

# 가상 환경과 현실 세계 환경에서의 정보 수집 능력의 비교 분석

정동현 이창섭 전계범 안상혁 송창근\*

Sabarish Babu, and Larry Hodges\*\*

## 1. 서론

많은 연구자들에 의해 가상 환경에서 사용될 상호 작용 기술들이 설계되었다. 이들 기술의 유용성을 평가하는 한가지 방법에는 기억력 테스트라 불리는 정보 수집 능력 방법이 있다[3,7]. 그 실험에서는 사용자에게 숫자와 문자 등의 정보가 제공된다. 신뢰할 만한 실험 규정이나 평가 기준의 부족으로 인하여 사용자의 정보 수집 능력 기반을 통해서 얻어진 상호 작용 기술들의 유용성은 때때로 확신하기가 어렵다. 전통적으로 가상 환경들의 연구에서 가장 중요한 관심 사항 중의 하나는 가상 환경에서 이동하면서 얼마나 편리하게 가상 객체에 대한 정보를 획득할 수 있는 지에 관한 것이다[16]. 예를 들면, 탁자 위의 가상 책들이 몇 권 놓여 있는 지 또는 벽면 위에 그려진 그림들의 공통된 주제가 무엇인지 등이다. 그러나, 이는 본 연구에서 논의하고자 하는 정보 수집 능력과 다소 차이가 있으며 본 논문에서 언급하는 정보 수집 능력은 가상 객체에 부착된 숫자 혹은 문자 정보를 직접적으로 어느 정도 획득할 수 있는가에 관한 것이다.

가상 환경 내에서 사용된 상호 작용 기법들, 이동 기술 그리고 여러 다른 요소들이 가상 환경 내의 사용자가 인지할 수 있는 정보의 인지 양에 영향을 준다는 것이 현재까지 알려져 왔다[12]. 우리는 가상 환경에서

제공되는 정보의 양이 사용자가 인지할 수 있는 인지 양에 영향을 줄 수 있을 것이라고 생각한다. 본 연구의 주된 목표의 첫째는 현실 세계와 가상 세계에서의 문자 정보에 대한 사용자의 정보 습득 능력을 비교 하는 것이다. 둘째로는 가상 세계와 현실 세계 내에서 문자 정보 찾기 활동 중에 사용자가 움직인 이동 경로를 비교하는 것이다.

한 사람의 정보 습득 능력에 대해서는 마법 숫자 7의 이론을 참조한다. 그 이론은 인간이 정보를 처리하는 데에는 항상 한계가 있고, 그 한계는 7에서 2를 더하거나 뺀 것이다[8, 13]. 이 이론을 기반으로 세 가지의 다른 실험 환경들 즉, 데스크 탑 환경, 현실 세계 환경, 그리고 가상 세계 환경에서의 참가자들의 정보 습득 능력을 비교 평가한다. 데스크 탑 환경에서는 컴퓨터 화면에 12개의 단어들을 표시하여 참가자에게 보여 준다. 현실 세계 환경은 실제 대학에 존재하는 강당을 채택하였다. 그리고 가상 세계 환경은 현실 세계 환경을 최대한 동일하게 반영하여 설계한 가상 환경이다. 또한, 12개의 단어들은 가상 강당과 실제 강당의 벽, 바닥, 그리고 천장에 부착된다. 각 환경에서 동일한 단어는 현실 세계와 가상 세계에서 위치가 동일하다. 또한, 참가자들이 문자 정보를 찾는 이동 경로를 추적하여 이동 경로 분석[16]을 수행한다. 모든 환경에서 참가자들이 개인적으로 느끼는 몰입감 또는 현실감을 측정한다. 가상 세계 환경에 대한 Simulator Sickness Questionnaires (SSQ) [10] 와 Steed-Usch-Slater (SUS)[15]의 현실감 질문들이 유용성과 현실감 측정 시에 사용된다.

