

휴대 가능한 접이식 핸드폰 케이스 형태의 머리에 쓰는 가상현실 기기(HMD) Virtual Reality Device (HMD) in the Form of Portable Foldable Cellular Phone Case

제 1 저자명
1st Author name
소속기관
소속기관 영문명
e-mail address

제 2 저자명
2nd Authurname
소속기관
소속기관 영문명
e-mail address

홍길동
Gildong Hong
율도국대학 의적학과
Dept. of Bandit,
Yuldo National Univ.
gdhong@yuldo.edu

요약문

본 연구는 먼저 HMD(Head-mounted Display) 기기의 현 상황에서의 가능성과 동시에 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방법으로 기능, 가격과 휴대성을 동시에 갖춘 휴대용 접이식 가상현실 헤드셋을 제작하는 것을 목적으로 하였다. HMD 기기의 문제점 중 특히 휴대성 부분을 해결하기 위하여 휴대가 가능한 접이식 핸드폰 케이스 형태로 프로토타입을 제작한 후에 이를 바탕으로 사용성 평가를 하였다. 사용성 평가는 Tour Guide, You Tube, 그리고 Street Vue 의 세 가지 방법으로 실험을 하였으며, 휴대성 평가와 수익성 평가도 함께 진행하였다. 기능 면에서는 전체적으로 6 점을 상회하는 평균 점수가 나왔으며, 휴대성 평가도 7 점 척도를 기준으로 평균 6.48 점이 나왔고 수익성 면에서도 94%의 응답자가 구입할 의사가 있다고 대답하여 기능, 휴대성, 그리고 수익성도 만족시킨 결과가 나왔다. 아직은 움직임이 많이 포함된 콘텐츠에 있어서는 많은 대상자가 어지러움을 느껴 이러한 부분을 앞으로 소프트웨어를 개발함에 있어 고려해야 할 것으로 보인다.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the possibility and problems of current HMD devices and then, as a solution, to develop a portable foldable virtual reality headset equipped with high functionality, price competitiveness, and portability. In order to solve particularly the portability issue among the problems of HMD devices, we built a prototype in the form of portable foldable cellular phone case and evaluated its usability. Usability was tested in three forms Tour Guide, You Tube, and Street Vue, and portability was also evaluated together. The results were satisfactory in terms of function, but many of

the participants felt dizzy when the contents had many movements as in Street Vue and this may need to be considered in the development of software in the future work.

주제어

가상현실, HMD, Oculus Rift, Cardboard.

서론

2014 년 상반기에 머리에 쓰는 가상현실 기기인 HMD(Head-mounted Display) 분야에서 주목할 만한 이슈가 있었다. 2014 년 3 월에는 SNS 기업인 페이스북에서 웨어러블 기기인 “오쿨러스 리프트(Oculus Rift)”로 유명한 오쿨러스사를 23 억불 (약 2 조 5 천억원)로 인수하였는가 하면, 2014 년 6 월 4 췌주에 개최된 개발자 회의인 구글 I/O 2014 에서 가상현실 헤드셋의 일종인 “기어 VR” (모델명 SM-R320) 발표를 앞두고 있어 HMD 분야의 경쟁은 더욱 치열해질 전망이다.

하지만 이러한 HMD 분야에 주목할 만한 여러 기업들이 뛰어들고 있음에도 불구하고 아직 해결해야 할 문제점은 많이 남아있다. 본 연구에서는 먼저 HMD 분야에서 가장 주목을 받고 있는 오쿨러스사의 오쿨러스 리프트와 구글의 카드보드가 HMD 분야의 문제점을 어떻게 극복하고 있는 지에 대하여 분석하고 이를 통하여 현재 HMD 기기의 문제점을 알아본 후에 이를 해결하기 위한 새로운 HMD 기기의 프로토타입 제작 과정과 사용성 평가, 그리고 향후 연구의 계획을 서술하고자 한다.

관련 연구

HMD(Head-mounted Display)란 안경처럼 머리에 쓰고 대형 영상을 즐길 수 있는 영상표시 장치이다. 머리카나 눈에 장착하여 현장감을 얻을 수 있도록 한 소형 이미지 표시 장치의 일종으로 주로 가상현실 체험 시에 사용된다 [1]. HMD 에는 보통 가속도 센서와 자이로

센서가 탑재되어 머리의 움직임을 실시간으로 감지하여 그 방향에 따른 현실적인 시각적 영상을 제공한다 [2]. 이러한 HMD 를 활용하여 가상현실을 더욱 실제와 같이 체험할 수 있게 할 수 있기 때문에 게임이나 교육 분야는 물론 [3], 최근에는 의료 [4] 분야에 대한 다양한 형태의 적용에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.



