Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.23, No.1 pp.23-37, Fubruary 2004

가상 환경에서의 효과적인 네비게이션을 위한 도구 분석

Effective Navigation Aids in Virtual Environments

임동관*, 한성호*, 류종현**, 선미선*

ABSTRACT

This study examines different types of navigation aids when a navigator performs target search tasks in Virtual Environments. The factors manipulated in this study include target information (None/Landmark), navigational difficulty (Easy/Difficult), and map types (None/2D Map/3D Map). Navigation performance was measured by using task completion time and the number of target locations that was remembered by the navigator. In addition, user satisfaction on the navigation aids was also measured by using a 7-point Likert's scale. The results showed that the user satisfaction on the landmark was high when the 3D Map was provided. The task completion time shortened when navigational difficulty was set at "easy." The number of remembered target locations was large when there was no landmark. It was also large with an easy navigation task, or a map (2D or 3D) provided. Guidelines for selecting navigation aids were proposed based on the results.

Keyword: Human-Computer Interface, Virtual Environment, Navigation Aid

* 포항공과대학교 기계산업공학부 산업공학과
주 소: 790-784 경상북도 포항시 남구 효자동 산 31번지 포항공과대학교 산업공학과
전 화: 054-279-2855
E-mail: imdol@postech.ac.kr
** 포항공과대학교 컴퓨터공학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

네비게이션 (Navigation)이라는 단어는 본래 배를 타고 물을 건너는 것에서 유래했다. 후에는 배뿐만 아니라 비행기나 우주선의 방향을 결정하는 것에도 쓰이는 용어로 확장됐으며, 최근에는 어떤 환경에서 객체가 움직일 경로를 결정하는 것이라는 의미로 사용하는 것이 일반적이다(Darken and Sibert, 1993). 이와같은 네비게이션의 개념 확장은 실제로 존재하는 환경뿐만 아니라 네비게이션을 필요로 하는 가상 환경 (Virtual Environments)에서도 그대로 적용된다. 특히, 어느 한 지점에서 모든 환경을 확인할 수 없는 크기의 가상 환경 에서는 네비게이션 효율이 작업 수행도를 증가시키는 데에 중요한 요소로 알려져 있다(Darken, 1996).

가상 환경에서의 네비게이션 과정은 길찾기 (Wayfinding)와 여행 (Travel)으로 구성된다(Bowman et al., 1999). 길찾기는 가상 환경에서 주어진 네비게이션 도구 (Navigation Aids)에 의해 얻어진 공간적 지식 (Spatial Knowledge)을 이용해서 가상 환경의 현재 위치에서 목적지까지의 경로를 결정하는 인지과정을 의미하며, 여행은 가상 환경의 사용자가 입력장치를 사용해 가상 환경 내에서 이동하는 것을 지칭한다. 길찾기에 사용되는 공간적 지식은 정보의 수준에 따라 경계표적 (Landmark), 절차적 (Procedural), 개관적 (Survey) 지식의 3가지로 나눌 수 있다(Darken, 1996). 경계표적 지식은 가상 환경에서 목적지에 대한 상세한 시각적 정보이며 절차적 지식은 현재 위치에서 목적지까지 이동하는 데 필요한 연속적인 동작에 대한 정보, 개관적 지식은 가상 환경의 전체적인 모양에 대한 정보를 뜻한다(Wickens, 2000).

네비게이션을 수행할 때, 많은 경우 방향 상실이 문제로 제기된다(Vinson, 1999). 방향 상실이 발생한다는 것은 길찾기가 제대로 수행되지 않는다는 것을 뜻한다. 일반적으로 길찾기 수행도는 공간적 지식의 증가를 통해 개선되므로(Darken, 1996) 방향 상실을 최소화하기 위해서는 적절한 공간적 지식의 획득이 필요하다. 이는 가상 환경의 크기, 유형 등의 가상 환경 특성과 네비게이션 시 수행하는 작업의 성격에 적합한 네비게이션 도구를 사용함으로써 해결할 수 있다.

가상 환경에서의 대표적인 네비게이션 도구로는 가상 환경을 공중에서 내려다 본 모습을 제공하는Map (Darken, 1996), 목표물과 목표물 주변에 대한 시각적 정보를 제공하는 Landmark (Elvins et al., 1997), 가상 환경을 축소하여 이를 회전시켜 볼 수 있게 한 World In Miniature (WIM) (Stoakley et al., 1995) 등이 있다. 각 도구에 대한 연구들은 네비게이션 도구를 소개하는 것과 더불어 각 도구의 사용에 관한 몇몇 지침들을 제공하고 있다. 앞서 제시된 네비게이션 도구의 효과적인 사용에 관한 연구들 중 Satalich (1995)의 연구는 네비게이션 수행 방법(Self Exploration, Active Guided, Passive Guided), 네비게이션 이전 또는 네비게이션 중의 Map 제시 여부에 따른 수행도를 측정하였다. 그러나 결과적으

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

로 Map만을 네비게이션 도구로 사용한 연구로 다른 도구들 간의 선택에는 도움을 주지 못했다는 한계를 지닌다.

이처럼 네비게이션 도구에 대한 기존의 연구들은 새로운 도구의 소개나 도구에 대한 사용 지침에만 연구의 초점을 맞추고 있어, 보다 근본적인 문제라 할 수 있는 가상 환경의 특성, 수행하는 작업의 성격 등에 따른 네비게이션 도구의 선택에 도움을 주지 못하고 있다. 따라서 다양한 네비게이션 환경에 따른 적절한 네비게이션 도구의 선택을 가능하게 하는 체계적인 연구가 필요하다.