\* 한림대학교 정보통신공학부

\*\* FCL Lab., Dept. of Computer Science, The University of North Carolina at Charlotte

본 논문의 2장에서는 가상 현실 뿐만 아니라 컴퓨터 공학 분야에서 수행된 정보 수집 능력에 관련된 연구들에 대하여 간략히 기술한다. 3장에서는 세 가지 실험 환경에 대해 구체적으로 기술한다. 4장에서는 실험 방법을 소개하고, 5장에서는 세 가지 실험 환경에서의 정보 수집 능력의 비교 분석과 이동 경로 분석을 기술한다. 6장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대하여 간략히 논의한다.

## 2. 관련 연구

사람들의 정보 수집 능력을 통하여 인지 능력을 측정하는 방법은 현재까지 보편적으로 사용되어 왔다. 특히, 심리학 분야에서는 수 천년 동안 인간의 정보에 대한 인지 능력 즉, 정보의 저장과 검색 등에 대하여 꾸준히 연구되고 있다[1]. 정보 수집 능력 방법은 인터넷 기반 시스템, 가상 현실, 그리고 경제학과 같은 다른 분야의 연구에서도 사용되었다. 예를 들어서, 컴퓨터 공학 분야에서는 마지막 20분 동안에 보았던 것을 기억해 내는 속성 기억력 테스트가 사용 되어 왔다[1]. Furmanski는 웹 기반의 협력 도구를 사용하는 경우와 인터넷 브라우저를 사용하는 경우에 사용자의 정보 수집 능력을 비교하였다[7]. 대부분의 경우 사용자의 작업은 주어진 주제에 관련된 지식을 찾는 것이다.

가상 환경 분야에서 정보 수집 능력을 사용한 한 예를 Bowman의 연구에서 찾을 수 있다. 그는 가상 현실에서 사용될 상호 작용 기술을 새롭게 설계한 후에 기존의 기술들에 비하여 새롭게 개발된 기술의 유용성을 보여 주기 위하여 두 기술을 사용하여 정보 수집 능력에 차이가 있음을 보였다. 정보 수집 능력의 비교를 통하여 상호 작용 기술의 유용성을 측정하는 방법은 다양한 방법 중의 하나일 뿐이다. 즉, 정보 수집 능력은 유용성을 결정하는 질적 요소들 중의 하나이다[2].

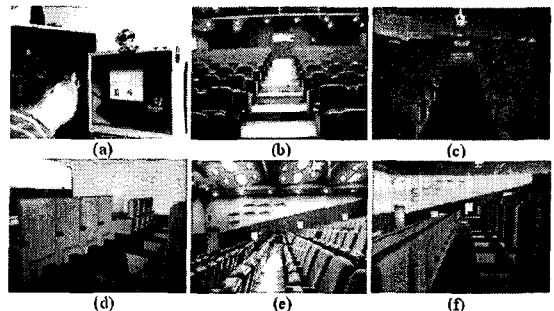
문자, 숫자, 그리고 그림과 같은 정보들은 가상 환경에 표시될 수 있다. 이러한 정보들이 표시되는 가상 환경을 정보 부유 가상 환경(IRVE: Information-Rich Virtual Environment)으로 부른다. 그러한 환경에서 정보 수집 능력의 측정이나 평가를 통하여 문자 정보

를 표시하는 방법들 중에서 효율적인 것을 찾는 데 도움을 받을 수 있다[4]. 정보 부유 가상환경에서 사용자에게 나타나는 정보에 관련된 몇몇의 과제가 있다. 즉, (a) 비록 대부분의 가상 환경들이 현실 세계 환경들을 닮게 설계되어 왔지만, 사용자에게 효율적으로 문자 정보를 표시하여 제공하는 방법들에 대한 연구가 필요하다. (b) 또한 사용자에게 효율적으로 정보를 전달하기 위해서는 얼마나 많은 문자 정보를 제공해야 하는지 명백하지 않다. 10개의 단어가 충분할 수도 있고 혹은 12개 단어가 충분하지 않을 수도 있다.

## 3. 실험 환경

실험은 3가지의 환경들에서 수행된다. 하나는 강당에서 수행되고, 두 실험은 실험실에서 실행된다. 모든 환경들에서 동일하게 12개의 단어가 정보 수집 능력의 측정을 위해 사용된다. 사용되는 단어는 일반 객체들의 이름으로서 매우 평범한 단어들이다. 예를 들면, 지도, 바위, 심장 등과 같은 단어들이다.

