

피지컬 컴퓨팅 게임 개발을 위한 환경적 요소에 관한 연구

이준석*, 이대웅**

상명대학교 대학원 게임학과*, 상명대학교 융합공과대학 게임학과**

s33367183@naver.com*, rhee219@smu.ac.kr**

A Study on the Environmental Elements for Physical Computing Game Development

Jun Suk Lee*, Dae Woong Rhee**

Dept. of Game Studies, Graduate School, Sangmyung University*,

Dept. of Game Studies, College of Convergence Engineering, Sangmyung University**

요 약

본 연구는 가상세계에서 물리적 성질을 부여해 인터랙션하는 피지컬 컴퓨팅의 개념을 게임 개발에 적용함에 있어 중요한 환경적 요소에 관한 것이다. 이를 위해 피지컬 컴퓨팅 환경과 기존의 피지컬 컴퓨팅게임, 디지털 아트와 정보교육 분야의 연구 사례 분석을 통해 환경적 요소를 선별했다. 도출된 요소들은 델파이 조사방법으로 합의를 검증했다. 개발 환경 측면, 관련 사례 측면, 개발 서비스 측면으로 구분하여 27개의 요소를 선정했으며 피지컬 컴퓨팅의 환경 측면의 중요도가 가장 높게 나타났다. 세부 영역별로는 가상세계의 물리적 성질부여, 구현 기술의 적합성, 현실의 플레이어와 가상의 플레이어와의 일치성 순으로 나타났다.

ABSTRACT

In this study, we derive the important environmental elements for developing physical computing game. Environmental elements are selected based on the analysis of the physical computing environment in the area including physical computing itself, existing physical computing games, digital art, and information education. The derived elements are verified by Delphi's investigation methodology. The 27 factors are chosen in terms of development environment, development case, and development service. Among them the environmental aspects of physical computing are ranked as the highest importance.

Keywords : Physical Computing(피지컬 컴퓨팅), Physical Computing Game(피지컬 컴퓨팅 게임), Game development element(게임 개발 요소)

Received: Jan. 11. 2021. Revised: Feb. 05. 2021.
Accepted: Feb. 07. 2021.
Corresponding Author: Dae Woong Rhee(Sangmyung University)
E-mail: rhee219@smu.ac.kr

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

© The Korea Game Society. 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.

1. 서론

컴퓨터는 사물인터넷과 빅데이터, 5G의 요소를 만나 새로운 형태로 변화하고 있다. 소형화되고 경량화하며 사물들과 합쳐지고 있으며, 기존의 형태를 떠나 여러 형태로 등장하고 있다. 게임 개발 역시 이런 변화하는 하드웨어를 대응해서 개발되어야 하지만, 이 모든 것을 고려하기에는 현실적인 어려움이 있다.

그래서 본 연구는 이렇게 다양하게 변화하는 플랫폼을 아우를 수 있는 개념적 연구의 필요성에서 출발했으며, 피지컬 컴퓨팅(physical computing)의 개념을 적용시키는 시도해 보고자 한다.

피지컬 컴퓨팅은 일반적으로 센서와 마이크로 컨트롤러를 사용하는 작업 혹은 기계장치를 제어하는 개발 환경을 부르는 용어[1]이다. 개념적으로는 가상의 세계에 물질성(Physicality)을 부여[2]해서 현실의 세계와 소통하는 시스템들을 부르는 환경적 성격도 가지고 있다. 이 개념은 게임 개발에서 전통적으로 사용되고 있는 마우스, 키보드, 모니터부터 VR환경이나 센서 기기까지 모두 아우를 수 있다는 장점 뿐 아니라 게임에서 현실세계로의 상호작용의 성격[3]과도 기본적으로 유사한 개념을 가지고 있기에 다양한 기기들을 대응해야 하는 현재의 게임에도 적용이 가능할 것으로 판단했다.

