

The Development of Virtual Reality Therapy(VRT) System for the Treatment of Acrophobia

白承殷* · 柳宗賢* · 白承和**

(Seung Eun Paek · Jong Hyun Ryu · Seung Hwa Beack)

Abstract - Acrophobia is an abnormal fear of heights. Medications or cognitive-behavior methods have been mainly used as a treatment. Lately the virtual reality technology has been applied to that kind of anxiety disorders. A virtual environment provides patient with stimuli which arouses phobia, and exposing to that environment makes him having ability to over come the fear. In this study, the elevator stimulator that composed with a position sensor, head mount display, and audio system, is suggested. To illustrate the physiological difference between a person who has a feel of phobia and without phobia, heart rate was measured during experiment. And also measured a person's HR after the virtual reality training and in a real building elevator. In this study, we demonstrated the subjective effectiveness of virtual reality psychotherapy through the clinical experiment.

Key Words : Virtual reality(VR), Acrophobia, ECG, HRV(Heart Rate Variability)

1. 서 론

정신장애의 진단과 통계 편람IV(미국 정신의학회, 1994)에 의하면 고소공포증은 특정공포증으로 분류되어 있으며 이러한 장애를 지니고 있는 사람은 어떠한 높은 곳에 노출되었을 때 현저한 불안, 당황, 높은 곳에 대한 회피, 그리고 그러한 두려움의 결과로 인한 일상생활의 방해로 특징을 지을 수 있다[1]. 이러한 고소공포증을 치료하기 위해서, 기존에는 주로 약물치료 방법과 인지·행동 치료 방법이 주로 쓰여왔다[2]. 약물치료는 항불안제를 사용하여 공포상황에 노출되기 전에 미리 투약하여 불안을 감소시키는 방법이다. 하지만 이는 공포증치료에 있어서 효과의 지속성이 떨어지며, 또한 재발 가능성이 많고 습관성이 야기 된다는 단점이 있다. 또 다른 방법중의 하나인 인지·행동 치료는 환자가 상상이나 실제상황을 통해 공포대상에 노출됨으로써 공포상황을 극복하게 하는 치료방법이다. 하지만 이는 환자가 공포 상황을 상상하는데 어려움이 있거나, 너무 두려워 실제 공포상황에 직면하지 못한다는 단점이 있다[3,4].

최근 들어 이러한 단점을 보완하기 위해서 가상현실 기술을 이용한 공포증치료기술이 대두되고 있다. 이는 가상적으로 점진적인 공포상황을 구현하여 환자에게 제공함으로써 치료하는 방법이다[5]. 이를 통해 치료자는 상상에 의한 자극보다 실제적인 공포자극을 경험할 수 있게 되었고, 실제의 상황에 노출되는 방법보다 안전하게 치료를 할 수 있게 되었다. 이러한 이유로 가상현실을 이용한 광장공포증, 고소공포증,

폐쇄공포증등의 치료에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 효과 또한 다양한 연구에서 입증되고 있다[6,7,8,9,10]. 하지만 현재까지 가상현실을 이용한 정신치료에 대한 연구중 고소공포증에 대한 연구는 최근에 미국의 연구소와 대학등에서 고소공포증을 위한 가상환경이 개발되었지만 시스템 자체가 고가 워크스테이션을 기반으로 구성되었기 때문에 범용성 면에서 있어서 단점이 있다[11]. 정신장애 치료분야에서 가상현실을 이용한 연구는 비행공포, 고소공포, 거미공포 그리고 대중 앞에서 말하기에 대한 두려움등의 특정 공포증에 집중되어 활발히 진행되고 있지만 대부분이 고가의 시스템을 사용하고 있으며, 가상환경의 실제적인 측면에서도 떨어지고 있다[3,11,12,13].

본 연구에서는 개인용 컴퓨터를 이용하여 고소공포증 치료를 위한 가상현실 시뮬레이터를 제작하였으며, 안정상태, 실제상황에 노출되었을 때, 그리고 가상환경에 노출되었을 때, 가상환경에 노출된 후 현실상황에 노출하였을 때의 ECG와 심리검사 테스트 질문지의 결과를 비교함으로써 고소공포증 치료의 가능성을 고찰하여 보고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 고소공포증

고소공포증은 미국정신의학회의 진단기준에 의할 경우 특정공포증으로 분류된다. 이 장애를 가진 사람들은 공포로 인한 고통 혹은 중요한 행동 장애의 증상으로부터 고통을 겪고 있다. 행동장애는 정상적인 일상생활을 할 수 없게 만들고 대인 관계를 방해하게 된다. 고소공포증의 증상은 공포를 느낄 때 호흡이 가빠지고, 어지럽고 가슴이 뛰고, 식은땀이 흐르고, 불안과 공포를 느끼는등의 증세가 나타난다. 고소공포증 치료연구에 대해서 출판된 것은 거의 없다. 고소공포증 치료에는 약물 치료와 행동치료가 있다. 행동치료는 불안을

* 正 會 員 : 明知大 電氣情報制御工學部 博士課程

** 正 會 員 : 明知大 電氣情報制御工學部 教授

接受日字 : 2001年 6月 8日

最終完了 : 2001年 9月 1日

유발시키는 자극에 환자를 노출시킨다. 이들 자극은 환자의 상상에 의존하거나 아니면 실제 상황으로 주어지게 된다. 여기에 추가하여 최근에는 가상환경을 이용하여 탈감작(systematic desensitization)을 시도할 수 있게 되었다. 실제 상황에서와 마찬가지로 가상환경을 이용한 탈감작은 상상을 잘하지 못하는 환자들에게 치료적 자극을 제공할 수 있을 것이다. 가상환경을 이용한 탈감작은 자기 통제가 가능한 실제 상황에 노출을 실행하는데 있어서 환자를 훈련시켜주는 중간 단계로 이용될 수도 있을 것이다.

2. 가상현실

가상현실은 인간과 컴퓨터가 서로 커뮤니케이션 할 수 있도록 하는 새로운 테크놀로지이다. 이는 사용자로 하여금 컴퓨터로 만들어진 가상의 삼차원 환경 속에서 보고, 듣고, 느끼며 그리고 가상환경과 상호 작용할 수 있도록 한다.

여기서 사용자들은 더 이상 컴퓨터 화면에 나타난 자료나 이미지에 대한 단순한 관찰자가 아니라 컴퓨터 3차원 가상세계에 참여하는 적극적인 참여자인 것이다. 가상환경은 사용자에게 가상환경의 실제감 혹은 몰입감을 제공하기 위해서 컴퓨터 그래픽, 다양한 디스플레이 그리고 입력 테크놀로지를 통합한다는 점에서 전통적인 디스플레이와 구분된다.

