Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 10. No. 9, pp. 1-9, 2019

ISSN 2233-4890
https://doi.org/10.15207/JKCS.2019.10.9.001

VR 공간에서의 이동기술 평가를 위한 사용성평가 모델

딩슈후이[1], 셰차오[1], 장영직[2], 윤태수[3*]
[1]동서대학교 영상콘텐츠학부 석사과정, [2]동서대학교 영상콘텐츠학부 박사과정, [3]동서대학교 디지털콘텐츠학부 교수

Usability Evaluation Model for Locomotion Technology in VR Space

Xiu Hui Ding[1], Qiao Xie[1], Young-Jick Jang[2], Tae-Soo Yun[3*]
[1]Master's Course, Department of Visual Contents, DongSeo University
[2]Doctor Course, Department of Visual Contents, DongSeo University
[3]Professor, Department of Digital Contents, DongSeo University

요 약 본 논문에서는 가상 환경(VE; Virtual Environment)에서 이동기술을 사용성평가 하기 위한 평가모델을 제안하고 사례연구를 통해 검증하고자 한다. 이를 위한 순서는 첫째, VR상에서 이동기술에 대한 이론적인 접근을 통해 분석하기 위한 요소를 도출한다. 둘째, VR상에서의 이동기술과 사용성 평가에 대한 정의 및 개념을 통해 이론적으로 정립하여 문헌조사를 통해 VE에 대한 이론적인 접근을 통해 분석하기 위한 요소를 도출한다. 셋째, 이를 바탕으로 VE에서의 이동기술을 평가하기 위한 사용성 평가 모델을 제안한다. 마지막으로, 문헌조사에서 도출한 세 가지 이동기술을 적용한 기존의 VR 게임을 실험 및 분석하여 결과를 도출한다. 본 논문을 통해 VR상에서의 이동기술은 각각의 방법을 별도로 사용하는 것이 아니라 사용성 평가를 통해 접근 및 분석하면 VR 게임 콘텐츠 성격에 부합하는 이동기술을 제안할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 본 논문은 VR 콘텐츠의 제작 단계에서 이동기술의 문제점을 도출할 수 있고 기준을 제안할 수 있는 유의미한 자료라 사료된다.

주제어 : 이동기술, 가상환경, 가상현실, 사용성 평가, 평가모델

Abstract In this paper, we propose an evaluation model to evaluate the usability of locomotion technologies in a virtual environment (VE; Virtual Environment) and try to verify them through a case study. The order of this study firstly, the factors for analysis are derived through theoretical approach to locomotion technology on VR. Second, the definition and concept of mobile technology and usability evaluation in VR are established theoretically and the elements for analysis are derived through the literature survey through the theoretical approach to VE. Third, based on this, a usability evaluation model is proposed to evaluate locomotion technologies in the VE. Finally, the results are derived by experimenting and analyzing the existing VR games applied with the three locomotion technologies derived from the literature survey. Through this paper, the locomotion technology in VR is not used separately, but can propose mobile technology that conforms to VR game content characteristics by assessing its usability and analyzing it, and it is considered to be a significant data that can suggest criteria for identifying problems in locomotion technology.

Key Words : Locomotion Techniques, Virtual Environment, Virtual Reality, Usability Evaluation, Evaluation Modeling

*Corresponding Author : Tae Soo Yun(yntaesoo@gmail.com)
Received July 2, 2019 Revised September 4, 2019
Accepted September 20, 2019 Published September 28, 2019

