

논문 2010-47CI-4-1

제한적 인지 데이터에 기초한 에이전트 움직임-데이터 궤적의 인간다움

(Human-likeness of an Agent's Movement-Data Loci based on Realistically Limited Perception Data)

한 창 희*, 김 원 일**

(Changhee Han and Wonil Kim)

요 약

본 논문의 목적은 제한적 인지에 기초한 가상인간 에이전트의 움직임-데이터 궤적이 인간과 유사하다는 것을 보이는 것이다. 이 움직임-데이터 궤적의 인간 유사성을 결정하기 위해서, 우리는 두 파라미터들 -사실적으로 제한된 인지(RLP: Realistically Limited Perception) 데이터와 점증적 움직임 경로 데이터의 생성 (IMPG: Incremental Movement-Path Generation)- 사이의 상호작용을 활용한다. 즉, 어떻게 전자인 인간사고 혹은 그 구성요소의 모의 파라미터(즉 RLP 데이터)가 후자인 인간 움직임-데이터 궤적의 모의 파라미터(즉 IMPG 데이터)를 지배하는지를 에이전트 움직임-데이터 궤적에서 고찰하는 것이다. 지도 제작 DB는 인지와 움직임 경로-데이터 생성 사이의 인터페이스이므로, 에이전트에게 항해를 위해 필요한 선결 요소이다. Hill과 동료들에 의해 RLP에 의한 지도 DB 제작은 연구되었지만, 이러한 기존의 연구들은 단지 렌더링 카메라의 시점 데이터의 변화에 의해서만 수행되었다. 이에 비해 본 논문에서는 Hill의 지도 DB 제작 모듈을 에이전트 시스템에 통합하여 예기치 않은 적 출현을 수반한 정찰 임무 상에서 두 파라미터 데이터간의 상호작용을 고찰하였다. 인간 피실험자와 에이전트에 의해 생성된 움직임 데이터의 궤적들이 서로 비교되었다. 비록 에이전트 움직임-데이터 궤적의 인간유사성이 두 개의 파라미터 데이터들(즉 RLP와 IMPG)과 단지 30명의 피실험자들로 얻어진 파일럿실험(pilot-test)의 결과이지만, 본 연구의 에이전트 시스템은 인간과 유사한 움직임-데이터를 생성하기 위한 최소한의 기능적인 테스트베드(functional testbed)가 될 수 있음을 입증하였다.

Abstract

This present paper's goal is to show a virtual human agent's movement-data loci based on realistically limited perception data is human-like. To determine human-likeness of the movement-data loci, we consider interactions between two parameters: Realistically Limited Perception (RLP) data and Incremental Movement-Path data Generation (IMPG). That is to consider how the former (i.e., RLP), one of the simulated parameters of human thought or its elements dictates the latter (i.e., IMPG), one of the simulated parameters of human movement behavior. Mapping DB is a prerequisite for navigation in an agent system because it functions as an interface between perception and movement behavior. Although Hill et al. studied mapping DB methodology based on RLP, their research dealt only with a rendering camera's view point data. The agent system in this present paper was integrated with the Hill's mapping DB module and then the two parameters' interaction was considered on a military reconnaissance mission with unexpected enemy emergence. Movement loci that were generated by the agent and subjects were compared with each other. The agent system in this present research verifies that it can be a functional test bed for producing human-like movement-data loci although the human-likeness of agent is the result of a pilot test, determined by two parameters (RLP and IMPG) and only 30 subjects.

Keywords: 에이전트 데이터 모델링 및 시뮬레이션, 지도 DB 제작, 항해 데이터 연산, 인지적 행동

* 정회원, 육군사관학교 전자정보학과

(Department of Computer Science & Electrical Engineering, Korea Military Academy)

** 정회원, 세종대학교 디지털콘텐츠학과

(Department of Digital Contents, Sejong University)

※ 본 연구는 한국학술진흥재단(KRF-2007-331-D00434)의 지원으로 수행되었음

접수일자: 2010년6월1일, 수정완료일: 2010년7월7일

I. 서 론

본 연구의 목적은 사실적으로 제한된 인지에 기초한 가상인간 에이전트 움직임 데이터 궤적이 인간답다는 것을 보이는 데 있다. 군사 훈련을 포함하여 여러 산업 분야에서의 공통된 경향 한 가지^[1-3]는 인간 훈련생이 컴퓨터로 통제되는 에이전트인 가상인간들과 상호작용하는 가상현실 기반의 컴퓨터 시뮬레이션을 자주 사용한다는 것이다. 이때, 가상현실 기반의 상호작용들이 효과적이기 위해서는, 에이전트들과 함께 행동하는 훈련생의 경험은 일반인이 접하는 실세계 환경의 투영이어야만 한다. 즉, 실제 인간과의 효과적인 상호작용을 위해서 가상 인간의 행동 특성은 실제 인간이었다면 발휘되었을 사실적인 인간 움직임 행동 특성으로 나타나야 한다.

에이전트의 인간유사성을 언급할 때, 가능한 인간유사성 특성의 범주는 광범위하다. 따라서 우리는 '내부적 표현인 인간사고가 외부적 표현인 행동을 지배 한다'는 보편타당한 상식적 명제를 통해서 그 범주를 제한하고자 한다. 이러한 명제가 주어졌을 때, 사실적인 인간 움직임 행동을 개발하기 위해서는 인간 사고의 조건을 고려하는 것이 필요하다. 인간사고(혹은 그 구성요소)의 모의 파라미터들, 예를 들어 사실적으로 제한된 인지 (Realistically Limited-Perception 즉 RLP)와 같은 것은 에이전트의 내부적 표현 데이터로 사상될 수 있고, 한편 인간의 움직임 행동에 대한 모의 파라미터들, 예를 들어 점증적 움직임 경로 생성 (Incremental Movement-Path Generation 즉 IMPG)과 같은 것은 에이전트의 외부적 표현 데이터로 사상될 수 있다. 본 연구에서는 에이전트가 실제인간과 유사한 외부적 표현을 나타내기 위해서는 에이전트의 내부적 표현도 실제인간의 것을 갖추는 것이 필수 요건이라는 전제에 기초해서 이 두개의 파라미터 데이터들 (즉, RLP와 IMPG) 사이의 상호 작용을 고찰해 본다.

