
디지로그 북 저작을 위한 펜형 햅틱 사용자인터페이스의 개발

Development of Pen-type Haptic User Interface and Haptic Effect Design for Digilog Book Authoring

이준훈, Junhun Lee*, 하태진, Taejin Ha**, 류제하, Jeha Ryu***, 우운택 Woontak Woo**

요약 차세대 출판문인 디지로그 북은 기존 서적과 디지털콘텐츠를 통합하여 사용자에게 아날로그적 감성과 디지털오감을 제공한다. 이러한 디지로그 북을 제작하기 위해 디지로그 북의 저작도구에 대한 연구가 진행 중이며, 본 논문에서는 디지로그 북에 사용될 콘텐츠를 저작하는 활동에서 시각과 청각에만 의존한 작업을 보다 실감 있도록 하기 위해 펜형 햅틱 사용자인터페이스를 개발하고자 하였다. 햅틱 사용자인터페이스는 디지로그 북을 저작하는 작업에서 3차원 작업공간에서 공간상에 배치되는 3차원 객체를 이동, 회전, 크기 변경 및 메뉴선택 버튼의 클릭등과 같은 다양한 작업에서 각 작업을 보다 실감 있게 하기 위한 진동 햅틱 효과를 사용자에게 제공한다. 본 연구에서는 이러한 디지로그 북의 저작 환경에 적합한 사용자인터페이스의 외형, 회로 설계, 진동패턴의 설계/내장 및 저작시스템과의 연동을 위한 프로토콜을 정의하고 이렇게 개발된 햅틱 사용자인터페이스를 사용하여 사용자평가를 간단히 실시하였다. 디지로그 북 저작 작업에서 이렇게 개발된 햅틱 인터페이스의 촉각 효과를 시청각정보와 함께 사용함으로써 디지로그 북 저작 작업을 보다 효과적으로 할 수 있기를 기대한다.

Abstract Digilog Book, the next generation publication material, supplies digitalized contents on an analog book by integrating digital contents into existing analog books. There are some studies related to authoring tools which are to authorize, and publish some books which provide digital contents by using VR or AR techniques. In this paper, a pen-type haptic user interface for Digilog Book authoring tool has been introduced. This haptic user interface is developed for more realistic and more effective authoring tasks. This haptic interface provides haptic effects for authoring tasks which are including translation, rotation, scaling, and menu selection. In this research, we designed a body, control circuits, vibration haptic patterns for haptic user interface, and a protocol for between haptic user interface and Digilog Book main control system. Also a simple user study has been done with a developed haptic user interface.

핵심어: *Haptic Pen, Digilogbook, Tangible Object, Authoring Tool,*

본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소 육성사업의 연구결과로 수행되었음.

