

유비 플로어를 이용한 음악 연주기¹

이승현, 우운택
광주과학기술원 정보통신학과 UVR 연구실
{slee, wwoo}@kjist.ac.kr

Music Player with the ubiFloor

Seunghun Lee, Woontack Woo
DIC UVR lab, KJIST

요약

음향, 영상 등의 미디어 정보를 결합하여 보다 직관적이고 자연스러운 인터페이스를 사용자에게 제공하는 TUI(Tangible User Interface)를 음악 연주 시스템에 적용하기 위해 유비 플로어를 이용한 음악 연주기를 제안한다. 제안된 유비 플로어는 다수의 ON/OFF 센서들로 구성되어 있으며 사용자 발의 위치를 추적한다. 사용자의 위치나 발걸음의 패턴에 따라 BG, FG 음악을 연주하고 해당하는 CG 개체를 제어할 수 있다. 영상과 결합한 다양한 음악 연주 모드를 통하여 음악을 쉽고 재미있게 연주 할 수 있게 하여 몰입감을 증대하였다. 이러한 TUI 기반의 시스템은 게임, 오락, 교육, 그리고 훈련과 같은 다양한 응용 분야로 확장될 수 있다.

Keyword : ubifloor, music player, dancing system, user tracking

1. 서론

과거 수년동안 사용자 발의 움직임을 감지하여 음향으로 나타내는 댄싱 시스템들이 다양한 형태로 개발되었다. UT에서 개발된 댄스 플로어는 발걸음의 위치와 속도를 측정하여 이러한 정보들을 미디어음악을 연주하는 제어요소로 삼는다[1]. 매직 카페트는 도플러 레이다와 피에조 일렉트릭 선을 통해 사용자의 움직임을 감지하여 음악을 연주한다[2]. 익스프레스브 풋웨어는 신발 속에 센서들을 내장하고, 이들 센서로부터 사용자 발의 움직임을 측정하여 음악연주를 제어한다[3]. 이 시스템들의 피드백은 음향에만 초점이 맞추어져 있기 때문에 사용자에게 몰입감을 제공하기 힘들다. 또한 사용자가 이러한 시스템을 사용하여 음악을

연주할 때 편안함을 느끼지 못한다. 이는 사용자가 음악을 제어하기에 쉽지 않으며 사용자가 어떤 입력을 주고 있는지 직접적으로 느끼지 못하기 때문이다.

최근에 주목되어진 TUI (Tangible User Interface)는 새로운 형태의 상호작용을 컴퓨터에 익숙치 않은 사용자에게 제공한다[4]. 마우스나 키보드를 이용하는 GUI와 비교할 때 사용자는 컨트롤 장치의 사용법을 익힐 필요가 없이 현실세계의 물체를 통하여 직접 컴퓨터와 상호작용 할 수 있도록 해 준다. 즉 사용자는 현실세계에서의 일상적인 행동을 통하여 컴퓨터에게 명령을 내릴 수 있다. 그리고 이러한 직관적이고, 자연스러운 인터페이스인 TUI는 영상과 음향을 통합하여 사용자와 컴퓨터의

¹ 본 연구는 정보통신연구진흥원(IITA)의 대학기초연구 지원사업과 교육부의 BK21 사업의 지원에 의해 수행된

상호작용을 쉽게 해준다.

이렇게 사용자에게 좀더 친숙한 인터페이스를 제공하는 TUI를 적용하기 위해 본 논문에서는 사용자 발걸음 움직임 정보를 얻어내기 위해 고안된 유비 플로어를 이용하여 음향 요소 뿐만 아니라 시각요소를 첨가한 음악 연주기를 제안한다. 제안된 유비 플로어는 다수의 ON/OFF 센서들로 구성되어 있으며 사용자 발의 위치를 추적한다. 이러한 사용자의 움직임을 통하여 CG 개체와 BG, FG 음악을 제어하게 해준다. 사용자의 위치에 따라 CG 개체의 형태가 달라진다. 사용자가 초보 모드를 선택했을 때에는 사용자 발걸음의 패턴에 따라 알맞은 속도에 해당하는, 녹음된 음악이 선택되어 연주된다. 고급 모드에서는 사용자 발걸음의 위치와 누르는 시간에 따라 BG, FG음악이 연주되며 약기도 변경할 수 있다.