기존 연구의 한계점을 극복하기 위해 본 연구에서는 서로 다른 속성을 가진 네비게이션 도구인 Landmark, 2D Map, 3D Map을 대상으로 실험을 수행하였다. 본 연구에서는 이 중 어떤 네비게이션 도구를 제공하는 것이 보다 신속한 작업 수행을 가능하게 하며, 공간적인 정보의 기억에 도움이 되는지를 밝혀내고자 한다. 또한 이들 네비게이션 도구의 활용을 극대화 하기 위하여 실험에 사용할 가상 환경으로 가상 도시를 선정하였다. 즉, 본 연구는 가상 도시에서 사용자로 하여금 네비게이션 도구를 이용한 탐색을 수행하도록 함으로써, 네비게이션 도구의 효용성을 검증하고, 가상환경에서 네비게이션 도구의 선택 방법에 대한 지침을 제시하고자 한다.

본 연구는 효과적인 네비게이션 도구의 선택에 대한 기반 연구로서 네비게이션을 필요로 하는 다양한 분야에서 보다 효과적인 작업 수행을 가능하게 하고, 나아가 보다 복잡한 환경에 적합한 네비게이션 도구의 조합과 개발에 기초 자료로써 사용되는 것에 목적을 둔다.

2. 가상 도시 구현

본 실험에서 사용된 가상 도시는 네비게이션 수행자의 축척에 비례하여 보았을 때, 가로, 세로 길이가 600m인 크기로 모델링 되었다. 가상 도시는 총 3x3개의 블록으로 구성되며, 각 블록은 가로, 세로 길이가 160m이다. 각 블록들은 넓이가 30m인 도로로 나뉘어져 있으며 최대 3x3개의 건물을 수용할 수 있다. 각 건물은 최대 가로, 세로 길이가 40m이며, 넓이가 10m인 좁은 길에 의해 서로 분리되어 있다. 가상 도시는 위쪽을 북쪽으로 가정하여 방향을 설정하였으며, 피실험자는 가상 도시의 남쪽 중앙에서 북쪽을 바라보는 위치에서 네비게이션을 시작하도록 하였다(그림 1 참조).

가상 도시에 배치된 건물은 모양, 높이, 무늬의 3가지 속성을 가진다. 모양은 □, L, H, O의 4가지로 나뉘어 지며, 높이는 1층, 3층 2가지로 나뉘어 진다. 무늬는 총 7가지가 사용되었다(그림 2 참조).

건물은 총56(4x7x2)개를 모델링 하였으며, 이를 랜덤하게 추출하여 가상 도시를 구성하였다. 건물을 추출할 때는 목표물이 위치한 곳의 특징을 나타내기 위해, 건물이 중복되어 추출되는 경우를 제외하여 특정 속성을 지닌 건물은 가상 도시 내에서 유일하도록 하였다. 건물의 위치와 방향 또한 랜덤하게 결정하였다. 블록 내의 길은 3종류의 무늬를 랜덤하게 선택하여 사용하였다(그림 3 참조).