1. 서론

본 연구의 목적은 VR상에서의 이동기술과 VE에 대한 이론적인 접근을 통해 평가요소를 도출하고, 이를 바탕으로 가상환경에서의 이동기술을 평가하기 위한 사용성평가 모델을 제안하는 것이다. 이를 각각 다른 세 가지 이동기술을 적용한 세 개의 콘텐츠에 적용하여 실험 및 검증하고자 한다. VE는 사용자가 3차원 세계를 인식하고 행동하는 비교적 새로운 유형의 인간-컴퓨터 인터페이스이다[1].하지만 기본적으로 3차원으로 이루어져 있는 공간에서의 인터랙션은 2차원기반의 영상에서 현실 공간에 대한 깊이 정보 등 사용자의 시점에 따른 객체 표현을 위한 정보를 고려하지 않고 복잡할 수밖에 없다[2]. 특히, VE에서의 이동은 인지 작용상에서의 차이로 인해 사용자로 하여금 사이버멀미(Cybersickness)를 유발하기도 한다. VR에서는 현실과 이질적인 느낌을 받으면 어지럼증이 유발되고 콘텐츠에 대한 관심과 흥미도 감소한다. 이러한 사이버 멀미는 완전한 해결이 되지 못하고 있으며 문제로 대두되고 있다[3]. 특히, 상호작용 하는 도중 사용자가 위치를 이동할 때의 이질감은 사용자가 직접적으로 느낄 수 있다. 이를 해소하기 위한 VR콘텐츠에서의 이동기술에 대한 연구는 필수적이다. VE에서 이동할 수 있는 기술들은 다양하게 구현되어 있다. 예를 들면, 가상공간을 사용자가 직접 위치와 방향을 바꾸며 보행하는 방법[4]이나 제약된 이동 반경을 가진 트레드밀에서 보행하는 방법[5]등이 있다. 하지만 사이버멀미를 일으키지 않으면서 모든 대중들이 부담 없이 접근할 수 있는 완벽한 이동 시스템은 설계되지 않았다. 이는 VE에서의 이동기술에 대한 평가와 검증이 미미하기 때문인 것으로 보인다. 이동기술의 관한 대표적인 연구로는 Bowman 등이 1997년에 출판한 매우 유용한 이동기술 분류 체계를 제안한 연구이다. 분류방법은 동작속도 설정방법, 동작방향 설정방법, 입력 신호형(연속, 정지/시동, 시스템통제) 3개로 구성된다[6]. 하지만 Bowman은 이동기술을 분류하는 데는 약간의 한계가 있다고 서술했다. 그 이유는 첫째, 헤드마운트 이동 및 헤드마운트 디스플레이 또는 공간 입력 디스플레이(SID)를 사용하여 상호작용을 달성하기 위해 3D 공간 입력 장치만 사용한다. 둘째, 사용자가 이용하는 이동기술 방식만을 연구하거나, 가상 환경의 카메라 하이라이트에 사용자의 시야를 부착한다. 셋째, 트레드밀이나 개조 자전거와 같은 물리적 동작을 이용하기 위한 기술은 포함하지 않는다. 넷째, 시스템의 자동 운전이나 기술 지원 이라든 주된 고려사항은 사용자 통제 하에 있는 기술들 뿐 이다. 또한, VE상에서의 이동기술은 다양성이 있기 때문에 이동기술을 효과적으로 평가하기는 어렵다[7]. 따라서 VE에서 이동기술 평가를 위한 사용성 평가 모델을 만드는 것은 매우 중요하다. 본 논문에서는 사용성 평가 모델 제안을 위해 사용자 중심의 휴리스틱 이론 평가 항목을 설정하며 이동성에 기초한 환경적 요인을 고려하여 접근하여 평가의 효율성을 증가시켰다. 이러한 접근은 기존에 있던 이동기술에 대한 사용성 평가의 한계를 넘을 수 있다고 사료된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, VR 상에서의 이동기술에 대해 문헌연구 한다. 이를 기반하여 이동기술의 평가 항목을 도출한다. 다음으로, 가상환경에 대한 이론적 배경을 근거하여 가상환경 평가 항목을 도출한다. 이후, 각각 도출한 평가 요소들을 휴리스틱 이론에 근거해 사용성 평가 모델을 제안하였다. 마지막으로, 실험을 통해 사용성 평가 모델을 검증하였다. 이를 위한 사례 연구의 실험 대상은 상업용으로 제작되어 대중적 인지도가 높고 그래픽적인 완성도가 인정된 VR게임 Arizona Sunshine, Budget Cuts 두 가지와 2015년 10월 2일 삼성영화공사에서 미국 개봉한 영화 The Walk, 총 세 가지이다.

2. 이동기술에 대한 이론적 배경

2.1 VR상에서의 이동기술

이동기술은 사용자의 위치, 물리적 및 환경적 변화를 제공하며, 가상 세계 탐색을 완료하는데 쓰인다[8]. 현재까지 개발되고 콘텐츠에 적용된 대표적인 이동기술의 종류는 크게 리얼워킹(Real Walking), 텔레포테이션(Teleportation), 컨트롤러(Controller)세 가지로 꼽을 수 있다. 리얼워킹은 사용자가 VE 상에서 자유롭게 걸을 수 있어 물리적으로 제한된 공간에서 확장된 공간을 제공하여 무한하게 가상공간을 탐색할 수 있다. 리얼워킹의 예시는 아래의 Fig. 1과 같다.

텔레포테이션의 이동 방법은 실제의 물리적 공간을 한 장소에서 다른 장소로 이동하지 않는다. 콘텐츠에서 정해진 버튼을 클릭하면 클릭한 장소로 즉시 이동하는 것이며, Fig. 2와 같다.

Fig. 1. The example of Real-Walking

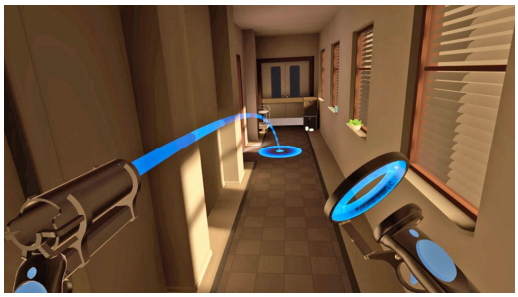


Fig. 2. The example of Teleportation from Buget Cuts

컨트롤러의 유형은 컨트롤러, 조이스틱, 게임 컨트롤러, 키보드 또는 스케이트보드를 포함한다.

