

# 가상 영상과 조합된 실내 자전거의 인간공학적 평가

한승조\*, 김선옥\*\*, 조재형\*\*, 구교찬\*\*  
국방과학연구소\*, 단국대학교\*\*

## Ergonomic Evaluation of Indoor Bike Coordinated with Virtual Images

Seung Jo Han\*, Sun-Uk Kim\*\*, Jae-Hyung Cho\*\*, Kyo-Chan Koo\*\*  
Agency for Defense Development\*, Dankook University\*\*

요 약 본 논문의 목적은 가상 영상과 조합된 실내 자전거의 인간공학적 평가를 위해 세부지표를 도출하고, 일부 지표를 이용하여 기존의 2D 자전거와 HMD 기반의 VR 자전거를 비교 평가하는 것이다. 세부지표는 12명의 인간공학 및 VR 전문가 집단을 선정하여 Delphi 기법을 통해 사용성, 감성, 사용자 가치, 현실감 측면으로 카테고리를 나누고 이하 세부 43개를 선정하였다. 이 중 13개의 지표를 이용하여 2D 자전거와 HMD 기반의 VR 자전거를 피실험자 20명으로 하여금 Fuzzy-Logic Question에 응답하도록 하였다. 사용자 가치 및 현실감과 관련된 지표에서 HMD 기반의 VR 자전거가 높은 점수를 나타낸 반면, 사용성 측면에서는 통계적으로 2D와 유의한 차이를 발생시키지 않았다. 본 연구는 운동기구에 VR기법이 점차 접목되고 있는 상황에서 인간공학적 평가방법을 일부 제시하는데 연구의 의의가 있다.

주제어 : 가상현실, 델파이 기법, 사용자 경험 디자인, 실내 자전거, 인간공학적 평가

**Abstract** This paper's objectives are to investigate the criteria for ergonomic evaluation of indoor bike coordinated with virtual images, and to compare HMD-based VR bike with 2D-based one. 12 experts performed delphi method with an aim to determine ergonomic evaluation criteria that were classified into 4 categories(Usability, Emotion, User Values, Reality). 2D-based bike and HMD-based one were compared according to part of final criteria through fuzzy-logic question performed by 20 subjects. Though there were no confidential difference in usability, HMD-based VR bicycle resulted in greater scores than 2D-based one in elements related with emotion, user value and reality statistically. It is expected that this research results will be used as references to evaluate ergonomic design of other indoor exercise equipments combined with VR or AR.

**Key Words** : Virtual Reality, Delphi Method, User Experience Design, Indoor Bike, Ergonomic Evaluation

### 1. 서론

북미와 유럽, 일본 및 우리나라 등 선진국과 이에 근접한 국가에서는 경제능력의 확대뿐만 아니라 국민의 삶을 가치 있고 건강하게 영유하기 위한 정책과 이러한 정책

을 뒷받침하기 위한 연구 및 투자, 제품개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 건강하고 풍요로운 삶을 누리게 하기 위한 노력 중에 운동에 대한 관심이 언론 매체나 학문적인 분야에서 지속적으로 제기되고 있었다. 특히 최근 국내에서 대기(Atmosphere)를 포함한 환경오염 문제, 운동

\* 본 연구는 미래창조과학부의 지원을 받아 수행되었습니다.  
Received 8 March 2017, Revised 4 April 2017  
Accepted 20 May 2017, Published 28 May 2017  
Corresponding Author: Sun-Uk Kim(Dankook University)  
Email: kimsunuk@dankook.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

시설의 근접성, 흡쇼핑 및 인터넷 등 건강관련 업체의 노력으로 인해 실내 운동기구에 대한 관심이 급속히 높아지고 있다.

실내 운동기구 중 남녀노소에 관계없이 대중적으로 이용되고 있는 것이 실내 자전거이며, 이미 대중 헬스장 및 가정용(게임용 포함)으로도 지루함을 줄이기 위해 2D 모니터를 장착한 제품들이 널리 확산되어 있다. 특히, 운동의 몰입도(Absorption)을 높이기 위한 방안으로 2D에서 3D 가상현실(Virtual Reality; VR)을 이용하려는 노력이 증대되고 있는 실정이다.