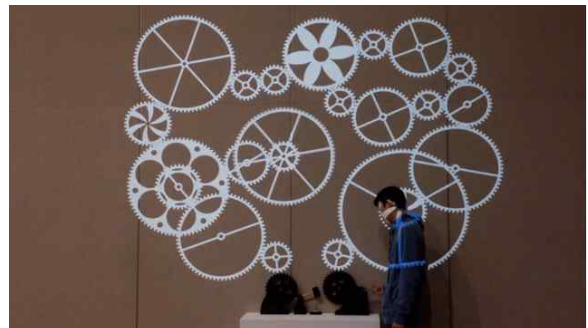
본 연구는 피지컬 컴퓨팅이 시작된 디지털 아트와 개발사례가 많은 정보교육 분야 그리고 기존 피지컬 컴퓨팅 기술을 이용했던 게임들을 통해 피지컬 컴퓨팅의 개발 특징을 먼저 연구하고 그것을 기반으로 개발 요소를 도출하고자 한다. 2장에서는 관련 연구와 사례 연구를 통해 피지컬 컴퓨팅의 특징과 콘텐츠 개발의 요소를 추출하고자 한다. 3장에서는 선별된 개발 요소를 통해 게임 개발을 할 때의 요소를 선정하고 4장에서는 델파이 조사를 통한 전문가 설문을 통해 추출된 개발요소를 협의하고 검증하는 단계를 거친다. 결론에서는 연구를 요약하고 연구의 한계점과 앞으로의 연구 방향을 제시했다.

2. 관련 연구

2.1 피지컬 컴퓨팅의 정의

피지컬 컴퓨팅(physical computing)은 인터랙티브 텔레커뮤니케이션 프로그램에서 디자인을 가르치기 위해 고안되었다. 처음 언급한 O'Sullivan과 Igoe은 피지컬 컴퓨팅을 물리적인 성격의 현실 세계와 비-물리적인 가상 세계가 인터렉션 하는 것으로 정의했는데[4] 이 때 강조된 것은 하드웨어의 종류가 아닌, 가상세계에 물리적인 성질을 부여하며 상호작용하는 개념이었다.

이 개념에 초점을 맞춘 피지컬 컴퓨팅은 그 후 하나의 고유한 장르가 되었다[5]. [Fig. 1]는 현실의 사용자가 물리적인 힘을 가하면 가상세계에서 그 물리적인 입력을 처리하는 예를 보여주는 피지컬 컴퓨팅 환경의 디지털 아트이다.



[Fig. 1] Interaction Digital Art. Hammering[6]

기존의 게임과 피지컬 컴퓨팅 게임의 차이점은 현실과 가상의 상호작용과 물리적인 성질을 부여하는 점이라 볼 수 있다.

2.2 피지컬 컴퓨팅의 처리 과정

피지컬 컴퓨팅은 입력과 출력 그리고 처리라는

1) Huizinga는 게임의 경계를 언급하며 사용자가 존재하는 현실세계와 가상세계의 경계를 나눔. 이렇게 경계를 두고 상호작용을 통해 콘텐츠를 진행한다는 면에서 게임과 피지컬 컴퓨팅의 상호작용은 진행이 흡사하다[3].

세 개의 단계로 전체적인 상호작용을 처리한다. [Fig. 2]은 2)마이크로 컨트롤러를 중심으로 입력과 출력의 과정을 보여준다[7,8]. 현실세계의 물리적 정보는 가상세계³⁾와 인터랙션 한 후 다시 물리적 액추에이터⁴⁾로 출력된다.



[Fig. 2] Physical Computing Process[7]

2.2.1 입력과 출력

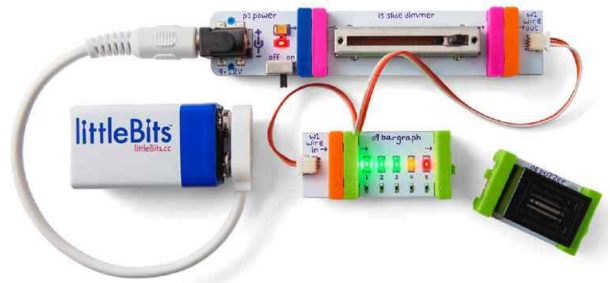
입력 단계는 현실세계에서 사용자가 피지컬 컴퓨터에 물리적 외부 정보를 입력하는 것이다. 이때 컴퓨팅 환경이 이해할 수 있는 정보의 형태여야 하며 키보드와 마우스 외에도 주변 환경의 다양한 정보를 수신할 수 있는 센서 등이 활용된다. 출력 단계는 처리 단계에서 얻은 최종 결과 값을 현실 세계에 물리적으로 전달하는 과정이다. 모니터, 스피커 뿐만 아니라 LED, LCD, 모터 등의 다양한 형태로 결과를 출력하는데 사용될 수 있다[9].

2.2.2 처리

물리적으로 변형된 외부 정보는 마이크로 컨트롤러를 통해 처리된다. 마이크로 컨트롤러는 이런 입력 정보를 처리하고, 외부 세계에 전달을 위해 출력 정보로 바꾸는 과정을 거친다.

