

# TMCS : 감각형 미디어 제어 시스템

오세진, 우운택  
광주과학기술원 U-VR 연구실  
{sejinoh, wwoo}@kjist.ac.kr

## TMCS: Tangible Media Control System

Sejin Oh, Woontack Woo  
KJIST U-VR Lab.

### 요약

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 디지털 미디어 콘텐츠를 직관적으로 제어할 수 있는 감각형 미디어 제어 시스템(Tangible Media Control System)을 제안한다. 제안된 TMCS 는 크게 일상 생활의 오브젝트에 RFID 태그를 내장 시킨 미디어 오브젝트와 트래커를 이용하여 직관적인 인터페이스를 제공함으로써 스마트 홈 환경의 사용자가 손쉽게 디지털 미디어 콘텐츠를 제어 및 조작할 수 있도록 해준다. 또한 통합형 컨텍스트 인식 모형인 ubi-UCAM 을 기반으로 홈 환경 내의 컨텍스트를 이용하여 사용자에게 따라 제공되는 콘텐츠를 차별화 함으로써 사용자에게 개인화 된 서비스를 제공해 준다는 장점을 가진다. 더 나아가 이러한 장점을 이용하여 스마트 홈 환경에 적합한 멀티미디어 재생기, 멀티미디어 기반의 오락 및 교육 프로그램, 그리고 디지털 미디어 콘텐츠 제작기 등 다양한 분야에서 응용할 수 있다.

Keyword : HCI, Tangible User Interface, Context-aware application

### 1. 서론

컴퓨팅 기술의 발전함에 따라 음악, 사진, 동영상 등 다양한 콘텐츠들이 디지털화가 되어 가고 이에 대한 이용도가 급증하고 있다. 하지만 현재 대부분의 사용자들은 키보드나 마우스를 사용하는 GUI(Graphical User Interface)를 이용하여 모니터라는 제한적인 공간 내에서 디지털 미디어 콘텐츠를 접하고 있다. 또한 컴퓨터 사용이 미숙한 사용자의 경우 키보드나 마우스를 이용하여 디지털 미디어 콘텐츠를 감상하는 것이 불편하며 사용하는 방법을 습득하는 것 또한 그리 쉽지 않다.

이러한 문제점을 극복하기 위하여, Ishii 등은 키보드, 마우스, 모니터 등을 이용하여 디지털 정보를 접근하는 방법에서 벗어나 실생활에서 손쉽게 사용할 수 있는 실제 오브젝트를 이용하여 디

지탈 정보를 접근하고 직관적으로 제어할 수 있는 새로운 형태의 인터페이스인 TUI (Tangible User Interface) 의 개념을 구체화한 Tangible Bits[1]을 제안하였다. 즉, 이는 사용자가 빛, 소리, 물의 흐름 등과 같은 일상 생활 속에 존재하는 환경의 모든 요소를 디지털 정보와 직·간접적으로 연결하여 제어 할 수 있는 환경을 제공하는 것이다. 예를 들면, MusicBottle[2]과 genieBottles[3]은 유리병을 이용하여 디지털 음악 및 이야기를 재생할 수 있도록 하며 MusiCocktail[4]은 음료수를 섞듯이 여러 음악을 혼합할 수 있는 인터페이스를, Musical Trinkets[5]는 여러 가지 오브젝트를 사용하여 여러 음악을 동시에 재생하거나 여러 가지 효과음을 삽입할 수 있는 인터페이스를 제공함으로써, 음악을 연주하는 연주자들을 위한 새로운 형태의 상호 작

용과 유희적 요소를 제공한다. 하지만 이러한 애플리케이션들은 음악을 재생하거나 멈추는 등 단순한 제어 기능만을 제공하며 제한된 디지털 정보만이 사용되어 사용자의 기호에 맞는 디지털 정보를 충분히 제공할 수 없다는 단점을 가진다.

