

# 제한적 인지 기반의 맵핑을 이용한 가상인간의 항해 특성

한창희\*, 김래현\*\*, 김태우\*\*\*

## Navigation Characteristics of a Virtual Human using a Limited Perception-based Mapping

Changhee Han, Laehyun Kim, Taewoo Kim

### Abstract

This paper presents characteristics of a virtual human's navigation using a limited perception-based mapping. Previous approaches to virtual human navigation have used an omniscient perception requiring full layout of a virtual environment in advance. However, these approaches have a limitation on being a fundamental solution for a human-likeness of a virtual human, because behaviors of humans are basically based on their limited perception instead of omniscient perception. In this paper, we integrated Hill's mapping algorithm with a virtual human to experiment virtual human's navigation with the limited perception. This approach does not require full layout of the virtual environment, 360-degree's field of view, and vision through walls.

In addition to static objects such as buildings, we consider enemy emergence that can affect an virtual human's navigation. The enemy emergence is used as the variable on the experiment of this present research. As the number of enemies varies, the changes in arrival rate and time taken to reach the goal position were observed. The virtual human navigates by two conditions. One is to take the shortest path to the goal position, and the other is to avoid enemies when the virtual human encounters them. The acquired result indicates that the virtual human's navigation corresponds to a human cognitive process, and thus this research can be a framework for human-likeness of virtual humans.

**Key Words:** Virtual Character Simulation, Mapping, Navigation, Cognitive Behavior

† 본 연구는 미국 육군이 지원한 DAAD 19-99-D-0046의 세부과제로 수행되었음.

\* 육군사관학교

\*\* 한국과학기술연구원

\*\*\* 육군전산소

## 1. 서론

가상환경내의 가상인간 (virtual human)의 항해는 자신이 속한 주변 지형에 대한 이해를 통해서 이루어진다. 지형 이해 (spatial understanding)는 주변 공간을 탐험하고 인지함으로써 공간을 표현하고 정의하는 능력으로부터 기인한다. 지형 인지와 공간 탐색을 위해서는 지도를 만드는 과정 즉, 맵핑(mapping)이 선결되어야 한다.

지금까지 연구돼왔던 가상인간의 항해와 연관된 맵핑[1,2,3]은 전지적 인지(omniscient perception)에 기초한 알고리즘을 사용하는 것인데, 이러한 맵핑의 주된 특징은 전체 환경의 레이아웃(layout)을 필요로 한다는 것이다. 이 전체 환경의 레이아웃을 기초로 항해에 필요한 로컬맵(local map)들이 생성되어 왔다. 그러나 많은 맵핑 연구가들[4,5,6,7,8]은, 전체 레이아웃은 로컬맵들이 먼저 만들어진 뒤에 이 로컬맵들을 연결함으로써 생성되고, 이러한 맵핑 과정이야말로 인간의 인지 과정에 부합하는 것이라고 설명하고 있다.

한편, 가상인간 연구자들은 자신들이 제작하는 가상인간이 최대한 인간답게 행동하도록 하는 데에 궁극적인 목표를 두고 있다. 또한, 가상인간의 행동양식이 인간의 인지과정에 기반을 두는 것은 가상인간 연구의 목표 달성을 위한 근본적인 해결책이 될 수 있음을 보여준다[1,9]. 이에 비추어 본다면, 전지적 인지에 기초를 둔 맵핑을 이용한 항해는 인간의 인지과정에 반하는 것이며 인간다운 행동과도 거리가 멀게 된다. 따라서 가상인간의 항해가 보다 더 인간답고 효율적이기 위해서는 전지적 인지에 기초하기 보다는 우리 인간의 기본적인 인지 과정인 제한적 인지(limited perception)에 기초한 맵핑을 사용해야 한다.

제한적 인지 모듈은 어떤 위치에서 지각할 수 있는 범위를 제한하는 모델에 관한 것이다. 그러한 모델의 예로써는 환경의 전체 레이아웃을 필요로 하지 않고, 360도 전체를 한 번에

인지하지 않으며, 시계는 로컬 지역 내의 벽을 통과할 수 없다는 것 등을 들 수 있다. 이상의 세 가지 요소를 갖춘 제한적 인지 모듈이 본 연구에서 사용되었다.

제한적 인지 모듈은 가상인간이 실제인간이었다면 알 수 없는 정보에 대해, 가상인간도 알 수 없도록 함으로써 인간답게 행동할 수 있게 한다. 제한적 인지에 기반을 둔 가상인간들은 인간처럼 자신이 속한 주변지형을 둘러보고 탐사함에 의해서 그 지형 정보를 맵핑하게 된다. 따라서 가상인간은 환경에 대한 제한된 자각(limited awareness)으로 인해 어떤 경우에는 길을 잘못들 수도 있고 실수도 하게 됨으로 보다 더 효과적으로 인간다운 행동이 가능하게 된다.