[Fig. 1] VR bike combined with TV  
 (source :<http://www.barrons.com/articles/virtual-reality-hits-its-stride-with-zwift-cycling-game-1468641596>)

VR은 증강현실(Augmented Reality; AR)과 함께 ICT와 연계되어 미래 핵심기술로 각광을 받고 있는 과학기술분야이다. 미국의 Gartner社は 2015년에 “VR 기술은 2017년을 이끌어갈 10대 전략 기술 Trend”라고 발표하였으며[1], 국내 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서는 미래 기술백서를 발간하면서 미래기술 50선에 “무안경방식의 3D 입체영상 기술”[2]을 포함시키는 등 VR과 관련된 기술을 미래 핵심 기술로 여기면서 국가적 차원에서 지원이 이루어질 전망이다. 또한 영국의 ICT를 포함한 마켓조사 기관인 Digi-Capital社は 세계 VR 시장이 2016년 50억 달러에서 2020년에는 1,500억 달러로 30배 이상 증대될 것이라고 분석하였다[3].

하지만 실내 및 레저용 자전거를 포함한 VR 영상이 조합된 운동기구의 개발과 보급은 현실화 되고 있으나, 아직까지 이를 인간공학적으로 평가하여 이를 제품 설계 및 제작에 적용하고자 하는 노력은 미약한 실정이다. Lee & Kim 연구에서 VR 및 AR을 운동(훈련)이나 교육적인 분야에 접목하면 감각적 몰입감 및 현존감, 인지적 조작

성 측면에서 장점이 있다고 분석되었지만[4], 기계적인 자전거에 가상의 영상이 사용자에게 부여되기 때문에 이에 대한 부작용도 분명히 존재한다. 특히 신체의 움직임과 영상으로부터 발생하는 정보가 뇌에서 인식하는 프로세스간의 불균형으로 인해 영상피로(Display Fatigue)가 발생하는데, 이러한 영상피로는 사용자에게 안구통증, 이중상과 같은 시각적 피로, 두통, 멀미 등을 유발할 수 있다[5]. 기존의 2D 기반의 TV나 영화관이 완전하게 3D TV나 영화관으로 전환되지 않는 원인 중 하나도 영상피로와 연관이 있다.

본 연구에서는 최근의 사용자 경험 디자인의 연구경향과 델파이 기법(Delphi Method) 및 Fuzzy-Logic 설문특성을 선행연구로 간략히 살펴보고, 본문에서 가상영상과 조합된 실내 자전거의 인간공학적 평가지표를 델파이 기법을 통해 염출하고, 2D 영상인 경우와 HMD(Head-Mounted Display) 기반의 3D VR의 경우를 Fuzzy-Logic 설문을 통해 비교분석해 보고자 한다.

## 2. 선행연구

### 2.1 사용자 경험 디자인(UED)과 평가지표

1990년대 이후 제품 기능 위주의 디자인 및 제작 외에 부가 가치를 높이기 위한 노력의 일환으로 인적오류(Human Error)를 줄이고 안정성을 높이면서, 동시에 수행도(Human Performance)나 운용 효과를 높이기 위한 사용자 경험(User Experience; UE)에 대한 관심이 증대되고 있다. 현재는 UE는 HCI(Human-Computer Interface) 분야에서 사용된 개념이며 컴퓨터 공학, 제조공학 등 SW 및 HW 디자인과 개발에 중요한 요소로 인식되고 있다. 특히, 사용자 경험 디자인(User Experience Design; UED)은 사용자가 제품, 서비스 혹은 시스템을 사용하거나 체험함으로써 나타나는 반응을 Feedback하여 디자인 및 제품제작에 반영하고자 하는 연구분야이다.

최근 스마트폰 보급이 국내외적으로 폭발적으로 증가함에 따라 UED에 대한 관심이 어느 때보다 높아지고 있다. UED의 중요한 연구분야 중에 하나가 평가척도를 어떻게 구성하는가에 달려있다고 해도 무방하다.

본 연구에서 관심을 가지는 HMD 기반의 3D VR 자전거에 적용된 UED 평가척도는 아직까지 연구가 되지 않

은 관계로 영상이 기계적인 도구와 접목되어 연구가 활발히 진행되고 있는 Mobile Device 분야의 평가척도를 고찰해 보면 다음과 같다.

