Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.19, No.1 2000. 4. 30

가상현실 시스템의 현실감 평가를 위한 인간공학적 분석에 관한 연구*

A Study on Human Factors Analysis of Reality Aspect in Virtual Reality System

박 희 석**, 김 유 노***

ABSTRACT

In this study, the factors affecting reality aspect of virtual reality system were identified through Quality Function Deployment. The influence of some selected factors was evaluated in simulated performance test. It was shown that the factor of whether user can break through the objects in virtual space is the most sensitive to performance, followed by the factors of rotation angle and movement step. Also, the results implied that as more referents were provided to user, feeling of reality was enhanced.

Keyword: virtual reality, quality function deployment, sensibility ergonomics, factor analysis

* 본 논문은 '99학년도 홍익대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음
** 홍익대학교 정보산업공학과
주소: 121-791 서울 마포구 상수동 72-1
전화: 02-320-1473
E-mail: hspark@hongik.ac.kr
***홍익대학교 대학원 정보산업공학과

1. 서 론

가상현실(Virtual Reality)은 영화, 오락 게임, 의학분야, 또는 교육용 도구, 제품설계에 필요한 Prototyping, Tele-Existence (사용자의 가상현실내에서의 움직임이 로봇 팔 등의 움직임과 연결되어, 인간에 유해한 환경의 작업장에서 응용할 수 있는 분야)등으로 나눌 수 있다(서종환, 1994). 현재 국내에서는 가상현실기법을 응용한 연구(이남식 외, 1993; 김기호 외, 1996; 박재회와 박경수, 1996; 박범 외, 1997)들이 수행되고 있으며, 국외에서는 가상현실 환경에 관한 연구(Elis et al., 1995; Hodges, 1995; Edgar and Reeves, 1997; Wilson et al., 1997)와 가상현실 장비에 관한 연구(Han et al., 1990; Schaab et al., 1996; Richard et al, 1999)들이 활발히 전개되고 있으나 아직까지는 많은 한계들이 발견되고 있다. 그 중 가장 핵심적인 문제점으로서, 주로 전산기술적 요소(예: 가상현실 장비, 처리속도 등)와 관련된 애로점들을 해결하기 위한 기술발전이 이루어져 왔고, 인간공학적 측면은 등한시 되어왔다는 것을 지적할 수 있다(Barfield and Furness, 1995).

인간공학적 측면의 가상현실의 요소로는: 사용자에게 제공하는 시각적 시뮬레이션의 정밀도인 현실감(Reality), 컴퓨터가 만들어 낸 사이버 스페이스로 탐험(이동)하는 능력인 네비게이션(Navigation), 그리고 사용자가 가상현실에 완전히 빠져들 수 있게 해주는 몰입(Immersion)이 있다(Pimentel and Teisxeira, 1993). 이중 현실감은 사실에 가까운 자극을 줄 수 있는 정도로서, 가상현실의 품질을 좌우하는 가장 중요한 요소라 하겠다(Burdea and Coiffet, 1994;Vince, 1995). 현실감 있는 설계를 위해서는 Visual Feedback(가상현실상의 변화를 시각 정보로 제공), Tactile Feedback(가상현실상의 변화를 촉감 정보로 제공), Acoustic Feedback(가상현실상의 변화를 청각 정보로 제공), Interaction(가상현실과 사용자간의 상호작용)등과 같은 측면을 고려해서 설계해야 한다(Kalawsky,1993).

지금까지 현실감에 관한 연구들은 대부분 Visual Feedback과 관련이 있는 연구들로서, 디스플레이 해상도, 컬러 해상도, 프레임 속도와 같은 시각디스플레이에 관한 연구와 입체디스플레이에 관한 연구들이 수행되어왔다(Oliver and Anderson,1993). 이들 연구들은 현실감의 그래픽적 부분에 초점을 두고 있으며, Interaction측면의 사용자를 고려한 현실감 요소들은 거의 반영되지 않고 있다.

본 연구에서는 가상현실의 현실감에 영향을 미치는 인자들중 인간공학적 요소들을 품질기능전개(Quality Function Deployment: QFD) 방법을 통해 파악하고, 이들 인자 중 현실감에 미치는 영향이 큰 인자들을 선정하였다. 나아가, 선정된 주요 인자들과 현실감의 관계를 수행도 실험을 통해 정량적으로 평가하고, 사용자의 주관적인 만족도를 측정하기 위하여 감성평가를 실시하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되는 형태의 응용시스템(Application)으로서, 피실험자들이 경험

해 본적이 없는 건물을 대상으로 시뮬레이터를 개발하여 실험에 이용하였다. 본 연구의 결과는 가상현실 응용시스템 개발시에 인간공학적 지침으로 활용될 수 있겠다.

