

논문 2016-53-12-20

VR HMD에서의 비전 테라피 활용을 위한 기술 요소 연구

(A Study on Technical Elements for Vision Therapy based on
VR HMD)

최 상 미*, 김 정 호**, 권 순 철***, 이 승 현***

(Sangmi Choi, Jungho Kim, Soonchul Kwon, and Seunghyun Lee[Ⓞ])

요 약

최근 스마트폰의 대중화 및 저가형 헤드 마운트 디스플레이(head mounted display, HMD) 보급으로 가상현실(virtual reality, VR)이 다양한 분야에 응용되고 있다. VR HMD는 시각, 청각 등 인간의 감각기관을 통해 실제와 같은 체험을 가능케 하는 인터페이스 기기이다. 양안 디스플레이, 360도 콘텐츠 구현, 깊이 정보에 의해 구현됨에 따라 인간의 여러 감각기능 중 시각과 관련이 있다. 기존의 연구는 주로 멀미, 시각피로와 같은 유해성 측면에 대한 감소 방안 연구가 주로 이루어졌으며, 시각 치료 등에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 논문은 VR HMD에서의 비전 테라피 활용을 위한 기술 요소 도출 및 활용 가능 분야를 알아본다. 이를 위해 기존 사례연구 및 기술 요소를 분석하여 비전 테라피 16 분야를 도출하였고, VR HMD 시표 활용을 위한 광학적 파라미터를 도출하였다. 본 연구 결과는 VR HMD 기반을 둔 비전 테라피 시표 개발에 활용 될 것으로 기대된다.

Abstract

Thanks to mass production and provision of smartphones and the HMD (head mounted display), VR (virtual reality) is now being applied to various areas. The VR HMD is the interface equipment which allows users to have realistic experiences through human sensory organs such as vision and auditory sense. Since the majority of VR equipment is operated by the display for both eyes, 360-degree video content and the depth information, the VR mechanism is closely related to human senses, especially vision. Previous studies have focused on how to minimize negative impact such as motion sickness or visual fatigue. Little attention has been paid on research about the visual treatment. Therefore, the focus of this study is to develop technical elements for utilization of vision therapy with the VR HMD and explore possible areas to apply it. To this end, we analyzed the past case studies and technical elements to identify 16 areas for vision therapy. We also developed the optical parameters for utilization of the VR HMD visual targets. The result of this study is expected to be utilized for development of visual targets for vision therapy based on the VR HMD.

Keywords : Virtual reality, Head mounted display, Vision therapy

I. 서 론

가상현실(Virtual Reality, VR)은 컴퓨터 등을 사용하여 인공적인 기술로 만들어진 임의의 특정한 환경 및 상황 혹은 그 기술 자체를 의미한다. 실제와 매우 유사

* 학생회원, *** 정회원, 광운대학교 홀로그래피3D콘텐츠학과 (Dept. of Holography 3D Contents, Kwangwoon Univ.)

** 학생회원, 광운대학교 플라즈마바이오디스플레이학과 (Dept. of Plasma Bio Display, Kwangwoon Univ.)

Ⓞ Corresponding Author (E-mail: shlee@kw.ac.kr)

※ 이 논문은 2016년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

Received ; October 27, 2016 Accepted ; November 30, 2016

하며 만들어진 가상의 환경이나 상황 등은 사용자의 오감을 자극하고 실제와 유사한 공간적, 시간적 체험을 하게함으로써 현실과 상상의 경계를 자유롭게 드나들게 한다. 또한 사용자는 가상현실에 단순히 몰입할 뿐만 아니라 실재하는 디바이스를 이용해 조작이나 명령을 가하는 등 가상현실 속에 구현된 것들과 상호작용이 가능하다. 가상현실은 크게 VR HMD, 프로젝션 가상현실, 가상현실 시뮬레이션 방식이 있다^[1~2]. 본 논문에서 사용한 VR HMD는 머리에 직접 착용하는 기기로 고해상도의 디스플레이와 자이로스코프 등의 센서를 기반으로 한 가상현실 체험 디바이스다.

