JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 25, No. 5: 659~666, May. 2021

사례 분석을 통한 피지컬 컴퓨팅 게임 요소 선별 및 연구

이준석[1] · 이대웅[2*]

Selection and research of physical computing game elements through case analysis

Jun-Suk Lee[1] · Dae-Woong Rhee[2*]

[1]Graduate Student, Dept. of Game Studies, Graduate School, Sangmyung University, Seoul, 03016 Korea
[2*]Professor, Dept. of Game Studies, College of Convergence Engineering, Sangmyung University, Seoul, 03016 Korea

요 약

본 연구는 현실에 존재하지 않는 디지털 미디어에 실질적인 물질성을 부여하는 개념을 가지고 있는 피지컬 컴퓨팅의 환경적 특징을 게임 개발에 적용해보고자 한다. 피지컬 컴퓨팅의 처리 과정은 디지털 입력과 디지털 출력 그리고 아날로그 입력과 아날로그 출력으로 이루어져 있으며 마이크로 컨트롤러를 중심으로 입력과 출력이 이루어져 있다. 본 논문은 피지컬 컴퓨팅이 많이 연구되고 있는 디지털 아트와 정보교육 분야의 연구 사례 분석과 피지컬 컴퓨팅 요소를 일부 차용한 게임들을 분석해서 개발적 요소를 선별했다. 도출된 요소들은 델파이 조사방법으로 전문가와의 합의를 통해 검증했다. 본 논문에서 12개의 요소를 선정했으며 가상세계의 물리적 성질부여, 구현 기술의 적합성, 현실의 플레이이어와 가상의 플레이어와의 일치성 순으로 중요도가 나타났다.

ABSTRACT

This research will apply the environmental characteristics of physical computing to game development, which has the concept of giving substantial materiality to digital media that do not exist in reality. The processing process of physical computing is digital input and digital output, and analog input and analog output, which mainly uses Malik controllers. Therefore, we select development elements by analyzing research cases in the field of digital art and information education where physical computing is studied a lot, and by analyzing games that borrowed some physical computing elements. The derived elements are verified by the Delphi's research methodology through agreement with experts. 12 elements are selected in this study, and the importance is shown in order of the physical properties in the virtual world, the suitability of the implementation technology, and the conformity between real and virtual players.

키워드 : 피지컬 컴퓨팅, 피지컬 컴퓨팅 게임, 게임개발요소, 게임기획

Keywords : Physical computing, Physical computing game, Game development element, Game planning

Received 26 March 2021, **Revised** 13 April 2021, **Accepted** 19 April 2021

*** Corresponding Author** Dae-Woong Rhee(E-mail:rhee219@smu.ac.kr, Tel:+82-2-2287-5213)
Professor, Dept. of Game Studies, College of Convergence Engineering, Sangmyung University, Seoul, 03016 Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.5.659 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

게임 개발은 다양한 환경과 결합하면서 새로운 형태로 발전한다. 처음 퍼스널 컴퓨터가 나왔을 때부터 사물인터넷과 빅 데이터가 나온 현 시점까지 새로운 기술과 기기에 맞춰 발전하고 있다. 특히 4차 산업혁명으로 인한 소형화, 경량화 성격은 게임 개발의 환경적 요소에서도 큰 영향을 미치고 있다. 게임 개발에 있어서 하드웨어는 디자인 요소를 물리적으로 구현해 주는 중요한 역할을 하기 때문이다[1].

하지만 변화하는 하드웨어 환경을 일일이 대응하기에는 개발에서의 시간적, 비용적 문제가 생긴다. 본 연구는 이런 변화하는 게임 플랫폼 환경을 아우를 수 있는 개념의 필요성에서 출발했다. 이런 면에서 4차 산업혁명의 디지털 기술에서의 범용 기술[2]로 언급되는 피지컬 컴퓨팅(physical computing)의 개념을 이용해, 게임과 사용자의 인터렉션을 중심으로 분석해 보는 연구 방법론을 제안한다.

피지컬 컴퓨팅은 소프트웨어와 하드웨어를 사용해서 실제 세상과 가상의 세상을 연결하는 상호작용적인 시스템으로 정의할 수 있다[3]. 실질적으로는 센서와 마이크로 컨트롤러를 사용하여 실제 세계의 입력을 데이터로 전환하는 작업 혹은 모터나 조명, LED 등을 사용하여 기계장치를 제어하는 것들을 의미한다. 산업적으로는 전기공학, 스마트팩토리, 로봇공학, 컴퓨터과학 및 임베디드 등 다양하게 포함된다. 그림 1은 인간과 상호작용하는 기계를 이용하는 스마트팩토리의 예이다.