하지만 BlockJam[6]은 여러 개의 블록을 조합함으로써 연주자로 하여금 손쉽게 새로운 음악을 만들어 내거나 음악의 재생 속도 등을 변경할 수 있는 인터페이스를 제공함으로써 좀 더 복잡한 제어 기능을 제공한다. 그리고 AudioPad[7]은 puck을 이용하여 악기를 선택하거나 음악의 재생 속도, 볼륨의 크기 등을 제어할 수 있도록 함으로써 연주자의 기호에 맞게 직관적으로 음악을 변경할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 하지만 이들의 경우에도 음악을 연주하는 연주자마다 획일적으로 동일한 서비스를 제공한다는 단점을 가진다.

본 논문에서 제안한 컨텍스트[8] 기반 TMCS(Tangible Media Control System)는 TUI 개념을 RFID 태그 기술[9] 및 트래커를 이용한 트래킹 기술과 결합하여 디지털 미디어 콘텐츠에 대한 다양한 제어 기능을 지원한다. 그리고 통합형 컨텍스트 인식 모형인 ubi-UCAM (a Unified Context-aware Application Model) [10][11]을 이용하여 사용자에 따라 개인화 된 서비스를 제공한다. 이러한 TMCS는 크게 사용자에게 직관적인 인터페이스를 제공하는 감각형 오브젝트와 사용자 및 환경의 컨텍스트를 인식하고 이를 이용하여 개인화 된 서비스를 제공하는 미디어 제어 시스템으로 구성된다.

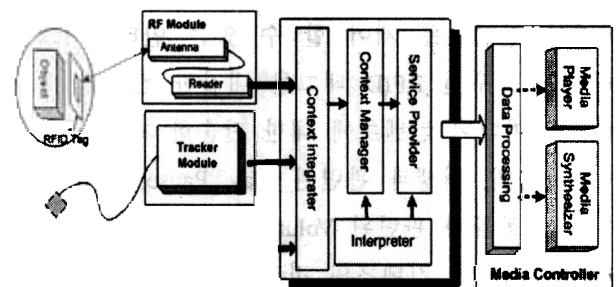
제안된 시스템은, 첫째, 일상 생활의 오브젝트를 이용하여 컴퓨터 사용이 미숙한 사용자도 손쉽게 디지털 미디어 콘텐츠를 제어할 수 있는 직관적인 인터페이스를 제공한다. 둘째, 감각형 오브젝트를 이용하여 디지털 미디어 콘텐츠를 사용자의 기호에 맞게 미디어 콘텐츠를 다양하게 조작 가능하다. 셋째, 컨텍스트를 이용하여 사용자에 따라 제공되는 서비스를 차별화 함으로써 개인화 된 서비스를 제공한다는 장점을 가진다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장과 3장에서는 제안된 TMCS의 구성과 구현 사항에 대해서 설명한다. 그리고 4장에서는 TMCS의 유용성

에 대한 실험 및 실험 결과를 나타내며 5장에서는 구현된 시스템에 대한 결론과 추후의 연구과제에 대해 언급한다.

## 2. 감각형 미디어 제어 시스템

제안된 TMCS는, 그림 1과 같이, 크게 감각형 오브젝트, 컨텍스트 인식기 그리고 미디어 제어기로 구성된다. 감각형 오브젝트는 실생활의 오브젝트에 미디어 콘텐츠에 대한 정보를 가지는 RFID 태그를 내장된 형태의 오브젝트와 사용자의 자연스러운 움직임을 인식할 수 있는 트래커로 구성된다. 그리고 컨텍스트 인식기는 ubi-UCAM을 기반으로 환경 및 사용자에 대한 초별 컨텍스트를 생성하는 유비 센서, 초별 컨텍스트를 통합하고 응용 서비스에 적합한 형태의 최종 컨텍스트를 생성하는 유비 서비스로 구성된다. 또한 미디어 제어기는 최종 컨텍스트를 기반으로 디지털 미디어 콘텐츠를 제어하는 등 사용자에게 실질적인 서비스를 제공한다.