현재 상용화된 컨트롤러는 게임패드 형 혹은 스틱형으로 사용자들이 버튼을 누르거나 돌려서 가상 환경에서의 손이나 사물을 조작해야 하는 괴리감을 느껴야 했었다. 또한 기존의 장갑형 컨트롤러는 휨 센서(flex sensor)를 이용하여 VR 프로그램 내부에서의 모션을 표현한다. 이는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3. The example of Controller

2.2 VR상에서의 이동기술 평가 항목

이동에 대해 HCI(Human Computer Interaction)를 고려하여 사용성을 평가하기 위해 Farzin Farhadi-Niakiemd 등은 인간 수행(Human Performance), 인간 만족(Human Satisfaction), 전체적인 수용성(Overall Acceptability), 복잡성 기반 설계(Effort-based Design)의 네 가지 범주로 분류했다. 인간 수행(Human Performance), 인간 만족(Human Satisfaction) 두 가지 요인은 (ISO 9241-11,1998)에서 연구됐다[9]. 전체적인 수용성(Overall Acceptability), 복잡성 기반 설계(Effort-based Design) 두 요인은 Farzin Farhadi-Niakiemd에 의해 제안되었다[10]. 인간 수행의 정의는 정확성, 완전성 및 효율성 표준에 따라 업무가 수행되는 것을 인간 수행이라고 한다. 이를 분석을 통해 이동 요소에 있어서 인간 수행의 효율성과 효과를 분석하고 요약하며, 속도, 시간, 정확도, 거리 등 낮은 레벨의 영향 요소를 얻는다. 인간 만족도는 '불편함으로부터의 자유, 제품 사용에 대한 긍정적인 태도'로 정의된다. 새로운 초안은 '시스템, 제품 또는 서비스의 사용과 관련된 태도와 사용에서 발생하는 정서적, 생리적 영향의 정도'라는 사용자 경험에 관한 연구에서 강조된 것을 포함하여 훨씬 더 광범위한 개인 응답을 식별한다. 표 1를 통해서 인간 만족도에 영향을 미치는 요소들을 알 수 있다. 만족도의 평가 매개변수를 바탕으로 이동기술을 평가하는 데 필요한 폭넓은 평가 참조도 배울 수 있으며, 다섯 개의 작은 요소로 세분화 할 수 있다. 쉬운가(Easiness), 불편한가(Fatigue), 자연스러운가(Naturalness), 유동적인가(Mobility), 기술을 사용할 때 느끼는 감정은 어떤지(Pleasantness)이다. 인간 만족도는 사용자 실험 후 설문지를 통해 얻은 만족도 기준에 대한 사용자의 의견을 정리한다. 전체 수용성(Overall acceptability)은 수용된 정도를 의미한다. 사용자가 사용자 인터페이스와의 상호작용을 만족스럽게 인지하는 방식으로 전체적인 만족의 의미를 적절하게 나타낸다. 이 새로운 용어는 효과, 효율성 및 기타 관련된 모든 인간 만족 요인을 포함한다. 전체 수용성은 사용자 실험 후 채워진 설문지를 통해 얻은 사용자의 전반적인 만족도에 대한 사용자의 의견인 지각적 결과다. 마지막으로, 복잡성 기반 설계가 이뤄지면 콘텐츠 제공에 더 객관적으로 제공할 수 있다. 이러한 설계는 주어진 결과 수준을 위해 기꺼이 얼마나 많은 노력을 필요할 것인지 기반으로 평가한다. 따라서 평가에서는 입력 양식 및 직무 피드백과 같은 상호작용에서 하위 수준 요소의 복잡성을 어떻게 상호작용에 영향을 미칠 수 있는지 고려할 필요가 있다. 이동에 대한 구성 요소는 모달리티 요소, 과제의 피드백, I/O 장치 및 상호작용이다. 모달리티는 인간 블록의 '운

동 반응'에서 수행된 동작을 나타내며, 모달리티 관련 심리학 이론과 관련하여, 다른 양식 조건을 선택할 수 있다[11]. 과제의 피드백은 인간 블록의 감각 자극에서 감지되는 작용을 나타내며, 아날로그 작업에서 움직이는 개체와 디스크릿 작업에서 정지된 개체를 나눌 수 있다. 특히, I/O 장치의 경우 사용자의 주의를 여러 수신기/송신기로 나눌 때 상호작용의 품질에도 영향을 미칠 수 있다. 단일 입력 케이스는 사용자의 동작을 수신하는 단일 제어 장치에 해당하며, 복합 입력 케이스는 복수의 제어를 통해 사용자의 동작을 수집한다. 마찬가지로 단일 출력 케이스는 사용자의 감각적 입력만을 자극하는 생산 매체에 해당한다. 이러한 요인을 분석함으로써 특정 가상 환경 콘텐츠에 이동기술을 평가한다. 이 과정은 특정 적용 실험보다는 하나 이상의 요소에 이동기술을 적용하는 것을 포함한다. 콘텐츠 개발자는 각 요소 별로 중요성을 명시하고 사용 규격에 가장 가까운 기술을 선택할 수 있다. 이동기술을 평가하기 위한 요소는 Effectiveness, Efficiency, Satisfaction, Modality, Task, I/O device, Interaction 일곱 가지를 선정했으며, 이를 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1. Evaluated factors of locomotion technology