RLP 데이터는 에이전트의 위치가 주어졌을 때 인지될 수 있는 제한 사항에 대한 모델을 일컫는다. 여기에 해당하는 예는 360도 전체를 한 번에 인지하지 않음, 경유점 사전 저장 기법 (placement node)^[4-5]의 미사용, 벽을 통과할 수 없는 시계 등이 포함된다. 본 연구에서는 이러한 세 가지 요소를 가진 제한적 인지의 모듈 데이터들이 사용되었다. RLP 데이터는 에이전트가 실제 인간이었다면 알 수 없는 정보에 대해, 에이전트도 알

수 없도록 함으로써 인간답게 행동할 수 있게 한다. RLP 데이터는 에이전트들이 인간처럼 자신이 속한 주변지형을 둘러보고 탐사함에 의해서 생긴 지형 정보만으로 지도 DB를 제작하게 된다.

Yahja와 그 동료들^[6]은 만약 어떤 환경이 복잡해지면 복잡해질수록 그 움직임 경로의 생성은 더욱 점증적이어야 한다고 주장한다. 그래서 만약 에이전트의 인지가 인간과 유사하게 제한된다면, 에이전트가 인지하지 못한 부분들 상에 경로들을 계획할 수 없기 때문에 그 에이전트의 움직임 경로의 생성은 점증적이어야 한다.

한편, 지도 DB 제작은 어떤 인지 결과에 대한 지형 표현이며, 에이전트가 가상 환경을 인지하면서 목표 지점까지 움직여 나아가는 향해 DB 시스템의 선결 요소^[7-9]이다. 제한적 인지는 지역지도(local map) DB에 무제한적 인지(예, 360도 시계)는 전역지도(global map) DB의 제작에 관여한다^[10]. RLP 데이터에 기초한 지도 DB 제작의 연구는 Hill et al.^[11]에 의해서 수행되었다. 그러나 그들의 연구는 카메라 시점 데이터들의 움직임에 대해서만 이루어졌다. 에이전트와 다른 변수들 (이번 예에서, 적 출현)의 통합은 고려되지 않았다. 그래서 우리 연구의 목적은 다음처럼 재 진술될 수 있다: 에이전트 시스템을 제작하고 Hill et al.의 맵핑과 통합함으로써 사실적으로 제한된 인지가 에이전트의 인간다운 움직임-데이터 궤적을 생성하는데 필요하다는 점을 증명해 보이는 것이다. 에이전트는 예기치 못한 적 위협 상황을 대처하면서 가상환경 내의 목표 지점에 도달하는 정찰 임무를 수행한다. 정찰 임무 상에서의 실험들을 통해 인간 피실험자와 에이전트로부터 생성된 움직임 데이터 궤적들이 서로 유사함을 보인다.

움직임 행위를 수반하는 다른 에이전트 시스템의 문헌비교는 관련 연구 장에서 정리했다. 에이전트에 의한 실험과 피실험자에 의한 실험은 실험 장에서 다루어졌으며, 각각의 실험은 방법과 결과로 구성되어있다. 결론과 향후 연구가 마지막 장에서 다루어 졌다.

II. 관련 연구

Best^[9]에 의해서 만들어진 합성 군인은 ACT-R을 이용해서 UT 게임 엔진에 모델화되었다. 대부분의 컴퓨터 게임^[4, 12]과 모의 군사훈련^[13-15]처럼 그들의 지도 DB 제작 방법론은 가상 환경 각각의 격자 상에 플레이스먼트 노드 (placement node) DB를 요구했다. 각각의

플레이스먼트 노드는 다른 모든 노드로부터 도달 가능한지에 대한 정보가 미리 저장되어져 있게 된다. 에이전트에게 어떠한 벽이 나를 에워싸고 있는지에 대한 결정 없이는 에이전트의 항해 (예, Wall-Following)는 불가능하다. 지역지도를 인지하는 것은 그 가시 벽 결정과 전역지도 DB 제작을 위해서는 필수 불가결^[10]한 단계이다. 그러나 이들의 방법처럼 전역지도 DB를 사전에 저장된 지형 정보 DB를 기초로 하여 제작한 후, 지역지도들이 수학적 분해의 방법에 의해 제작되어지는데 이러한 과정은 인간의 인지 과정에 부합되지 않는 것이다^[16~18, 7].

지형정보 DB를 미리 저장함과 자동화된 AI를 통합한 방법을 통해서 좋은 저격 위치와 장소를 선정하는 등의 지형 추론을 연구하면서도, van der Sterren^[4]은 지형정보 DB의 사전 저장 방법은 노동력 집약적인 방법이기 때문에 단점을 내재하고 있다고 서술하고 있다. 그러나 그의 방법 또한 레벨 디자이너들에게 각각의 게임 환경이 새롭게 변경될 때 마다 지형정보 DB를 미리 저장하여 다시 수행하도록 만들고 있다. 그의 이러한 통합 방법과 대조적으로, 실시간 지형 추론의 어떤 대안적 방법은 환경에 변화가 있더라도 지형 정보를 실시간에 자동적으로 계산하고 사용하는 것이 될 수 있다. 그러한 대안적 방법^{[9, [11]]}은 그 환경의 지형 특징들을 게임의 레벨을 디자인하는 등의 단계에서 미리 코드화하는 것과 같은 문제를 회피할 수 있다.

컴퓨터 게임 인물들은 대개 인지적인 전지전능함^[15, 4, 19]을 가지고 있다. 그들의 인지는 인간의 능력과 한계성을 본떠서 만들어진 것이 아니다. 따라서 인간과 유사한 행동을 달성하기 위해서는 레벨 디자이너들은 제

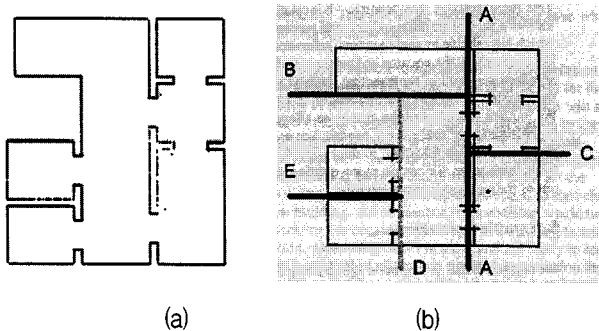


그림 1. Best^[9]가 사용한 가상환경의 평면도 모습.
(a) 전역지도 DB (b) 전역지도 DB로부터 지역지도 DB의 제작과정

Fig. 1. Figures from [9]. (a) A global map. (b) A local map construction process from the global map.