제한적 인지에 기반을 둔 맵핑의 최근연구가 힐[10]에 의해 행해져 왔다. 그러나 그들의 연구는 단순히 시점(visual point)에 의해서만 이루어 졌고, 실제 가상인간과의 통합과 다른 변수(본 논문에서는 적의 출현 등)들을 고려하지 않았다.

본 연구의 목적은 가상인간의 항해에 힐의 맵핑 이론을 접목한 뒤 실제로, 제한적 인지를 갖춘 가상인간의 항해 행동 특성을 고찰해 보는 것이다.

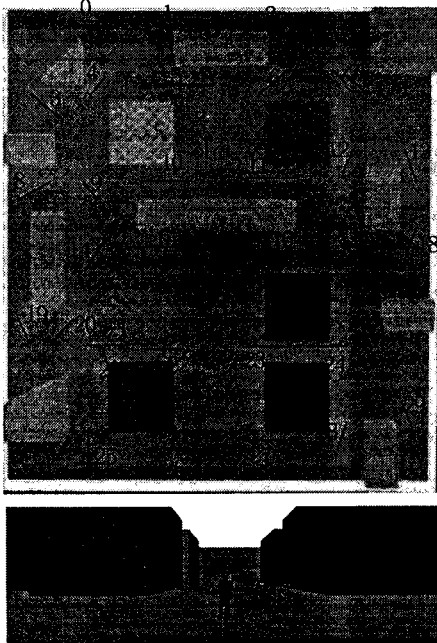
목표지역까지의 항해와 밀접하게 연관된 상황중의 하나가 군사 정찰 임무일 것이다. 건물과 같은 정적인 요소이외에, 아군 가상인간(즉, 에이전트)의 항해에 영향을 주는 요소로는 자신을 위협하는 다른 가상인간(즉, 적)의 출몰이다. 군사 정찰 임무를 수행하는 가상환경에서, 출몰하는 적의 숫자를 변화시켰을 때, 제한적 인지를 장착한 에이전트의 행동의 변화를 목표지역 도착률과 도착하는데 걸리는 시간의 관점에서 고찰해 본다.

이렇게 함으로써 비록 정찰 임무 상황에서지만, 산출된 실험 결과 값으로부터 본 연구가 가상인간의 인간다움이라는 궁극적 목표에 기여할 수 있는 기본적 토대를 제공할 수 있음을 보이고자 하는 것이다.

다음 장에서는 에이전트가 사용하는 제한적 인지 모듈의 통합에 대해 설명하며, 3장에서는 에이전트의 항해 특성을 고찰하기 위한 실험과정을 기술한다. 마지막장에서는 실험에서 얻은 결과 값과 그 내용을 토의한다.

## 2. 제한적 인지 모듈의 통합

이번 장에서는 두 가지 통합 과정, 즉, 맵핑 과정과 가상인간 캐릭터의 적용 과정을 다룬다. 본 연구의 근간이 되는 힐 맵핑 이론을 실험 환경 (<그림1>)에 적용해서 얻어진 맵핑 결과와 함께 중점적으로 설명한다.



<그림 1> 가상인간의 항해 특성 실험에 사용된 가상환경의 평면도와 정면도. 출몰한 적들이 걸어 다닐 수 있는 30개의 경로인 가상선들이 경로 아이디(path\_id)와 함께 표시되어있다.

### 2.1 맵핑

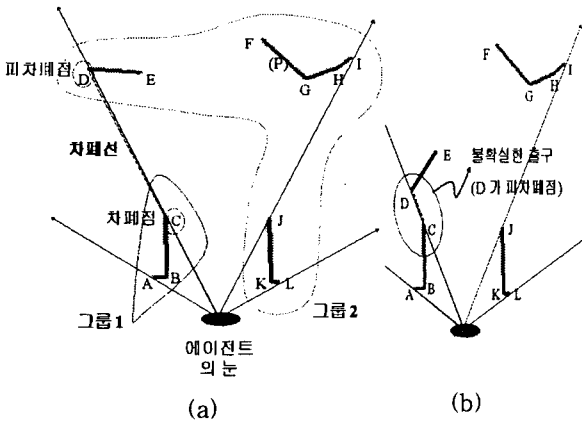
#### 2.1.1 로칼맵 제작

인지맵 최초의 계산적 알고리즘은 호주의 로봇학자 입과 제프리[11]에 의해서 작성되었다. 인지맵의 계산적 알고리즘은 지역공간의 절대적 표현 (Absolute Space Representation), 즉 지역공간에 대한 로칼맵을 찾는 것이 그 핵심이다. 이 로칼맵의 제작은 지역공간내의 건물벽과 같은 장애물들 사이의 연결자인 출구(exit)를 인지하고 정의해 가는 과정으로 만들어진다.

가상환경의 2-1/2D 스케치[12]가 출구 인지 모듈(exit identification module)의 입력 값으로 사용된다. 2-1/2D 스케치는 가상환경 내에 존재하는 물체들과 지표면사이의 경계선의 집합이며, 이 경계선은 깊이 정보도 함께 갖는다.