제안된 시스템은 시스템 구조가 간단하여 유비 플로어의 형태를 다양하게 재구성할 수 있으며 확장이 쉽다. 그리고 다양한 음악 연주 모드를 통하여 음악을 쉽고 재미있게 연주 할 수 있게 해주며, 영상을 통하여 사용자의 위치를 보여줌으로써 몰입감을 증대하였다. 이러한 TUI 기반의 시스템은 게임, 오락, 교육, 그리고 훈련과 같은 다양한 응용 분야로 확장될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 음악 연주 시스템의 구성과 신호 처리, 3장은 실험, 4장은 결론 및 추후연구를 설명한다.

2. 시스템 구성

2.1 음악 연주기 입력 센서

본 논문에서는 14cm * 2.5cm의 크기인 간단한 ON/OFF 센서를 사용하여 사용자 발의 위치 정보를 측정하였다. 센서의 외형은 그림1과 같으며 그림2는 간략한 회로도를 보여준다.

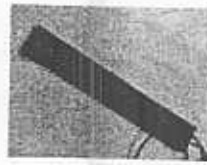


그림1. ON/OFF 센서

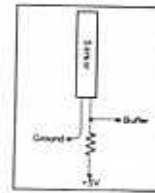


그림2. 회로도

사용자에게 충분한 활동 영역을 제공하기 위해 가로 3m, 세로 1m의 영역을 센서 부착 영역으로 설정하였으며 제한된 영역 안에서 사용자 발걸음 정보를 효율적으로 얻기 위해서 그림3과 같은 형태로 하나의 셀(30cm * 30cm) 당 4개의 ON/OFF 센서들이 배치되었다.

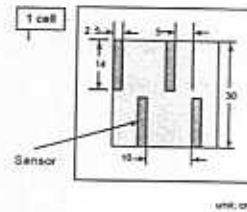


그림3. 1개 셀 내에서의 ON/OFF센서 배치도 (30m x 30m)

3m * 1m 영역은 그림4에서와 같이 가로 12개, 세로 3개의 셀로 구분되어졌으며 그림5와 같이 두개의 인접한 셀은 프로세서의 기본 신호 입력 단위가 된다.

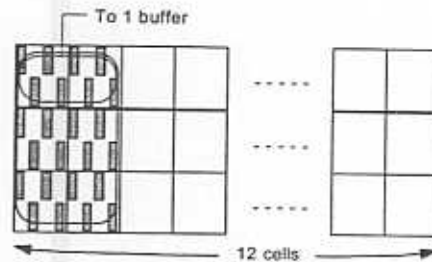


그림4. 사용자 활동 영역의 분할

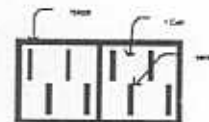


그림5. 데이터 처리 기본 단위

실제 구현된 시스템은 그림6와 같다. ON/OFF 센서로부터 출력된 신호는 그림7에 보여진 것처럼 6개의 셀이 하나의 50핀 케이블에 묶여 80C196KC 마이크로 프로세서가 포함된 DAQ 보드에 연결된다.



그림6. 구현된 시스템



그림7. DAQ 보드

DAQ 보드의 구성은 그림8과 같다. 왼쪽 상단에는 50핀 케이블 6개의 슬롯이 위치해 있으며 슬롯 사이에는 기본 데이터 처리 단위인 8비트를 저장하기 위한 버퍼가 3개씩 위치해 있다. 모든 버퍼는 80C196KC 마이크로 프로세서로 데이터를 전달하기 위해 공통 버스를 사용한다. 기본적인 데이터를 전송하는 속도는 19.6kbps이며, 초당 최대 120번 모든 버퍼들로부터 데이터를 입력 받을 수 있다.

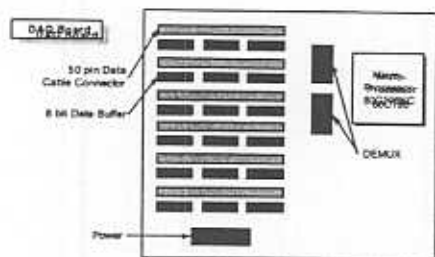


그림8. DAQ 보드 구성도

제안된 시스템에는 모두 144개의 ON/OFF 센서가 사용되었고, 이 센서들이 한번에 마이크로 프로세서의 입력으로 연결될 수 없으므로 8개의 센서, 즉 2개의 셀이 마이크로 프로세서가 한번에 읽을 수 있는 기본 단위로 구성되며 해당하는 8비트 버퍼에 연결된다. 144개의 ON/OFF 센서들을 읽기 위해 polling 방식을 사용하였다. 즉 마이크로 프로세서는 순차적으로 센서로부터 입력된 값을 저장하고 있는 버퍼에 Enable 신호를 제공하여 해당 버퍼의 값을 차례로 읽고 이때 입력된 신호가 유효한 값이면 RS232C를 통해 PC로 전송을 한다. 그림9는 이러한 시스템 구조를 나타낸다.