2. 품질기능전개를 사용한 현실감의 구성요소 추출

가상현실의 현실감에 영향을 미치는 인자를 추출하기 위해 품질기능전개기법을 적용하였다. 이를 통해 추출된 인자중 중요도가 높은 인자는 평가 실험에서 독립변수로 활용된다. 우선 고객의 소리(Voice of Customer : VOC)를 추출하기 위해서는 직접 가상현실을 사용하는 고객과 인터뷰를 해야 하나 현실상 가상현실을 사용하는 고객을 찾기가 어려운 관계로 운전연습 시뮬레이터를 개발하고 있는 전문 개발업체 3개사 직원 4명이 인터뷰에 참여하였다. 그리고 파악된 요구사항을 해결하는데 필요한 기술요소(Technical Characteristic: TC)는 실제 가상현실 시스템을 이용하여 응용시스템을 개발하는 전문업체 4개사의 가상현실 전문가 5명과 인터뷰를 통하여 파악되었다. 또한, 고객의 소리와 기술요소간의 상관관계를 파악하기 위하여, 가상현실 응용시스템을 개발하여 서비스를 제공하는 가상현실 전문업체 4개사의 전문가 5명과 인터뷰를 실시하였다. 추출된 고객의 소리는 시야 범위의 한계성, Rendering 속도, 표현의 세밀함 등 총 12개 였으며([표 1]참조), 또한 기술 요소로 파악된 현실감에 영향을 미치는 총 40개 인자들 중, 실험변수로 사용가능한 요소를 다음과 같은 조건을 통해 추출하여 본 연구의 범위로 한정하였다.

1) 시각요소에 한정 : 소리와 같은 청각요소는 제외
2) 인터페이스적인 요소임을 명확히 하는 변수를 선택 : 작업난이도와 물체(Object)의 투과성, 디자인, Interaction과 같은 非인터페이스적 요소는 제외
3) 유사개념은 통합
4) 사용자 조절 가능한 기능은 제외: 색상표현방법, 화면의 밝기 및 대비등과 같은 사용자가 조절할 수 있는 기능은 제외
5) H/W 사양에 종속된 요소는 제외 : 입력장치의 민감도나 형태, 화면크기등, 입출력장치와 관련된 요소들과 재생율, 프레임속도등 H/W성능과 관련된 요소는 제외
6) 독립적인 요인이 아닌 것은 제외 : 깊이인식과 움직임 인식등 가상현실상의 물체에 따라 상대적으로 변하는 요인과 시야의 크기와 같이 Display 장치와 해상도에 종속적인 요소등은 제외

위에서 제시한 기준을 바탕으로 수집된 인자를 정리하면 다음과 같다.

- 자극의 형태 : 시각적 표시장치에서 주어지는 자극들의 종류(예: 청각적인 자극, 시각적인 자극)
- 자극의 상태 : 시각적 표시장치에서 주어지는 자극들의 성질(예: 동적인 자극, 정적인 자극)
- 자극의 배열 : 시각적 표시장치에서 보여지는 자극들의 순서 등에 따른 사용자의

반응을 측정하는 요소

- 자극의 크기 : 반응을 측정하고자 하는 자극의 강도를 의미. 시각암시 실험의 경우에는 밝기, 물체의 색상대비, 물체의 크기 대비 등에 따라 자극의 크기가 결정된다.
- 자극의 지속시간 : 주어지는 자극의 지속시간
- 자유도 : 3D 입력 장비들에 쓰이는 '자유도'에 대한 표현식으로 6DOF(Dimension of Freedom) 나 3DOF와 같은 표현방식을 사용함. 즉, 6DOF일 경우에는 X,Y,Z축에 대한 이동값과 각 축들에 대한 회전값이 자유롭다는 뜻.
- 직선운동의 민감도(Movement Step) : 가상세계에서 이동키(Head Mounted Display 혹은 키보드)를 사용할 때마다 축을 따라 움직이는 거리
- 회전운동의 민감도(Rotation Angle) : 가상세계에서 이동키를 사용할 때마다 회전하는 각도
- 2D / 3D : 가상세계에서 주어지는 자극이 입체적인지, 평면적인지를 결정함
- Vertex의 수 : Display 영역에 있는 점의 수
- Pixel의 수 / 해상도 : Display 영역에

〔표 1〕 품질의 집

사용자 요구사항 (VOC) \ 기술요소 (TC)	자극의 형태	자극의 배열	자극의 크기	자극의 지속시간	자극의 상태	자유도	직선운동의 민감도	회전운동의 민감도	2D / 3D	Vertex의 수	Pixel수 해상도	마찰력	중력	VOC 우선순위
시야범위에 한계가 있다														7
Rendering 속도가 느리다			○ 9		○ 9		○ 9	○ 9		○ 9	○ 9			9
표현의 세밀함이 부족하다	○ 9		○ 9						○ 9	○ 9	○ 9			9
물리적 현실감 요소가 부족하다												○ 7	○ 7	7
시각적 Feedback 효과가 부족하다				○ 5	○ 5				○ 5			○ 5	○ 5	5
음향효과가 부족하다														7
Navigation 속도가 느리다.							○ 5	○ 5						5
어지럽다					○ 5	○ 5	○ 5	○ 5						5
직선&회전동작 불일치							○ 3	○ 3						3
입력장치의 사용이 어렵다														9
Navigation 방법이 어렵다						○ 7	○ 7	○ 7	○ 7					7
오류 수정이 어렵다														5
Factors의 가중치	9		18	5	19	12	29	29	21	18	18	12	12	