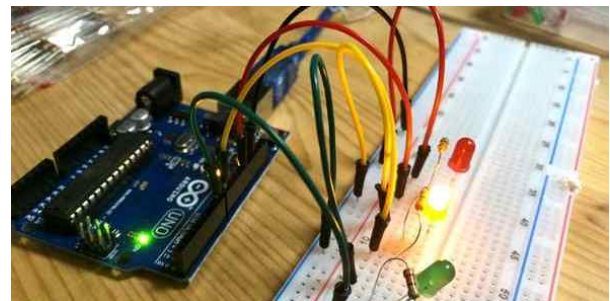
처리에 해당하는 마이크로 컨트롤러도 각 하드웨어 기기보다는 개발자의 개발 사용성 단계에 따라서 분류한다[5,12]. 사용성이 높은 단계는 박스 혹은 일체형의 모듈 형태이며 따로 회로 구성을 하지 않는다. 개발기간이 빠르나, 비용도 높고 기술적 응용도 적다. 비트브릭, 리틀비츠, 라이트업, I-cube, Ezio 등이 여기 속한다. [Fig. 3]는 리틀비

츠이다.



[Fig. 3] littleBits [10]

사용성이 낮은 형태는 보드의 형태인데, 상대적으로 가격이 싸고 기술 응용 범위가 넓고 자유도가 높다. 하지만 작업시간이 오래 걸리고 기술적 난이도가 높다. 아두이노, 라즈베리 파이 등이 많이 사용되며 그 외 E-센서보드, 피코보드, 코드이노 등이 있다. [Fig. 4]은 아두이노와 회로이다.



[Fig. 4] Aduino[11]

3. 관련 사례 분석

전통적인 인터페이스인 키보드나 마우스 역시도 광의적 개념에서 볼 때는 피지컬 컴퓨팅이라고 할

- 2) 입·출력 장치와 마이크로프로세서를 하나의 칩(chip)으로 만든 것을 마이크로 컨트롤러라고 하며, 마이크로 컨트롤러의 개발은 피지컬 컴퓨팅 시스템의 구축을 의미한다[13].
- 3) 피지컬 컴퓨팅을 적용한 대표 분야인 기계 장치, 임베디드 시스템 등에서는 가상세계라는 단어를 사용하지 않으나 본 연구에서는 개념적인 이해의 용이성을 위해 사용했다.
- 4) 액추에이터(actuator)는 원래 작동장치라는 뜻으로 시스템을 움직이거나 제어하는 데 쓰이는 기계 장치. 실질적으로는 전기, 유압, 기력압 형태로 된 에너지원으로 작동하며 이 에너지를 어떠한 종류의 움직임으로 변환한다.

수 있다. 하지만 물리적 속성의 부여를 정의의 중요 요소를 볼 때, 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 게임의 정의를 직접적으로 입출력 정보에 물리적 속성을 부여하는 경우로 한정하고자 한다.

물리적 속성을 부여하는 경우의 게임을 본다면 기존 게임에서도 사례를 찾아볼 수 있다. 유비쿼터스 게임, 빅게임, 증강현실, 토이게임, 방탈출 카페 [12,13,14,15]등이 위의 특징을 가지고 있다.

다만 각각 사용하고 있는 기술 범위 내에서만 연구가 이루어져서, 피지컬 컴퓨팅이라는 넓은 개념 내에서 분석해 볼 필요성이 있다고 본다.

본 장에서는 이런 기존 게임들 외에도 피지컬 컴퓨팅의 개념이 시작된 디지털 아트와 개발 사례 연구가 많은 정보교육 분야의 사례를 통해 개발 요소를 선별하고 분석해 보도록 한다.

3.1. 기존 피지컬 컴퓨팅 게임

기존 피지컬 컴퓨팅 게임이 일반적인 게임과 가장 구분되는 것은 플레이어이다. 피지컬 컴퓨팅 게임의 플레이어는 현실세계와 가상세계 모두 동일하다. 직접적으로 입출력을 물리적으로 처리하기 때문에, 캐릭터를 만드는 것보다는 현실의 내가 그 행위를 하는 것이 자연스럽다. 이것은 3,2와 3.3에서 볼 디지털 아트에서도, 정보교육 연구에서도 나타난 특징적 요소이기도 하다. 자신의 신체를 이용한 직접적 물리입력을 하기에 피지컬 컴퓨팅 환경의 게임의 인터페이스는 직관적이다.