2-1/2D 스케치를 생성하기 위해, 임의의 숫자 (즉, RGB 색상 값)가 건물, 지표면, 외벽에 할당된다. 표준 선분 탐색 기법 (edge detection technique)과 그래픽스의 z-버퍼 (z-buffer) 기술을 이용해, 에이전트의 시계에 포함되는 지표면과 건물, 지표면과 외벽들 사이의 경계선만이 그 할당된 숫자 값에 의해 인지된다. 인지된 경계선들은 순서화된 리스트에 저장 된다.

출구는 어떤 장애물 (예, 건물)의 한 면이 다른 장애물의 어떤 면을 부분적으로 차폐시키는 지점을 관찰할 때 발생된다. 이 두 면사이를 잇는 가상의 선을 차폐선 (occluded edge)으로 정의한다. 이 차폐선 (예, <그림 2> (a)의 CD와 IJ)은 보이는 꼭지점을 갖고 있고 이것을 차폐점 (occluding vertex, 예, C와 J)으로 정의하며, 시점에서 가까운 점이된다. 차폐선의 다른 꼭지점인 피차폐점 (occluded vertex, 예, D와 I)은 차폐선과 다른 장애물의 어떤 면이 서로 교차하는 지점에서 발생한다. 차폐선 CD는 어떤 시계공간을 보이는 부분과 보이지 않는 두 부분으로 나누는 것이기도 하다.

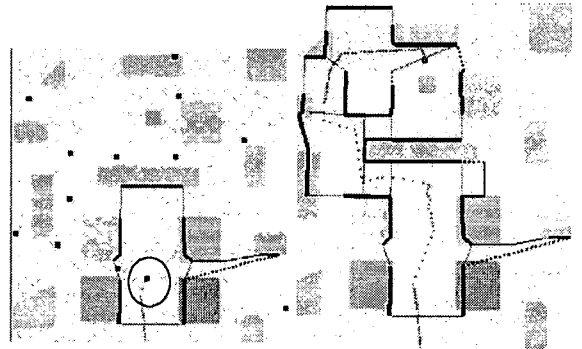


<그림 2> 출구 계산하기. (a) 가상선 CJ는 확실한 출구 (doubtless exit), (b) 원안의 CD는 불확실한 출구 (doubtful exit)

<그림 2> (a)에서 출구를 찾았다고 가정하자. 지역공간내 장애물과 지표면 사이의 경계선을 다음처럼 2개의 그룹으로 나눌 수 있다. 하나는 첫 번째 차폐선 (선분 CD)의 왼쪽 부분에 있는 꼭지점 C를 포함하는 경계선들 (즉, 그룹1)이고, 다른 하나는 차폐선 오른쪽 부분에 있는 경계선들 (즉, 그룹2)이다. 이 경계선들의 집합이 2-1/2D이다. 출구는 차폐점 C와 그룹2에 있는 점들 중에서 가장 가까운 점을 연결하는 선으로 정의된다. 따라서 출구의 여러 후보로는 CD, CE, CF, CP, CG, CH, CI, CJ, CK, 및 CL을 생각할 수 있다. 점 P는 점 C에서 경계선 FG로 내린 수선과의 교차점을 의미한다. 이 중에서 경계선 CJ가 가장 짧은 선분이고 이것이 이 예제의 출구가 된다.

이 경계선 CJ는 선택된 점 J가 피차폐점이 아니기 때문에 의심의 여지가 없는 '확실한 출구 (doubtless exit)'로 정의한다. 출구 CJ는 가상인간이 차폐선 (즉, CD 혹은 IJ)에 도달하기 위해 반드시 통과해야만 하는 특징을 갖는다. 약간 변형된 예제인 <그림 2> (b)의 경우에는 CD가 가장 짧은 선분이기 때문에, 이 선분이 출구로 인지되고 이때는 피차폐점 D를 출구의 한쪽 꼭지점으로 갖기 때문에 차

후에 갱신될 여지가 있는 '불확실한 출구 (doubtful exit)'로 정의 된다.



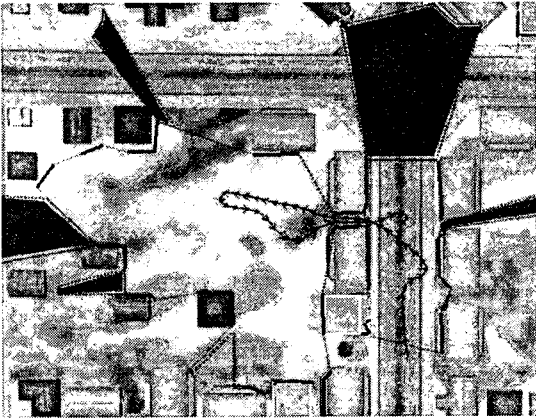
<그림 3> 12명의 적이 출몰한 경우에 얻어진 로컬 맵의 최초 모습 (왼쪽)과 목표지점에 도착할 때 얻어진 연결된 로컬맵들의 모습 (오른쪽). 왼쪽의 그림에서 원안의 점 (에이전트)을 제외한 모든 점을 적을 나타낸다. 에이전트까지 연결된 불규칙한 점선은 에이전트가 향해한 경로의 궤적을 나타낸다. 본문문에 수록된 지도상의 모든 굵은 실선은 건물 외벽의 인지된 경계선을 나타내며, 가는 실선은 확실한 출구를, 점선은 불확실한 출구를 나타낸다.

