

# 토픽맵을 이용한 3차원 가상환경 탐색항해 도구의 설계 및 구현

김 학 근<sup>\*</sup> · 송 특 섭<sup>†</sup> · 임 순 범<sup>\*\*</sup> · 최 윤 철<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

3차원 가상환경은 시각정보 위주의 제한적인 정보를 제공한다. 이는 사용자가 환경 안에서 방향을 상실하게 되는 원인이 된다. 이를 보완하기 위해 여러 가지 방법의 탐색항해 도구에 대한 연구가 진행 되었다. 본 연구에서는 시맨틱 웹 구축 기술의 하나인 토픽맵 기법을 3차원 가상환경에 적용하여 탐색항해 도구를 설계했다. 토픽맵은 토픽과 토픽 사이의 연결 관계를 정의함으로써 의미적 연결지도를 구축한다. 이를 적용한 탐색항해 도구의 활용성 실험에서 대표성이 높은 목표 보다는 세밀한 목표를 찾을 때 효과적으로 탐색항해에 도움이 되고 있음을 보여주었다. 또한 찾고자 하는 목표가 정확하지 않은 상태에서의 탐색항해에서 주제에 관련된 주변 지식의 제공은 사용자의 목표 선택에 효과적임을 확인할 수 있었다.

## Design and Implementation of Navigation-Aid for 3D Virtual Environment using Topic Map

Hak-Keun Kim<sup>\*</sup> · Teuk-Seob Song<sup>†</sup> · Soon-Bum Lim<sup>\*\*</sup> · Yoon-Chul Choy<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Users in 3D virtual environment get limited information which contains mostly images. It is the main reason for users getting lost during their Navigation. Various studies of Navigation-Aid have been done in order to solve this problem. In this study, we applied Topic Maps, which is one of semantic Web techniques, to the navigation in a 3D virtual environment. Topic Maps construct semantic linking maps through defining the relations between topics. Experiments in which Topic Map based Navigation-Aid was applied have shown that the Navigation-Aid was effective when the subjects find a detailed target rather than a highly represented one. Also, offering information around the target helped the users to find the target when they navigated without having specific targets.

키워드 : 3D 가상환경(3D Virtual Environment), 탐색항해 도구(Navigation-Aid), 시맨틱(Semantic), 온톨로지(Ontology), 토픽맵(Topic Map)

### 1. 서 론

3차원 가상환경은 입체적 시각 정보를 통해서 사용자가 가상환경을 현실로 받아들이고 마치 현장에 위치해 있는 것과 같은 감각을 느끼게 한다. 이러한 감각에 의지해서 사용자는 진지하고도 적극적으로 가상환경에 참여할 수 있다. 3차원 가상환경이 지닌 이러한 장점은 오락 프로그램의 흥미 증진, 교육 및 군사훈련의 효과 향상, 의료분야의 신기술개발 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 3차원 가상환경으로부터 사용자가 사실감과 임장감을 느끼기 위해서는 사용자와 환경사이에 상호작용이 적시에 이루어져야 한다. 상호작용은 적용되는 단계 및 기술에 따라서 탐색항해(navigation), 선택(selection),

조작(manipulation)으로 분류된다[1]. 이 중에서도 사용자가 자신이 의도한대로 환경 내에서 이곳저곳을 방문할 수 있는 탐색항해는 가장 우선적으로 수행되는 중요한 기술이다.

가상환경에서의 탐색항해는 현실세계에서 보다 빈약한 공간인지 정보(spatial cognitive information)로 인해 많은 어려움에 직면하게 된다. 공간인지 정보는 “환경 구성체계를 이해함으로써, 자신의 위치를 인지하고, 원하는 목표/목적지로 이동하는 경로를 찾아내는데 필요한 정보”라고 정의할 수 있다[2]. 현실 세계에서라면 주변 환경을 통해서 소리, 냄새, 빛 등 탐색항해에 필요한 다양한 정보를 특별한 장치를 통하지 않고도 제공 받을 수 있으나 가상환경에서는 시각정보 위주의 극히 제한적인 정보에 의존한다. 이러한 빈약한 공간인지 정보를 가지고 가상환경을 탐색항해 하는 사용자는 환경 전체구조를 이해하지 못하게 되며, 자신의 위치를 분간하지 못하게 된다. 이러한 상태에 처한 사용자는 더 이상 의미 있는 탐색항해가 불가능 하다.

\* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2004-000-10117-0(2004))지원으로 수행되었음.

† 준 회원 : 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과

\*\* 종신회원 : 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 교수

\*\*\* 정 회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수

논문접수 : 2004년 9월 9일, 심사완료 : 2004년 11월 18일

이러한 탐색항해의 어려움을 보완하기 위해 탐색항해 도구(navigation aid)에 대한 연구가 진행되고 있다[3-5]. 탐색항해 도구는 사용자가 전체 환경 구조를 빠르게 이해할 수 있도록 가상환경 외부에서 요약된 환경 정보를 제공하여 도움을 주는 형태를 가지고 있다. 그러나 사용자가 탐색항해를 위해서 참조하기를 원하는 대상은 가상환경의 구조 정보뿐 아니라 가상환경에 위치한 목표/목적지들에 대한 의미정보(semantic information) 즉, 용도, 역사, 재질 등 추상적인 개념을 포함한다. 따라서 의미정보를 포함하는 탐색항해 도구 개발이 절실하나, 탐색항해를 위한 참조 대상을 의미정보 영역까지 확대했을 때 증가하는 정보의 양은 폭발적이어서 기존의 방법으로는 관리가 불가능하며, 이에 대한 연구를 필요로 하고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 토픽맵(Topic Map)[6, 7] 기술을 3차원 가상환경에 적용했다. 토픽맵은 정보 자원들을 상호 연관성에 따라 연결하고 조직하여 지식 구조를 기술할 수 있도록 제정된 ISO(International Organization for Standardization) 표준이다. 이는 대용량의 비구조화되고 비조직화된 정보를 효율적으로 탐색항해하기 위한 해결책으로 제안 되었으며, 의미론적인 연관관계를 설정함으로써 원하는 지식을 정확하게 찾을 수 있는 맵을 제시한다. 토픽맵기반의 탐색항해 도구를 3차원 가상환경에 적용함으로써 얻을 수 있는 효과는 다음과 같다.

- 모든 토픽을 이용한 탐색항해를 수행한다.
- 탐색항해의 대상이 되는 토픽은 가상공간의 환경 구조 정보 그리고 다양한 주제의 의미 정보들을 포함한다. 따라서 탐색항해의 대상이 되는 환경에서 다루어질 수 있는 모든 토픽을 이용한 탐색항해를 수행한다. 이는 토픽맵이 복잡한 지식공간을 온톨로지(ontology)[8]라는 표준화된 포맷으로 표현함으로써 가능하다.