그림 1. 오쿨러스사의 오쿨러스 리프트와 구글사의 카드보드: Oculus Rift(a), Cardboard(b).

오쿨러스 리프트(Oculus Rift) [5]는 오쿨러스사에서 만든 가상현실(VR) 헤드셋 기기로서 머리에 쓰고 보는 HMD 타입으로 제작되어 혼자서 기기를 머리에 장착하고 본다는 점에서 여러 명이 함께 TV 를 보는 것과는 다른 점이 있다 ([그림 1]의 (a) 참고). 보통의 HMD 기기는 3D 를 표현하는 방법으로 고립된 상황에서 양쪽 눈에 서로 다른 영상을 보여주기 위하여 양안에 서로 다른 LCD 를 탑재하는 방식을 주로 사용하여 왔는데 [6], 오쿨러스 리프트는 하나의 LCD 에서 양쪽의 눈에 보이는 영상을 모두 보여주면서 양안 렌즈의 각도로 조절하도록 하는 방식을 채택하여 기존의 약 1,000 달러 이상이었던 HMD 기기의 가격을 현재 약 360 달러의 수준으로 낮추는 데 결정적인 역할을 했다 [7]. 또한 양쪽의 볼록렌즈를 활용함에 있어 나타나는 화면 왜곡을 미리 계산하여 디스플레이에 영상을 보여줌으로써 간단하게 볼록렌즈의 거리 조절만으로도 초점이 맞춰질 수 있도록 설계하였다 [8]. 이러한 화면 왜곡을 미리 계산한 오쿨러스 리프트의 디스플레이 화면은 [그림 2]과 같다. 오쿨러스 리프트는 원래 게임 산업에서의 활용을 목적으로 개발되었으나 최근에는 다른 HMD 기기와 마찬가지로 교육 또는 의료 [9] 분야에서도 활발한 연구가 진행되고 있다.

2014 년 6 월에 발표한 구글(Google)사의 카드보드(Cardboard)는 여기에서 더 나아가 360 달러였던 오쿨러스사의 HMD 기기의 가격을 약 20 달러로까지 낮추는 것에 성공하였다 [10]. 구글에서는 골판지를 활용하여 누구나 쉽게 간단하게 HMD 를 제작할 수 있도록 제작 툴과 소프트웨어를 모두 오픈 소스로 공개하여 HMD 기기의 대중화에 더욱 가까이 다가갈 수 있도록 하였다. 특히 기존의 HMD 기기의 핵심 부품

중 하나였던 LCD 디스플레이 부분과 가속도, 자이로 센서 부분을 누구나 가지고 다니는 스마트 폰으로 대체함으로써 전체적인 HMD 기기의 가격을 파격적으로 낮출 수 있게 되었다. 영상을 보여줄 디스플레이를 개인의 스마트 폰으로 대체하고 스마트 폰에서는 간단하게 카드보드와 관련한 애플리케이션(Application)을 다운받아 설치함으로써 HMD 기기의 가격 문제를 해결한 것이다. 이로써 스마트 폰의 보급과 함께 HMD 의 대중적인 보급이 가능해지는 기회가 열리게 된 것이다 ([그림 1]의 (b) 참고).



그림 2. 오쿨러스 리프트의 디스플레이 화면

HMD 기기의 장점으로는 폐쇄된 공간을 만들어 줌으로써 가상현실을 체험하는 것에 보다 몰입할 수 있도록 해주고 양쪽 눈에 독립적인 영상을 보여줌으로써 기존의 3D 안경 등을 착용할 때보다 밝기나 해상도의 저하 없이 완성도 있는 입체 영상을 제공할 수 있다는 점에 있다 [11]. 또한 가속도 센서와 자이로 센서를 활용하여 머리의 움직임을 실시간으로 감지하여 그에 해당하는 영상을 제공함으로써 가상의 공간에서 고개를 돌리는 것과 같은 느낌의 영상을 연출할 수 있다.

