

에이전트 기반 자율적 팀 결성 행동 시뮬레이션 모형의 개발

이성룡

한국외국어대학교 산업경영공학과

The Development of an Agent-Based Model for Simulating Self-Controlled Team Building Behavior

Soung Ryong Yee

Department of Industrial & Management Engineering

요 약 교수자가 학생들의 자율적인 팀 결성의 행동적 특성을 파악하는 것은 교과에서 팀 활동을 효과적으로 지도하기 위해 필요하다. 본 연구에서는 에이전트 기반의 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 학생들의 팀 결성 행동 특성을 모사할 수 있는 컴퓨터 모형을 개발하였다. 실험을 통한 검증 결과 개발된 모형은 실제 학생들의 행동적 특성을 모사할 수 있음이 관찰되었다. 학생의 수와 팀원을 찾는 탐색의 범위가 클수록 팀의 결성이 안정화되기까지의 시간이 줄어들며 팀원을 찾지 못한 학생의 비율 또한 줄어들지만 어느 한계를 넘어서면 시간과 비율에 있어 큰 차이가 없음을 발견하였다. 또한 융·복합 교과 등에서 구성원 간의 이질성이 증가한다면 팀 구성 시간과 팀원을 찾지 못한 학생의 비율이 급격히 증가하므로 경우에 따라 교수자가 학생들의 팀 구성에 적절하게 개입하는 것이 필요함을 알 수 있었다. 개발된 모형을 통해 모의실험 함으로써 학생들의 팀 결성의 성격과 구조를 진단하고 분석할 수 있으므로 개발된 모형은 학생들의 팀 활동을 지원하는 도구로 유용하리라 기대한다.

주제어 : 시뮬레이션 모형, 에이전트 기반, 자율적, 팀 결성, 팀 활동, 융·복합

Abstract It is necessary for an instructor to understand the student's team building behavior for an effective guidance of team activities. In this study, we developed an agent-based computational model for simulating the student's self-controlled behavior. We validated the model by comparing the actual behavior. Through the simulation, we found that the time to stabilization of team formation and the ratio of the students having no team are decreasing as the population of the student increases. However, we also found that over a certain amount of population, the time and the ratio do not show much progress in the difference. The simulation also shows that the more heterogeneity between the students the higher chance of delaying the team formation and increasing the ratio. We expect to use the model as a tool for guiding and supporting students' team activities.

Key Words : Simulation model, Agent-based, Self-controlled, Team building, Team activity, Convergence

* 본 논문은 2016학년도 한국외국어대학교 교내학술연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임

Received 16 December 2016, Revised 16 January 2017
Accepted 20 February 2017, Published 28 February 2017
Corresponding Author: Soung Ryong Yee
(Hankuk University of Foreign Studies)
Email: sryee@hufs.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

대학 교과에서는 학생 개인이 해결할 수 있는 범위를 초과하는 문제 혹은 개방형(open-ended) 문제에 대한 접근 방법으로 팀 활동이 허용되며, 졸업 후 사회생활에 필요한 팀워크 능력의 배양을 위해 적극적으로 권장되기도 한다[1]. 이는 현대 산업사회의 특성상 대부분의 업무 형태 또한 복잡하고 그 내용 자체가 모호함으로 인해 개별적인 판단보다는 다방면의 의견과 신속한 의사결정이 필요하고 조직의 성과가 중요하기 때문이다[2,3,4].

여러 연구를 통해 팀 활동을 통한 학습의 효과는 구성원간의 참여도, 상호 교류능력을 배양할 수 있음은 물론 학업성취도, 자신감의 증가 등에서 긍정적인 교육적 가치를 가지고 있다고 밝혀지고 있다[5]. 또한 팀워크란 팀 구성원들이 각자의 책임을 다하고 상호작용과 의존을 통해 타협하고 협력하는 과정이므로[6], 교과에서의 팀 활동을 통해 대인관계 능력의 향상을 꾀할 수 있다[7].

교과에서 학생들이 팀 활동으로부터 얻는 긍정적인 경험은 학생들이 궁극적으로 획득해야 할 바람직한 교육 효과를 배가시킬 수 있다고 믿어지기 때문에 교수자의 입장에서는 가능한 학생들의 팀 활동이 잘 이루어질 수 있도록 여러 가지 방안을 모색하여야 한다[8,9].

팀 활동을 위한 팀이 어떻게 구성되는가 하는 것은 팀 활동의 과정은 물론 그 결과와도 밀접한 관계에 있으며 [10], 팀의 성과는 개별 팀원 능력의 단순 합을 떠나 상호 관계에 의해 형성된다[11]. 따라서 교수자는 학생들의 팀 활동 결과가 가장 효과적으로 나타날 수 있도록 팀 구성을 유도함이 필요하다.

한편 대부분의 학생들은 학년과는 무관하게 자율적인 팀의 구성을 선호하는 경향이 있으므로[12], 교수자는 학생들로 하여금 자율적으로 팀을 결성하도록 하되 가능한 바람직한 팀 구성이 될 수 있도록 적절히 관여하는 것이 필요하다. 이를 위해 학생들의 팀 결성 과정의 행동 특성을 파악함이 중요한데, 이러한 자율적 행위의 집합적 양상을 직접 관찰하여 지도하기란 현실적으로 불가능하므로 이를 모사할 수 있는 모형의 개발이 필요하다.

팀 결성을 위한 학생 각자의 행동은 비선형적이며 동태적(dynamic)이므로 이를 모형화하기 위해서는 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션이 유용하다[13,14]. 특히 에이전트 기반의 시뮬레이션 모형을 통해서 상향식(bottom-up)

접근이 가능하므로 학생 개개인의 행동특성에 의해 자연스럽게 자율적인 팀이 형성되는 현상을 설명하기에 적합하다. 즉, 에이전트 기반의 시뮬레이션에서는 대상이 되는 시스템에서 발생하는 일련의 현상 및 관련 변수들에 대해 총체적으로 파악해야 하는 하향식(top-down) 접근법의 한계를 벗어나 개개 에이전트의 행동 특성과 이와 관련된 변수만의 파악을 통해 집합적인 행동 결과의 관찰이 가능하다. 따라서 인간의 사회적 행동 특성을 기반으로 하는 팀워크에 대한 묘사에는 종종 에이전트 기반의 시뮬레이션이 사용된다[15,16].