있는 Pixel의 수

- 마찰력 / 중력: 가상현실로 구현된 개체가 실세계에서와 같이 마찰력이나 중력 등의 물리적 속성을 설정하여, 사용자가 떨어뜨리거나 미는 등의 물리적인 입력을 하였을 때 그에 따라 적절한 반응을 보이는 것

앞선 단계에서 결정된 고객의 소리와 기술요소를 전개하여 〔표 1〕과 같이 품질의 집(House of Quality)으로 나타내었다(Cohen, 1995; Rao et al., 1996). 전문가 인터뷰 결과, VOC와 TC간의 상관정도를 점수의 정도(1점, 3점, 5점)로 나타내기가 어렵다는 전문가 의견을 얻었다. 이에 VOC와 TC간의 상관정도는 관계가 있을 경우 동일한 점수(1점)를 부여하고 VOC 중요도를 점수화하여 우선순위로 나타내었다. 이를 적용하여 〔표 1〕을 작성하였다.

요구사항과 기술적 요소들의 상호관계가 큰 주요 인자들은 〔표 2〕와 같다.

〔표 2〕 품질기능전개로 추출된 주요 인자

순위	인 자	가중치	백분율
1	직선운동의 민감도 / 회전운동의 민감도	29	11.4 %
2	2D / 3D	21	8.2 %
3	자극의 상태	19	7.5 %
4	자극의 크기	18	7.1 %
4	Vertex 의 수	18	7.1 %
4	Pixel 수	18	7.1 %

〔표 2〕의 인자 중에서 연구진이 보유하고 있는 장비로 변화 가능한 직선운동의 민감도, 회전운동의 민감도를 실험의 독립변수로 선정하였다. 이에 추가하여, 인터뷰 결과 개발자의 입장에서 현실감에 주요한 역할을 한다고 판단된 요소로서, 가상현실에서 물체의 투과 가능여부를 독립변수로 추가 선정하였다. 선택된 독립변수와 범위, 그리고 수준은 〔표 3〕과 같다. 단, 변수의 범위는 실험에 사용한 S/W(VRT 5.0)에서 제공하는 범위로 제한하였다. 실험에 사용된 변수 중 직선운동의 민감도와 회전운동의 민감도의 경우, 본 실험에서는 해당하는 모든 범위를 실험할 수 없으므로 변수의 수준을 결정하여 사용하였다. 테스트 결과 변수 중 직선운동의 민감도의 경우, 0~100사이에는 변화가 거의 없으며 50,000 ~100,000사이에 변화가 거의 없었다. 그러므로 변수의 수준을 100과 50000으로 결정하였다. 또한 회전운동의 민감도의 경우, 0° 와 2° 사이에는 변화가 거의 없고 30° 이상인 경우 회전운동의 민감도가 극심하게 변하는 관계로 실험이 불가능하므로 변수의 수준을 2° 와 30° 로 하였다.

〔표 3〕 실험의 독립변수와 변수 수준

실험 변수	변수 범위	변수의 수준
직선운동의 민감도	0~100,000	100
		50,000
회전운동의 민감도	0 ~ 90°	2°
		30°
물체의 투과가능성	가능/불가	Yes
		No

3. 사용자 수행능력(User Performance) 평가실험

본 장에서는 독립변수가 변화함에 따라 현실감에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 실험의 방법 및 절차와 그 결과를 기술하였다.

3.1 실험 내용

(1) 피실험자

본 실험에 참가한 피실험자는 총 31명의 대학생(남자 28명, 여자 3명)으로서, 연령 분포는 평균 22.3세이며, 전원이 사전 가상현실 체험이 없었다.

(2) 실험 장비

실험에 사용된 H/W의 사양은 다음과 같다.

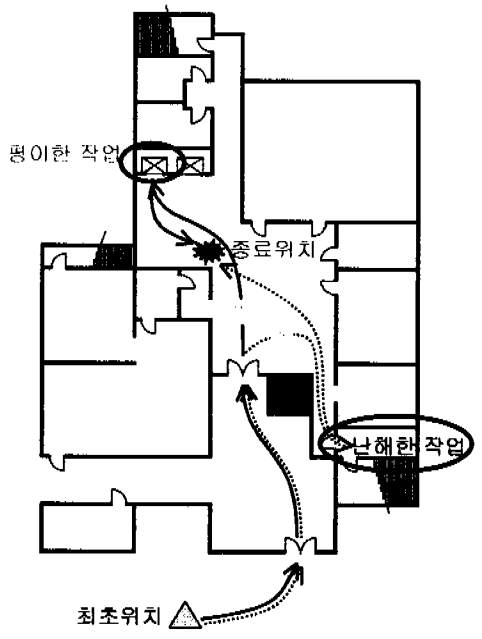
〔표 4〕 실험에 사용된 H/W 사양

	종 류	제조회사
PC	Pentium MMX 200 Main Memory 32MB HDD 2.4 GB	Intel
VideoCard	Chance 3D(Direct3D)	(주) 태근
Mouse	표준직렬 마우스	Microsoft
SoundCard	16 Bit	SoundBlaster
HMD	HMD Headset	Virtuality Ltd.