*주저자 : 광주과학기술원 정보기전공학과 이준훈 e-mail: junhun@gist.ac.kr

**공동저자 : 광주과학기술원 정보기전공학과 하태진 e-mail: tha@gist.ac.kr

광주과학기술원 기전공학과 우운택교수 e-mail: wwoo@gist.ac.kr

***교신저자 : 광주과학기술원 기전공학과 류제하교수; e-mail: ryu@gist.ac.kr

1. 서론

차세대 출판물인 디지로그 북(Digilog Book)은 유비쿼터스 가상현실 기술을 적용하여 기존 서적과 디지털 콘텐츠를 통합함으로써, 아날로그적 감성과 디지털 오감을 독자에게 제공한다 [1]. 디지로그 북은 종이책과 책 위에 증강될 멀티미디어 콘텐츠, 그리고 디지로그 북 뷰어로 구성된다. 디지로그 북 뷰어는 카메라로 종이책의 영상을 획득하고, 그 위에 멀티미디어 콘텐츠를 증강시킨다. 독자는 종이책의 기존 내용뿐만 아니라, 동시에 종이책으로 얻을 수 없는 멀티미디어 콘텐츠를 시각, 청각, 촉각적 체험을 통해 향상된 학습 효과를 얻을 수 있다. 이러한 디지로그 북 콘텐츠의 저작 작업을 저작도구 없이 개별적으로 수행할 경우 이에 들어가는 비용과 시간 면에서 비효율적일 수밖에 없다. 현재 이를 극복하기 위해 디지로그 북의 저작도구를 개발하는 연구[1]가 활발히 진행 중에 있다. 지금까지는 이러한 저작활동이 대부분 시각과 청각을 바탕으로 한 연구에 의존하여 왔다. 2D화면을 보면서 이루어지는 가상현실 환경하의 저작 작업은 3D 공간을 인식하는데 어려움이 있었고, 오랜 시간이 걸리는 작업에 보다 실감 있고 몰입할 수 있는 인터페이스가 필요하게 되었다. 이처럼 기존 가상현실 환경하의 저작도구의 단점을 보완할 수 있는 요소로 촉각이 제안되었으며, 선행된 연구에서 시각 청각과 함께 촉각이 부여되었을 때 작업능률이 향상된다는 것을 보여주었다 [2, 3].

디지로그 북을 위한 햅틱 사용자인터페이스를 개발하기에 앞서 관련 연구들을 조사하였다. ETRI에서는 Ubi-pen[4]이 개발되었으며, Johnny C. Lee는 Haptic Pen[5]으로 역시 터치스크린을 사용할 때 마치 실제 버튼을 누르는 것과 유사한 효과를 주는 인터페이스에 대한 연구를 하였다. Chunyuan Liao [6]는 종이책을 읽는 환경에서 종이책과 디지털 콘텐츠를 연계시키는 인터페이스로 햅틱펜을 개발하였다. 이러한 햅틱 사용자인터페이스들은 대부분 2차원 평면과의 물리적으로 접촉된 상태에서 콘텐츠와의 상호작용을 위하여 개발된 것들이었다. 한편, 광주과학기술원에서는 Wire-driven Haptic Pen [7]을 사용하여 힘까지 전달할 수 있는 햅틱펜을 개발하기도 하였다.

본 연구에서는 3차원공간상의 디지로그 북 저작환경에서 저작 작업을 보다 실감 있게 하기위한 펜형 햅틱 사용자인터페이스를 개발하였으며, 이렇게 개발된 인터페이스를 사용하여 디지로그 북 저작을 보다 실감 있고 향상된 작업능률로 수행할 수 있기를 기대한다.

2. 디지로그 북의 전체 시스템 구성

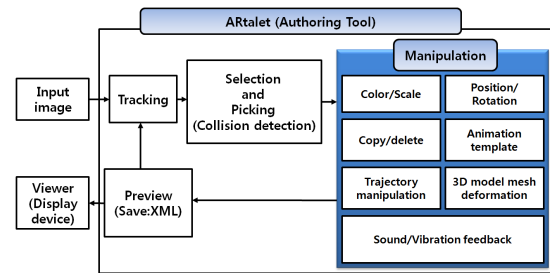


그림 1. 디지로그 북 저작 도구 아렛렛의 저작 과정

그림 1은 디지로그 북 저작도구의 전체적인 저작과정을 도식화 시킨 것이다. 그림 1에서 조작(Manipulation) 부분이 본 햅틱 사용자인터페이스를 주로 적용하게 될 부분에 해당되며, 사용자는 디스플레이 장치를 통해 화면을 보면서 햅틱 사용자인터페이스로 3D 객체를 조작하게 된다. 조작은 그림에 나와 있듯이 위치/회전, 크기변경, 움직임 경로변경 등이 있을 수 있으며, 각 조작에 맞는 진동 햅틱 효과 또는 3D 객체에 할당된 진동 효과를 펜을 쥔 사용자의 손을 통해 전달하게 된다.