### 2-1. 감각형 오브젝트

감각형 오브젝트는 일상 생활의 오브젝트를 이용하여 가상 공간의 디지털 정보와 연결하고 이를 이용하여 직관적으로 디지털 정보를 제어할 수 있는 감각적인 인터페이스를 제공하는데 크게 미디어 오브젝트와 컨트롤 오브젝트로 나눌 수 있다.

미디어 오브젝트는 CD, 사진, 장난감 등 일상 생활에서 손쉽게 접할 수 있는 오브젝트에 RFID 태그를 내장하는 형태를 취하는데 이는 RFID 태그가 종이와 플라스틱의 중간 형태를 띄기 때문에 얇고 유연성이 뛰어나 쉽게 오브젝트에 내장시킬 수 있는 특징을 가지고 있기 때문이다. 그리고 그

림 2 에서 보는 바와 같이 RFID 태그의 메모리 내에 미디어 오브젝트에 내장된 RFID 태그에 디렉토리 레벨 정보, 미디어 콘텐츠를 저장하고 있는 호스트의 IP, 디렉토리명, 파일명 등 미디어 콘텐츠의 URL 에 해당하는 정보를 포함하고 있다. 그림 2 는 *http://203.237.52.140/Demo/Video/TMCS.avi* 의 URL 을 가지는 디지털 미디어 콘텐츠에 대한 RFID 태그 메모리를 보여준다.

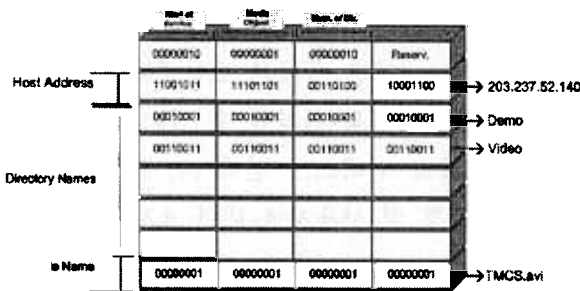


그림 2. 미디어 오브젝트의 RFID 태그

그리고 컨트롤 오브젝트는 미디어 콘텐츠를 제어하기 위한 제어 정보를 가지는 RFID 태그를 내장 시킨 오브젝트와 트래커를 이용하는 형태를 취함으로써 사용자에게 좀 더 자연스러운 형태로 미디어 콘텐츠를 제어 할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 우선 RFID 태그를 내장한 컨트롤 오브젝트는 미디어 콘텐츠에 대한 단순한 제어 기능을 지원하는데, 재생과 관련된 Play, Pause, Stop 등의 기능을, 볼륨과 관련된 VolumeUp, VolumeDown 등, 그리고 미디어 콘텐츠의 저장과 관련된 RecordOn, RecordOff 등의 제어 정보를 가진다. 또한 트래커를 이용한 컨트롤 오브젝트는 복잡한 제어 기능을 지원하는데, 트래커의 움직임에 따라 변화하는 파라미터의 변화 정도를 이용하여 미디어 콘텐츠의 재생 속도 조절, 재생되는 악기 및 음계 변경 등을 지원한다.

### 2-2. 컨텍스트 인식기 (ubi-UCAM)

컨텍스트 인식기는 환경 및 사용자에 대한 변화 정보를 감지하여 초별 컨텍스트를 생성하고 이를 통합 및 변형하여 응용 서비스에서 적합한 형태의 최종 컨텍스트를 생성해 내는데 크게 유비 센서와 유비 서비스로 구성된다.

유비 센서는 ubiHome[12] 환경 내의 사용자

및 감각형 오브젝트에 대한 변화 정보를 감지하고 이를 5W1H (who, what, where, when, how, why) 형태의 초별 컨텍스트를 생성하며 RF 모듈과 트래커 모듈, 그리고 유비키로 구성된다. RF 모듈은 감각형 오브젝트의 RFID 태그 정보를 이용하여 오브젝트에 대한 초별 컨텍스트를 생성하며 트래커 모듈은 트래커의 변형된 파라미터 정보를 이용하여 컨트롤 오브젝트에 대한 초별 컨텍스트를 생성한다. 그리고 유비 키는 USB 메모리 스틱에 저장된 사용자 정보를 이용하여 사용자에게 대한 초별 컨텍스트를 생성한다. 아래 표 1 은 각각 유비 센서들로부터 생성된 초별 컨텍스트를 보여준다.