<그림 3>에서 왼쪽 그림으로부터 오른쪽 그림으로 변하는 일련의 과정에서 보듯이 가상인간이 각 로컬맵 상의 어떤 출구를 통과해 감에 따라 새로운 로컬맵들이 생성된다. 이렇게 생성된 로컬맵들은 로컬맵 네트워크에 계속적으로 첨가됨으로써, 전체맵이 형성되어간다.

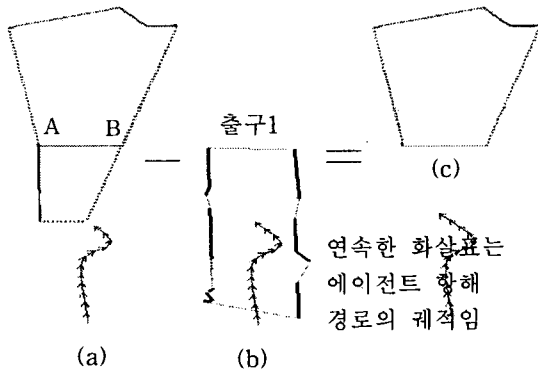
2.1.2 잉여맵 제작

맵핑의 과정은 가상인간의 지역공간에만 국한하지 않고, <그림 4>에서 보는 것처럼 시계가 미치는 한, 로컬맵 상의 출구 바깥쪽 공간을 통합해서 처리한다.

<그림 5> (a)는 현재 위치에서의 시계에 의해 생성된 지도이고, (b)는 가상인간의 현재의 지역공간에 대한 로컬맵이다. 잉여맵 (c)는 이 두개의 차집합 (set subtraction) 연산으로 얻어진 것이다.



<그림 4> 임의의 가상환경에 대한 맵핑 결과. 진하게 칠해진 부분은 잉여맵을 나타낸다.



<그림 5> 잉여맵의 계산법. (a) 에이전트의 현재위치 (화살표 끝)에서의 시계에 의한 지도를 나타내고 있다. (b) 현재 지역공간의 로컬맵을 나타내고 있다. (c) 이 두 집합 (a)와 (b)사이의 차집합 연산에 의해 생성된 잉여맵이다. 선분 AB는 출구1을 표시한 것이다.

이렇게 어떤 출구 너머로 보이는 부분에 대한 맵핑 결과를 잉여맵 (residue map)이라고 한다. 잉여맵은 해당 공간을 직접 방문하지 않더라도 에이전트의 행동에 영향을 끼칠 중요한 정보를 제공한다. 예를 들어, 도시 지역 작전을 수행하는 일단의 병사들이 의무 헬기의 착륙할 지점을 찾아야 하는 경우에, 자신들의 지역 공간 내에는 적절한 공간이 없지만

현재 로컬맵의 바깥쪽에서는 (예, 교차로 지역) 적절한 공간을 발견해낼 수가 있는 것이다.

한편, 가상인간이 출구를 통해서 새로운 공간으로 진입한다면 그 출구를 통과하는 순간 그 공간에 대한 로컬맵이 임시로 생성된다. 결과적으로 출구를 통과하는 순간에는 그 새로운 공간에 대해 두개의 맵이 생성되게 된다. 이전에 작성된 잉여맵과 임시 로컬맵사이에서, 불확실한 출구의 전체 길이가 더 작은 것이 그 공간에 대한 진정한 로컬맵으로 선정이 된다. 이와 같이, 잉여맵은 해당지역의 정보를 사전에 제공하는 역할과 그 지역에 대한 불확실한 정보를 최대한 감소시키는 기능을 수행할 수 있다.

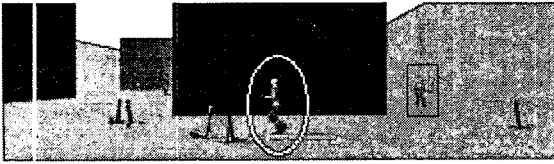
## 2.2 가상인간 캐릭터의 적용

가상인간 캐릭터들의 항해 행동을 애니메이션하기 위해서 비디아이 피플샵 (BDI Peopleshop) 모션 시스템[13]을 사용했다. 가상인간 캐릭터의 움직임에 관한 데이터베이스는 트래블링 액션 집합 (travelling action set) 과 정지 액션 집합 (stationary action set)의 두 가지로 구성된다. 트래블링 액션 집합에는 걷기와 뛰기가, 정지 액션 집합에는 무릎꿇 자세, 팔로 가리키기 등의 모션들이 포함된다.