이와 같은 이유로 본 연구에서는 학생들의 자율적인 팀 활동을 지도하기 위한 방편으로 학생들의 행동적 특성을 에이전트 기반의 시뮬레이션을 통해 모사할 수 있는 컴퓨터 모형을 개발하고자 하였다. 개발된 모형은 학생들의 자율적 팀 결성 행동의 예측과 분석을 위한 모의 실험 도구가 됨으로 학생들의 팀 결성을 지도하고 지원하는데 유용하게 사용할 수 있으리라 예상된다.

우선 관련 연구 분석을 통해 에이전트 기반의 접근법이 팀 결성의 연구에서 유효한 점을 설명하며 또한 본 연구가 기존의 연구와의 차이점을 설명한다. 이후 학생들의 행동 특성을 고려해 개발한 시뮬레이션 모형을 소개하며 모형을 통해 탐색된 결과를 고찰해 보기로 한다.

2. 관련 연구

교과에서 요구되는 팀 활동을 위해 학생들이 자율적으로 팀을 결성할 때에는 교수자가 팀의 구성에 관여하지 않으므로 학생 상호간의 접촉을 통해 관계가 형성되는 일반적인 사회적 행동 양식을 따르게 된다. 즉, 대부분의 경우 학생 간의 친분관계를 기초로 팀 구성이 시작되며 팀원 간의 관계에 의해 팀이 유지되거나 혹은 해체되게 된다[17]. 이러한 사회적 행동 양식을 연구하기 위해서는 분석적인 방법 보다는 시뮬레이션을 통한 방법이 유효하며 특히 에이전트 기반의 모형이 유효하다고 알려져 있다[18,19]. 특히 개개인의 행동 양식이 상호 간의 관계를 통해 집단적인 형태로 나타나되 개개인의 행동 양식으로부터는 집단적으로 나타나는 현상을 직관적으로 판단하기 어려운 경우에 이런 에이전트 기반의 접근이 유효하기 때문에[20], 학생 개개인의 행동이 하나의 팀을

형성하는 팀 결성의 과정에 에이전트 기반의 접근법을 사용하는 것은 적절하다.

팀의 구성은 궁극적으로는 팀의 성과에 직접적인 영향을 미칠 수 있는데 기업에서와 같이 부서 간의 협력에 의한 팀 구성 시에는 서로 다른 성격의 인력들이 차출되므로 더욱 그러하다. Crowder[21] 등은 이러한 환경에서 상품의 개발을 위한 엔지니어링 팀의 구성에 대해 연구하였는데 설계과정에서의 워크플로우를 과업 별로 세분화하고 각 과업의 수행자를 에이전트로 묘사한 모형을 소개하고 있다. 모형에서는 주어진 설계 과제에 대해 개인의 수행능력, 과업에 대한 동기, 팀원 상호 간의 신뢰성 등을 독립변수로 사용하고 설계 과제의 완성시간, 품질 등을 종속변수로 하는데, 엔지니어링 과정의 모사를 위해 에이전트 기반 시뮬레이션이 유효함을 설명하고 있다.

과업이 주어지지 않는 경우에서의 집단의 형성은 대부분 특정 오피니언리더를 중심으로 사람들이 모여들어서 이루어지는 것이 일반적인 현상이다. Anderson [22,23] 등은 오피니언리더를 따르는 동조자 집단에 대한 연구를 에이전트 기반의 시뮬레이션을 통해 진행하였다. 시간의 경과에 따라 오피니언리더의 의견이 참인가 거짓인가에 대한 믿음이 강화되거나 약화되는 현상을 에이전트의 행동양식으로 표현할 수 있고 이러한 개인적인 행동양식들이 모여 그룹차원의 행동양식을 만들어 내는 모습을 의류서비스 환경에서의 예를 통해 분석하고 있다.

팀의 구성을 새들이 떼를 이루듯 동물들이 무리 짓는 현상(flocking)을 통해 설명하고자 하는 연구는 에이전트 기반의 연구에서 흔히 관찰된다. Quera[24] 등은 무리 짓기를 자기 조직화(self-organizing)로 해석하여 사회 조직에서 자발적으로 형성되는 무리 짓기 현상을 연구했으며 자연 발생적인 지도자의 출몰을 에이전트 기반의 시뮬레이션을 통해 설명하고자 하였다.

또한 Thomas[25]는 이와 같은 무리 짓기 현상을 기업 환경에 적용하여 기존의 조직론과 대비한 새로운 조직 이론을 개발하고자 하였다. 즉, 기업 내에서 구성된 각자가 다른 조직원과의 대화나 관계를 통해 얻어지는 영향에 따라 자신의 의견을 고집한다든지 혹은 다른 동료의 의견에 동조한다든지 하는 역동적인 관계를 에이전트 기반의 모형을 통해 이론화하고자 하였다.

본 연구는 팀 결성의 행동을 학생들의 교과 과정에서 살펴보고자 한 점이 기존 연구와 구분된다. 학생들의 팀

결성 과정은 기업에서 제품개발에 필요한 프로젝트 팀을 구성한다든지 혹은 당면한 과업의 해결을 위해 결성되는 태스크포스 팀과는 구별된다. 또한 학생들의 자율적인 팀 구성은 오피니언리더 등을 중심으로 결성되는 사회적 형태의 팀 구성과도 구별이 된다. 즉, 팀을 통해 해결하려는 과업이 비교적 단순하고 아직은 학생 신분이기 때문에 전문적인 지식이나 사상 혹은 특별한 기술의 조합을 염두에 둔 팀 구성이라기보다는 친구관계의 형성과 같이 유유상종의 관점에서 팀을 결성하게 된다[9,12,17].

이와 같이 교과과정에서 나타나는 학생들의 팀 구성에 관한 에이전트 기반의 시뮬레이션 연구로는 Yee[26]의 연구를 들 수 있다. Yee는 학년의 변화에 따라 학생들의 팀 활동 경험이 증가하는데 이에 따라 얻어지는 개인적인 경험이 개인의 수행능력과 자신감에 변화를 주어 궁극적으로는 팀 활동의 성공여부에 영향을 미치는 현상을 시뮬레이션을 통해 관찰하고자 하였다.

본 연구가 기존 및 관련 연구와 차별되는 점은 다음과 같다. 첫째, 팀이 구성된 상황에서 개인적 의사결정의 합이 전체 팀의 방향을 결정하는 등 이미 결정된 팀의 행동양상을 분석하는 것이 아니라 그러한 팀을 결성해가는 과정을 묘사하는데 중점을 두었다. 둘째, 팀 결성에 있어 지도자를 중심으로 결성되는 것이 아니라 각 개인이 동등한 자격으로 상대를 선택하여 팀을 구성하는 과정을 묘사하고자 하였다. 셋째, 교과과정에서의 팀 구성인 만큼 팀원의 수가 제한됨을 원칙으로 한다. 따라서 다양한 팀원 수 제한 조건에 따라 팀이 결성되는 모습을 묘사하고자 하였다. 넷째, 일단 팀으로 구성된 인원은 상호 연결되어 움직이게 함으로써 언제든지 이합집산이 가능한 무리 짓기와는 구별되도록 하였다. 끝으로 팀 결성에 영향을 미치는 환경적 요소를 고려하였다. 즉, 공간상의 물리적 거리를 감안한 학생들 간의 접촉 범위를 고려함으로써 상호 교류의 정도를 반영하고자 하였다.