Fig. 1 Smart Factory System[4]

피지컬 컴퓨팅의 이런 광범위한 개념은 게임 개발에서 전통적으로 사용되고 있는 마우스, 키보드, 모니터부터 근래 등장한 VR환경이나 센서 기기까지 모두 아우를 수 있다는 장점이 있다. 현실에 존재하지 않는 디지털 미디어에 실질적인 물질성(physicallity)을 부여하는 속성을 부여하는 개념 때문에[5] Huizinga가 언급한 디지털 게임이 가지고 있는 가상의 게임세계에서 현실세계로의 마법의 원 그리고 상호작용의 성격[6]과도 상당히 유사한 상호작용적 개념을 가지고 있다.

피지컬 컴퓨팅의 연구는 인터렉션과 디지털 아트에서 시작했으며 근래에는 정보 교육쪽에서 사례와 기기 중심으로 진행되고 있다. 피지컬 컴퓨팅 기술을 사용하는 게임의 경우에는 빅게임, 협동게임, 토이게임, 로봇게임, 유비쿼터스 게임 혹은 센서를 이용하는 퍼베이시브게임이나 증강현실, 방탈출 카페 등 다양한 방향으로 연구되고 있다. 다만 각각의 하드웨어내의 연구로만 진행되고 있다.

본 연구는 관련 연구 및 사례 조사를 통해서 피지컬 컴퓨팅 게임을 개발할 때의 요소를 선별하고 그것을 기반으로 요소를 도출하고자 한다. 2장에서는 관련연구로 피지컬 컴퓨팅과 입출력과 인터렉션 관련 연구들을 분석한다. 3장에서는 디지털 아트, 정보교육, 피지컬 컴퓨팅 기술을 일부 이용한 게임들의 사례를 분석하며 개발요소를 찾아보고 4장에서는 2, 3장의 개발 요소를 통해 요소를 추출하고 5장에서는 전문가 설문을 통해 추출된 개발요소를 검증한다. 결론에서는 연구를 요약하고 연구의 한계점과 앞으로의 연구 방향을 제시했다.

Ⅱ. 관련 연구

2.1. 피지컬 컴퓨팅의 정의

피지컬 컴퓨팅을 처음 언급한 O'Sullivan과 Igoe은 피지컬 컴퓨팅을 물리적인 현실 세계와 컴퓨터의 가상 세계가 서로 대화, 즉 인터렉션 할 수 있도록 하는 것으로 정의했다[7]. 이 부분은 게임과도 유사한 형태를 보이는데, 게임 디자이어인 Crawford는 게임을 포함한 디지털 미디어의 특징에서, 인터렉션을 두 개체가 차례를 번갈아가며 듣고 생각하고 말하는 순환 과정으로 정의한다[8]. 즉 듣기, 생각하기, 말하기는 입력, 처리, 출력의 표현이 된다. 이 개념은 마우스, 키보드 등의 일반적인 컴퓨팅 환경만이 인터페이스가 아니라 가상의 디지털 미디어에 물리적인 성질을 부여하는 것을 인터렉션으로 본 것이다.

하드웨어적인 종류 보다는 가상세계에 물리적인 성질을 부여하는 것에 초점을 맞춘 이 개념은 그 후 디지털 아트라는 이름으로 발전했는데, 키네틱 아트에서부터 출발해서, 컴퓨터를 사용한 디지털 미디어 기술로 적극적으로 사용되었다[9].

2.2. 피지컬 컴퓨팅의 처리 과정

피지컬 컴퓨팅 환경에서의 게임을 디자인하기 위해서는 사용자와 게임과의 처리 과정을 알아야 한다. 이런 면에서 피지털 컴퓨팅의 전체적인 과정을 실체적으로 살펴본 연구는 주로 정보교육 연구 쪽에서 이루어지는데, 엄기순[10], 김수민[11], 장윤제[5]의 연구가 있다. 이 연구에서는 공통적으로 입력과 출력 그리고 처리라는 세 개의 단계를 중심으로 개념을 보고 있다.

