

아두이노 기반의 텐저블 유저 인터페이스 스마트픽 시스템

박선희[†], 김응수^{**}, 이정배^{***}, 이희만^{****}

Arduino-based Tangible User Interfaces Smart Puck Systems

Seon Hui Bak[†], Eung Soo Kim^{**}, Jeong Bae Lee^{***}, Heeman Lee^{****}

ABSTRACT

In this paper, we developed a low cost smart puck system that can interact with the intuitive operation of natural finger touches. The tangible smart puck, designed for capacitive tabletop display, has Arduino embedded processor which communicates only with the MT server. The MT server communicates both to the smart puck and the display server. The display server displays the relevance information on the location of the smart pucks on the tabletop display and handles interactions with the users. The experiment results show that the accuracy of identifying the smart puck ID was very reliable enough to use in practice, and the information presentation processing time is confirmed excellent enough compared to traditional expensive commercial products.

Key words: TUI(Tangible User Interface), Graspable Interface

1. 서 론

급속한 정보기술의 발달로 사람들은 좀 더 편리하게 정보기술을 습득하려고 한다. 과거에는 정보를 습득하기 위해 단순한 입출력 장치의 인터페이스를 활용했다면, 지금은 사용자가 기술을 습득하거나 이용하기 위한 방법으로 여러 사용자와 기기가 물 흐르듯이 자연스럽게 경험할 수 있는 새로운 형태의 상호작용이 가능한 사용자 인터페이스를 요구하고 있다. 본래 사용자 인터페이스란 일차적으로 사람과 시스템의 상호작용, 혹은 하나의 대상과 또 다른 대상과의 상호작용을 의미하며, 이차적으로는 사용자와 각

각의 시스템 사이의 '정보채널'로 받아들여지고 있다. 즉 이 정보채널 과정에서 사용자와 시스템 간의 대화가 보다 효율적으로 이루어질 수 있도록 심미적, 공학적인 프로그램을 개입시키는 것이 바로 '인터페이스 디자인'이다[1]. Fig. 1은 인터페이스의 변화과정을 보여주고 있다. 단순한 GUI 형태에서 벗어나 정보 전달 효과를 높이기 위한 방법에 대한 관심이 증대되고 있으며, 그중 테이블 탑 디스플레이는 NUI(Natural User Interface)중 하나로써, 손가락의 터치를 이용한 콘텐츠 응용이 주요기능이다.

하지만 테이블 탑 디스플레이가 가지고 있는 물리적 특성 때문에 사용자들이 콘텐츠를 사용함에 있어

* Corresponding Author : Heeman Lee, Address: Room #318 First Natural Science Bldg 377-3 Musimseoro, Heungdeok-gu, Cheongju, Chungbuk 28674, S.Korea, TEL : +82-43-299-8770, FAX : +82-43-299-8713, E-mail : hlee@seowon.ac.kr

Receipt date : Nov. 9, 2015, Revision date : Dec. 7, 2015
Approval date : Dec. 21, 2015

[†] Dept. of Creative ICT Eng., Busan University of Foreign Studies (E-mail : sadal@hanmail.net)

^{**} Div. of Digital Media Eng., Busan University of Foreign Studies
(E-mail : eskim@bufs.ac.kr)

^{***} Dept. of Computer Eng., Busan University of Foreign Studies
(E-mail : jblee@bufs.ac.kr)

^{****} Dept. of Multimedia, Seowon University



Fig. 1. Evolution of the User Interface.

서 거리가 멀거나 여러 방향에서 조작을 하는 등의 경우 사용자와 인터페이스 간의 상호작용에 대한 불편함이 존재하고, 그 불편함을 개선하기 위해 물리적 객체를 활용한 텐저블 유저 인터페이스 방식에 대해 연구를 해야 할 필요가 있다.

2. 텐저블 인터페이스

텐저블 유저 인터페이스(TUI : Tangible User Interface)란 실제로 물건을 만지고, 느끼고 잡고 옮기는 등의 행위를 통해 디지털 정보를 조작하는 인터페이스이며, 디지털 정보를 물리적 객체에 결합함으로써 일상생활의 활동을 가능하게 하는 조작 방식이다[2]. 즉, 물리적 환경에 컴퓨터 능력을 증강시켜 놓은 방식이라고 할 수 있으며 유비쿼터스 환경에서 새로운 상호작용의 대안 중 하나로 연구가 진행 중이다[3]. 이 텐저블 유저 인터페이스는 앞에서 말한 것처럼 마우스뿐 아니라 여러 종류의 객체를 제어함으로써 더욱 다양한 상호작용이 가능하게 하고 환경 미디어와 만져지는 미디어를 통해 새로운 시스템 개발을 이루어내는 것이라 할 수 있다. 이처럼 텐저블 유저 인터페이스는 인간의 다양한 지각 능력과 운동 능력을 사용자와 시스템 간의 상호작용에 반영하고자 개발됐기 때문에 다양한 구성 요소들이 결합하여 시스템을 이루게 된다[4]. 텐저블 유저 인터페이스는

테이블 탑 디스플레이 기반의 터치형 인터페이스로서 손을 이용한 입력방식만이 아닌 간단한 포인팅 도구부터 복잡한 지원까지 활용될 수 있도록 물리적 객체를 사용하여 멀티터치를 지원하고 복수의 사용자를 고려한다. 입력방식이 스크린 터치 방식이기 때문에 인지 과정에서 판별 후 제어하는 과정이 한 단계 생략되어 인터페이스를 조작하는데 할애하는 부담감을 덜 수 있고, 실행에 누적되는 시간을 통해 상호작용 효과를 극대화할 수 있다. 아래 Table 1은 일반적으로 우리가 사용하는 사용자 인터페이스와 텐저블 인터페이스를 비교한 것이다.