데스크 탑 제어 환경에서는 12개의 단어를 컴퓨터 화면(CRT 모니터)에 출력하여 참가자들에게 보여 준다. 각 단어는 10초 동안 화면에 표시된다. 사용자에게 단어들 모두가 보여진 후에 기억나는 단어들을 기록하도록 한다. 데스크 탑 환경과 달리 나머지 두 실험은 실제 환경인 강당과 강당을 묘사한 가상 환경에서 수행된다. 강당은 한림대학교 내에 있는 실제 강당이다. 실제 환경의 영역은 약 13.7m x 18.3m 이다. 가상 환경은 실제 환경과 동일한 크기로 설계된다. 또한 백여 개의 의자들, 칠판, 그리고 두 개의 교단들이 실제 환경과 같은 위치에 가상 환경 내에 배치된다.



12개의 단어가 데스크 탑 실험 환경, 가상 환경

과 실제 환경에서 사용된다. 일반적으로 가상 환경에서 문자 정보를 표시하는 방법에는 세계 공간에 고정, 물체에 고정, 화면에 고정, 그리고 사용자에 고정하는 방법 등의 다양한 방법이 존재한다[4]. 세계 공간에 고정하는 방법에서는 정보가 가상 환경에서 특정한 위치에 부착된다. 물체 고정은 가상 물체의 하나에 정보를 표시하는 방법이다. 화면 고정의 경우에는 정보가

그림 1. (a) 데스크 탑 환경 (b, e) 실제 환경인 강당의 모습 (c, f) 가상 환경인 묘사된 강당 (d) 가상 환경의 뒷부분

화면 위에 보여진다. 끝으로, 사용자에 고정하는 방법은 정보가 사용자의 시야에 고정되는 것이다. 본 연구에서는 실제 환경과 가상 환경에서 같은 위치를 얻기 위해서, 모든 문자 정보는 세계 공간에 고정하는 방법을 사용한다. 설계된 가상 환경을 여행 (navigation)하기 위한 이동 방법으로는 응시 방향(gaze-directed) 이동 기법을 사용한다. 또한 가상 의자 또는 가상 벽을 통과하여 지나 가지 않게 하기 위하여 충돌 검출 기술이 적용된다. HMD로는 VFX-3가 사용하였으며, 위치 추적 장치로는 Polhemus사의 Fastrak 이 사용되었다. 사용자의 머리 위치와 방향을 측정하기 위하여 위치 추적 장치를 HMD의 위에 부착한다. 가상 환경에서의 실험을 위하여 시험 환경(test environment)과 실험 환경(experimental environment)의 두 가지 다른 가상 환경을 만든다. 이러한 환경들은 미국의 조지아 공대에서 개발된SVE(Simple Virtual Environment) 툴킷 [11]을 사용하여 설계하였고, 가상 공간은 그래픽 가속기를 사용한 데스크 탑 컴퓨터(dual CPU)로 렌더링 된다.

#### 4. 실험

총 45명의 참가자들이 실험에 참여한다. 각각의 실험환경에서, 15명의 참가자들이 주어진 과제를 수행한다. 가상 환경에 투입된 대부분의 참가자는 가상 현실 혹은 환경에 대한 기초적인 지식을 가지고 있었지만, 오직 한 명의 참가자만이 가상 현실을 경험한 적이 있다. 본 실험이 시행되기 전에 참가자들을 훈련하기

위하여 시험 환경을 만들어서 사용한다. 시험 환경은 참가자들이 어떻게 주어진 이동 기법(응시방향:gaze-directed)을 사용하여 가상 세계에서 원하는 방향으로 이동하는지에 대해 배우기 위해 설계된다. 또한 가상 현실의 기본적인 지식이 없는 몇몇의 사람들을 위해 약간의 설명이 주어진다.