표 1. 유비 센서에서 생성된 초별 컨텍스트

유비센서	컨텍스트 (5W1H)	컨텍스트 정보
RF 모듈	What Where How	컨텐츠 디렉토리/파일 정보 컨텐츠 서버 주소 제어 상태 정보
트래커 모듈	What How	악기 / 음계 / 재생 속도 제어 상태 정보
유비키	Who When	사용자 정보 입장 / 퇴장 시간

유비 서비스는 유비 센서로부터 전달된 초별 컨텍스트를 효율적으로 통합 및 관리하고 이를 사용자의 의도를 좀 더 반영한 형태의 최종 컨텍스트로 변형한다. 이러한 유비 서비스는 컨텍스트 통합기, 컨텍스트 관리기, 해석기, 그리고 서비스 제공기로 구성된다. 컨텍스트 통합기는 RF 모듈과 트래커 모듈, 그리고 유비 키로부터 전달된 초별 컨텍스트를 통합하고 이를 이용하여 5W1H 가 보다 완전하게 갖춰진 통합 컨텍스트를 생성한다. 해석기는 사용자가 컨텍스트 조건과 그 조건에 따라 실행 되어야 하는 서비스 목록을 정의할 수 있는 인터페이스를 제공하고 컨텍스트 조건을 컨텍스트 관리기에, 컨텍스트 조건과 실행될 서비스 목록에 대한 정보를 서비스 제공기에 전달한다. 그리고 컨텍스트 관리기는 해석기로부터 전달 받은 컨텍스트 조건을 이용하여 최종 컨텍스트를 생성하여 서비스 제공기로 전달하며 서비스 제공기는 이를 이용하여 사용자가 정의한 서비스 목록의 정보에 따라 해당 모듈을 실행시킨다. 그림 3 은

유비 서비스의 각 구성 요소간의 상호 관계를 나타낸다.

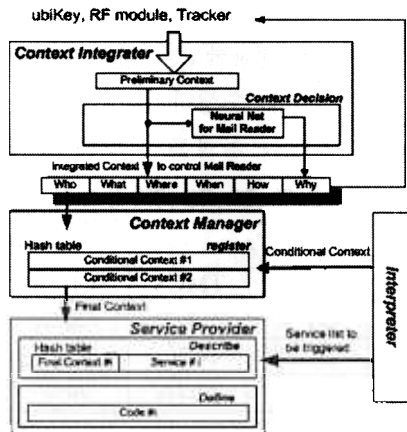


그림 3. 유비 서비스의 구성도

### 2-3. 미디어 제어기

미디어 제어기는 최종 컨텍스트를 이용하여 디지털 미디어 콘텐츠를 제어할 수 있는 기능에서 더 나아가 사용자의 기호에 맞도록 미디어 콘텐츠를 조작할 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 사용자에 따라 제공되는 콘텐츠를 차별화 함으로써 개인화 된 서비스를 제공하는데 크게 데이터 프로세싱 모듈, 미디어 재생 모듈, 그리고 미디어 합성 모듈로 구성된다.

데이터 프로세싱 모듈은 컨텍스트 인식기에서 생성된 최종 컨텍스트를 이용하여 사용자 정보를 추출하거나 미디어 콘텐츠를 제어하기 위한 제어 상태 정보 및 미디어 콘텐츠에 대한 URL 정보를 해석한다. 특히 미디어 콘텐츠의 URL 정보의 경우 최종 컨텍스트를 이용하여 미디어 콘텐츠가 저장되어 있는 원격의 미디어 콘텐츠 서버 주소를 추출하고 해당 서버의 데이터 베이스로부터 디렉토리 및 파일명에 대한 실질적인 정보를 얻어낸다. 그런 후 이를 조합하여 미디어 콘텐츠에 대한 URL 정보를 생성한다.