이러한 텐저블 유저 인터페이스 주요 속성에 대하여 Ullmer와 Ishii는 다음과 같이 이야기하였다. 물리적 표상은 기저에 디지털 정보와 컴퓨터로 모델링되어 연결되며, 상호작용 컨트롤의 메커니즘으로 작용한다. 또한, 지각적으로는 디지털 표상과 함께 결합되어 있는 속성을 갖고 있으며 이러한 물리적 가시 상태는 시스템의 디지털 상태를 유형화시킨다고 말을 하였다[2]. 현재 상품화되어있는 텐저블 인터페이스 시스템은 대부분 카메라 방식을 활용한 것으로 적외선의 포인트 유무를 확인하여 좌표와 콘텐츠 데이터를 전송하는 방식을 채택하고 있다. 이것은 좌표의 호트리집과 오동작이 빈번히 발생하고 고가의 제작비용이 들어 텐저블 인터페이스가 가진 장점에도 불구하고 다양한 산업 분야에 적용하기 어려운 점이

Table. 1. Comparison of methods GUI and TUI

	Graphic User Interface	Tangible User Interface
Model	GUI Interaction model (MVC)	TUI Interaction model (MCrpd)
Composition	Model-View-Control	Model-Control-Representation
Output	Digital representations	Input and Output are integrated
Input	Using around devices	
Characteristic	View and Control are separated.	Physical representation and Control are integrated

있어, 본 연구에서는 기존의 텐저블 인터페이스 시스템 방식이 아닌 새로운 형태의 텐저블 인터페이스 시스템을 개발하고 실제 콘텐츠에 적용하여 사용자의 만족도를 살펴보고자 하였다.

3. 구현한 텐저블 인터페이스 시스템

3.1 시스템 설계 및 구현

본 논문의 텐저블 인터페이스의 구현은 고가의 하드웨어를 사용하지 않고 범용성이 높은 멀티터치 디스플레이와 아두이노 임베디드 시스템을 이용한다. 멀티터치 디스플레이 위에 놓여있는 스마트 픽을 사용자가 터치하여 이동하거나 회전하는 등의 행위는 시스템에서 인식하여 해당 콘텐츠를 보여주거나 컨트롤을 제어한다. 스마트 픽은 무선으로 사용되며 아두이노 임베디드 시스템을 내장하여 멀티터치 테이블과 WiFi 통신을 한다. 텐저블 인터페이스의 소프트웨어는 크게 3개의 모듈로 구성되어 있다. 스마트 픽 안에 내장되어 시스템과 데이터 송수신을 처리하는 스마트 픽 모듈과 테이블 탐의 사용자 터치 및 디스플레이를 제어하는 그래픽스 모듈이 있으며 스마트 픽과 시스템과의 송수신을 처리하는 MT Server (Multitaction Server) 모듈이 있다. 스마트 픽은 임베디드 시스템으로 아두이노를 이용하여 설계하였으나 하드웨어 플랫폼은 독립적으로 구현될 수 있다. 그래픽스 모듈과 MT Server는 서로 독립적으로 동작할 수 있도록 설계하여 같은 컴퓨터가 아니어도 동작할 수 있도록 설계하였다. 스마트 픽 사용자의 행위는 스마트 픽과 MT Server를 통하여 디스플레이 모듈에 전송된다. 스마트 픽 모듈은 MT Server의 클라이언트로 접속되므로 복수의 스마트 픽을 사용할 수 있으며 멀티터치 하드웨어에 사양에 따라 동시 접속개수가 제한되지만, 소프트웨어에 의한 영향은 미미하다.

3.2 모스 코드

본 연구에서는 스마트 픽과 그래픽스 모듈과의 토큰 통신을 위해 숫자 정보를 광신호로 인코딩하여 전송하고 보내온 신호를 디코드하여 사용한다. 광신호를 PWM(Pulse-width modulation) 펄스의 형태로 인코딩하는 전송하는데 일종의 PWM 인코딩 신호방식인 모스 부호를 이용하였다. 모스 코드는 전선

을 이용한 전송 방식뿐만 아니라 빛, 소리 등 다양한 방법으로 이용이 가능하며, 빛을 보내고 안 보내는 시간 길이의 차이를 조합하여 먼 곳에 정보를 보낼 수 있다. 빛은 가시광선뿐만 아니라 적외선 또는 X선 등 다양한 파장을 이용할 수도 있다. 본 연구에서는 터치 테이블에 밝은 흰색 원과 과 어두운 검은 색 원의 도형을 보여주는 시간 길이의 차이를 이용하여 정보를 전달하도록 설계하였다.