그림 2은 처리를 담당하는 마이크로 컨트롤러를 중심으로 입력과 출력의 과정을 설명한다[11]. 여기서 입·출력 장치와 마이크로프로세서를 하나의 칩으로 만든 것을 마이크로 컨트롤러라고 하는데 이것을 중심으로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구축한다[12]. 전체적인 흐름은 현실세계의 물리적 정보가 가상세계와 인터렉션 한 후 다시 물리적 엑추에이터로 출력되는 과정을 겪는다.

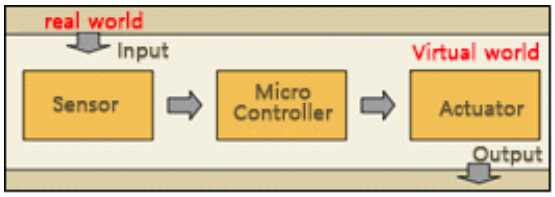

Fig. 2 Physical Computing Process[11]

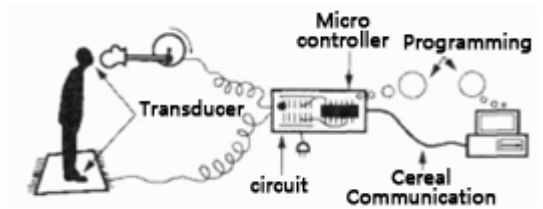

Fig. 3 Physical Computing System[7]

이 과정을 기술적 구성도로 설명하면 그림 3이 된다.

2.2.1. 입력과 출력

입력 단계는 현실세계에서 사용자가 피지컬 컴퓨터에 물리적 외부 정보를 입력하는 것이다. 컴퓨팅 환경이 이해할 수 있는 정보의 형태로 입출력 되어야 하며 키보드와 마우스 외에도 주변 환경의 다양한 정보를 수신할 수 있는 센서 등이 활용되며 입력 장치를 통해 컴퓨터에 전달된 정보는 처리 단계에서 사용된다.

출력 단계는 처리 단계에서 얻은 최종 결과 값을 출력 장치를 사용하여 현실 세계에 물리적으로 전달하는 과정이다. 모니터, 스피커 뿐만 아니라 LED, LCD, 모터 등의 다양한 액추에이터가 결과를 출력하는데 사용될 수 있다[13]. 설계에 따라서 출력정보를 또다시 입력정보로 사용하여 지속적인 상호작용을 수행하도록 개발할 수도 있다.

O'Sullivan, Igoe은 입출력을 그 성격에 따라 디지털과 아날로그로 다시 4가지로 분류했다[7]. 하드웨어의 기기로 분류한 것은 아니며, 정보의 표현 형태로 분류한 방법이다. 아날로그는 연속되는 값으로 표현되는 정보로, 디지털은 모든 정보를 서로 다른 숫자로 표시되는 정보로 표현했다. 이 방법은 피지컬 컴퓨팅 게임 환경에서도 분류로 적용할 수 있다.

(1) 디지털 입력

외부 세계에 관한 정보를 0과 1(이어짐과 끊어짐)의 디지털 형태로 읽어 들이는 경우이다. 센서를 이용해 사용자가 있는지를 확인하거나 혹은 게임 진입 시 환경을 감지하는 경우에 해당한다.

(2) 디지털 출력

외부 디바이스를 0과 1의 디지털 형태로 제어하는 경우이다. 외부의 디바이스를 켜거나 끄는 경우인데 LED나 버저, 혹은 새 공간의 문을 열거나 안내 멘트를 출력하는 경우가 해당한다. 과정에서 결과를 명확히 보여줄 때 이런 출력기기를 사용한다.

(3) 아날로그 입력

외부 세계에 관한 정보를 아날로그 형태로 읽어 들이는 경우이다. 사용된 물건의 무게를 알아보거나 조명의 밝기, 소리의 세기 등을 알고자 하는 경우가 해당한다. 피지컬 컴퓨팅 게임에서 사용자가 가장 기존 게임과 다르다고 환경적으로 이해할 요소이며 피지컬 컴퓨팅 게임의 한 분야로 볼 수 있는 방탈출 게임에서 디자인 설계 시 자주 사용되는 요소로 쓰인다. 그림 4는 센서를 사용하는 방 탈출(Escape Room)[14] 게임이다.