그리고 미디어 재생 모듈은 해석된 미디어 콘텐츠의 URL 정보 및 제어 상태 정보를 이용하여 해당 미디어 콘텐츠를 재생하거나 제어 기능을 수행한다. 즉, 미디어 스트리밍 기술을 이용하여 원격 서버의 해당 미디어 콘텐츠를 재생하고 해석된 제어 상태 정보에 따라 해당 미디어 콘텐츠의 재

생에 관련된 Play, Pause, Stop 등의 제어 기능을 수행하거나 콘텐츠의 재생 볼륨을 높이거나 낮추는 등의 단순 제어 기능을 수행한다.

미디어 합성 모듈은 사용자가 사용자의 기호에 맞도록 미디어 콘텐츠를 조작할 수 있는 기능을 지원하는데, 여러 개의 음악을 동시에 재생하거나 여러 개의 음악이 재생되는 속도를 빠르게 하거나 늦추는 등 속도를 조절할 수 있다. 또한 여러 개의 악기를 합주하듯이 연주할 수 있는 기능을 제공하며 특정 악기에 대한 음계를 변경하거나 해당 악기를 변경할 수 있는 기능 등을 제공한다. 더 나아가 조작하는 미디어 콘텐츠에 대한 저장 기능을 지원하여 사용자마다 “히스토리 기능”을 제공한다. 즉, 사용자마다 이전에 조작하였던 미디어 콘텐츠를 다시 재생할 수 있는 기능을 제공함으로써 사용자에 따른 개인화 된 서비스를 제공한다.

### 3. 구현

제안된 TMCS 는 그림 4 에서 보는 바와 같이, 스마트 홈 환경인 ubiHome 에 구현 하였으며 ubiHome 내의 사용자가 자연스럽게 사용 가능하도록 RF 모듈과 트래커 모듈은 거실에 있는 테이블 아래 설치하였다.



그림 4. TMCS 구현

감각형 오브젝트는 그림 5 와 같이, CD, 사진, 유아용 장난감 등에 RFID 태그(Texas Instrument의 transponder RI-I01-110A) 를 내장한 미디어 오브젝트, 그리고 각 면에 RFID 태그를 내장하고 있는 육면체 형태와 트래커를 이용한 컨트롤 오브젝트로 구현하였다.

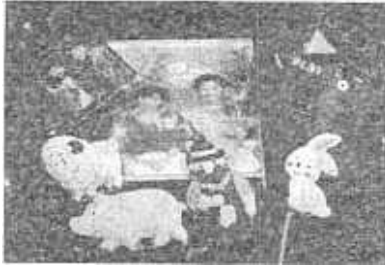
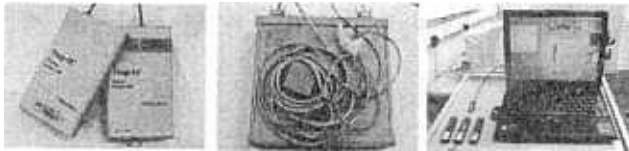


그림 5. 감각형 오브젝트

제안된 TMCS 에서 유비 센서로 사용된 RF 모듈은 그림 6(a)와 같이, Texas Instrument 의 S6000 Reader/Antenna Set R1-K01-320A 을 이용하여 구현하였으며, 트랙터 모듈은 그림 6(b)와 같이, Polhemus 의 ISOTRACK II 을, 그리고 유비 키는 그림 6(c) 와 같이, USB Flash Drive 16MB 을 사용하여 구현하였다.