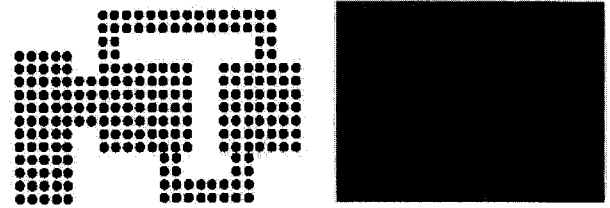


그림 2. van der Sterren^[4]의 가상환경 및 그 평면도. 좌측은 우측의 가상환경내의 플레이스먼트 노드 DB의 모습

그림 2. Figures from [4]. Waypoints expressing the shape of a level in the image of the right side (left).

한된 인지력의 모양새를 부가적으로 제공해야 한다. 그들의 초인간적 능력은 보다 우세한 능력이나 사기성에 기인한 것인데, 이런 것들은 인간 게이머들을 낙심시킬 수 있는 것들이다. 게임 지도는 그래프 구조 등을 이용하여 레벨을 디자인하는 단계에서 도달 가능한 노드들을 미리 연결하여 제작되게 되며, 이것들은 게임 캐릭터들을 위한 경로 DB로 사용되어진다. 캐릭터들의 지능적인 행위를 시연하기 위해서 필요한 지식 DB는 예를 들어 현 위치에서 어떤 행위가 적절한지 등이 그 노드와 연결선에 코드화 되어진다. 따라서 어떤 노드나 연결선의 위치가 잠복을 위해 좋은 곳인지 혹은 등장인물이 포복하기 위해서 이 연결선을 가로지를 때 기어가야만 하는지를 말해주는 정보를 가지고 있는 것이다. 따라서 레벨 디자이너들은 모든 지형 데이터를 환경에 미리 코드화해야만 한다. 이것은 컴퓨터 실행시간이라는 면에서는 다소 이점이 있지만, 한 번도 가보지 않은 장소에서 행하는 능숙한 행동은 인간다움이라는 보편성을 달성하기에는 많은 제한점을 가져오게 된다.

III. 실험

실제 인간의 행위는 그 자체로써 가상인간 에이전트의 개발을 위한 표준 모델이 되기 때문에, 인간 피실험자 테스트 방법이 에이전트 움직임 데이터를 평가하는데 사용되어진다. 사실적으로 제한된 인지예 기초한 에이전트의 움직임-데이터의 궤적을 생성하는 방법과 그것의 애니메이션 결과가 제시된다. 그 뒤, 인간 피실험자의 움직임 데이터 궤적을 구하는 방법과 그 결과가 제시된다. 피실험자와 에이전트에 의해 생산된 움직임 경로의 궤적들이 서로 비교되었다.

에이전트와 피실험자들의 과업은 정찰 임무를 수행

하는 것이다. 화면에 나타나는 다른 모든 에이전트들은 적으로 간주하며, 우군 에이전트 보다 우세한 능력을 가지고 있다고 간주한다. 따라서 에이전트와 피실험자들은 그들과 조우했을 때 적들을 회피함과 동시에 최단 거리로 목표지점으로 유도하는 경로로 우회한다.

1. 에이전트를 수반한 실험

가. 방법

이전에 언급한 것처럼, Hill과 그 동료들의 지도 DB 제작 방법론이^[11] 이 논문에서 에이전트 시스템과 통합되었다. 이 지도 DB 제작의 주요한 특징들 중의 하나는 이 방법이 사전에 저장된 지형 DB 정보를 사용하지 않기 때문에 노동 집약적이지 않고 실시간 지형추론이 가능하다는 것이다. 또 다른 하나는 이 지도 DB 제작 과정이 실제 인간의 다양한 인지 과정들 -제한적 시야와 불확실한 정보의 사용; 지역 공간의 정의 및 이를 이용한 지도 DB 제작; 그리고 현재의 지역 공간에서 다음의 지역 공간을 사전에 인지하기 등- 을 모의한다는 것이다.

지역지도를 제작하기 위한 지도 DB 제작의 주요한 단계들은 절대적 지역 공간(Absolute Space Representation; ASR, 즉 지역지도)과 출구(즉, 지역 공간들 사이의 연결자) 데이터를 인지하고 정의하는 것이다. 가상 환경의 어떤 장면이 2-1/2D 스케치^[20]로 변환

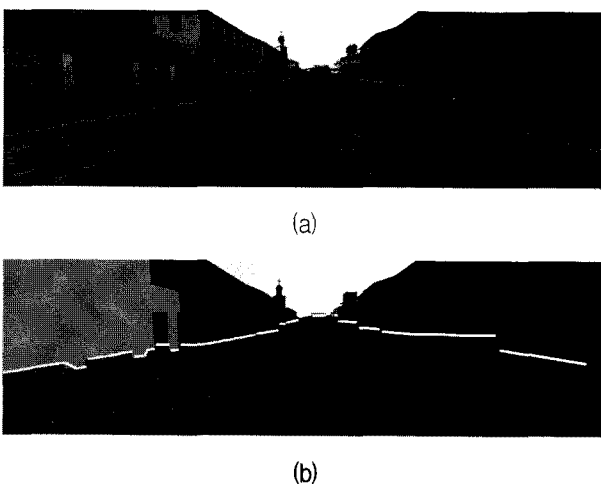


그림 3. 본 연구의 지도DB 제작 모듈에 의해 처리된 가상환경 (a)와 2-1/2D 스케치 데이터 (b)의 모습

그림 3. (a) A virtual urban environment. (b) Only visible edges (marked by white lines) detected from (a).

되어 입력 값으로 사용되었다. 이 스케치는 깊이 데이터를 수반하는 경계면 선들의 집합(그림 3 (b))이다. 스케치 데이터를 생성하기 위해서, 임의의 숫자(즉, 색) 값이 건물, 바다 공간, 외벽에 해당하는 다각형의 각 집합에 할당된다. 표준적인 경계선 탐지 기법과 그래픽스의 z-buffer를 사용해서, 지표면과 건물, 지표면과 외벽 사이의 보이는 선분만이 그 색깔 값에 의해서 인지된다. 그 선분들은 정렬된 리스트에 저장된다.

출구들은 에이전트를 에워싸고 있는 공간을 둘러볼 때 하나의 표면이 다른 것을 부분적으로 차폐하는 장면에서 인지된다. 그러한 두 표면들 사이의 틈새를 Yeap과 Jefferies^[10]는 차폐선이라고 불렀다. 이 차폐선(예, 그림 4 (a)의 CD와 IJ)은 보이는 꼭짓점을 갖고 있고 이것을 차폐점(occluding vertex, 예, C와 J)으로 정의하며 시점에서 가까운 점이다. 또한 피차폐점(occluded vertex, 예, D와 I)도 갖고 있는데, 이 점에서 그 차폐선이 가장 후미에 있는 표면과 교차하게 되는 곳이다.