최근의 VR HMD는 자이로스코프 센서와 360도 시야(360 degree field of view) 및 스테레오스코픽 3D(stereoscopic 3D) 기술을 활용하여 가상의 콘텐츠를 구현한다. 이러한 요소기술로 인해 VR HMD는 인간의 시각특성과 많은 관련이 있다^[3~4]. 특히, VR HMD를 이용하는 휴먼팩터(human factor) 분야의 연구에서는 두통, 멀미 등의 생리적 부작용 측면에서의 주연구가 이루어져왔으며, Vision Therapy 분야의 연구는 부족한 실정이다^[5]. 따라서 본 논문에서는 인간의 시각에 대한 이해와 VR HMD 요소기술 분석을 통해 비전 테라피(vision therapy) 응용 가능성에 대해 연구목적을 둔다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이론적 배경으로 HMD 및 비전 테라피에 대해 설명한다. 3장에서는 비전 테라피 응용을 위한 HMD 요소기술 도출 및 한계점 대해 제시한다. 4장에서는 사례연구 및 비전 테라피 응용 가능한 서비스 모델 제시하고, 5장에서는 결론을 기술한다.

II. 이론적 배경

1. HMD(head mounted display)

HMD는 머리에 착용하는 형태의 디스플레이 장치이다. 주로 가상현실 또는 증강현실의 구현을 위한 디스플레이 장치로써 사용된다. 최근의 HMD는 다양한 센서 기술과 무선 기술을 통해 진보되었으며, 특히 디스플레이를 탑재하는 대신에 사용자의 스마트폰을 디스플레이로 활용한다. 이러한 VR HMD의 기술요소로는 고해상도 디스플레이, 무선 통신 장치, 자이로센서 360도 시야 및 스테레오스코픽 3D 기술을 활용한 가상의 콘텐츠가 기본요소 기술이라 할 수 있다. HMD를 통한 몰입형 가상현실은 기존의 디스플레이와는 달리 인간을 보다 인터랙티브하고 몰입적인 환경으로 이끌어 현실성을 높여주는 하드웨어와 콘텐츠들이라 할 수 있다^[4~5].

그림 1과 같이 HMD의 양안 디스플레이는 스테레오스코픽 콘텐츠 구현을 가능케 하며^[6], 자이로 센서에 의한 360도 콘텐츠의 시점 조정이 가능함에 따라 몰입감이 증대된다.

2. 비전 테라피(vision therapy)

VR HMD는 인간의 시각특성을 활용하여 다양한 분야에서 비전 테라피 활용이 가능하다. 비전 테라피는 시력훈련이라고도 하며 안구 운동 장애, 양안시 기능 이상, 조절 장애 등을 교정하고, 그와 관련된 증상을 개

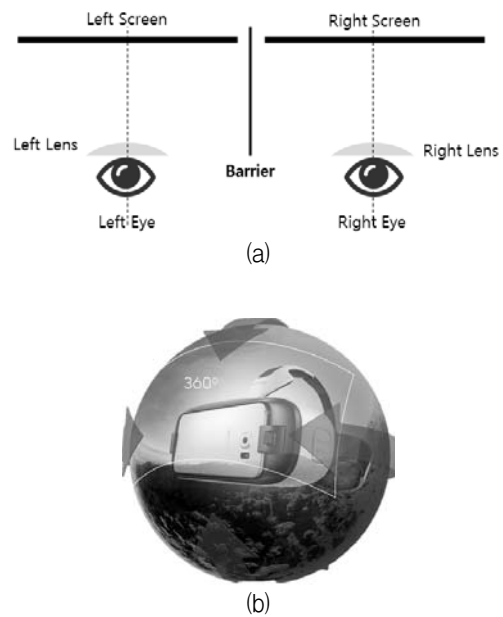


그림 1. VR HMD의 일반적인 구조 (a) 양안식 디스플레이, (b) 자이로 센서에 의한 360도 콘텐츠 구현
Fig. 1. Structure of VR HMD (a) Binocular display, (b) Implementation of 360 degree contents by gyro sensor (source : www.samsung.com).

선하기 위한 임상적인 접근 방법이다. 즉, 비수술적인 방법으로 시각 훈련을 통한 시기능을 개선하는 방법으로 다양한 넓은 범위를 포함한다^[7].

시각 능력은 일정한 조건에서 사물을 볼 수 있는 시력 외에, 근거리 물체를 볼 수 있는 조절력(amplitude of accommodation), 두 눈이 보는 상을 하나로 합치는 융합력(fusional amplitude), 두 눈이 같은 방향으로 움직이는 동향안구운동능력(conjugate movement), 움직이는 물체를 주시하는 추종운동(pursuit eye movement), 충동운동(saccadic eye movement) 등의 다양한 시기능(visual function)이 있다^[8~9].