박재현과 한성호 등의 연구[6,7,8]에 따르면 사용자들은 제품/서비스로부터 발생하는 가치(품질, 편의성 등), 사용자가 느끼는 가치(기쁨 추구, 사회적 인식 등) 등으로 카테고리별 평가척도를 구분하고 하위 요소들을 세분화하였다. VR과 연관된 사용성 평가(Usability Test)를 위한 평가척도로 Sutcliffe & Deol Kaur의 연구[9]는 VR 제품(예, 도로 주행)의 기능위주로 연구가 진행되었는데, 주로 사용자가 기기를 통해 사용 목적을 지속적으로 기억하는가?, 기기에서 Object가 주변 환경에 비해 잘 구분되는가?, 적절한 Feedback을 사용자에게 제공하는가? 등으로 구체화하였다. 또한 네비게이션 VR 연구에서 김영미와 류한영의 연구[10]는 기기와 사용자간 인터페이스 항목 위주로 평가척도를 연구하였으며, 인터페이스 직관성과 네비게이션 완결성으로 단순화시켜서 실험 시스템을 평가한 바가 있다. 또한 가상 자전거와 직접적인 연구는 김종윤 등[11]에 의해서 수행된 바 있다. 이 연구에서 2D 기반의 영상이 주어지고 자전거를 운행하면서 발생할 수 있는 신체적인 변화(예, 무게중심 이동 등)에 관심이 있었으나 UED 관련 평가지표를 통한 평가는 아니었다.

## 2.2 델파이 기법

델파이 기법은 Feedback이 제공되는 다단계의 설문조사를 통해 전문가들의 합의를 이루는데 유용한 의사결정 수단으로 집단이 전체적인 관점에서 복잡한 문제에 효율적으로 대응하기 위한 기법이다[12,13].

일반적으로 델파이 기법의 적용은 2-3단계를 거치며 최초 단계에서는 비구조화 설문지를 통해 전문가들의 자유로운 의견을 개진하도록 하며, 2차 이상부터는 1차 설문결과를 기초로 구조화된 설문지를 통해 답변 또한 정량화가 가능한 Likert 척도로 답변을 얻고 이를 분석하는 과정을 거친다. 정량화된 측정값들은 수렴도 (Degree of Convergence; DCVG)와 합의도 (Degree of Concensus; DCCS)를 통해 응답결과의 수렴 및 합의 정도를 판단한다.

$$DCVG = (Q3 - Q1) \div 2$$

$$DCCS = 1 - (Q3 - Q1) \div M_{dn}$$

(Q1; 1사분위수, Q3; 3사분위수,  $M_{dn}$ ; 중위수)

이외에도 응답결과의 타당도 (Validity)를 측정하기 위해 CVR(Content Validity Ratio)을 이용한다[14].

$$CVR = (N_E - N/2) \div N/2$$

(N; 전체 전문가 인원수,  $N_E$ ; 타당에 동의한 전문가 인원수)

수렴도가 작을수록 의견이 수렴되고 있으며, 합의도가 1에 가까울수록 높은 합의가 나타난다고 판단한다. 단, 각 델파이 기법 적용 시 수렴도 및 합의도의 절대치를 기준으로 판단을 하지 않고, 델파이 기법이 진행될수록 변화해 가는 수준으로 판단되어야 한다. 또한, 응답자가 12명의 경우 0.56 CVR이 요구된다[15].

## 2.3 Fuzzy-Logic Question

델파이 기법을 통해 염출된 평가척도를 기준으로 2D와 3D VR 영상을 경험한 후 Likert 척도로 평가항목을 측정할 경우, 인간의 결정(선택)은 기계와 같이 디지털적인 판단이 수행되어지지 않는 특성을 지닌다. 따라서 인간선택의 모호성(Ambiguity)을 반영한 정량적 분석이 더 합리적일 수 있다.

이에 부합되는 여러 방법 중 일반적으로 사용되는 Fuzzy-Logic Question[16,17] 방법은 본인이 선택한 것에 대한 확신도에 따라 가중치를 0(미확신), 0.5(보통), 1(확신)로 반영하는 기법이다. 예를 들어  $\Delta\Delta$ 기준에 대한 Likert 점수가 4점이었고, 4점에 대한 확신이 보통이었다면, 최초 Likert 점수는 2점( $4 \times 0.5$ )으로 보정되어 이용된다.

## 3. 델파이 기법을 통한 평가요소 연구

### 3.1 전문가 선정 및 1차 델파이 결과

델파이 기법은 1, 2차를 통해 적용되었으며, 이를 위해 전문가 집단은 VR 및 가상 자전거의 연구 및 제조에 관련이 있는 12명(교수, 박사과정 학생, 업체 연구원)을 선정하였으며, 모두 1, 2차 델파이에 참여하였다. 전문가집단의 의견은 모두 대면과 e-mail을 통해 접수하였고 100%의 응답률을 보였다.