그림 4 (a)를 이용하여 출구 데이터의 계산과정을 설명한다. 차폐선 CD는 표면들을 현재의 시계로 나누며, 그 표면들은 2개의 그룹으로 나뉜다. 하나는 차폐점 C의 왼쪽의 모든 표면을 포함하는 그룹이고, 다른 하나는 오른쪽의 모든 표면을 포함하는 그룹이다. 출구 데이터는 차폐점 C와 두 번째 그룹에 있는 어떤 점을 연결하는 최단 선이다. 이 예제에서는 CJ가 그 최단 선으로 선택된다. CJ보다 긴 선이기 때문에 선택되지 않은 다른 후보들로는 CD, CE, CF, CP, CG, CH, CI, CJ, CK, 및 CL을 포함한다. 그림 4 (a)에서 가상의 꼭짓점 P는 다른 선분들과는 다르게 선분 CP가 선분 FG의 수 선이기 때문에 인지되었다.

그림 4 (a)에서 선분 CJ는 선택된 꼭짓점 J가 피차폐점이 아니기 때문에 의심의 여지가 없는 '확실한 출구'(doubtless exit)로 정의한다. 이 출구 CJ는 차폐선들에 도달하기 위해서는 통과해야만 하는 가상의 선분이기도 하다. 만약 선분 CD가 그림 4 (b)에서처럼 가장 짧은 선분이었다면, 이 출구 CD는 D가 피차폐점이기 때문에 '불확실한 출구'(doubtful exit)로 정의 된다. 이때의 불확실성은 에이전트의 시점이 변함에 따라서 피차폐선이 확연히 드러나거나 혹은 확실한 출구로 인지될 때까지 갱신될 여지가 존재하기 때문에 그렇게 정의한 것이다. 만약에 에이전트가 어떤 출구를 통과하게 되면 에이전트가 들어간 새로운 공간이 새로운 지역지도 DB로 제작 되고 그리고 이 지도는 '지역지도 네트워

크'에 추가 된다(그림 5 (k), (l), (m)의 ASR#1, ASR#2, ASR#3).

한편 이러한 지도 DB 제작 과정은 지역지도 작성 기간 동안에 무시되었던 공간 (잉여-ASR#1, 즉 그림 5 (k)의 Exit3 너머의 공간) 데이터도 지역지도 네트워크에 통합하면서, 인간의 인지 과정처럼 시계의 범위를 고의적으로 지역 공간에만 국한하지 않는다. 현재 지역 공간상의 출구 너머로 보인 것은 다른 지역 공간인데, 이것은 에이전트가 그 새로운 지역 공간을 실제적으로 진입하기 이전에라도 에이전트의 행동에 영향을 줄 수 있는 정보를 제공한다. 어떤 출구 너머에 보이는 공간을 지도 제작한 그 결과물을 '잉여 지도'(residue map)라고 정의한다. 에이전트가 출구를 통해 어떤 새로운 공간으로 진입하는 순간에 에이전트는 그 공간에 대해 임시 지역지도를 생산한다. 그 공간에 대한 이 임시 지역지도와 이전에 생성되어진 잉여 지도를 비교하여, 모든 불확실한 출구들의 통합 길이가 더 작은 것을 갖는

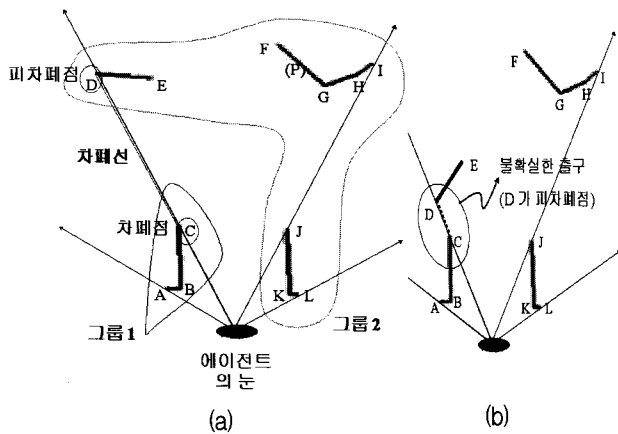
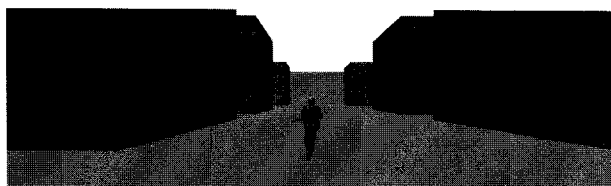


그림 4. 출구 데이터의 계산과정. (a) 가상선 CJ는 확실한 출구 (doubtless exit) (b) 원안의 CD는 불확실한 출구 (doubtful exit)

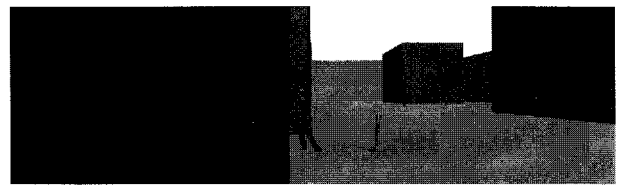
그림 4. Calculating an exit ((a) doubtless, (b) doubtful) in a 2-1/2D Sketch.



(a)



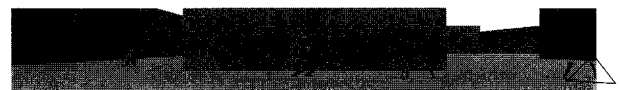
(b)



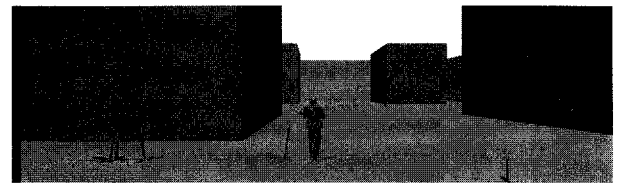
(c)



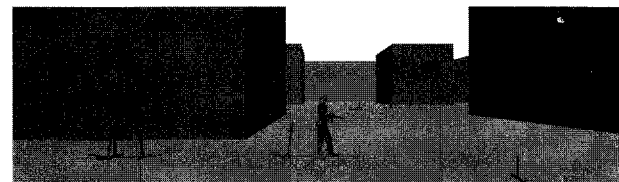
(d)



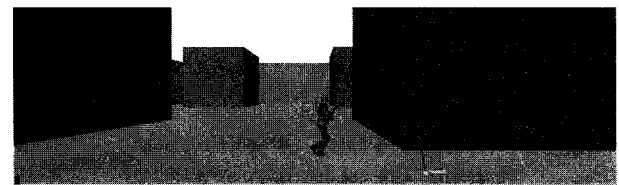
(e)