레고에서 나온 레고 퓨전의 경우가 직관적인 인터페이스를 쓰는 경우라고 볼 수 있는데, 이 게임은 사용자가 1차적으로는 레고의 블록을 이용해서 게임 내의 자동차나 건물을 만든다. 여기까지의 행위는 직접적인 물리적 행위다. 하지만 그것을 스마트 기기 내 카메라를 이용해서 디지털로 구현된 게임에 직접 적용하는 방법을 사용한다. [Fig. 5]은 레고 퓨전의 인식 방법의 화면이다.



[Fig. 5] Lego Fusion[17]

피지컬 컴퓨팅 게임은 다른 디지털 게임과 달리 게임의 영역이 다르다. 게임의 영역이 전체 현실세계가 되므로 게임 영역은 확장되고 구분이 모호해진다. 그리고 기존 게임보다 더 몰입이 빠르다 [14]는 점은 특징적인 요소로 볼 수 있다.



[Fig. 6] Payphone Warriors[18]

다만 기존 피지컬 컴퓨팅 게임의 경우 피지컬 컴퓨팅 기술을 게임 진행의 주된 입력-출력의 대상이 아니라, 홍보 혹은 단발성 이벤트성이 강하다 [19,20]. 피지컬 컴퓨팅 기술은 그 자체만으로도 사용자에게 흥미를 일으킨다. 하지만 흥미와 홍보의 요소로만 사용될 때는 개발의 제약점이 된다.

[Fig. 6]는 Come Out & Play[18]의 이벤트에서 사용된 아이폰 위리어인데, 공중전화에 도착해서 특정 번호로 전화를 걸면 지역을 점령한 것으로 처리하여 점수를 획득하는 게임이다. 입력은 현실세계의

5) 게임(놀이) 영역은 놀이를 할 때 서로 약속하는 룰이 존재하는 일종의 게임판인데, 이 공간은 현실세계에 있지만 가상의 게임 룰이 통하는 공간이며 경기장이나 카드 게임 테이블이 여기에 속한다[16].

전화를 거는 행위로 처리했지만 해당 지역을 떠나도 사용자를 확인하지 못했고, 출력은 소지한 폰의 액정으로 간단한 정보가 출력되도록 했다. 처리 역시 PC를 사용해서 즉각적인 입출력을 처리하지는 못했다. 사용자가 현실세계의 전화 부스를 입력으로 사용하는 점에서는 흥미를 부여했지만 그 외 처리와 출력 등은 전통적인 방식을 사용했다. 단발성 이벤트 요소로만 사용된 게임의 경우 몰입성을 유지하기 어려울 수 있으며, 추가적인 연구나 개발도 기대하기 어려워 제약점으로 볼 수 있다.

3.2. 디지털 아트

피지컬 컴퓨팅의 개념이 시작된 디지털 아트는 실제 현실과 연결된 컴퓨팅 기기와 사람 사이에 인터페이스를 만드는 과정을 통해 작품을 완성시킨다[2]. 관객은 관람자가 아니라 작품을 완성하는 최종 주체[21]라는 점이 다른 예술과의 차이이다. 즉 관객이 없다면 디지털 아트는 미완성이고, 관객으로 인해 완성되는 것이다. 이 부분은 게임과도 흡사한데, 게임 역시 사용자가 진행을 이끌어 가고 완성하기 때문이다.

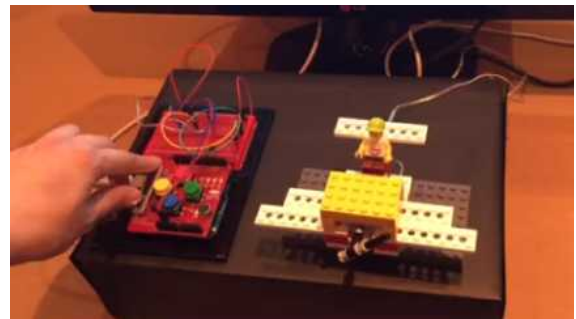
하지만 디지털 아트에서의 피지컬 컴퓨팅은 예술 표현의 도구로서 사용되기 때문에 사용자가 작품을 이해하거나 재미를 느끼는 게 1차적인 요소는 아니다[22,23]. 전시 작품으로서의 특징이 있는 지라. 입력과 출력은 즉각적이고, 일회성인 경우도 많다. 배경이나 작품의 설명이 생략되거나 별도로 제공되지 않는 경우 사용자의 몰입에서 게임과는 차이가 있을 것이라 판단해, 이 부분은 제약 요소로 선별했다.