Fig. 2는 ITU 모스 코드의 Dichotomic Diagram을 보인 것이다. 짧은 신호(dot)는 왼쪽 방향이고 긴 신호(대쉬)는 오른쪽 방향인데 이러한 입력 신호는 다이어그램을 통하여 해석할 수 있다. 모스 코드 다이어그램은 모스 코드의 학습이나 변환 전산프로그램을 작성할 경우에도 활용되고 있다.

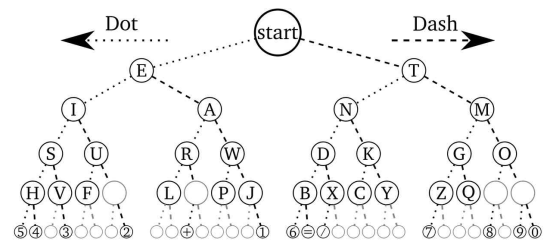


Fig. 2. Dichotomic Diagram of Morse Code(ITU)

3.3 토큰 코드

Fig. 3는 스마트 픽과 시스템과의 토큰으로 사용하는 코드이다. Fig. 3(a)는 code 0로 베이스 펄스 폭을 기준으로 설정한다. 는 아두이노의 성능과 시스템의 사양에 따라 다르게 설정될 수 있다. 하나의 펄스는 Low State에서 High State로 다시 Low State로 변화될 때를 의미한다. 그러므로 code 0는 시간이 소

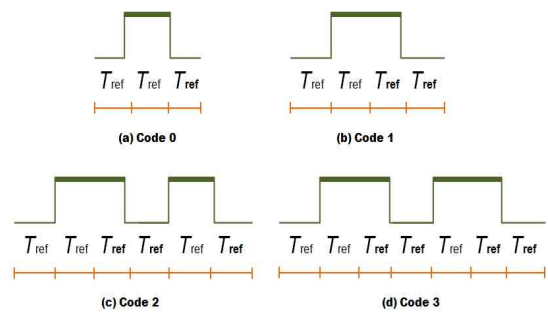


Fig. 3. Encode PWM codes.

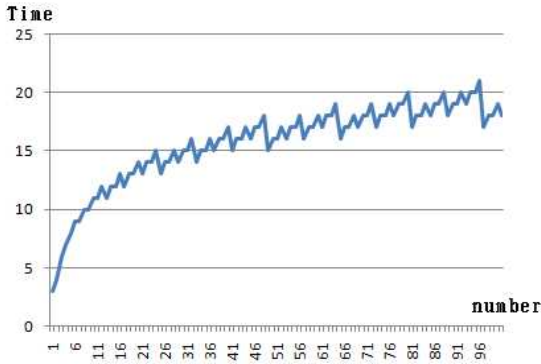


Fig. 4. PWM data transmission time.

요된다. Fig. 3(b)는 High State의 기간을 기준 펄스의 두 배 길이로 설정하여 code 1을 표현한 것으로 시간이 소요된다. code 0과 code 1을 기본 펄스로 설정하고 이를 조합 사용하여 Fig. 3(c)와 같이 code 2를 정의하였으며, Fig. 3(d)는 code 3을 정의한 것이다. 스마트팍의 개수가 증가될 경우 각각 다른 토큰을 보내주기 위하여 서로 다른 엔코더 정보를 사용해야하므로 사용될 코드의 수가 증가하게 되는데, 이때 증가된 코드 정보에 의하여 전송과 해독에 많은 시간이 소요되게 된다. 코드와 코드사이의 구분은 Low State가 보다 큰 경우에 새로운 코드의 시작으로 정의한다.

토큰 신호를 보내는 데 소요되는 전체시간 T 는 보내는 수(예 4)를 이진수로 변경하였을 때 (예 100) 1의 개수 C_1 과 0의 개수 C_0 를 알면 다음과 같이 계산할 수 있다. 1 하나의 수를 보내는 시간이 $4T_{ref}$ 이고 0 하나만을 보내는 시간은 $3T_{ref}$ 이지만 이들을 연속해서 보낼 때는 비트당 T_{ref} 시간만큼 시간이 절약됨

으로 다음과 같은 식이 된다.

$$T = 4C_1 T_{ref} + 3C_0 T_{ref} - (C_1 + C_0 - 1) T_{ref} \quad (1)$$

Fig. 4는 본 연구에서 제안한 PWM 코드의 수에 따른 데이터 전송시간으로 $T_{ref} = 1$ 로 설정한 그래프이다. 10개 퍽을 동시에 사용한다고 가정하고 $T_{ref} = 170ms$ 라고 가정하면 1.87초가 소요된다. 소요되는 시간은 비트가 추가될 때마다 증가되며 같은 개수의 비트인 경우에는 code 1의 개수에 따라 소요시간이 달라지므로 그래프와 같은 결과를 보인다.

3.4 토큰코드의 해독

그래픽스 모듈에서 블링크 방식으로 보내오는 PWM코드는 스마트 팍에서 디코드를 한다. 스마트 팍에는 CdS 센서와 아날로그 신호입력 포트를 가지고 있다. CdS 센서의 전압이 설정한 쓰레시 홀드 값과 비교하여 Low 상태인지 또는 High 상태인지 여부를 판단하여 디코드를 한다.