가상현실 테크놀로지를 이용하여 정신과적인 장애를 치료한다는 것은 1992년 미국에서 시작되었다. 이 논문에서는 가상 현실 시뮬레이터를 이용한 고소공포증의 치료는 환자에게 위치센서가 부착된 머리착용 디스플레이장치(Head Mount Display, HMD)를 착용하게 한 뒤 가상환경을 체험하게 하고, 이때 가상엘리베이터는 각 층을 이동하여 환자와 상호작용하게 된다. 이때 환자는 각 층의 높이에 대한 반응에 대해 공포감을 느끼게 되고 이를 극복함으로써 치료가 행해진다.

2.3. 심전도(Electrocardiograms)

심전도의 측정 파라미터로서 이용되는 것들은 심박률(Heart Rate, HR), 심박 사이의 간격(Interbeat Interval), 심박 변화율(Heart Rate Variability, HRV) 등이 있다.

HR은 일정 시간동안의 심박수를 말하며, 단위는 BPM(Beat Per Minute)으로 표현된다. HR은 행동의 변화에 대한 피로도와 스트레스 등을 측정하는 생리학적 지표로 널리 이용돼 왔다.

공포를 느낄 때 증상에서 가장 먼저 변화가 오는 것은 뇌전도(EEG)와 심전도(ECG) 그리고 근전도(EMG)등인데, 본 연구에서 심전도를 환자의 실험전후의 상태변화 측정에 이용한 것은 비교적 용이한 데이터를 얻을 수 있고, 그 변화가 큰 것으로 사료되어 ECG 데이터 취득을 채택하였고, EMG와 EEG는 추후 연구에서 채택하려 한다.

3. 시스템의 구성

피험자에게 공포를 유발시키기 위해 가상 환경은 현실과 거의 유사하게 만들어야 한다. 본 연구에서 사용된 가상환경은 원하는 시점에 피험자가 조작할 수 있고, 또한 실험자에 의해 조작이 가능하도록 하였다. 그리고 실험중에 피험자의 신체에서 나오는 ECG 데이터를 취득하여 가상현실에서와 실제상황에서의 ECG 데이터와 비교 가상환경의 성능을 비교하였다

3.1. 시스템

3.1.1. 전체 시스템 구성

높은 곳에 대한 두려움을 유발하기 위한 가상 고소 공포 환경과 데이터 추출을 위해 그림 1과 같이 구성하였다.

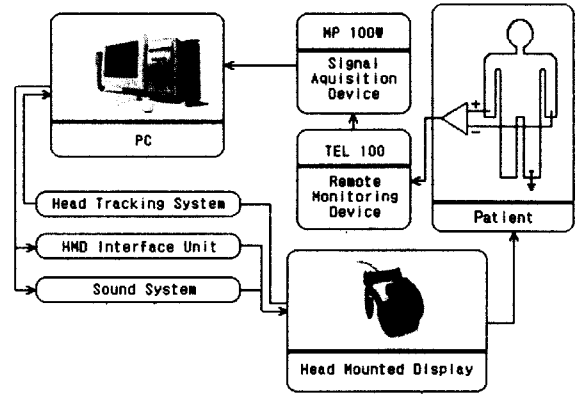


그림 1. 가상현실 정신치료 시스템 구성도
Fig. 1. Block Diagram of virtual reality therapy system

3.1.2. 하드웨어

가상엘리베이터 시뮬레이터를 구현하기 위한 하드웨어로는 Pentium III 800MHz PC, Fire GL 그래픽 카드, 위치센서가 내장되어있는 해상도 640×480인 HMD(i-glasses) 그리고 사운드시스템을 사용하였다.

사람의 눈은 대략 280° 정도의 각도로 관찰할 수가 있지만 컴퓨터 모니터는 겨우 약 56° 정도를 인간에게 디스플레이 해주고 있다. 따라서 이것을 극복하는 기술이 선행되어야 하는데 그중 하나가 TRACKING 장치를 통한 제한된 관찰 각의 극복이다. 이 위치센서를 통하여 HMD를 쓴 피험자의 움직임을 따라 화면이 움직여 더욱 현실감을 느낄 수 있도록 제작하였다.

데이터 취득에는 심장의 질병 유무 판별을 위해 사용되는 표준 임상 심전도 취득용 12-리드 시스템을 기반으로 원격 감시 장비(Remote Monitoring Device)를 조합하여 장시간의 표시가 가능한 시스템 구현을 목표로 한다. 부착용 전극(electrode)은 EL500(P.N.S. foam dual element electrode: Vermont Medical Inc)과 SS@(shielded electrode: BIOPAC Inc.)를 연결 구성한다.

표준 가지 리드-I(Standard Limb Lead-I)을 통해 취득된 심전도 원신호는 원격 감시 장비인 TEL100(BIOPAC system Inc.)을 이용하여 증폭한다. 원격 감시 장비를 통해 전달된 환자의 심전도 기록은 MP100W(BIOPAC System Inc.)를 통해 디지털 샘플링 된다. TEL100으로부터 0.05Hz 기저선(base-line) 제거 필터링과 80Hz high pass 필터, 60Hz notch 필터링, 그리고 채널이득 10K로 증폭되어 전달된 심전도는 MP100W를 통해 200Hz로 샘플링 되어 PC에 저장된다. 현장실험시 데이터 측정을 위한 PC는 Pentium II 333MHz Notebook pc를 사용하였다.

3.1.3. 소프트웨어

3D STUDIO MAX를 사용하여 전체적인 가상환경을 디자인하고 텍스처를 맵핑하였으며, 이를 Visual C++, OpenGL를 사용하여 사용자가 가상환경을 실시간으로 사용할 수 있게

하였다. 또한 엘리베이터의 높이조절도 피실험자의 직접적인 통제 하에 이루어지도록 구성하였다.

3.1.4. 환자 몰입 환경 구성

몰입 또는 실제감은 가상현실치료에서 매우 중요한 요소다. 그러나 개인에 따라 몰입 즉, 실제로 있는 듯한 느낌을 다르게 경험한다. 본 연구에서는, 효과적인 치료를 위한 가상 환경 시스템을 구성한 후 피험자에게서 원하는 반응을 얻기 위해서는 먼저 가상환경 속에서의 몇 가지 중요한 몰입요소를 조사하고 유도해 내어야만 한다[14,15]. 본 논문에서 가상현실에 깊이 몰입하는데 사용한 요소로써는 상호작용성, 이미지의 복잡성, 입체음향, 머리착용 디스플레이, 입체감, 넓은 시야, 위치추적장치등이 있다. 또한 우리는 다른 여러 몰입해 요소를 줄이기 위해서 피험자를 실험자와 격리시켰고, 피험자가 두부장착 디스플레이(HMD) 장치에서 보여지는 화면에 집중할 수 있도록 실험실 내부의 조명을 어둡게 하여 피험자가 가상환경에 최대한 몰입할 수 있도록 하였다.