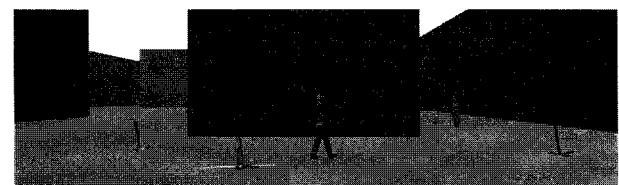
(f)



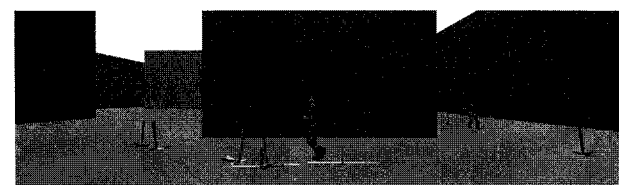
(g)



(h)



(i)



(j)

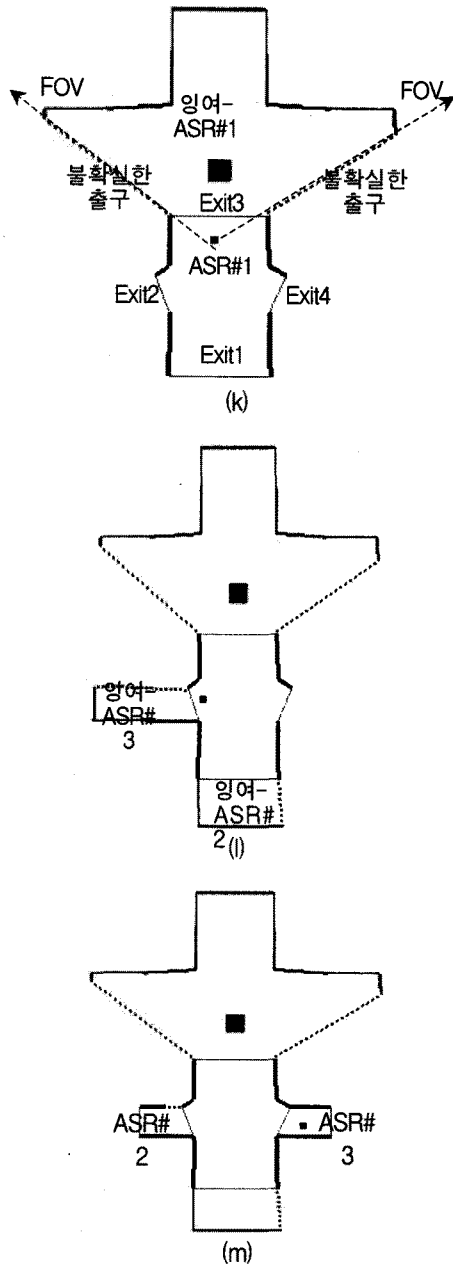


그림 5. 예기치 않은 적 위협((b)의 원으로 표시)에 대처하는 에이전트의 움직임-데이터 궤적과 이때의 지도DB 제작 과정. (k), (l), 및 (m)의 지도상에서 경계선은 굵은 실선, 확실한 출구는 얇은 실선, 불확실한 출구는 점선으로 표시. 사각형의 점은 목표 지점의 위치를 표시하며 더 작은 사각형의 점은 에이전트의 위치임

그림 5. An agent movement behavior coping with unknown enemies. The circled virtual character in (b) indicates an enemy. In the map images (k), (l), and (m), boundary edges (i.e., walls) are shown as dark bold lines, doubtless exits as thin straight lines, and doubtful exits as dotted lines. Small dots indicate the agent locations and big rectangular dots indicate the goal position. The enemy location is not displayed on the maps.

쪽이 그 공간에 대한 지역지도로써 선택이 된다.

나. 결과

에이전트의 움직임 모션을 표현하기 위해서 비디어 이 피플샵(BDI Peopleshop) 모션 시스템^[21]을 사용했다. 적을 회피하기 위해서 에이전트는 새로이 선택된 통제 점에 도착할 때까지 현재 위치에서 뛰는 동작(즉 running) 애니메이션이 활성화된다. 에이전트가 어떤 거리 내에서 목표지점을 인지했을 때 사주 경계하며 걷기(즉 low-postured walking)의 자세가 선택된다. 그 외의 경우에는 걷기 모션 스타일이 사용된다.

그림 5 (k)는 에이전트가 초기 위치(그림 5 (a) 참조)로부터 출발했을 때 얻어진 최초 지도를 보이고 있다. 이 초기 지도에서 알 수 있듯이, 전체 도시의 데이터가 실험 환경으로 사용되었지만, 에이전트가 인지할 수 있는 공간의 지형 DB 정보만으로 지역지도가 구성되어 있다. 그림 5의 실험 환경을 제작한 3차원 모델의 레벨 디자이너와 같은 제작자들은 필요한 기본적인 데이터 (즉, geometry, texture) 이외의 다른 부가적인 데이터를 사전에 미리 저장해 두거나 하는 노동력 집약적인 작업을 할 필요가 없게 되는 것이다. 이와 같이 본 연구의 제한적 인지에 기초한 실시간 지형 추론의 지도 제작 모듈은 에이전트로 하여금 그를 둘러싸고 있는 벽과 출구들을 효과적으로 인지하도록 한다.

한편, 그림 5 (k)는 에이전트가 적의 출현(원으로 표시)을 인지한 뒤의 상황 즉 그림 5 (a)와 (b)의 상황을 지도로 제작한 것이다. 그림 5 (b)의 장면에서 교차로상의 적을 인지했기 때문에 교차로까지의 경로상의 출구인 Exit3은 위험한 것으로 변하게 된다. 따라서 적 출현 시점에 우회 경로가 구해져야 했다. 현재 지역 공간 (ASR#1)에서 목표지점까지 최단 거리이고 안전한 출구이기 때문에 출구 Exit2가 그 우회를 위한 출구로써 선정되었다.

그림 5 (l)의 영역지도-ASR#2는 그림 5 (b)에서처럼 에이전트가 방향을 바꾸었을 때 발생한다. 이러한 지역 공간의 점증적 생성은 본 연구의 통합 에이전트 시스템이 인간의 제한된 인지에 기초하고 있음을 보이는 또 다른 예이다. 그림 5 (l)은 에이전트가 그림 5 (c)의 상황에 있을 때 지도 DB 제작 상황을 보인다. 전역지도 DB의 생성은 그러한 인지 가능한 지역 공간들을 점증적으로 연결함에 의해서 가능하다. 이 전역지도 DB 생성과정은 인간의 인지 과정을 흉내 내는 것으로써 즉,

작은 규모의 지역지도에서 큰 규모의 전역지도 생성이라는 인지과정에 부합하는 것이다.