하지만 이와 같은 장점에도 불구하고 HMD 의 시장은 아직 급속도로 확산되고 있지 않은데, 그 이유는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 그것은 바로 높은 가격으로 인한 진입장벽과 휴대하기 불편하다는 점이다 [12]. 이 중 가격과 관련한 부분은 앞서 언급한 대로 많은 발전이 있어 왔다. 실제 몇 년 전만 하더라도 HMD 기기의 가격은 약 1,000 달러 이상으로 대중화가 되기에는 매우 부담스러운 가격이었지만 현재 오쿨러스 리프트의 가격이 360 달러로 낮아지고 심지어 구글의 카드보드의 경우에는 누구나 20 달러 정도의 가격으로 제작이 가능해졌기 때문에 이제는 가격 면에서는 어느 정도 단점을 해결한 셈이다. 그러나 여전히 휴대성의 면에서는 많은 제약이 있는 것이 사실이다. 오쿨러스 리프트의 경우에도 크기도 외관상으로 클뿐더러 무게 또한 약 500g 으로 아직은 휴대하기에는 무거운 느낌이다. 구글의 카드보드는 무게 면에서는 많이

가벼워졌지만 여전히 부피를 많이 차지하고 재질 또한 종이 재질이어서 아직 휴대하기에는 많은 단점이 있다.

따라서 이러한 HMD 기기의 단점을 해결하고자 가격도 저렴하게 제작이 가능하면서 누구나 언제 어디서든 HMD 를 활용한 가상현실을 체험할 수 있도록 하기 위하여 휴대 가능한 HMD 기기를 제작하게 되었다.

프로토타입 제작

프로토타입 제작에 앞서 가장 많이 참조한 것은 구글의 카드보드 프로젝트였다. HMD 기기의 가격을 대폭 낮추기 위한 방법으로 HMD 기기의 핵심 부품인 디스플레이와 센서를 모두 이미 대중화 되어 있는 스마트폰으로 대체하였기 때문이다. 구글의 카드보드와 마찬가지로 본 연구의 프로토타입 또한 디스플레이 부분은 스마트폰의 디스플레이로 대체하였으며, 가속도 센서와 자이로 센서 또한 스마트폰에 탑재되어 있는 센서를 활용하는 방법으로 하여 비용을 최소화하였다. 이에 더 나아가 스마트폰을 그대로 활용하면서 휴대 가능하도록 제작하기 위하여 HMD 기기를 핸드폰 케이스와 일체형으로 필요시에만 변형하여 쓸 수 있도록 제작하는 방향으로 설계를 하여 가격 뿐만 아니라 휴대성도 갖추어 더욱 HMD 기기의 대중화에 기여할 수 있도록 하였다. 핸드폰은 삼성의 갤럭시 노트 3 를 기준으로 하여 갤럭시 노트 3 의 크기에 맞추어 설계하였다.

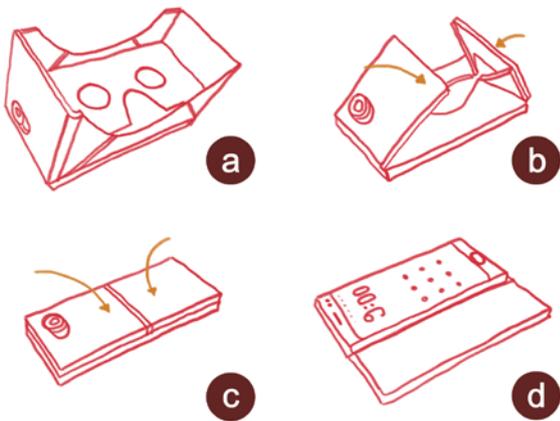


그림 3. 컨셉 스케치 디자인: HMD 기능을 펼친 모습(a), HMD 기능을 접는 과정(b,c), HMD 기능을 접은 후 핸드폰 조작용을 위해 케이스를 연 모습(d).

프로토타입 디자인에 앞서 먼저 얇은 종이로 카드보드의 형태를 제작한 다음, 휴대가 가능하도록 다방면에서 실험을 해보았다. 탈부착식으로도 실험해보고 접이식으로도 실험해본 결과, 접이식으로 제작하는 것이 휴대성이 높다는 결론에 이르러서 최종 스케치는 접이식 핸드폰 케이스로 디자인하게 되었다. 최종 스케치 디자인은 [그림 3]과 같다.

