

## 진동-촉각 패드를 이용한 상호작용형 모바일 증강현실 시스템

\*진문섭 \*\*서병국 \*\*\*박종일<sup>1)</sup>

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

\*jinms@mr.hanyang.ac.kr, \*\*bkseo@mr.hanyang.ac.kr, \*\*\*jipark@hanyang.ac.kr

## Interactive Mobile Augmented Reality System Using a Vibro-Tactile Pad

\*Jin, Moon-Sub \*\*Seo, Byung-Kuk \*\*\*Park, Jong-Il

Dept. Electronics and Computer Engineering, Hanyang University,

## 요약

최근 증강현실에 대한 관심이 높아지면서 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 스마트폰과 같이 고성능 모바일 장치가 대중화됨에 따라 모바일 플랫폼 기반의 증강현실 어플리케이션이 급증하고 있다. 본 논문에서는 모바일 플랫폼 기반의 증강현실을 구현함에 있어 사용자에게 증강된 가상 모델과의 촉각적 상호작용을 제공하기 위한 효과적인 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 모바일 환경을 고려하여 손 위에 올려놓을 수 있는패드 형태의 진동-촉각 전달 장치를 비주얼 마커와 결합하고 마커를 이용해 증강된 가상의 모델의 움직임에 맞춰 촉각 신호를 사용자에게 전달한다. 따라서 본 시스템은 증강된 가상 모델에 대한 사용자의 시각적 상호작용과 동시에 촉각적 상호작용을 통해 보다 실제감 있는 증강현실을 제공한다. 본 논문에서는 안드로이드 플랫폼 기반의 모바일 증강현실 시스템에 이를 구현하고 그 유용함을 보인다.

## 1. 서론

최근 아이폰이나, 안드로이드폰 등과 같은 고성능 모바일 장치가 보편화됨에 따라 기존의 데스크톱 기반의 증강현실(Augmented Reality)을 모바일 플랫폼에 적용하고자 하는 노력이 활발히 진행되고 있다[1, 2]. 증강현실은 가상의 모델을 컴퓨터 그래픽스를 이용해 실제 공간에 증강시킴으로써 직관적이고 현실감 있는 경험을 사용자에게 제공한다. 지금까지 증강현실 어플리케이션은 증강된 가상의 모델과 사용자간의 시각적 상호작용을 주로 제공해왔다. 하지만, 보다 실제감 있는 경험이나 사용자와의 다양한 상호작용을 제공하기엔 충분하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 시각적 상호작용과 동시에 촉각적 상호작용을 효과적으로 제공하기 위한 모바일 플랫폼 기반의 증강현실 시스템을 제안한다. 기존의 촉각적 상호작용을 제공하기 위한 방법으로 장갑 타입이나[7], 특수한 햅틱 장치를 이용하였으나[8], 손에 착용을 해야 된다는 불편함이나 특정한 장소에 놓여 있어야 하기 때문에 모바일 환경에서 다소 적용하기가 어려웠다. 본 연구에서는 모바일 환경을 고려하여 사용자가 손 위에 올려놓을 수 있는패드 타입의 진동-촉각 전달 장치[2]를 이용하여 촉각적 상호작용을 전달하고 이를 비주얼 마커와 결합한 형태로의 상호작용형 모바일 증강현실 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 비주얼 마커를 추적하여 사용자의 시점에 맞게 가상의 모델을

증강하고, 증강된 가상의 모델의 움직임에 맞춰 촉각 신호를 진동-촉각 패드를 통해 사용자의 손에 전달함으로써 보다 실제감 있는 증강현실을 제공한다. 본 논문에서는 안드로이드 플랫폼 기반의 모바일 장치를 이용하여 이를 구현하고 그 유용함을 보인다.

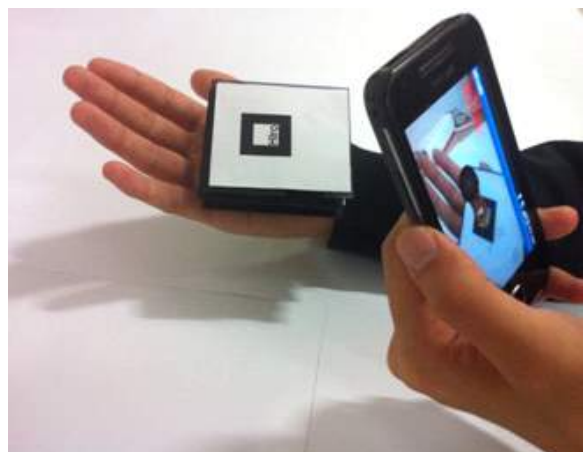


그림1. 진동-촉각 패드를 이용한 상호작용형 모바일 증강현실 시스템의 프로토타입.