1차 델파이는 2.1의 선행연구 결과를 토대로 의견수렴자가 크게 4개의 카테고리(사용성, 감정적 분야, 사용자

가치, 현존감과 현실감)만을 전문가들에게 제시하고, 이에 부합된 세부평가 척도를 엄출하도록 하였다. 여기서 감정적인 분야는 제품을 통해 느끼는 심미적인(Esthetic) 분야 및 영상피로 느낌 정도 등을 포함한다. 또한 사용자 가치는 제품을 소유하거나 운용함으로써 느낄 수 있는 만족감(Self-Satisfaction) 및 유희 등을 말한다.

1차 델파이 결과는 사용성 분야에서 13개, 감정적 분야에서 8개, 사용자 가치 분야에서 9개, 현존감과 현실감 분야에서 16개의 세부지표가 종합되었다. 이는 2차 델파이를 수행하고 DCVG, DCCS, CVR을 이용하여 일부 조정된다.

<Table 1> Result of Delphi(1st & 2nd)

-	Elements	M	SD	DCVG	DCCS	N <sub>E</sub>	CVR	Decision
Usability (13)	Simple operation	4.83	0.39	0	1	12	1.00	O
	Ease of system access	4.67	0.65	0	1	11	0.83	O
	System control through HMD	4.50	0.67	0	1	11	0.83	O
	Accuracy of the operation	4.50	0.67	0	1	11	0.83	O
	Providing information(Current position, Direction, Speed etc.) through HMD	4.33	0.65	0	1	11	0.83	O
	Clear background display	4.67	0.49	0	1	11	0.83	O
	Recognition of information provided	4.50	0.52	0	1	12	1.00	O
	Easy menu control	4.25	0.62	0	1	12	1.00	O
	Easy memory of operation process	4.50	0.52	0	1	11	0.83	O
	Intuitional understanding how to use the system	4.50	0.52	0	1	12	1.00	O
	Preventive function of human errors(Cancel, Warning, etc.)	4.25	0.75	0	1	10	0.67	O
	Feedback related with inputs	4.25	0.62	0	1	10	0.67	O
	Providing of help function	4.33	0.65	0	1	11	0.83	O
Emotional aspect (8)	Refined design	4.33	0.78	0	1	10	0.67	O
	Simple design	4.42	0.67	0	1	11	0.83	O
	High quality and low price	4.58	0.67	0	1	11	0.83	O
	Causing users' interest	4.25	0.62	0	1	11	0.83	O
	Immersing degree	4.58	0.67	0	1	11	0.83	O
	Less display fatigue(simulation sickness)	4.67	0.49	0	1	12	1.00	O
	Attractive texture	<b>3.92</b>	1.00	0	1	8	<b>0.33</b>	<b>rejected</b>
Attractive color	<b>3.58</b>	1.08	0	1	6	<b>0.00</b>	<b>rejected</b>	
User values (9)	Feeling achievement	3.75	1.14	0	1	10	0.67	O
	Self-satisfaction	3.67	1.30	0	1	10	0.67	O
	Feeling joyful	4.50	0.52	0	1	12	1.00	O
	Providing energy and vigor	4.33	0.65	0	1	11	0.83	O
	Useful to operator	4.33	0.65	0	1	11	0.83	O
	Able to change the system specifications to operator's preference	4.42	0.67	0	1	11	0.83	O
	Unique and interesting system	3.83	0.94	0	1	10	0.67	O
	Valuable and precious system	3.83	0.94	0	1	10	0.67	O
Feeling social human network	<b>2.92</b>	1.24	0	1	3	<b>-0.50</b>	<b>rejected</b>	
Sense of reality (16)	Adjusting left and right direction through handle	5.00	0.00	0	1	12	1.00	O
	Adjusting velocity through pedal	5.00	0.00	0	1	12	1.00	O
	Dimensional movements of bicycle	4.75	0.45	0	1	11	0.83	O
	Reflecting the effect of operator COP change on bicycle movement	4.92	0.29	0	1	12	1.00	O
	Menu selection according to operator's gaze	4.00	1.04	0	1	10	0.67	O
	Degree of FOV(Field of View) according to lateral head motion	4.67	0.49	0	1	12	1.00	O
	Degree of FOR(Field of Range) according to up-and-down head motion	4.67	0.49	0	1	12	1.00	O
	Degree of satisfaction related with total distance driven	4.75	0.45	0	1	12	1.00	O
	Degree of satisfaction related with road width	4.67	0.49	0	1	12	1.00	O
	Degree of satisfaction related with a variety of road conditions	4.58	0.51	0	1	12	1.00	O
Degree of satisfaction related with a variety of curved roads	4.67	0.65	0	1	11	0.83	O	

### 3.2 2차 델파이 결과

1차 델파이 결과를 통해 도출된 총 46개의 세부지표에 대해 전문가로 하여금 5점 기준 Likert 척도로 평가를 실시하고, CVR 계산을 위해 항목별로 타당하다고 동의하는지를 답하도록 하였다.