Fig. 4 Physical Computing Process[15]

(4) 아날로그 출력

외부 디바이스를 아날로그 형태로 제어하는 경우로 출력의 강도나 방향 등을 제어하는 경우에 사용된다. 밝기를 제어하거나 소리의 높낮이를 제어하는 일 등이 해당하는데 강도의 조정이기 때문에 개발 단계에서 사용자 각자가 받아들이는 부분의 차이가 나기 때문에 설계의 주의[15]가 필요한 요소이다.

2.2.2. 처리

센서 등으로 입력된 정보는 마이크로 컨트롤러를 통해 처리된다. 마이크로 컨트롤러는 입력 정보를 처리하고 프로그래밍 된 결과 값을 만들고 그것을 외부 세계에 전달을 위해 출력 정보로 바꾸는 과정을 거친다.

마이크로 컨트롤러는 개발 사용성 단계에 따라서 분류하는 방향으로 많이 연구되는데 사용성이 높은 단계는 박스 혹은 일체형의 모듈 형태이며 사용성이 낮은 형태는 보드 형태이다. 표 1은 마이크로 컨트롤러의 사용성에 따른 구분이다[10].

Table. 1 Classification according to the usability of the Microcontrollers

classification	Advantages	Weakness	kind
Module Form	No circuit configuration required Create in a relatively easy and quick time frame	Expensive and low technical application	Beatbrick, Little Beatz, Light Up, Make Block
Board form	Affordable. Broad range of technology applications	The developers must construct their own circuits. Difficulty is high and development time is long.	Arduino, Raspberry Pie, E-sensorboard, Picoboard, Cordino

피지컬 컴퓨팅 게임에서는 앞서 거론한 4가지의 입출력 형태가 모두 필요하기 때문에 기술적인 범용성이 높은 보드 형태의 마이크로 컨트롤러를 사용한다. 주로 아두이노 보드를 사용하며[16] 그림 5는 아두이노 보드이다. 이 부분은 정보교육이나 디지털 아트 부분에서도 비슷하게 나타난다.

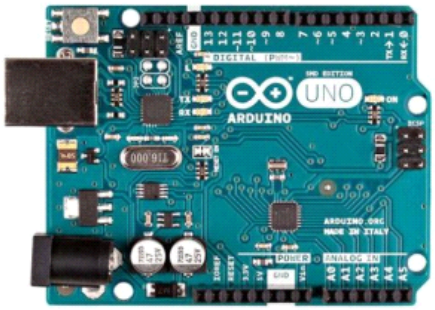

Fig. 5 Arduino Board[16]

Ⅲ. 사례 조사

피지컬 컴퓨팅 게임의 개념이 유사한 형태는 디지털 아트와 정보교육 분야가 있다. 그 외 일부 피지컬 컴퓨팅 기술을 사용한 게임도 유사하다고 볼 수 있다. 이 세 분야의 사례를 게임 개발 분야와 비교 분석해 본다.

3.1. 디지털 아트의 피지컬 컴퓨팅 요소

90년도 이후 기술이 예술의 한 표현과정으로 사용되면서 피지컬 컴퓨팅 개념은 디지털 아트를 중심으로 발전하게 되었다[17]. 디지털 아트는 실제 현실 환경과 연결된 대화형 컴퓨팅 기기와 사람 사이에 직관적 인터페이스를 만드는 과정을 통해 작품을 완성한다. 여기서 관객은 단순 관람자가 아닌, 작품을 완성하는 최종 주체[18]라는 점이 다른 예술과 구분되는 점이다. 그리고 관객은 인터렉션으로 작품과 교감하고 그 결과를 만들어 낸다. 게임 역시 인터렉션을 통해 사용자가 게임을 진행하고, 그 결과를 만들어 낸다는 점에서 거의 동일한 인터렉션적인 속성을 지녔다고 볼 수 있다. 그림 6은 관객의 움직임에 따라 변화하는 출력을 보여주는 디지털 아트의 예이다.

Fig. 6 Chris Milk, “The Treachery of Sanctuary”[19]

디지털 아트와 게임은 사용자의 인터렉션이 진행을 위한 필수 요소라는 공통점을 지닌다. 하지만 디지털 아트에서의 피지컬 컴퓨팅은 예술 표현의 도구로서만 사용되기 때문에 사용자가 작품을 이해하거나[20] 재미를 느끼는 게 필수 요소가 아니다[21]. 입력과 출력이 단순하게 구성되는 경우도 많으며 사용자의 몰입이나 난이도 등을 고려하지는 않는다는 점도 게임과는 차이가 있다.