또한, 실험에 사용된 S/W로는 VRT 5.0 (Superscape Ltd.)이 사용되었다.

(3) 실험 설계

각 작업의 난이도에 따라 독립변수가 수행도 평가에 미치는 영향을 알아보기 위하여 작업을 두가지로 나누어 실험을 실시하였다. 즉, 피실험자는 2 가지의 작업(평이한 작업, 난해한 작업)을 부여받게 되며, 두 작업 모두 건물 내의 지정된 방을 단순히 출입하는 것으로 이루어져 있다. 그러나, 첫 번째 작업보다 두 번째 작업이 상대적으로 좁은 공간에서 방향전환을 해야 하고 문을 열고 들어가는 동작이 포함되어, 전체적인 난이도가 높고 복잡한 작업으로 구성되었다. 다음의 〔그림 1〕는 실험대상이 되었던 건물의 평면도와 제시된 작업의 동선을 표시한 것이며 〔그림 1〕은 실험에 사용된 시뮬레이터의 예이다.



〔그림 1〕 시험에 사용된 작업

〔그림 2〕 시뮬레이터 예

피실험자들이 예전에 가상현실 체험이 모두 없기 때문에 가상현실상에서 작업을 수행하는데 있어 피실험자들간의 차이가 없다고 가정하여, 피실험자를 반복으로 간주하였다. 각 피실험자는 총 16회(직선운동의 민감도 2수준 × 회전운동의 민감도 2수준 × 물체의 투과가능성 2수준 × 작업 2수준)의 실험을 랜덤하게 실시하였고, 각 실험에 소요되는 시간과 오류의 회수를 측정하였다. 단, 오류는 피실험자가 자신의 위치를 파악하지 못하는 등의 이유로 인하여, 더 이상 실험을 진행시킬 수 없는 경우만을 대상으로 하였다. 또한, 대부분의 오류가 입력장치, 특히 HMD의 조작 미숙함에서 발생하므로 그러한 기계적 조작으로 인한 오류의 처리시간은 분석대상에서 제외하였다.

3.2 수행능력 평가실험 결과 분석

3.2.1 시간 결과 분석

작업의 수행시간을 측정한 실험의 결과를 유의수준 5%의 분산분석으로 분석하였다. 각각의 작업에 대한 결과와 그 원인은 다음과 같다(〔표 5〕 참조).

직선운동의 민감도의 각 수준에서 모평균의 차이는 유의하지 않다는 결과가 도출되었다. 피실험자와의 인터뷰 결과 또한, 이 두 실험조건간의 차이를 파악할 수 없다는 응답을 얻었다(31명중 26명, 84%). 이 결과의 이유는 대부분이 피실험자들이 직선운동의 민감도가 증가함에 따라 Device의 속도에 적응했기 때문이라고 파악되었다. 또한 실제로 직선운동의 민감도인자의 수준변화는 다른 인자에 비하여 상대적으로 중요도가 낮다는 결론을 내릴 수 있었다. 회전운동의 민감도의 경우, 평이한 작업에서는 유의하지 않다는 결과가 나타났으나, 난해한 작업의 경우에는 각도의 수준변화에 따라 유의한 결과가 도출되었다. 이는 작업의 난이도가 높을수록 회전운동의 민감도의 값이 커지면 수행상의 평균시간이 길어진다고 할 수 있다. 이는 오류의 횟수와도 깊은 관련이 있는 결과로, 오류의 횟수 또한 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 즉, 작업이 어렵지 않을 때에는 피실험자들이 빨라진 각도변화에 어느 정도 적응한다고 할 수 있지만, 작업이 어려워질 경우에는 상대적으로 오류의 횟수가 증가하며, 이에 따라 평균 수행시간에도 영향을 미쳐서 전체적인 수행도가 떨어진다고 볼 수 있다. 평이한 작업과 난해한 작업에 대하여 물체의 투과가능성

인자 두 수준의 변화에 따라 모두 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 즉, 가상현실 내에서 물체를 투과할 수 있는 경우가 그렇지 않은 경우보다 평균시간이 더 많이 걸린 것을 알 수 있다. 이러한 결과의 원인은 가상세계의 모든 물체를 투과할 수 있을 경우, 사용자가 자신의 위치를 파악하지 못하는 오류를 범할 수 있는 것이라고 파악된다.