또한 추후 Fuzzy-Logic Question을 위해 기존의 2D와 실험용 3D VR을 비교평가하기 적합한 지표가 무엇인가에 대한 의견을 묻는 것도 병행되었다. 즉, 2D와 3D VR은 기계적인 자전거는 동일하나 영상의 종류만 다르기 때문에 이를 구분하여 평가할 수 있는 세부지표만을 엄출할 필요가 있었다.

<Table 1>은 1차 46개의 세부지표와 2차 델파이를 통해 제거된 최종 43개의 세부지표를 보여주고 있다. 여기서 2차만으로 최종 세부지표로 선정된 기준은 Likert 척도 3.5점 이상이고, CVR이 12명의 전문가(N)를 기준으로 0.56 이상의 점수를 획득한 것이었다. 2차 델파이만으로도 DCVG는 모두 0, DCCS는 모두 1을 만족하여 3차 이상의 델파이는 불필요하였다.

감정적인 분야에서 화면으로 보여지는 디스플레이의 질감과 색상 등은 항목의 타당성에 대해 동의하는 전문가들이 적었기(낮은 CVR) 때문에 최종 지표에서 탈락되었다. 또한 사용자 가치 측면에서 시스템을 사용함으로써 발생할 수 있는 사회적 관계망의 느낌 항목도 평균 점수가 낮고 항목 타당성에 동의하는 전문가가 소수인 관계로 CVR 기준 미충족 등으로 최종 지표에서 채택되지 못하였다.

<Table 2> Result of UE Evaluation(2D vs. 3D VR)

-	Criteria	Mean(SD)		P-value (Pairwise t-Test)
		2D	3D VR	
<b>Usability</b> (2)	Clear background display	1.71(0.37)	1.70(0.48)	0.947*
	Recognition of information provided	1.24(0.38)	1.55(0.46)	0.157*
<b>Emotional aspect</b> (3)	Causing users' interest	1.85(0.32)	1.91(0.38)	0.636*
	<b>Immersing degree</b>	1.90(0.31)	2.38(0.35)	<b>0.041*</b>
	Less display fatigue(simulation sickness)	1.40(0.40)	1.09(0.86)	0.222*
	<b>Self-satisfaction</b>	1.13(0.29)	1.58(0.32)	<b>0.009**</b>
<b>User values</b> (5)	Feeling joyful	2.00(0.34)	1.88(0.29)	0.398*
	Providing energy and vigor	1.86(0.40)	1.78(0.43)	0.601*
	Unique and interesting system	2.00(0.41)	2.08(0.86)	0.764*

### 4. 2D와 3D VR의 UE 평가

2차 델파이 수행 시 전문가들에게 2D와 3D VR의 UE의 비교가 가능한 세부지표로 선정될 수 있는 것이 무엇인지 물어보았고, 12명의 전문가 중 과반수 인 6명 이상이 동의한 13개의 지표가 <Table 2>와 같이 선정되었다.

<Table 2>는 20대 대학생 20명(남성 10, 여성 10, 연령 22.58±1.61)이 2D와 HMD 기반의 3D VR 자전거를 비교평가하기 위한 Fuzzy-Logic Question을 수행한 결과이다. 피실험자들은 [Fig. 2]에서와 같이 2D 자전거를 5분 동안 운용한 후 설문을 작성하고, 학습효과(Learning Effect)를 줄이기 위해 10분 동안 휴식을 취한 다음 다시 3D VR 자전거 운용 및 설문 작성을 수행하였다.



[Fig. 2] VR bike devices designed for experiment  
(Left : 2D, Right : HMD-based VR)

13개의 세부지표를 기준으로 2D와 3D VR이 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 Pairwise t-Test를 실시하

였다. 유의수준 0.05를 기준으로 사용성 측면에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 감정적인 분야의 몰입도 측면에서는 유의하게 3D VR이 높은 결과를 나타내었다. 또한 사용자 가치와 관련된 자기만족도는 3 VR이 2D보다 높은 값을 나타내었고, 현실감 측면에서 FOV 및 FOR을 느끼는 정도, 그리고 주행로의 커브환경으로부터 발생하는 만족도에서도 3D VR이 2D보다 높은 값을 나타내었다.