본 장에서는 운동성 융합(motor fusion), 감각성 융합(sensory fusion) 그리고 동체 시력(dynamic visual acuity)에 대해 기술한다.

가. 운동성 융합과 감각성 융합

융합(fusion)은 좌우 양안을 통해 들어온 상이 망막에 투영되어 대뇌 피질(cerebral cortex)에서 하나의 상으로 인식하는 기능이다. 융합에는 운동성 융합(motor fusion)과 감각성 융합(sensory fusion)으로 나누어지며, 세부적으로는 감각성 융합(sensory fusion) 내에 중심부 융합(central fusion)과 주변부 융합(peripheral fusion)으로 분류된다. 관찰자가 외부 물체를 주시할 때, 동시

시(simultaneous binocular perception)가 된 이후 1차적으로 운동성 융합이 발생하여 두 눈의 위치를 조정한다. 2차적으로 양안(binocular vision)을 통해 들어온 상이 대뇌로 전달되어 감각성 융합을 일으켜 단일시(single vision)가 만들어지게 된다. 이러한 융합 프로세스를 통해 양안시에 의한 입체시(stereo vision)가 가능해진다^[5, 8].

나. 동체 시력

동체 시력(dynamic visual acuity)은 물체나 관찰자가 움직이는 상태에서 대상을 볼 수 있는 능력을 의미한다. 동체 시력의 종류에는 충동안구운동(saccadic eye movement), 추종안구운동(pursuit eye movement), 전정안구운동반사(vestibular-ocular reflex), 주시 안정성(visual fixation) 등이 있다.

특히, 충동안구운동은 움직이는 물체의 상을 망막 중심와(fovea)에 위치시키기 위한 눈동자의 움직임 뜻한다. 즉, 이미 주시하고 있는 물체에서 다른 물체로 시선을 옮겨 보고자 할 때의 안구 움직임이 충동안구운동이다^[5, 9].

동체시력운동은 시운동 안전 초기가속도에 관계하여 visual input을 통해 전정안반사를 억제하거나 보강하는 역할을 한다. 이러한 기능의 훈련을 통해 시야장애 치료에 활용은 물론 뇌도 트레이닝을 하여 이용자의 시각-지각 학습 능력이 높아지고 인지능력을 발달시킬 수 있다.

III. 비전 테라피를 위한 VR HMD 기술 요소 도출

1. 기술 요소

가. 360도 정보

VR 콘텐츠는 그림 2와 같이 자이로 센서(gyro sensor)에 의해 방향 회전에 따라 영상을 보여주기 때문에 HMD를 통해 360도 영상으로 구현될 수 있다. 자이로 센서는 회전하는 물체의 역학운동(mechanics motion)을 이용한 개념으로, 위치 측정과 방향 설정 등에 활용되는 기술이다.

나. 양안 동시 정보

VR HMD의 구조는 그림 3과 같이 이미지를 출력하는 스크린과 얇은 비구면 렌즈(aspherical lens) 한 쌍, 스크린을 좌/우로 분리하는 배리어(barrier)로 이루어져

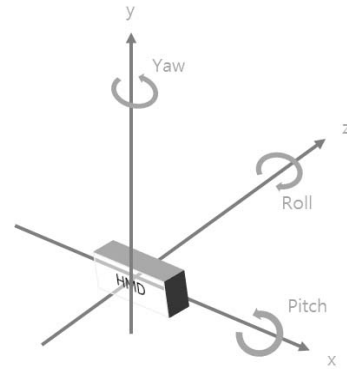


그림 2. 자이로스코프에 의한 360도 디스플레이
Fig. 2. 360-degree display with gyroscope.

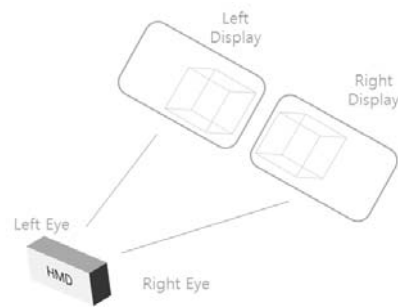


그림 3. VR HMD에서의 양안 디스플레이 구현 구조
Fig. 3. Binocular display structure of VR HMD.

있다. 배리어(barrier)의해 분리된 좌/우 이미지는 양안이 각각 받아들인다.