3.2. 가상환경의 구성

3.2.1. 엘리베이터의 구성

가상엘리베이터의 구성은 10층 빌딩의 전망용 엘리베이터를 모델로 고소공포를 극대화하기 위해 중앙에 놓인 벽과 천장 바닥이 유리로 되어있는 즉 열린 엘리베이터의 형식으로 구성하였으며, 각 높이마다 피실험자들의 변화와 ECG 데이터를 취득하기 위하여 세 개의 버튼을 이용하여 엘리베이터를 움직일 수 있게 구성하였다.

3.2.2. 건물의 구성

엘리베이터가 있는 건물은 현실과 같은 높이가 되어야 하므로 한 층의 높이가 2.5m 인 10층 건물로 제작하였다. 각 건물은 일상적으로 자주 접하게 되는 상황으로 설정하였다. 따라서 건물은 서울의 도심지 배경으로 도로와 빌딩숲 그리고 자동차를 두었다.

피험자가 바라보는 전체적인 건물들의 구성은 3D Studio MAX를 사용하여 생성하였으며 3D MAX에서 만들어진 모델들을 ASE라는 ASCII 파일로 생성하여 Visual C++, OpenGL를 통해 읽어들이는 다음 화면에 보여주게 하였다.

그림 2는 빌딩과 도로로 둘러싸인 도심 한 가운데의 빌딩으로 피험자로 하여금 전망용 엘리베이터를 타고 1층에서 10층에 이르는 높이까지 올라갈 수 있도록 구성한 그림이다.

3.2.3. 가상현실의 음향

가상현실 속의 음향은 엘리베이터 작동시 작동음이 들려야 한다. 이를 위해 각 엘리베이터에서 미세한 소리들을 녹음을 하여 사운드 채취를 하였다. 그리고 이를 사운드 라이브러리를 사용하여 제작한 사운드 읽기 모듈을 사용하여 wav 파일 형식을 읽어서 재생하였다. 이는 피실험자가 엘리베이터 버튼을 조작할 시 즉각적으로 반응하여 소리가 나게 만들어줌으로써 피실험자가 엘리베이터 안에 있다는 현실감을 줄수 있게 제작한 것이다.

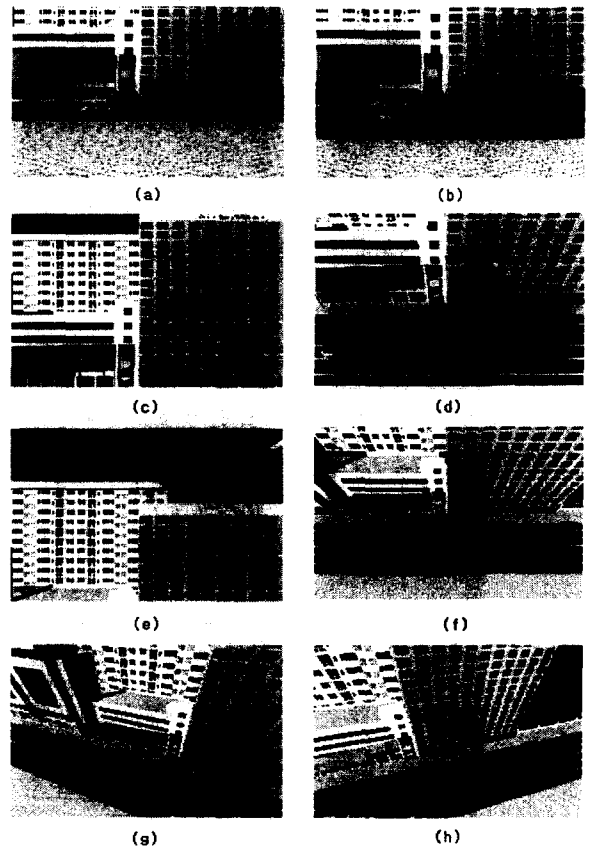


그림 2. 엘리베이터에서 바라본 가상장면들
 (a) (b) 1층에서 본 밖의 장면
 (c) 5층에서 정면을 바라본 장면
 (d) 5층에서 아래를 바라본 장면
 (e) 10층에서 정면을 바라본 장면
 (f) 10층에서 아래를 바라본 장면
 (g) (h) 10층에서 양옆을 바라본 장면

Fig 2. Virtual scenes of building with an elevator

4. 실험 및 결과 고찰

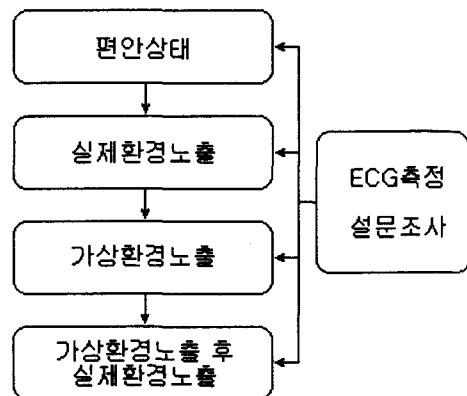


그림 3. 실험의 진행과정
 Fig. 3. Overall procedures

본 논문의 실험은 그림 3과 순서에 의해 진행되었다. 본 실험은 가상현실 시스템의 효능을 검증하는데 첫째로 각 상황별 질문지 조사이고, 둘째로 심전도를 취득 해석하는 것이다. 질문지 조사는 각 상황실험을 한후 질문지를 작성하게 하였다. 이 질문지는 공정성을 기하기 위하여 정신과 전문의들의 심리검사 테스트인 불안측정검사로 작성하였다. 질문지 조사의 내용은 다음 그림 4와 같다.