- 계층구조 밖의 주제로 이동이 가능하다.
- 기존에 수행되었던 연구들은 계층화된 랜드마크 리스트에서 단순한 포함관계 경로를 따라서 목표/목적지를 선택하는 트리형태의 탐색항해를 벗어나지 못하였으나, 토픽맵을 이용한 탐색항해는 토픽과 토픽간의 관련된 연결통로를 따라 주제 간 이동이 가능하다. 따라서 어떠한 주제로 탐색항해를 했을 때 목표/목적지를 찾지 못했다면, 최초의 대주제로 원위치 하는 것이 아니라, 현재의 위치에서 관련이 있는 연결된 주제로

전환하여 탐색항해를 계속할 수 있다. 이렇게 함으로서 이전의 탐색항해 경험이 계속적으로 탐색항해에 활용될 수 있다.

- 현재위치에 대한 충분한 참조 정보를 제공한다.
- 각각의 탐색항해 단계는 다음 단계의 탐색항해로 넘어가는 과정에서 어떤 목적으로 또는 어떻게 이동 했는지에 대해 설명할 수 있는 근거를 제공한다. 따라서 탐색항해가 진행되는 모든 과정에서 사용자는 자신이 가상환경의 어느 위치에 있는지 추측할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 그 동안 연구되었던 탐색항해 기법 및 도구에 대한 정리와 토픽맵에 대해 소개하고, 3장에서는 토픽맵을 3차원 가상환경에 적용하기 위한 시스템 설계기법을 제안했다. 4장, 5장에서는 구현 및 평가에 대하여 기술하고, 마지막으로 6장에서 결론 및 향후 연구 방향을 기술했다.

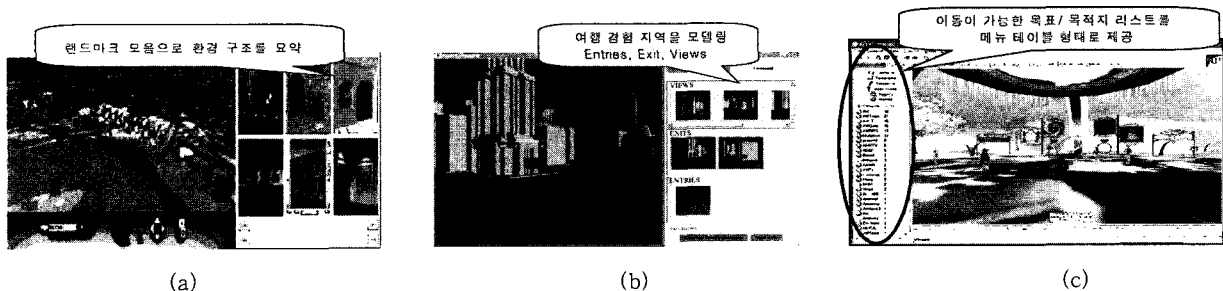
## 2. 관련 연구

3차원 가상환경에서 수행하는 기본적인 중요한 활동 중의 하나는 탐색항해이다. 그러나 가상환경에서의 탐색항해는 빈약한 정보로 인해 매우 어렵다. 따라서 많은 사람들이 쉽게 사용할 수 있는 가상환경을 구축하기 위해서 효과적인 탐색항해도구 개발은 절실한 과제이다.

본 장에서는 그동안 연구되었던 탐색항해 도구에 대하여 정리하였다. 또한 사람들의 머릿속에서 이루어지는 활동으로서 환경에 대한 정보를 저장하고 활용하는 인지맵(cognitive map)을 소개하고, 이를 모델링하여 가상환경에서 탐색항해도구로 적용할 기술로서 토픽맵을 소개했다.

### 2.1 탐색항해 도구

탐색항해는 복잡한 인지과정의 결과로 진행된다. 그 중에서도 기억은 탐색항해의 성패와 깊은 연관성을 가진다. 사용자가 환경구조를 기억하는데 지나친 부담을 가질 때 탐색항해의 효율이 급격히 떨어진다[2]. 이때는 외부 보조도구를 사용하여 사용자의 인지적 부담을 줄여줄 필요가 있다. 그동안 3차원 가상환경 분야에서는 다양한 형태의 탐색항해 도구에 대한 연구가 있었다. (그림 1)은 대표적인 탐색항해 도구의 예이다.



(그림 1) (a) 월드랫[3], (b) 인지맵[4], (c) 액티브월드[9]

Elvins[3]는 랜드마크의 가독성이 길 찾기의 성패를 결정할 수 있는 중요한 요소임을 주장했다. 랜드마크는 자체적인 특징 즉 3차원적인 모양, 크기, 그리고 질감 등을 표현할 뿐 아니라, 환경 전체구조를 이해하는 지식 및 절차적 지식을 표현하는데 활용된다. 따라서 적절한 랜드마크의 활용은 효과적인 탐색항해에 결정적 영향을 주고 있음을 증명했다. (그림 1)(a)는 3차원 가상환경에서 랜드마크와 그 주변의 이미지로 환경을 요약한 월드렛(worldlet) 탐색항해 도구를 보여준다.

Ramloll[4]등은 공간정보를 좌표체계로 모델링하는 대신에 여행자의 기억을 통해 경험한 지역을 모델링하는 방법을 제안했다. 이 연구에서는 가상환경을 소단위 영역으로 구분하고, 영역 안으로 진입, 영역 밖으로 퇴장, 영역 내 특징 지점으로 구분하여 저장 및 검색하도록 탐색항해 도구를 구성했다. 이렇게 함으로써 사용자는 환경구조를 조직적으로 기억하게 되었고 재사용도 용이 했음을 증명해 보였다. (그림 1)(b)은 인지맵(cognitive map) 탐색항해 도구를 보여준다.

액티브월드[9]는 웹 환경에서 상용화된 3차원 가상환경 커뮤니티이다. 액티브월드(Active-world)에서는 탐색항해 도구로 메뉴테이블을 제공한다. 메뉴테이블은 공통점을 가진 주제들을 그룹지어 묶고, 주제들의 수준을 따라서 계층적으로 형태의 탐색항해 도구이다. 계층적으로 구성된 메뉴테이블은 넓은 범위로부터 점차로 좁은 범위로 대상리스트를 좁혀가면서 목표를 선택하도록 설계되었다. 탐색항해 도중에 다른 그룹으로 탐색범위를 이동하려면 탐색항해 목표/목적지를 포함하는 단계까지 그 범위를 일반화 했다가 다시 대상리스트를 좁혀가는 심화 탐색항해를 해야 한다. (그림 1)(c)은 액티브월드 탐색항해 도구를 보여준다.

위에서 언급한 탐색항해 도구들은 환경의 특정 지점과 일대일 연결 관계를 가지고 있다. 또한 이를 검색하는 과정도 단일한 주제로 계층화된 선택 리스트 가운데에서 원하는 목표/목적지를 선택하도록 설계되어 있다. 따라서 대량의 목표/목적지에 대한 지원이 곤란하며, 탐색항해 도구마다 특정한 인터페이스로 인해 사용자에게 인지적 부담을 주게 되는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 인지과학 분야에서 진행하고 있는 탐색항해에 대한 연구를 반영했다. 인지맵은 사용자로 하여금 가상환경 구조를 이해하고 탐색항해를 수행하는데 사용한다. 따라서 인지맵은 본래의 환경구조를 변형 또는 왜곡없이 구축되어야 한다. 본 논문에서는 인지맵을 모델링하는 방법으로 토픽맵을 사용했다. 토픽맵을 사용한 탐색항해는 트리형태의 단순한 탐색구조를 벗어나 사용자의 탐색항해 주제와 주제 사이에 연결된 링크를 따라 유연한 탐색항해가 가능하다. 인지맵과 토픽맵에 관한 자세한 설명은 다음절에 이어진다.