실험 주체인 아군 가상인간 즉, 에이전트에게 두 가지의 조건을 부여한다. 첫째, 실험 중에 나타나는 에이전트 자신이외의 모든 다른 가상인간들은 적으로 간주하며, 모든 적은 강력하기 때문에 반드시 회피해야만 하는 것으로 한다. 적과 조우했을 때 에이전트는 도망할 새로운 경로를 계산하며, 그 경로의 최종 통제점까지 뛰어 도망가는 모션을 수행한다. 둘째 조건은 안전한 경로가 여러 개 있는 경우, 목표지점까지 최단 시간에 도달할 수 있는 경로를 선택함으로써 정찰 임무를 신속히 종결하도록 해야 한다는 것이다.

에이전트가 목표지점에 성공적으로 도달하

고 있음을 나타내는 표시로써, 목표지점으로부터 10미터 내에 도착하면 사주 경계하며 걷기(즉, low-postured walking)의 자세를 취하게 했다. 시물레이션 참가자 혹은 시청자는 이를 보고 에이전트의 정찰 임무가 완수했음을 알 수 있다.



<그림 6> 적 (사각형내의 병사)과 조우한 에이전트 (원내의 병사)가 다른 우회 경로를 찾고 도망하는 모습. 지면의 막대선은 계산된 경로의 통제점을 나타낸다.

본 실험에 적용된 아군 가상인간 (에이전트)이 가상환경을 향해하면서 생성시킨 맵핑의 결과가 앞에서 설명한 것처럼 <그림 3>에 나타나 있다. 이러한 에이전트의 맵핑 제작을 위해서 사용한 주요 소프트웨어들로는 멀티젠-파라다임 베가 (MultiGen-Paradigm Vega) [14]와 에스지아이-오픈지엘 퍼포머 (SGI-OpenGL Performer) [15] 등이 쓰였다. 이들은 가상환경의 실시간 시물레이션의 제작을 위한 프로그래밍 인터페이스들이다. 베가의 에이피아이 (API) 들인 옵저버 (observer)와 플레이어 (player) 모듈 등을 사용하여, 퍼포머의 프러스텀 (frustum)을 에이전트의 시계가 되도록 한다. 일단, 에이전트의 시계가 완성되면, 시계 내에 들어온 정보를 이용하여 2-1/2D 스케치가 작성된다. 이 스케치는 다시, 맵핑의 입력 값으로 작용이 되어 로칼맵과 잉여맵이 생성된다. 2-1/2D 스케치는 렌더링 (rendering)의 매 프레임마다 생성이 되어, 로칼맵과 잉여맵이 연속적으로 갱신이 된다.

### 3. 실험 셋업

#### 3.1 관심 변수 및 측정치

맵핑의 대상체인 건물과 같은 정적인 개체가 에이전트의 항해에 영향을 주는 주요소이다. 이러한 정적인 요소 이외에도 항해에 영향을 주는 요소로, 자신을 위협하는 적의 출몰을 생각해 볼 수 있다. 따라서 에이전트의 항해 특성이 출몰하는 적의 수가 변함에 따라 어떻게 변화하는지를 고찰해 본다.

실제 인간이 정찰 임무를 수행 중에 예상하지 못한 적을 만난다면, 목표지역까지 도달하는데 걸리는 시간은 출몰하는 적의 수가 증가함에 따라 증가할 것이며, 도착 성공률은 반대로 낮아질 것이다. 이에 비해, 적이 언제 어디서 출몰하는지를 포함한, 가상환경에 저장된 모든 정보를 알고 있는 전지적 인지를 사용한다면, 도착률 및 시간은 출몰하는 적의 수가 변화하더라도 큰 변화를 보이지 않을 것이다. 따라서 인간과 유사한 특성을 보임과 동시에 전지적 인지를 사용하는 경우와의 차이를 보일 수 있는 측정치로써 목표지역 도착률과 탐색시간을 선정한다.

출몰하는 적의 숫자를 변화시켰을 때, 에이전트가 목표지역에 도착한 경우의 수를 전체 경우의 수로 나눈 값을 목표지점 도착률로 정의하고 이 값을 측정하며, 그때까지 걸린 탐색 시간도 함께 측정한다.

#### 3.2 적 경로의 사전 작성

실험 환경 설명시 <그림 1>에서 언급했던 것처럼 적의 항로를 30개로 미리 계산해 둔다. 이 항로들은 실험에 사용되는 명령어에 입력된 적의 수만큼 실시간에 무작위로 선정되어 각각의 적에게 할당된다. 실험 환경 내에는 무수히 많은 경로가 존재 하지만, 실험 목적상 의미 있게 선정할 수 있는 경로를 유한개로 제한 할 수 있다. 다른 로칼 지역으로 이동할

때 반드시 통과해야 하는 건물과 건물사이의 개구간 (즉, 출구) 주변의 지점은 가상인간의 움직임에 큰 영향을 끼치기 때문에 이 출구들 주변으로 유한개의 30개 경로를 선정했다.