표 1 실험에 참가한 참가자들

실험환경	참가자	
	남자	여자
데스크탑환경	9	6
현실세계환경	11	4
가상세계환경	7	8

12개의 단어들이 각기 서로다른 실험 환경에서 참가자의 정보 수집 능력 측정을 위하여 사용되었다. 간단하게 데스크 탑 제어 환경의 참가자들에게는 CRT 화면에 보여지는 단어들을 기억하도록 요구된다. 데스크 탑 제어 환경은 다른 세계 환경들에서 한 사람의 정보 습득 능력을 비교할 때기준을 삼기 위하여 설계된다. 실제와 가상 세계 환경은 데스크 탑 환경과는 조금 다르다. 실제와 가상 세계 환경에서는 그 환경에 부착된 단어들을 찾는 임무가 모든 참가자에게 주어진다. 모든 참가자들이 단어들을 찾은 후에 부착된 단어를 기억해야 된다. 현실과 가상 세계 환경에서, 참가자들은 주어진 임무(부착된 단어를 찾는 것)를 완수한 후에는 즉시 실험을 중지하도록 한다. 가상 환경에서는 널리 알려져 있는 방법으로서 이동 기법들 중의 하나인 응시 방향(gaze-directed) 이동 기법을 사용한다. 이 방법에서는 사용자가 바로 보는 응시 방향이 이동의 방향이 되며, 응시 방향에 따라서 가상 환경을 이동할 수 있다. 가상 환경을 이동하는 동안에는 이동 속도는 일정하게 유지하도록 한다. 이동 속도는 현실 세계 환경에서 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝까지 도달하기 위해 소요된 시간을 가지고 측정된다. 참가자가 주어진 임무를 완료한 후에 설문이 시행된다. 특히, 각각의 실험 환경에 참여한 참가자들에게 몰입감의 정도에 대하여 질문을 한다. 만일 만약에 참가자가 실험하는 동안에

주위에 여러 방해요소들이 있다면, 전반적인 한 사람의 정보 습득 능력의 수행이 감소하게 될 것이기 때문이다. 또한 가상과 현실 세계 환경에 부착된 단어들을 찾는 참가자들의 이동 패턴을 분석하기 위해 참가자의 위치와 방향을 측정했다. 가상 환경에서, 그러한 정보는 파일에 자동적으로 저장된다. 그러나 현실 세계 환경에서는 참가자의 위치와 방향을 측정하기가 어렵기 때문에 본 연구에서는 실험을 주도하는 제 3 자 참가자의 위치로부터 멀리 떨어져 서서 사용자의 패턴을 수동적으로 추적한다. 각각의 실험 환경에서 완료 시간(소요시간)이 측정된다.

**5. 실험 결과 및 토의**

**5.1 실험 결과**

앞 장에서 언급했듯이, 실험을 마친 후에 모든 참가자들에게 몰입감의 정도에 대한 응답을 하도록 요청한다. 비록 가상 세계에서의 몰입감의 측정을 위해서 일반적으로 사용되는 질문들이 있기는 하지만, 여전히 몰입감의 정도를 제대로 측정하기는 쉽지 않다. 본 연구에서는 참가자들에게 몰입감의 정도를 1부터 7까지의 숫자로 간단하게 표현하도록 한다. 숫자7은 최고의 몰입감을 나타내도록 한다.

표 2. 1부터 7 사이의 숫자로 표현되는 3개의 환경 하에서 참가자들이 느끼는 몰입감

실험조건	몰입감	
	평균	표준편차
데스크탑제어환경	5.5	1.2
현실세계환경	5.5	1.7
가상세계환경	6.3	0.8

표2가 몰입감의 결과를 나타낸다. 데스크 탑 제어 환경과 현실 세계 환경의 몰입감의 평균값은 같다. 비록 3개의 환경 조건의 몰입감의 차이가 유의미하지 않더라도( $p = 0.22$ ), 가상 세계 환경에서 몰입감의 평균은 다른 환경들에서 보다 약간 더 높다.