3. 하드웨어 구성

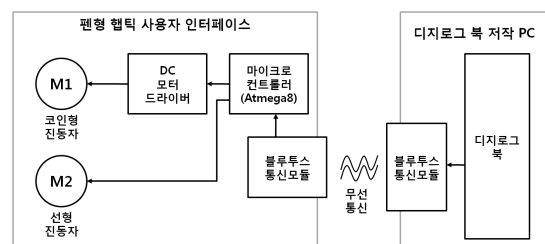


그림 2. 펜형 햅틱 사용자인터페이스의 전체 구성도

그림 2는 햅틱 사용자인터페이스의 하드웨어 내부 구성을 도식화 시킨 것이다. 우선 디지로그 북 시스템으로부터 저작 작업에 맞는 진동 명령을 정해진 프로토콜로 블루투스 통신을 사용하여 전달받으면 이에 해당하는 진동 햅틱 신호를 마이크로 컨트롤러가 생성시켜 코인형 진동자 또는 선형 진동자에 전달하게 된다. 여기서 코인형 진동자는 느린 응답 특성을 보완하기 위해 따로 설계된 DC모터 드라이버를 통하여 제어한다. 선형진동자에 해당하는 진동신호는 직접 모터로 전해진다. 본 펜형 햅틱 사용자인터페이스는 무선으로 사용되어 내부에 소형 리튬이온 배터리가 내장되어 있다.

본 연구에서는 몇 가지 사항이 고려되어 인터페이스 도구를 펜형으로 설계하였다. 먼저 저작환경에서 전문적인 햅틱 장치인 PHANTOM™ 등에 익숙하지 않은 사용자를 위해 보편화되어 있는 도구를 사용하기로 하였다. 또한 디지로그 북의 저작특성상 3D 객체를 3차원공간상에서 특정 위치에 배치시킬 필요가 있으며, 화면상에 보이는 여러 버튼들과 진행바 등과의 인터페이싱을 위하여 손에 익숙하게 파지할 수 있고, 끝점을 가지는 형태인 펜으로 선정하였다. 그림3은 제작된

사용자인터페이스의 외형을 보여준다. 본체는 펜 모양의 본체와 현재 펜의 위치를 인식하기 위한 AR마커큐빅으로 이루어져있다. 위치 인식을 위해 마커가 사용된 이유는 디지털로 북의 목적상 대부분의 일반 가정에서 이미 보유하고 있는 PC환경과 저가형 웹카메라를 사용하여 간단하게 구현이 가능하기 때문이다. 마커가 부착된 큐빅 내부에는 진동자 구동부가 내장되어있다.



그림 3. 제작된 펜형 햅틱 인터페이스의 외형

저작환경에는 그림1에서 제시된 것과 같이 다양한 조작에 맞는 촉감이 표현되어야 한다. 선행된 연구에서는 진동햅틱 관련 연구에서 널리 쓰이는 코인형 진동자를 사용하였으나, 이는 강한 진동의 표현은 가능하나, 내부에 편심 질량체가 회전운동을 하는 코인 진동자의 방식의 특성상 반응 속도가 느려 짧은 진동을 표현하기엔 부족하였다. 그리하여 여기에 빠른 반응속도를 가지는 선형진동자를 추가하였다 (표 1).

표 1. 코인형 진동자와 선형진동자의 비교

항목	코인형 진동자	선형 진동자
크기	10*3,0T	10*3,6T
반응시간(시작/정지)	90msec/80msec	30msec/50msec
소비전력	195mW	140mW
주파수	200Hz	175Hz
가속도(진동세기)	0.84Grms @12,000rpm	0.56Grms @175Hz
수명	2sec On, 1sec OFF 86,400 Cycle	2sec On, 1sec OFF 1,000,000 Cycle

4. 진동 패턴의 설계

코인형 진동자의 경우 DC모터의 컨트롤과 유사하게 PWM 신호를 사용하여 진동자의 세기를 컨트롤 한다 [8]. 또한 코인형 진동자의 느린 반응속도를 보완하기위해 모터의 진동을 급정지시키기 위해 역회전을 적용하였다(그림 5). 선형 진동자의 컨트롤에서는 타이머를 사용하여 주파수 변화를 통해 진동자의 세기를 컨트롤하였다. 즉, 입력신호의 주파수가 선형진동자의 공진주파수인 175Hz와 같으면 최대의 진동세기를 가지며, 이 공진주파수를 벗어나게 되면 세기가 약해지게 된다.