Classification	Describe
Effectiveness	Accuracy, Distance
Efficiency	Time, Speed
Satisfaction	Easiness (E),Fatigue (F), Naturalness(N),Pleasantness(P),Mobility (M)
Modality	The physical response (such as static, dynamic, etc.) generated by the user while performing the task
Task	Discrete (e.g.,switching; Analog(e.g.,navigating)
I/O device	Input device [single, compound]; Output device [single, compound]
Interaction	Primitive(e.g. move), complex [serial(e.g. resize after move, parallel(ressize and move)]

3. 가상환경 VE(Virtual Environment)

3.1 가상환경 평가 기준

가상 환경 기술의 급격한 변화와 복잡성 때문에 다양한 환경(예: 서로 다른 기기 사용)에서 환경의 정보를 평가하는 것이 중요하다. 비록 휴리스틱한 평가는 데스크톱 컴퓨팅 시대에 개발되었지만, 기본적인 접근방식은 오늘날에도 여전히 타당하다. 그 이유는 분석가들이 대상에 맞게 휴리스틱 리스트를 수정할 수 있기 때문이다[12]. 휴리스틱 평가는 수학적인 해결에만 의존하는 것이 아니라, 인간의 직관, 경험, 감성을 활용하여 대상을 평가할 수 있도록 설계된 평가 방법이다. 사용자 경험에 의해 구성되는 UX 디자인과 함께 사용할 때 시너지 효과가 높음으로 콘텐츠, 시뮬레이션 등 체험자의 경험을 바탕으로 인터페이스를 평가할 때 사용되기 적절한 방법이다. VR이 상용화 되며 해당 도메인과 관련된 사용자 중심으로 사용성 평가 방법의 필요성도 높아졌지만, 물리적 인체공학적 특성을 인터페이스 사용성에 접목한 VR 때문에 일부 VR 인터페이스에 적용하기는 어렵다는 것이 입증됐다. 이 혼합은 VR 기기 작동의 물리적 편안함, 시스템에 의해 제공되는 모든 것을 포괄하는 몰입감, 시스템 사용에 의해 유발되는 질병의 정도를 포함하여 기존의 사용자 인터페이스 분석 범위를 벗어난 문제를 도입한다. 따라서 가상환경에서 사용자 인터페이스 설계에 대해 게시되고 검증된 지침이 없기 때문에 휴리스틱 평가(Nielsen & Mack, 1994)는 가상 환경에 직접 적용하기가 매우 어렵다[13]. 그러나 (Rabia Murtza, Stephen Monro, Robert J. Yumans, 2017) 경험적 평가는 VR 환경에서 대표적인 작업을 수행하려는 실제 사용자를 연구하기 전에 VE 인터페이스의 사용성을 평가하는 데 있어 핵심 단계다[14]. 기준의 휴리스틱 평가 방법을 이용하여 시뮬레이션 환경과 상호작용하여 디지털 화면, 입력 장치 및 동작 민감도와 상호작용할 수 있는 기능을 사용자에게 제공하는 경험적 연결인 새로운 휴리스틱 평가 방법을 제안한다. 최근 이 방법의 발전은 VR의 사용성 평가에 대한 비용과 복잡성을 줄였다.

3.2 가상환경 평가요소

VR의 독특한 특징 중 하나는 움직이는 광학 정보를 강화하거나 조작하는 능력이다. 예를 들어 지면과 배경 표면에서 사용할 수 있는 광학적 시각적인 흐름– 액션 패턴은 속도와 방향에 대한 정보를 제공한다. 따라서, 시각적인 흐름을 이용하여 정보를 도출하면, 속도와 방향을 포함한 이동기술의 몇 가지 중요한 요인을 인식할 수 있다. 그러나 각 콘텐츠는 이동기술에 대한 요구사항이 다르기 때문에 콘텐츠에 같은 기술에 직접 적용할 수는 없다. Rabia Murtza(2017)는 아래의 Table 2와 같이 가상 환경 평가의 9가지 요소를 구체화한다. 첫째, 신체동작 동기화와 관련하여, 시스템과 인터페이스는 사람의 머리와 몸과 동기화하여 지연을 방지해야 한다. 둘째로, 물리적 공간 제약조건, 시스템 설계자는 실제 물리적 공간 설정을 고려하고 그것이 사용자 상호작용과 상호작용을 하는지를 고려해야 한다. 셋 째, 몰입형 이 시스템은 사용

자가 가상현실에 들어갈 수 있도록 해야 한다. 셋째, 몰입형 이 시스템은 사용자가 가상현실에 들어갈 수 있도록 해야 한다. 넷째, 고장 문제, 시스템은 단순화된 설정을 보장하여 시스템 고장이 낮은 수준으로 유지되도록 해야 한다. 다섯째, 실제와 가상의 전환은 시스템이 자동으로 모든 용도에 의존할 수 있어야 하며, 즉 VR 헤드셋을 사용할 때 사용자가 아닌 모든 사용자 작업과 정보를 VR에 보존해야 한다. 수행된 작업이나 헤드셋을 완료할 수 있다. 여섯 째, 전원 코드 설계, 시스템 코드는 VR 유지보수를 최대한 유지하도록 설계되어야 한다.