다. 깊이 정보

일반적으로 양안이 받아들이는 이미지가 동공간 거리(Pupillary Distance, PD)로 인해 차이가 발생하고, 뇌의 융합을 통해 하나의 이미지로 인식한다. 양안이 받아들이는 이미지에 시차를 적용하여, 깊이 값(depth information) 구현이 가능하다. 그림 4는 양안 디스플레이에서의 양의 시차 및 음의 시차에 의한 깊이 정보 구현 방법을 보여준다.

2. HMD 기술 요소 한계점

HMD는 낮은 해상도, 지연시간, 그리고 양안식 디스플레이에서의 조절 및 폭주 불일치 한계를 가진다. 양안식 입체 영상 디스플레이에서는 그림 5와 같이 조절과 폭주의 거리 정보가 불일치한다. 이로 인해 시각 피로가 발생된다^[11].

HMD의 낮은 해상도는 여러 산업분야에서 공통적으로 제기되는 문제이다. 일반적으로 각 단안 디스플레이는 2.5K 픽셀 수를 가진다. 중심와 영역 (0.6 - 0.9 분각)을 고려하면, 16K × 16K 해상도가 요구된다.

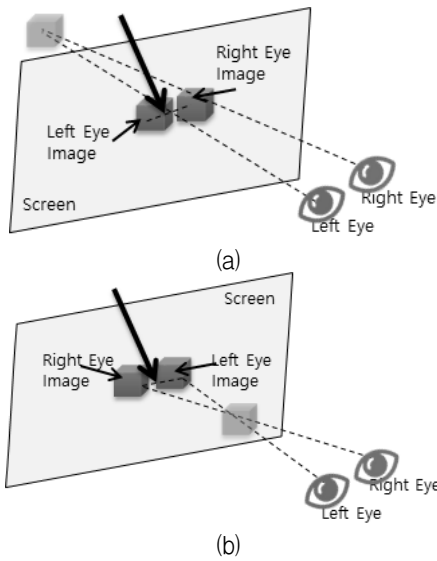


그림 4. 시차 깊이 정보 구현 (a) 양의시차, (b) 음의시차
 Fig. 4. Implementation of depth information by disparity (a) Positive parallax, (b) Negative Parallax.

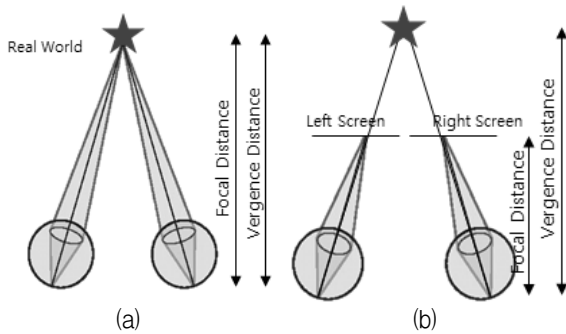


그림 5. 조절 및 폭주 정보 불일치 (a) 실제 정보 (b) 양안식 디스플레이
 Fig. 5. Vergence and accommodation conflicts by binocular display (a) Real World, (b) Binocular display.

지연시간은 구현되는 어플리케이션에 의해 차이가 있으며, 모션 지연시간에 의한 멀미를 유발한다. 20 ms ~ 40 ms 이내의 반응시간이 필요하며, 이를 위해서는 최적화된 렌더링이 요구된다.

IV. 서비스 모델 응용 연구

1. 사례연구

가. 약시치료

기존의 약시 치료방식은 크게 가림치료와 처벌치료로 분류된다. 가림치료는 정상안을 안대 등으로 강제 차폐한 후 사용하지 못하게 하여 약시안만을 사용하도록 하는 방법으로, 현재까지 효과가 가장 우수한 방법

으로 알려져 있다. 하지만 양안시 기능이 발달 중인 영유아의 경우 양안시 발달에 방해가 될 수 있다는 단점이 있다. 전일가림법으로 시작하여 약시안의 시력을 정상 수준까지 올린 후 가림치료의 시간을 줄여 나가는 것이 효과적이다. 처벌치료는 아트로핀(atropine), 스코폴라민(scopolamine) 등의 조절 마비제(부교감 신경 마비제)를 정상안에 점안하여 치료하는 방법이다. 정상안에 약물이 투여되면 조절마비가 되어 근거리는 약시안으로 주시하고, 원거리는 정상안으로 주시하게 된다. 그러나 이러한 치료는 환자 순응도 때문에 부작용이 나타날 수 있고 복잡하기 때문에 심각한 시력장애에는 비효율적 방법이라 할 수 있다.