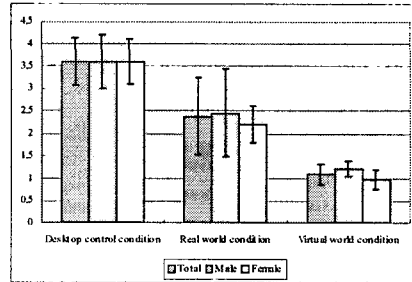
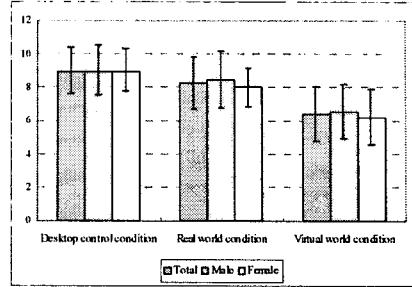


그림 2. 각 환경에서 수집된 정보의 평균값(왼쪽)과 수집된 정보의 양을 전체 소요 시간으로 나눈 평균값(오른쪽)

그림 2는 각 환경에서 수집된 정보의 평균값을 나타낸다. 참가자들의 수집된 정보 평균이 데스크 탑 제어 환경에서는 9개, 현실 세계 환경에서는 8.3개, 가상 세계 환경에서는 6.4개이다. 각 환경에서 수집된 정보량의 차이는 표준 단일 요소 ANOVA 분석에 의해 유의미한 것으로 알 수 있다( $p < 0.01$ ). 관련된 통계치는  $R^2 = 0.3$ ,  $F(1,3) = 11.98$ ,  $p = 0.0001$  이다. 또한 성별에 따른 차이가 있다. 즉,  $p > 0.05$  일 때 남성들에 의해 수집된 정보의 차이가 유의미하고,  $p > 0.01$  일 때 여자들에 의해 수집된 정보가 유의미하다. 추가로 참가자들이 사용한 실험 소요시간에 의해 수집된 정보를 분석한다. 전체 소요 시간으로 나눈 수집된 정보의 차이도 표준 단일 요소 ANOVA 분석에 의해 역시 유의미한 것으로 알 수 있다( $p < 0.01$ ). 관련된 통계치는  $R^2 = 0.75$ ,  $F(1,3) = 65.86$ ,  $p = 0.0001$  이다. 전체 평균 임무 완료 시간은 가상 세계 환경에서는 약 375초 이고 현실 세계 환경에서는 약 227초이다. 이를 통하여 대부분의 참가자들은 가상 세계 환경에서 보다 많은 시간을 소모함을 알 수 있다. 특별히 여성의 경우는 가상 세계 환경

에서 남성보다 보다 많은 시간을 소모하는 것으로 나타난다. 결과적으로, 남자는 실제와 가상 세계 환경에서 여자보다 약간 더 많은 정보를 모으는 것을 알 수 있다. 또한 현실 세계 환경에서 표준 편차는 다른 환경에서의 값보다 더 높다. 이것은 실제 환경에서는 운동 신경이 뛰어난 몇몇 사람의 경우에 적은 시간에 더 많은 문자 정보를 찾는다. 이는 의미를 가진다.

가상 세계 환경에서, 현실감은 가상 현실 시스템 [9]의 질적 차이를 나타내는 중요한 특성이다. 그러므로 우리는 Steed-Usuh-Slater(SUS)가 제안한 현실감 질문들을 [15] 사용하여 현실감을 측정한다. 표3은 현실감에 대한 결과를 보여준다. 참가자들의 응답은 현실 세계에서와 현실감과 비슷한 수준이었는데, 가상 환경에서 Usuh와 그의 동료의 결과에 비교할 때, 매우 높은 점수를 보여 준다.

표 3. SSQ 점수

	SUS평균	SUSCount
SSQ점수	5.25 ± 1.12	3.26 ± 1.83
가능한최고점수	7.0	6.0

또한 실험상 불편함(simulator sickness)의 정도를 SSQ(simulator sickness questionnaires)로 측정한다. 가상 세계 환경에서 작업하는 동안에 참가자는 시각의 피로와 움직임의 불편함 등의 증상을 경험할 수 있다. SSQ를 통해, 참가자의 초기 증상을 평가할 수 있다. 참가자들은 SSQ 목록들의 16개 공통 증상들에 대해 각각 4개의 등급으로 점수를 매긴다 (0=none(전혀 없음), 1=slight(약간), 2=moderate(보통), 3=severe(매우 심함)). 이러한 16개 항목들은 3개의 소그룹으로 분류되어 부분 점수를 구하게 되고, 3개의 그룹들의 부분 점수를 합쳐서 전체 점수를 얻게 된다. 3개의 소그룹들은 메스꺼움(Nausea), 안구 운동의 곤란(Oculomotor Discomfort), 방향 감각 상실(Disorientation)이다 [10]. 실험 증후군 설문 조사(SSQ)에서 알 수 있듯이 참가자들 중 몇몇이 약간의 어지러움증과 메스꺼움을 느낀다. 또한 약간의 참가자들은 정보 찾는데 매우 힘들었음을 알 수 있다(표4 참조).

