

VBand: 햅틱 피드백과 악기 메타포가 가미된 가상 현실 기반 밴드 합주 시스템의 구현

VBand: Implementation of Collaborative VR Band System with Haptic Feedback

고인석

Inseok Koh

포항공과대학교

POSTECH

inseok@postech.ac.kr

조성원

Sungwon Cho

포항공과대학교

POSTECH

kardy04@postech.ac.kr

박채용

Cheyong Park

포항공과대학교

POSTECH

pcy8201@postech.ac.kr

최승문

Seungmoon Choi

포항공과대학교

POSTECH

choism@postech.ac.kr

요약문

VBand는 서로 다른 공간에 있는 사용자들이 공간의 제약에서 벗어나 하나의 가상공간으로 접속하여 밴드 연주를 수행할 수 있는 가상 합주 시스템이다. 실제 악기와 메타포된 악기(피아노, 기타, 드럼 스틱)를 구현하였고, 악기의 위치를 가상공간에서 확인할 수 있다. 또한 Leap Motion 을 통해 가상 악기와 상호작용하는 사용자의 손을 확인 하여 실제와 유사한 연주 환경을 제공하고, 모션 컨트롤러와 악기 모형에 부착된 별도의 액추에이터(Actuator)를 통해 생동감 있는 연주 효과를 제공한다. 사용자 평가 실험을 통해 가상 악기 및 합주 시스템의 효율성 및 효과를 평가하였다.

주제어

가상현실 협업 시스템(Collaborative VR), 햅틱스(Haptics), 가상 악기 (Virtual Instruments)

1. 서론

1.1 VR 협업 시스템

Oculus, VIVE 등의 VR 기기가 대중화 됨에 따라 다수의 사용자가 하나의 가상공간에서 서로 상호작용을 수행하는 VR 협업 시스템에 대한 관심도 높아지고 있다. VR 협업 시스템은 90 년대에 개발된 DIVE [1]를 시작으로, 원격 연구 및 강의 [2], 선박 엔지니어링 [3], 블록 쌓기 [4] 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며 최근에는 1 인칭 슈팅게임에서도 응용되어 널리 사용되고 있다 [5].

VR 협업 시스템은 실제와 유사한 환경을 시뮬레이션하여 시간과 공간에 대한 제약을 받지 않는다는 장점을 갖고, 이를 통해 업무 효율을 높일 수 있다는 장점을 갖는다 [6]. 밴드 연주의 경우 연주자들이 방음이 되는 한 공간에 모여야 하고, 합주를 위한 모든 악기가 한 공간에 있어야 하는 불편함이 있다. 이에 본 연구에서는 VR 협업 시스템을 밴드 합주에 적용하여 실제 합주의 불편함을 해소하고자 한다. 또한 고도의 섬세함을 요구하는 작업일수록 다양한 피드백을 제공하는 것이 사용자 경험을 높인다는 연구 [7]를 참조하여 사용자에게 시각 및 청각 피드백 뿐만 아니라 햅틱 인터페이스를 통한 촉각 피드백도 제공하고자 한다.

1.2 가상 악기

VR 환경에서의 악기 연주 방식에 대한 연구는 Cave-like virtual room 에서 Motion tracker 와 Data glove 를 이용한 사용자의 제스처 및 모션 인식 기반 가상 악기 연주 [8], 초음파 사상 방식을 활용해