3. 모형의 개발

3.1 모형의 개괄

개발하는 모형은 학생들이 자율적으로 팀 결성을 하는 과정을 묘사한다. 본 모형에서는 학생들이 초기에는 상호 친분이 없다는 것을 가정함으로써 서로가 모르는

상태에서 팀 결성을 시도하게 된다. 팀 동료의 선택 기준은 자신의 접촉 범위 내의 학생들 중 자신과 성향이나 의견에 있어 유사성이 높은 상대를 찾는 방식을 택한다.

팀원을 찾는 과정에서 자신과 유사성이 높다는 것은 두 가지의 속성을 통해 판단하게 되는데 첫째, 유사성의 극성(polarity)이 우선 같아야 하며 둘째, 유사성이 동일하다는 전제 하에 나의 유사성과 상대방의 유사성의 합이 일정 수준을 넘는 경우에만 팀원의 자격을 갖게 된다.

팀원의 영입 과정에서 팀이 형성되기 시작하면 그 이후에는 팀끼리 무리 지어 행동 하게 되며 다른 팀원을 찾는 움직임도 팀원 모두가 같이 하게 된다. 팀원의 제한 인원에 이른 팀은 더 이상 팀원을 찾지 않는데, 그 전까지는 가능한 제한 인원을 채우기 위해 지속적으로 팀원을 찾는 노력을 계속하게 된다. 이러한 과정은 팀 결성이 안정화되어 각 팀에서 더 이상 팀원의 변화가 없을 때까지 진행된다. 팀 결성이 안정화되었다 하더라도 팀을 찾지 못하고 남은 인원은 있을 수 있다.

3.2 변수의 정의

변수는 크게 전역(global) 변수와 에이전트의 특성과 행동에 관여하는 변수들로 구분할 수 있다. 통제 변수로서의 전역 변수는 팀 결성의 대상이 되는 학생의 수, 학

생들이 팀원을 찾는 물리적 범위, 상호 유사성의 합이 이 기준을 넘으면 팀원의 자격이 충분하다고 판단하는 기준 값, 팀이 구성될 때 각 팀의 크기를 제한하는 팀원 수의 범위 등이다. 또한 시뮬레이션 과정에 필요한 전역 변수로는 결성된 팀을 추적하는 팀 리스트 변수, 팀 결성이 안정화되었는지를 판단하기 위한 변수, 팀이 안정화 될 때까지의 시간을 측정하는 변수 등이다.

각 학생을 표현하는 에이전트는 유사성의 방향을 나타내는 극성(polarity) 변수와 유사성의 크기(value)를 나타내는 변수를 갖게 되며, 범위 내에 있는 팀원 대상 학생들을 기록하는 변수와 이들 중 적절한 팀원이 발견되어 영입될 때 이들과 서로 팀원이 되었음을 기록하는 연결(link) 변수를 갖는다.

<Table 1>은 모형에서 사용된 주요 변수를 요약 정리한 내용이다.

3.3 과정(procedure) 설명

시뮬레이션의 프로시저는 크게 변수들의 값을 초기화하는 셋업 과정과 팀 결성을 진행하는 과정으로 구분된다. 우선 셋업 과정에서는 학생들 각자의 유사성을 지정한다. 유사성은 -1에서 +1 사이의 값으로부터 무작위로 추출하여 지정하는데 극성은 크게 세 가지로 나누어 양

<Table 1> Agent-Based Modeling Variables

Variable	Specifications
<i>Global input variables</i>	<i>Values are initially determined by the model user before an experiment</i>
Number of student	Value [10-100] determined by the model user depending on the application need
Search boundary	Value [1-8] is the number of patches where an agent tries to find its team member
Affinity criterion	If the sum of absolute values of the two agents' affinity values is above this value [0.2-1.6] then the agents can make a team
Limitation on the number of team member	Maximum number of team member [2-5] determined by the model user depending on the application need
Time limit	Time limit (500 ticks) of a simulation run. Program running stops when reaches this point.
<i>Global output variables</i>	<i>Values are changing during simulation runs</i>
Group list	Keeping the list of the group(team) made for each run
Last tick	The program keeps recording the time spent (ticks) until the team forming process is stabilized. This is the time point when the stabilization begins.
Un-teamed student ratio	The ratio of the number of students, who are not in any team, to the total number of student
<i>Agent assigned variables</i>	<i>Each agent has unique value assigned by the model program before each run</i>
Affinity polarity	Polarity determined by the affinity value (-1.0-1.0), which is randomly chosen from a uniform distribution [-1.0, 1.0] for each agent
Affinity value	Absolute value of the affinity value (-1.0-1.0) for each agent
<i>Agent changing variables</i>	<i>Values keep changing during simulation runs</i>
Candidate mates	Agent set of candidate agents that are considered as team member for an agent
Link to	A list of agents to which an agent links. If agents are connected with links then they are considered as a team.
Link from	A list of agents from which the links are connected

(positive), 음(negative), 중립(neutral)로 구분하였다. 추출된 값은 부호가 결정되므로 음의 값은 음의 극성을 갖고 양의 값은 양의 극성을 갖는다. 하지만 이들 중 절대값이 0.1을 넘지 않는 범위 내의 극성은 중립으로 하여 극성에 치우치지 않는 학생들을 묘사하고자 하였다. 유사성의 절대 값은 학생 각자가 팀원을 찾는 적극성 혹은 상호 이끌리는 매혹정도를 표현한다.

팀 결성을 진행하는 과정은 에이전트인 학생 각자가 자신의 탐색 범위 내에서 팀원의 후보자를 탐색하는 과정, 그리고 후보자들로부터 조건에 맞는 팀원을 찾아 팀으로 영입하는 과정으로 대별된다. 학생들은 각각 갖고 있는 유사성의 극성과 절대 값을 이용하여 후보 학생들 중에서 팀원을 선택한다. 양과 음의 극성을 지닌 학생들은 자신의 극성과 같은 극성을 갖는 학생들만을 선택하게 되며 중립의 학생들은 극성과 무관하게 팀원의 대상이 된다. 어느 두 학생이 극성의 조건을 통과하고 두 사람의 절대 값의 합이 일정 기준 값을 넘어서는 경우에는 같은 팀으로 결성된다.