인식단계는 모스 코드(ITU) Dichotomic Diagram과 같이 Fig. 5와 같은 스테이트 전이도를 이용하여 해석한다. 스테이트 전이도에는 3개의 스테이트, 즉 start, decode0 및 decode1 스테이트가 있다. 처음 디코드의 시작은 start 스테이트에서 출발하며 신호가 없는 Low상태가 $2T_{ref}$ 이상 지속되면 start 스테이트로 되돌아온다. start 스테이트에서 decode 0 스테이트 또는 decode 1 스테이트로 천이 될 수 있다. start 스테이트에서 입력신호가 Low→High→Low로 변경될 때 High상태를 유지하는 시간 T_h 가 $2T_{ref}$ 이면 decode 1 스테이트가 되며 T_{ref} 인 경우 decode 0 스

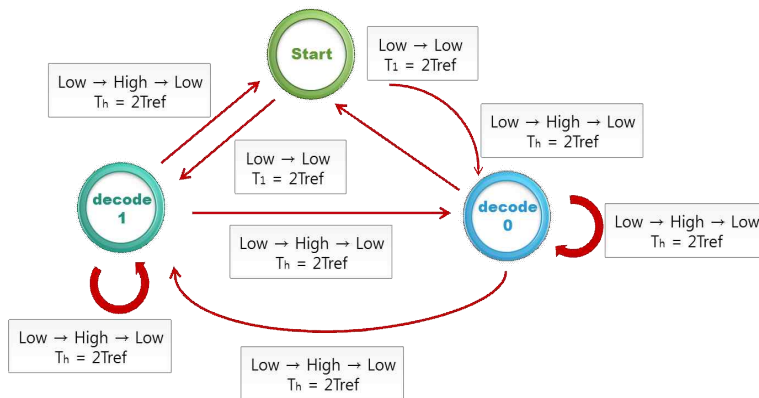


Fig. 5. Decode Diagram.

테이트로 천이된다. decode 0 스테이트 또는 decode 1 스테이트에서 입력신호가 Low상태를 유지하는 시간 T_l 가 $2T_{ref}$ 이상 지속되면 다시 start 스테이트로 되돌아간다. 하지만 만일 입력신호가 Low→High→Low로 변하면서 T_h 가 $2T_{ref}$ 또는 T_{ref} 이면 decode 1 또는 decode 0 스테이트로 유지되거나 천이된다.

스마트 픽은 일정 주기로 보내오는 광 신호를 샘플링하여 현재 상태가 0인지 1인지를 판별하고 상태가 1에서 0으로 변하는지 0에서 1로 변하는 지를 체크하여 보내오는 코드를 해석한다. 이때 샘플링하는 속도는 스마트 픽의 프로세서 처리 속도에 따라 달라진다. 따라서 샘플링하는 처리 속도에 따라 보내주는 신호의 속도 또한 달라져야 한다. 샘플링 속도는 보내주는 주파수의 2배보다 보다 커야 한다.

샘플링은 시그널을 연속되는 숫자로 변환하는 과정을 의미한다. Nyquist 이론에 의하면 만일 신호 $x(t)$ 의 주파수가 f_{max} 보다 크지 않다면 $1/2f_{max}$ 간격보다 더 짧게 샘플링을 하면 원신호를 완벽히 복원할 수 있다는 이론이다. 즉 sample rate f_s 가 $f_s/2 \geq f_{max}$ 이면 원신호를 완벽히 재현할 수 있다는 의미이다. 여기에서 $f_s/2$ 는 Nyquist 주파수라고 한다. Nyquist 주파수는 전기공학자 Harry Nyquist의 이름으로 명명한 것으로 이산 신호처리에서 샘플링 주파수의 1/2를 의미하며 folding frequency라고도 한다. 만약 $f_s/2 < f_{max}$ 인 경우 주파수 성분에 중첩(Folding)현상이 발생한다. 이 중첩현상으로 인하여 앨리어싱(Aliasing)이 발생한다. 앨리어싱은 샘플링결과가 일그러지는 현상으로 원 신호와 샘플링의 결과가 달라지는 현상을 말한다. 그러므로 본 연구의 스마트 픽에서의 샘플링 속도는 $T_{ref}/2$ 보다 짧게 설계한다.

3.5 디코드 프로그램

아두이노 프로그램은 처음 전원이 ON 되면 MT 서버에 접속을 하고 그 이후에는 무한 반복되는 프로그램이다. 반복되는 루프에서는 광량센서로 부터 빛의 세기를 읽고 토큰 신호를 해석하기 위해 Decode Mode에 따라 각각 Decode State Start, Decode State Zero 및 Decode State One 서브 함수를 호출한다. PWM 신호의 디코드는 Finite-State Machine (FSM)으로 처음 State Start에서 조건에 따라 State Zero 또는 State One으로 천이될 수 있다. 각 State에서는

각각의 조건에 따라 계속 같은 스테이트에 머물거나 또는 다른 스테이트로 천이된다. Fig. 6.은 State Machine을 아두이노의 C프로그램으로 구현하기 위한 플로우 차트이다.