(a) RF 모듈 (b) 트랙터모듈 (c) 유비키

그림 6. TMCS 의 유비 센서

그리고 미디어 제어기는 JMF(Java Media Framework) 2.1.1 을 이용하여 wav, avi, mpg, qt 등의 다양한 포맷의 디지털 미디어 콘텐츠와 MIDI 를 지원할 수 있도록 구현하였으며 그림 4 에서 보는 바와 같이 거실에 있는 대형 TV 를 통해 사용자에게 해당 미디어 콘텐츠를 제공한다. 또한 미디어 콘텐츠를 관리하는 서버는 Compag ML 370 Server(Pentium III 1G, Dual/IGB DRAM)을 사용하였으며 데이터 베이스로는 MS-SQL 2000 Server 를 사용하여 구현하였다.

#### 4. 실험

제안된 시스템의 유용성을 평가하기 위하여 컴퓨터 사용이 익숙한 50 대로 구성된 실험 집단 (A)와 컴퓨터 사용이 익숙한 20 대로 구성된 실험 집단 (B) 각각 10 명을 대상으로 GUI 기반의 MIDI Synthesizer 프로그램인 SONAR[13]와 TUI 기반의 TMCS 을 비교하였다.

우선 SONAR 와 TMCS 의 정성적 비교를 수

행하기 위하여 실험 대상자들이 각 시스템의 사용 방법을 습득하는데 걸린 학습 시간을 측정하였으며 각 시스템에 대한 제어 방법 및 제공되는 서비스에 대한 만족도를 0%(불만족)에서 100%(만족)를 기준으로 설문 조사를 수행하였다. 표 2 는 이러한 정성적 비교를 수행한 결과를 나타낸 것이다.

표 2. SONAR 와 TMCS 의 정성적 비교

	(A)		(B)	
	SONAR	TMCS	SONAR	TMCS
학습시간	801 초	369 초	100 초	26.5 초
제어방법	29.5%	84.5%	68.5%	74.5%
서비스	48%	83.5%	70%	75%

SONAR 의 경우 실험 집단(A) 의 실험자 대부분 키보드 및 마우스의 사용이 미숙하여 사용 방법을 습득하는데 무려 약 13 분 이상(801 초)의 시간이 소요되었으며 마우스를 이용하여 콘텐츠를 제어하는 데 상당한 불편함을 나타내어 낮은 만족도(29.5%)를 나타내었다. 이에 비해 실험 집단(B) 의 실험자들은 키보드 및 마우스의 사용에 익숙하여 SONAR 프로그램을 사용하는 방법을 습득하는데 약 100 초 의 시간이 소요되었다. 반면, TMCS 의 경우 실험 집단 (A)와 (B) 실험자들 대부분 감각형 오브젝트를 이용하여 직관적으로 미디어 콘텐츠를 재생하고 제어하는 방법을 습득하는데 SONAR 보다 적은 시간이 소요되는 것을 알 수 있었으며 TMCS 의 제어 방법 및 제공되는 개인화 서비스에 대해 높은 만족감을 나타내었다.

그리고 SONAR 와 TMCS 의 정량적 비교를 수행하기 위해 미디어 콘텐츠를 선택하고 해당 콘텐츠가 모니터/TV 에 실제 재생될 때까지 걸린 시간(선택시간), 미디어 콘텐츠를 제어하기 위해 키보드/마우스 또는 컨트롤 오브젝트를 조작하는 데 걸리는 시간(제어시간), 그리고 선택된 제어 명령에 대해 반응하는 시간(반응시간) 등을 측정하였으며 이에 대한 결과는 아래 표 3 과 같다.

표 3. SONAR 와 TMCS 의 정량적 비교

	(A)		(B)	
	SONAR	TMCS	SONAR	TMCS
선택시간	366.7 초	4.1 초	25.6 초	3.4 초
제어시간	99.4 초	2.1 초	2.0 초	1.6 초
반응시간	0.1 초	0.2 초	0.1 초	0.2 초