3.2. 정보교육 분야의 피지컬 컴퓨팅 요소

IT 정보교육 분야는 교육 대상인 학생이 제작의 주체가 되어 콘텐츠를 만들고, 완성하고, 플레이한다. 그러므로 피지컬 컴퓨팅 요소가 교육적으로 긍정적 효과가 있다는 연구가 있다[10]. 정규 교과 과정 내에 보드나 로봇을 이용한 피지컬 컴퓨팅 교육과정이 있기 때문에 코딩교육과 더불어 많이 연구되고 있다[11]. 그림 7은 미디어아트를 이용해서 만든 피지컬 컴퓨팅 사례다.

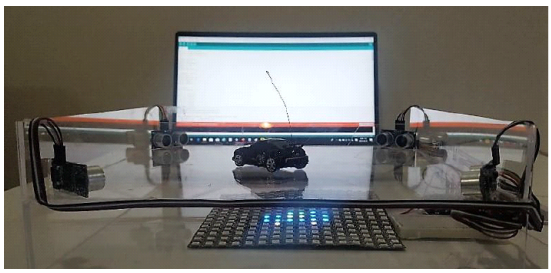

Fig. 7 Physical Computing Training Tools with Media Art [11]

특징은 디지털 아트처럼 학생이 직접 일부가 되어 결과를 만들어 가는 것이다. 다만 정보교육 분야의 경우 관람자의 역할보다는 결과물을 만들어야 하는 개발자의 역할을 하는 것이 우선이므로 관련 연구는 개발 환경의 난이도나 사용성에 대한 연구가 많으며[5,10,11] 예술적 영역에서 개념을 다루는 디지털 아트의 연구에 비해 정보교육 분야는 직접적인 개발도구인 마이크로컨트롤러와 각 입-출력기에 대해 다룬다. 교육적 흥미를 부여해 수업의 효과를 노리기 때문에 게임처럼 사용자의 이해도나 난이도를 좀 더 고려하는 설계를 하는 것이 특징이다. 하지만 재미보다는 학습이 우선이기 때문에, 각 과정은 교육효과에 초점이 맞춰지며 교육 교과과정 내에서만 이루어지므로 주제에 한계가 있다. 과정 시간에 대한 제한이 있어 내러티브를 강조하기보다는 간단한 프로젝트로만 진행된다.

3.3. 피지컬 컴퓨팅 기술을 일부 사용한 게임

게임에서도 피지컬 컴퓨팅 기술을 일부 사용하는 사례가 있다. 본 연구에서는 전통적 인터페이스인 키보드나 마우스를 벗어나 센서나 위치추적, 혹은 대형 빔프로젝트 등, 피지컬 컴퓨팅 기술을 사용하는 게임이면서 가상의 게임에 물리적 성질을 부여하는 인터렉션을 하는 게임을 피지컬 게임으로 보았다. 이 경우 이 범주 내에 해당하는 게임은 유비쿼터스 게임, 빅게임, 증강현실, 토이게임, 방탈출 카페[22,23,24,25] 등을 볼 수 있을 것이다. 다만 주 입출력 전부를 피지컬 컴퓨팅으로 사용하는 게 아니라, 흥미 요소로서만 사용하는 경우가 많다는 점, 그리고 각각의 하드웨어에만 맞춰 연구되고 있어 해당 기술 구현에만 집중되어 있는 연구가 많다는 점이 차이가 있다고 볼 수 있다.

Fig. 8 Pacman Hattan[23]

그림 8은 팩맨해튼이라는 빅게임인데, 팩맨의 역할을 맡은 사람들이 실제 공격과 방어를 하며 본부를 통해 전화로 이야기를 하며 게임을 진행한다.

피지컬 컴퓨팅 기술을 사용하는 게임이라고 해서 구성이나 진행에 있어서 기존 게임과 크게 다르지는 않다. 원래 게임이 가지고 있는 게임 시작 화면, 캐릭터, 아이템 등의 요소를 지니거나 혹은 조금 더 추가된 형태의 요소를 지니게 된다. 피지컬 컴퓨팅 기술을 사용하는 게임의 경우 기존 게임과의 가장 큰 차이점은 게임 사용자이다. 피지컬 컴퓨팅 기술을 사용하는 게임의 경우 대부분 게임을 진행하는 사용자가 현실세계와 가상세계 모두 동일하게 설계된다. 사용자는 캐릭터가 아닌 본인의 현실세계에서의 행위를 입력에 사용하고 처리를 거쳐 다시 물리적인 출력으로 받는다. 이것은 앞서 피지컬 컴퓨팅을 구현한 디지털 아트에서도, 정보교육 연구에서도 나타난 특징적 요소이기도 하다.