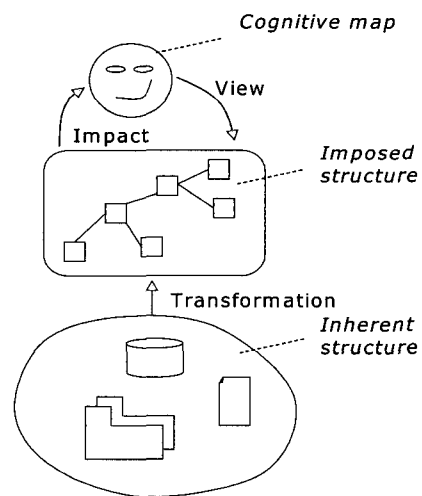
2.2 인지맵 (cognitive maps)

사전적 의미에서 인지맵은 장소에 대한 심리적 이미지라 할 수 있다. 3차원 가상환경에서 사람들은 환경에 대한 정보

를 저장하고, 탐색항해 과정에서 인지맵을 활용한다. Downs [2]는 인지맵을 “일상적인 환경에서 관심이 있는 장소를 방문하고, 이를 다시 회상하는 동안에 사람들의 마음속에 일어나는 학습 과정”이라고 정의하고 있다. 또한 이를 표현하는 방법에 대해서는 다양한 기호를 사용할 것을 제안했다. 이러한 기호는 지형지도, 언어적 체크처, 또는 시각적 이미지를 사용할 수 있다. 인지맵 구축에 있어서 문제점으로는 사람들을 둘러싸고 있는 환경이 넓고, 복잡하고, 유동적이기 때문에 이들 모두에 대한 세세한 정보를 처리하는 것은 불가능하다고 밝히고 있다. 다운즈는 환경 현상에 대하여 기본적으로 두 가지 타입의 정보만을 포함하는 인지맵을 제안했다.

- 장소 정보 : 거리와 방향을 주 요소로 한 외면적 형태의 공간 정보
- 속성 정보 : 자연현상을 설명 또는 평가하는 형식으로 표현

Thorndyke[10]는 실험적 연구를 통해서 환경을 이해하는 과정에서 나타나는 세 가지 구별되는 지식을 소개했다. 먼저 기본적인 외면적 형태를 인식하는 이정표(landmark) 지식, 이정표간 경로를 설명하는 루트(route) 지식, 그리고 환경에 대한 포괄적 속성을 나타내는 서베이(survey) 지식으로 구분된다. 그는 이 개념을 이용해서 효과적인 탐색항해를 지원하는 가상환경 구축에 필요한 몇 가지 고려사항들을 정리했다. 먼저, 가상환경 시스템은 “사용자가 공간지식에 대한 적절한 도움을 받을 수 있도록 개념적 힌트, 환경적 구조, 틀, 그리고 사회적 리소스를 제공해야한다”고 했다. 다음으로, “탐색항해를 위한 모든 결심은 서베이 지식을 필요로 하기 때문에 사용자의 경험에 의하거나 또는 외부참조로부터 그것을 얻을 수 있어야 한다. 특히 환경에 익숙하지 않은 사용자들 위해서는 외부참조가 더욱 필요하다”고 했다.



(그림 2) 탐색항해 환경에 대한 세 단계의 인지구조 수준[11]

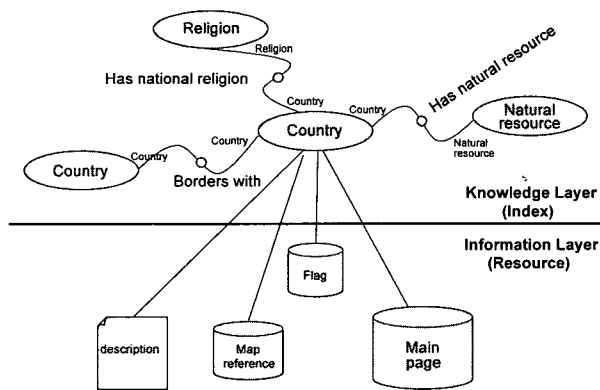
Car[11]등은 탐색항해 도구를 개발할 때 고려해야할 세 단계의 구조들을 제시했다. 세 단계의 구조들은 (그림 2)에서

처럼 제일 낮은 단계부터, 고유구조(inherent structure), 변형구조(imposed structure), 그리고 인지맵(cognitive map)으로 표시된다. 고유구조는 탐색항해의 대상이 되는 세계 자체이고, 변형구조는 이를 타인 또는 기계와 공유하기 위해 고유구조를 변형시킨 추상화된 구조이다. 인지맵은 사람이 머릿속에서 환경을 이해하는데 사용하는 참조지도로서, 실세계를 추상화한 변형구조를 통해 영향을 받고 반응을 하기도 한다. (그림 2)에서 보는바와 같이 고유구조와 변형된 구조가 차이가 적었을 때 그것을 통해 형성된 인지맵이 원래의 고유구조와 가까워질 수 있다.

위에서 언급한 몇 가지 연구들을 통해서 넓고 복잡한 환경에서 사용자의 인지맵은 모든 정보를 사용하는데 어려움이 있다는 것, 따라서 탐색항해에 필수적인 정보만을 다룰 수 있도록 실세계를 단순화 및 추상화해야 할 필요가 있다는 것을 알 수 있다. 또한 실세계를 추상화 하는 과정에서 가능하다면 변형된 구조가 고유구조로부터 변형되지 않도록 주의해야 한다는 것을 알 수 있다.

2.3 토픽맵(Topic Map)

토픽맵은 ISO/IEC 표준의 지식표현 기술로서 정보자원의 구성, 추출, 검색에 대한 새로운 이론적 배경을 제시하고 있다[6, 7]. 토픽맵은 지식과 정보의 분산 관리를 위해서 지식계층(Knowledge Layer)과 정보계층(Information Layer)으로 구성된 이중구조를 가진다. (그림 3)은 토픽맵을 기반으로 하는 웹 사이트의 예로서, 개략적 구조로 지식계층과 정보계층간의 관계를 나타내고 있다.



(그림 3) 토픽맵 기반의 웹 사이트 구조[12]

지식계층은 토픽(topic)과 그들 사이의 연계(association)를 통하여 지식구조를 표현하고 있다. 지식계층의 중심요소인 토픽은 말하려는 대상을 한 단어로 표현한 것이다. 표현 대상은 물리적으로 존재하든지 또는 물리적으로 존재하지 않는 모든 것을 포함한다. 연계는 이러한 토픽들 사이의 관계를 정의한다.

정보계층은 토픽을 자세하게 설명해주고, 구체화해주는 자원들의 저장소이다. 자원들은 다양한 형태의 정보로서 텍스트, 그래픽, 오디오 등으로 만들어져 있다. 어커런스(occurrence)

는 지식계층의 토픽과 정보계층의 자원들 사이를 연결해 준다.