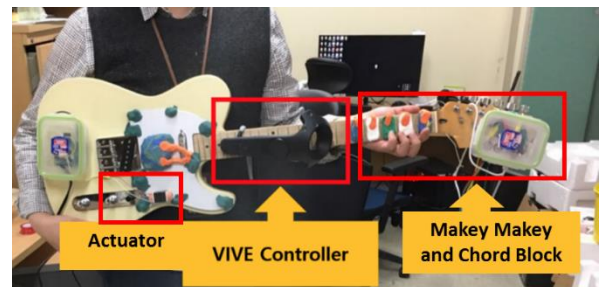


그림 1 전도성 점토로 제작된 코드 블록(Chord Block)이 부착된 기타 모형

사용자의 손가락 힘을 측정하여 풍금을 연주하는 연구 [9] 등 다양한 방식으로 수행되고 있다. 특히, 가상 드럼에 관한 연구는 활발하게 진행됨을 확인할 수 있었는데, 대표적 연구로 Kinect 를 이용한 사용자의 제스처 및 움직임을 분석한 드럼 연주 방식 [12-14]에 관한 연구, 드럼 스틱에 자이로 센서 및 가속도 센서를 부착한 연주 방식 [15,16] 등에 대한 연구가 있었다. 효과적으로 가상 악기를 표현하는 방법에 대한 연구는 음을 사실적으로 표현하기 위한 방법에 관한 연구 [10], 가상환경에서 건반이 눌렸음을 시각화 했을 때 높은 사용자 경험을 제공한다는 연구 등을 찾을 수 있었다 [11]. 가상 환경 속에서의 악기 연주는 Rock band VR [17], Virtual Piano for Beginner [18] 등과 같은 상용화된 어플리케이션 또한 일부 존재한다. 하지만 단일 악기만 연주할 수 있다는 한계점과 합주를 할 수 없다는 한계점을 갖는다. 본 연구는 단일 악기가 아닌 다수의 사용자가 피아노, 기타, 드럼을 동시에 연주할 수 있다는 점에서 기존 연구와 차별성을 갖고, Makey Makey [19]를 통해 악기 모형을 컴퓨터와 연결하여 메타포된 악기 모델을 사용하기 때문에 제스처 기반 장치에 비해 높은 직관성과 인식률을 제공한다는 장점을 갖는다. 뿐만 아니라 [10, 11]과 같은 기존 연구를 참조하여 사용자 경험을 고려한 연구라는 점에서 의의를 갖는다.

2. 시스템 디자인

2.1 하드웨어

VBand 를 구현하기 위해 HTC 사의 VIVE 를 사용하였다. VIVE 의 경우 사용자가 가상 환경 내에서 가상 물체와 상호 작용할 수 있는 모션 컨트롤러를 제공한다. 모션 컨트롤러 내의 센서를 통해 모션 컨트롤러의 위치, 방향 등의 정보를 전달받을 수 있고, 내장된 액추에이터를 통해 햅틱 피드백을 제공할 수 있다. 가상 기타 모델과 피아노 모델에서 연주 인터랙션을 햅틱 피드백을 통해 제공하기 위해 BM3C

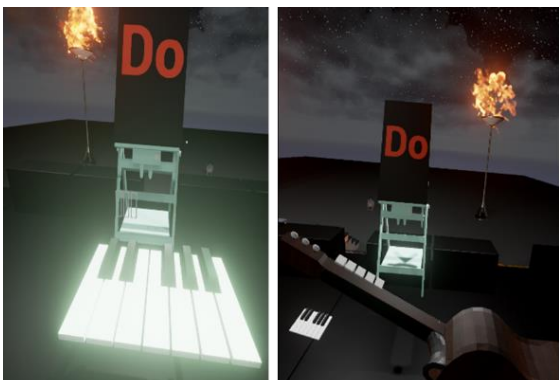


그림 2 가상환경 속에 시각화된 기타 및 코드 블록과 가상환경 속에 시각화 된 피아노 모델



그림 3 은박지와 전도성 점토로 제작한 피아노 모델

Haptuator 를 각 악기 모델에 부착하여 피드백을 제공하였고, 드럼 연주 인터랙션을 위해 팔찌 형태의 햅틱장치를 별도로 제작하였다. 또 Makey Makey 를 사용하여 연주에 대한 입력을 수행하도록 하였다.