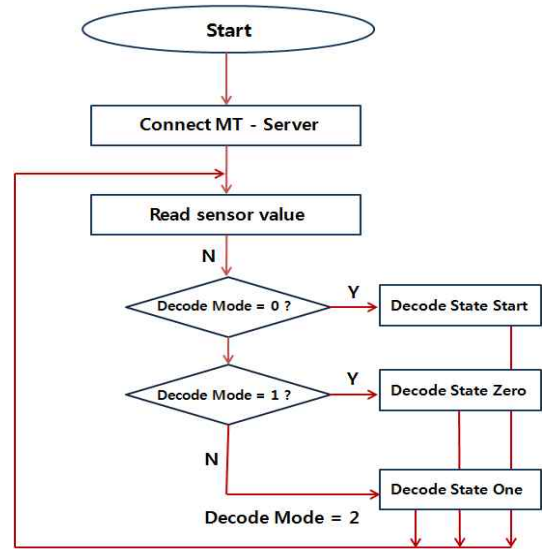


Fig. 6. Arduino program flow chart.

3.6 소프트웨어 구성

Fig. 7은 시스템의 소프트웨어 구성도이다. 스마트 픽이 멀티터치 스크린 위에 놓이게 되면 터치 이벤트가 발생하여 그래픽스 모듈이 해당 터치 정보를 저장한다. 스마트 픽은 3개의 터치 포인트를 가지고 있으므로 그래픽스 모듈은 3개의 터치 위치의 중심을 구하고 이 위치에 토큰 신호를 보내준다. MT-Server는 클라이언트인 스마트 픽이 연결 요청을 하면 새로운 프로세스를 fork하여 스마트 픽과 데이터를 주고받는다. 스마트 픽은 디코드한 토큰 정보가 있으면 MT-Server에 일정 간격으로 데이터를 전송한다. MT-Server는 스마트 픽에서 받은 데이터를 그래픽스 모듈에 보내고 그래픽스 모듈은 기존 스마트 픽이 보내온 정보에서 디코드 정보가 일치하는 해당 정보를 찾아서 업데이트한다.

그래픽스 모듈에서 멀티터치 스크린의 터치한 위치를 확인하고 스마트 픽이 터치한 기하학적인 위치를 이용하여 스마트 픽에 의한 터치인지 일반 터치인지를 판단한다. Fig. 8은 스마트 픽에 의한 터치 위치의 예이다. 터치 포인트는 삼각형의 패턴이며 거리

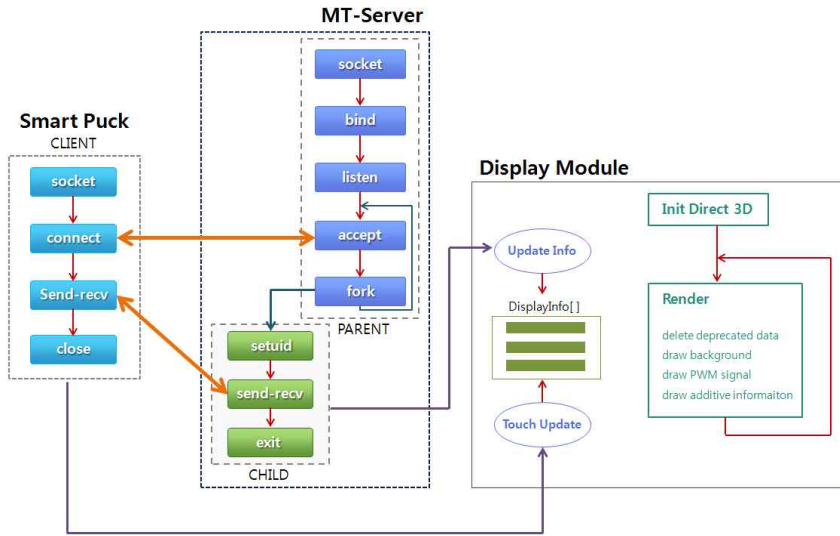


Fig. 7. Implement system over view.

AB와 거리 BC 및 거리 AC는 알려진 값으로 노이즈 제거에 활용된다. Fig. 8과 같이 터치 포인트 A, B, C의 좌표를 이용하여 스마트 팍의 회전을 추적할 수 있다. 처음 터치가 이루어질 때 터치 포인트 A(제일 먼저 들어오는 좌표)와 포인트 ABC의 중심 좌표 사이의 각도를 계산하고 기준각도로 저장한다. 그 이후에 터치 포인트가 계속 변경될 때마다 중심 좌표를 재계산하고 기준각도 값과 비교에 의하여 변화된 각도를 알아낼 수 있다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{P_{a_y} - center Y}{P_{a_x} - center X}\right) \quad (2)$$

$$\Delta\theta = \theta - rotRef$$

4. 실험

본 연구에서 제안한 인터페이스 시스템은 64비트

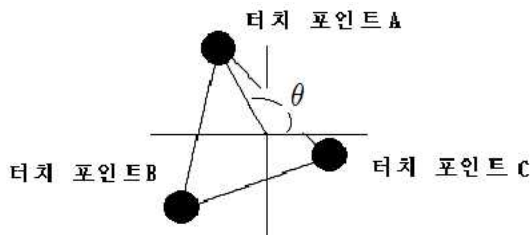


Fig. 8. Tracking of the Smart Puck's rotation angle.