### 3.3 적과 적 경로의 실시간 할당

실시간에 다음 명령어를 사용하며, 입력된 적의 수만큼 경로가 무작위로 선정되어 적에게 무작위로 할당된다.

```
%> random Random_Flag
      Number_of_Enemies
```

적은 할당된 경로의 시작점에서 출발해서 종점까지 걷게 된다. 일단 종점에 도착하면 난수 발생기 (random number generating) 모듈에 의해 생성됐을 당시의 순서에 의해서 소멸 되는데, 이때 각각의 적은 자신보다 바로 앞서서 소멸된 적보다 3초씩 늦게 소멸된다. 이렇게 적들을 자신들의 종점에 도착했을 때 소멸되게 한 이유는, 만약에 목표지점 근처에 위치한 적이 계속 존재한다면 적을 회피해서 도망가야만 하는 에이전트는 목표지점에 영원히 도착할 수가 없게 되기 때문이다. 한편, 적들이 자신들의 경로에 도착해서 바로 소멸되는 경우는 적 출현의 효과가 미약하기 때문에 종점 도착 후 3초를 더 머무르게 했다.

Random\_Flag 가 “y”일 때, 난수 발생기 모듈이 실행된다. 출현될 적의 숫자는 Number\_of\_Enemies 항에 입력되며, 1부터 30 사이의 값이 온다. 예를 들어, “random y 4” 가 실행시간에 입력되었다면 1부터 30사이에 존재하는 임의의 숫자 4개가 실시간에 생성된다. 생성된 수가 22, 8, 17, 19라고 가정하면, 임의의 적 4명이 각각 경로 아이디 (path\_id) 22, 경로 아이디 8, 경로 아이디 17, 및 경로 아이디 19에 할당되어 걷는 동작을 시작하게 된다.

## 4. 결과 및 토의

적을 1씩 증가하는 경우는 그 변화량이 미미하기 때문에, 적의 숫자가 짝수인 15개의 경우에 대해서만 실험을 했다. 매 경우에 대해 5번의 평가를 연속으로 실시해서 모두 75회의 평가를 시행했다. 예를 들어 <표 1>은 12명의 적들이 출몰한 경우에 대한 데이터이며, 5번의 전체 시도 중 두 번째 경우에서만 목표 지점에 도착했으며, 이 도착한 경우에 대한 맵핑의 결과는 로컬맵 제작과정의 설명에 사용되었던 <그림 3>에 나타나 있다.

<표 1> 아래 5개의 표는 각각 12명의 적들을 출몰시키기 위해 사용되었던 명령어들과, 이때 무작위로 선정된 경로 아이디들. 성공한 경우 (두 번째 표)에는 목표 지점의 위치와 시간 값이 함께 획득된다.

```
Command: random, y 12:
IDs (randomly selected): 7 3 10 17 27 25 12
14 29 6 24 16
```

```
Command: random, y 12:
IDs (randomly selected): 2 10 3 6 12 14 22
20 9 11 29 19
Goal area: -0.444492, 132.797501, 0.914295
start-time = 14.912160
end-time = 143.554077
```

```
Command: random, y 12:
IDs (randomly selected): 23 6 27 5 16 0 13
26 7 10 2 20
```

```
Command: random, y 12:
IDs (randomly selected): 25 23 27 12 22 15 7
10 4 14 13 2
```

```
Command: random, y 12:
IDs (randomly selected): 26 19 28 25 0 7 2 8
17 20 15
```

전체 실험의 요약된 결과가 <표 2>에 나타나 있다. 도착률과 탐색시간에 대해 5번씩 실행한 값들의 평균값들이 나타나 있다. 에이

전트가 목표지역에 도착하지 못한 경우에는 무한대의 값 (inf 라고 표시)이 탐색 시간 항목이 표시된다.

<표 2> 출몰하는 적의 숫자 변화에 따른 도착률과 탐색시간의 변화

적의 수	2	4	6	8	10
도착률 (%)	100	100	80	80	60
탐색 시간 (sec)	122.21	118.96	116.27	156.11	153.92
적의 수	12	14	16	18	20
도착률 (%)	20	0	0	0	0
탐색 시간 (sec)	128.64	inf	inf	inf	inf
적의 수	22	24	26	28	30
도착률 (%)	0	0	0	0	0
탐색 시간 (sec)	inf	inf	inf	inf	inf

에이전트가 처음으로 적과 조우하게 되는 공간을 맵핑 했을 때, 그 공간의 로컬맵은 5개의 출구를 갖는다. 14개 이상의 적들이 실험 환경에 입력됐을 때는 5개의 출구로부터 목표 지점에 이르는 모든 가능한 경로가 차단될 확률이 증대된다. 따라서 <표 2>에서 알 수 있듯이, 14개 이상의 적들이 출현하는 모든 경우에서 에이전트는 목표지점에 도착할 수가 없었다. 출현되는 적의 숫자가 12까지 증가할 때, 인간과 같은 제한적 인지를 사용하고 있는 에이전트의 목표지점 도착률은, 예상한 것처럼 계속 낮아짐을 알 수 있다. 적의 수가 2, 4, 6, 8, 10인 경우에 대한 맵핑 결과는 부록에 수록되어 있다.