팀원을 영입하는 과정은 그룹핑의 성질에 따라 네 가지의 다른 서브 프로시저를 갖는데 개인이 개인에게 연결되어 일단 2명이 한 그룹이 되는 과정, 개인이 이미 형성된 그룹에 연결되어 팀을 형성하는 과정, 형성된 팀이 개인을 영입하는 과정, 그리고 팀과 팀이 만나 새로운 팀을 형성하는 과정으로 구분된다.

학생들은 각자 서로 다른 유사성을 무작위로 갖게 되므로 모든 학생들이 팀을 결성한다는 보장이 없다. 따라

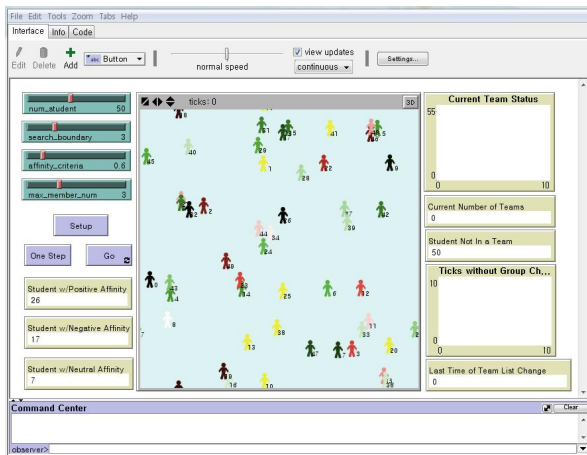
서 더 이상 팀 결성이 진행되지 않는 안정화까지에 소요되는 시간은 입력변수의 조건에 따라 달라진다. 경우에 따라서는 서로의 유사성이 상이하든지 혹은 상호 팀원을 찾는 공간이 학생의 수에 비해 상대적으로 큰 경우, 팀 결성이 안정화되지 않은 상태에서 많은 시간이 흘러갈 수 있다. 이를 방지하기 위해 본 모형에서는 한 번의 시뮬레이션 수행과정(run)을 정해진 시간 동안만 하도록 하였다.

3.4 개발 환경 및 인터페이스

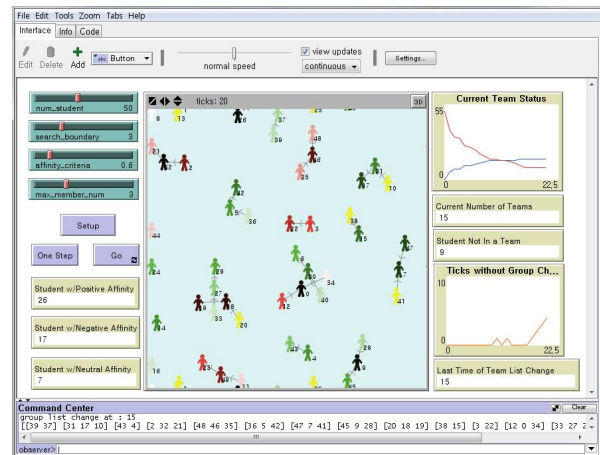
시뮬레이션 모형은 에이전트 기반의 시뮬레이션에서 널리 사용되는 NetLogo(ver.5.3.1)를 이용하여 개발하였다. NetLogo는 사용자가 통제의 대상이 되는 진역 변수 값을 입력하고, 시뮬레이션의 과정 및 결과에 대한 출력 값을 관찰할 수 있도록 인터페이스를 구성할 수 있다. [Fig. 1]은 본 연구의 모형을 묘사하기 위해 구성된 인터페이스의 초기 화면과 동작 화면을 보여주고 있다.

사용자는 인터페이스를 통해 관찰 대상이 되는 학생의 수, 각 학생이 팀원을 찾는 범위, 학생 간의 유사성의 합이 이 값을 넘으면 같은 팀이 되는 기준 값, 그리고 각 팀의 제한 인원수를 입력하도록 되어있다. 하나의 입력 값 조합에 대해 한 번의 시뮬레이션이 수행되는데 그 결과로는 결성된 팀에 관한 리스트, 팀 결성이 안정화될 때까지 소요되는 시간, 정해진 제한된 시간까지 팀 결성을 하지 못한 학생들의 수를 얻을 수 있다.

처음 셋업을 하면 입력 조건에 따라 학생들이 형성되



(a) Initial Setup Screen



(b) Simulation Running Screen

[Fig. 1] Screen Shot of Simulation Model Interface

는데 화면에는 사람 모양의 에이전트로 표시된다. 각 에이전트는 프로그램으로부터 무작위로 배정받은 유사성을 갖게 되는데 유사성의 극성과 값에 따라 서로 다른 색으로 표현된다. 양의 극성은 초록색, 음의 극성은 붉은색, 중립은 노란색으로 나타내고, 값의 크기에 비례하여 명암에 차이가 나도록 모델링 하였다. 또한 극성에 따라 구분된 학생들의 수를 숫자로 나타내었다.

NetLogo에서는 시뮬레이션의 진행 경과를 나타내기 위한 시간 단위로 틱(tick)을 사용하는데, 이산(discrete)적으로 표현되는 틱의 변화를 통해 시간의 흐름에 따른 에이전트 행동의 변화를 관찰할 수 있다.

시간이 경과함에 따라 팀이 결성되어 가는 모습은 학생들 간에 선(link)으로 연결되는 모양을 통해 확인할 수 있고, 이 때 각 시점에서 결성된 팀의 수와 아직 팀으로 배속되지 않은 학생들의 수가 그래프와 숫자로 나타나게 하였다. 결성된 팀은 팀의 리스트에 기록되고 팀 리스트에 변화가 없는 상태로 상당량의 시간이 흐르면 팀 결성이 안정화되었다고 판단한다. 화면에서는 경과하는 시간에 따른 팀 리스트의 변화 여부와 변화되지 않은 상태가 시작된 시각을 표시하도록 하여 팀 결성이 안정화되었는지 여부를 관찰할 수 있도록 하였다.