Table 2. Evaluated factors of Virtual Environment

Classification	Describe
Synchronous Body Movements	The system and interface should stay in synchrony with human head & body movement in real time to prevent lag.
Physical Space Constraints	The system should account for the real-world physical space users' occupy when interacting with the system.
Immersion	The system should immerse the user in virtual reality, specific to visual realism.
Glitchiness	The system should promote a streamlined experience by keeping systematic glitches low.
Minimize switching between actual and virtual world	The system should be able to rely on itself for all usage; that is, keep all necessary user tasks and information within VR, instead of creating tasks that the user may only be able to execute when VR headset is taken of or information that can only be accessed by taking headset off.
Cord Design	The cord of the system should be designed such that VR usage requires minimal maintenance, e.g. providing adequate length and mobility to keep entanglement to a minimum.
Headset Comfort	The headset of the system should be designed to be comfortable for prolonged wear.
Mental Comfort	The system should be designed to prevent sensations of physical illness during use, by preventing jarring movement lag, increasing realism of visuals, and so on.
User Interface Design	The system's interface and hardware controls should have a intuitive design and navigation, adhering to usability conventions.

예를 들어, 충분한 길이와 기동성을 제공하는 것이다. 일곱 째, 헤드폰 편안함 시스템의 이어폰은 오랫동안 착용하도록 설계되어야 한다. 여덟 째, 심장의 편안함, 시스템은 질병의 느낌을 시뮬레이션하고, 움직임의 지연을 방지하며, 시각 자료의 현실을 개선하기 위해 신체를 사용하지 못하도록 설계되어야 한다. 아홉 째, 사용자 인터페이스 설계, 시스템 인터페이스 및 하드웨어 제어는 직관적인 설계와 탐색을 통해 적합성 규칙의 사용을 준수해야 한다.

4. 평가모델

사전연구를 통해 사용성 모델을 설계 하였으며, 이는 Fig. 4와 같다.

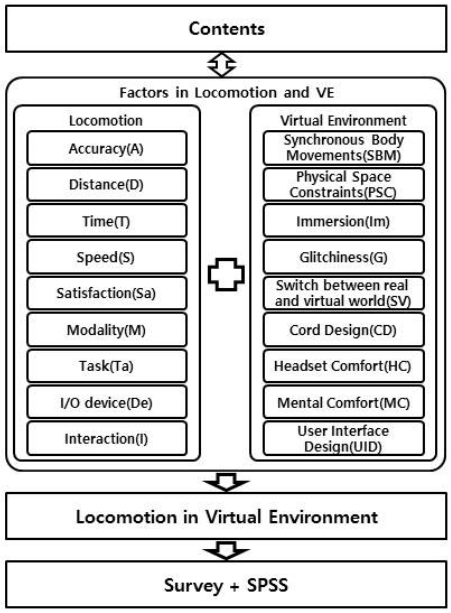


Fig. 4. Usability Evaluation model of Locomotion Technology in VE

정확도(Accuracy)는 사용자가 이동할 때의 정확도에 대한 부분이다. 거리(Distance)는 사용자가 이동할 때 생기는 거리에 대한 부분이다. 시간(Time)은 사용자가 이동할 때 사용되는 시간이다. 속도(Speed)는 사용자가 이동할 때의 속도를 말한다. 만족도(Satisfaction)는 이동할 때 사용하는 기술에 대한 사용자의 만족도이다. 만족도 항목은 다섯 개의 작은 요소로 세분화 할 수 있다. 배우기 쉬운지(Easiness), 불편한지(Fatigue), 자연스럽게 사용할 수 있는지(Naturalness), 다른 이동기술이 유연하게 사용할 수 있는지(Mobility), 기술을 사용할 때 느끼는 감정은 어떤지(Pleasantness)이다. 형태(Modality)는 각각 다른 디바이스를 사용한 형태의 변화를 말한다. 작업(Task)는 이동기술을 사용하여 수행되는 작업에 대한 항목이다. 입력 및 출력 장치(I/O device)는 가상 환경에서 대형 화면이나 데스크톱 장치를 말한다. 상호작용(Interaction)은 이동 중 인터페이스, 내비게이션 등의 사용자와 상호 작용하는 요소들을 말한다. 가상 환경에서는 아홉 가지가 있다. 가상 환경에서의 신체 동기화