윈도우즈 7 운영체제, 메인 메모리 4.0GB, Intel(R) Core(TM) i5-4570 CPU, 및 10개의 터치 포인트를 처리할 수 있는 IRM Multitouch Digitizer 사양에서 구현하고 테스트 하였으며 스마트 팍의 외관은 Fig. 9와 같다.

스마트 팍의 외관은 3D 프린터로 제작하였다. 스마트 팍의 하단에 정전식 펜 3개를 설치하여 터치한 스마트 팍의 중심을 계산할 수 있다. 광량센서는 CdS를 사용하였으며 CdS의 출력은 Sanguino보드의 아날로그에 입력된다. 토큰 신호를 해독한 이후에는 ESP8266 WiFi 모듈을 통하여 MT서버에 팍의 아이디와 해독한 정보를 보낸다.

그래픽스 모듈에서 보낸 신호를 스마트 팍에서 해독할 때 오류가 있을 수 있다. Table 2는 그래픽스

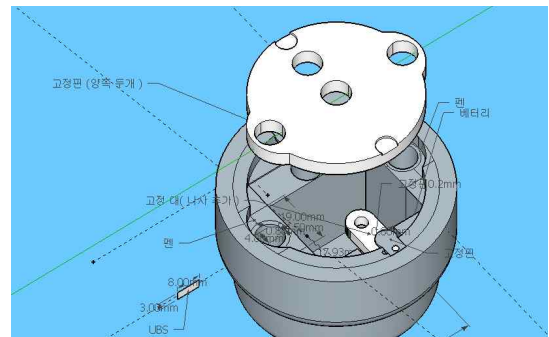


Fig. 9. Smart Puck's Appearance.

Table 2. Cumulative Code Transmission Errors

	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Code 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Code 1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3
Code 2	0	0	0	1	3	4	5	5	6	7
Code 3	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8

모듈에서 1000회 계속 같은 코드를 보내고 스마트 펍에서 해독할 때 잘못 해독한 건수를 누적하여 측정 한 것이다. Code 0는 1000회 동안 에러 없이 전송이 되었으나 Code 1인 경우 1000회까지 총 3회의 누적 에러가 있었으며 Code 2인 경우 7회, Code 3인 경우 8회의 누적 에러가 측정 되었다. 코드의 길이가 길어 질수록 에러가 증가한다. 전체적으로 1% 미만의 에러를 보여 비교적 신뢰성 높은 통신을 하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 제안한 스마트 펍의 게임 콘텐츠 분야에 적용 가능성을 검토하기 위하여 유니티 환경에서 시스템을 재구현하고 테스트 하였다. 본 논문의

MT 서버와 그래픽스 모듈은 Visual Studio 2010을 이용한 MFC 환경에서 DirectX를 이용하여 구현하였다. 그러나 3D 콘텐츠 및 3D 게임제작이 좀더 용이하고 기존 개발된 콘텐츠를 계속 재사용하기 위하여 Unity 플랫폼에 적합하도록 소프트웨어를 재설계하고 구현한다. Unity는 게임 및 인터랙티브 콘텐츠 개발을 위한 2D/3D 멀티 플랫폼으로 Unity Technologies회사에서 개발한 크로스 플랫폼 game creation system(게임 제작 소프트웨어)로 게임엔진(+물리엔진)과 통합 개발 환경 (IDE)을 제공한다. Unity는 Scene 단위로 제어가 이루어지며 Scene에는 Game-Object가 계층구조를 갖는다. 스마트 펍을 위한 MT