4. 모형의 검증

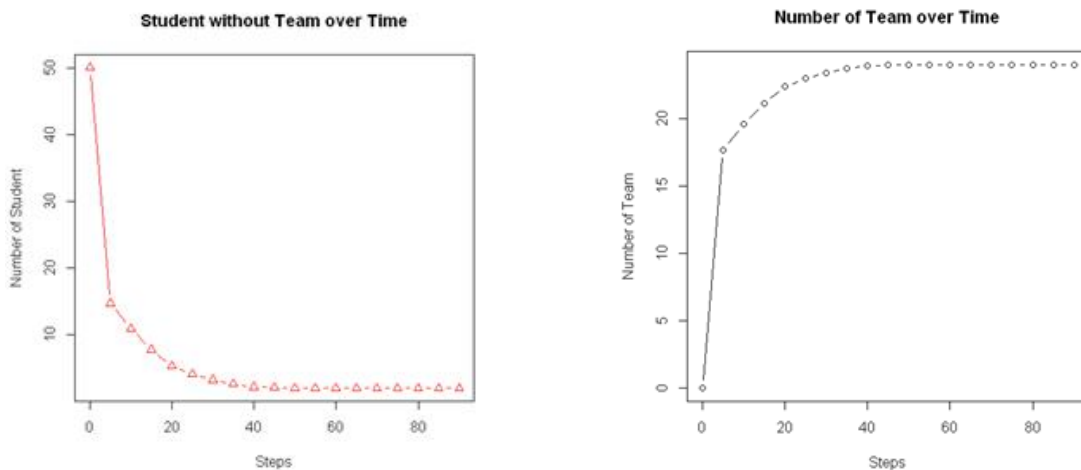
개발된 모형이 사용자의 요구 조건에 오류 없이 작동하는지를 검토하기 위해 다음과 같은 절차를 밟았다. 첫

째, NetLogo가 제공하는 체크(check)기능을 통해 코딩과정에서의 오류를 소거하였다. 둘째, 팀을 결성하는 과정에서 사용하는 그룹핑과 관련된 서브 프로시저는 따로 독립된 프로그램으로 작성하여 각각이 요구하는 기능대로 동작하는지 여부를 검토하였다. 예를 들어 같은 팀으로 구성될 때 링크를 형성하는데 상호 연결에 있어 중복이나 순환관계가 형성되지 않음을 확인하였다. 셋째, 모형이 갖고 있는 확률적 특성을 배제하고 시간의 제한을 두지 않은 상태에서의 극단 테스트를 진행하여 그 결과가 올바른지를 관찰하였다. 학생들의 유사성이 무작위적이지 않고 모두 동일하다면 시간제한이 없을 때 모든 학생은 팀에 소속되어야 한다. 또한 팀의 수는 시간에 따라 증가하여 안정화하는 모습을 보여야 한다. [Fig. 2]는 이와 같은 조건에서 테스트 런을 한 결과로 예상과 같은 결과를 보이고 있다.

5. 팀 결성 행동의 분석

모형이 학생들의 자율적 팀 결성 행동을 잘 모사하는지를 검토하기 위해 입력 변수의 값을 다양하게 변화시켜 시뮬레이션을 수행하였고 이에 따른 출력 값의 변화를 분석하였다. 출력 값은 구성되는 팀에서 더 이상의 팀원 변화가 없는 안정화까지에 소요되는 시간과 어느 팀에도 속하지 못한 학생 수의 비율을 관찰하였다.

분석을 위해 사용한 입력 변수 값의 변화 범위는 <Table 2>와 같으며, 모든 변수 값의 변화에 대해 시뮬



[Fig. 2] Result of Test Run for Verification

레이션을 수행했기 때문에 총 수행(run) 수는 25,600에 이른다. 변수의 각 조합에 대해 10번씩 반복(repetition) 수행함으로써 프로그램이 무작위로 발생시키는 난수 값(random seed)의 변동에 대한 확률적(stochastic) 영향을 줄이고자 하였다. 어느 한 변수에 대한 분석을 위한 데이터는 다른 모든 변수의 변화 범위를 대상으로 취합된다. 예를 들어 학생 수의 변화에 대해 분석하기 위한 데이터의 수는 8번의 탐색범위의 변화, 8번의 유사성 기준의 변화, 4번의 최대 팀 인원수의 변화, 그리고 10번의 수행 반복을 포함하므로 총 2,560개의 샘플 평균값을 얻게 되어 통계적 신뢰성을 확보하기에 충분하다.

<Table 2> Range of Input Control Variables

Variable	Minimum	Increment	Maximum
Number of Student	10	10	100
Search Boundary	1	1	8
Affinity Criterion	0.2	0.2	1.6
Max Team Member	2	1	5

5.1 학생 수의 변화

학생들은 교과활동 혹은 비교과활동을 통해 서로 접촉할 수 있는 기회를 갖게 된다. 초기에는 상호 친분이 없다는 것을 가정하므로 시뮬레이션에서 이들은 일정한 공간에 무작위로 분포하게 된다. 학생들의 상호 접촉의 기회는 공간상에서 각자가 이동하면서 발생하는데, 학교라는 제한된 시공간 내에서는 학생 수가 증가함에 따라

접촉의 기회를 많이 갖게 된다. 따라서 학생의 수가 증가함에 따라 팀 결성이 안정화되는 속도는 빨라지고 안정화까지의 소요 시간이 줄어들어 예상되며, 어느 팀에도 속하지 못한 학생 수의 비율 또한 감소함이 예상된다.

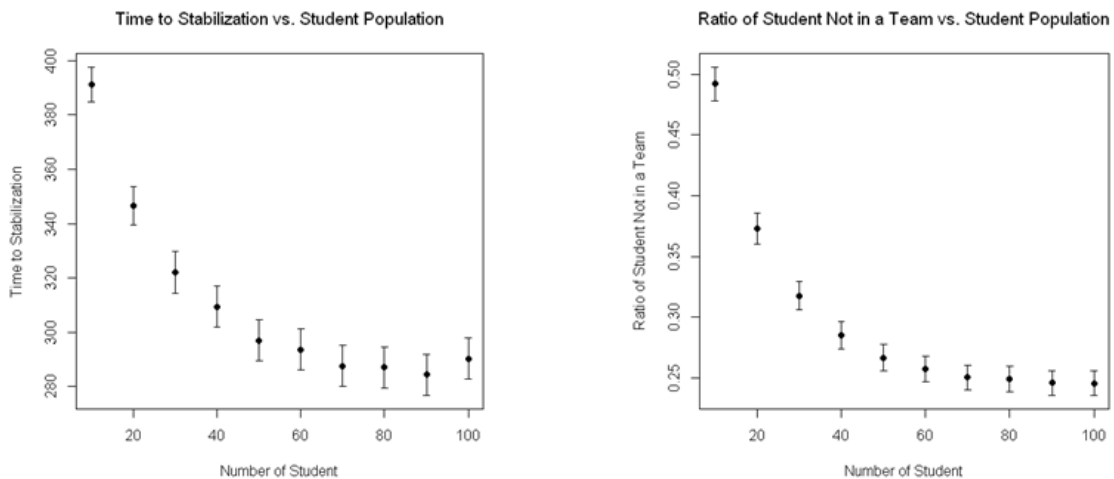
분석한 결과가 [Fig. 3]에 나타나 있다. 그림에서는 반복실행으로부터 얻어지는 데이터의 평균값을 점으로 나타내고 이에 따른 95% 신뢰구간은 점을 중심으로 한 선으로 나타내고 있다. 예상대로 학생의 수가 증가함에 따라 감소하는 모습을 관찰할 수 있으며 초기에는 급격히 감소하다가 어느 정도 이상의 학생 수에서는 비슷한 소요시간을 보이고 있음을 알 수 있다.