한편, 에이전트의 인지가 제한되어있기 때문에, 적의 숫자가 증가할 때 도착에 걸리는 탐색시간은 증가할 것으로 쉽게 예상할 수 있다. 그러나 탐색시간의 변화는 도착률과 같은 선형성을 띄고 있지 않았다. 적의 숫자가 비교적 크게 변화한 구간들, 즉 2명의 적에서 8명의 적, 10명의 적, 혹은 12명의 적으로 크게 증가한 구간들에서는 예상대로 탐색시간이 증

가했다. 그러나 적의 숫자가 2명에서 4명, 8명에서 10명, 혹은 10명에서 12명으로 증가의 폭이 비교적 작은 경우에는 탐색시간이 오히려 감소했다. 이것은 적과 조우해서 다른 경로로 우회할 때 생기는 도착의 지연 효과보다도, 위기상황 해결책인 뛰어서 도망가는 동작을 적용하게 됨으로써 얻은 시간 단축 효과가 더 크기 때문에 생긴 결과이다.

이것은 적 출현의 예기치 못한 상황에서, 본 논문의 제한적 인지 모듈이 가상인간을 적용한 전체 시스템과 유기적으로 상호 연동되고 있음을 보여주는 결과이기도 하다.

이상의 결과는 제한적 인지 맵핑 이론이 가상인간과 성공적으로 통합되었음을 보인 것이고, 제한적 인지 맵핑을 장착한 가상인간의 항해특성이 인간의 인지과정과 부합함을 보이는 결과이기도 하다. 따라서 제한적 인지에 기초한 가상인간의 제작은 가상인간 연구의 궁극적 목표인 '가상인간의 인간다움' (human-likeness of a virtual human)을 달성할 수 있는 근본적인 해결책이 될 수 있으며, 향후 인공지능을 활용한 워게임 시뮬레이션 분야에도 활용이 가능 하리라고 본다.