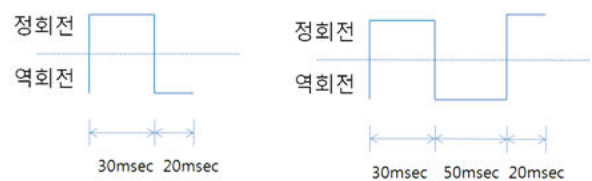
앞서 설명되었듯이 본 햅틱 사용자인터페이스는 디지털로

북의 저작환경에서 저작인터페이스 도구의 여러 가지 작업에서 진동햅틱효과를 주도록 설계되었다. 그 몇 가지 예시가 그림 4에 나와 있다.



a) 충돌처리 b)객체선택
그림 4. 저작환경에서의 햅틱펜의 사용 예

충돌은 큐빅에 부착된 마커의 위치를 카메라가 인식하고 이 위치에서 약간의 거리 차이를 두고 증강된 구(붉은색)와 디지털 북 상의 3차원 객체와의 충돌검사를 하며, 선택 가능시 3D 모델의 경계가 확인을 위해 표시된다. 이와 동시에 진동햅틱효과가 사용자에게 전달되게 된다. 이와 함께 본 연구에서는 메뉴 선택 시 버튼을 누르는 느낌을 간략하게 구현하여 보았다. 이는 충돌과는 달리 두 가지 진동으로 구현되었다. 아래 그림에 간단하게 두 진동패턴의 입력신호 파형이 나와 있으며, 보다 직관적인 패턴을 위한 연구가 현재 진행 중에 있다.



a) 3D 객체의 충돌 효과 b) 메뉴버튼의 클릭효과
그림 5. 진동자의 입력신호

그림 5는 실제 진동자의 컨트롤에 사용된 입력신호의 파형을 보여준다. 본 그림에서 보듯이 충돌의 경우 입력신호는 정회전과 역회전 신호가 입력되나, 실제로 역회전 신호의 경우 모든 에너지가 회전형 진동자를 급정지시키는데 사용된다. 그리하여 실제로 사용자는 짧은 정회전만을 느끼게 된다. 메뉴버튼의 경우엔 충돌과는 달리 사용자는 정회전 뒤에 좀 더 긴 역회전 신호로 인해 역회전도 느끼게 되며, 마지막 정회전 20msec의 신호 부분은 역회전을 급정지시키기 위한 신호이다. 이 역시 충돌시의 진동패턴과 마찬가지로 사용자는 느끼지 못하게 된다.

5. 사용자평가

피 실험자는 총 20명으로, 남성15명 여성 5명으로 구성되며, 평균나이는 30.05세(최저24, 최고42)이고 표준편차 4.87세였다. 전공은 전산 11명이고 기타(전자 4, 경제 1, 예술 2, 환경 1, 기획1)였다. 또한 AR경험자는 16명이었고, 전원 오른손잡이였다.

3D객체 크기는 10, 20, 30, 40(mm)이고, 두 개의 3D객

체사이의 거리는 보통의 책 크기를 고려하여 60, 120, 180, 240(mm)으로 구성하였다. 또한 각도는 0, 30, 60도로 변경되도록 하였다. 실험상에서는 총 16번 무작위 순서로 시도를 수행하도록 하였다. 각각의 시도마다 초기위치에 있는 3D객체를 선택 후 드래그앤드롭을 하여 목표위치에 위치한 3D객체에 옮겨 겹치도록하는 과정 동안 수행 시간을 기록하였다.

실험 결과 진동피드백을 제공하는 경우 (평균: 1885.278msec)가 제공하지 않는 경우(평균: 1996.213msec) 보다 소요시간이 적게 걸렸다. 그러나 오차는 진동피드백을 제공하는 경우(평균: 11.088mm)가 제공하지 않는 경우(평균: 9.780mm)보다 컸다 (그림 6). 정성적인 평가에서는 진동피드백을 제공하는 경우가 3D객체 선택하는 방법(Selection), 이동시키는 방법(Manipulation), 3D 깊이인식(3D Depth), 조작도구 인식 성능(Tracking), 체감속도(Speed), 선호도(Favorite)에서 제공하지 않는 경우보다 우세한 결과를 보였다 (그림 7).