그림 5 (l)에서 관중인 우리 독자들은 적이 다가옴을 볼 수 있는 반면에 에이전트 자신은 제한된 인지(즉, 벽에 의한 시계의 차폐와 110도의 시야)로 인해서 적의 접근을 인지하지 못하고 있다. 위협을 인지하지 못하고 있는 에이전트의 무능함은 걷기 모션 스타일로 반영되고 있다. 그림 5 (e)에서처럼, 몇 프레임 뒤에 에이전트는 비로소 적을 인지하고 적과는 반대 방향에 있는 안전한 출구 쪽으로 달려가는 것을 볼 수 있다.

지역 경로의 점증적 생성에 의해서, 그림 5 (e)에서 삼각형으로 표시된 해당 지역 경로의 종점인 통제점에 도달된 것을 그림 5 (f)에서 확인 할 수가 있다. 그림 5 (f)에서, 에이전트는 다시 Exit3을 통과하는 경로가 목표 지점까지 최단 거리를 보장해 주기 때문에 왼쪽으로 방향을 바꾸었다. 그러나 그 방향으로 몸을 돌리고 난 후에, 에이전트는 적이 있는 것(그림 5 (b)에 있는 것과 같은)을 인지했다. 그래서 에이전트는 다시 오른쪽으로 방향을 바꾸고 출구 Exit4를 향해 뛰게 된다. 왜냐하면 Exit4가 목표까지 안전하면서도 최단 거리를 보장해 주는 출구이기 때문이다.

그림 5 (k)와 유사하게, 그림 5 (i)에서 에이전트가 제한된 인지 때문에 적 위협을 아직 감지하지 못하고 있는 반면, 시청자인 우리 독자들은 다른 적의 다가옴을 또 볼 수 있었다. 그림 5 (m)은 이 실험 진행상의 마지막 지도 제작 상황을 보이고 있다. 그 마지막 지역지도인 ASR#3이 지역지도의 네트워크(즉 전역지도 DB)에 추가되어 있다.

다른 실험에서 얻어진 지도 DB 제작의 결과인 그림 6에서는 에이전트의 움직임 데이터의 궤적을 자세하게 보이고 있다. 이때의 움직임 데이터는 그림 5의 상황에서의와 같은 것이다. 원들 안에 있는 점들은 특정한 프레임에서 적들의 위치들이다. 에이전트를 수반한 이번과

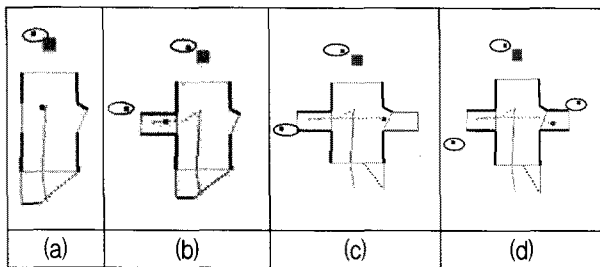


그림 6. 에이전트의 움직임 데이터에 따른 궤적의 위치
그림 6. The locus of movement path of an agent.

같은 실험에서의 적들의 움직임 데이터 궤적은 다음 실험인 인간 피실험자를 수반한 실험에서도 같은 궤적으로 움직였다.

2. 인간 피실험자를 수반한 실험

가. 방법

그림 5에서 에이전트가 대처했던 것과 같은 환경이 본 피실험자 실험을 위한 가상환경 셋업을 위해서 사용되었다. 가상 환경은 16개의 멀티프로세서가 장착된 SGI Onyx Reality Monster를 통해 실시간 렌더링 프로세스가 이루어진다. 이 렌더링된 화상은 헤드 마운티드 디스플레이 (Head Mounted Display; HMD)로 주사되어진다. 이 HMD인 ProView XL50의 특성은 다음과 같다. 디스플레이 타입은 Full color, active matrix TFT, high-speed polysilicon LCDs, and XGA resolution (1024H x 768V) Optical field of view: 50° diagonal, 30°(V) x 40°(H)이다.

남성과 여성으로 이루어진 30명의 피실험자들이 참여했으며, 이들의 연령대는 18세 이상에서 40세까지였다. 남성 피실험자들의 수는 19명이었고 여성은 11명이다. 남성과 여성의 차이는 고려되지 않았다. 움직임 궤적의 유사성을 검사하기 위해서 인간 피실험자의 움직임의 위치 데이터가 조이스틱의 사용에 의해서 수집되었다. 수집된 위치 데이터로부터 그려진 궤적을 통해서 피실험자와 에이전트가 방문했던 각각의 공간들의 순서를 서로 비교했다.

실험에 사용된 지시문이 피실험자에게 제공되었는데, 이것은 그림 5의 에이전트가 수행했고 준수했던 것과 같은 임무와 조건을 담고 있다. 이 임무는 피실험자들에게 HMD를 통해서 전달된 3차원 가상환경과 이에 대한 조이스틱의 조작을 통한 상호작용으로 원활하게 수행되었다. 이 실험의 진행순서는 그림 5의 내용에 있었던 에이전트를 수반한 실험 때의 진행순서와 같은 것이다.

나. 결과

모든 인간 피실험자의 움직임 경로를 유형별로 분류하기위해 다음의 그림 7을 이용하였다.

피실험자 1을 예로 들어 설명하여 각각의 피실험자들의 궤적이 어떻게 분류되었는지를 설명하였다.