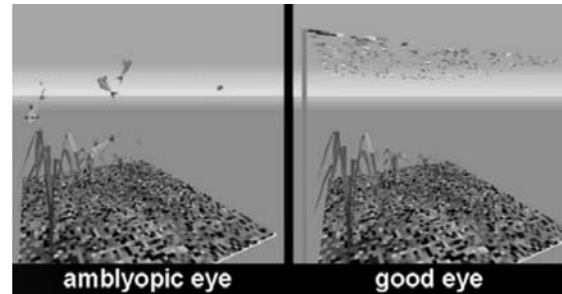


그림 6. 3D 가상현실 콘텐츠를 활용한 약시 치료^[13]
 Fig. 6. Treating amblyopia with 3D virtual reality.

그림 6은 HMD 양안식 디스플레이를 이용한 약시 치료 어플리케이션 사례를 보여준다. HMD를 이용한 약시치료는 HMD의 요소기술 중, 양안동시정보 기능이 사용된다. 약시안 방향의 디스플레이에 동적 콘텐츠를 투사하고, 정상안 방향의 디스플레이에는 정적 콘텐츠를 투사하여 양안을 동시에 주시하게 만든다. 이 방법은 가림치료나 처벌치료처럼 임의로 융합을 깨뜨리지 않고, 사용자가 자연스러운 양안시 환경에서 치료를 수행할 수 있다^[12-13]. 비전치료의 경우 환자는 시력의 회복, 깊이인식, 영상처리 능력과 눈과 손의 협응력 향상 등 좋은 결과를 얻을 수 있고 연령 한계도 없다.

나. 동체 시력 강화

동적 시력(dynamic visual acuity)은 물체나 관찰자가 움직이는 상태에서 대상물을 볼 수 있는 능력을 의미한다. 주위 상황의 변화에 반응하여 일정한 움직임이 필요한 스포츠 등의 수행능력에서 중요한 역할을 한다. 동적 시력은 크게 두 가지로 분류된다. 첫 번째는 좌우로 이동하는 물체를 인식하는 횡방향 동체 시력(Dynamic Visual Acuity: DVA)이 있고 두 번째는 전

후로 움직이는 물체를 인식하는 종방향 동체 시력 (Kinetic Visual Acuity: KVA)이 있다.

동체 시력에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 측정시스템의 물리적 요인과 측정대상의 생리적 요인으로 분류할 수 있다. 물리적 요인은 시표의 밝기, 이동속도, 조사 시간, 크기 등이 있으며, 생리적 요인은 눈의 해상력, 주변부 인식능력, 안구운동능력 등이 있다.

움직이는 동안 분명하게 보는 것은 시각 능력에 매우 중요하지만, 표준시력 테스트에서는 이러한 시각 능력 측정이 정립화 되어 있지 않다. 그림 7의 사례는 VR HMD에 DEM(developmental eye movement) 테스트 차트를 이식하여 동체 시력 중 하나인 충동안구운동검사 차트로써 구현된 모델을 보여준다^[14].

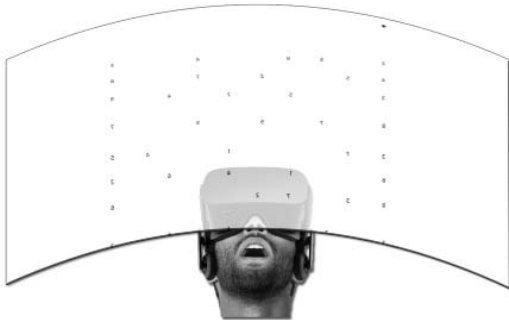


그림 7. VR HMD를 활용한 동체 시력 측정^[14]
Fig. 7. Developmental eye movement with VR HMD.

2. 서비스 적용 모델 연구

본 논문에서는 VR HMD에서의 비전 테라피 적용 가능 분야 도출과 기존의 비전 테라피 시표를 VR HMD 시표를 변경하기 위한 광학적 파라미터를 도출한다.