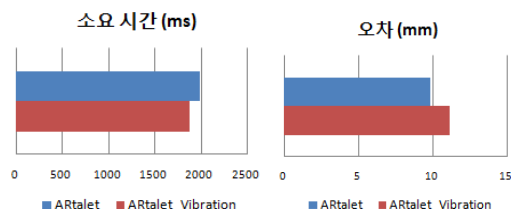


그림 6. 소요시간 및 오차

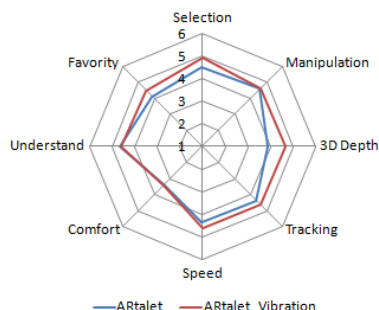


그림 7. 정성적 평가

6. 결론

본 연구에서는 디지로그 북의 저작 작업을 보다 실감 있게 하기 위한 펜형 햅틱 사용자인터페이스의 하드웨어를 설계하고 저작환경을 위한 간단한 햅틱이펙트를 개발하여 간단한 사용자 평가를 실시하였다. 본 연구는 계속 진행 중에 있으며, 향후 연구로, 보다 다양한 진동패턴의 설계가 이루어질 것이며, 이렇게 설계된 햅틱이펙트를 사용하여 심도 있는 사용자 평가가 이루어질 예정이다. 본 연구에서는 디지

로그 북의 저작 작업을 위한 사용자인터페이스로써의 햅틱 이펙트만 개발되었으나, 향후 연구에서는 여기에 추가로 디지로그 북의 콘텐츠 중 흐르는 물, 흔들리는 나뭇가지, 또는 에밀레종의 울림 등과 같이 햅틱효과가 부여될 필요가 있는 콘텐츠를 선정하여 여기에 직접 햅틱효과를 저작자가 제작, 부여할 수 있도록 하는 연구가 수행될 예정이다.



참고문헌

- [1] 이영호, 하태진, 이형묵, 김기영, 우운택, “digilog 북 - 아나로그 책과 digital 콘텐츠의 융합,” information통신분야학회 합동학술대회, 14권, pp. 186-189, 2007
- [2] Hakan G., Benjamin P., Sankar J., & Uma J., “Design of a Haptic Device for Weight Sensation in Virtual environments”, ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition, 2002
- [3] Yeongmi Kim, Sehun Kim, Taejin Ha, Ian Oakley, Woontack Woo and Jeha Ryu, ” Air- jet Button Effects in AR,” ICAT, pp. 384-391, 2006.
- [4] K.U. Kyung, J.S. Park, Ubi-Pen: Development of a Compact Tactile Display Module and Its Application to a Haptic Stylus, Proceedings of the Second Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (2007) 109-114.
- [5] J. C. Lee, P. H. Dietz, D. Leigh, W. S. Yerazunis, and S. E. Hudson, “Haptic pen: a tactile feedback stylus for touch screens,” in Proceedings of the Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '04), pp. 291-294, Santa Fe, NM, USA, October 2004.
- [6] Chunyuan Liao, Francois Guimbretiere, and Corinna Loeckenhoff, Pen-top feedback for paper-based interfaces, Proceedings of UIST'06, pp. 291 - 220.
- [7] Yo-An Lim, Yong won Seo, Jeha Ryu, “A wearable 3-DOF wire-driven force feedback device”, World Haptics 2007 Second Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, pp. 379-384, March 22-24, 2007, Epochal_Tsukuba, Tsukuba, Japan
- [8] 이범찬, 이준훈, 서창훈, 차중은, 류제하, “스포츠 생방 송에서의 몰입감 증대를 위한 진동촉각 제시 시스템”, HCI/VR/CG/DESIGN학회 학술대회, pp.230-237, 2006.2.13-16, 강원도 휘닉스파크