(Synchronous Body Movements), 물리적 위치의 정확한 판단(Physical Space Constraints), 몰입감(Immersion), 오류 생기는 가능성(Glitchiness), 실제 및 가상 세계 변환에서의 유연성(Switch between real and virtual world), 연결선의 설계(Cord Design), 헤드세셋의 편의성(Headset Comfort), 가상 환경 심리 편의성(Mental Comfort), 인터페이스 설계(User Interface Design)이다. VE의 이동기술 요소는 사용성 평가를 위해 사용자 경험 기준의 가이드라인[15]을 따라 열 개 카테고리 정하여 효율성(Efficiency)에서 이동 시간과 이동 속도가 포함된다. 그리고 효과(Effectiveness)에는 이동의 정확도, 일치성과 이동 거리가 포함되며, 학습의 용이성(Ease of learning)과 이해도(Ease of understanding)는 자체로 카테고리에 포함된다. 또한, 기억의 용이성(Ease of memory)은 기억의 용이성과 작업의 성공도가 포함되며, 피드백(Feedback)에 피로도와 심리 편의성이 포함된다. 가이드라인(Guideline)에는 전반적인 만족도가 포함되며, 유연성(Flexibility)에는 이동기술에 대해 유연성, 가상세계와 현실세계 변화의 유연성이 포함된다. 그리고 편의성(Catholicity)에는 물리적인 연결선의 설계 합리성, 헤드셋의 편의성이 포함되며, 안정성(Stability) 중 상호 작용이 포함된다. 이렇게 10개의 카테고리에 포함된 총 열여덟 항목이 발생한다. 이와 같이 총 열여덟 개의 요소를 배열하고 결합하여 원칙적으로 여든 한 종류의 구체적인 내용을 얻을 수 있다. 이 중, 반복되는 항목은 삭제하고 개념의 정확성을 고려하여 가상 환경에서 이동기술에 대한 평가로서 모델의 정교화 요소로서 열여덟 개의 항목을 최종 선별하였으며, 그림 4와 같다.

5. 사례연구

제안한 모델을 바탕으로 사례연구 한다. 본 논문에서 선정된 실험 대상은 The Walk, Budget Cuts와 Arizona Sunshine 세 가지 VR 콘텐츠이며, 사용성 평가하고자 한다. 실험 순서는 총 3단계로 나뉜다.

첫째, 사전 연구 및 문헌 조사 등 이동기술과 가상화경에 관련 요인을 바탕으로 전문가의 조언을 통해 설문조사 문항을 만든다. 둘째, VR 전문가 3 명은 설문에 대한 평점 검사를 통해 착오가 없음 을 확인한 다음 설문을 실시한다. 셋째, 실험자가 체험 한 후에 수정된 설문 조사를 하고 회수를 통해 SPSS.20[16] 통계로 최종 조사 결과를 분석한다. 사용성 평가를 위해 사용자 경험 기준의 가이드라인을 따라 열 개 카테고리 정하여 총 열여덟 문항의 설문을 진행하였다. 설문지는 Table 3과 같다. 실험자는 VR 콘텐츠 유경험자 50명, 무경험자 50명 총 100명으로 구성됐다. 설문 후 전문가 인터뷰를 통해 설문 항목을 검증 및 평가받았다. 또한, 신뢰도를 높이기 위해 설문변수의 통계결과를 분석했다. 설문은 5점 척도로, 매우 동의하지 않음, 동의하지 않음, 적당함, 동의함, 매우 동의함으로 1~5 점으로 기록했다.

Table 3. Categories of Questionnaires

Category	Questionnaires
Efficiency	(Q1) How does moving time affect immersion when using locomotion technology?
	(Q2) How does moving speed affect immersion when using locomotion technology?
Effectiveness	(Q3) How accurately reach desired destination when using locomotion technology?
	(Q4) How the movement of the field of view accurately follow the movement of the body when using locomotion technology?
	(Q5) How does moving distance affect immersion when using locomotion technology?
Ease of learning	(Q6) How easy to learn when hen using locomotion technology?
Ease of memory	(Q7) How easy to memory hen using locomotion technology?
	(Q8) Did the user succeed in executing the given tasks and how well did he/she perform when using locomotion technology?
Ease of understanding	(Q9) How easy to understanding when using locomotion technology?
Feedback	(Q10) How do you feel tired when using locomotion technology?
	(Q11) How do you feel when using locomotion technology? Is it comfortable?
Guideline	(Q12) How satisfied was the user while moving ?
Flexibility	(Q13) How flexibility in manipulating locomotion technology?
	(Q14) How the flexibility of the switching between real world and virtual world when using locomotion technology? (eg, when the headset is removed, can the task be completed accurately?)
	(Q15) Did the user understand the usage of modes? Was the user able to switch flexibility between the modes properly?
Catholicity	(Q16) How about the comfort of the headset while moving ?
	(Q17) How rationality of the design of the connecting line when moving in a virtual environment, is it easy to be tripped when moving by real-walking?
Stability	(Q18) How the interface navigation, device connection, display settings and interaction between when moving in a virtual environment?

5.3 실험 결과

Table 4. Statistic of each variable

Category	score			standard deviations		
	C	T	R-W	C	T	R-W
(Q1)	4.038	4.054	0.813	0.856	4.065	0.836
(Q2)	4.035	4.049	0.864	0.842	4.058	0.852
(Q3)	4.016	4.085	0.805	0.823	4.013	0.803
(Q4)	4.045	4.068	0.806	0.815	4.105	0.836
(Q5)	4.068	4.086	0.810	0.813	4.059	0.875
(Q6)	4.018	4.093	0.812	0.825	4.105	0.808
(Q7)	4.008	4.023	0.853	0.863	4.052	0.855
(Q8)	4.025	4.058	0.764	0.798	4.028	0.768
(Q9)	4.041	4.059	0.806	0.813	4.075	0.809
(Q10)	4.045	4.055	0.725	0.825	4.089	0.816
(Q11)	4.046	4.004	0.805	0.805	4.015	0.813
(Q12)	4.002	4.006	0.806	0.816	4.018	0.808
(Q13)	4.025	4.065	0.862	0.832	4.008	0.836
(Q14)	4.065	4.003	0.755	0.765	4.006	0.859
(Q15)	4.013	4.047	0.894	0.815	4.068	0.867
(Q16)	4.036	4.054	0.816	0.832	4.073	0.805
(Q17)	4.058	4.064	0.808	0.816	4.008	0.812
(Q18)	4.036	4.073	0.837	0.814	4.025	0.867