SPSS를 통한 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 사후분석 결과, 안정화에 필요한 소요시간은 유의수준 5%에서 10명, 20명, 30명, 40명의 경우와 50명~100명간에는 유의미한 차이가 있으며 50명 이상인 경우에는 인원수의 차이에 의한 안정화 시간의 차이가 없음을 알 수 있었다. 어느 팀에도 속하지 못한 학생 수의 비율 또한 50명 이상인 경우에는 상호 차이가 없음을 알 수 있었다.

5.2 탐색 범위의 변화

학생이 팀원을 찾기 위해 탐색을 하는 범위는 다른 학생을 접촉하는 범위를 대변한다. 따라서 탐색의 범위가 넓어질수록 안정화의 시간과 팀에 소속되지 않은 학생의 비율은 감소할 것으로 예상할 수 있는데, [Fig. 4]는 이러한 결과를 나타내고 있다.

안정화 소요시간은 탐색범위로서의 패치크기가 1, 2,



[Fig. 3] Analysis on the Variation of Number of Student

3, 4 각각의 경우와 5~8 사이에 유의수준 5%에서 유의미한 차이가 발생하였다. 한편 팀에 속하지 못한 학생의 비율은 탐색범위 1, 2, 3 각각과 4~8 사이에 차이가 있었다.

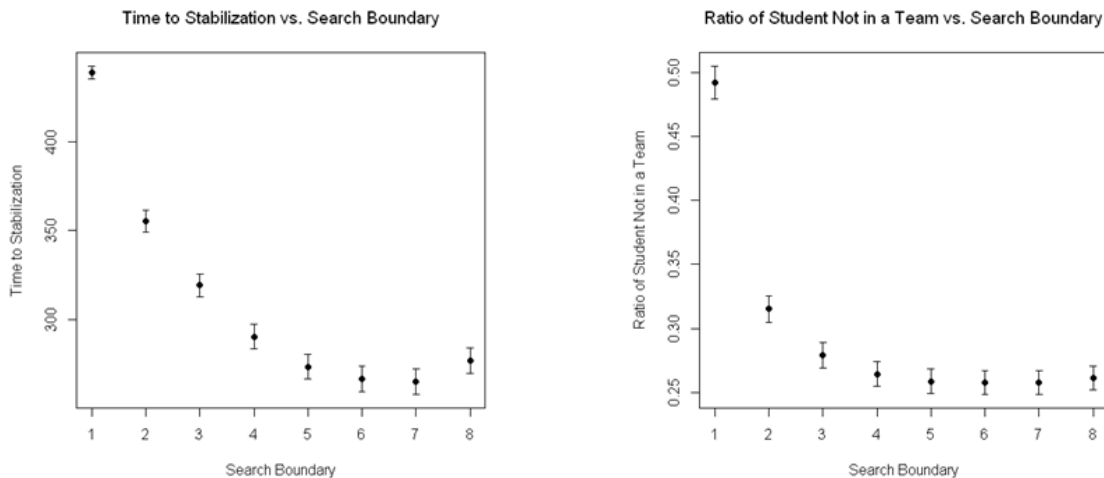
5.3 유사성 기준의 변화

유사성 기준은 팀원을 찾는 학생의 유사성과 팀원 후보자의 유사성간의 관계를 통해 서로 팀을 형성할 것이 지 여부를 정하는 기준으로 작용한다. 즉, 두 학생 간의 유사성 성향이 같은 경우 각 유사성의 절대 값의 합이 이 기준을 넘어서면 상호 팀을 형성하게 된다. 따라서 이 기준 값이 크면 클수록 팀의 형성이 어려워짐을 예상할 수 있다.

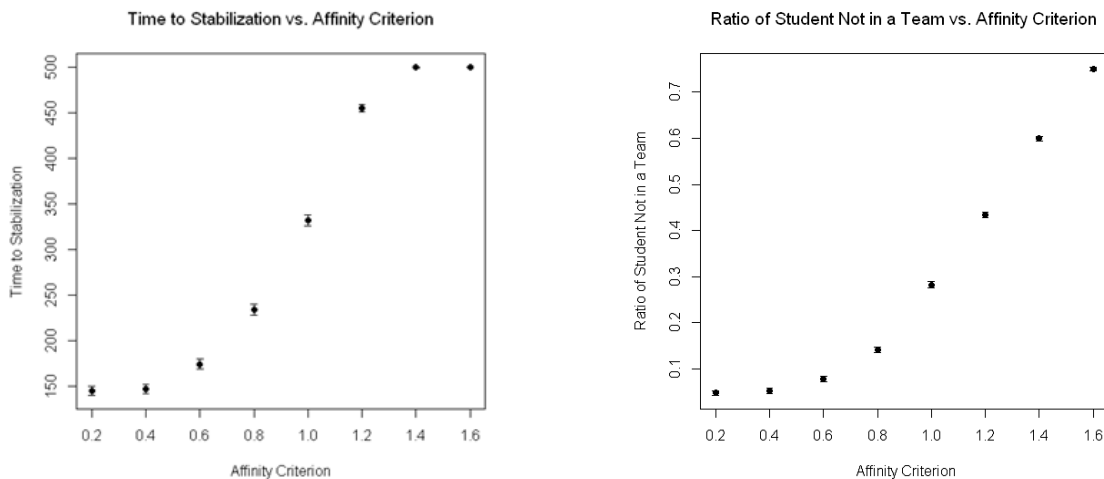
[Fig. 5]에서 보듯이 안정화소요 시간은 기준 값이 증가할수록 기하급수적인 증가를 보이는데 1.4와 1.6에서 500에 수렴하는 것처럼 보이는 것은 시뮬레이션을 수행하는 시간의 한계를 500 ticks에 두었기 때문이다. 기준 값 1.4와 1.6을 제외하고 SPSS 분석을 한 결과 5%의 유의수준에서 기준 값 0.2와 0.4 사이에는 차이가 없지만 나머지 다른 값들 간에는 모두 차이가 있음이 발견되었다. 이러한 결과는 팀을 형성하지 못한 인원의 비율에서도 마찬가지로 0.2와 0.4 사이에 차이가 없는 것을 제외하고는 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