가. VR HMD 시표 구현을 위한 광학 파라미터

기존의 비전 테라피에 적용되던 시표를 VR HMD 기반의 시표로 적용 시, 요구되는 광학적 파라미터는 3가지로 분류한다. 첫째, 시표에 적용되는 텍스트, 기호 등의 파라미터이다. 그림 8은 VR HMD에서의 렌즈 배율

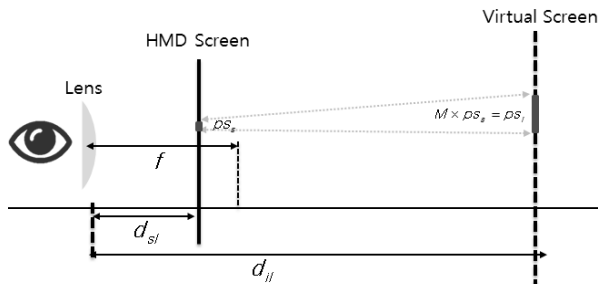


그림 8 VR HMD 배율
Fig. 8. VR HMD Magnification.

을 보여준다. 기존 시표에 적용되었던 시청 거리 대비 텍스트, 기호 등의 크기를 VR HMD 에서의 거리 및 배율을 고려하여 환산한다.

식 1은 렌즈의 초점거리 공식을 보여준다.

$$\frac{1}{d_{sl}} + \frac{1}{d_{il}} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

여기서, d_{sl} 은 HMD 렌즈와 디스플레이 사이의 거리, d_{il} 은 HMD 렌즈와 허상이 맺히는 가상 디스플레이 사이의 거리, f 는 HMD 렌즈의 초점거리이다.

식 2는 렌즈 결상 공식에 따라 배율 M 을 보여준다. 식 1에 의해 얻어진 d_{sl} , d_{il} 을 대입하여 확대 배율을 구한다.

$$M = \frac{d_{il}}{d_{sl}} \quad (2)$$

식 3은 배율 M 에 의해 HMD 디스플레이에서의 구현되는 텍스트, 기호 등이 허상이 맺히는 가상 디스플레이에서 구현되는 크기를 구한다.

$$ps_i = M \times ps_s \quad (3)$$

여기서, ps_i 은 허상이 맺히는 가상 디스플레이에서의 텍스트, 기호 등의 크기이며, ps_s 은 HMD 디스플레이에서의 텍스트, 기호 등의 크기이다.

둘째, 콘텐츠 구현의 시야각 범위 설정이다. 그림 9는 인간의 단안 및 양안 시야 범위를 보여준다. VR HMD의 콘텐츠 제작 시, 어안 렌더링을 통해 인간의 시야각 파라미터에 대응하는 화각으로 구현한다.

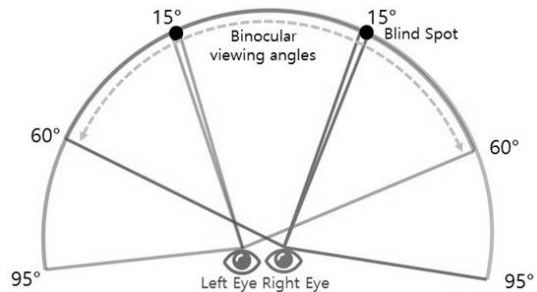


그림 9. 시야각
Fig. 9. Field of view of human eye.

마지막으로, 입체시를 위한 시차 값 구현이다. VR HMD에서의 입체시 측정은 허상이 맺히는 가상스크린 기준에서 환산한다.

3차원 공간인 시야 내에 있는 물체가 2차원 면인 좌우 망막의 파눈 영역(Panum's fusional area)에서 좌우의 다른 모양 상으로 양안 비대응결상을 하면 입체적으로 지각되고 원근감을 느끼게 된다. 이것을 입체시(stereopsis) 또는 심도지각(depth Perception) 이라고 한다. 입체시 능력을 수치적으로 나타낸 것을 입체시력이라고 하며, 원근 구별을 지각할 수 있는 최소의 양안 비대응량으로 정의된다. 아래 수식과 같이 정의된다.

$$d\theta = \frac{PD \times ds}{d_{il}^2} \times 206,265 \quad (4)$$

여기서, $d\theta$ 은 입체시력, PD 은 동공간거리, ds 은 깊이감을 인지할 수 있는 최소 거리(시차), d_{il} 은 주시 거리(검사 거리), 206,265은 미터 단위를 각도 단위로 바꾸는 환산계수이다.