실험 후 분석 결과를 정리하면 table 4와 같다. 네 가지 이동기술 항목의 평균값이 모두 4를 넘는다. 그런데 이동 시 시선과 신체의 동기화, 이동기술을 배우기 쉬운지, 기억하기 쉬운지, 이해하기 쉬운지, 이용할 때 피곤한지, 전반적으로 만족하는지, 이동 환경의 합리성은 어떠한지, HMD가 편한지의 요소들에 대해 리얼워킹 이동기술이 점수가 가장 높았다. 반면, 이동의 정확도, 몰입감에 대한 영향력, 작업의 성공도, 이동기술 수행의 적용성, 이동기술 형태의 유연성, 인터페이스의 내비게이션과 이동기술, 입/출력 장치의 상호작용성 요소들은 텔레포테이션의 점수가 가장 높았다. 이동 중 편의성, 작업 수행 시 VE와 현실세계 간의 유연성은 컨트롤러의 점수가 가장 높았다. 그러나 전반적으로 리얼워킹이 결과 값이 가장 높다는 것을 알 수 있다. 분석하면, 실험자들은 리얼워킹을 상대적으로 높게 평가했지만, 경우에 따라서는 텔레포테이션이나 컨트롤러에 대해 유연성과 인간과 컴퓨터의 상호작용 등과 같은 점수가 더 좋다는 것을 알 수 있었다. 표준편차는 Q1, Q2, Q4, Q6, Q7, Q9, Q10, Q12, Q16, Q17의 영향으로 컨트롤러가 가장 낮은 점수를 받았으며 리얼워킹의 점수가 가장 높았다. Q3, Q5, Q8, Q13, Q15, Q18의 영향으로 텔레포테이션이 가장 높은 점수를 받았고 리얼워킹이 가장 낮은 점수를 받았다. Q11과 Q14의 영향으로 컨트롤러가 가장 높은 점수를, 텔레포테이션이 가장 낮은 점수를 받았다. 세 가지 사례 연구에 대한 결과를 그래프로 요약하면 아래의 Fig. 5와 같다.

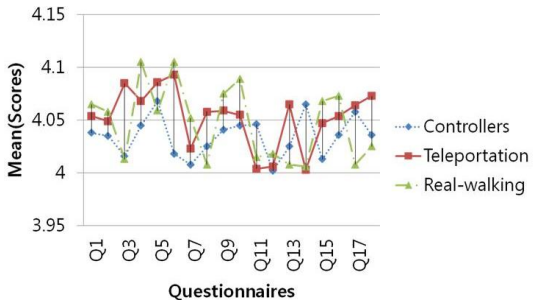


Fig. 5. The results of each variable

6. 결론

본 논문에서는 VR상에서 이동기술과 VE에 대한 이론적인 접근을 통해 분석 요소를 도출하고, VE에서의 이동기술을 평가하기 위한 사용성 평가 모델을 제안했다. 이를 위해 먼저 전문가 3명을 통해 이동기술 시용성 평가에 대한 설문지를 작성하였다. 이후 세 가지 다른 이동기술 컨트롤러, 텔레포테이션, 리얼워킹에 대한 사전 연구를 진행하고 실험 한 후, VR상에서 휴리스틱 사용성 평가를 참고하여 도출한 요소들로 새로운 모델을 생성하였다. 이를 검증하기 위해 설문지 조사 후 설문 결과를 분석하였다. 결과로, 가상 환경에서 이동기술에 대해 구체화되어 있는 사용성 평가가 필요함을 알 수 있었다. 본 논문은 가상 환경에서 이동기술의 사용성을 평가하는 새로운 사례 연구라 사료되며, 제안한 평가모델은 VR 콘텐츠의 이동기술을 평가하는 것이 용이하고 기존의 콘텐츠의 이동기술에 대한 객관적인 평가의 시각화가 가능하다고 사료된다. 이는 콘텐츠 제작의 기획단계와 상용 전 평가 단계에서 유용하게 사용될 자료라 사료된다.