번호	질문내용	전혀	조금	상당히	심하게
1	가끔 땀이 재리고 후시며 감각이 마비된 느낌을 받는다	☐	☐	☐	☐
2	흔들린 느낌을 받는다	☐	☐	☐	☐
3	가끔씩 다리가 떨리곤 한다	☐	☐	☐	☐
4	편안하게 될 수가 없다	☐	☐	☐	☐
5	매우 나쁜 일이 일어 날 것 같은 두려움을 느낀다	☐	☐	☐	☐
6	머지러움(현기증)을 느낀다	☐	☐	☐	☐
7	가끔씩 심장이 두근거리고 빨리 뛴다	☐	☐	☐	☐
8	점막하지 못하다	☐	☐	☐	☐
9	자주 곁을 먹고 무시움을 느낀다	☐	☐	☐	☐
10	신경이 과민하다	☐	☐	☐	☐
11	가끔씩 숨이 막히고 질식할 것 같다	☐	☐	☐	☐
12	자주 손이 떨린다	☐	☐	☐	☐
13	안절부절 못하다	☐	☐	☐	☐
14	마실 것 같은 두려움을 느낀다	☐	☐	☐	☐
15	가끔씩 숙취기 곤란할 때가 있다	☐	☐	☐	☐
16	먹을 것 같은 두려움을 느낀다	☐	☐	☐	☐
17	불안한 상태에 있다	☐	☐	☐	☐
18	자주 소화가 잘 안되고 속쓰림 불편하다	☐	☐	☐	☐
19	가끔씩 기절할 것 같다	☐	☐	☐	☐
20	자주 얼굴이 붉어 지곤 한다	☐	☐	☐	☐
21	땀을 많이 흘린다(더위로 인한 경우는 제외)	☐	☐	☐	☐

그림 4. 질문지
Fig 4. Sheet

이 질문지에서 공포증의 불안지수는 0~63점 사이의 점수를 나타내고, 0~15점은 불안하지 않은 상태이고, 16~23점은 가벼운 불안상태이고, 24~42점은 중한 불안상태이고, 43~63점은 심한 불안상태를 나타낸다. 각 상황의 실험 ECG 데이터 취득후에 치료의 평가척도로 질문지를 작성하게 하였다. 질문지의 결과는 다음 표 1에 나타내었다.

표 1. 8명 피실험자들의 질문지 비교결과
Table 1. Comparison result of questionnaire of 8 subjects

Questionnaire subject	Questionnaire			
	안정상태	현실노출	가상노출	가상노출후 현실노출
Paek (a)	2	32	28	29
Hong (b)	1	30	27	29
Hyun (c)	1	45	35	39
Lee (d)	3	43	37	39
Kim (e)	1	56	40	42
Park (f)	0	51	43	47
Son (g)	1	28	21	23
Ryu (h)	1	25	21	22
average	1.25	38.75	31.5	33.75

다음 표 1은 질문지의 결과이다. 표1에서 피실험자들의 점수는 안정상태일 때는 평균 1.25점 이고 실제상황에 노출되었을 때의 불안지수 평균점수는 38.75점 이다. 가상현실 노출시 평균점수는 31.5점이 이다. 이후 다시 실제상황에 노출을

시켰을 때의 평균점수는 33.75점이다. 여기서 불안지수가 처음의 38.75점보다 5나 떨어진 것을 알 수 있다. 이 결과 값들에 나와있는 수치들을 비교해보면 가상현실에 노출되었을 때는 질의의 내용중 2번과 5번 그리고 6번이 가장 높은 점수를 나타내었고, 노출치료 후의 평균수치가 노출치료 전보다 전체적으로 감소된 수치를 나타내고있으며, 이 질문지의 모든 항목에서도 수치가 감소하였음을 알 수 있다.

신호 검출 측정은 6주동안 피실험자 8명의 심전도 해석을 한다. 우선 피실험자 8명의 심전도 데이터는 정상상태와 실제 고충환경의 데이터와 가상시뮬레이션 상태에서의 데이터와 가상환경에 노출된 이후 실제환경에서의 데이터를 비교해 보기로 하였다. 안정상태에서의 피험자의 심전도 데이터를 위해 가장 편안한 자세로 누워있을 때의 심전도를 20분간 취득하였다. 그리고 실제환경에서의 데이터 취득을 위해, 본 가상시뮬레이션과 비슷한 10층높이의 전망 엘리베이터를 선정하여 실제상황에 피실험자의 동의를 얻어 실제상황을 접하게 하였고 데이터 측정을 위하여 데스크탑 pc의 이동은 불가능 하기 때문에 PentiumII 333MHz의 notebook pc에 biopack을 연결하여 ECG를 측정하였고, 가상현실 실험은 주당 2회의 실험으로 총 8번, 한달간의 집중적 가상환경에 훈련을 하였다. 실험당 가상환경 노출시간은 약 30분 가량이었으며 실제 가상환경에는 약 10~15분간 노출되었다. 가상환경에서 훈련이 끝난 1주일 경과후에 가상현실의 실험에 대한 데이터 변화를 알기 위하여 다시 실험전 데이터를 얻어낸 실제 전망엘리베이터에서 현실노출을 하여 ECG데이터를 얻었으며, 실험 전과 후의 심전도 데이터를 통하여 가상현실의 노출 전후의 ECG를 비교하였다.

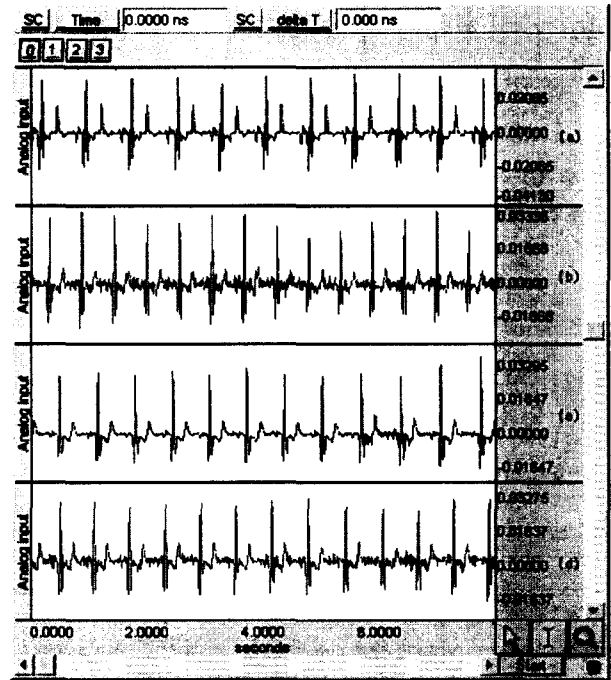


그림 5.변화가 적은 피실험자의 ECG데이터
Fig 5. ECG Data of a little change subject

그림 5는 고소공포증에 대해 심전도(ECG)의 변화가 가장 적은 피실험자의 샘플 ECG 신호이다. (a)는 가장 안정한 상태에서의 ECG를 취득한 것이다. (b)는 피실험자가 실제상황인 전망엘리베이터를 탔을 때 얻어진 ECG 데이터이다. (c)는 피실험자가 가상환경에 노출되었을 때 취득된 ECG 데이터이다. (d)는 피실험자가 가상환경에 8번 노출된 이후에 (b)의 상황과 같게 같은 엘리베이터에서 다시 데이터를 취득한 것

이다. 위 피실험자가 가상노출전 실제상황에 노출되었을 때와 가상노출후 실제상황에 노출되었을 때의 심박수를 비교하면 각각 97BPM과 95BPM으로 나타내어진다. 그리고 질문지를 통하여 불안지수를 측정해본 결과 가상노출전 실제상황 노출되었을 때 불안지수는 32점이고 가상노출후 실제상황에 노출되었을 때 불안지수는 29점으로 낮은 점수가 나왔다. 그러므로 질문지의 결과로 보면 고소공포증에 대한 불안감이 적다는 것을 알 수 있다.