5.4 팀원 수 제한의 변화

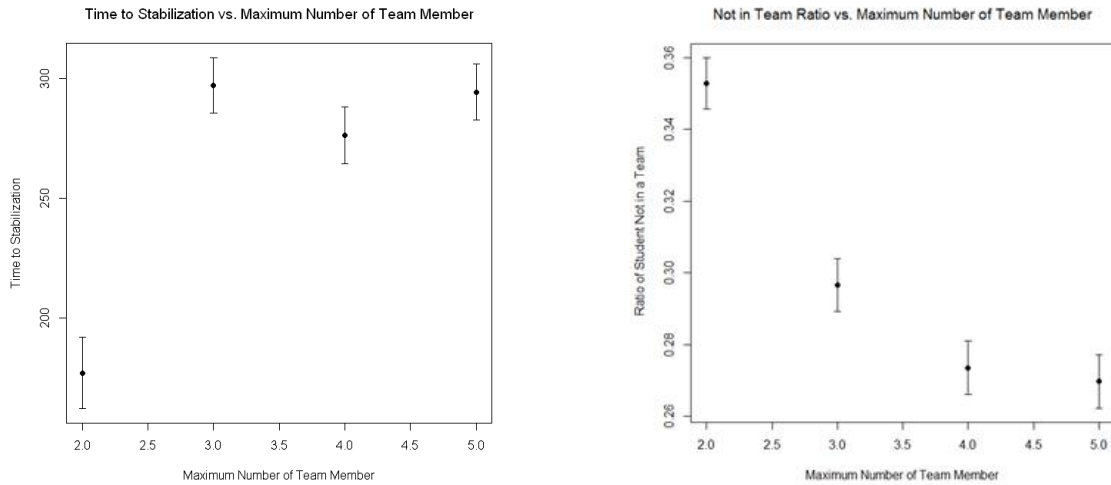
팀원의 수에 대한 제한 인원이 몇 명인가에 따라 결과



[Fig. 4] Analysis on the Variation of Search Boundary



[Fig. 5] Analysis on the Variation of Affinity Criterion



[Fig. 6] Analysis on the Variation of Maximum Number of Team Member

값이 어떻게 달라지는가를 분석한 결과가 [Fig. 6]에 나타나 있다. SPSS 분석에 의하면 안정화에 필요한 시간은 제한 인원이 2명일 때는 3명이상일 때보다 유의수준 5%에서 유의미한 차이가 있었다. 한편 팀에 속하지 못한 학생의 비율은 팀 인원이 2명으로 제한될 때 가장 많았고 3명인 경우 유의미하게 비율이 줄었으며 4명과 5명은 비율에 있어 유의미한 차이를 보이지 않았다.

6. 결론

본 연구에서는 에이전트 기반의 시뮬레이션 모형을 개발하여 교과과정에서 학생들이 자율적으로 팀 결성을 하는 행동 모습을 모사하고자 하였다.

시뮬레이션의 모형은 NetLogo를 이용하여 개발하였으며 독립된 테스트와 극단 테스트를 통해 모형의 유효성을 검증하였다. 또한 팀 결성 행동 분석을 위한 모의실험은 NetLogo의 BehaviorSpace 기능을 통해 진행하였고 통계적 검증을 위해 SPSS를 사용하였다. 모의실험의 조건과 모형을 통한 실험 결과의 분석 내용은 아래와 같다.

팀 결성의 행동 분석은 대상이 되는 학생의 수, 팀원을 찾는 탐색 범위, 팀 구성을 이루기 위한 학생 간의 유사성 기준, 팀 구성에서의 제한된 인원수 등을 제어변수로 하고, 이들의 변화에 따른 종속변수의 변화를 관찰함으로써 진행하였다. 종속변수는 팀 결성이 안정화될 때까지 소요되는 시간과 제한된 시간까지 팀 결성을 하지 못

한 학생 수의 비율로 정하였다.

대상 학생 수에 대한 분석 결과 학생의 수가 증가함에 따라 팀 결성의 안정화까지의 소요시간과 팀 결성을 못한 학생의 비율 모두에 있어 감소하지만 어느 한계(본 연구에서는 50명) 이후에는 인원이 증가하더라도 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 학생의 수가 많아질수록 한정된 공간에서 팀원을 찾기가 수월해지며 상대적으로 학생의 수가 적은 경우 다른 학생과의 접촉의 기회가 적음을 반영한다고 해석되어 현실적인 상황과 부합한다.

탐색의 범위는 학생이 팀원을 적극적으로 찾는 활동 범위라 볼 수 있다. 탐색의 범위 또한 그 값이 증가함에 따라 안정화까지의 소요시간과 팀 결성을 못한 학생의 비율이 감소하지만 어느 정도 이후에는 변화에 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 탐색의 범위가 크면 클수록 팀원을 찾을 확률이 증가하지만 어느 수준 이상이 되면 팀원을 찾아야 하는 공간상의 활동량도 늘어나므로 그 효과는 적어지는 것으로 해석된다.

유사성의 기준에 대해서는 기준의 증가와 함께 팀 결성이 안정화되는 시간과 팀 결성을 하지 못한 학생의 비율이 모두 함께 급격히 증가함을 알 수 있다. 기준이 높다는 것은 두 학생이 서로 까다롭게 상대방을 탐색한다는 것을 의미하므로 당연한 결과로 해석된다.

팀원 수의 제한에 대해서는 2명으로 제한하는 경우를 제외하고는 결과에 있어 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

모형의 검증내용과 수행결과는 개발된 모형이 학생들의 자율적 팀 결성 행동을 적절히 모사하고 있음을 나타

낸다. 팀 활동을 지도하는 교수자의 입장에서는 모형의 수행 결과로부터 다음과 같은 시사점을 발견할 수 있다.

학생의 수가 많지 않은 교과이거나 학생들이 팀원을 찾는데 적극적이지 않은 경우에는 자율적으로 팀을 구성 하는데 적지 않은 시간이 소요되거나 주어진 시간 내에 팀 구성을 하지 못하는 학생들이 발생할 수 있으므로 적절한 지도가 필요하다. 또한 이중전공 등으로 인해 다 학제적 수강이 권장되는 대학 상황에서 상호 이질적인 배경을 가진 학생들과 함께 팀 활동을 해야 하는 경우에는 완전한 자율에 맡기기보다는 교수자의 적극적인 개입이 필요할 수 있다. 끝으로 팀의 인원을 제한할 필요가 있을 때는 가능한 3명이상으로 하는 것이 권장된다.