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

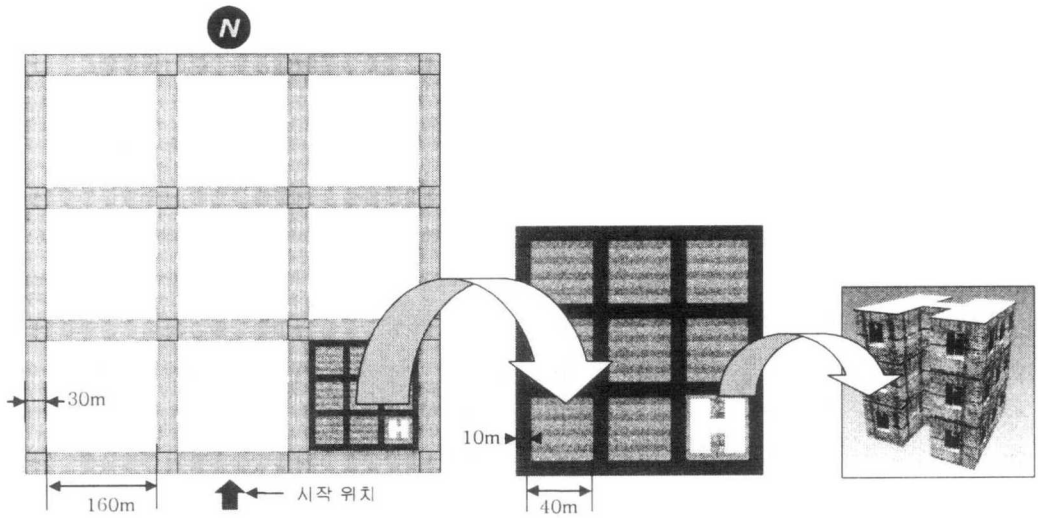


그림1. 가상 도시 구성도

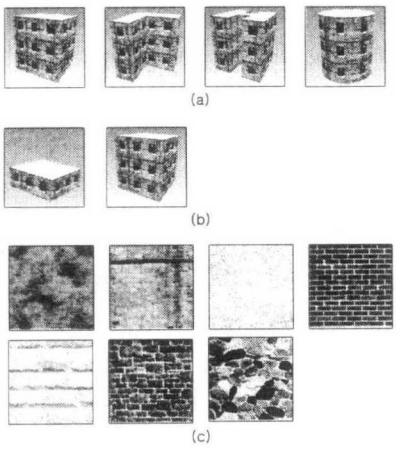


그림 2. 건물의 속성 (a: 건물의 모양, b: 건물의 높이, c: 건물의 무늬

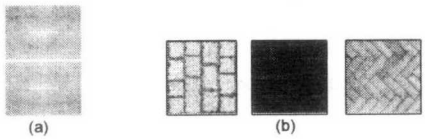


그림 3. 길의 무늬 (a: 블록과 블록을 분리하는 길, b: 블록 내의 길

3. 실험 방법

3.1 피실험자

피실험자는 가상 환경에서의 네비게이션 경험이 없는 20대 대학생, 대학원생 남녀 24명으로 하였으며, 이중 남자는 20명, 여자는 4명이었다. 피실험자의 평균 연령은 25세이며, 표준편차는 2.25였다. 또한 네비게이션 용 마우스와 네비게이션 도구 용 화면이 우측에 위치한 것에 의한 영향을 고정하기 위해 오른손잡이만을 피실험자 대상으로 하였다. 본 실험 수행 전에 예비실험을 수행하였으며, 이를 통해 어지럼증과 구토증상을 호소하는 3명을 피실험자 대상에서 제외시켰다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

3.2 실험 장비

실험에서는 네비게이션 화면에서만 독립적으로 스테레오 효과를 사용해야 하기 때문에 네비게이션을 위한 컴퓨터와 네비게이션 도구를 위한 컴퓨터를 각각 1대씩 사용하였다. 이 중 가상 환경을 스테레오로 렌더링 해주는 컴퓨터는Intel Pentium-III 800MHz Dual CPU에 비디오카드로 nVidia의 GeForce2 Ultra가 장착되었다. 또한 네비게이션 도구를 출력하는 다른 컴퓨터는 Intel Pentium-IV 1.6GHz CPU에 비디오카드로 Matrox의 Parhelia 128이 장착되었다. 두 컴퓨터 시스템은 서로 네트워크를 통해 연동되어 네비게이션 수행자의 현재 위치를 네비게이션 도구에 표시하였다. 모니터는 20인치의 삼성 SyncMaster 20Si 모니터를 사용하였다. 두 모니터 중 왼쪽에 위치시킨 모니터는 가상 환경을 보여주는 데 사용되었고, 오른쪽에 위치시킨 모니터는 네비게이션 도구를 보여주는 데 사용되었다. 두 화면 모두 1280x960의 해상도를 사용하였다. 가상 환경의 입체감을 증가시키기 위해 우보정보기술 의 Stereo Glass인 VR joy 2000이 사용되었다. 실험 환경에 대한 배치도가 그림 4에 나타나 있다.

네비게이션과 네비게이션 도구 조작에는 키보드와 마우스가 사용되었다. 네비게이션 시에는 네비게이션 화면 앞에 마련된 키보드를 통해 이동을 하였으며, 마우스를 통해 시점과 방향을 바꾸도록 하였다. 또한 우측에 마련된 별도의 키보드와 마우스를 통해 네비게이션 도구를 회전시키고 목표물 별로 Landmark를 확인할 수 있게 하였다.

본 실험은 Windows 2000을 기반으로 하여, 가상 환경 구축을 위해World Tool Kit release 9을 사용하였으며, 가상 환경 내의 Object 모델링을 위해서 Multigen Creator version 2.21를 사용하였다. 프로그램 코딩 및 컴파일에는 Visual C++ 6.0이 사용되었다.

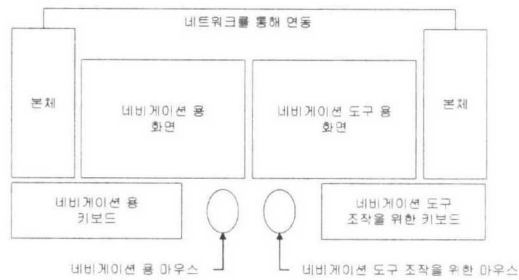


그림 4. 실험 환경

3.3 실험 변수

본 실험에서는 목표물 정보(Target Information), 가상 환경의 난이도(Difficulty), Map의 유형(Map Type)을 독립변수로 선정하였다. 우선 목표물 정보의 제공 여부가 네비게이션에 끼치는 영향을 알아보기 위해 목표물에 대한 정보가 제공되지 않는 경우와 Landmark를 통해 제공되는 경우의 2수준을 목표물 정보로 정의하였다. Landmark는 목표물을 4가지 방향(North West, North East, South West, South East)에서 바라본 화면으로 제공하였으며, 이를 통해 피실험자가 목표물 주변에 있는 건물의 속성(모양, 무늬, 높이)이나 블록의 속성(바닥의 무늬, 건물의 배치) 정보를 획득할

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

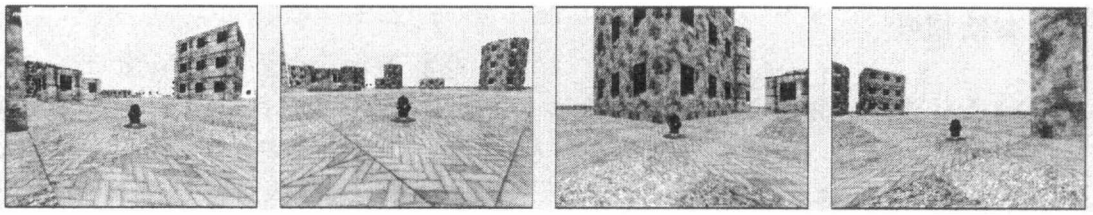


그림 5. Landmark (좌측부터 NW, NE, SW, SE에서 바라본 화면)

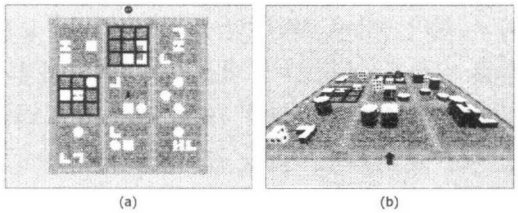
수 있도록 하였다(그림 5 참조). Landmark는 한번에 한 목표물에 대한 4장의 화면을 제공하였으며, 다른 번호의 목표물 사진은 피실험자의 우측에 위치한 키보드의 숫자 버튼을 이용하여 볼 수 있도록 하였다.