이를 바탕으로 실제 구현이 가능한 지 간단한 종이를 활용하여 먼저 프로토타입을 만들어 보았다. 렌즈를 비롯한 자세한 부분은 생략하고 먼저 접히는 부분에 관해서만 정확한 설계가 나올 수 있도록 다방면으로 제작을 해보았고 최종적으로 컨셉 스케치와 맞도록 핸드폰 케이스처럼 접히는 모양의 HMD 모델이 제작되었다. 종이로 만든 프로토타입의 모습은 [그림 4]와 같다.



그림 4. 종이로 만든 프로토타입 모습

종이로 완성한 설계도를 모두 분해한 다음 같은 크기로 최종 프로토타입을 완성하기에 앞서 먼저 3D 모델링을 통해 조금 더 확실한 설계 수치를 얻어내고자 하였다. 3D 모델링은 시네마 4D 프로그램을 활용하였으며, 이 과정에서 펼쳐질 때 자동으로 펼쳐질 수 있도록 재질

사이에 고무를 넣는 아이디어를 추가하기로 하였다. 또한 자동으로 펼쳐지기 전에는 이를 고정할 수 있도록 접힌 상태에서는 실을 감아 고정할 수 있도록 설계하였다. 최종 프로토타입의 3D 모델링 결과는 [그림 5]와 같다.



그림 5. 최종 프로토타입의 3D 모델링 결과.

최종 3D 모델링을 통하여 얻어낸 설계수치를 바탕으로 실제 프로토타입을 제작하기 시작하였다. 재질 사이에 고무를 넣어 자동으로 펼쳐질 수 있도록 제작하였고 이를 고정하는 방안으로 자석을 활용한 고정 방식을 선택하게 되었다. 자석을 활용하게 되면 언제든지 고정된 것을 손쉽게 떼었다 붙였다 할 수 있기 때문에 디자인 면에서나 휴대성 면에서 큰 장점이 있었다. 고정 부분만을 구현한 모습은 [그림 6]과 같으며 최종 프로토타입 구현 및 시현 모습은 [그림 7]과 같다.



그림 6. 케이스 고정부분 구현.



그림 7. 최종 프로토타입 구현 모습: 핸드폰 사용을 위하여 케이스를 펼친 모습(a), 펼친 상태에서 HMD 기능을 함께 펼친 모습(b), HMD 기능을 펼친 상태의 정면 모습(c), HMD 기능을 펼친 상태의 후면 모습(d).

사용성 평가 및 결과

사용성 평가는 대학교에 재학 중인 대학원생 50 명을 대상으로 직접 프로토타입을 시현하고 착용해본 후에 느낌을 7 점 척도를 통하여 표현하는 설문조사 방식을 채택하였다. 착용 후에 스마트 폰으로 구동한 애플리케이션은 구글에서 오픈 소스로 공개한 카드보드 앱(Cardboard App [13])을 활용하였다. 카드보드 앱의 기능 중에서 설문조사 시에 활용한 것은 Tour Guide, You Tube, 그리고 Street Vue 이렇게 세가지 기능이다. 첫째로, Tour Guide 기능은 프랑스 파리의 베르사유 궁전을 배경으로 궁전의 외곽의 모습과 내부의 모습을 둘러보며 가이드의 음성 지원으로 베르사유 궁전에 대한 자세한 설명이 나오는 기능이다. 이는 여행지를 미리 가상현실로 구경하며 해당 지역의 설명을 가이드의 음성으로 들을 수 있는 여행 가이드 애플리케이션으로의 가능성을 보여주는 예시로 여행 가이드 방면에서의 활용 가능성을 예측해 볼 수 있다. 둘째, You Tube 기능은 유튜브를 볼 수 있는 화면이 중앙에 배치되어 있고 그 주변에 360° 모든 방향에 걸쳐서 이미 보고 있는 화면 이외의 다른 선택지들을 보여 준다. 지금 보고 있는 유튜브 동영상 이외의 것을 보고 싶으면 고개를 자유롭게 돌려서 원하는 동영상을 중앙에 오도록 한 다음, 선택 버튼만 눌러주면 된다. 이는 유튜브를 비롯한 다양한 3D 동영상을 볼 때의 가상현실 헤드셋의 가능성을 예측해 볼 수 있는 좋은 예시가 된다. 마지막으로 Street Vue 기능은 파리의 시내를 자동차를 타고 빠르게 돌아다니면서 정지하고 싶을 때마다 선택 버튼을 눌러 정지시킬 수 있고 또 다시 선택 버튼을 누르면 원래대로 가던 길을 계속

가면서 시대를 계속 돌아다니는 기능이다. 이 기능은 구글 맵 등을 이용할 때 가상현실 헤드셋을 활용하여 3D로 지도를 볼 수 있는 가능성을 예시를 통해 알아볼 수 있게 한다. 세 가지 기능의 화면 모습은 [그림 8]과 같다. 이 세 가지 기능에 대한 유용성 평가와 어지러움의 정도를 대상자들에게 직접 착용하게 하여 사용성 평가를 진행하였고 프로토타입의 전체적인 휴대성 평가와 수익성 평가도 동시에 하였다.