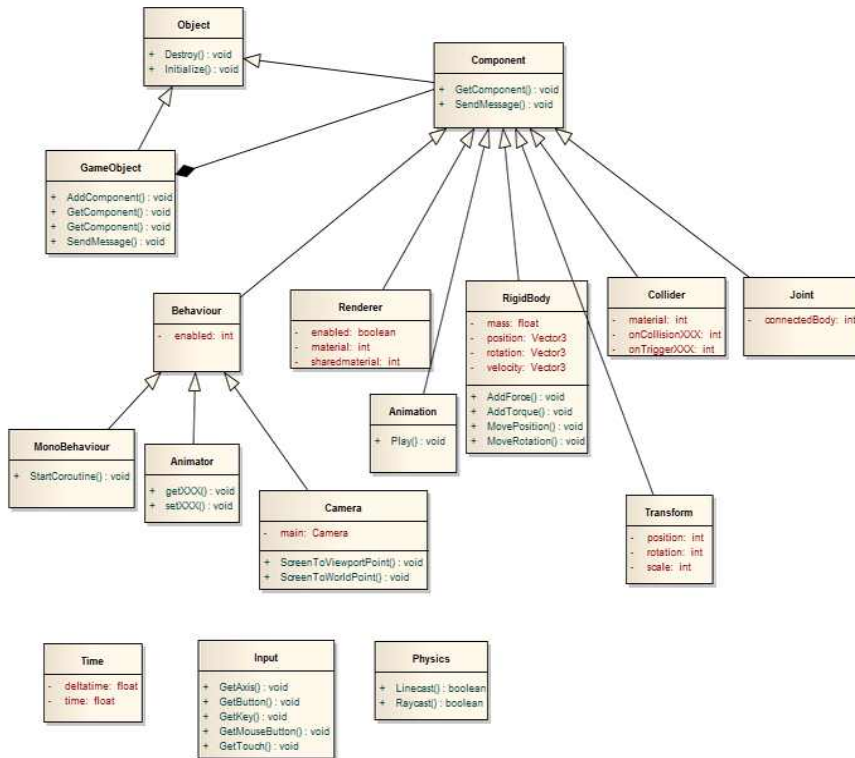


Fig. 10. Class Diagram of Unity Platform.

서버 및 그래픽스 모듈의 프로그램은 이러한 Game-Object 안에 스크립트 프로그램으로 제작하여야 한다. 스크립트 프로그램은 컴포넌트로 GameObject의 객체 내부에 존재하며 GameObject 및 프로그램을 제어한다. Fig. 10은 유니티 플랫폼의 클래스 다이어그램이다. 스크립트 프로그램 컴포넌트는 Mono-Behaviour 객체로 부터 상속을 받는다. Mono-Behaviour 객체는 독립적으로 각각의 타임라인을 가질 수 있다. 하나의 GameObject는 MonoBehaviour로 부터 상속 받는 복수개의 스크립트 컴포넌트를 가질 수 있다. 이러한 특수한 환경에서 텐저블 인터페이스를 구현하여야 한다.

본 연구논문에서는 2개의 GameObject, 즉 Graphics-Module 및 MTServer 객체를 하나의 Scene에 만들고 각각 스크립트 객체를 붙여 주었다. PWM 광신호를 보내기 위하여 SignalCircle을 Prefab으로 만들고 스마트 팩에 의한 애니메이션을 위하여 제어대상 콘텐츠 객체도 스마트 팩의 개수만큼 Prefab으로 제작하였다. GraphicsModule 객체에서 SignalCircle 및 콘텐츠 객체를 제어하도록 하였다. 인식된 스마트 팩의 정보는 SmartPuck 클래스에 의해 저장되고 관리되며 GraphicsModule 객체가 Array 객체로 관리하도록 한다. MTServer 객체는 TCP/IP 통신을 처리하며 스마트 팩의 클라이언트 접속을 관리하고 제어

한다. MTServer 객체는 클라이언트 연결요청시마다 별도의 쓰레드를 만들어 클라이언트와 데이터를 주고 받도록 한다.

Fig. 11은 스마트 팩의 회전정보를 활용하여 3D 모델의 애니메이션을 제어하는 유니티 플랫폼에서 구현한 콘텐츠이다.

본 연구에서 구현된 콘텐츠를 대상으로 사용성 평가가 진행되었다. 사용성 평가를 위하여 140여 가지의 휴리스틱스 중 TUI와 관련된 원칙만을 이용하여 만들어진 46가지의 체크리스트를 기반으로 본 연구의 인터페이스에 적합하게 문항을 추가, 삭제하여 34가지의 문항으로 재구성하였다. 사용성 평가를 통하여 도출된 결과를 바탕으로 향후 연구에 반영하여 보다 사용 편의성이 높은 콘텐츠를 개발 할 수 있다. 평가는 Fig. 12와 같이 대전 컨벤션센터에서 열린 2015 세계 과학 도시연합 국제행사 중 2015 문화 산업전 행사 중에 진행 되었고 국 내·외 부스 방문객 15명(남자 9명, 여자 6명)을 대상으로 평가가 이루어 졌으며, 평가의 결과는 Fig. 13과 같다.

사용성 평가의 결과를 보면 7점 척도를 기반으로 한 평가에서 전체 평균은 5.96점으로 나타났다. 특히 스마트 팩을 사용하는 텐저블 인터페이스는 조작 방식에서 사용자에게 높은 만족감을 주는 것으로 확인 되었다. 조작에 관련된 지문에서 사용자의 평가는 평



Fig. 11. Implemented content made by UNITY 3D.



Fig. 12. Usability Evaluation.

Table 3. Required improvements through usability evaluations

Item No	Evaluation Items	The derived problems and required improvements
8	Does the system help users to avoid making errors?	More visual guidance is necessary for error prevention.
15	Are terms and icones used in the menu not confusing?	The menu icones are interpretable but the additional words will be helpful for better understanding.
18	Is the usability of the smart puck satisfying?	It would be better if the mouse click or wheel event handling functions are added.
26	Are the sizes and weights of the smart puck convenient?	If the size of menu contents is small, the rotation menu of the puck will be easier.