3.3. 정보교육 분야

최근 피지컬 컴퓨팅 연구 사례가 가장 활발한 분야는 정보교육 분야이다. 대상인 학생이 제작의 주체가 되어 콘텐츠를 만들고, 완성하고, 플레이한다는 점에서 흥미와 동기, 태도에 긍정적 효과가 있기 때문이다[24].

사용자의 주체적 작품완성의 성격이 더 두드러지며, 학습효과를 주기 위해서 명확한 목표와 그 목표에 도달하기까지의 과정을 중시한다. 그래서 개발 난이도나 사용성이 중요[5,25,26]하다는 점은 게임개발과도 비슷한 요소라 볼 수 있다.

다만 학습이 우선이기 때문에, 각 과정은 재미보다는 교육효과의 강화에 초점이 맞춰져 있으며 교과과정이라는 한계성으로 보통 1시간~3시간이내의 짧은 시간을 갖는다. 그러다보니 진행의 범위나 설정이 간단하거나 거의 없고 학습적 소재만을 다루다보니 기본적으로 소재의 폭이 좁다는 것도 개발의 제약점으로 보인다. [Fig. 7]는 아두이노를 이용해 레고 비행기를 날리는 피지컬 컴퓨팅 프로젝트이다.



[Fig. 7] Aduino Project[21]

4. 피지컬 컴퓨팅 개발 요소 추출

본 연구는 피지컬 컴퓨팅이라는 개념에서 게임을 개발할 때 고려해야 하는 개발 요소를 선별해 보는 것을 목표로 한다.

선별된 요소는 5장 델파이 조사를 통해 전문가들의 의견을 수렴해 일차적인 요소 추출의 기본안이 될 것이다. 이를 위해 관련 이론 분석과 선행 연구를 통해 요소를 선별했다.

4.1. 피지컬 컴퓨팅의 특징에서의 요소 선별

2장에서 피지컬 컴퓨팅의 정의와 특징을 조사했으며 요소를 정리하자면 다음과 같다. (1)현실세계와 가상세계의 인터랙션, (2)가상세계의 물리적 성질부여, (3)입력-처리-출력의 3단계 과정이다.

4.2. 피지컬 컴퓨팅의 사례에서의 요소

선별

3.2의 디지털 아트의 사례를 통해 (4)사용자의 역할에서, 작품을 진행하고 완성하는 주체로서의 역할을 특징 요소로 선별했다. 제약점으로 (5)단순한 입출력, (6)불분명한 내러티브를 선정했다. 3.3의 정보교육 사례를 통해서 (7)콘텐츠를 개발하는 사용자의 역할, (8)콘텐츠의 목표, (9)콘텐츠의 난이도를 특징요소로 볼 수 있으며 제약점으로는 (10)재미요소 부족, (11)짧은 진행 시간, (12)부족한 내러티브, (13)개발 주체의 한계성을 선별했다.

3.1의 기존 피지컬 컴퓨팅 게임에서는 (14)현실과 가상의 플레이어의 일치성, (15)보호한 게임 영역, (16)콘텐츠의 몰입성, (17)긍정적 흥미요소로 선별했으며 제약점은 (18)일회성, (19)홍보의 요소로만 치중하는 면으로 정리했다.

5. 연구 방법 및 설문 결과

본 연구는 관련연구와 사례연구를 통해 선정된 개발요소의 유의한 영향을 검증하기 위해 전문가를 대상으로, 3차에 걸친 델파이 기법 조사를 수행했다. 델파이 기법은 전문적 견해에 근거하여 예측을 시도하는 방법으로, 이해관계자 집단이 필요한 문제를 해결하기 위해 반복적으로 토론하고, 의견을 수립하는 방법을 말한다[27]. 본 연구는 피지컬 컴퓨팅 게임이라는 새로운 개념의 게임 환경에 대한 개발 요소를 선별하는 작업이라, 피지컬 컴퓨팅 환경을 이해하면서도 게임 개발 및 콘텐츠 개발 경험이 있는 특수한 조건이 필요했고. 그래서 일반적 사용자 설문이 아닌 전문가 설문을 진행했다.

5.1. 1차 델파이 조사방법과 결과

1차에서는 전문가를 대상으로 피지컬 컴퓨팅의 이해 및 개발 유무를 살펴보고, 게임 및 콘텐츠를 개발할 때 발생하는 특징이나 제약점에 대해 개략적으로 조사했다.

본 연구에서는 사물인터넷, 센서 등 기존 기기들과 다른 다양한 기기를 다루는 특징을 고려해서 게임 관계자뿐만 아니라 피지컬 컴퓨팅과 관련이 있을 것으로 판단되는 다른 범위의 전문가 및 종사자를 포함했다.