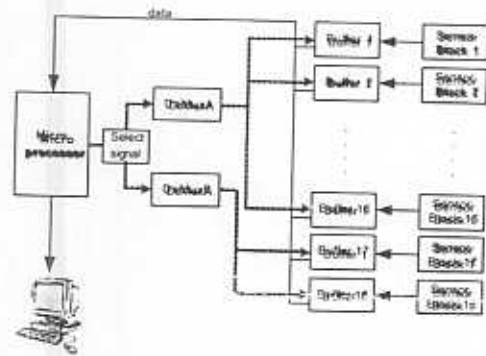


그림9. 시스템 전체 구조

2.2 음악 연주기 신호처리

마이크로 프로세서로부터 전송된 데이터는 그림10과 같은 구조를 이루고 있으며 사용자가 현재 누르고 있는 센서의 위치정보를 나타낸다.

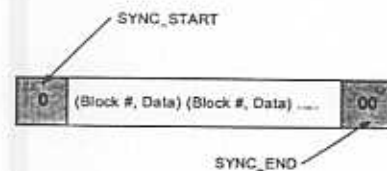


그림10. 전송 자료 구조

전송되어진 원시 데이터로부터 사용자 발의 정확한 위치를 알아내기 위해 예측 가능한 사용자 발걸음의 유형을 만들어 비교하였다. 항상 사용자의 한 발만이 지면에 닿아 있는 것이 아니라 양 발이 동시에 닿을 때도 있으며 사용된 센서의 크기가 각각의 발걸음을 구분 할 수 있도록 작지 않기 때문에 전송된 원시 데이터가 그림11(a)와 같은 경우에는 발걸음의 분리가 문제되지 않으나 (b)와 같은 경우 양 발의 위치를 분리해 내는 작업이 필요하다.

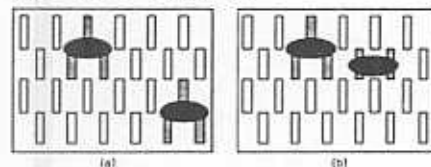


그림11. 발걸음 모양의 예

먼저 그림12과 같이 서로 다른 위치로부터 앞/뒤 발걸음의 시작 값을 찾은 후 그림13과 같이 시작 위치로부터 가능한 발걸음의 유형 20가지를 모두 비교하여 사용자의 앞/뒤

발걸음의 위치를 알아낸다.

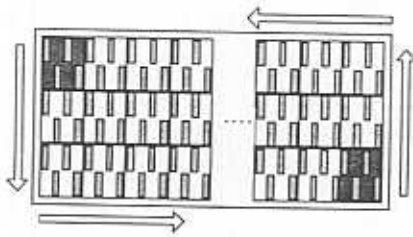


그림 12. 사용자 발걸음 시작 값 찾기

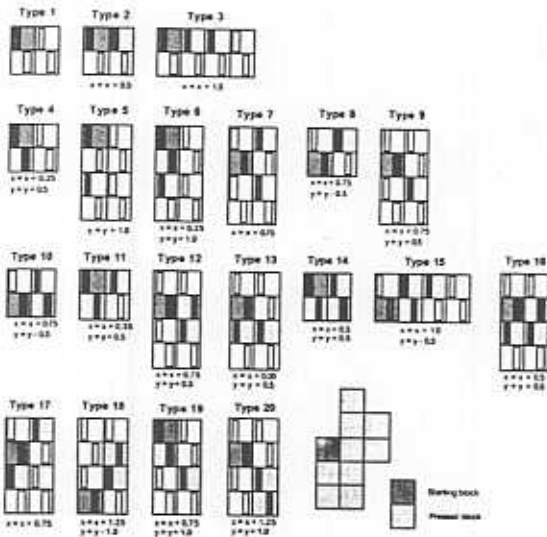


그림 13. 앞 발걸음의 유형 예

사용자 발걸음 위치로부터 사용자의 보폭을 알아내며 이때의 시간차를 측정하여 발걸음 속도 정보를 알아낸다. 1초에 데이터가 120번 전송되기 때문에 전송될 때의 시간을 측정하여 발걸음의 시간 정보로 이용한다. 이 정보들이 음악 연주를 할 때 기본 입력으로 이용된다.