2.2 가상 기타

누구나 기타 연주를 수행할 수 있게 하기 위해 기타연주 방식을 다음과 같이 변경 하였다. 여러 개의 기타 줄을 동시에 누르는 기존의 연주 방식에서 벗어나 [20]의 연구를 참조하여 [그림 1]과 같이 기타의 줄을 전도성 점토로 만든 코드 (Chord) 블록으로 대체해 기타 연주를 단순화 하였다. 각 코드 블록은 특정 기타 코드를 나타내고 코드 블록을 조합해 누르는 것만으로 간단하게 다양한 코드를 연주할 수 있다. 사용자는 이러한 코드 블록의 위치를 [그림 2]와 같이 가상 환경 속에서도 확인할 수 있으며, 코드 블록을 누를 때 기타 모델에 부착된 별도의 액추에이터를 통한 햅틱 진동 피드백과 가상 환경 속 기타 모델의 코드 블록의 색 변화를 통해 코드 블록의 누름을 인지 할 수 있다. 각 코드 블록은 Makey Makey 를 통해 컴퓨터와 연결되어 프로그램의 입력으로 사용되었다. 또한 기타모델에 모션 컨트롤러를 부착하여 기타의 위치와 방향을 감지하도록 하였다.

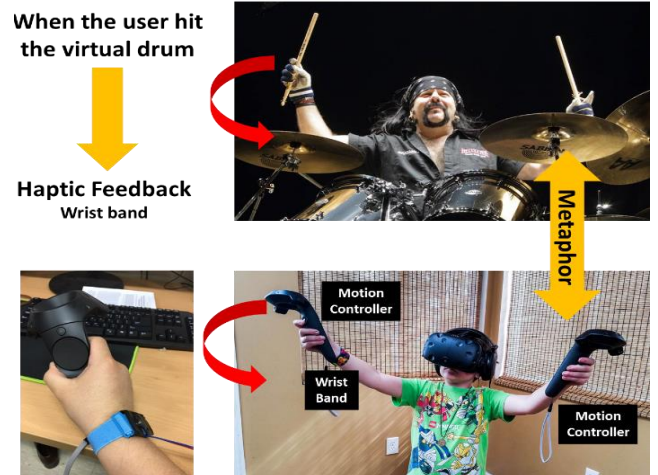


그림 4 실제 드럼과 메타포한 드럼 모델과 햅틱 팔찌

표 1. 가상 악기 및 실제 악기의 효율 평가

	Input Complexity	Output Complexity	Performer Freedom	Efficiency
Real Guitar	2.40	3.00	2.73	3.42
Virtual Guitar	1.43	3.80	3.07	8.13
Real Piano	1.27	3.47	4.20	11.50
Virtual Piano	2.00	4.18	4.12	8.60

2.3 가상 드럼

드럼 모델을 만들기 위해 [그림 4]와 같이 드럼 스틱을 모션 컨트롤러에 메타포하였다. 사용자가 잡고 있는 모션 컨트롤러는 가상 환경 속에서 드럼 스틱으로 보이고, 실제 드럼 연주와 유사하게 사용자가 모션 컨트롤러를 휘둘러 가상 드럼을 연주할 수 있도록 하였다. 발을 사용하여 연주하는 부분은 전도성 점토로 만든 페달을 Makey Makey 를 통해 컴퓨터와 연결해 구현하였다. 별도의 햅틱 팔찌 [그림 4]와 모션 컨트롤러의 내장 액추에이터를 통해 가상 드럼 연주 시 촉각적 효과를 렌더링 하였다.