3. 토픽맵 기반 탐색항해 도구의 설계

본 논문에서는 시맨틱 웹 기술의 하나인 토픽맵 기술을 3차원 가상환경 탐색항해를 수행하는데 적용했다. 제안된 탐색항해 도구는 3차원 가상환경의 공간을 이해하는 공간지식과 가상환경에서 다루어질 수 있는 다양한 주제들에 관한 지식을 토픽맵을 사용하여 통합하였으며, 이를 통해 가상환경에 위치한 목표/목적지를 의미적 연결을 따라 탐색항해를 할 수 있도록 도움을 줄 것이다. 본 논문에서는 제안하는 탐색항해 도구를 구현하기 위한 대상 환경으로서 가상쇼핑몰을 예로 들고 있다. 3장에서는 가상환경에 토픽맵을 적용한 탐색항해 도구를 구현하기 위한 이론적인 배경과 논리적 구조를 서술했으며, 4장에서는 구현과정에서 이루어져야 할 핵심 사항들을 정리했다. 또한 5장에서는 가상쇼핑몰에서 본 토픽맵 탐색항해 도구의 활용도를 평가했다.

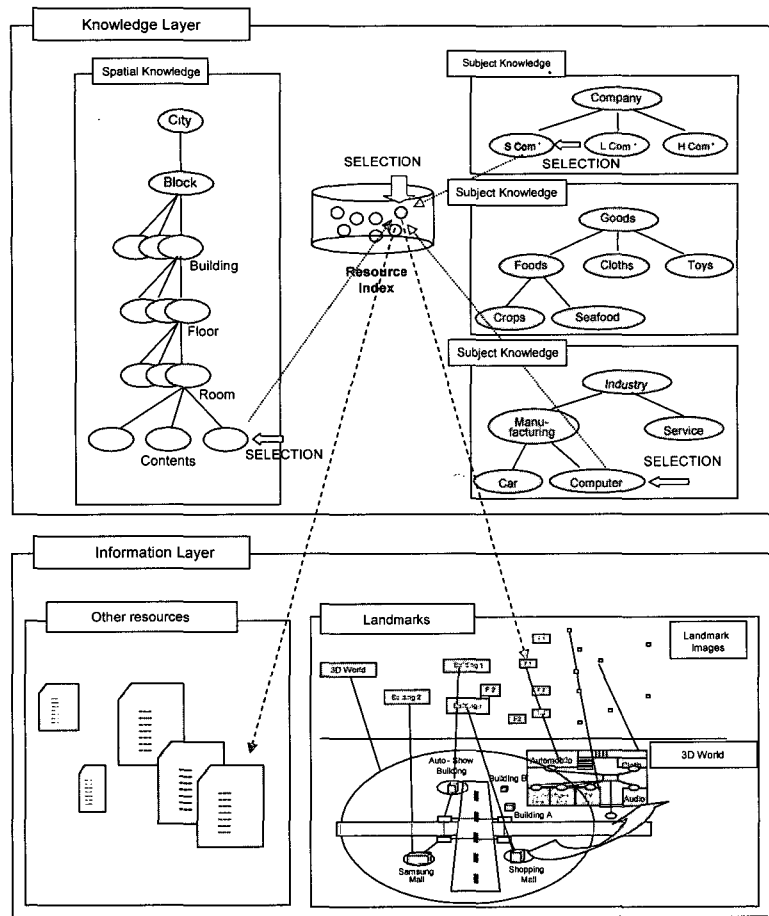
3.1 토픽맵 기반 탐색항해 도구 개요

토픽맵 기반 탐색항해 도구는 역할을 달리하는 두 개의 지식계층(knowledge Layer)과 정보계층(Information Layer)으로 구성된다. 상위계층인 지식계층에서 선택되는 토픽은 어커런스를 통해 하위계층인 정보계층에 저장된 토픽을 구체화 시켜주는 자료를 호출한다.

지식계층은 토픽과 연계로 구성된다. 여기에서 토픽은 가상환경을 구성하고 있는 랜드마크와 환경에서 다루어질 수 있는 주제들이 포함된다. 이들 토픽들은 연계를 통해 의미적으로 연결되어 있다. 탐색항해 도구 사용자는 지식계층에서 자신이 관심을 가진 주제를 의미적 연결 관계를 따라서 검색하는 동안에 가상환경에 위치한 목표/목적지를 선택할 수 있다.

정보계층은 토픽을 구체화하는 자료들로 구성된다. 자료들에는 가상환경 안에서 대표적인 지점들에 대한 정보를 지닌 랜드마크와 가상환경에서 다루어질 수 있는 다양한 토픽들을 표현하는 자료가 저장되었다. 이러한 자료들은 지식계층에서 선택된 목표와 어커런스에 의해 연결되어 있다. (그림 4)는 3차원 가상환경 토픽맵을 구성하는 각 계층들과 요소들의 연결 관계를 개략적으로 표현했다.

(그림 5)는 본 논문에서 제안하는 토픽맵에 의한 탐색항해 기법 알고리즘을 간략히 표현한 것이다. 토픽맵 기반의 탐색항해 도구는 먼저 지식계층에서 토픽과 토픽 사이의 연결 관계를 이동하면서 현재토픽(current topic)을 바꾸어 간다. 이 과정에서 원하는 목표/목적지 토픽이 현재토픽으로 선택된다. 이때까지는 가상환경의 화면에 아무런 변화도 발생하지 않는다. 사용자가 현재토픽과 관련된 어커런스 리스트에서 목표/목적지와 일치하는 랜드마크를 선택하면 정보계층에 저장되었던 목표/목적지의 좌표정보가 입력되어 가상환경의 화면을 목표/목적지로 이동시켜준다.



(그림 4) 3차원 가상환경 토픽맵

```

Input : current topic ct, current view cv, target topic tt,
        target location tl ;
Output : target view tv ;

mark f ;

If (ct != tt)
    unmark f ;
    While (A is not empty) // A is the Association set
        delete new topic nt from A ;
        If (nt != tt)
            continue ;
        else mark f ; break ;
        end-if
    end-while
end-if

If (f) // f is marked
    While (O is not empty) // O is the occurrence set
        delete new location nl from O ;
        If (nl != tl)
            continue ;
        else
            Add target coordination from landmark list ;
        end-if
    end-while
end-if

return tv ;
    
```

(그림 5) 목표/목적지 선택 알고리즘

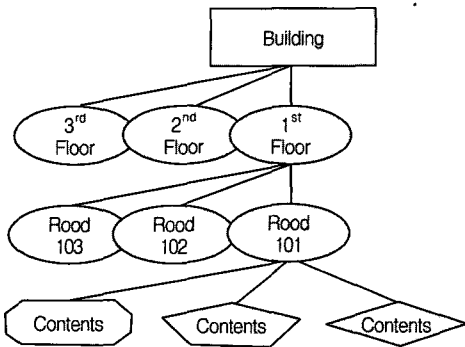
### 3.2 지식계층(Knowledge Layer)

3차원 가상환경을 위한 토픽맵에서 지식계층은 토픽과 그 토픽들 사이의 연결 관계를 통해서 환경 구조를 표현한다. 여기에서 환경 구조는 물리적 환경을 계층구조로 표시한 공간구조 뿐 아니라 그 환경에 다루어질 수 있는 다양한 주제들에 관한 지식구조를 포함한다. 따라서 지식계층을 구성하는 토픽으로는 공간구조를 표현하거나, 지식구조를 표현하는 두 종류의 토픽이 존재한다. 이러한 토픽들은 상호연결 관계를 통해 의미를 만들어낸다. 여기에서 만들어지는 의미는 3차원 가상환경에서 목표/목적지가 되는 지점을 불러내는데 사용된다.