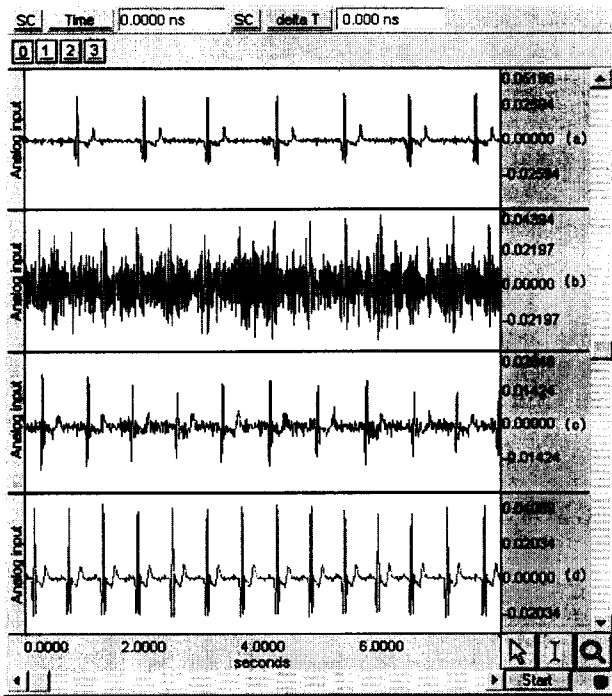


그림 6. 가장 변화가 큰 피실험자의 ECG 데이터
Fig 6. ECG data of much change subject

그림 6은 고소공포증에 대해 심전도(ECG)의 변화가 가장 큰 피실험자의 샘플 ECG 신호이다. (a)는 그림 5의 (a)와 마찬가지로 가장 안정한 상태에서 ECG 값을 취득한 것이다. (b)는 고소공포증을 느끼는 피실험자가 실제상황인 전망엘리베이터를 탔을 때 얻어진 ECG 데이터이다. 이때 피실험자는 자주 눈을 감고 아래를 쳐다보지 않으려 했기 때문에 측정이 어려웠다. 그리고 아래를 쳐다봤을 때는 어지러움과 메스꺼움을 호소하였다. (c)는 고소공포증을 느끼는 피실험자가 가상환경에 노출되었을 때의 ECG 데이터이다. 이때 고소공포증을 느끼는 피실험자는 실제상황과 비슷한 어지러움을 느꼈고 메스꺼움을 호소하였다. (d)는 고소공포증을 느끼는 피실험자가 가상환경에 8번 노출된 이후에 다시 실제 전망엘리베이터를 탔을 때 취득한 ECG 데이터이다. 이 (d)에서 고소공포증을 느끼는 피실험자의 심박률은 가상환경에 노출되었을 때보다는 조금 빨리 그리고 안정한 상태보다는 보다 더 빨리 뛰지만 가상환경에 노출이 안되었을 때의 실제상황과의 비교가 눈으로 확인이 가능할 정도로 변한 것을 알 수 있다. 이 피실험자의 질문지 결과를 살펴보면 안정상태일 때에는 1점으로 불안감을 전혀 느끼지 못하지만 실제노출시에는 56점으로 가장 높은 불안점수를 받았고, 가상현실에 노출되었을 때에는 29점으로 많이 낮아졌다. 그리고 가상현실 노출후 실제상황 노출되었을 때에는 42점이라는 점수를 받았다. 이 결과로 보면 현실과 비슷한 상황의 가상현실 노출로 인하여 불안감이 감소했다는 것을 알 수 있다.

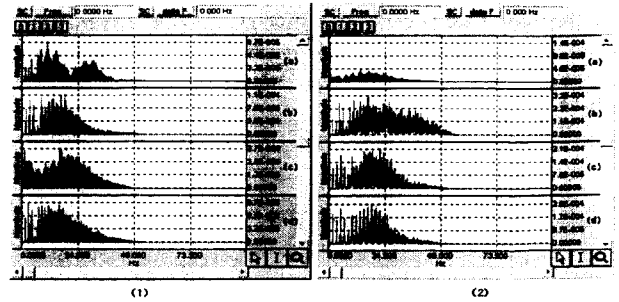


그림 7. 가장 큰 변화와 가장 작은 변화의 피실험자들의 ECG FFT
Fig 7. FFT of ECG data of little and much change subject

그림 7의 (1)번은 그림 5의 가장 변화가 적은 피실험자의 FFT 값이고, (2)번은 그림 6의 가장 많은 변화를 일으킨 피실험자의 FFT값이다.

다음의 그림 8, 9, 10, 11은 피실험자 8명의 ECG 데이터를 나타낸 것이다.

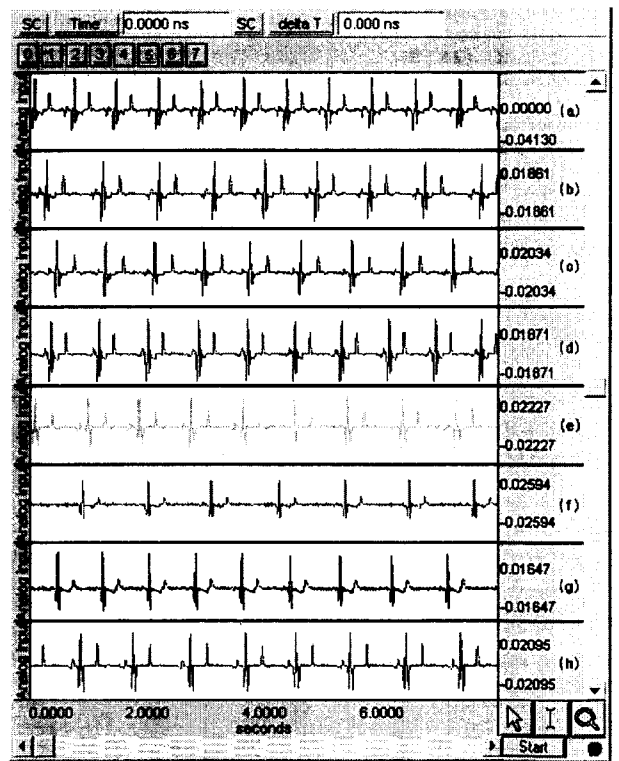


그림 8. 8명의 피실험자들의 안정상태 ECG 데이터
Fig 8. 8 subject's ECG data to stable condition

그림 8은 8명의 피 실험자들의 안정된 상태에서의 ECG이다. 이는 8명의 피실험자들의 기본 ECG이다. 이는 가장 안정 상태에 이르게 하기 위해서 사람의 가장 편안한 자세인 누워 있는 상황에서의 ECG를 체크하였고 20분간 움직임이나 말을 하는 행동 등을 못하게 한 일체의 행동들이 없는 상태의 데이터이다. 기본 ECG의 취득은 각 상황들, 즉 실제상황과 가상현실에서의 노출시 ECG 데이터와의 비교의 기준으로 삼기 위해 측정된 것이다.