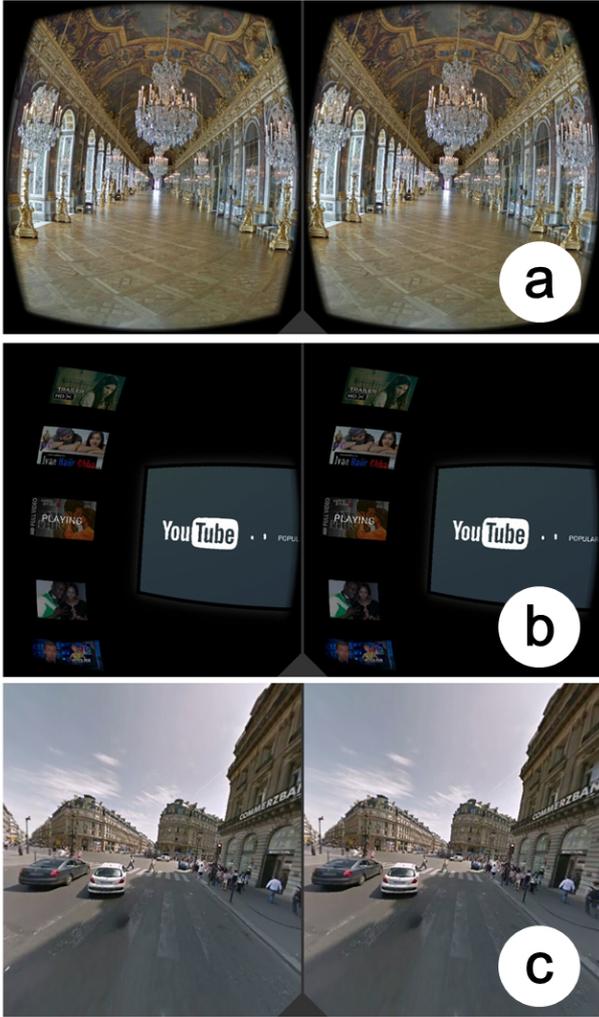


그림 8. 사용성 평가에 사용한 카드보드앱: Tour Guide (a), YouTube (b), Street Vue (c).

사용성 평가의 결과는 [표 1]과 같다. Tour Guide 기능은 유용성 면에서 평균 6.18 점, YouTube 기능은 평균 6.56 점, Street Vue 기능은 평균 6.00 점이 나왔다. 7 점 척도에서 전체적으로 6 점을 상회하는 높은 점수가 나왔으며, 실제 사용성 평가를 하는 현장에서도 가상현실 헤드셋에 대한 호의적인 반응이 많았다. 특히 YouTube 기능은 대다수의 대상자들이 매우 편하고 놀라운 기능이라는 반응을 보였으며, 설문 결과도 이를 반영하듯 가장 높은 점수가 나왔다.

어지러움에 관해서는 7 점 척도로써 점수가 낮을수록 더 어지러움을 느낀다는 가까운 척도였는데, Tour Guide 기능은 평균 4.68 점, YouTube 기능은 평균 5.56 점, Street Vue 기능은 평균 3.94 점으로 나왔다. Tour Guide 기능과 YouTube 기능은 모두 중간치를 넘는 점수로 어지러움이 있긴 하지만 크게 방해가 되지 않는다는 의견이 대다수였던 반면에, Street Vue 기능은 어지러워 사용함에 방해가 될 정도라는 답변이 상당히 많이 있었다. 이는 Tour Guide 기능과 YouTube 기능은 대체적으로 정적인 화면에서 사용자의 움직임에 따른 각도 변화가 대부분이었던 반면, Street Vue 기능은 사용자의 의도와 상관없이 일단 움직이는 화면에서 사용자의 움직임까지 더해져 적응하는 데에 시간도 많이 걸리고 처음에는 다소 어지러움을 느꼈던 것으로 분석된다. 따라서 향후 가상현실 헤드셋의 소프트웨어 개발을 함께 있어 이를 반영하여 초반에는 되도록 정적인 형태의 사용자의 움직임만을 반영하여 화면이 움직이는 형태 쪽으로 소프트웨어 개발 방향을 잡아야 할 것으로 생각된다.