이러한 결과는 Fuzzy-Logic Question에서 피실험자가 서술한 것(Subjective Opinion)을 통해 분석해 보면 다음과 같다.

첫째, 몰입도 측면에서 3D VR은 2D에 비해서 많은 시각적 정보를 부여하면서 입체감을 준다는 점이 기술되었다. 또한, 3D VR은 입체감 외에도 현실감과 재미를 더 크게 부여하고 있으며, 운용환경의 입체감으로써 발생하는 기계적인 자전거 조작의 Primary task(주요과업)에 주의 집중하는 것보다 상대적으로 영상을 시청하는 Secondary task(보조과업)에 집중함으로써 몰입도가 증가된다고 분석되었다.

둘째, 자기 만족도는 2D에 비해서 HMD를 착용한 자전거가 최근 VR, AR의 대중적인 인기에 힘입어 최근 기술이 접목되어 있다는 점에서 높은 UE를 부여하고 있었으며, 2D의 경우는 기존의 실내 운동장 등에서 이미 접한 경험이 있는 관계로 만족감이 크지 않았다.

셋째, 2D에 비해서 HMD를 추가적으로 장착하고 실험에 임하였고, 최근 떠오르는 VR과 관련된 기술을 접하여 운동을 하고 있다는 느낌이 복합적으로 작용하여 기존의 운동기구보다(2D보다) 투자가 크고 더 많은 운동효과 및 재미를 느낄 수 있을 것이란 의견이 다수 포함되었다.

넷째, 3D VR은 HMD를 착용한 머리의 움직임에 따라 FOV와 FOR이 2D에 비해 크게 나타날 수 밖에 없는 기술적인 차이가 피실험자의 현실감에서 차이를 발생시켰다고 볼 수 있다. 또한 다양한 도로상태로부터의 UE는 큰 차이가 없었으나, 커브길을 사용자가 느끼기에는 입체감을 주는 3D VR이 높은 UE를 부여한다고 다수 기술되었다.

## 5. 고찰 및 결론

본 연구에서는 HMD기반의 VR 자전거의 확산에 따

른 인간공학적 평가지표를 델파이 기법을 통해 도출하고, 도출된 일부 지표를 이용하여 기존 2D 자전거와 비교해 보았다. 2차례의 델파이를 수행함으로써 최종적으로 43개의 세부지표를 결정하였고, 이 중 2D와 비교항목으로 이용할 수 있는 13개의 지표를 기준으로 20명의 피실험자로 하여금 직접 두 종류의 자전거를 이용해 본 후 Fuzzy-Logic Question을 이용하여 평가해 보았다.

사용자 가치와 현실감 측면에서 2D에 비해 3D VR 자전거가 높은 점수를 얻었지만, 일반적으로 생각되었던 사용성 측면의 지표에서는 두 종류가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 실내 운동 측면에서 Primary task는 자전거를 운용하는 것이고, Secondary task는 디스플레이를 보는 것이다. 따라서 운용자 측면에서 보조과업과 연관된 디스플레이의 선명한 배경은 크게 중요하게 인식되고 있지 않았을 수도 있으며, 입체감 정도의 차별적인 제공은 가능하지만 기능적으로 정보(도로상태, 속도 등)를 제공하는 것은 동일하기 때문에 이러한 결과가 나왔다고 볼 수 있다.

2D와 3D VR의 영상피로가 통계적으로 차이가 없는 결과는 기존의 연구[5,18,19]와 일부 차이가 있다. 즉, 한승조의 연구에서는 기계적인 운용을 제외한 두 종류의 영상만을 시청한 후 사이버멀미(Cybersickness)를 느끼는 주관적인 정도와 점멸융합주파수(Flicker Fusion Frequency)를 측정된 실험을 하였고, 3D 영상이 2D에 비해 영상피로가 높게 나타났다[5]. 이러한 연구의 차이는 기존 연구에서는 피실험자로 하여금 Primary Task인 영상시청만 수행하도록 하였으나[5,18,19], 본 연구에서는 Primary Task인 영상시청 외에 Secondary Task인 자전거 운용을 추가적으로 요구한 것에 기인한다고 볼 수 있다. 즉, 본 연구에서는 영상피로를 느끼는 정도가 Secondary Task에 의해 희석(Dilution)되었다고 분석될 수 있다. 이론적으로 인간공학 및 인지과학 측면에서 인간의 뇌는 자원이론(Resource Theory)로 일부 설명되는데, 뇌에서 여러 가지 정보를 처리할 경우 한쪽에 더 많은 노력이 요구되면 상대적으로 다른 방향의 노력은 줄어들 수 밖에 없다는 것이다.