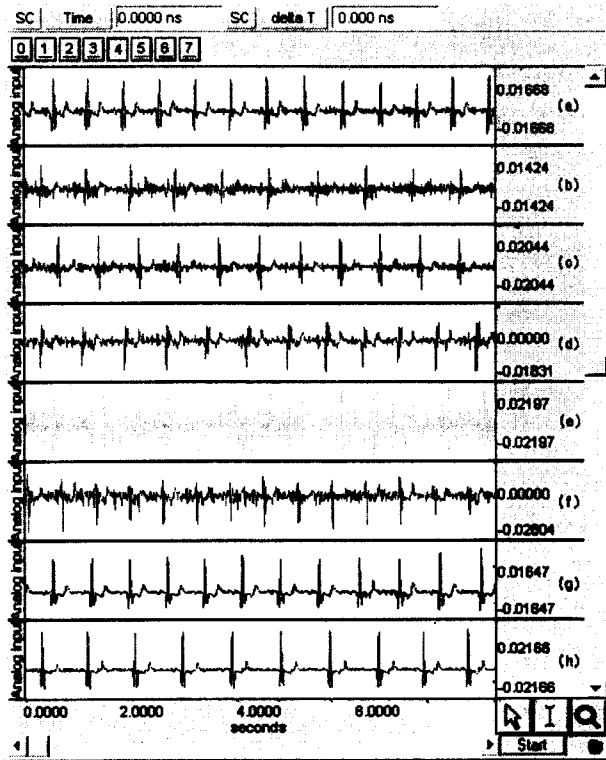


그림 9. 8명의 피실험자들의 현실노출 ECG 데이터
Fig 9. 8 subject's exposures ECG data to real-world

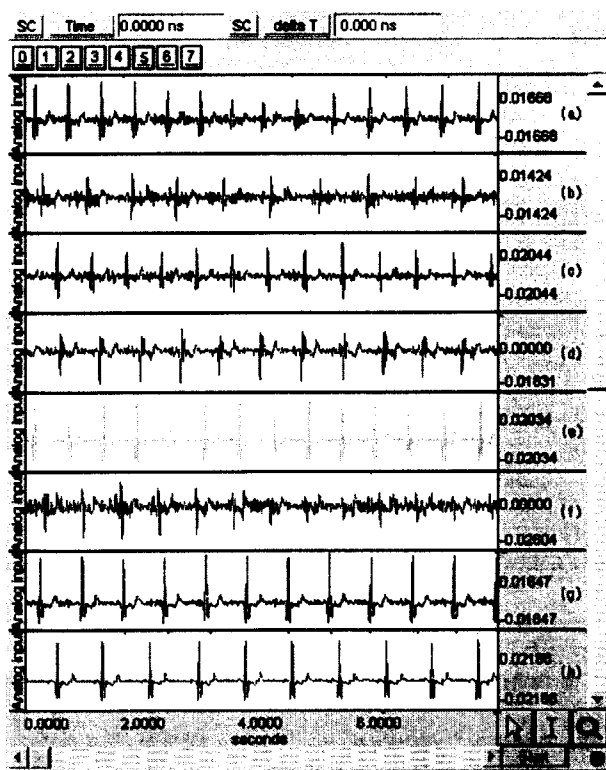


그림 10. 8명의 피실험자들의 가상현실 노출 ECG 데이터
Fig 10. 8 subject's exposures ECG data to experiment

그림 9는 8명의 피실험자들이 실제상황에 노출되었을 때 체크된 ECG이다. 실제 가상환경과 비슷한 환경을 찾기 위해

서 서울 소재 국제전자센터의 전망엘리베이터를 이용하여 각 8명의 피 실험자들의 ECG를 체크하였다. 이때 사람마다 느끼는 공포감이 틀리기 때문에 아무리 유리로 뒤 덮여져 있는 엘리베이터지만 아래를 쳐다보기를 꺼려하는 피실험자도 있었고, 아무런 반응 없이 아래위를 바라보는 피실험자도 있었다. 아래를 쳐다보지 못하고 눈을 감는 행동을 하는 피실험자도 있었다. 피실험자들의 여러 가지 반응은 다음의 그림 9에서 ECG의 변화를 통하여 확인할 수 있었다. 이 8명의 피 실험자들의 HR이 안정상태에서 측정하였던 ECG신호의 HR 보다 더 빨리 뛴 것이 표2에서 나타나며, 질문지의 결과를 보면 8명의 불안지수 평균 점수가 38.75점으로 안정상태의 1.25점 보다 37.50점 높다는 것을 알수 있다.

그림 10은 피실험자 8명이 HMD를 쓰고 실험실에서 가상 환경에 노출되었을 때의 ECG이다. 이때 가상현실에 몰입을 돕기 위해서 화면과 피실험자만 남겨 하고 실험실은 어둡게 한 후 실험하였다. 위 ECG 데이터는 8번의 가상현실 노출에서 가장 마지막 노출했을때의 ECG 측정값이다. 이 ECG를 보면 그림 8에서 심전도의 변화가 별로 없었던 사람은 이때도 심전도의 변화가 별로 보이지 않는다. 그러나 심전도의 변화가 있었던 사람은 그림 8과 비교해보면 많은 차이가 있다. 이 가상환경의 노출 실험은 총 8번의 실험을 했기 때문에 가상환경에 익숙해지기 시작하여 처음실험에서 마지막 실험까지의 데이터를 분석해보면 박동수의 차가 생기는 것을 알 수 있었다. 처음보다는 마지막의 박동수가 훨씬 줄었다. 그리고 그림 9에서, 심한 HR의 변화를 가졌던 사람은 박동수가 80BPM으로 기본 박동수와와의 차가 26BPM이나 차이가 나고, 이 실험에서 피실험자들 중에 가장 많은 박동수의 변화를 보였다.