난이도와 네비게이션 도구간의 상호관계를 분석하기 위해 가상 환경의 난이도를 네비게이션하기 쉬운 가상 환경과 어려운 가상 환경의 2가지 수준으로 결정하였다. 본 실험에서는 가상 환경의 난이도를 가상 도시에서 동일 면적의 블록당 건물의 수로 정의하였다. 난이도가 낮은 환경에서는 블록 당 건물 수가 3개, 따라서 총 건물 수는 27개이며, 난이도가 높은 환경에서는 블록당 건물 수가 6개, 총 건물 수는 54개이다.

2D, 3D Map이 네비게이션에 끼치는 영향을 각각 밝히고, 목표물 정보, 난이도와의 관계를 알아보기 위해 Map이 제공되지 않는 경우와 2D Map, 3D Map이 제공되는 경우의 3가지를 Map의 유형으로 정의하여 사용하였다.

2D Map은 그림 6의 (a)와 같이 공중에서 바라본 가상 도시의 모습을 제공한다. 이 때, 피실험자는 가상 환경의 전체적인 모습과 건물의 모양만을 파악할 수 있고, 건물의 높이나 무늬는 파악할 수 없다. 피실험자의 현재 위치와 방향은 빨간색 화살표로 방향 감각 상실을 최소화 할 수 있는 North Up, Moving Arrow방식을 사용하여 표시하였다 (Kim et al., 1997). North Up, Moving Arrow방식은 Map이 회전하지 않고, 화살표가 회전함으로써 피실험자의 현재 위치와 방향을 나타내는 방식을 의미한다.

3D Map은 그림 6의 (b)와 같이 가상 환경을 비스듬히 바라본 모습을 제공한다. 이 때, 피실험자는 건물의 모양뿐만 아니라, 건물의 높이나 무늬 또한 모두 파악할 수 있다. 3D Map도 2D Map과 마찬가지로 North Up, Moving Arrow 방식을 사용하여 피실험자의 현재 위치와 방향을 나타내었다. 2D, 3D Map에는 공간적인 위치 정보를 주지 않는 Landmark와 동등한 조건을 유지하기 위해 목표물의 위치를 표시하지 않았으며, Map을 통한 이동 등의 기능은 포함하지 않도록 하였다.



(a) (b)

그림 6. 2D Map(a)과 3D Map(b)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

종속변수로는 각 독립변수에 의한 작업 수행도를 판단하기 위하여 작업 완료까지의 작업 수행 시간을 측정하였으며, 각 실험조건 하에서 2D, 3D Map과 Landmark가 주관적으로 도움이 되는 정도를 7-point Likert's scale로 측정하였다. 또한 각 실험조건이 자신과 목표물에 대한 정보의 기억에 얼마나 도움이 되는지를 평가하기 위해 피실험자로 하여금 목표물의 위치를 설문지에 그려진 Map에 직접 표시하도록 하여 목표물 위치 기억도를 측정하였다.

3.4 실험 계획

본 실험은 1개의 between subjects factor와 2개의 within subjects factor를 사용하는 2x2x3 mixed factors design을 채택하였다. 초기 실험 디자인으로 모든 피실험자를 모든 실험조건의 실험에 참여시키는 3-factor within subjects design을 사용한 결과, 실험시간이 2시간 정도 소요되었으며, 실험을 수행한 3명의 피실험자들이 모두 어지럼증을 호소하였다. 따라서 full factorial design을 사용하는 대신 목표물 정보를 between subjects factor로 사용하여 3-factor within subjects design에 비해 피실험자 한 명당 실험 수행 시간을 반으로 줄이도록 하였다.

3.5 실험 절차

실험은 훈련 및 예비실험, 본 실험, 실험 후 설문의 3단계로 진행되었다. 훈련 및 예비실험은 피실험자를 제작된 가상 환경에 적응시키고, 네비게이션 방법과 네비게이션 도구 조작 방법을 숙지 시키기 위해 수행되었으며, 피실험자가 네비게이션을 위한 키보드와 마우스 조작이 자연스러워질 때까지 실시하였다.

본 실험에서 피실험자에게 주어진 작업은 자유롭게 네비게이션을 수행하여 목표물인 빨간색 소화전 5개를 찾는 작업이었다(그림 7 참조). 가상 도시에는 총 5개의 소화전이 위치하게 되며, 각 소화전에는 1 ~ 5까지의 번호가 표시되어 있다. 소화전의 위치는 가상 도시 제작 시 미리 랜덤하게 결정해 놓았으며, 네비게이션 도중 다수의 소화전이 큰길에서 우연히 발견되어 시간이 크게 단축되는 경우를 줄이기 위해 블록내의 좁은 길에만 위치하도록 하였다. 피실험자가 목표물을 찾아 부딪히면 스피커를 통해 신호음을 제시하였으며, 찾은 소화전의 번호를 네비게이션 용 모니터 좌측 상단에 제시하여 찾은 소화전과 남은 소화전의 상태를 파악할 수 있도록 하였다.