#### 3.2.1 공간지식(Spatial Knowledge)

공간지식은 사용자가 자신이 속해있는 환경을 이해하기 위해서 지역적 특성을 따라 구역을 나누고, 또 나누어진 구역들을 보다 세분화함으로써 계층적 구조로 조직하는 지식을 말한다. 3D 가상환경은 사용자의 위치 및 시각의 변화에 따라서 지속적으로 변화되는 수많은 장면들을 제공하고 있다. 그 중에서 공간지식의 계층구조를 구성하는 각각의 영역마다 이를 대표하는 이미지 하나를 갖는다. 본 논문에서는 이러한 지역대표 이미지를 랜드마크라 명칭한다. (그림 6)은 랜드마크들이 대표하는 지역의 위상에 따라 계층적으로 구

성된 모습을 보여준다.



(그림 6) 계층적으로 구축된 가상환경 공간지식 구조

랜드마크는 3차원 가상환경의 특정장면을 2차원 사진형태로 표현한 것이다. 사진이 실제세계를 2차원 평면에 투사해 놓은 것처럼, 랜드마크는 전체 가상환경에서 시야각 크기만큼의 영역만을 추출해낸 3차원 이미지이다. 가상환경에 들어온 새로운 사용자는 랜드마크의 위치, 그리고 그와 연결된 탐색항해에 관련된 역할 등을 익혀감으로서 환경에 대한 이해의 폭을 넓혀 나간다. 예를 들어 빌딩의 현관을 들어서면 로비를 지나서 방을 찾아 들어갈 수 있고, 또는 계단을 통해 상층으로 이동해 갈 수 있다는 이해를 통해 공간지식을 얻게 된다.

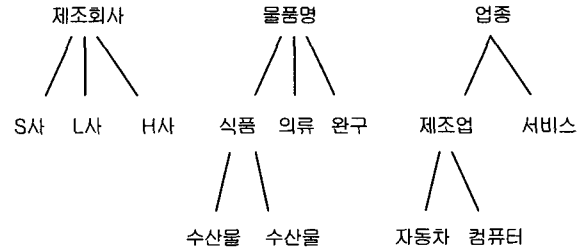
랜드마크는 지역을 대표하는 특성을 갖는다. 따라서 랜드마크는 그 지역의 중심에 위치하며, 주변 환경으로부터 두드러진 크기, 색상 모양 등을 통해 쉽게 눈에 띄고, 기억되고, 또한 지역적 특징을 연상할 수 있어야 한다.

랜드마크는 대표하는 지역의 위상에 따라 계층적 구조를 갖는다. 예를 들어 설명하면, 쇼핑센터를 조성한 3차원 가상환경은 하부구조에 몇 개의 빌딩이 있다. 또 각각의 빌딩은 그 하부구조에 여러 층을 두고 있으며, 이와 같은 방법으로 좀더 세부적으로 구분할 수 있다. 이러한 계층구조에서 하위계층은 상위계층으로부터 "is a" 관계로 연결된다. 계층구조의 서열을 따라서 연결된 순서는 가상환경에서 이동경로를 형성한다. 즉, 빌딩내의 한 지점으로부터 다른 건물의 한 지점으로 이동할 경우 "현재 위치로부터 방, 층을 통과하여 건물"로 나온다. 다음으로 목표물이 위치한 건물로 이동하여 "건물, 층을 통과하여 방"으로 들어가서 원하는 목표에 도달하는 이동 경로를 가진다. 이러한 경로지식은 다른 여러 경로지식과 결합되었을 때 환경 전체를 총괄해 볼 수 있는 종합지식으로 발전하게 된다.

3.2.2 주제별 지식(Subject Knowledge)

주제별 지식은 가상환경 안에서 활동하는 동안에 논의될 수 있는 다양한 토픽들을 동일한 범주에 모아놓은 지식을 말한다. 환경에 따라 논의될 수 있는 주제는 다양하다. 예를

들어 가상환경이 쇼핑몰 이라면 상품, 업종, 제조회사 등이 주제가 될 수 있으며, 박물관 이라면 유물, 출토지, 재질, 시대구분 등이 될 수 있다. 하나의 주제에는 포함관계를 가지는 토픽들이 계층관계를 통해서 구성된다.



(그림 7) 토픽들이 계층적으로 구축된 주제별 지식

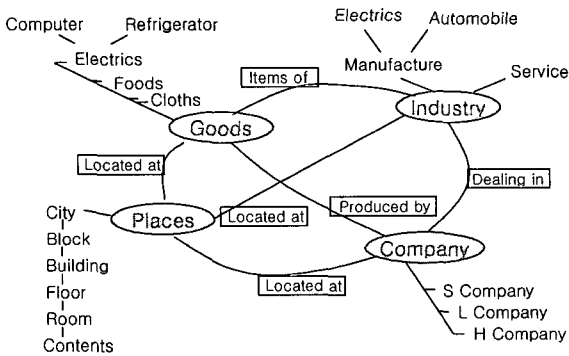
(그림 7)은 가상 쇼핑몰에 대한 주제별 지식을 분류법(Taxonomy)을 통해 표현한 예이다. 분류법은 지식구조를 어휘들이 지닌 의미의 위상을 따라서 계층적으로 분류하는 방법이다. 분류법은 조직적이면서도 직관적으로 표현하는 장점을 가지고 있으며 지식구조를 나타내는 가장 일반적인 기술이다.

그러나 분류법에 의해 표현된 주제별 지식은 주제 밖의 내용과는 연결 관계가 맺어있지 않다. 따라서 어떤 주제로 목표 찾기에 실패한 경우에는 처음부터 다시 검색을 위한 주제를 선택하고 목표까지 단계를 심화해 나가야 한다. 이때 이전의 탐색항해 경험은 새로운 주제에서의 탐색항해에 전혀 도움이 되지 못하는 단점을 지니고 있다.

본 논문에서 제안한 토픽맵 탐색항해 기법은 하나의 주제에 포함된 토픽과 또 다른 주제에 포함된 토픽사이의 연결관계를 통하여 의미적 연결 네트워크를 구성한다. 사용자는 의미적 연결 네트워크를 따라서 토픽들을 섭렵해 가는 동안에 원하는 목표를 선택할 수 있다. 이러한 탐색항해 기법은 사용자의 가상환경에 대한 지식, 그리고 사용자가 가진 가상환경의 활용 의도에 따라서 가상환경에 위치한 특정한 목표나 목적지로 이동해 갈수 있는 참조점을 제공한다. 네트워크 구축에 관한 구체적인 방법은 다음절에서 소개한다.