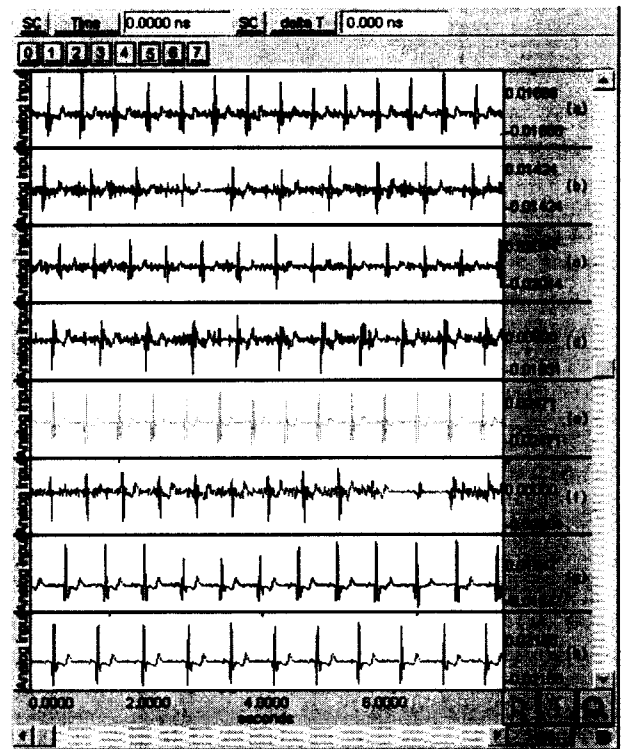


그림 11. 8명의 피실험자들의 가상현실노출후 현실노출 ECG 데이터
Fig 11. 8 subject's exposures ECG data to real-world after experiment

그림 11은 한달동안 가상환경에 8번 노출된 8명의 피실험자들이 처음 현실상황에 접한후 6주만에 다시 현실의 전망엘리베이터를 탑승하였을 때의 ECG이다. 이때도 마찬가지로

별다른 ECG의 변화가 없던 공포를 느끼지 못하는 피실험자들은 별 차이가 없으나 공포를 느끼던 피실험자들은 가상현실 노출 없이 실제환경에 노출되었을 때 보다 가상환경에 노출되어 비슷한 환경을 반복한 이후에 실제환경에 노출되었을 때의 ECG 데이터 중 평균박동수가 5.25BPM만큼 줄어들었다는 것을 알 수 있다. 이 실험중에 실제로 처음에 가상환경 노출전 실제환경에 노출되었을 때 아래를 보지 못하던 피실험자나 눈을 감던 피실험자들이 가상환경에 노출된 후의 실제환경에 접했을 때 눈을 감거나 아래를 못 보는 행동을 하지 않았다. 이 현실 노출후 질문지의 불안지수를 보면 33.75점으로 가상노출 전의 38.75점 보다 5점 정도 낮아졌다는 것을 알 수 있다. 이것은 가상환경에 의한 훈련이 고소공포증의 치료에 효과가 있다는 것을 입증하는 것으로 사료된다.

표 2. 8명 피실험자들의 각 상황에서 HR
Table 2. HR data of 8 subjects

HR men	안정상태	현실노출	가상노출	가상노출후 현실노출
Paek (a)	84	97	88	95
Hong (b)	66	75	69	73
Hyun (c)	73	90	80	86
Lec (d)	75	85	78	78
Kim (e)	54	93	80	82
Park (f)	65	99	81	87
Son (g)	74	89	79	85
Ryu (h)	66	67	66	66

표 2는 8명 피실험자의 평균 심박수이다. 심박수는 사람마다의 차이가 있는데 본 연구에서는 각 상황에서의 심박수의 차이를 보고자 각 상황에서의 1분간 평균 심박수를 기록하였고, 심박수를 비교한 이유는 공포증 환자의 진료에 있어서 기초적이고, 초기에 검사하는 것이기 때문이다. 위 표에서 가상환경에 노출되기 전의 심박수와 가상환경에 노출된 후의 심박수의 변화는 확실하게 알 수 있다.

특히 고소공포증을 느끼는 피험자의 데이터를 보면 정상상태와 실제 엘리베이터를 타고 취득한 ECG 데이터의 심박률 차이가 엄청나게 크다는 것을 알 수 있다. 가장 심한 차이를 보이는 피실험자는 39BPM의 차이를 보인다. 가상환경에 노출되었을 때 또 다른 피실험자보다 더 많은 심박률의 차이가 나타난다. 이는 가상환경에서도 실제와 완벽히 같을 수는 없지만 그래도 비슷하게 공포감을 느낀다는 것을 알 수 있다.

가상환경에 훈련된 이후에 실제상황에 접했을 때의 심박률과 처음의 안정한 상태에서의 심박률을 비교한 것을 보면 가상환경에 노출되기 전보다 많이 호전된 모습을 보인다는 것을 알 수 있다. 가장 심한 차이를 보이는 피실험자를 보면 심박수가 11BPM이나 떨어진 것을 볼 수 있다.

표 3. IHR 평균 및 차
Table 3. Average and difference of HR data

IHR	안정상태	현실노출	가상노출	가상노출후 현실노출
평균 IHR	69.62	86.75	77.62	81.5
안정상태와의 HR 차		17.13	8	11.88

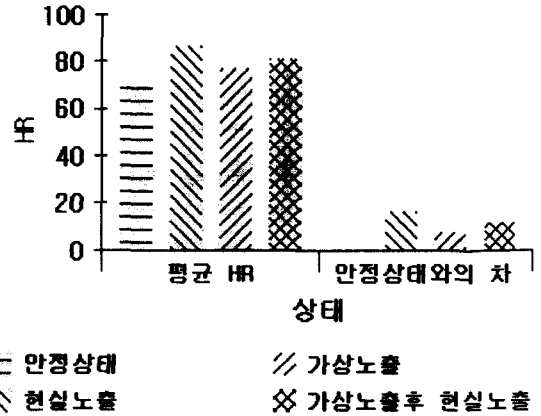


그림 12. HR 평균 및 차

Fig 12. Average and difference of HR data

표3은 안정상태, 현실노출, 가상노출, 가상노출후 현실노출 상태에서 피험자의 HR을 평균한 표이고, 그림 12는 표 3의 각 상황을 시각적으로 표현한 것이다. 위 표3과 그림12에서 알 수 있듯이 가상현실 노출전의 현실노출이 가상현실 노출 후 현실에 노출되었을 때보다 HR이 크다는 것을 알 수 있다. 이는 가상현실 노출후 현실노출에서 가상현실 전의 현실노출 시보다 공포증의 감소를 나타낸 것이다. 가상현실 노출전 보다 가상현실 노출후의 심박수가 30%이상 감소하는 것을 표 3을 통하여 알 수 있다.