3.2.2 오류 결과 분석

실험시 오류는 대부분이 입력장치 (HMD)의 오동작에 기인한 것이었다. 따라서 모든 종류의 오류에 대한 기준이 명확하지 않았으며, 이에 따라 분석의 대상을 축소하여 결론을 도출하였다. 다른 인자에 비해서 물체의 투과가능성이 상대적으로 오류에 민감한 것으로 나타났으며, 각 인자의 오류 횟수에 대한 상대적인 민감도는 LSD(Least Significant Difference) 결과 물체의 투과가능성 〉회전운동의 민감도 〉직선운동의 민감도의 순으로 나타났다. 실험 시 발생한 대부분의 오류는 사용자가 자신의 현재 위치를 파악할 수 없을 때 나타났고, 이는 입력장치의 오동작으로 발생한 것이었다. 다시 말해, 급격한 회전등으로 인하여 방향감각이 약해진 상태에서 발생한 것이었다. 또한 피실험자들과의 인터뷰 결과, 사용자가 참조할 수 있는 기준점이 많을수록 현실감이 더욱 좋아짐을 알 수 있었다.

〔표 5〕 수행능력 평가실험 분산분석표
(유의수준 $\alpha=0.05$)

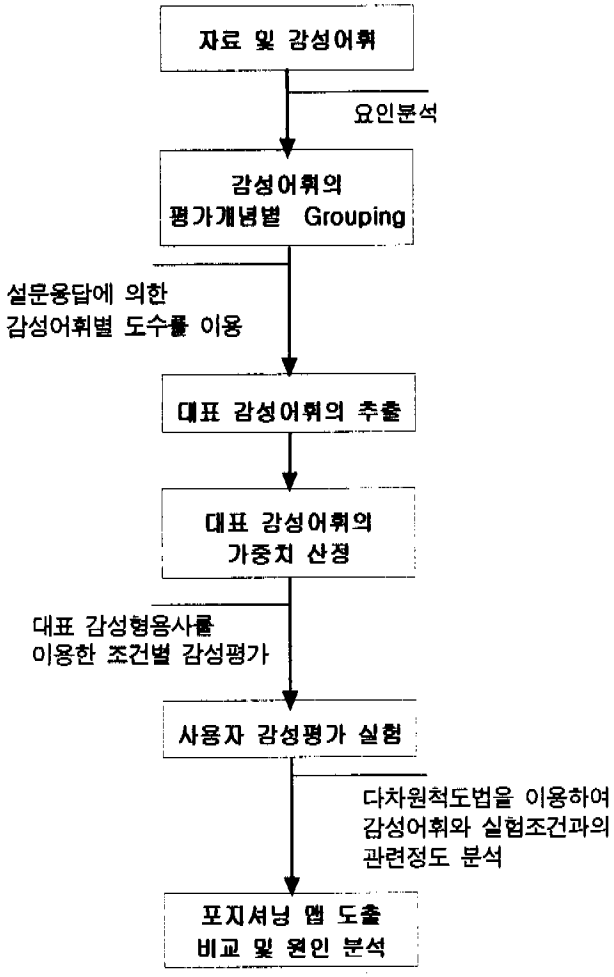
인 자	평이한 작업	난해한 작업
	Pr〉F	Pr〉F
직선운동의 민감도	0.229	0.769
회전운동의 민감도	0.084	0.046
물체의 투과가능성	0.041	0.035
직선운동의 민감도 X 회전운동의 민감도	0.362	0.212
회전운동의 민감도X물체의 투과가능성	0.086	0.124
직선운동의 민감도X물체의 투과가능성	0.308	0.304
직선운동의 민감도 X 회전운동의 민감도X물체의 투과가능성	0.208	0.127

4. 사용자의 주관적인 감성분석

본 연구에서는 가상현실 응용시스템의 각 실험 조건에 대한 소비자의 주관적인 만족도를 평가하기 위해 감성평가 실험을 실시하였다.

4.1 감성공학적 연구절차

본 연구에서 사용자의 감성을 평가하기 위한 실험은 앞의 작업 수행능력 실험과 병행하여 실시되었다. 즉, 각 실험이 끝난 후에 각각의 실험조건에 대하여 피실험자들의 주관적인 느낌을 설문을 통하여 취합하였다. 감성공학적 연구절차는 다음 〔그림 3〕과 같다.



〔그림 3〕 감성공학적 연구절차

일반적으로 요인분석을 행하여 도출된 형용사 그룹에는 부정적인 이미지의 단어를 사용하지 않는 것이 원칙이나, 가상현실 응용시스템의 경우에는 사용자의 어지러움이나 답답함을 파악하는 것이 중요하므로 요인 그룹에 답답함, 지루함, 어지러움 등의 대표이름을 사용하게 되었다.

4.2 요인분석(Factor Analysis)

본 연구에서는 가상현실 응용시스템이 사용자에게 느껴지는 감성을 분석하기 위하여 최초 463개의 원시 형용사를 국어사전과 가상현실 잡지 및 서적을 이용하여 분류하였다. 이들 463개의 어휘를 가상현실 개발 전문가 3인, 통계전문가 1인과 함께 인터뷰를 통해, 의미가 서로 중복되는 경우의 어휘는 제거하였으며, 어휘척도를 형성할 수 있는 어휘(예: 넓다-좁다, 낮다-높다..)는 그중 하나만을 사용하였다. 또한 정량적으로 평가하기 모호한 어휘는 제거하여 총 38개의 어휘로 대표화하고 분류하였다. 이들 38개의 어휘와 가상현실과의 관련성을 피실험자들과의 설문을 통해 조사하였다. 이 결과를 요인분석을 통해 8개의 대표감성으로 축소하였으며, 이 때 각각의 요인은 요인분석시 Eigen Value가 최초로 1이 넘는 것으로 하였다. 축소된 요인항목에 대하여, 각 대표감성의 요인값의 크기별로 Grouping을 실시하였다. 이를 정리하면 다음〔표 5〕와 같다.