두 번째 차이점은 게임을 하는 영역. 즉 놀이 영역[6]에서 나타난다. 피지컬 컴퓨팅 기술을 사용하는 게임의 경우 게임의 영역이 현실세계 그대로를 사용한다. 현실세계 내에 물리적 장치나 기타 장치가 있더라도 그것은 현실세계에 존재하고, 사용자 역시 현실세계에서 그것을 직접적으로 조작한다.

다만 피지컬 컴퓨팅 기술의 일부 기술만 사용하는 경우 본 진행을 주된 입력-출력의 대상으로 사용하지 않으므로 현실세계적인 인터페이스와 기존 게임의 인터페이스가 혼용되어 인터페이스의 몰입성을 유지하기도 어렵다. 그리고 피지컬 컴퓨팅 기술을 흥미 요소로만 보게 되면 지속적인 연구나 개발을 기대하기가 어렵다는 단점도 있다.

Ⅳ. 피지컬 컴퓨팅 게임의 개발 요소 추출

본 연구는 피지컬 컴퓨팅 환경에서 게임을 개발할 때 고려해야 하는 개발 요소를 선별해 보는 것을 목표로 한다. 요소는 2, 3장에서 언급한 관련 이론 분석과 사례조사를 통해 요소를 선별했다. 선별된 내용은 표 2이다.

관련연구와 사례연구를 통해 선정된 개발 요소의 검증을 위해 전문가를 대상으로 한 델파이 기법 조사를 수행했다. 델파이 기법은 전문적 견해에 근거해, 이해관계자 집단이 문제 해결을 위해 반복적으로 토론하고, 의견을 수립하는 방법을 말한다[26].

4.1. 피지컬 컴퓨팅 환경에서의 요소 선별

2장에서 피지컬 컴퓨팅의 정의와 특징을 조사했으며 요소를 정리하자면 다음과 같다.

현실세계와 가상세계의 인터렉션, 가상세계의 물리적 성질부여, 디지털 입력, 디지털 출력, 아날로그 입력, 아날로그 출력 요소이다.

4.2. 피지컬 컴퓨팅의 사례에서의 요소 선별

3장의 디지털 아트와 정보교육 사례를 통해서는 콘텐츠를 개발하는 사용자의 역할, 콘텐츠의 목표, 콘텐츠의 난이도를 요소로 선별했다. 피지컬 컴퓨팅 기술을 일부 차용한 게임에서는 현실과 가상의 플레이어의 일치성, 모호한 게임 영역, 콘텐츠의 몰입성, 흥미요소를 선별했다.

Table. 2 Selection of development elements for physical computing games

Aspects	Element
Physical Computing Environment	① Interaction between the Real World and the Virtual World
	② Giving the Physical Properties of the Virtual World
	③ Digital Input
	④ Digital Output
	⑤ Analog Input
	⑥ Analog Output
Cases of Physical Computing	⑦ Player: Developer ⑧ Goal ⑨ Difficulty level ⑩ Consistent with real-world players and virtual world players ⑪ Immersion ⑫ Interest

본 연구는 관련연구와 사례연구를 통해 선정된 개발 요소의 검증을 위해 전문가를 대상으로 한 델파이 기법 조사를 수행했다. 델파이 기법은 전문적 견해에 근거하여 예측을 시도하는 방법으로, 이해관계자 집단이 필요한 문제를 해결하기 위해 반복적으로 토론하고, 의견을 수립하는 방법을 말한다[26].

4.3. 심층인터뷰를 통한 델파이 조사

선행적으로 진행한 조사를 통해 각 요소별로 전문가 의견을 유형화하고 인터뷰 가능 대상을 선별하여 심층 인터뷰를 진행했다. 심층인터뷰는 10년 이상의 개발 및 연구 경력을 가진 20명의 전문가를 선별했으며 각각 대면 인터뷰를 진행했다.