표 1. 사용성 평가 결과 분석 표

	Tour Guide		YouTube		Street Vue	
	유용성	어지러움	유용성	어지러움	유용성	어지러움
평균	6.18	4.68	6.56	5.56	6.00	3.94
표준오차	.136	.152	.091	.183	.069	.144
표준편차	.962	1.077	.643	1.296	.494	1.018
분산	.926	1.161	.415	1.680	.245	1.037

휴대성 평가를 함께 있어서도 역시 7 점 척도로 평가하였으며, 평가 결과 평균 6.48 점이 나왔다. 전반적으로 현장의 반응은 접히는 형태에 대하여 만족스러운 반응이었으며 항상 휴대하고 가지고 다닐 수 있다는 점에서 매력을 느낀다는 의견이 많았다. 전반적인 사용성 평가 결과를 도표로 나타낸 것은 [그림 9]와 같다.

수익성 평가에서는 먼저 대상자가 헤드셋을 모두 경험하게 한 후에 이 제품의 가격이 어느 정도가 적당한지에 대해서 먼저 물어보고, 그 후에 실제 이 제품의 제작 단가는 1만원 정도이며 1만원 대에 판매를 하게 될 경우 구입할 의향이 있는지를 추가로 설문하였다. 먼저 제품의 적당한 가격을 질문했을 때는 50 명의 대상자의 평균이 95,400 원으로 나와 약 9 만원에서 10 만원 정도가 적정선의 가격이라고 답하였다. 이후에 제작 단가를 말해주고 1만원대에 판매할 경우 구입할 의향이 있는지를 물었을 때는 대상자 50 명 중 47 명 (94%)이 구입할 의향이 있다고 답하여 제품의 기능과 휴대성 면에서 만족하고 가격 면에서도 만족감을 느끼게 되어 구입으로 연결될 가능성이 높음을 알 수

있었다.

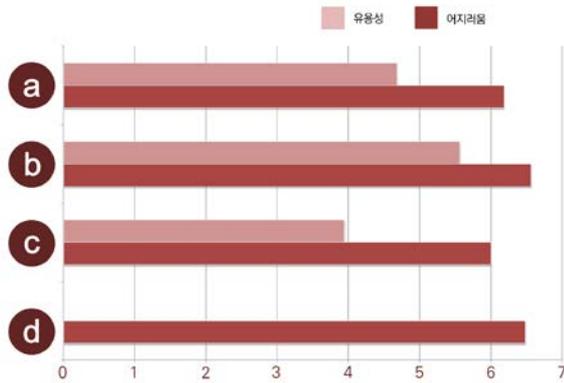


그림 9. 사용성 평가 결과: Tour Guide (a), You Tube (b), Street Vue (c), 휴대성 평가 (d).

결론

본 연구는 먼저 HMD 기기의 현 상황에서의 가능성과 동시에 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방법으로 기능, 가격과 휴대성을 동시에 갖춘 휴대용 접이식 가상현실 헤드셋을 제작하였으며 이를 바탕으로 사용성 평가를 하여 기능, 가격, 휴대성에 대한 평가까지 완료함을 목표로 하였다. Tour Guide 기능은 유용성 면에서 평균 6.18 점, You Tube 기능은 평균 6.56 점, Street Vue 기능은 평균 6.00 점이 나왔다. 어지러움에 관해서는 7 점 척도로써 점수가 낮을수록 더 어지러움을 느낀다에 가까운 척도였는데, Tour Guide 기능은 평균 4.68 점, You Tube 기능은 평균 5.56 점, Street Vue 기능은 평균 3.94 점으로 나왔다. 기능 면에서는 전체적으로 6 점을 상회하는 높은 점수가 나왔지만 아직은 Street Vue 기능과 같은 움직임이 많은 콘텐츠에 있어서는 많은 대상자가 어지러움을 느껴 이러한 부분을 앞으로 소프트웨어를 개발함에 있어 고려해야 할 것으로 보인다.