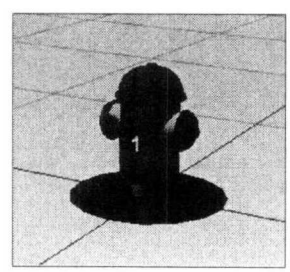


그림 7. 목표물

작업은 6개의 실험조건에 대해 피실험자 한 명 당 각각 1회씩 수행하도록 하였다. 본

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

실험에서 피실험자 별 실험 진행 순서는 Latin square randomization (Montgomery, 2001)을 적용하여 순서의 효과가 실험조건에 대하여 counter balancing된 순서로 진행되었다. 각 실험조건에 사용된 가상 환경은 난이도에 따라 미리 제작해 놓은 6개의 가상 환경을 Latin Square Randomization을 이용하여 피실험자 별로 균형 있게 제시하였다. 각 실험조건에서의 작업 수행이 완료될 때 마다 실험 진행자는 네비게이션 용 화면에 자동으로 표시되는 작업 완료 시간을 기입하였으며, 피실험자에게는 해당 실험조건에서 네비게이션 도구가 네비게이션에 도움이 되는 정도를 평가하고 목표물의 위치를 표시하도록 하였다. 도움이 되는 정도는7-point Likert's scale로 평가하고 그 이유를 기록하도록 하였으며, 목표물의 위치는 설문지에 그려진 9개의 블록 그림에 목표물을 찾은 블록을 최대한 기억하여 직접 표시하도록 하였다.

4. 실험 결과

본 연구에서는 분산분석 (ANOVA)을 이용하여 실험 결과를 분석하였다. 표 1에 분석결과 각 종속변수에 대해 통계적으로 유의한 차이를 보이는 변수를 정리하였다.

4.1 네비게이션 도구가 작업 수행에 도움이 되는 정도

각 실험조건에서 네비게이션 도구의 제공이 작업 수행에 주관적으로 도움을 주는 정도를 Landmark와 Map에 대해 각각 측정하였다. Landmark와 Map이 주어지지 않은 경우에는 각각의 측정치가 존재하지 않기 때문에, 목표물 정보의 도움이 되는 정도는 Map이 제공되지 않는 경우의 데이터를 제거하고 Map의 유형을 2수준으로 수정하여 분석하였으며, Map의 도움이 되는 정도는 독립변수인 목표물 정보 전체를 제거하여 2개의 독립변수에 대해서만 분산분석을 수행하였다.

표 1. 종속변수 별 유의한 변수

Dependent Variabl	Sources of Variatio	F	P
목표물 정보의 도움이 되는 정도	M	6.60	0.0057
Map의 도움이 되는 정도	T	7.05	0.0145
	TxM	5.57	0.0275
작업 수행 시간	N	50.70	<.0001
목표물 위치 기억도	T	8.55	0.0079
	N	6.29	0.0200
	M	17.34	<.0001

T: Target information (None/Landmark)
N: Navigational difficulty (Easy/Difficult)
M: Map types (None/2D Map/3D Map

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

4.1.1 목표물 정보

목표물 정보의 도움이 되는 정도는 Map의 유형에 대해 통계적으로 유의한 차이 ($F=6.60$, $p=0.0057$)를 보였으며 SNK test 결과, 3D Map이 제공되었을 경우가 평균 4점(어느 정도 도움이 된다)으로 평균 3.25점, 2.75점으로 측정된 2D Map이 제공된 경우와 Map이 제공되지 않은 경우에 비해 Landmark가 네비게이션에 도움을 주는 것으로 나타났다(그림 8 참조)

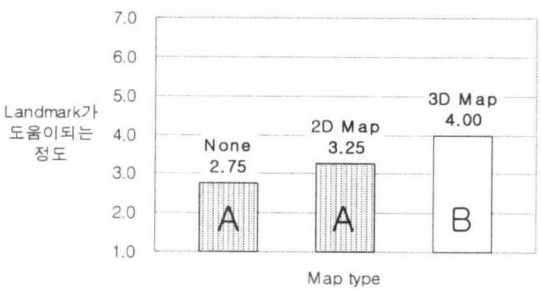


그림 8. Map의 유형에 따른 Landmark의 도움이 되는 정도
(다른 문자를 갖는 막대 그래프는 유의수준 $\alpha=0.05$에서 통계적으로 유의한 차이가 있음)

4.1.2 Map의 유형

Landmark가 제공되지 않을 때와 제공될 때의 Map이 도움이 되는 정도가 유의한 차이를 보였으며($F=7.05$, $p=0.0145$), Landmark가 주어지지 않았을 경우의 평균이 4.35로 주어질 경우의 평균 3.27에 비해 높은 것으로 나타났다.