3.2.3 공간지식과 주제별지식의 연결

토픽맵의 지식계층은 토픽과 토픽사이의 의미적 연결을 통해 구축된다. (그림 8)은 쇼핑몰을 가상환경으로 구축한 지식계층의 예를 보여준다. 그림에서 공간지식을 구성하고 있는 랜드마크 그리고 주제별 지식을 구성하고 있는 토픽 모두가 연계를 통해 지식계층을 구성하고 있다. 공간지식과 각 주제별지식의 테두리 안에서는 계층구조를 가지고 있어서 포함관계(part of)로 연결되어있다. 그 외에 주제 테두리를 벗어나는 연결에 있어서는 포함관계가 아닌 의미적인 관계성을 정의하는 관계이다.



(그림 8) 공간지식과 개념지식의 연결

다음은 주제 테두리를 벗어나는 토픽들 간의 연계가 설정된 것을 보여준다. S Company와 A City는 토픽들이고 이 두 토픽 사이에는 located at 이라는 연관관계가 존재한다. 이처럼 토픽맵 내의 토픽들은 서로 독립적인 객체이면서 동시에 특정 타입의 연관관계로 연결된 링크를 가진다.

- S Company is located at A City
- A Computer is item of Electrics
- L Company is dealing in Electrics
- B Computer is produced by S Company

3.3 정보계층(Information Layer)

정보계층은 지식계층에서 의미적 연결 관계를 따라서 선택된 토픽들에 대한 구체적 정보가 저장된 장소이다. 정보계층에 포함될 토픽들은 공간지식에 관련된 내용들과 주제별 지식에 관련된 내용들로 구성된다. 공간지식에 관련된 내용들은 가상환경을 구축하고 있는 객체들의 외형적 이미지에서 의미를 부여할 만한 가치가 있는 특정 장면들을 모아놓은 리스트이다. 여기에는 쇼핑물의 전체전경, 교차로, 빌딩, 로비, 전시실전경, 특정 객체 장면들이 포함된다. 이러한 장면들의 하나하나를 랜드마크라 하며, 공간 내부에서의 위치, 카메라 앵글, 계층구조의 속성들이 기록된다. (그림 4)의 하단 우측에는 가상환경에서 랜드마크로 추출된 이미지들의 개념을 표현하고 있다. 주제별 지식에 관련된 내용들은 가상환경에서 다루어지는 모든 주제들에 대한 구체적인 정보들로 구성된다. 여기에는 회사, 인물, 상품처럼 사물이 될 수도 있으며, 기술, 자격, 용도처럼 무형의 주제들도 포함한다. (그림 4)의 하단 좌측에는 유무형의 주제에 속하는 토픽들이 조직화되지 않은 채 정장되어 있는 모습을 표현하고 있다. 이러한 정보계층에 속한 모든 토픽들은 지식계층의 토픽들과 1:1로 연결되어있다.

4. 시스템 구현

토픽맵 기반의 탐색항해 도구 시스템 개발환경은 다음의

<표 1>과 같다. 탐색항해 도구 효과를 시험하기 위해 3차원 가상환경 쇼핑물을 구축했다. 쇼핑물은 3개의 3층짜리 빌딩으로 조성되었으며, 각각의 빌딩 내부는 15개의 전시실, 그리고 전시실 안에는 컴퓨터를 비롯한 전자제품들과 자동차가 전시 되어있다.

<표 1> 구현환경

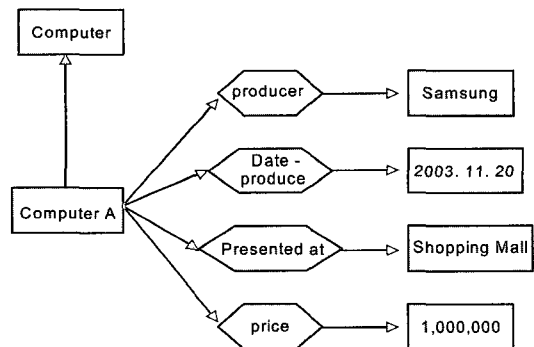
3D VE 환경 구축	Parallelographics Cortona VRML Client JDK 1.1.8, j2sdk1.4.1_04
토픽맵 구축	Ontopia Omnigator [13], MSXML 4.0

4.1 랜드마크(landmark) 모델링

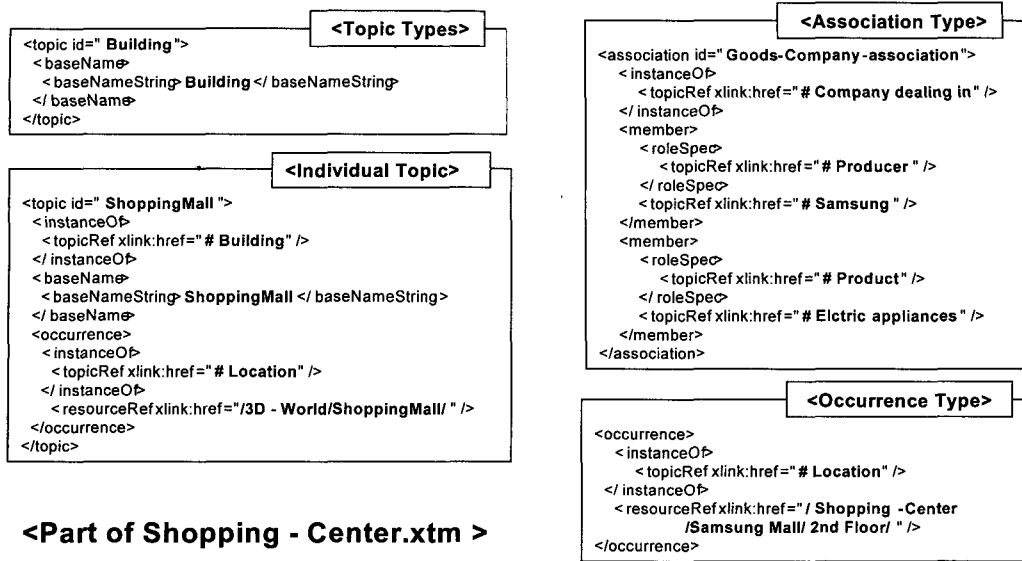
3차원 가상환경의 지역적 저명지점을 랜드마크로 선정하고 공간 지식과의 관계 그리고 주제별 지식과의 관계를 형성하기 위하여 그 랜드마크들에 대한 온톨로지를 작성했다. (그림 9)는 쇼핑물 빌딩 1층의 온톨로지를 구축한 예이다. 온톨로지에 포함되는 내용은 랜드마크의 이름, 영상을 얻기 위한 카메라위치 및 시야 각, 상위 및 하위계층, 그리고 동위계층의 랜드마크를 기록한다. (그림 10)은 주제별 지식과의 관계를 형성하기 위하여 구축한 온톨로지의 예이다. 온톨로지에 포함된 내용은 생산자, 출고일, 전시장소, 그리고 가격 정보 등이다.