선별된 요소의 유의성 검증을 위해 10년 이상의 개발 혹은 관련 학위나 연구 경험이 있는 자를 선정하여 설문지와 추가적인 개별 미팅을 통해 평가를 진행했다. 설문 전에 연구 내용을 파악할 수 있는 자료 및 연구요약서, 관련 작품과 동영상을 제공, 배포했다. 설문 조사에 참여한 인원은 디지털 아트 전문가 15명, 정보교육 전문가 40명, 로봇개발 연구자 20명, 게임개발자 51명, 센서 및 사물인터넷 개발자 30명, 총 156명으로 구성되었다.

전체 인원을 대상으로 1차 온라인 설문조사를 수행했으며 응답 결과 피지컬 컴퓨팅 환경을 알고 있으며 개발 경험이 있다고 응답한 응답자는 전체 131명이었다. 그 중 피지컬 컴퓨팅 환경의 만족도 조사는 매우 만족(5.3%), 만족(45.8%), 보통(43%), 불만족(6.8%)로, 평균 63.3점(100점 기준)으로 응답되었다. 불만족으로 답변한 응답자 6.8%의 경우, 대체적으로 원하는 설계 방향으로 개발되지 못했거나 피지컬 컴퓨팅 기술의 확보가 어려운 점, 가상 현실과 현실세계의 인터페이스를 물리적으로 표현하기 어려운 부분을 그 이유로 제시했다.

5.2. 2차 델파이 조사방법과 결과

2차 델파이 조사에서는 1차 결과로 도출된 요소와 앞서 선정한 특징 요소를 합쳐 큰 범주로 재구성하고 각 요소별로 전문가 의견을 유형화한다. 조사 대상자 중 가능 대상을 선별하여 심층 인터뷰(FGI, Focus Group Interview)를 진행했으며 2차

결과를 통해 도출된 요소는 3차 델파이 조사 설문지로 구성했다.

2차 델파이 조사는 1차 설문 조사 대상 131명 중 10년 이상의 실제 경력을 가진 20명의 전문가를 선별하여 심층 인터뷰 형식으로 진행했다. 20명의 전문가는 각각 대면 인터뷰를 진행했으며, 인터뷰의 설문 문항은 1차 델파이 조사로 도출된 특징과 제약점을 중심으로 두고 진행했다.

응답 결과, 의도하지 않은 상황, 기술 구현의 어려움, 지속가능성의 3개 측면에서 8개 영역에 대한 항목이 도출되었다.

5.5.1. 의도하지 않은 상황

피지컬 컴퓨팅 게임은 사용자가 입력과 출력을 담당하므로 개발자의 의도대로 진행되지 않는 부분들이 다수 발생하므로 사용자 테스트를 최대한 진행해서 나올 수 있는 가능성에 대비해야 한다는 개발 경력자들의 의견이 많았다. 정리하면 (20)개발자의 의도 표현, (21)사용자 테스트, (22)돌발상황의 대비로 정리한다.

5.5.2. 기술 구현의 어려움

심층 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 겪는다. 정리하면 (23)구현 기술의 적합성, (24)기술 난이도이다.

5.5.3. 지속가능성

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. 정리하면 (25)이벤트성의 경계, (26)지속적인 플랫폼으로서의 지원, (27)콘텐츠의 다양성 필요이다.

5.3. 3차 델파이 조사방법과 결과

3차는 2차에서 도출된 결과를 기본으로 전문가 간의 합의점을 도출하는 과정이다. 이때, 전문가 간의 합의 여부에 관한 검증은 변이계수(Coefficient of Variance, CV)를 활용했다. 변이계수는 표준편차를 평균으로 나눈 값으로, 0.5이하일 때 의견합의가 안정적으로 이루어 졌음을 의미한다[29].

앞서 수행한 1차, 2차 델파이 조사의 결과로 피지컬 컴퓨팅 게임의 요소 특징과 제약점을 도출했다. 이것을 관련연구와 사례연구에서 도출한 요소를 합쳐 키워드로 도출하여 빈도 분석을 수행했다. 피지컬 컴퓨팅 환경 측면 3가지, 피지컬 컴퓨팅 개발 사례 측면 16가지, 개발 서비스 측면으로 8가지. 총 27개의 특징 요소를 선정, 구성하고 Likert형의 7점 척도를 기준으로 중요도를 평가하여 우선순위를 도출하였다. [Table. 1]은 피지컬 컴퓨팅 게임의 개발 특징요소를 정리한 것이다.