표4. SSQ의 소그룹 점수와 전체 점수

	평균	표준편차	최소값	최대값	가능한 최대값
메스꺼움	22.90	16.44	0	57.24	200.34
안구 운동의 곤란	34.36	21.07	0	68.22	159.18
방향 감각 상실	31.55	24.37	0	69.60	292.32
전체 증세	34.40	20.05	0	52.36	235.62

### 5.2 움직임의 경로 분석(Path analysis)

실제와 가상 세계 환경에서 부착된 단어를 찾는 경우에 참가자들의 움직임의 패턴을 관찰한다. 가상 세계 환경의 실험에서는 참가자의 위치와 방향 정보는 로그 파일로 자동 저장한다. 참가자의 머리 움직임은 HMD에 의해 감지되며, 약간의 보정을 하면 이것이 참가자의 실제 응시 방향을 나타낸다 [15]. 따라서, 로그 정보는 가상 환경에서 각각의 참가자가 수행한 경로를 보여준다. 그러나, 현실 세계 환경에서의 참가자의 위치는 참가자로부터 떨어져 서 있는 사람에 의해서 수동적으로 측정된다.

그림 3a와 3b는 현실 세계 환경과 가상 세계 환경의 각각에서 참가자가 실제 움직인 경로들을 Spaghetti plot visualization 방법 [16]을 통하여 생성된 경로 추적도이다. 마치 실타래나 스파게티 가락처럼 보인다. 현실 세계에서 참가자에 의해 특정 장소에 위치한 빈도는 최종적으로 종합된 경로들의 농도에 의해 표현된다. 현실 세계 환경에서 참가자는 통로들과 의자들 앞 뒤 사이의 통로에 보다 더 많이 위치했던 것을 알 수 있다 [6].

현실 세계 환경에서 참가자에 의해 만들어진 경로들이 가상 세계 환경에서 참가자에 의해 만들어진 경로들보다 더 동일 직선상에 있다는 것이 관찰된다. 따라서, 우리는 가상 세계 환경에서 참가자들이 따르는 경로는 현실 세계 환경의 결과보다 일정치 못하다는 것을 알 수 있다. 또한, 대부분의 참가자들은 현실 세계 환경에서 보다 가상 환경에서 현저히 많은 시간을 사용함을 알 수 있다. 그러므로 가상 세계 환경의 참가자들은 주어진 환경으로부터 정보를 수집하는 시간과 함께 가상 환경을 탐험하는데 보다 시간을 소모한다고 할 수 있다.

그림 3c 와 3d 는 가상 세계 환경의 참가자와 현실 세계 환경 참가자의 이동 경로의 대표적인 예를 보여 준다. 가상 세계 환경(그림 3c)의 경로 표시는 참가자의 응시 방향을 가리키는 파란색 화살표를 포함하여 참가자의 경로를 파란색으로 보여준다. 현실 세계 환경(그림 3d)의 경로 표시는 실험을 주관하는 사람에 의해 기록된 참가자의 시야 방향을 가리키는 검은색 화살표를 포함하여 참가자의 경로를 검은색으로 보여 준다. 이들 각 환경의 표시로부터 현실 세계 환경에서 참가자들은 이동하면서 탐색을 동시에 수행하고 있는 반면에 가상 세계 환경의 참가자들은 현실 세계 환경에서 참가자들이 일직선의 경로로 이동한 길에서 멈추고 나서 주변을 살펴보고, 다시 이동하여 가는 것을 알 수 있다. 또한 종합적인 경로 추적도에서 알 수 있듯이 거의 대부분의 통로나 골목의 교차점에서 참가자들은 이동을 멈추고 탐색을 한 것으로 알 수 있다.