$d\theta$ 값이 작을수록 깊이감을 인지할 수 있는 구별능력이 정교해짐을 의미한다. 입체시력 $d\theta$ 은 주시 거리 d_{il} 의 제곱 값에 반비례하므로 주시 거리가 멀어진 상태에서 깊이감을 인지할수록 더 정교한 입체시를 의미한다. PD 와 ds 값은 클수록 입체시를 더 민감하게 느끼게 된다.

그림 10과 같이 VR HMD 양안식 디스플레이에서 구현되는 텍스트, 기호 등의 시차 값에 의해 입체시를 고려한 깊이 정보를 구현한다.

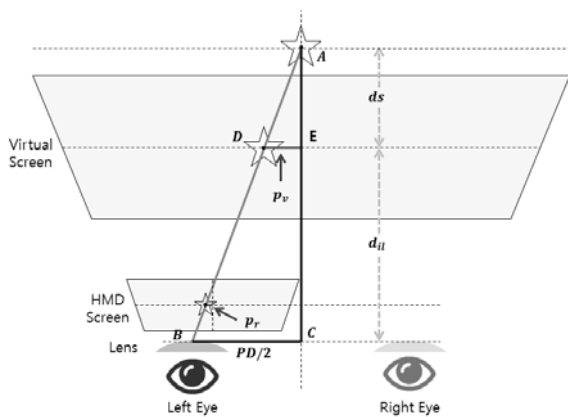


그림 10. HMD에서의 입체시
Fig. 10. Stereopsis based on HMD.

식 6은 삼각 공식에 따라 시차 값에 의한 깊이 정보 환산 공식이다.

$$p_v : ds = PD/2 : d_{il} + ds \quad (6)$$

여기서, p_v 은 가상 스크린에서의 시차 값, ds 은 깊이

정보, PD 은 동공간거리, d_{il} 은 주시거리(HMD 렌즈와 가상디스플레이 사이의 거리)이다. 식 (6)을 깊이 정보 기준으로 정리하면 식 (7)과 같다.

$$ds = \frac{2d_{il} \cdot p_v}{PD/2 - 2p_v} \quad (7)$$

식 8은 식 4에 식 7을 대입하여 VR HMD에서의 시차 값에 의한 깊이 정보에 따른 입체시 구현 식이다.

$$d\theta = \frac{PD \times \left(\frac{2d_{il} \cdot p_v}{PD/2 - 2p_v} \right)}{d_{il}^2} \times 206,265 \quad (8)$$

나. 서비스 적용 분야

그림 11은 VR HMD에서의 기술 요소 별 비전 테라피 응용분야를 보여준다. 360도 시야는 헤드 움직임에 따른 콘텐츠 구현이 가능하다. 이러한 기술은 동체 시력 개선에 적용 가능하다. 추종운동(Pursuit eye movement)의 경우 헤드 움직임에 따라 피사체 추적이 가능하며, Saccadic의 경우 시점 별 특정 콘텐츠를 확인 가능하다.

양안 동시 정보는 양안의 배경이 융합된 상태에서 특정 눈에 지속적인 자극을 줄 수 있다. 따라서 약시 및 감각성 융합에 해당하는 영역의 치료와 트레이닝이 가능하다.

깊이 정보는 일반 스테레오스코픽 3D 디스플레이에서와 같이 화면에서 좌우 시차에 의한 깊이 자극(depth stimulus)을 줄 수 있다. 따라서 편위(deviation) 및 폭주(convergence), 개산(divergence) 등의 운동성 융합 영역에 해당하는 치료와 트레이닝이 가능하다.

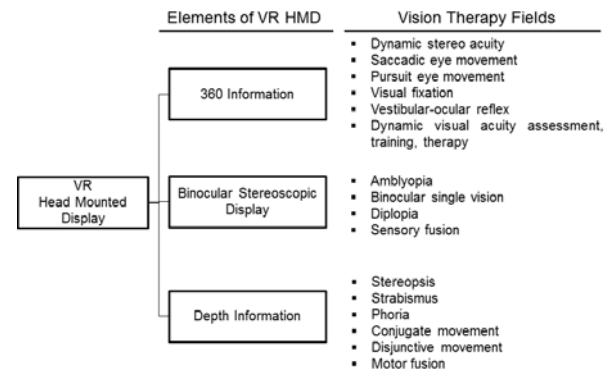


그림 11. VR HMD 기반의 비전 테라피 응용 영역
Fig. 11. Vision therapy fields with VR HMD.