제안된 시스템은 사용자의 단계에 따라 두 가지의 연주방법을 제공한다. 사용자에게 제공하는 제어권의 정도에 따라 초보 모드와 고급 모드로 나뉘어 진다. 초보 모드는 사용자 발걸음의 속도에 따라 연주되는 음악이 결정되며 특정 영역으로 이동하면 연주되는 음악을 멈출 수 있다. 이때 연주되는 음악은 기존에 녹음된 음악이기 때문에 일단 연주되면 사용자가 음악의 빠르기나 높낮이와 같은 세부사항을 변경할 수 없다.

초보 모드에서는 사용자가 발걸음을 댈 때의 시간 차이를 주요 구분 요소로 이용하여 3분류로 나누었으며, 각 경우 해당하는 음악이 선택되어서 연주된다. 일단 음악이 연주되면 변형된 음악 분류기준이 적용되어 사용자의 움직임에 따라 적절한 음악을 연주한다. 이때 사용자 앞에 위치한 스크린에서는 음악의 빠르기에 따라 배경 그림이 선택되어서 보여진다.

고급 모드에서는 사용자의 발걸음에 따라 BG 음악과 FG 음악이 비디 인터페이스를 통하여 연주되며 사용자 앞에 위치한 스크린에서는 각 발걸음을 댈 때마다 위치와 누르는 시간에 대응하는 CG의 움직임이 보여진다. 그리고 따로 악기를 변경할 수 있는 영역을 설정하여 사용자가 원하는 악기를 선택하여 FG 음악으로 연주 할 수 있다. BG 음악은 사용자의 보폭과 발걸음 시간에 의해 결정된다. 그림 14는 기본적인 분류 방법을 보여주며 모두 6 종류의 BG 음악이 선택되어 질 수 있다.

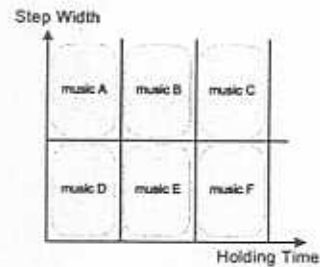


그림 14. BG 음악의 분류

BG 음악 연주 중 전환은 초보 모드에서처럼 변형된 분류 기준이 적용된다. 예를 들어 그림 15 (a)처럼 음악 A 에서 음악 B 로의 전환은 기존에 분류 기준이었던 A 가 적용되는 것이 아니라 변경된 기준 A'이 적용되어 사용자의 보폭이 많이 좁아져야 음악 B 로 전환이 가능해진다. 이것은 발 걸음 시간의 변경에 따른 음악 B 에서 음악 C 로의 전환을 보여주는 그림 15 (b)에서도 같이 적용된다.

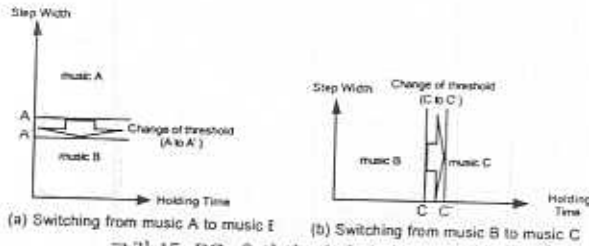


그림 15. BG 음악의 변형된 분류 기준 예

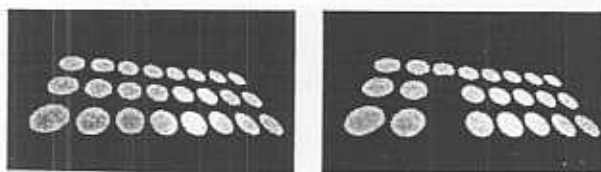
사용자 발걸음의 X, Y 좌표 값은 단음의 악기가 연주되는 FG 음악의 인자로 사용된다. X 좌표는 음의 분음, Y 좌표는 옥타브를 결정한다. 이때 연주되는 악기는 그림 16에서 보여진 것처럼 사용자가 해당 영역으로 이동함으로써 변경할 수 있다. 유비 플레이어 중에서 가장 윗 부분이 악기 변경 영역으로, 가장 아래 부분은 음악을 멈추는 영역으로 할당되었으며, 사용자는 이들을 제외한 나머지 영역을 통해 음악을 연주할 수 있다.

Mode change	Piano	Violin	Guitar	Drum	Special Effect

Stop block

그림 16. 영역별 기능

사용자에게 음향 뿐만 아니라 시각을 통해서 몰입감을 주기 위해서 사용자의 발걸음 X, Y 좌표 값에 따라 CG 개체의 움직임 시작 위치가, 누르고 있는 시간에 따라 움직임의 길이가 결정된다. 이러한 대형 스크린을 통하여 보여지는 CG 개체는 사용자에게 현재의 위치와 그때의 발걸음 시간에 대한 정보를 바로 보여줌으로써 참여도를 높인다. 그림 17은 실린더 형태의 CG 개체를 보여준다. 실린더 모양의 각 CG 개체는 하나의 셀을 나타내며 사용자의 발걸음이 머무를 동안 실린더의 높이가 커지며 발을 떼면 서서히 낮아져서 초기의 모양으로 돌아간다.