1) 교신저자

## 2. 시스템 구현

제안된 시스템은 그림1과 같이 진동-촉각 패드와 비주얼 마커를 결합한 형태를 가진다. 진동-촉각 패드는 다수의 진동 모터의 nxm 배열로 구성되며 증강되는 가상 콘텐츠에 맞게 선택할 수 있다. 본 논문의 프로토타입에서는 3x3 배열의 9개 진동 모터로 구성하였고, 각각의 진동 모터들을 개별적으로 제어할 수 있도록 구현하였다. 비주얼 마커는 잘 알려진 ARToolKit 마커를 이용하였고, 이를 모바일폰의 카메라를 통해 추적하도록 구현하였다.

진동-촉각 패드는 2개의 레이어 구조이다. 그림2와 같이 1층은 리니어 진동 모터와 손바닥에 밀착할 수 있는 커버 부분, 2층은 패드의 회로부로 구성된다. 회로는 8비트 프로세서 AVR을 이용하고, 핸드폰과의 통신을 위한 Bluetooth모듈을 사용한다. 본 논문에서는 안드로이드 기반의 GalaxyS를 이용하여 모바일폰과 진동-촉각 패드로 구성된 프로토타입 시스템을 구성하였다.

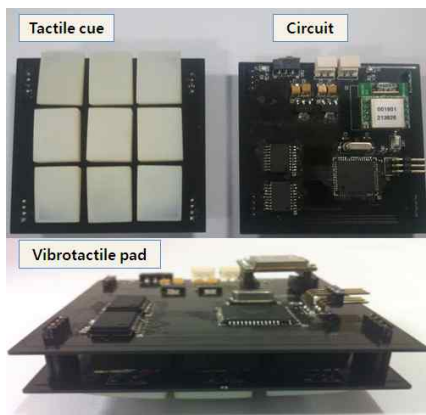


그림 2. 진동-촉각 패드 구성

그림3은 제안된 시스템의 처리 과정을 보여준다. 사용자는 비주얼 마커가 결합된 촉각 패드를 손바닥 위에 놓는다. 모바일 폰으로 촉각 패드의 뒷면인 비주얼 마커를 본다. 모바일 폰에서는 비주얼 마커를 추적하여 그 부분에 렌더링 과정을 거쳐 가상 콘텐츠를 증강시킨다. 사용자가 주는 이벤트에 따라, 블루투스를 이용한 무선통신으로 촉각패드에 명령을 전송한다. 촉각패드에서는 명령을 수신한다. phantom sensation을 이용한 공간 정보를 표현해주는 방법으로[3],[5],[6] 명령에 맞는 진동을 렌더링 한다. 생성된 진동 패턴으로 실제 진동 모터들을 구동시킨다.

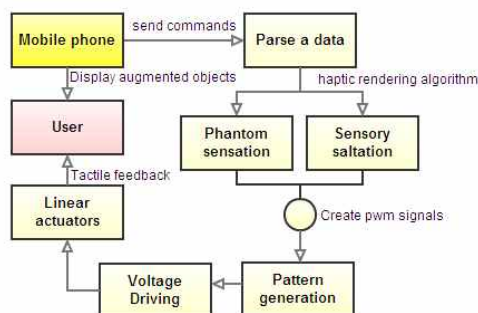


그림 3. System flow

움직임을 진동-촉각 정보로 표현해 주는데 가장 중요한 것은 진동 세기 정보이다. 진동의 세기는 진동모터를 제어함에 있어, Micro controller에서 발생하는 PWM(pulse width modulation)신호에 의해서 결정된다[4]. 이전의 진동-촉각 패드 연구[1]에서는 일정한 진동 세기로 방향 패턴을 생성하였다. 본 시스템에서는 가상 모델의 움직임에 따른 방향 정보를 진동-촉각 세기 정보로 표현한다. 그림4은 대표적인 진동-촉각 패드의 방향이다. 상, 하, 좌, 우, 좌상, 우상, 좌하, 우하, 시계방향회전, 반시계방향 회전 총 10 방향으로 가상 모델의 움직임을 진동 패턴으로 표현하였다.

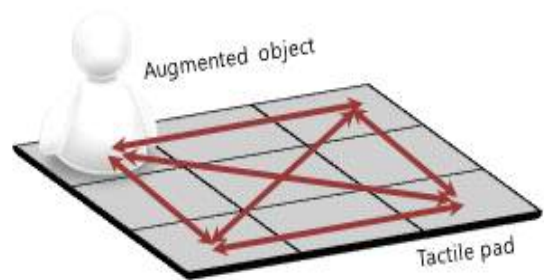


그림 4. 진동-촉각패드의 대표적인 방향성

## 3. 실험 및 결과

진동-촉각 패드의 효율성을 입증하기 위하여, 사용자 만족도 테스트를 진행하였다. 실험은 사용자가 제안한 시스템을 사용해본 후, 진동-촉각 패드와 증강된 객체의 움직임을 느낄 수 있는지 여부와 햅틱 알고리즘이 적용되지 않은 일반진동과 햅틱 알고리즘이 적용되어 방향성을 표현해준 진동효과에 대해서 만족도를 총 0에서 6점까지 점수를 적어 측정하였다. 0점은 매우 불만족이며, 6점은 매우 만족함을 나타낸다. 총 10명의 실험자를 대상으로 진행된 실험 결과는 그림5와 같다. 실험자 10명 모두 햅틱 알고리즘을 적용한 진동-촉각 패드가 만족스럽다고 대답하였다.