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구는 VR HMD에서의 비전 테라피 활용을 위한 기술 요소의 도출 및 응용을 위한 파라미터 연구를 하였다. VR HMD의 양안 디스플레이, 360도 콘텐츠, 그리고 깊이 정보는 감각성 융합, 운동성 융합, 그리고 동체 시력 분야에 응용 가능성을 확인하였다. 또한 VR HMD에서의 기존 시표를 활용하기 위해 요구되는 광학 파라미터를 도출하였다. 추후 비전 테라피를 위한 콘텐츠 구현 및 임상 실험으로 객관적인 치료 효과 검증 연구가 요구된다.

performance and cause visual fatigue,” Journal of Vision, Vol. 8, No. 33, 2008.

- [12] Vivid Vision, <http://www.seevividly.com/>
- [13] P E Waddingham, S V Cobb, R M Eastgate, and R M Gregson, “Virtual reality for interactive binocular treatment of amblyopia,” Proc. 6th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech., Esbjerg, pp. 201~208, 2006.
- [14] Soonchul Kwon, Junho Kim, Seunghyun Lee, Hojun Son, and Sungdae Hong, “Method for the testing dynamic visual acuity and system for dynamic visual acuity test performing the same”, Korea Patent no. 10-2016-0077194, 2016.

REFERENCES

- [1] Jason, J., The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality, ACM BOOKS, 2005.
- [2] Choon-sung Shin, Byoung-ha Park, and Gwang-mo Jung, “A Study of Application Technology and Development Tendency on the Virtual Reality Training,” The magazine of KIICE, Vol. 16, No. 1, pp. 17-23, 2015.
- [3] Jung-yeob Han, “Study on the Feature of Mobile HMD-Based VR Experience Contents Design,” Journal of Korea Institute of Spatial Design. Vol. 35, pp. 199-207, 2015.
- [4] Alaric Hamacher, Soon-chul Kwon, and Taeg-keun Whangbo, “Analysis of depth perception in smart phone HMDs,” 1st EEECS 2016, Phuket, Thailand, January, 2016.
- [5] Sangmi Choi, Jungho Kim, Soonchul Kwon, and Seunghyun Lee, “Analysis of Technical Elements of Vision Therapy based on VR HMD,” Global 3D Tech Forum, Seoul, Korea, October, 2016.
- [6] Ho-Jun Son, Jung-Ho Kim, Seung-Hyun Le, Alaric Hamacher, and Son-Chul Kwon, “A Study on Stereoscopic Depth Value in VR HMD,” Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol. 6, No. 4, pp. 31-40, 2016.
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Vision_therapy
- [8] P. J. Sung, OPTOMETRY, Daihaks, 2008.
- [9] L. G. Hoffman, M. Rouse and J. B. Ryan, “Dynamic Visual Acuity: A Review,” Journal of the American Optometric Association, Vol. 52, No. 11, pp. 883-887, 1981.
- [10] WebVR concepts, <https://developer.mozilla.org>.
- [11] David M. Hoffman, Ahna R. Girshick, Kurt Akeley, and Martin S. Banks, “Vergence accommodation conflicts hinder visual

저 자 소 개



최 상 미(학생회원)
 2003년 아주대학교 IT경영전략 석사
 2015년~현재 광운대학교 홀로그래피3D콘텐츠학과 박사과정

<주관심분야 : 3D디스플레이, 실감 미디어, 디지털 홀로그래피>



김 정 호(학생회원)
 2013년 경운대학교 안경광학과 시교정학진공 석사
 2013년~현재 광운대학교 플라즈마 바이오디스플레이학과 박사과정

<주관심분야 : 옵토메트리, 비전테라피, 휴먼팩터>



권 순 철(정회원)
 2012년 광운대학교 정보디스플레이학과 공학박사
 2013~현재 광운대학교 정보콘텐츠대학원 조교수

<주관심분야 : 3D디스플레이, 홀로그래피, 휴먼팩터>



이 승 현(정회원)
 1984년 광운대학교 전자공학과 학사
 1986년 광운대학교 전자공학과 석사
 1993년 광운대학교 전자공학과 박사
 1993~현재 광운대학교 정보콘텐츠대학원 교수
 1994~현재 ISU(International Stereoscopic Union) 한국대표

<주관심분야 : 광정보처리, 3D디스플레이, 디지털 홀로그래피>