[Table. 1] Development Elements of Physical Computing Games

Aspects	Element
(A) Physical Computing Environment	(1) Interaction between the Real World and the Virtual World
	(2) Giving the Physical Properties of the Virtual World
	(3) Three-step process of input-processing-output
(B) Related Cases of Physical Computing	(4) Player: Complete Content
	(5) I/O Simple
	(6) Unclear Negatives
	(7) Player: Developer
	(8) Goal
	(9) Difficulty level
	(10) Lack of fun

	(11) Short Progress Time (12) Poor Negative (13) Limitations of Development Subjects (14) Consistent with real-world players and virtual world players (15) The boundaries of the magic circle is ambiguous (16) Immersion (17) Interest (18) One-time play (19) Use physical computing technology only as an interesting
(C) Development & Service	(20) Developer's Intention (21) User Test (22) Preparing for an unexpected situation (23) Conformity of Technology (24) Technical difficulty (25) Eventful Play (26) To help you become a persistent platform (27) Diversity of Content

3차 설문조사는 전체 20명 중 15명(75%)이 응답했으며 피지컬 컴퓨팅의 환경 측면(Mean=6.20, Std.=.972)의 중요도가 가장 높게 나타났으며, 개발 서비스 측면(Mean=6.04, Std.=.884), 개발 사례 측면(Mean=5.98, Std.=.91) 순으로 나타났다. 전체적으로 변이계수는 0.12-0.19 사이에 분포하여 전문가 간의 의견이 매우 안정적으로 합의된 것으로 나타났다.

세부 영역별로 보았을 때 중요도는 가상세계의 물리적 성질부여(Mean=6.1, Std.=.914), 구현 기술의 적합성(Mean=6.06, Std.=.98), 현실의 플레이어와 가상의 플레이어와의 일치성(Mean=5.96, Std.=1.001) 순으로 나타났다. 중요도 순으로 볼 때 피지컬 컴퓨팅 환경의 특징인 물리적 성질의 부여가 개발에서도 먼저 고려해야 하는 요소라는 것을 알 수 있었다.

6. 결론

본 연구는 가상세계에 물리적 성질을 부여해서 인터랙션하는 피지컬 컴퓨팅의 개념을 이용해서 새로운 환경 내에서 개발을 할 때 고려해야 하는 요소들을 일차적으로 선정하고자 했다.

2장에서는 관련 연구를 통해 피지컬 컴퓨팅의 정의와 처리과정을 살펴보고 개발 환경적 특징을 선정했다. 피지컬 컴퓨팅은 가상현실과 현실의 인터랙션이 있어야 하며 그 과정은 3단계로 진행된다. 그리고 3장에서는 피지컬 컴퓨팅의 실제 제작사례를 중심으로 특징을 선정했는데, 디지털 아트, 정보교육 분야, 피지컬 컴퓨팅 기술을 사용한 기존 게임들을 대상으로 요소를 선정했다. 선정된 요소는 전문가를 대상으로 델파이 조사를 수행했다. 1차 델파이 조사에서는 관련 전문가를 대상으로 피지컬 컴퓨팅의 이해 및 개발 유무를 살펴보고, 2차 델파이 조사에서는 관련연구를 통해 나온 특징과 심층인터뷰를 통해 전문가 의견을 유형화했다. 총 3개의 측면, 27개의 요소를 유형화 했으며 3차 델파이 조사는 2차에서 도출된 결과를 통해 전문가 간의 합의점을 도출하고 검증했다. 피지컬 컴퓨팅의 환경 측면의 중요도가 가장 높게 나타났으며, 개별적 중요도는 가상세계의 물리적 성질부여, 구현 기술의 적합성, 현실의 플레이어와 가상의 플레이어와의 일치성 순으로 나타났으며 변이계수도도 0.12-0.19 사이에 분포하여 각 요인들이 합당하다는 유의미한 결과를 도출했다.

본 연구는 다양한 형태로 등장하는 플랫폼을 아우를 수 있는 개념적 인터페이스 연구의 필요성에서 시작되었다. 이를 위해 기존 피지컬 컴퓨팅 게임 외에도 디지털 아트와 정보교육 분야의 사례를 같이 살펴봄과 앞으로의 기초 연구의 시작으로서의 역할을 한다고 생각한다. 다만 델파이 조사 방법을 통해 선별한 키워드 요소의 적합성만 확인해 본 것일 뿐, 아직 요소의 연관성 그리고 요소의 대등한 수준으로의 표현 등은 추가적으로 더 필요할 것으로 보인다. 이 후 연구에서는 요소의 키워드를 더 정리하고 전문가 뿐만 아니라 일반 사용자들을 대상으로, 피지컬 컴퓨팅 게임의 인터페이스와 접

근에 대한 분석을 진행하여 그 형태에서 가지는 특징적인 척도를 분석해 보도록 하겠다.

