33-36, 2008.

[12] Thompson, P. A., Wu, J., and Marchant, E. W., "Modelling Evacuation in Multi-story Buildings with Simulex," *Fire Engineering Journal*, Vol. 56, pp. 7-11, 1996.

[13] J.E. Wagner, *Seeing Through Photographs: Projection and Simulation, Images of Information: Still Photography in the Social Sciences*, Sage Publications, Beverly Hills., 1979.

[14] J.M. Yang, K.E. Cho, and K.H. Um, "A Dynamic Utilization method of FSM for Adaptive NPC Generation," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 11, No. 9, pp. 1258-1266, 2008.

[15] Korea Ministry of Government Legislation, <http://www.law.go.kr> (2014-11-20)

[16] The National Center for Biomedical Ontology, <http://protege.stanford.edu> (2014-11-20)



이 윤 길

호서대학교 공과대학 건축학과
조교수
관심분야: Social representation
in built environment,
Building Information
Modeling



박 창 훈

호서대학교 공과대학 게임학과
부교수
관심분야: Artificial Intelligence,
Virtual Reality, Serious
Game



임 동 혁

호서대학교 공과대학 컴퓨터공학
전공 조교수
관심분야: Ontology, Semantic
Web, Big Data Processing