본 연구를 통해 개발된 모형은 추후 학생들의 팀 활동에 관한 연구를 에이전트 기반의 시뮬레이션을 통해 진행할 때 기본적인 모형의 틀로 사용 가능하리라 사료된다. 그러나 아직은 다양한 변수를 충분히 반영하지 못한 기초적인 수준으로 팀 구성의 변화에 대한 다양한 특성을 반영한 후속 모형의 개발이 후속 연구과제로 남는다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Hankuk University of Foreign Studies Research Fund of 2016.

REFERENCES

- [1] Seok-Beom Yoon & Eun-Young Jang, "A Development of Creative Capstone Design Education." *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 5(4), pp. 15-20, 2014.
- [2] Eduardo Salas, N. J. Cooke & M. A. Rosen, "On Teams, Teamwork, and Team Performance: Discoveries and Developments." *Human Factors*, Vol. 50, No. 3, pp. 540-547, 2008.
- [3] Kyung-Ihl Kim & Ji-Young Park, "Cultural Difference impact on the ERP System Implementation," *Journal of IT Convergence Society for SMB*, Vol. 6, No. 2, pp. 1-9, 2016.
- [4] Kyung-Ihl Kim, "A Model of the influence of IMS operation on organizational performance," *Journal of IT Convergence Society for SMB*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-5, 2016.
- [5] Inae Kang & Eun-Shil Jung, "A Qualitative Analysis on the Differences between The Student-Selected Teams and The Learning Style-based Teams in terms of Their Satisfactory Levels on the Learning Activities." *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, Vol. 22, No. 3, pp. 67-95, 2010.
- [6] Won-Seok Seo, C. Lee & N. Yang, "A Case Study of the Appropriate Technology Project with Multidisciplinary Teamwork of College Students." *The Korean Journal of Technology Education*, Vol. 13, No. 2, pp. 86-109, 2013.
- [7] Soo-Yeon Kim, "Teaching and learning(PBL) and explore the convergence of the Effects of the practical skills," *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 7, No. 2, pp. 109-118, 2016.
- [8] Soung Ryong Yee, "An analysis of team performance based on member formation: Approached by the three triads of Enneagram." *Journal of Engineering Education Research*, Vol. 16, No. 1, pp. 75-83, 2013.
- [9] Soung Ryong Yee, "A Study of Team Satisfaction and Associated Factors in Engineering College Freshmen." *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 2, pp. 315-324, 2015.
- [10] Carsten K. W. De Dreu & L. R. Weingart, "Task Versus Relationship Conflict, Team Performance, and Team Member Satisfaction: A Meta-Analysis." *Journal of Applied Psychology*, Vol. 88, No. 4, pp. 741-749, 2003.
- [11] Paul K. Bergey, "Team Formation and Performance." *IEEE Engineering Management Review*, Vol. 40, No. 1, p. 2, 2012.
- [12] Soung Ryong Yee, "Cognition of Engineering Students in Team Activities through a Comparative Analysis between Grades." *Journal of Engineering Education Research*, Vol. 19, No. 1, pp. 11-20, 2016.
- [13] Jason P. Davis and C. B. Bingham, "Developing Theory Though Simulation Methods." *Academy of Management Review*, Vol. 32, No. 2, pp. 480-499,

- 2007.
- [14] J. Richard Harrison et. al., "Simulation Modeling in Organizational and Management Research." *Academy of Management Review*, Vol. 32, No. 4, pp. 1299-1245, 2007.
- [15] Xiacong Fan and J. Yen, "Modeling and simulating human teamwork behaviors using intelligent agents." *Physics of Life Reviews*, Vol. 1, pp. 173-201, 2004.
- [16] Helen P. N. Hughes et. al., "Agent-based modelling and simulation: The potential contribution to organizational psychology." *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, Vol. 85, pp. 487-502, 2012.
- [17] Soung Ryong Yee, "A search for the team formation scheme to promote success experience in team projects." *Journal of Information Industrial Engineering*, Vol. 17, pp. 121-137, 2011.
- [18] Joshua M. Epstein, "Agent-Based Computational Models and Generative Social Science." *Complexity*, Vol. 4, No. 5, pp. 41-60, 1999.
- [19] Rosaria Conte and M. Paolucci, "On Agent-Based Modeling and Computational Social Science." *Frontiers In Psychology*, Vol. 5, Article 668, pp. 1-9, 2014.
- [20] Paul E. Smaldino, J. Calanchini & C. L. Pickett, "Theory Development with Agent-Based Models." *Organizational Psychology Review*, Vol. 5, No. 4, pp. 300-317, 2015.
- [21] Richard M. Crowder et.al., "The Development of an Agent-Based Modeling Framework for Simulating Engineering Team Work." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, Vol. 42, No. 6, pp. 1425-1439, 2012.
- [22] Christine A. Anderson and A. L. Whall, "Nursing Opinion Leadership: A preliminary model derived from philosophic theories of rational belief." *Nursing Philosophy*, Vol. 14, pp. 271-283, 2013.
- [23] Christine A. Anderson and M. G. Titler, "Development and Verification of an Agent-Based Model of Opinion Leadership." *Implementation Science*, 9:136, pp. 1-13, 2014.
- [24] Vicenc Quera, F. S. Beltran & R. Dolado, "Flocking Behavior: Agent-Based Simulation and Hierarchical Leadership." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 13, No. 2: 8, pp. 1-17, 2010.
- [25] Thomas E. Will, "Flock Leadership: Understanding and influencing emergent collective behavior." *The Leadership Quarterly*, Vo. 27, pp. 261-279, 2016.
- [26] Soung Ryong Yee, "An Agent Based Simulation Model for the Analysis of Team Formation." *Journal of the Korea Society for Simulation*, Vol. 19, No. 4, pp. 169-178, 2010.

이 성 룡(Yee, Soung Ryong)



- 1982년 2월 : 서울대학교 산업공학과(공학사)
- 1984년 2월 : 한국과학기술원 산업공학과 (공학석사)
- 1993년 5월 : 조지아공대 산업및시스템공학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 한국외국어대학교 산업경영공학과 교수

- 관심분야 : 학제적융복합, 시뮬레이션, 공학교육, 기술경영
- E-Mail : sryee@hufs.ac.kr