본 연구결과를 통해 기존의 2D 기반의 실내 및 레저용 자전거보다는 3D기반의 VR 자전거가 사용자가 느끼는 가치나 현실감 측면에서 이점이 있다는 근거로 이용될 수도 있고, 비슷한 종류의 실내 운동 기구의 인간공학적

평가를 수행해야 할 경우 평가지표를 참조할 수 있다는 점에서 연구의 의의가 있다.

하지만 VR을 접목한 운동기구의 효용성을 설명하고, 제품 보급을 확대하고자 한다면 다음과 같은 추가적인 연구가 필요하다.

첫째, 본 연구에서는 3D VR이 접목된 자전거를 대상으로 연구가 수행되었지만, 이외에도 많은 VR이 접목된 운동기구를 인간공학적으로 평가하고자 한다면 이에 적합한 세부지표를 델파이 기법을 통해 일부 수정/보강해야 한다. 예를 들어 본 연구의 결과를 Treadmil에 그대로 적용되기에는 무리가 있을 수도 있기 때문에 Treadmil과 관련된 기술자, 인간공학자 등 전문가들이 모여서 델파이 기법을 적용한 평가지표를 다시 선정할 필요가 있다.

둘째, 앞서 설명한 영상피로 측면은 더 심도 있는 연구가 필요하다. 즉, 어느 타입이 많은 영상피로를 발생시키는가를 연구하는 것도 중요하지만, 더 나아가 영상피로를 줄이기 위한 방안도 연구가 진행되어야 한다. 운동기구가 신체적 정신적으로 긍정적인 효과를 발생시켜야 된다는 것은 불변하다. 하지만 금전적으로 큰 투자를 하였지만 신체적 정신적으로 부정적인 영향인 영상피로가 발생된다면 제품의 기본 역할에 모순을 발생시키며 제품 매출에도 큰 영향을 줄 수 있다. 영상피로를 많이 발생시키는 3D TV나 영화관이 완전히 기존 영상 제품을 대체하지 못하는 이유도 이러한 결과가 일부 작용한다는 점을 명심할 필요가 있다.

셋째, 현재 가상현실이 ICT에 주류를 이루고 있지만 멀지 않은 미래에는 증강현실 분야가 실내/외 운동기구와 결합이 클 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 증강현실은 운동 외에도 U-Health 시스템에 적극 이용될 수 있는 분야가 많기 때문에 [20,21] 증강현실 영상이 운용자에게 인간공학적으로 미치는 영향을 과학적으로 연구될 필요가 있다.

마지막으로 본 연구에서는 영상 타입에만 국한된 영상피로 정도를 연구하였지만, 나이/성별/ICT 경험 등 다양한 변수에도 영상피로 차이가 나타날 수 있기 때문에 인구통계학적인 연구를 통해 테크노 스트레스 (Techno-Stress) [22,23]의 일종이라고 간주할 수 있는 영상피로를 다양하게 연구할 필요가 있다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIP) (R0115-15-1003, Immersive VR MTB Game and Interlocking 5D Simulator Development).

## REFERENCES

- [1] Kim, M., Kang, J., and Jun, M. S., "Market and Technical Trends of VR Technologies", Korea Journal of Contents, Vol. 14, No. 4, pp. 14-16, 2016.
- [2] Korea Institute of Science and Technology Information, White paper on future technologies, p. 502, 2013.
- [3] <http://www.digi-capital.com/reports/#augmented-virtual-reality>, Accessed on 20 January 2017.
- [4] Lee, H., and Kim, S., "Proposal of effective usage directions of augmented reality in APA", Korean Journal of Adapted Physical Activity, Vol. 24, No. 3, pp. 55-65, 2016.
- [5] Han, S., "Quantitative analysis of display fatigue induced by 2D, 3D videos", The journal of digital convergence, Vol. 14, No. 3, pp. 329-335, 2016.
- [6] Park, J., and Han, S. H., "Defining user value: A case study of a smartphone", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 43, pp. 274-282, 2013.
- [7] Park, J., Han, S. H., Kim, H. K., Moon, H., and Park, J., "Developing and verifying a questionnaire for evaluating user value of a mobile device", Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, Vol. 25, No. 16, pp. 724-739, 2015.
- [8] Park, J., User value of a smartphone: Definition and evaluation methodology, Doctoral Thesis, Pohang University of Science and Technology, 2013.
- [9] Sutcliffe, A. G., and Deol Kaur, K., "Evaluating the usability of virtual reality user interfaces", Behaviour & Information Technology, Vol. 19, No. 6, pp. 415-426, 2000.
- [10] Kim, Y., and Ryoo, H. Y., "Assessing the usability

of a virtual reality system's user interface", Korea Digital Design Council, Vol. 12, pp. 341-350, 2006.