인터뷰에서 가장 많이 언급된 부분은 기술의 구현 부분이었다. 피지컬 컴퓨팅의 경우 새로 만들어지고 있는 기술이고 구현 방법이 다양하다 보니, 도리어 적합한 구현 기술을 찾아내는데 어려움을 겪는다는 내용이었다. 그 외 피지컬 컴퓨팅 게임이 이벤트성으로 사용되거나 혹은 잠깐 나타날 신기술로만 취급되는 것에 대해 경계하는 응답이 지배적이었다. 전시적인 요소나 이벤트 요소보다는 지속적인 플랫폼으로서의 안착이 중요하다는 응답과 더불어 방탈출카페의 인기와 콘텐츠로서의 다양성을 언급한 응답도 있었다.

4.4. 전문가간의 합의점의 도출

앞서 진행된 결과를 기본으로 전문가 간의 합의점을 도출하는 과정을 진행했다. 이때, 전문가 간의 합의 여부에 관한 검증은 변이계수(Coefficient of Variance, CV)를 썼으며 변이계수는 표준편차를 평균으로 나눈 값으로, 0.5이하일 때 의견합의가 안정적으로 이루어 졌음을 의미한다. 총 12개의 특징 요소를 선정, 구성하고 Likert 형의 7점 척도를 기준으로 중요도를 평가하여 우선순위를 도출했다.

최종적으로는 대면응답을 해 준 20명 중 15명(75%)이 응답했으며 전체적으로 변이계수는 0.12-0.19 사이에 분포하여 전문가 간의 의견이 매우 안정적으로 합의된 것으로 나타났다.

세부 요인별로 보았을 때 가상세계의 물리적 성질부여(Mean=6.10, Std.=.915), 구현 기술의 적합성(Mean=6.07, Std.=.981), 현실의 플레이이어와 가상의 플레이어와의 일치성(Mean=5.98, Std.=1.001) 순으로 중요도가 나타났다. 인터뷰에 응한 전문가 역시 환경의 특징인 물리적 성격을 어떻게 부여하느냐가 피지컬 컴퓨팅 게임의 가장 중요 요소라고 생각하는 것을 알 수 있었다. 디지털 입-출력, 아날로그 입-출력같이 물리 구현에 직접적인 요소 역시 높게 나왔으나 4개의 요소로 분리해 설문을 진행해서 중요도가 낮게 나왔다. 이 부분은 설문을 변경해 추가적인 진행이 필요할 것으로 보인다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 현실에 존재하지 않는 디지털 미디어에 실질적인 물질성을 부여하는 개념을 가지고 있는 피지컬 컴퓨팅의 환경적 특징을 게임 개발에 적용해보고자 한다. 피지컬 컴퓨팅의 개념을 이용해서 새로운 환경 내에서 개발을 할 때 고려해야 하는 요소들을 일차적으로 선정하고자 했다.

2장에서는 피지컬 컴퓨팅의 특징과 인터렉션을 위한 입출력 과정을 살펴보고 특징을 선정했다. 피지컬 컴퓨팅은 가상현실과 현실의 인터렉션이 있어야 하며 디지털 입-출력, 아날로그 입-출력이 진행된다. 3장에서는 피지컬 컴퓨팅의 사례를 중심으로 특징을 선정했다. 디지털 아트, 정보교육 분야, 피지컬 컴퓨팅 기술을 일부 사용한 게임을 대상으로 요소를 선정했다. 4장에서는 전문가를 대상으로 델파이 조사를 수행한 결과를 서술했으며 12개의 요소를 유형화해서 전문가 간의 합의점을 도출하고 검증을 했다. 중요도는 가상세계의 물리적 성질부여, 구현 기술의 적합성, 현실의 플레이이어와 가상의 플레이어와의 일치성 순으로 나타났다.

다만 델파이 조사 방법을 통해 선별한 키워드 요소의 적합성만 확인해 본 것일 뿐, 해당 요소가 어떤 연관성을 가지는지, 특히 실제 개발을 진행할 때 어떤 설계를 할지에 대한 연구는 진행되지 않아서 추가적인 연구가 더 필요할 것으로 보인다. 특히 설문 진행 시 입출력을 4개로 나눠서 진행하면서 중요도 순위에서 낮게 나온 점은 추가적으로 설문이 다시 진행되어야 할 것으로 보인다. 이 후 연구에서는 요소의 키워드를 더 선별하고 일반 사용자들을 대상으로 입출력에 한정한 인터렉션 분석을 진행하여 특징적인 척도를 분석해 보도록 하겠다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was funded by a 2021 research Grant from Sangmyung University.