[표 5] 요인분석을 통하여 추출된 감성형용사
(괄호 안은 각 Factor의 loading value)

형 용 사	대표형용사
깔끔하다, 날카롭다, 넓다, 다양하다, 반짝이다, 밝다, 신속하다, 아늑하다, 야무지다, 웅장하다, 은은하다, 일치하다, 자유롭다, 조밀하다, 투명하다, 화려하다, 신선하다, 높다,	디자인(0.22)
거칠다, 실감나다, 자연스럽다, 정교하다, 정확하다	현장감(0.15)
견고하다, 균형적이다, 안정되다, 친숙하다	균형감(0.13)
간편하다, 효과적이다	간편함(0.11)
답답하다, 아른거리다, 명확하다, 반듯하다, 선명하다	답답함(0.11)
지루하다	지루함(0.10)
개성있다, 일정하다	일관성(0.09)
어지럽다	어지러움(0.08)

4.3 감성평가 실험방법

감성평가 실험은 사용자 작업 수행능력 실험이 끝난 후, 피실험자들에게 각각의 실험조건에 대하여 해당 감성어휘에 5점을 만점으로 점수를 표시하도록 하였다. 각 실험조건에서 피실험자들로부터 수집된 각각의 감성어휘에 대한 만족도는 다차원척도법을 이용하여 평가하였다. 본 실험에서 다차원척도법은 각 실험조건이 각각의 감성어휘에 대하여 포지셔닝 맵 상에서의 상대적인 위치를 표시하는 데에 사용되었다.

4.4 감성평가 결과분석

사용자가 가상현실 시스템의 각 실험조건에 대하여 느끼는 주관적인 감성을 분석한 포지셔닝 맵은 다음[그림 4]와 같다.

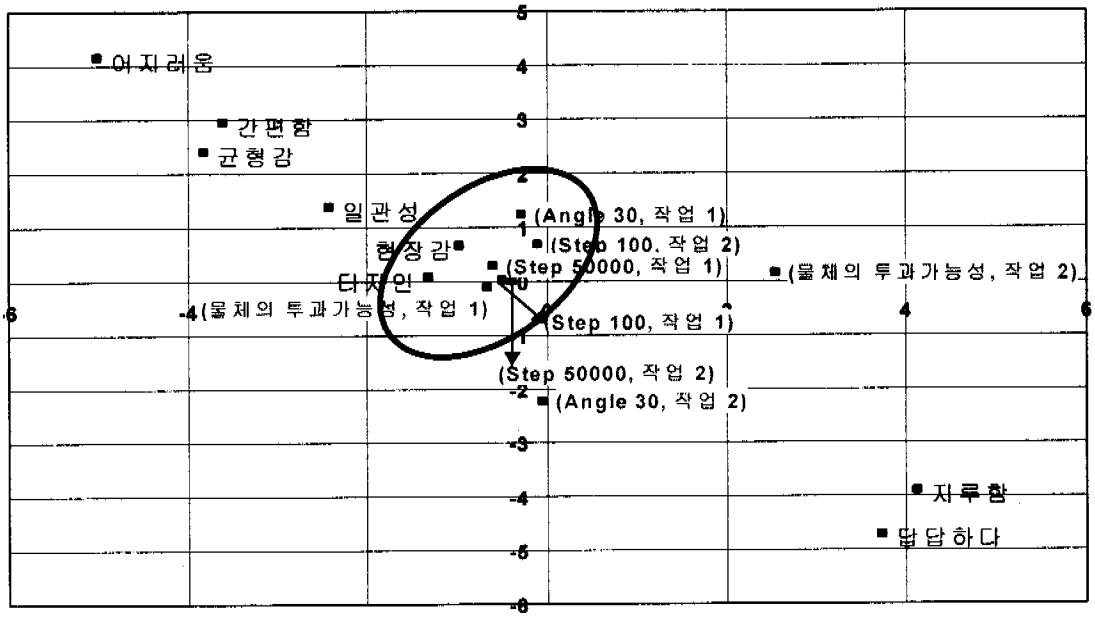
그래프를 살펴보면 각 감성어휘에 비하여 실험조건의 위치가 상대적으로 중앙에 모여 있는 양상을 띠고 있음을 알 수 있다. 그래프에서 각 감성어휘의 위치는 제각기 이상점(Ideal Point)을 나타내고 있는데, (물체의 투과가능성, 난해한 작업)와 (회전운동의 민감도 30°, 난해한 작업)을 제외한 나머지 실험조건은 디자인, 현장감의 이상점과 그룹핑 될 수 있을 것이다. 그래프에서 나타난 이상점(감성어휘)과 실험조건이 나타내는 추세와, 이의 원인은 다음과 같이 몇 가지로 파악되었다.