5. 결 론

고소공포증의 치료에는 기존의 약물치료 방법과 인지·행동 치료 방법이 주로 쓰여왔었는데 약물치료는 효과의 지속성이 떨어지고 재발가능성 및 약물을 습관적으로 복용하게 되는 단점이 있으며, 인지·행동 치료방법은 실제상황에 직면하기를 꺼려하는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 본 연구에서는 개인용 컴퓨터를 기반으로 실제상황과 흡사한 가상환경현실을 이용하여 10층 건물을 따라 올라가는 전망 엘리베이터 가상환경을 구성하고, 노출에 대한 반복적 학습을 실시하였다. 고소공포증에 대한 치료효과를 측정하기 위하여 생체신호 측정 장치인 BIOPAC으로 ECG 측정과 불안측정 검사 질문지를 이용하였으며 환자에게 단 4주의 집중적 노출치료를 실시함으로써 실제 자극을 주는 상황에도 임할 수 있게 하였다. 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 가상환경에 몰입된 피험자는 가상현실 내에서도 두려움의 정도가 증가하였으며, 실제상황에서와 같이 어지러움증과 손에 땀이 나는 등의 신체적 증상을 호소하였고, 또한 각 상황에서의 훈련시간이 지속될수록 두려움의 정도는 감소하였다.

2. 실험 전후의 데이터의 결과에서 불안지수가 5점 감소한 것과 HR이 5.25BPM 감소한 것은 가상환경의 노출치료를 받은 후 피험자의 두려움의 정도가 전보다 감소된 것으로 나타났다.

3. 가상현실 노출치료에서 몰입감은 상당히 중요하며 이러한 가상환경에 몰입된 피실험자는 가상현실을 이용한 고소공포증 치료에 상당한 효과를 나타내는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과는 앞으로 대인공포증, 광장공포증 같은 다른 공포증의 치료에도 적용될수 있는 것으로 사료된다.

본 연구의 개선할 점 및 차후 연구에서는 가상환경에서 도료의 부착물에 애니메이션 효과를 주지 않아 실제감이 약간

떨어지는데 이는 시간적 지연을 줄이기 위해서 애니메이션 효과를 주지 않았으나 앞으로 시간적 지연이 없는 애니메이션 효과를 개발해야하고, 본 연구에서 측정한 ECG 뿐만 아니라 EEG, EMG, GSR 등의 테스트에 의한 정량적 분석이 이루어져야 하며, 마지막으로 HMD의 거부반응을 줄여 가상 환경에 장시간 몰입할수 있는 방법을 연구하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] American Psychiatric Association(1994), "Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders". 4th Edition. Washington D.C.

[2] Sheehan DV, "Tricyclic Antidepressants in the treatment of panic and anxiety disorders" *Psycho somatics* 27, 10-16. 1998

[3] M. North, S. M. North, and J. R. Coble, "Virtual Reality Therapy: An Effective Treatment for Psychological Disorders", *Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology* IOS Press, 1997

[4] D. Strickland, L. Hodges, M. North, S. Weghorst, "Overcoming Phobias by Virtual Exposure", *Comm. ACM*, Vol. 40, No.8, pp.34-39, 1997

[5] R. W. Bloom, "Psychiatric Therapeutic Applications of Virtual Reality Technology(VRT): Research Prospectus and Phenomenological Critique", *medicine Meets Virtual Reality* IOS Press, 1997

[6] M. P. Huang, H. Himle, K. P. Beier, N. E. Alessi, "Comparing Virtual and Real Worlds for Acrophobia Treatment" *Medicine Meets Virtual Reality* IOS Press, 1998

[7] B. O. Rothbaum, L. F. Hodges, R. Kooper, D. Opdyke, J. S. Willford, M. North, "Effectiveness of Computer-Generated(Virtual Reality) Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia", *Am J Psychiatry* 152:4, pp.626-628, 1995

[8] B. O. Rothbaum, "Virtual Reality Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia: A Case Report", *Behavior Therapy*, Vol.26, pp.547-554. 1995

[9] M. North, S. M. North, J. R. Coble, "Effectiveness of Virtual Environment Desensitization In The Treatment of Agoraphobia". *The International Journal of Virtual Reality*, Vol.1, No.2, pp.25-34, 1995

[10] M. North, S. M. North, "Relative Effectiveness of Virtual Environment Desensitization in the Treatment of Aerophobia", *The Archnet Electronic Journal on Virtual Culture*, Vol.2, Sept. 1994

[11] M. Slater, D. P. Pertaub, A. Steed, "Public Speaking in Virtual Reality: Facing an Audience of Avatars", *IEEE Computer Graphics & Application* Vol.19 No.2 pp6-9, March/April 1999

[12] M. P. Huang, J Himle, N. E. Alessi, et al., "Comparing Virtual and Real Worlds for Acrophobia Treatment". *Medicine Meets Virtual Reality*, IOS Press and Ohmsha, 1998

[13] M. M. North, S. M. North, and Joseph R. Coble, "Virtual Environments Psychotherapy: A Case study of Rear of Flying Disorder". *Presence*, Vol. 6, No. 1, 127-132, February 1997

[14] S. Bangay, L. Preston, "An Investigation into Factors Influencing Immersion in Interactive Virtual Reality Environments". *Virtual Environments in Clinical*

Psychology and Neuroscience, IOS Press, 43-51. 1998

[15] B. K. Wiederhold, R. Davis, M.D. Wiederhold, "The Effects of Immersiveness on Physiology". *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience*, IOS Press, 52-60. 1998

저 자 소 개



백 승 은 (白 承 殷)

1971년 11월 20일 생. 1999년 명지대 전기 전자공학부 졸업. 2001년 동 대학원 전기정보 제어공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기정보 제어공학과 박사과정.

Tel : 031-330-6470

E-mail : ronin@mju.ac.kr



유 종 현 (柳 宗 賢)

1974년 9월 7일 생. 1997년 명지대 제어계측 공학과 졸업. 1999년 동 대학원 제어계측 공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기정보 제어공학과 박사과정.

Tel : 031-330-6470

E-mail : robot@mju.ac.kr



백 승 화 (白 承 和)

1953년 6월 12일 생. 1977년 연세대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1991-1992년. 1999-2000년 Univ. of Missouri columbia school of Medicine. Research Associate. 현재 명지대 전기정보

제어공학부 교수.

Tel : 031-330-6470

E-mail : signal@mju.ac.kr