또한Landmark 제공 여부에 따라Map의 도움이 되는 정도에 교호 작용이 있는 것으로 나타났다($F=5.57$, $p=0.0275$). 교호 작용에 대해 Simple Effect Test (Keppel, 1991)를 수행한 결과, 2D의 경우 Landmark가 없을 때 도움이 되는 정도 평가치가 4.54점으로 Landmark가 주어진 경우의 2.92점에 비해 더 높은 값을 가지며, 3D의 경우에는 각각 4.16, 3.63점으로 평가치의 차이가 없는 것으로 나타났다(그림 9 참조)

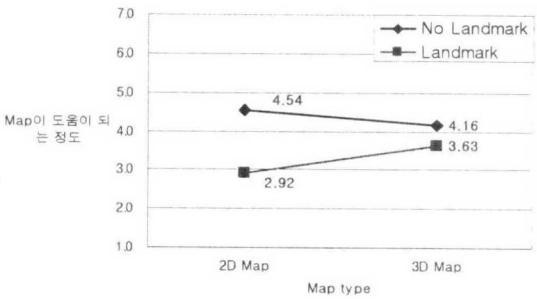


그림 9. 목표물 정보와 Map의 유형의 교호작용

4.2 작업 수행 시간

가상 환경의 난이도에 의해서만 작업 수행 시간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($F=50.70$, $p<0.0001$), 난이도가 높은 경우의 평균이 311.39초로 낮은 경우의 평균인 155.28초에 비해 평균적으로 두 배 정도의 작업 수행 시간이 소요되었다.

4.3 목표물 위치 기억도

분석 결과 Landmark가 제공되지 않을 경우, 난이도가 낮을 경우, Map이 제공될 경우에 목표물 위치 기억도가 높아지는 것으로 나타났다. Landmark가 제공되지 않을 경우,

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

위치를 기억해 낸 목표물의 개수는 평균 3.96개로 Landmark가 제공되었을 경우의 평균 3.06개에 비해 높게 나타났으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다 ($F=8.55$, $p=0.0079$).

또한 난이도가 낮을 경우와 높을 경우의 평균은 3.71개과 3.31개로 난이도가 낮을 경우 목표물의 위치를 기억하기가 더욱 용이한 것을 알 수 있었다($F=6.29$, $p=0.0200$).

Map의 유형에 대해서도 유의한 차이가 나타났으며($F=17.34$, $p<0.0001$), SNK test 결과 Map 제공 유무에 따라서만 목표물 위치 기억도에 유의한 차이가 존재하며, 2D, 3D Map간에 유의한 차이는 존재하지 않았다. 2D Map, 3D Map이 주어진 경우의 평균은 각각 3.96개, 3.88개로 Map이 주어지지 않은 경우 평균 2.69개의 목표물 위치를 기억한 것에 비해 많은 목표물 위치를 기억한 것으로 나타났다(그림 10 참조)

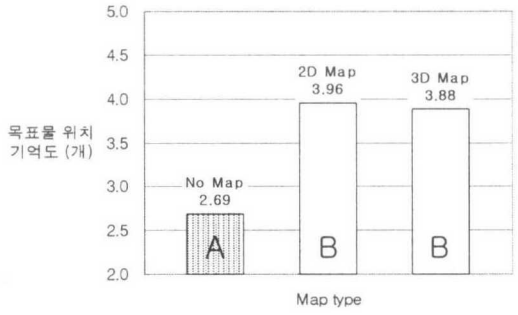


그림 10. Map의 유형에 따른 목표물 위치 기억도
(다른 문자를 갖는 막대 그래프는 유의수준 $\alpha=0.05$에서 통계적으로 유의한 차이가 있음)

5. 토 의

5.1 네비게이션 난이도의 결정

본 연구에서는 가상 환경의 네비게이션 난이도를 결정짓는 요인을 블록당 건물 수로 설정하였다. 기존에 가상 환경의 네비게이션 난이도에 대해 직접적으로 이루어진 연구는 없으며, 차량 네비게이션 용 화면의 Graphical Complexity에 대한 연구로 1997년도에 수행된 Evans와 Stevens의 연구가 있다.

Evans와 Stevens(1997)에 따르면 Map의 Maximum Local Density에 의한 Complexity가 작업 수행 시간과 관련이 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 작업 수행 시간에 대한 실험 결과 블록당 건물 수로 설정된 난이도가 높음에 따라 작업 수행 시간이 증가한 것으로 나타났다. 또한 네비게이션 난이도가 높은 가상 환경은 난이도가 낮은 가상 환경에 비해 목표물 위치 기억도가 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 고난이도의 가상 환경에서 네비게이션을 수행하는 경우에는 네비게이션 경로가 복잡하고 작업 수행 시간이 오래 걸리기 때문에 목표물을 찾은 블록을 기억하기 힘든 것 때문인 것으로 해석된다. 이를 통해 가상 도시에서의 네비게이션 난이도가 블록당 건물 수에 의해 결정될 수 있음을 밝혔다.

5.2 네비게이션 도구에 대한 주관적 평가

작업 수행에 도움이 되는 정도에 대한 분산

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

분석 결과, Landmark는 네비게이션에 도움이 되는 것으로 나타났다. 그러나 Landmark의 도움이 되는 정도의 평균 점수는 3.33점으로 2D, 3D Map의 평균인 3.84점, 3.79점에 비해 도움이 되는 정도가 낮게 나타났다. 그 원인을 실험 후 설문에 의해 피실험자로부터 얻어진 Landmark의 장단점을 토대로 분석해 본 결과, Landmark에 제시된 사진의 모습을 네비게이션 도중에 정확히 찾아내는 것이 힘들기 때문인 것으로 유추된다.

Map의 유형에 따라서는 Landmark가 주어지지 않을 때가 주어질 때에 비해 Map에 의한 도움 정도가 큰 것으로 나타났다. 실험 중인 피실험자를 관찰한 결과에 따르면 Landmark와 Map이 모두 주어질 경우, 피실험자들은 주로 Landmark를 통해 얻게 되는 정보를 통해 작업을 수행하는 경향을 보였으며 이에 따라 Map이 주는 정보에 대한 의존도가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다.