(그림 9) 주제별 지식과 공간지식 관계를 형성하기 위한 랜드마크 모델링



(그림 10) 주제별 지식과 공간지식 관계를 형성하기 위한 주제별 지식 모델링



<Part of Shopping - Center.xtm >

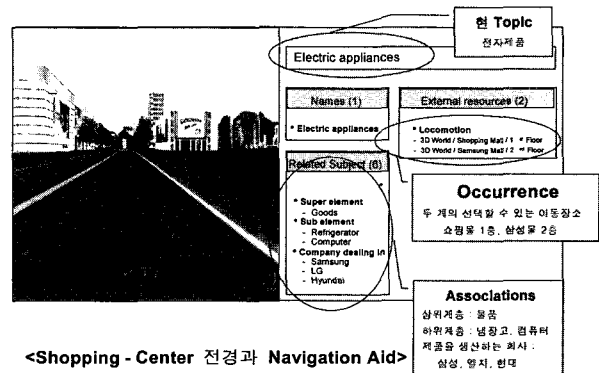
(그림 11) 토픽맵 구축의 예

4.2 XML 토픽맵 구축

토픽맵은 기본적으로 TAO(Topic, Association, Occurrence) 세 요소로 구성되어 있다. 토픽은 3차원 가상환경과 관련된 모든 개념적인 주제가 대상이다. 따라서 랜드마크의 이름, 상품명, 회사명, 그리고 다양한 주제별 지식들이 토픽이 된다. 연계는 토픽들 간의 관계를 설정한다. 공간 구조상의 계층관계, 주제별 구조의 계층관계, 그리고 주제간의 연결 관계 등이 연계로 표현된다. 어커런스는 자원의 위치를 지정한다. 위에 명시된 토픽 중 랜드마크 이름은 환경 안에서 특정 지점을 조망하는 카메라의 위치와 시야각을 참조하고 있다. (그림 11)은 앞 절에서 설명한 방법을 따라 구축된 온톨로지를 근거로 작성한 XML 토픽맵의 일부분이다.

4.3 사용자 인터페이스

사용자는 VRML 브라우저를 통해 3차원 가상환경에서 직접 이동을 통제할 수 있고, 우측화면의 토픽맵 브라우저를 통해 간접적으로 환경에서의 이동을 통제 할 수 있다. 토픽맵 브라우저에는 현재의 토픽과 연관성이 있는 토픽들이 연계 종류별로 구분되어 표시된다. 또한 가상환경 내에서 현재의 토픽이 위치한 지점을 표시해준 어커런스 리스트 중에서 원하는 목표를 선택하여 이동 할 수 있다. (그림 12)는 현재 위치로 3차원 가상환경의 전체전경을 표시하고 있고, 토픽맵 브라우저에는 현재 토픽으로 전자제품을 검색해 놓았다. 토픽과 관련이 있는 연계는 주제에 대한 상위계층으로 물품이라는 토픽, 하위 계층으로 두 종류의 전자제품을 제시해 주고 있다. 또한 전자제품을 생산하는 회사들은 어떠한 회사들이 있는지 회사이름 정보를 제공하고 있다. 현재 토픽의 위치를 표시하는 어커런스에 두 개의 위치를 표시하고 있다. 사용자가 두 개의 위치 중 하나를 선택하면 시스템은 선택된 위치로 장면을 이동 시켜줄 것이다.



<Shopping - Center 전경과 Navigation Aid>

(그림 12) 토픽맵 기반의 탐색항해도구 사용자 인터페이스

5. 평가 및 토의

본 논문에서 제안한 탐색항해 도구를 평가하기 위해 컴퓨터 사용경험이 있으나 3차원 가상환경 그리고 토픽맵은 알지 못하는 30명의 고교학생이 참가했다. 실험 참가자들은 10명씩 세 편으로 나누어져 별도의 환경에서 실험을 했다. 첫 번째 부류는 액티브월드처럼 메뉴레이블 형태의 탐색항해도구의 도움을 받았다. 메뉴레이블은 윈도우즈 탐색기처럼 폴더가 선택되면 하위 리스트를 제공하도록 설계되었다. 최종 목표인 제품들의 위치까지는 3단계 또는 4단계의 심화탐색 과정을 거쳐서 도달할 수 있다. 탐색항해 목표로 주어진 컴퓨터는 50개 모델, 자동차는 15개 모델을 전시했다. 두 번째 부류는 토픽맵 브라우저의 도움을 받았으며, 세 번째 부류는 토픽맵의 도움이 없이 환경 안에서 마우스와 키보드를 사용하여 직접적인 탐색항해를 통해 목표를 찾아가도록 했다. 각 참가자들에게는 3개의 목표가 주어졌다. 3개의 목표와 그 목표들을 선정한 이유는 다음과 같다.



● 오토전시장

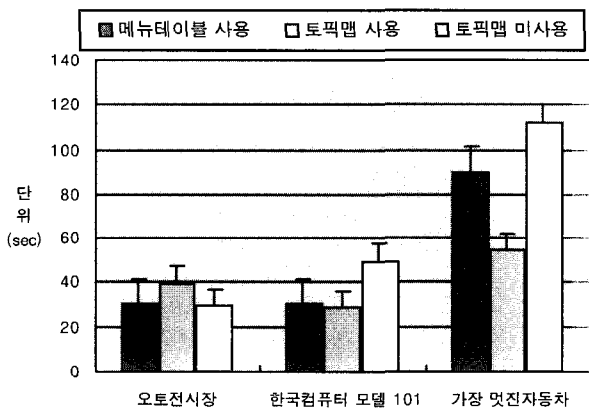
쇼핑몰에 위치한 3개의 빌딩중 하나로서 대표성이 높은 목표물이다. 포털 위치로부터 목표까지 시각 장애물이 없다.

● 한국컴퓨터 모델 101

전자상가건물 2층 컴퓨터 전시실에 위치한 목표물로서 대표성이 낮은 목표물이다. 포털 위치로부터 목표까지 많은 시각 장애물이 있다. 실험 참가자는 건물내부로 진입, 층간이동, 그리고 한국컴퓨터 전시실을 찾아 들어와야 목표를 확인할 수 있다. 실험 참가자는 탐색행태도중 시각적 힌트를 참조하여 적절한 판단을 해야 한다. 즉, 컴퓨터를 찾는 과제에서는 오토전시장 건물 대신에 전자상가 건물로 진입해 들어와야 하는 판단 책임이 있다.

● 가장 멋진 자동차

실험 참가자들은 정해진 목표를 찾아가는 것이 아니라, 가상환경에 위치한 유사한 품목 중에서 개인적인 취향에 따라 선택하는 과제이다. 참가자들은 유사품목 전체 리스트를 파악 하려고 시도할 것이며, 품목마다의 장단점을 비교하여 선택할 것이다.