휴대성 평가에서는 7 점 척도의 설문에서 평가 결과 평균 6.48 점이 나왔고 현장에서의 반응도 대체적으로 휴대성 면에서 호의적인 평가가 많이 있었다. 수익성 평가에서는 제품의 적당한 가격을 묻는 설문에서 평균 95,400 원이라고 답하여 약 9 만원에서 10 만원대가 적절한 수준의 가격이라고 생각하는 것으로 분석되며, 제품의 가격이 1 만원대일 경우에는 94%의 응답자가 구입할 의사가 있다고 답하여 휴대성을 고려해 보았을 때 가격 또한 만족스러워 구입으로 연결될 가능성이 높은 것으로 해석된다.

하지만 아직은 구글에서 만든 Cardboard 프로젝트와 닮은 점이 많이 있고 사용성 평가 역시 구글에서 오픈 소스로 공개한 애플리케이션을 활용하였다는 점에서

향후 연구에서는 독자적인 소프트웨어 콘텐츠를 개발함과 동시에 하드웨어 부분에서도 조금 더 독창적인 부분의 발전이 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. 컴퓨터인터넷IT용어대사전.
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=824986&cid=50376&categoryId=50376>
(최종확인일: 2014. 09. 05).
2. Wang Qingfeng, Dewen Cheng, Yongtian Wang, Hong Hua, and Guofan Jin. Design, Tolerance, and Fabrication of an Optical See-through Head-mounted Display with Free-form Surface Elements. APPLIED OPTICS 52, 7 (2013) C88-C99.
3. Ferrer-Garcia Marta and Gutierrez-Maldonado Jose. The Use of Virtual Reality in the Study, Assessment, and Treatment of Body Image in Eating Disorders and Nonclinical Samples: A Review of the Literature. BODY IMAGE 9, 1 (2012) 1-11.
4. Christopher V. Maani, Hunter G. Hoffman, Michelle Morrow, Alan Maiers, Kathryn Gaylord, Laura L. McGhee, and Peter A. DeSocio. Virtual Reality Pain Control during Burn Wound Debridement of Combat-Related Burn Injuries using Robot-Like Arm Mounted VR Goggles. JOURNAL OF TRAUMA-INJURY INFECTION AND CRITICAL CARE 71 (2011) S125-S130.
5. 오쿨러스사의 오쿨러스 리프트(Oculus Rift) 홍보 홈페이지 <http://www.oculusvr.com/>
(최종확인일: 2014. 09. 05)
6. Falko Kellner, Benjamin Bolte, Gerd Bruder, Ulrich Rautenberg, Frank Steinicke, Markus Lappe, and Reinhard Koch. Geometric Calibration of Head-Mounted Displays and its Effects on Distance Estimation. IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS 18, 4 (2012) 589-596.
7. Parkin and Simon. Oculus Rift. MIT Technology Review 117, 3 (2014) 50-52.
8. Dewen Cheng, Yongtian Wang, Hong Hua, and Jose Sasian. Design of a Wide-angle, Lightweight Head-mounted Display using Free-form Optics Tiling. OPTICS LETTERS 36, 11 (2011) 2098-2100.

9. Hunter G. Hoffman, Walter J. Meyer III, Maribel Ramirez, Linda Roberts, Eric J. Seibel, Barbara Atzori, Sam R. Sharar, and David R. Patterson. Feasibility of Articulated Arm Mounted Oculus Rift Virtual Reality Goggles for Adjunctive Pain Control during Occupational Therapy in Pediatric Burn Patients. CYBERPSYCHOLOGY BEHAVIOR AND SOCIAL NETWORKING 17, 6 (2014) 397-401.
10. 구글의 카드보드(Cardboard) 홍보 홈페이지
<https://developers.google.com/cardboard/>
(최종확인일: 2014. 09. 05)
11. Dariusz Wroblewski, Brian A. Francis, Alfredo Sadun, Ghazal Vakili, and Vikas Chopra. Testing of Visual Field with Virtual Reality Goggles in Manual and Visual Grasp Modes. BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL No.206082 (2014)
12. D A Hollander, N J Volpe, M L Moster, G T Liu, L J Balcer, K D Judy and S L Galetta. Use of a Portable Head Mounted Perimetry System to Assess bedside Visual Fields. BRITISH JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY 84, 10 (2000) 1185-1190.
13. 카드보드앱(구글스토어)
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.samples.apps.cardboarddemo>
(최종확인일: 2014. 09. 05)