1. 사용자들이 각 실험조건별로 차별점을 느끼지 못하였다.

즉, 각 실험조건이 바뀜에 따라서 피실험자들의 느낌이 크게 변별력을 가지지 못하였던 것이 이유가 될 수 있을 것이다. 그러나 (물체의 투과가능성, 난해한 작업), (회전운동의 민감도 30°, 난해한 작업)의 경우에는 다른 실험조건에 비해서 현실감이 떨어진다고 할 수 있으며, 오히려 답답함, 지루함등의 부정적인 느낌을 많이 받았다는 사실을 확인할 수 있다.

2. 피실험자의 수행능력과의 상관관계

작업수행능력 실험이 끝난 후에 감성평가가 이루어졌으므로, 해당 실험조건에서의 작



〔그림 4〕 다차원 척도법을 이용한 포지셔닝 맵
(Step : 직선운동의 민감도, Angle: 회전운동의 민감도, 작업1: 평이한 작업, 작업2: 난해한 작업)

업 수행능력에 다분히 영향을 받았다는 사실을 인터뷰 결과로 확인할 수 있었다. 이는 (물체의 투과가능성, 난해한 작업), (회전운동의 민감도 30°, 난해한 작업)이 다른 실험조건보다 답답한, 지루한에 가깝게 평가되었는데, 이는 작업수행능력 실험의 결과(물체의 투과가능성, 난해한 작업), (회전운동의 민감도 30°, 난해한 작업)조건에서 많은 오류가 발생하였으며, 평균시간이 증가하는 추세와도 일치한다고 볼 수 있다.

3. 피실험자의 높은 기대감

대부분의 실험조건의 위치가 변별력을 갖지 못하고 집중되어 있는 현상을 설명한다. 피실험자들은 대부분 영화 등의 매체를 통하여 이미 가상현실을 간접 경험하였음으로 인하여 가상현실에 대한 기대가 매우 높았음을 인터뷰 결과로 확인하였다. 이러한 피실험자들의 높은 기대감은 각 실험조건의 차이를 감소시키는 중요한 요소로 파악되었다.

5. 결론 및 토의

본 연구는 가상현실의 현실감에 영향을 미치는 인자를 품질기능전개를 통해 파악해 보았다. 이중 중요도가 높은 인자들이 사용자의 수행능력에 어떻게 영향을 미치는지를 평가하는 실험과 가상현실에 대한 감성평가 실험으로 이루어졌다.

품질기능전개를 통해 추출된 가상현실의 현실감에 영향을 미치는 인자로는 자극의 형

태, 자극의 상태, 자극의 배열, 자극의 크기, 자극의 지속시간, 자유도, 직선운동의 민감도, 회전운동의 민감도, 2D/3D , Vertex의 수, Pixel의 수/해상도, 마찰력/중력등이 있었으며, 이중 직선운동의 민감도, 회전운동의 민감도를 실험의 독립변수로 선정하였다. 추가적으로 전문가 인터뷰를 통해 중요하다고 판단되는 인자로서, 물체의 투과가능성을 변수에 추가하였다. 건물 내의 지정된 방을 출입하는 작업 수행능력 평가 실험에서는 직선운동의 민감도의 경우 작업의 난이도에 관계없이 영향이 없는 것으로 나타났으며, 회전운동의 민감도의 경우, 작업이 어려울 경우 영향을 미치는 것으로 나타났다. 물체의 투과가능성은 작업의 난이도에 상관없이 모두 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 물체의 투과가능성이 사용자의 수행능력에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났으며, 회전운동의 민감도 그리고 직선운동의 민감도 순으로 나타났다.

주관적 만족도 평가하기 위한 감성평가 실험에서는 대부분의 실험조건이 포지셔닝 맵에서의 이상점과 상당한 거리를 두고 밀집하는 양상을 나타냈다. 이 같은 결과는 실험상의 변수로 추출된 인자에 대하여 사용자가 느끼는 감성이 큰 차이가 없음을 나타내고 있다. 그러나, 이 결과에서도 사용자 수행능력 평가 실험의 결과와 마찬가지로 각도의 변화와 물체의 투과가능성조건에서는 사용자들이 상대적으로 답답함과 어지러움을 많이 느끼는 것으로 분석되었다. 따라서, 가상현실의 그래픽의 정밀도, H/W사양, 그리고 가상현실의 몰입감(Immersion)을 더욱 증가시키는 것이 과제로 남을 수 있을 것이다.

위와 같은 결과로 가상현실 응용시스템의 제작 시, 몇 가지의 개발 지침을 다음과 같이 제시하였다.