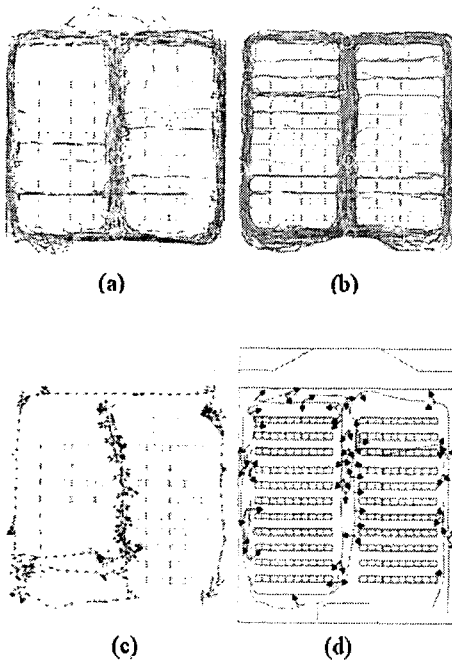


그림 3. (a) 가상 환경에서의 모든 참가자들의 움직임 경로 추적도 (b) 실제 환경에서의 움직임 경로 추적도 (c) 가상 환경에서 한 참가자의 응시 방향을 표시한 화살표와

움직임 경로 (d) 실제 환경에서 한 참가자의 응시 방향을 표시한 화살표와 움직임 경로. 여러 개의 녹색 원은 사용된 단어들이 부착된 곳을 표시한다.

## 6. 결론

본 연구에서는 데스크 탑 환경과 가상 환경, 현실 세계 환경 등의 서로다른 환경들에서 사람들의 정보 수집 능력을 측정한다. 15명의 참가자들이 각각의 환경에서 실험한다. 현실과 가상 세계 환경의 정보 찾기 패턴이 측정되고 비교 평가된다. 사람들이 가상 세계 환경보다 데스크 탑 제어 환경과 현실 세계 환경에서 약간 더 많은 정보를 모으는 것으로 확인되었다. 비록 가상 세계가 현실 세계와 동일할지라도[14] 현실과 가상 세계의 정보 습득 면에서는 약간의 차이가 있다. 가상 세계 환경에서 사람들은 부착된 문자 정보를 찾는 데 어려움을 겪는다. 그러나, 가상 세계 환경에서도 한 사람의 정보 수집 능력이 2를 더하거나 뺀, 마법숫자 7의 이론을 따른다는 것을 다시 한 번 확인할 수 있다. 만약 어떠한 가상 현실기술이 2를 더하거나 뺀 7에 대한 정보 수집 능력의 결과를 보인다면, 그 기술이 사용될 때 유용한 결과를 생산해 낼 것이라고 예상할 수 있을 것이다. 앞으로는 이미 존재하는 잘 알려져 있는 상호 작용 기술들에 대하여 본 연구와 같은 정보 수집 능력 등에 대한 연구가 필요할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Atkinson, R., Shiffrin, R: Human memory: A proposed system and its control processes. In K Spence & J Spence (Eds.). The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory (Vol. 2). New York: Academic Press (1968)
- [2] Bowman, D., Koller, D., and Hodges, L: A Methodology for the Evaluation of Travel Techniques for Immersive Virtual Environments. Virtual Reality: Research, Development, and Applications, Vol. 3, No. 2. (1998) 120-131
- [3] Bowman, D.A: Testbed Evaluation of Virtual