(그림 13) 토픽맵 기반의 탐색행태도구 사용자 인터페이스 평가

(그림 13)은 실험 결과를 보여준다. 막대그래프의 높이는 10명의 실험 참가자가 보인 과제별 수행시간의 평균과 표준편차를 나타냈다. 실험결과를 분석해보면, 오토 전시장을 찾는 문제에서는 메뉴테이블과 토픽맵으로 보조를 받은 여부가 결과에 영향을 주지 않았다. 오히려 평균에서는 보조 없이 탐색행태에서 빠른 결과를 보였다. 한국회사에서 만든 특정 모델의 컴퓨터를 찾는 문제에서는 메뉴테이블과 토픽맵으로 탐색행태 보조를 받은 사용자가 빠른 결과를 보였다. 두 문제의 결과로 알 수 있는 것은 랜드마크가 가상환경 공간에서 차지하는 대표성 수준의 차이에 따라 결과를 달리 한다는 점이다. 오토전시장 보다 대표성이 낮은 특정 물품을 찾는 문제에서 메뉴테이블과 토픽맵에 의한 탐색행태 보조 기능은 큰 역할을 하고 있으며, 두 가지 도구의 성능은 구별하기 어려운 차이를 보이고 있다. 마지막으로 가장 멋진 자동차 고르기 문제는 특정한 목표 없이 가상환경에서 주어지

는 정보를 통해 목표를 확정하고 선택하는 문제이다. 탐색행태 도구 사용여부 및 종류에 따라서 가장 큰 차이를 보이고 있다. 메뉴테이블에 의한 보조는 현재 탐색행태 범주에 속한 주제에 한정되므로 사용자가 다른 선택 사양과 비교하기에 필요한 정보를 제공하지 못하고 있다. 반면에 토픽맵 탐색행태 도구는 현재 토픽에 대한 주변 정보를 충분히 제공하고, 이동정보를 제공함으로써 사용자가 빠른 결정을 내리는데 도움을 주고 있음을 알 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 토픽맵을 사용하여 3차원 가상환경에서 환경에 익숙하지 않은 사용자가 쉽게 목표물을 찾고 이동해가도록 보조해 주는 새로운 탐색행태 도구 기법을 제안했다. 이는 토픽맵이 웹 환경에서만 활용될 수 있는 것이 아니라 3차원 가상환경에도 탐색행태 도구로 적용될 수 있음을 보여주었다. 토픽맵의 의미적인 연결은 공간구조의 계층적 관계를 표현할 뿐 아니라, 환경과 관련된 주제들을 의미적으로 연결 시켜주었다. 이를 통해서 가상환경을 방문한 사용자는 원하는 목표/목적지를 주소지 개념의 공간구조를 통해서 보다는 그 환경에서 다루어질 수 있는 다양한 주제별 지식을 참조해서 찾게 된다. 이러한 탐색행태 방법은 환경구조에 익숙지 않은 초기사용자에게 유용하다.

사용자 평가에서는 계층구조가 심화된 목표를 찾아가는 문제에 있어서 탐색행태 도구 역할이 드러남을 볼 수 있었고, 찾고자 하는 목표가 정확하지 않아 환경 안에서 정보를 습득함으로써 원하는 목표를 선택해야 하는 문제에서 토픽맵 브라우저를 통해 토픽 주변에 관한 다양한 정보를 제공 받음으로 인해 사용자의 선택이 빨라짐을 볼 수 있었다.

현재까지의 연구는 가상환경의 단일한 목표에 대한 선택과 위치이동을 보조하는 탐색행태 도구이었으나, 지금까지의 연구를 토대로 랜드마크가 지닌 속성을 활용하여 다수의 목표가 선택되었을 때 경로선정을 해주는 시스템으로 개선하고자 한다. 또한 토픽맵의 강점인 상이한 맵간의 병합기능을 활용하여 의미의 확장 그리고 탐색행태 영역 확장 등의 기술을 개발할 계획을 가지고 있다.

참고 문헌

- [1] R. Darken, J. Silbert, "Wayfinding Strategies and Behaviors in Large Virtual Worlds," In Proceedings of the ACM CHI 96, vancouver, pp.142-149, 1996.
- [2] R. Downs, D. Stea, "Maps in Minds : Reflections on Cognitive Mapping," Harper & Row, New York. 1977.
- [3] T. Elvins, D. Nadeau, D. Kirsh, "Worldlets - 3D Thumbnails for Wayfinding in Virtual Environments," In Proceedings of UIST'97, pp.21-30, 1997.
- [4] R. Ramloll, D. Mowat, "Wayfinding in virtual environments

using an interactive spatial cognitive map," Information Visualization, London, 2001.

- [5] C. Santos, P. Gros, P. Abel, D. Loisel, N. Trichaud, J. Paris, "Metaphor-Aware 3D Navigation," INFOVIS Salt Lake, pp. 155-165, 2000.
- [6] A. Nordborg, "Topic Maps," Master's thesis in Goteborg University, pp.14-18, 2002.
- [7] J. Park, S. Hunting, "XML Topic Maps," Addison-Wesley, 2003.
- [8] J. Domingue, A. Stutt, M. Martins, J. Tan, H. Petursson and E. Motta, "Supporting Online Shopping through a Combination of Ontologies and Interface Metaphors," International Journal of Human Computer Studies, Vol.59, Issue 5, pp.699-723, 2003.
- [9] "Active world," available online at <http://www.activeworlds.com/>.
- [10] P. W. Thorndyke and B. R. Hayes, "Differences in Spatial Knowledge from Maps and Navigation," Cognitive Psychology, pp.560-589, 1982.
- [11] A. Car, "Hierarchical Spatial Reasoning : Theoretical Consideration and its Application to Modeling Wayfinding," Geoinformation, Vienna, 1996.
- [12] "A CIA World Factbook Topic Map," available online at <http://www.ontopia.net/omnigator/models/topicmap/complete.jsp?tm=factbook.hytm>
- [13] "Ontopia," available online at <http://www.ontopia.net>.



**김 학 근**

e-mail : air153@rainbow.yonsei.ac.kr  
 1986년 공군사관학교 항공공학과(공학사)  
 1996년 The Univ. of Dayton 산업공학과(공학석사)  
 1996년~2000년 공군 작전사령부 위계임  
 장교

2001년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정  
 관심분야 : 네트워크 가상현실, 3D 인터랙션, 게임



**송 특 섭**

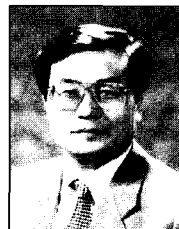
e-mail : teukseob@rainbow.yonsei.ac.kr  
 2001년 연세대학교 수학과(이학박사)  
 2002년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과  
 박사과정  
 관심분야 : Transcoding, Annotation, XML,  
 Semantic Web, Cyber Class,  
 가상환경 네비게이션, Process  
 Annotation



**임 순 범**

e-mail : sblim@sookmyung.ac.kr  
 1982년 서울대학교 계산통계학과(학사)  
 1983년 한국과학기술원 전산학과(석사)  
 1992년 한국과학기술원 전산학과(박사)  
 1989년~1992년 (주)휴먼컴퓨터 이사/연구  
 소장

1992년~1997년 (주)삼보컴퓨터 부장  
 1997년~2001년 건국대학교 컴퓨터과학과 교수  
 2001년~현재 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 교수  
 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 웹 멀티미디어 응용, 가상환경,  
 전자출판(폰트, 전자책, 사이버 교재)



**최 윤 철**

e-mail : ycchoy@rainbow.yonsei.ac.kr  
 1973년 서울대학교(학사)  
 1975년 Univ. of Pittsburgh(석사)  
 1976년 Univ. of California, Berkeley(석사)  
 1979년 Univ. of California, Berkeley(박사)  
 1979년~1982년 Lockheed사 및 Rockwell  
 International사 연구원

1984년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
 1999년~1991년 University of Massachusetts 교환교수  
 관심분야 : 멀티미디어 문서처리(SGML/XML), 가상환경, GIS,  
 Web Based Instruction