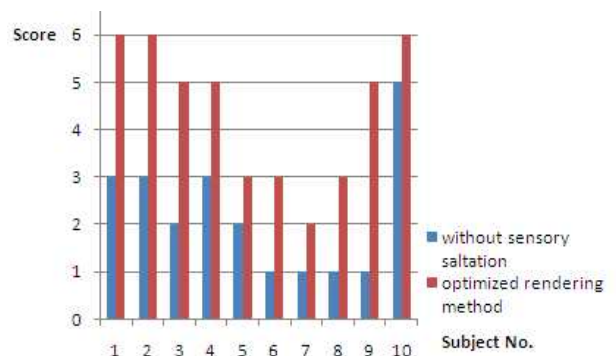


그림 5. 만족도 점수 결과 그래프

더 의미 있는 결과를 얻기 위해서, 가장 높은 변화율을 가진 실험자9와 가장 낮은 변화율을 가진 실험자10을 제외한 8명의 실험자들의 만족도 결과를 평균을 구하여, 진동-촉각 패드를 이용한 모바일 증강현실의

만족도를 측정 한 결과는 그림 6과 같다. 평균 약 123% 정도의 만족도 향상율이 나타났다. 이 실험을 통하여, 햅틱 알고리즘이 적용된 진동-촉각패드를 이용한 모바일 증강현실 시스템이 기존보다 더 실제감이 있다는 것을 증명 하였다.



그림 6. 실험자 평균 만족도 결과

#### 4. 결론

본 논문은 비주얼 마커를 추적하여 사용자의 시점에 맞게 가상의 모델을 증강하고, 증강된 가상의 모델의 움직임에 맞춰 촉각 신호를 진동-촉각 패드를 통해 사용자의 손에 전달함으로써 보다 실제감 있는 증강현실을 제공하는 시스템을 제안하였고, 진동-촉각 패드를 이용한 사용자 평가 실험을 통하여, 제안된 시스템이 기존의 모바일 증강현실을 보다 실제감이 있다는 것을 검증하였다.

연구에서 제시한 진동-촉각 패드를 이용한 상호작용형 모바일 증강현실 시스템은 두 가지 장점이 있다. 하나는 진동-촉각 패드 이외의 추가적인 장치 구성 없이 촉감을 피드백 받을 수 있다. 기존의 모바일 증강현실 시스템에서, 비주얼 마커아래에 진동-촉각 패드만 결합한 형태이다. 다른 하나는 모바일 폰을 이용하기 때문에, 터치만으로 모든 인터페이스를 제어할 수 있고, 공간의 제약을 받지 않는다. 이 시스템은 교육 콘텐츠, 게임, 네비게이션 등에 유용할 것이며, 사용자가 보다 실제감있는 증강현실을 제공받을 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2009년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었음(3차년도).

#### 참고 문헌

- [1] G.H Yang, M.S Jin, Y.S Jin, S.C Kang, "T-Mobile: Vibrotactile Display Pad with Spatial and Directional Information for Hand-held Device" 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems
- [2] S.Y. Kim, K.Y. Kim, B.S. So, K. Yang, "Vibrotactile Rendering for Simulating Virtual Environment in a Mobile Game", IEEE transaction on consumer electronics, Vol 52, No 4, 2006, pp. 1340-1347
- [3] Lara Rahal, Julius Kammerl, Jongeun Cha, Eckehard Steinbach,

and Abdulmotaleb El Saddik, "Investigating the Influence of Temporal Intensity Changes on Apparent Movement Phenomenon," IEEE International Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems(VECIMS), pp.310-313, Hong Kong, China, May 11-13, 2009

- [4] Dongseok Ryu, Gi-Hun Yang, and Sungchul Kang. T-Hive: Vibrotactile Interface Presenting Spatial Information on Handle Surface. IEEE 2009 International Conference on Robotics and Automation. Kobe, Japan, pp 683-688, May 12-17, 2009
- [5] Roger W. Cholewiak, Amy A. Collins, and J. Christopher Brill. Spatial Factors in Vibrotactile Pattern Perception. , Proceedings of Eurohaptics 2001 Conference, July 1-4, 2001
- [6] David S. Alles. Information Transmission by Phantom sensation. IEEE Transaction on Man-Machine Systems, Vol. MMS-11, No.1, March 1970
- [7] H.Z. Tan, R.Gray. J. Jay Young, and R. Traylor, A Haptic Back Display for Attentional and Directional Cueing, Haptics-e., Vol.3. No.1, 11-June-2003
- [8] J. Vallino and C. Brown, "Haptics in Augmented Reality", IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp.195~200, 1999.