[11] Kim, J., Song, C., and Kim, N., "Performance evaluation and development of virtual reality bike simulator", Trans. KIEE., Vol. 51D, No. 3, pp. 112-121, 2002.

[12] Han, H. S., and Woo, J. A., "Recent trends of smart applications and implications for digital policy", Journal of Digital Convergence, Vol. 10, No. 1, pp. 1-10, 2012.

[13] Park, H. K., "Empowering factor of IT convergence industry in Korea", Journal of Digital Convergence, Vol. 10, No. 1, pp. 147-154, 2012.

[14] Kim, H. B., "The analysis of contexts in soccer training using delphi survey method", Myongji University, Ph. D. Dissertation, 2006.

[15] Park, S. J., and Kim, M. K., "Development of leadership competence evaluation-index elements for preschool principle through delphi technique", The Korean Society for Early Childhood Teacher, Vol. 19, No. 4, pp. 109-133, 2015.

[16] Kelaher, D., Nay, T., Lawrence, B., Lamar, S., Sommerich, CM., "An investigation of the effects of touchpad location within a notebook computer", Applied Ergonomics, Vol. 32, pp. 101-110, 2001.

[17] Jianghong, Z., Long, T., "An evaluation of comfort of a bus seat", Applied Ergonomics, Vol. 25, pp. 386-392, 1994.

[18] Kwon, S., and Bang, E., "Study on 3D pictures and human facts: Comparison of 2D and 3D receptions by measuring brainwaves", 2012 Proceedings of Human - Computer Interaction Korea, pp. 943-947, 2012.

[19] Yoon, J. H., Lee, I., Kim, T., and Kim J., "Visual fatigue in watching 3 dimension television", J. Korean Oph. Opt. Soc., Vol. 17, No. 1, pp. 47-52, 2012.

[20] Jeong, Y. S., Kim, Y. T., and Park, G. C., "A Design of Service Improvement Model for Emergency Medical System using Augmented Reality," Journal of Convergence for Information Technology , Vol. 7, No. 1, pp. 17-24, 2017.

[21] Jeong, Y. S., "U-healthcare Service Management Scheme for Big Data of Patient Information,"

Journal of IT Convergence Society for SMB, Vol. 5, No. 1, pp. 1-6, 2015

[22] Yim, M. S., "A Convergence Study on the Demographic Differences in Technostressors", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 8, No. 3, pp. 1-13, 2017.

[23] Nho, H. O., Kim, Y. O., and Hong, S. J., "A Study on Technostress of Information Communication Technology User", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 6, No. 4, pp. 41-46, 2015.

한 승 조(Han, Seung Jo)



- 2003년 2월 : KAIST 산업공학과(공학석사)
- 2011년 9월 : (미)뉴욕주립대(비팔로) 산업공학과 박사과정 수료
- 2013년 2월 : 단국대학교 산업공학과(공학박사)
- 2014년 10월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임연구원

- 관심분야 : 인간공학, 무기체계, M&S
- E-Mail : seungjo1651@add.re.kr

김 선 욱(Kim, Sun Uk)



- 1981년 2월 : 고려대학교 산업공학과(공학석사)
- 1990년 7월 : Oregon State University 산업 및 제조공학과(공학박사)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 산업공학과 교수

- 관심분야 : 인간공학, 인공지능/전문가시스템, 정보시스템
- E-Mail : kimsunuk@dankook.ac.kr

조 재 형(Cho, Jae Hyung)



- 1992년 7월 : University of Illinois at Chicago 기계공학과(공학석사)
- 1995년 7월 : University of Illinois at Chicago 기계공학과(공학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 산업공학과 교수
- 관심분야 : CAD/CAM/CAE, Computer Vision Inspection

- E-Mail : jaecho@dankook.ac.kr



구 교 찬(Koo, Kyo Chan)



- 2010년 2월 : 단국대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2012년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 산업공학과 박사과정 및 강사
- 관심분야 : 인간공학, 인공지능 및 전문가 시스템, Bioinformatics
- E-Mail : kookyochan@daum.net