초기위치 I에서 피실험자 #1은 공간 C로 진행함에 의

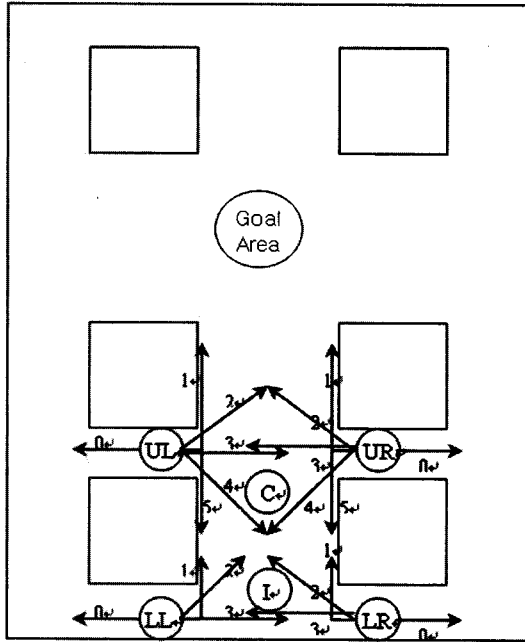


그림 7. 에이전트의 주요무대였던 ASR#1을 C (center를 의미)로 표시했다. 이 C를 중심으로 관심 공간 네 곳을 C에서의 상대적 위치에 따라 UL (Upper Left), LL(Lower Left), UR(Upper Right), 및 LR(Lower Right) 로 표시 했다. 각각의 공간은 움직임의 방향에 따라 다시 0에서 5까지 그림처럼 표시했다. 관심지역이 아닌 공간 (즉, 좌우측의 외벽방향의 공간) 방향으로의 모든 움직임은 0으로 표시 했다. 초기 지점은 1로 표시했다

그림 7. Local map #1, which is the center stage for the agent, is marked as C (for center). With this C in the middle, four spaces of interest are also marked, according to their relative location, as UL (Upper Left), LL (Lower Left), UR(Upper Right), and LR (Lower Right). According to the directions of movement, each space is again marked from zero to five. Every movement in the remaining spaces that are not the areas of interest (i.e. the right and left pathways near the outer wall) is marked as 0. The initial position is marked by 1.

해서 움직임을 시작했다. 목표 지역 부근에 나타난 적을 보고난 후에는 공간 UL로 들어갔다. 다시 왼쪽 외벽 부근에서 적이 발견되었기 때문에 피실험자는 공간 UL에서 방향 3을 따라 공간 UR로 진입했다. 오른쪽 외벽 부근에 나타난 또 다른 적이 발견되고 난 뒤에는 공간 UR의 방향 1로 움직였다. 지금까지의 이 과정은 c-lu-lu3-ru-ru1로 표현되며 그림 8의 우측에 나타나있다. 다른 모든 피실험자들의 움직임 행동의 결과가 표 1에 나타나 있다.

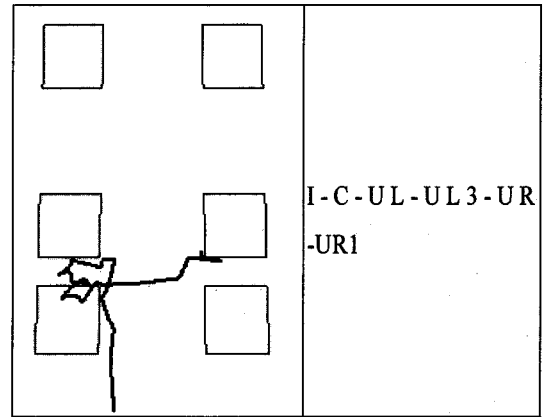


그림 8. 피실험자 #1에 대한 궤적과 결과 움직임-데이터 궤적의 DB 표기

그림 8. The locus and the denotation for subject 1.

표 1. 30명의 피실험자들의 움직임 데이터 궤적과 DB 유형의 분류. 1부터 30까지의 숫자는 피실험자의 ID 이며, 움직임 데이터 궤적을 유형별로 Type1부터 Type7까지 분류

표 1. Denotations and types of movement-path loci of all 30 subjects. Number indicates subject ID.

1	I-C-UL-UL3-UR-UR1	Type1	16	I-C-UL-UL4	Type3
2	I-C-UL-UL3-UR	Type1	17	I-C-UL-UL3-UR	Type1
3	I-C-UL-UL3-UR	Type1	18	I-C-UL-UL3-UR	Type1
4	I-C-UR-UR5-LR-LR3	Type6	19	I-C-UL-UL2	Type5
5	I-C-UR-UR3	Type6	20	I-C-UL-UL3-UR	Type1
6	I-C-UL-UL3-UR	Type1	21	I-C-UL-UL4-LR	Type3
7	I-C-UL-UL3-UR	Type1	22	I-C-UL-UL5-LL	Type4
8	I-C-UL-UL3-UR	Type1	23	I-C-UL-UL5-LL	Type4
9	I-C-UL-UL0	Type7	24	I-C-UL-UL5-LL-LL3	Type4
10	I-C-UL-UL3-UR	Type1	25	I-C-UL-UL3-UR-UR1	Type1
11	I-C-UL-UL4	Type3	26	I-C-UL-UL4-LR	Type3
12	I-C-UL-UL3-UR-UR1	Type1	27	I-C-UL-UL3-UR-UR1	Type1
13	I-C-UL-UL1	Type2	28	I-C-UL-UL3-UR	Type1
14	I-C-UR-UR1	Type6	29	I-C-UL-UL3-UR	Type1
15	I-C-UL-UL3-UR	Type1	30	I-C-UL-UL3-UR-UR0	Type1

IV. 결론 및 향후 연구

그림 5와 6 (d)에서 본 것처럼, 에이전트의 궤적은 I-C-UL-UL3-UR (즉, 표 2의 Type1) 이었다. 이 에이전트가 그런 궤적과 유사한 피실험자의 궤적을 전체 피실험자의 궤적에서 탐색하여, 동일한 궤적을 찾으려면 지금까지 찾아낸 전체 합을 DB에서 하나 증가시킨다.

에이전트의 것과 같은 움직임 궤적을 보이는 궤적은 표 2에 있는 Type1의 피실험자의 궤적이다. 이 Type1에 해당하는 피실험자의 숫자는 전체 30명 중에 17명으로 모든 피실험자가 행한 궤적의 형태 7가지 중에서 그 숫자가 제일 컸고, 더욱이 파란수이상에서 관찰된 것이

표 2. 각 궤적의 모습을 유형별로 간략하게 설명하는 그림. 피실험자들이 행한 각 유형별 전체 숫자도 표시. 가상환경의 가장 위에 있는 두개의 빌딩은 의도적으로 생략함

표 2. Simplified figures depicting each type of locus and the total number of subjects who took the type of the movement path. Two buildings located on the top of the virtual environment were intentionally not marked.

간략화된 그림				
궤적형태	Type1	Type2	Type3	Type4
전체 숫자	17	1	4	3
간략화된 그림				
궤적형태	Type5	Type6	Type7	
전체 숫자	1	3	1	

다. 따라서 본 연구의 사실적으로 제한된 인지 데이터에 기초한 에이전트의 움직임 데이터는 실제 인간의 움직임과 같은 것이라는 결론에 도달 할 수 있는 것이다.