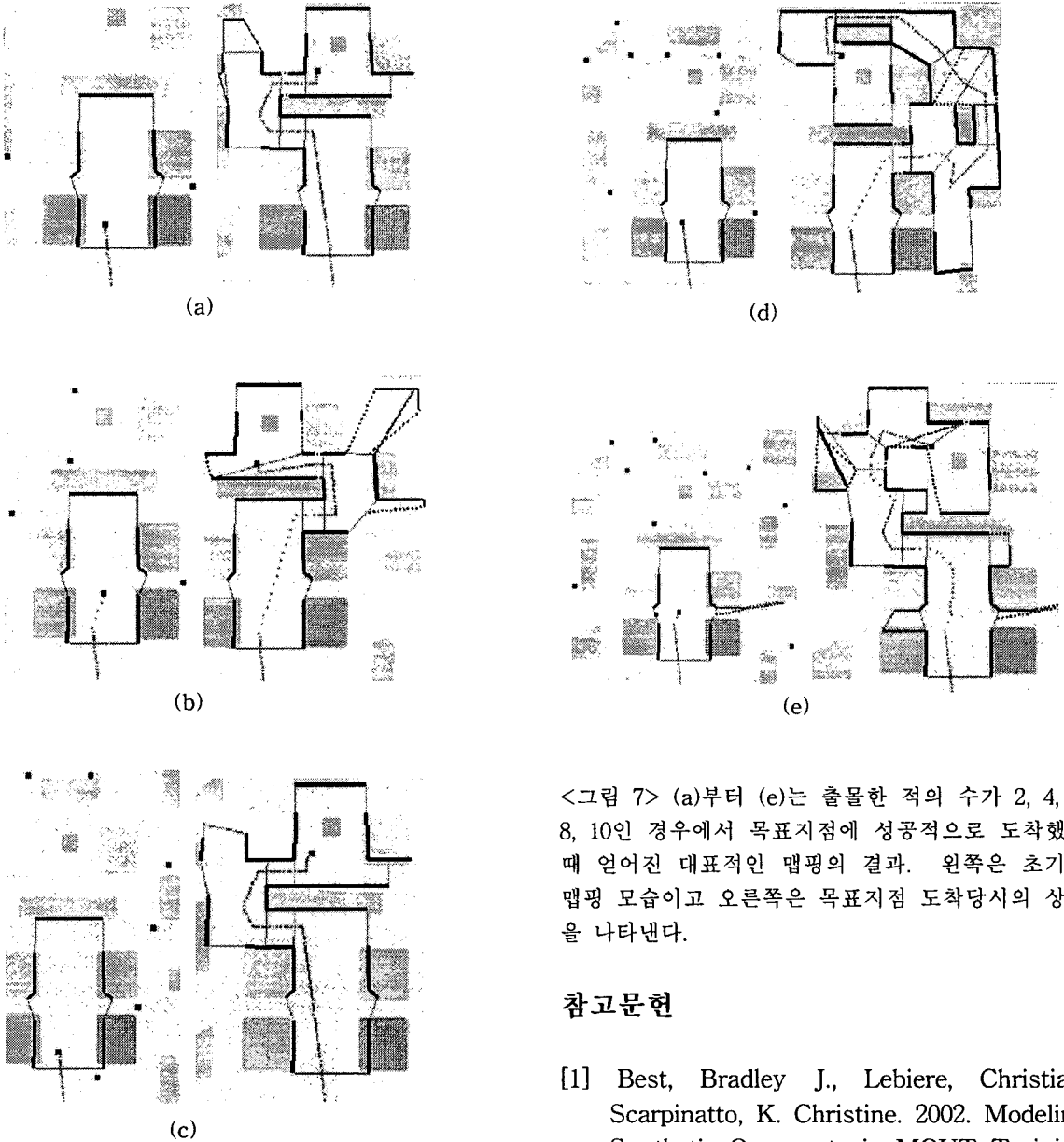
후기

연구비 지원을 해준 미국 육군에 감사드립니다.

부록

<그림 7>의 (a)부터 (e)는 각각 출몰한 적의 수가 2, 4, 6, 8, 10인 경우에 획득된 맵핑의 초기 모습 (왼쪽)과 최종모습 (오른쪽)을 보이고 있다. 적의 수가 12인 경우는 본문의 <그림 3>에 나타나 있다. 적의 숫자 각각에 대한 전체 5회의 시도가운데 성공한 경우들 중 임의로 선택한 맵핑 결과들이다. <그림 3>을 얻을 때 사용된 <표 1>과 같은 데이터는 지면관계상 생략됐다.





<그림 7> (a)부터 (e)는 출몰한 적의 수가 2, 4, 6, 8, 10인 경우에서 목표지점에 성공적으로 도착했을 때 얻어진 대표적인 맵핑의 결과. 왼쪽은 초기의 맵핑 모습이고 오른쪽은 목표지점 도착당시의 상황을 나타낸다.

참고문헌

[1] Best, Bradley J., Lebiere, Christian, Scarpinato, K. Christine. 2002. Modeling Synthetic Opponents in MOUT Training Simulations Using the ACT-R Cognitive Architecture. In Proceedings of the 11th Computer Generated Forces and Behavioral Representation

[2] O'Neill, J. C. 2004. Efficient Navigation Mesh Implementation. Journal of Game Development. Vol. 1. Issue 1

- [3] 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
- [4] 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
- [5] Kuipers, B. 1978. Modeling Spatial Knowledge. *Cognitive Science* 2: 129-153
- [6] Kuipers, B. 2000. The Spatial Semantic Hierarchy. *Artificial Intelligence* 119: 191-233
- [7] 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
- [8] 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
- [9] 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
- [10] 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
- [11] Yeap, W.K. and Jefferies, M.E. 1999. Computing a Representation of the Local Environment. *Artificial Intelligence* 107: 265-301
- [12] Marr, D. 1982. *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. W.H. Freeman Coy
- [13] BDI 2001. Peopleshop 1.6 User Manual. Boston Dynamics <http://www.bdi.com/>
- [14] 멀티젠-파라다임 베가 (Multigen-Paradigm Vega) <http://www.multigen.com/products/runtime/vega/index.shtml>
- [15] 에스지아이-오픈지엘 (SGI-OpenGL Performer) <http://www.sgi.com/products/software/performer/>

주 작 성 자 : 한 창 회

논문투고일 : 2005. 02. 25

논문심사일 : 2005. 04. 04(1차), 2005. 04. 04(2차),  
2005. 04. 20(3차)

심사판정일 : 2005. 04. 20

● 저자소개 ●



한창희

1990 육군사관학교 물리학과 이학사

1994 미국 Syracuse University 전산학과 석사

2004 미국 Univ. of Southern California 전산학과 박사

1998~현재 육군사관학교 전산학과 조교수

관심분야: Virtual Human Modeling & Simulation, Cognitive Mapping,  
Path Planning, Spatial Reasoning, Rule-based System



김래현

1994 서울 한양대학교 금속공학과 학사

1996 서울 연세대학교 전산학과 석사

2003 미국 Univ. of Southern California 전산학과 박사

2003~현재 한국과학기술연구원 시스템 부 연구원

관심분야: Human Computer Interface, Haptics, Computer Graphics,  
Virtual Reality



김태우

1984 육군사관학교 물리학과 이학사

1988 미국 해군대학원 전산학과 석사

2002 미국 Univ. of Florida 전산학과 박사

2002~현재 육군전산소 정보/작전개발과장, 육군복지단 전산실장

관심분야: XML-based Modeling & Simulation, Computer Based  
Training, War-Game Simulation, C4I System