3. 사용자 평가 실험

3.1 실험 방법

사용자 평가 실험을 통해 각 가상 악기의 효율성을 평가하고, 다수의 사용자가 VBand에 접속하여 곡을 합주하며 느낀 전반적인 만족도를 조사하였다. 총 15명의 피실험자가 실험에 참여하였다(남자 13명, 여자 2명, 평균 24.3세)

3.1.1 효율 (Efficiency)

가상 악기의 효율은 [8], [21] 에서 악기의 연주 난이도와 악기가 낼 수 있는 품질을 고려하여 악기를 평가하기 위해 사용한 방법이다. 악기의 효율은 입력 복잡도 (Input Complexity), 출력 복잡도 (Output Complexity), 연주자의 자유도 (Performer Freedom) 을 통해 계산한다. 각 항목은 사용자가 가상 기타와 가상 피아노를 자유롭게 연주하도록 한 후, 5 단계 Likert scale 설문을 통해 각 항목을 수치화 하였다. 실제 악기의 효율은 사용자의 경험을 기반으로 설문에 응답하도록 하였다.

3.1.2 VBand 시스템 만족도 평가

두 사용자가 동시에 다른 가상 악기를 사용해 특정한 곡을 합주하도록 하였다. 그 후 사용자에게 [표 2]의 설문을 통해 전반적인 만족도와 진동 피드백에 대해 평가하였다. 설문에는 5 단계 Likert Scale 이

사용되었다.

표 2. 만족도 조사 설문 및 결과 (5 단계 Likert Scale)

Question	MEAN (STD)
가상 악기를 연주할 때 받은 진동의 세기가 적절하였는가?	3.80 (0.68)
진동 피드백이 주어졌을 때 진동의 느낌이 좋았는가?	4.27 (0.59)
진동 피드백이 버튼을 눌렀다는 것을 인지하는데 도움이 되었는가?	4.60 (0.63)
가상 공간에서 합주 하는게 가상공간에서 혼자 연주하는 것보다 즐거웠는가?	4.35 (0.79)
가상 공간에서 합주 하는게 가상공간에서 혼자 연주하는 것 보다 몰입도가 높았는가?	3.88 (0.86)

3.2 실험 결과

효율을 계산한 결과는 [표 1]에서 확인할 수 있다. 피아노의 경우 가상 피아노는 8.60, 실제 피아노는 11.50 로 실제 피아노의 효율이 더 높았고, 기타의 경우 가상 기타는 8.13, 실제 기타는 3.42 로 가상 기타의 효율이 더 높았다. 만족도 조사의 항목과 결과는 [표 2]에서 확인할 수 있다.

4. 토론

가상 기타의 Input Complexity 와 실제 기타의 Input Complexity 를 비교 했을 때, 가상 기타의 Input Complexity 가 더 작은 것을 확인할 수 있다. 이는 우리가 가상 기타의 연주를 단순화한 결과로 볼 수 있다. 실제 기타의 경우 가상 기타보다 더 넓은 범위의 연주가 가능하므로 실제 기타의 Output complexity 가 더 높을 것으로 예상했으나 실제 응답에서는 가상 기타의 Output Complexity 가 더 높은 것을 확인했다. 이는 이번 실험에서는 복잡한 연주를 진행하지 않았고, 실험에 참여한 대부분의 사용자가 기타 연주에 대한 경험이 적어 실제 기타에서 연주할 수 있었던 연주의 범위가 좁았기 때문에 상대적으로 가상 기타의 Output Complexity 가 높게 나온 것으로 추정된다. 가상 피아노의 경우 실제 피아노보다 Input Complexity 가 높음을 확인하였다. 이는 가상 피아노의 경우 사용자의 손이 보이지 않아 건반의 위치를 찾는 어려움이 있기 때문으로 추정된다. 이에 Leap motion 을 사용하여 가상 환경 속에서도 사용자의 손 위치를 볼 수 있도록 가상 피아노 구현을 보완하였다. 또한 VBand 시스템의 만족도 조사에서 사용자들은 햅틱 피드백에 대해 긍정적인 반응을 보였다. 햅틱 피드백은 사용자가 가상 악기를 연주했음을 인지하는데 도움이 되었으며, 사용자에게 불쾌하게 느껴지지 않은 것으로 생각된다.