목표물 정보와 Map의 유형의 교호작용에 대해 Simple Effect Test를 통해 분석한 결과, 3D Map의 경우 Landmark 유무에 따라 도움이 되는 정도의 평가치의 차이가 존재하지 않았으나 2D Map의 경우 Landmark가 없을 때의 평가치가 더 높은 것으로 나타났다(그림 9 참조). 이는 3D Map을 사용할 때는 Landmark를 통해 얻은 건물의 모양, 무늬, 높이 정보를 이용하여 네비게이션을 수행할 수 있지만, 2D Map을 사용할 때는 건물의 모양만을 알 수 있어 Landmark를 이용하는 것이 오히려 Map 사용을 불편하게 한 것으로 해석된다. 실험 후 피실험자에게 2D와 3D Map의 장단점에 대해 언급하게 하였는데 그 결과는 표 2와 같다.

5.3 신속한 작업 수행을 위한 네비게이션 도구 선정

네비게이션 도구로 Landmark, 2D Map, 3D Map을 제시하는 것은 작업 수행 시간에 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 실험 후 설문을 통해 피실험자 개개인이 사용한 탐색 방식을 조사해본 결과, 주로 블록에 대한 순차적인 탐색 방식을 택한 피실험자가 주로 빠른 작업 완료 시간을 기록했다. 따라서 본 실험에서는 피실험자의 탐색 방식에 대한 제한을 두지 않아, 탐색 방식의 차이에 의해 네비게이션 도구에 의한 시간 차이가 크게 드러나지 않은 것으로 판단된다. 따라서 탐색

표 2. 실험 후 설문에 의해 수집된 Map의 유형별 장단점

종류	장점	단점
2D Map	위치, 방향파악에 용이 찾은 목표물 위치 기억에 용이 고난이도일 때 도움이 됨	제한된 정보(건물모양)만을 제공 Landmark 정보의 활용도가 낮음 저난이도일 때 도움이 되는 정도가 낮음
3D Map	사실적 정보(건물의 모양, 무늬, 높이)제공 Landmark정보의 활용도가 높음	현재 위치 및 방향을 표시하는 빨간색 화살표가 가려지는 경우가 있음

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

방식에 따른 영향을 고려한 추후 연구가 요구된다.

5.4 목표물의 위치 기억을 위한 네비게이션 도구 선정

목표물 위치 기억도에 대한 분산분석 결과 Landmark가 제공될 때는 목표물 위치 기억도가 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 5.2절에 언급되었듯이 Landmark가 제공될 경우, 주로 Landmark를 통해 제공한 목표물 주위의 정보를 기반으로 작업을 수행하기 때문에 목표물의 공간적인 위치의 기억이 어려운 것으로 해석된다. 또한 목표물 위치 기억도는 Map이 제공될 때 높아지는 것으로 밝혀졌다. 이는 표 2의 설문 결과에 따르면 피실험자가 Map을 자신이 네비게이션 했던 장소를 기억하거나 찾은 목표물의 위치를 기억하는 용도로 사용할 수 있기 때문인 것으로 해석된다.

5.5 네비게이션 도구 사용 지침 개발

기존의 연구들은 주로 'Landmark는 모양이나 크기, 무늬와 같은 특성을 제공해야 한다(Elvins et al., 1997).' 또는 'Map은 사용자의 현재 위치를 보여줘야 한다(Darken, 1996).' 등의 네비게이션 도구 자체의 설계에 대한 지침을 제시하고 있으며, 어떤 환경에서 어떤 네비게이션 도구를 선택해야 하는지에 대한 지침 개발은 미흡하다. 이에 본 연구에서는 실험 결과를 바탕으로 하여 가상 도시에서 위치가 알려지지 않은 목표물을 자유롭게 찾는 작업 수행 시, 효과적인 네비게이션 도구 선택을 위한 지침을 개발하였다.

Landmark가 작업 수행에 도움을 주는 정도가 3D Map을 제공 했을 때 가장 크게 나타난 것을 통하여 'Landmark 사용 시 네비게이션 수행자의 주관적인 만족도를 향상시키기 위해서는 Landmark와 3D Map을 동시에 제공해야 한다.'라는 지침을 추출했으며, Map이 작업 수행에 도움을 주는 정도에 대하여 Landmark 제공 여부와 Map의 유형 사이에 나타난 교호작용을 통해 '2D Map 사용 시 Landmark를 동시에 제공하는 것은 Map에 대한 네비게이션 수행자의 만족도를 감소시키므로 바람직하지 않다.'라는 지침을 도출하였다. 마지막으로 네비게이션 난이도가 쉽고 Landmark가 제공되지 않으며, 2D 또는 3D Map을 사용할 경우 목표물 기억도가 높게 나타난 결과를 통하여 '목표물의 위치를 효과적으로 기억하기 위해서는 Map을 네비게이션 도구로 사용하는 것이 좋으며, Landmark를 사용하는 것은 바람직하지 않다.'라는 지침을 개발하였다. 본 연구를 통해 개발된 지침은 네비게이션의 목적에 맞는 적절한 네비게이션 도구의 선택에 도움이 될 것으로 예상된다.

6. 결 론

본 연구에서는 작업 수행 시간, 목표물 위치 기억도에 대한 분석을 통해 가상 환경의 네비게이션 난이도 결정에 있어서 가상 도시에서 블록의 수와 크기가 일정할 때, 블록 당

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

건물 수가 많을수록 가상 환경의 네비게이션 난이도가 높다는 것을 밝혔으며, 가상 도시에서 위치가 알려지지 않은 목표물을 자유롭게 찾는 작업의 경우, Landmark, 2D Map, 3D Map을 네비게이션 도구로 사용하는 것은 작업 완료 시간에 차이가 없다는 것을 발견하였다. 또한 실험 결과를 종합하여 가상 도시에서 위치가 알려지지 않은 목표물을 자유롭게 찾는 작업을 수행할 때, 네비게이션 도구의 효과적인 사용을 위한 지침 세 가지를 개발하였다. 개발된 지침은 다음과 같다.