REFERENCES

- [1] Jaehwi Kim, Dongho Kim “Development of Physical Computing Curriculum in Elementary Schools for Computational Thinking”. Journal of The Korea Association of Information Education Vol. 20, No. 1, 2016, pp.69-82
- [2] Suh Dongsoo, “Introduction to Physical Computing - Concept and Technical Basics” KSDS Conference Proceeding, 270-271, 2006.10
- [3] J. Huizinga, “Home Ludens : A Study of the Play Element in Culture”, Boston Beacon Press, 1995
- [4] O’Sullivan, D.T. Igoe. “Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers”. Thomson. 2004
- [5] Jeong-Dongam, “Media Art, Temptation of Digital”, commbooks, 2007
- [6] Team Void, “Hammering”, <http://teamvoid.net/index.php/project/hammering/>
- [7] Soomin K, “Development of Physical Computing Education tool using Media art”, Sungkyunkwan University, 2019. pp19
- [8] YunJae Jang. “Development and Application of Physical Computing Educational Board Suitable to School Education“, Korea University, 2018.02.
- [9] Won-Woong K, “Development of STS Model Turtle Ship Based on Physical Computing Platform for Students of Department of Electricity, Electronic and Communication in Industrial High School”, Korea National University of Education, 2017.
- [10] LittleBits, <https://www.littlebits.cc>
- [11] Aduino <https://www.arduino.cc>
- [12] 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.
- [13] F. Lantz, Big Games Manifesto, 2003, www.areacodeinc.com
- [14] Hyunjoo S. and Heasun N. and Deawoong R., “A Study on the Elements Analysis according for the Development Characteristics of the Augmented Reality Toy-Games”, Korea Game Society, 17(6), 51-62, 2017
- [15] Lee, Min-hee, “A Study on Sense of Place in Rom-Escape Games”, Ewha Womans University, 2017
- [16] M. Montola, “Exploring the edge of the magic circle : Defining pervasive games, Proceedings” DAC 2005 Conference, 2005.
- [17] Lego Fusion: <https://brickset.com/sets/theme-Fusion>
- [18] Payphone-warriors: www.bldgblog.com/2006/11/payphone-warriors
- [19] Lee JunHe, “Design Methodology for Big Games”, Archives of Design Research, 23(3), 229-240, 2010
- [20] B. Ruberg, “Big Reality: A Chat with Big Game Designer Frank Lantz” Gamasutra Feature, 2006
- [21] Rachel G, “Internet Art”, Thames&Hudson Ltd, 2004
- [22] Florence de Meredieu, “Art and Nouvelles Technologies”, LAROUSSE, 2005
- [23] Jay D. and Diane G, “Windows and Mirrors”, MIT Press, 2003
- [24] KiSoon E. and YunJae J. and JaMee K. and WonGyu L. “Development of a Board for Physical Computing Education in Secondary Schools Informatics Education”, The Journal of Korean Association of Computer Education, V19. Issue2. P41-50, 2016
- [25] KiSoon E. and YunJae J. and JaMee K. and WonGyu L. “Development of a Board for Physical Computing Education in Secondary Schools Informatics Education”, The Journal of Korean Association of Computer Education, V19. Issue2. P41-50, 2016
- [26] Soomin K, “Development of Physical Computing Education tool using Media art”, Sungkyunkwan University, 2019
- [27] Y. K. Chung, M. S. Kim, “A Study on the Development Policy of Contents Industry in the Convergence Era”, Korean Journal of Communication & Information, Vol.57, pp.227-249, February, 2012.



이준석 (Lee, Jun Suk)

약 력 : 2012 상명대학교 게임학 석사
2015 상명대학교 게임학과 박사 수료
2016 - 2019 ㈜로직이엔씨 차장
2019-현재 호남대학교 교양학부 조교수

관심분야 : 피지컬 컴퓨팅, 게임 인터페이스



이대웅 (Rhee, Dae Woong)

약 력 : 1996 서울대학교 대학원 이학박사
1990-현재 상명대학교 게임학과

관심분야 : 게임 기획, 게임 프로그래밍