REFERENCES

[1] D. A. Bowman, J. L. Gabbard & D. Hix. (2002). A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods, *Presence:*

Teleoperators & Virtual Environments, 11(4), 404-424.
DOI : 10.1162/105474602760204309

[2] D. Kim, S. Kim & E. Cho. (2019). Design of Home Furnishing Simulation System using Real Space Information, *Journal of the Convergence for Information Technology, 9(1),* 151-157.
DOI :10.22156/CS4SMB.2019.9.1.151

[3] N. E. Kim. (2018). The Effect of Dynamic Balance on Cyber Motion Sickness of Full Immersion Virtual Reality, *Journal of the Convergence for Information Technology, 8(1),* 131-138.
DOI :10.22156/CS4SMB.2018.8.1.131

[4] H. Iwata & T. Fujii. (1996). Virtual Perambulator: a novel interface device for locomotion in virtual environment, *Journal of the 1996 IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 96,* 60-64.
DOI :10.1109/vrais.1996.490511

[5] H. Iwata, Y. Yoshida. (1999). Path reproduction tests using a torus treadmill, *Presence: Teleoperators and Virtual Environment, 8(6),* 587-597.
DOI :10.1162/105474699566503

[6] M. Slater, M. Usoh & A. Steed. (1995). Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality, *Journal of the ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI) - Special issue on virtual reality software and technology, 2(3),* 201-219.
DOI :10.1145/210079.210084

[7] N. C. Nilsson, S. Serafin & R. Nordahl. (2014). A comparison of four different approaches to reducing unintended, positional drift during walking-In-Place locomotion, *Journal of the IEEE Virtual Reality,* 1-2.
DOI :10.1109/VR.2014.6802071

[8] B. Ballard, W. S. Bass, L. Clements & P. R. Kazman. (2007). *Designing the Mobile User Experience. Software Architecture in Practice,* USA Publishing.
DOI :10.1002/9780470060575.ch6

[9] ISO 9241 Part 11. (1998). Guidance on usability: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals, *International Standards Organization.*
DOI :10.3403/01822507u

[10] F. F. Niaki. (2019). *Usability Analysis in Locomotion Interface for Human Computer Interaction System Design,* Doctoral dissertation, University of Ottawa, Ottawa.
DOI :10.20381/ruor-22922

[11] W. Barfield & T. A. Furness Ⅲ. (1995). *Virtual environments and advanced interface design,* New york : Oxford University Press, 437-470.

[12] J. Nielsen. (2014). *Heuristic evaluation, iUser Interface Inspection Methods,* 1-32.
DOI :10.1016/b978-0-12-410391-7.00001-4

[13] M. Nabiyouni, A. Saktheeswaran & D. A. B. Karanth. (2015). A. Comparing the performance of natural, semi-natural, and non-natural locomotion techniques in virtual reality, *Journal of the Proceedings of the IEEE Symposium on 3D User Interfaces,* 3-10.
DOI :10.1109/vr.2015.7223386

[14] R. Murtza, S. Monroe & R. J. Youmans, (2017). Heuristic Evaluation for Virtual Reality System, *Journal of the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2017 Annual Meeting, 61(1),* 2067-2071.
DOI :10.1177/1541931213602000

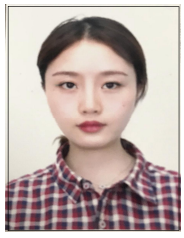
[15] H. Y. Lee & H. S. Yang. (2013). The Evaluation Method of Software Usability based on UI, *Journal of the Digital Policy& Management, 11(5),* 105-117.
DOI :https://doi.org/10.14400/JDPM.2013.11.5.105

[16] C. H. Choi & Y. Y. You.(2017). The Study on the Different Moderation Effect of Contingency Variable (Focused on SPSS statistics and AOMS program), *Journal of the Digital Convergence, 15(2),* 89-98.
DOI :10.14400/JDC.2017.15.2.89

딩슈후이(Xiu Hui Ding) [학생회원]

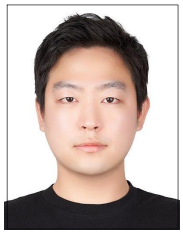
· 2017년 6월 : 中南财经政法大学(중남정법재경대학교) 視觉传达设计(애니메이션과) (예술학사)
· 2017년 9월 ~ 현재 : 동서대학교 영상콘텐츠학과 (석사 재학중)
· 관심분야 : VR·사용성평가·인터랙션
· E-Mail : martinddd222@gmail.com

세차오(Qiao Xie) [학생회원]



· 2017년 6월 : 中南财经政法大学(중남정법재경대학교) 視觉传达设计(애니메이션과) (예술학사)
· 2017년 9월 ~ 현재 : 동서대학교 영상콘텐츠학과 (석사 재학중)
· 관심분야 : VR·프레임웍·인터랙티브미디어
· E-Mail : xieqiao1994@gmail.com

장 영 직(Young-Jick Jang) [학생회원]



· 2015년 2월 : 동서대학교 디지털콘텐츠 (공학사)
· 2017년 2월 : 동서대학교 영상콘텐츠학과 (공학석사)
· 2017년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 영상콘텐츠학과 (박사 재학중)
· 관심분야 : VR·UX디자인·HCI
· E-Mail : jyj8654@gmail.com

윤 태 수(Tae-Soo Yun) [정회원]

· 1991년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학 (공학사)
· 1993년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학 (공학석사)
· 2001년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학 (공학박사)
· 2001년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 디지털콘텐츠학부 교수

· 관심분야 : 게임·VR·인터랙티브미디어
· E-Mail : yntaesoo@gmail.com/tsyun@dongseo.ac.kr