- 사용자가 가상현실 내에서 수행하는 작업은 가능하면 넓은 공간에서, 회전 작업의 수를 줄이는 평이한 방식으로 제작되어야 한다.
- 물체의 투과가능성은 가상현실의 현실감을 감소시키는 요인으로 파악되므로, 설계 시 고려되어야 한다.
- 가상현실 응용시스템 개발 시 입력장치의 특성을 고려하여야 한다. 본 실험에서 사용된 HMD의 경우, 사용자의 입력을 처리하는 속도가 동작의 초기에는 느리지만, 시간이 경과되면 가속도 효과가 나타나 사용자의 수행능력을 감소시키는 효과가 나타났다.
- 사용자의 작업공간 내에 가능한 많은 수의 기준점을 배치하여 사용자에게 정확한 현실감을 주도록 해야 한다.

본 연구는 가상현실 응용시스템의 구축에 있어서 개발의 지침이 될 수 있도록, 가상현실에 영향을 미치는 현실감 인자들을 정량적으로 추출하고 이를 평가하는데 초점을 맞추었다. 본 연구결과로 제시된 지침들은 현실감에 영향을 미치는 인자들중 시각적인 인자에 초점을 맞추어진 부분이므로 앞으로의 연구에서는 청각적인 부분과 촉각적인 부분도 고려하여 수행되어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

김기호, 박재형, 안재우, 김동현, 가상 현실 기법을 이용한 가상 수족관 시스템 개발. 대한 인간공학회 추계학술논문집, pp166~170, 1996

박범, 유승동, 정윤, VR 기법을 적용한 자동차 HMI Usabiltity Test simulator 설계에 관한 연구, 대한인간공학회 춘계학술논문집, pp26~29, 1997

박재희, 박경수, 가상환경에서의 3차원 포인팅 작업의 성능평가 모형, 대한인간공학회 춘계 학술논문집, pp253~258, 1996

서종한, 가상현실의 세계, 영진출판사, 1994

서종한, PC에서 즐기는 가상현실과 3D, 영진출판사, 1994

이남식, 유영관, 박재희, 윤정선, VR 기술동향 및 산업정책에 관한 연구, KRISS-93-078-IR, 한국표준과학연구원, 1993

Ashok R., Lawrence P.C., and Ismael D., Total Quality Management: A Cross Functional Perspective, John Wiley & Sons, 1996

Barfield, W. and Furness, T. A., Virtual Environments and Advanced Interface Design, Oxford University Press, 1995

Burdea, G. and Coiffet, P., Virtual Reality Technology, John Wiley & Sons, 1994

Card, S.K., English, W.K., and Burr, B.J., Evaluation of mouse, rate-controled isometric joystick, stepkeys and textkeys for text selection on a CRT, Ergonomics, 40(1), pp69~77, 1978

Cohen, L., Quality Function Deployment: How to Make QFD work for you. Addison Wesley, 1995.

Edgar, G. K. and Reeves, C. A., Visual Accomodation and Virtual Images : Do Attentional Factors Mediate the Interacting Effects of Perceived Distance, Mental Workload, and Stimulus Presentation Modality?, Human Factors, 39(3), pp374~381, 1997

Ellis, S.R., and Menges, B., Judged distance to virtual objects in the near visual field, Proc. of the human factors and ergonomics society 39th annual meeting, pp1400~1404, 1995

Han, S.H., Jorna, G.C., Miller, R.H., and Tan, K.C., A comparison of four input devices for the macintosh interface, Proc. of the Human Factors Society 34th Annual meeting, pp267~271, 1990.

Hodges, L.F., Virtual environments for treating the fear of heights, Computer, 28(7), pp27~34, 1995

Kalawsky, R.S., The Science of Virtual Reality and Virtual Environment, Addison Wesley,1993

Oliver, D., and Anderson S., Tricks of

graphics Gurus, Sams Publishing, 1993

Pimentel and Teisxeira, Virtual Reality: Through the New Looking Glass, McGraw-Hill, 1993

Schaab, J. A., Radwin R. G., and Vanderheiden, G. C., A Comparison of Two Control-Display Gain Measures for Head-Controlled Computer Input Devices, Human Factors, 38(3), pp390~400, 1996

So, R.H.Y, Chung, G.K.M, and Goomerilleke, R.S., Target-Directed Head Movements in Head-Coupled Virtual Environment:Predicting the Effects of Lags Using Fitts' Law, Human Factors, 41(3), pp474~485, 1999

Vince, J., Virtual Reality Systems, Addison Wesley, 1995

Wilson, P. N., Foreman, N., and Tlauka, M., Transfer of Spatial Information from a Virtual to a Real Environment, Human Factors, 39 (4), pp526~531, 1997

저자소개

◈ 박회석

1984년 서울대학교 산업공학과 학사
1986년 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
1993년 미시간 대학교 산업공학과 공학박사
현재: 홍익대학교 정보산업공학과 교수

◈ 김유노

1998년 홍익대학교 산업공학과 학사
현재: 홍익대학교 대학원 산업공학과 석사과정

논문접수일 (Date Received): 2000/3/8
논문게재승인일(Date Accepted): 2000/4/3