① Landmark 사용 시 네비게이션 수행자의 만족도를 향상시키기 위해서는 3D Map을 동시에 제공하는 것이 바람직하다.
② 2D Map 사용 시 Landmark를 동시에 제공하는 것은 네비게이션 수행자의 만족도를 감소시키므로 바람직하지 않다.
③ 목표물의 위치를 효과적으로 기억하기 위해서는 Map을 네비게이션 도구로 사용하는 것이 좋으며, Landmark를 사용하는 것은 바람직하지 않다

본 연구는 효과적인 네비게이션 도구의 선택에 대한 기초 연구로서 수행되었다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 지침은 아직 '가상 도시'에서 '위치가 알려지지 않은 목표물'을 '자유롭게 찾는 작업'을 수행하는 경우에만 적용할 수 있는 지침이다. 따라서 네비게이션 도구의 효과적인 선택에 대한 보다 일반적인 지침을 개발하기 위해서는 난이도가 더 높고 크기가 더 큰 가상 환경이나 도시가 아닌 가상 환경 (e.g., 바다)에 대한 연구가 필요할 것으로 예상되며, 보다 다양한 작업을 수행할 경우에 대한 연구도 필요할 것이다. 또한 본 연구에서는 피실험자의 목표물 탐색 방식을 제한하지 않고 실험을 진행하였으나 추후에는 목표물 탐색 방식을 변수로 추가한 연구도 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 결과는 항공, 해운, 가상 현실, 게임 등 네비게이션을 필요로 하는 많은 분야에서 목적에 맞는 적절한 네비게이션 도구의 선택을 통한 효과적인 작업 수행을 가능하게 할 것으로 예상되며, 보다 다양해질 네비게이션 도구의 적절한 선택 및 조합에 대해 앞으로 진행될 연구의 기초 자료로써 가치 있게 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

Bowman, D. A., Koller, D., Hodges L. F., A Methodology for the Evaluation of Travel Techniques for Immersive Virtual Environments. Virtual Reality: Research, Development, and Applications, 3(2), 120-131, 1998.

Darken, R. P. and Sibert, J. L., "A Toolset for Navigation in Virtual Environments", Proceedings of ACM User Interface Software & Technology, pp. 157-165, 1993.

Darken, R. P., Navigating Large Virtual Spaces. International Journal of Human-Computer Interaction, 8(1),

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

49-72, 1996.

Elvins, T. T., Nadeau, D. R., Kirsh, D., "Worldlets - 3D Thumbnails for Wayfinding in Virtual Environments", Proceedings of the 10th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 21-30, 1997.

Evans, J. L. and Stevens, A.,Measures of Graphical Complexity for Navigation and Route Guidance Displays. Displays, 17, 89-93, 1997.

Keppel, G., Design and Analysis: A Researcher's Handbook (3rd ed.). Englewood Cliffs, Prentice-Hall inc.: New Jersey, 1991.

Kim, B. S., Han, S. H., Nam, K., Park, J., Han, S., Presenting Map information on a Global Positioning System. Computers and Industrial Engineering, 33(3-4), 529-532, 1997.

Montgomery, D. C., Design and Analysis of Experiments (5th ed.). Wiley: New York, 2001.

Satalich, G.,Navigation and Wayfinding in Virtual Reality: Finding the Proper Tools and Cues to Enhance Navigational Awareness. Master's Thesis, University of Washington, Seattle, 1995.

Stoakley, R., Conway, M. J., Pausch, R., "Virtual Reality on a WIM: Interactive Worlds in 3D Map", Proceedings of CHI'95, pp. 265-272, 1995.

Vinson, N. G., "Design Guidelines for Landmarks to Support Navigation in Virtual Environments", Proceedings of CHI '99, pp. 278-285, 1999.

Wickens, C. D.,Engineering Psychology and Human Performance (3rd ed.). Prentice-Hall inc.: New Jersey, 2000

저자 소개

◈ 임동관

고려대학교 산업시스템정보공학과 (학사), 현재 포항공과대학교 산업공학과에서 석사 학위 취득 예정. 주요 관심분야는 사용자 인터페이스 개발 및 평가, 사용성 평가.
전화: 054-279-2855
E-mail: imdol@postech.ac.kr

◈ 한성호

서울대학교 산업공학과 (학사, 석사), Virginia Polytechnic Institute & State University 산업시스템공학과 (박사), 현재 포항공과대학교 산업공학과 교수. 주요 관심분야는 휴먼-컴퓨터 인터페이스, 감성공학, 제품디자인.
전화: 054-279-2203
E-mail: shan@postech.edu

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

◈ 류종현

충남대학교 컴퓨터공학과 (학사), 현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과에서 석사학위 취득 예정. 주 관심분야는 가상환경에서의 촉감제시.

전화: 054-279-5664

E-mail: fall@postech.ac.kr

◈ 선미선

부산대학교 산업공학과 (학사), 현재 포항공과대학교 산업공학과에서 석사학위 취득 예정.

전화: 054-279-8246

E-mail: misunny@postech.ac.kr

논문접수일 (Date Received): 2003/10/06

논문게재승인일(Date Accepted): 2003/12/12

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.