비록 에이전트 움직임-데이터 궤적의 인간유사성이 두개의 파라미터 데이터들(즉 RLP와 IMPG)과 단지 30명의 피실험자들로 얻어진 파일럿실험(pilot-test)의 결과이지만, 본 연구의 에이전트 시스템은 인간과 유사한 움직임 궤적을 생성하기 위한 최소한의 기능적인 테스트베드(functional tetbed)가 될 수 있음을 입증한 것이다. 더욱이 이 에이전트 움직임 궤적의 인간 유사성을 입증한 것 이외에, 사실적으로 제한된 인지를 사용하는 실시간 지형추론에 기초한 지도 제작이 가능해진 것을 의미한다. 실제적인 구현 관점에서 이 것은 레벨 디자인들로 하여금 플레이스먼트 노드 DB와 같은 지형 DB 정보를 사전에 저장하는 노동력의 필요성을 감소시켜준 장점으로 작용될 수 있다.

향후 본 연구를 통한 결과 시스템을 게임 엔진에 적용해 보려고 한다. 이러한 적용은 사실적으로 제한된 인지 기반의 지도 DB 제작 방법론이 게임의 환경 인지 DB 도구로써 사용되어진다는 것을 의미한다. 이를 통해 본 연구의 시스템을 적용하기 전후의 목표 달성의 결과를 양적으로 비교해 볼 수도 있다.

참고 문헌

- [1] Swartout, W., Hill, R., Gratch, J., Johnson, L., Kyriakakis, C., LaBore, C., Lindheim, R., Marsella, S., Miraglia, D., Moore, B., Morie, J., Rickel, J., Thiebaut, M., Tuch, L., Whitney, R., and Douglas, J. 2001. "Toward the Holodeck: Integrating Graphics, Sound, Character and Story", In Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents, Montreal, Canada, May 28 - June 1
- [2] Rizzo A, Graap K, Perlman K, McLay R, Rothbaum O, Reger G, Parsons T, Difede J, Pair J. 2008 "Virtual Iraq: Initial Results from a VR Exposure Therapy Application for Combat-Related PTSD", Medicine Meets Virtual Reality 16
- [3] Kenny, P., Hartholt, A., Gratch, J., Swartout, W., Traum, D., Marsella, S., & Piepol, D. 2007 "Building Interactive Virtual Humans for Training Environment," I/ITSEC (Orlando, FL, November 2007)
- [4] van der Sterren, W. 2001. "Terrain Reasoning for 3D Action Games", In Proceedings of Game Developers Conference. Netherlands
- [5] Morgan, David J. 2003. "Algorithmic Approaches to Finding Cover in Three-Dimensional, Virtual Environments" Master's Thesis, Naval Postgraduate school, CA
- [6] Yahja, A., Stentz, A., Singh, S., and Brumitt, B.L. 1998. "Framed-Quadtree Path Planning for Mobile Robots Operating in Sparse Environments" In Proceedings of the 1998 IEEE Int'l Conference on Robotics & Automation, May
- [7] Kuipers, B. 2000. "The Spatial Semantic Hierarchy" Artificial Intelligence 119: 191-233
- [8] Chown, E., Kaplan, S., and Kortencamp, D. 1995. "Prototypes, Location, and Associative Networks (PLAN): Towards a Unified Theory of Cognitive Maps" Cognitive Science 19: 1-51
- [9] Best, Bradley J., and Lebiere, Christian. 2003. "Spatial Plans, Communication, and Teamwork in Synthetic MOUT Agents" In Proceedings of the 12th Conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation
- [10] Yeap, W.K. and Jefferies, M.E. 1999. "Computing a Representation of the Local Environment" Artificial Intelligence 107: 265-301
- [11] Hill, R.W., Jr., Han, C., Van Lent, M. 2002. "Applying Perceptually Driven Cognitive Mapping to Virtual Urban Environments" AI

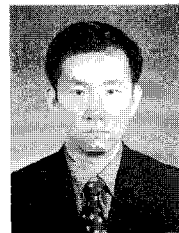
- Magazine Winter 2002, Vol. 23, No. 4
- [12] Smith, P. 2002. "Polygon Soup for the Programmer's Soul: 3D Pathfinding" In Proceedings of Game Developers Conference
- [13] Reece, D., Kraus, M., and Dumanoir, P. 2000. "Tactical Movement Planning for Individual Combatants" In Proceedings of the 9th Conference on Computer Generated Forces and Behavior Representation, Orlando, FL
- [14] Laird, J. and van Lent, M. 2001. "Human Level AI's Killer Application: Interactive Computer Games" AI Magazine, Vol. 22, Issue 2, Summer
- [15] Liden, L. 2001. "Using Nodes to Develop Strategies for Combat with Multiple Enemies" In Proceedings of the 2001 AAAI Spring Symposium on Artificial Intelligence and Interactive Entertainment, AAAI Press
- [16] Shemyakin, F.N. 1961, "General Problems of Orientation in Space and Space Representations" In B.G. Ananyev, editor, Psychological Science in the USSR. Vol. 1. U.S. Joint Publications Research Service, Washington D.C
- [17] Siegel, Alexander W. and White, Sheldon, H. 1975. "The Development of Spatial Representations of Large-Scale Environments" In Hayne W. Reese, Editor, Advances in Child Development and Behavior. Vol. 10. Academic Press, New York
- [18] Kortenkamp, D. 1993. "Cognitive Maps for Mobile Robots: A Representation for Mapping and Navigation" Ph.D. Dissertation. University of Michigan
- [19] O'Neill, J. C. 2004. "Efficient Navigation Mesh Implementation" Journal of Game Development. Vol. 1. Issue 1
- [20] Marr, D. 1982. "Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information" W.H. Freeman Coy
- [21] BDI 2001. "Peopleshop 1.6 User Manual". Boston Dynamics <http://www.bdi.com/>

 저 자 소 개



한 창 희(정회원)
 1990년 육군사관학교 이학사
 1994년 Syracuse 대학교 석사
 2004년 University of Southern
 California 전산학 박사
 2005년~현재 육군사관학교
 전자정보학과 부교수

<주관심분야 : 정보처리, 인공지능, 에이전트 모
 델링&시뮬레이션, 정보보호>



김 원 일(정회원)
 1988년 Southern Illinois 대학교
 컴퓨터 공학과 학사
 1990년 Southern Illinois 대학교
 석사
 2000년 Syracuse 대학교
 컴퓨터 정보학과 박사

2002년~2003년 아주대학교 BK교수
 2003년~현재 세종대학교 디지털콘텐츠학과 교수
 <주관심분야 : 인공지능, 정보보안, 멀티미디어
 콘텐츠>