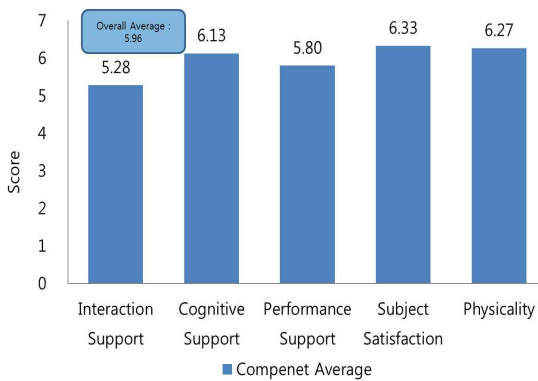


Fig. 13. Result of the Usability Evaluation.

균 6.13점으로 평가되었다. 특히 회전을 사용하는 스마트 픽 조작 방식과 테이블 탑 디스플레이를 사용하는 시각적인 부분에서 사용자의 만족과 흥미를 이끌어 낸 것으로 조사되었다. 사용자 의견으로는 영화 ‘마이너리티 리포트(Minority Report, 2002)’, ‘아이언 맨(Iron Man, 2008)’에서 보았던 장면들이 떠올라 흥미를 느꼈다는 시각적인 부분의 긍정적 의견과 메뉴의 변경을 위한 스마트 픽 회전 시에 많은 회전이 필요하여 개선이 필요하다는 조작 측면에서의 의견이 조사되었다.

가장 낮은 평가를 받은 항목은 문항 17번 ‘공간적 레이아웃이 명확한가?’이다. 이 문항의 경우 현재 각각의 사용자가 사용할 수 있는 공간이 명확하게 분리되어있지 않아 여러 명의 사용자가 이용 가능할 시 불편함을 느낄 수 있다는 결과가 나왔다. 측정할 수 없는 항목도 있었다. 시스템 사용 중 발생하는 오류와 관련된 문항인 문항에서는 시스템을 조작해 본 모든 사용자가 에러를 경험하지 못하였기 때문에 항목에 대한 평가가 이루어지지 못했다.

각 항목에서 도출된 문제점과 개선 사항은 Table 3과 같다.

5. 결 론

본 연구에서는 범용성이 높으면서도 저가형태의 새로운 인터페이스 방식을 제안하고 구현하였다. 아두이노를 이용한 스마트 픽은 멀티터치 정전식 테이블 탑 디스플레이 위에서 자유로이 사용이 가능하다. 이 스마트 픽이 터치한 위치에 토큰 신호를 보내고 스마트 픽은 이 토큰 신호를 해석함으로써 와이파이 환경에서 위치를 확인하고 정보를 전달한다. 또한, 본 연구를 통하여 구현된 텐저블 인터페이스를 대상으로 하여 사용성 평가를 수행하였다. 사용성 평가의 결과는 사용자의 만족도와 흥미 유발에서 좋은 평가가 나왔고, 공간의 명확한 분리 항목에서 낮은 평가가 나왔다.

향후 연구 과제로는 좀 더 자연스러운 움직임을 포착하고 제어하며 스퀴지 버튼 및 압력센서 등의 추가를 통해 픽을 잡는 세기 등 좀 더 풍부한 인터페이스를 제공하려고 한다. 또한, 사용성 평가결과를 바탕으로 향후 텐저블 인터페이스의 디자인과 사용성 개선을 한다 개발한 스마트 픽에 최적의 다양한 인터랙티브 콘텐츠 제작 및 활용방안에 대하여 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCE

[1] S.Y. Park and D.Y. Lee, "Research On GUI Design in Digital Information Media," *Korean Society of Design Science*, Vol. 29 No. 5, pp. 46-47, 1999.

[2] H. Ishii and B. Ullmer, "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits, and Atoms," *Proceeding of CHI'97, ACM Press 1997*, pp. 234-241.

[3] M.H. Kim, *The Development of Usability Evaluation Method for Tangible User Interface*, Master's Thesis of KAIST, 2008.

[4] J. Lee, A Study On Tangible User interface with Learner-Centered Design Approach, Graduate School of Culture Technology Korea Advanced Institute of Science and Technology, 2007.

[5] Seon Hui Bak and Jeong Bae Lee and Eung Soo Kim and Heeman Lee, Development of Edutainment Contents using the Multi-touch Table Top Display, *Journal of Korea Multi-media Society*, Vol. 18, No. 12, pp. 1572-1580, 1999.



박 선 희

2004년 8월 공주대학교 영상예술 대학원 영상학전공(공학 석사)
 2014년 8월 한밭대학교 정보통신 전문대학원 멀티미디어 공학(공학박사수료)

2013년~현재 아이에이치테크 이사
 관심분야: ICT융합, 휴먼인터페이스, 텐저블인터페이스, 가상현실



김 응 수

1990년 경북대학교 전자공학과 공학사
 1992년 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1996년 게이오대학교 대학원 물질과학과 공학박사

현재 부산외국어대학교 디지털 미디어학부 교수
 관심분야: 광소자, 광센서, 광집적회로



이 정 배

1981년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사
 1983년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1995년 2월 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1997년 2월 U.C.Irvine박사 후 과정 수료
 1991-2002, 2014년~현재 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: ICT융합



이 희 만

1984년 고려대학교 전자공학과 공학사
 1986년 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1994년 Texas A&M Electrical Eng. Ph.D

현재 서원대학교 멀티미디어학과 교수
 관심분야: 가상현실 증강현실