5. 결론

이번 연구에서 우리는 메타포와 햅틱 피드백을 사용해 가상 악기를 구현하고, 다수의 사용자가 가상 공유 공간 속에서 합주를 수행 할 수 있도록 하였다. 메타포를 통해 악기 연주를 단순화시켰으며, 사용자에게 악기를 눌렀을때 햅틱 피드백을 제공하여 가상 환경에서 악기를 연주하는 느낌을 제공하였다. 시스템 검증을 위해 사용자 평가 실험을 수행하였고, 가상 기타의 효율이 실제 기타의 효율보다 높음을 확인하였다. 뿐만 아니라 가상 악기의 연주 시 제공된 햅틱 피드백은 사용자가 가상 악기를 연주할 때 입력에 대한 확신을 줄 수 있었음을 확인했다. 본 연구를 통해 밴드 연주의 진입장벽을 낮출 수 있을 것이라 기대된다.

사사의 글

이 논문은 2016 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-과학기술인문사회융합연구사업과 (No. NRF-2016M3C1B6929724) 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT 명품인재양성사업의 지원으로 수행되었다 (IITP-R0346-16-1007).

참고 문헌

1. C. Carlsson et al., "DIVE A multi-user virtual reality system," in Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annu. Int. Symp., 1993
2. H. Hoyer et al., "A multiuser virtual-reality environment for a tele-operated laboratory," in IEEE Transactions on education, 2004
3. I. H. F. Santos et al., "A collaborative VR visualization environment for offshore engineering projects," in Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry, 2011.
4. R. S. Sodhi et al., "BeThere: 3D mobile collaboration with spatial input," in Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2013.
5. Colony Avengers, <http://fakeeyes.dothome.co.kr/english/colonyave>
6. J. Simard et al., "Closely coupled collaboration for search tasks" in Proceedings of the 17th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, 2010.
7. A. S. Garcia et al., "A study of multimodal feedback to support collaborative manipulation tasks in virtual worlds" in Proceedings of the 16th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, 2009.
8. Ma * ki-Patola et al., "Experiments with virtual reality instruments," in Proceedings of the conference on New interfaces for musical expression, National University of Singapore, 2005.
9. C. Castellini et al., "A virtual piano-playing environment for rehabilitation based upon ultrasound imaging," in Proceedings of the International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, 2014.
10. Gillespie, Brent. "The virtual piano action: Design and implementation." Proceedings of the international Computer Music Conference. INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC ACCOCIATION, 1994.
11. Broersen, Alexander, and Anton Nijholt. "Developing a virtual piano playing environment." IEEE International conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2002). 2002.
12. K. Okada et al., "Virtual Drum: Ubiquitous and playful drum playing," in Proceedings of the conference on Consumer Electronics, 2014.
13. A. Rosa-Pujazon et al., "Fast-gesture recognition and classification using Kinect: an application for a virtual reality drumkit," in Multimedia Tools and Applications, 2016.
14. Aerodrums, <http://aerodrums.com/aerodrums-product-page/>
15. H. Kanke et al., "Airstic drum: a drumstick for integration of real and virtual drums," in Advances in Computer Entertainment, 2012.
16. Freedrum, <https://www.freedrum.rocks/>
17. Rock band VR, <http://www.rockbandvr.com/>
18. Leap motion Virtual Piano for Beginners, <https://apps.leapmotion.com/apps/virtual-piano-for-beginners/windows>
19. Beginner's Mind Collective and David Shaw, "Makey Makey: Improvising Tangible and Nature- Based User Interfaces" in ACM, 2012.
20. Miller, Kiri. "Schizophonic performance: Guitar hero, rock band, and virtual virtuosity." Journal of the Society for American Music 3.04 (2009): 395

21. Jorda, S. Digital Instruments and Players: Part I
- Efficiency and Apprenticeship. Proceedings of
the Conference on New Interfaces for Musical
Expression (NIME04), Hamamatsu, Japan,
2004.