(a) 기본 화면 (b) 눌렀을 때 화면

그림 17. 스크린에 보여지는 CG 개체

3. 실험

그림 18은 사용자가 스크린 앞에 설치된 유비 플레이어 위에서 움직이며 스크린에 나타난 CG를 통해 자신의 동작을 확인하고 있는 모습을 보여준다.



그림 18. 제안된 시스템

그림 19는 실험의 일부를 보여주는 것으로 사용자의 발걸음에 따른 비교를 나타낸다.

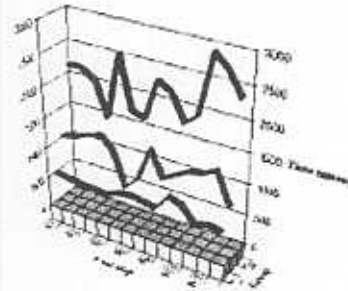


그림 19. 음악 분류 자료

위 자료를 바탕으로 하여 만든 표 2는 초보 모드의 음악 분류 기준을 나타낸다.

표 2 초보 모드 분류표

	stepping time	보폭
빠른 음악	$t < 600$	$d = 15$
중간 음악	$600 < t < 1500$	$d = 24$
느린 음악	$t > 1500$	$d = 30$

(t: millisecond, d: cm)

이때 분류의 기준이 되는 600, 1500msec는 사용자의 주요 발걸음이 머무르는 시간을 측정하였을 때 그림 19에 보여지는 것처럼 이 값들을 기준으로 하여 구분되는 형태를 보이기 때문에 결정되었다. 이렇게 분류된 기준에 의해 3종류의 음악 중 하나가 선택되어져 연주된다. 음악을 연주한 후에 사용자의 발걸음 패턴이 바뀌면 이에 따라 연주되는 음악도 같이 바뀌어야 한다. 표 3은 이때 적용되는 변형된 음악 분류 기준을 나타낸다.

표 3 변형된 음악 분류 기준

	빠른 음악	중간 음악	느린 음악
빠른 음악		$t > 800$	$t > 1700$
중간 음악	$T < 400$		$t > 1700$
느린 음악	$T < 400$	$t < 1400$	

(t: millisecond)

고급 모드에서의 BG 음악 분류는 초보 모드에서의 음악 분류에 사용자 보폭을 추가 정보로 이용하여 더욱 더 다양한 음악을 사용자가 BG로 연주할 수 있게 하였다. 이때 기준은 표2에서 처럼 28cm로 선택하여 넓은 보폭을 구분하였다.

4. 결론 및 추후 연구

음향과 영상을 결합한 오락의 목적으로 본 논문에서는 음악 연주 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 음향 효과 뿐만 아니라 큰 스크린을 통하여 CG 개체를 제어함으로써 사용자의 몰입감을 증대 하였다. 즉, 다수의 압력 센서로 구성되어 자연스럽게, 편안하며 직관적인 TUI를 제공하였다. 그리고 사용자가 어떤 입력을 주고 있는지 실시간으로 직접 느낄 수 있도록 하기 위해 시각 효과도 제어 할 수 있도록 하였다. 현재는 사용자의 발걸음 정보만을 통하여 의미 있는 데이터를 추출하였다. 그러나 발걸음은 춤을 구성하는 일부분이기 때문에, 상체의 움직임을 감지하는 센서를 추가하여 몰입감을 증가 시킬 수 있다.

References

- [1] Pinkston, Kerkhoff, McQuilken, "The U.T. Touch-Sensitive Dance Floor and MIDI Controller"
- [2] Paradiso, Joseph, Craig Abler, Kai-yuh Hsiao, and Matthew Reynolds. "The Magic Carpet: Physical Sensing for Immersive Environments." In *Late-Breaking/Short Demonstrations of CHI'97*, pp.277-278. ACM, USA.

[3] Paradiso, Joseph, and Eric Hu. "Expressive Footwear for Computer-Augmented Dance Performance." In *Proceedings of the 1997 International Symposium on Wearable Computers*. IEEE, Piscataway, NJ, USA.

[4] Ullmer, B., Ishii, H., "The metaDESK: Models and Prototypes for Tangible User Interfaces." *Proceedings of the ACM UIST'97 Symposium on User Interface Software and Technology*, 1997, 223-232