- Environment Interaction Techniques. Presence Vol. 10, No. 1. (2001) 75-95
- [4] Bowman, D., North, C., Chen, J., Polys, N., Pyla, P., and Yilmaz, U.: Information-Rich Virtual Environments: Theory, Tools, and Research Agenda. Proceedings of ACM Virtual Reality Software and Technology. (2003) 81-90
- [5] Conroy, R.: Virtual Navigation in Immersive Virtual Environments. Ph.D. Dissertation. University College London (2001)
- [6] Conroy-Dalton, R.: The Secret is to Follow Your Nose: Route Path Selection and Angularity. Proceedings of the 3rd International Symposium on Space Syntax. 2001.
- [7] Furmanski, C., Payton, D., Daily, M.: Quantitative Evaluation Methodology for Dynamic, Web-based Collaboration Tools. Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences 2004
- [8] Johnson, J., Titta, C.: Seven (plus or minus two) things to remember about producing multimedia documentation, SIGDOC 92, (1992) 79 - 86
- [9] Kalawsky, R.S.: The Validity of Presence as a Reliable Human Performance Metric in Immersive Environments. 3rd International Workshop on Presence 2000
- [10] Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S. and Lilienthal, M.G.: Simulator sickness questionnaire: an enhanced method for quantifying simulator sickness. International Journal of Aviation Psychology, Vol. 3, No. 3. (1993) 203-220
- [11] Kessler, G.D., Bowman, D.A., and Hodges, L.F., "The Simple Virtual Environment Library: An Extensible Framework for Building VE Applications," Presence Journal, Vol. 9, No. 2. (2000) 187-208
- [12] Linden, A., Davies, R. C., Boschian, K., Minor, U., Olsson, R., Sonesson, B., Wallergard, M., Johansson, G.: Special Considerations for Navigation and Interaction in Virtual Environments for people with Brain Injury. The International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technology. (2000) 287-296
- [13] Miller, George A.: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. The Psychological Review, Vol. 63, No. 2. (1956) 81-97
- [14] Rose, F. D., Attree, E. A., Brooks, B. M. Parslow, D. M., Penn, P. R. and Ambihapahan, N.: Transfer of training from virtual to real environments. Proc. 2nd Euro. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech. (1998) 69-75
- [15] Usoh, M., Catena, E., Arman, S., Slater, M., Using Presence Questionnaires in Reality. Presence Journal, Vol 9, No. 5. (2000) 497-503
- [16] Zanbaka, C., Lok, B. Babu, S., Ulinski, A., Hodges, L.: Comparison of Path Visualizations and Cognitive Measures Relative to Travel Technique in a Virtual Environment, To be appeared in IEEE TVCG 2005



정 동 현

2001년 한림대학교 컴퓨터공학과 공학사

2003년 한림대학교 컴퓨터공학과 대학원 공학석사

2004년~ 현재 University of North Carolina Charlotte

(UNCC) 박사과정

관심분야: 3D-Visualization, HCI

E-mail: [donghyunjeong@hallym.ac.kr](mailto:donghyunjeong@hallym.ac.kr)



이 창 섭

2003년 한림대학교 정보통신공학부 컴퓨터 공학사

2005년 한림대학교 전자정보공과대학원 컴퓨터공학과 공학석사

2005년~ 현재 (주)컴스케어 소프트웨어 연구소 연구원

관심분야: 가상현실, X-Internet

E-main: [ds2shg@hallym.ac.kr](mailto:ds2shg@hallym.ac.kr)



전 계 범

2005년 한림대학교 컴퓨터공학과 공학사

2005년~현재 한림대학교 컴퓨터공학과 대학원 석사과정

관심분야: 게임엔진, 물리엔진

E-mail: [puos@hallym.ac.kr](mailto:puos@hallym.ac.kr)



안 상 혁

2005년 한림대학교 컴퓨터공학과 공학사

2005년~현재 한림대학교 컴퓨터공학과 대학원 석사과정

관심분야: 인공지능, HCI

E-mail: [sang980@hallym.ac.kr](mailto:sang980@hallym.ac.kr)



Sabarish V. Babu

2000년 Biology, University of North Carolina at Charlotte, BS

2002년 Information Technology, University of North Carolina at Charlotte, MS

2002년~ 현재 University of North Carolina at Charlotte, 박사과정

관심분야: 가상현실, 3D HCI

<http://www.coe.uncc.edu/~sbabu/>



송 창 근

1981년 서울대학교 계산통계학과 이학사

1983년 한국과학기술원(KAIST) 공학석사

1992년 University of Oklahoma (EECS) 공학박사

1984년~ 현재 한림대학교 정보통신공학부 교수

관심분야: 가상현실, 과학적 가시화, 게임, 애니메이션

E-mail: [cgsong@hallym.ac.kr](mailto:cgsong@hallym.ac.kr)