References

[1] H. J. Kwon and J. H. Sung, “A Study on the Problem and Improvement of VR Content Using Motion Platform and

VR HMD," *Journal of Korea Game Society*, vol. 19, no. 3, pp. 15-24, 2019.
[2] K. Y. Yoon, "Digital Transformation and Foresight," *Journal of Futures Studies*, vol. 3, no. 2, pp. 157-175, 2018.
[3] Physical_computing [Internet]. Available: https://wikipedia.org/wiki/Physical_computing.
[4] Munhwa.com, "5G Smart Factory in 32 small and medium-sized enterprises. Increase productivity, reduce manpower," [Internet]. Available: http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2020081301032539344001.
[5] Y. J. Jang. "Development and Application of Physical Computing Educational Board Suitable to School Education," Korea University, 2018.
[6] J. Huizinga, "Home Ludens : A Study of the Play Element in Culture," *Boston Beacon Press*, 1995.
[7] O' Sullivan and D. T. Igoe, *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*, Thomson, 2004.
[8] C. Crawford, "The Art of Interactive Design," *No Starch Press*, 2003.
[9] D. A. Jeong, *Media Art, Temptation of Digital*, Commbooks, 2007.
[10] K. S. Eom, Y. J. Jang, and W. G. Lee, "Development of a Board for Physical Computing Education in Secondary Schools Informatics Education," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, vol. 19, no. 2. pp. 41-50, 2016.
[11] S. M. Kim, "Development of Physical Computing Education tool using Media art," Sungkyunkwan University, 2019.
[12] R. Greene, *Internet Art*, Thames&Hudson Ltd, 2004.
[13] W. W. Kim, "Development of STS Model Turtle Ship Based on Physical Computing Platform for Students of Department of Electricity, Electronic and Communication in Industrial High School," *Journal of The Korea National University of Education*, 2017.
[14] Escape Room [Internet]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Escape_room.
[15] M. H. Lee, "A Study on Sense of Place in Rom-Escape Games," Ewha womans University, 2017.
[16] W. J. Hong, H. Lee, and J. S. Choi, "Effects of maker education for high-school students on attitude toward software education, creative problem solving, computational thinking," *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 24, no. 6, pp. 585-596, 2020.
[17] S. E. Kim, "Development of Artificial intelligence(AI) -based Maker Education Program using Physical Computing," *The Korean Journal of Technology Education*, vol. 20, no. 3, pp. 76-95, 2020.
[18] R. Greene, *Internet Art*, Thames&Hudson Ltd, 2004.
[19] Chris. Milk The Treachery of Sanctuary. The Treachery of Sanctuary@BARBICAN+CREATORS PROJECT [Internet]. Available: http://milk.co/treachery.html.
[20] F. de Meredieu, *Art and Nouvelles Technologies*, LAROUSSE, 2005.
[21] J. D. Bolter and D Gromala, *Windows and Mirrors*, Massachusetts, 2003.
[22] J. Abrams, "Ubiquity/Urbiquity: the B.U.G. and other Ludic(rous) Pursuits," *Abstract. Opening Keynote for the Sixth International Conference on Ubiquitous Computing*, 2004.
[23] J. H. Lee, "Design Methodology for Big Games," *Archives of Design Research*, vol. 23, no. 3, pp. 229-240, 2010.
[24] H. J. Song, H. S. No, and D. W. Rhee, "A Study on the Elements Analysis according for the Development Characteristics of the Augmented Reality Toy-Games," *Journal of Korea Game Society*, vol. 17, no. 6, pp. 51-62, 2017.
[25] M. h. Lee, "A Study on Sense of Place in Rom-Escape Games," Ewha womans University, 2017.
[26] K. Y. Park, "A Study on Teacher Education and Design for an ICT-based Future Elementary-Secondary School Using the Delphi Method," *The Journal of Korean Teacher Education*, vol. 34, no. 1, pp. 103-126, 2017.

이준석(Jun-Suk Lee)

2015년 2월 상명대학교 대학원 게임학과 박사수료
2019년 4월 호남대학교 창의융합대학 교양학부 조교수
※관심분야 : 스마트 로봇, 스마트 로봇게임, 게임개발, 스마트 로봇의 디바이스 특징

이대웅(Dae-Woong Rhee)

1996년 8월 서울대학교 대학원 계산통계학과 이학박사
1990년 8월~현재 상명대학교 게임학과 정교수
※관심분야 : 스마트 로봇, 게임개발, 프로그래밍