표 3 에서 보는 바와 같이, 실험 집단(A)의 실험자들이 키보드와 마우스를 사용하여 미디어 콘텐츠를 선택하는 경우 키보드와 마우스의 사용이 미숙하여 무려 6 분 이상(366.7 초)이 소요되었다. 그리고 마우스를 이용하여 미디어 콘텐츠를 재생 및 제어하는 경우 여러 번의 실수를 거듭하여 약 99 초 정도 소요되었다. 반면 TMCS 를 사용한 경우 미디어 오브젝트를 가져 다 대는 것 만으로 미디어 콘텐츠를 선택할 수 있으므로 약 4 초 정도의 짧은 시간이 걸렸으며 컨트롤 오브젝트를 이용하여 콘텐츠를 재생 및 제어하는 경우 약 2 초 정도의 시간만이 소요되었다. 그리고 실험 집단(B)의 실험자들 경우도 마찬가지로, TMCS 를 사용하여 미디어 콘텐츠를 재생 및 제어하는 경우 키보드와 마우스를 이용하여 미디어 콘텐츠를 재생하거나 제어하는 경우보다 짧은 시간이 소요되었다.

## 5. 결 론

제안된 TMCS 는 CD, 사진, 그리고 장난감 등 일상 생활에서 손쉽게 사용하는 오브젝트를 이용하여 직관적인 인터페이스를 제공함으로써 스마트 홈 환경 내의 사용자가 손쉽게 디지털 미디어 콘텐츠를 제어하거나 사용자의 기호에 맞게 미디어 콘텐츠를 조작할 수 있다. 또한 스마트 홈 환경의 사용자 및 오브젝트에 대한 컨텍스트를 이용하여 사용자에게 따라 제공되는 콘텐츠를 차별화 함으로써 개인화 된 서비스를 제공한다. 따라서 제안된 시스템은 감각형 오브젝트를 이용한 멀티미디어 교육프로그램이나 오락, 그리고 멀티미디어 편집기 등 다양한 분야에 응용될 수 있다. 추후의 연구 과제로는 사용자에게 좀 더 직관적이고 자연스러운 인터페이스를 제공해 줄 수 있는 감각형 오브젝트에 대한 연구 및 디지털 미디어 콘텐츠에 대한 다양한 형태의 조작 기법에 대한 연구가 필요하다. 또한 좀 더 효율적으로 컨텍스트를 이용하여 개인화 된 서비스를 제공해 줄 수 있는 애플리케이션 개발이 필요하다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] Ishii, H., Ullmer, B., "Tangible Bits: Toward Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms," In Proc. Of CHI'97, pp. 173-179, 1997.
- [2] Ishii, H., Mazalek, A., Lee, J., "Bottles as a Minimal Interface to Access Digital Information," in CHI 2001 Extended Abstract, ACM Press, pp. 187-188, 2001.
- [3] Mazalek, A., Wood, A., Ishii, H., "genieBottles: An Interactive Narrative in B ottles," SIGGRAPH'01, pp. 189, 2001.
- [4] Mazalek, A., Jehan, Tristan, "Interacting with Music in a Social Setting," in CHI 2000. ACM Press, 2000.
- [5]Paradiso, A., J., Hsiao, K., Benbasat, A."Tangible Music Interface Using Passive Magnetic Tags," ACM CHI 2001 Conference - Special Workshop on New Interfaces for Musical Expression
- [6]Newton-Dunn, H., Nakano, H., Gibson, J.,"Block Jam: A Tangible Interface for Interactive Music," in Proc. of Conference on New Interface for Musical Expression (NIME'03) , pp.170-177, 2003
- [7]Pattern, J., Recht, B., Ishii, H., "Audiopad: A Tag-based interface for Musical Performance", in Proc. of Conference on New Interface for Musical Expression (NIME'02)
- [8] Anind, K. D., "Understanding and Using context," Personal and Ubiquitous computing, Vol.5, No.1, 2001.
- [9] Want, R., Fishkin, P. K., Gujar, A., Harrison, L. B., "Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags," In Proc. of CHI'99, pp. 370-377, 1999.
- [10] Jang, S., Woo, W., "ubi-UCAM: A Unified Context-aware Application Model for ubiHome," Context'03, 2003.
- [11] 장세이, 우운택, "유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 컨텍스트 기반 애플리케이션 구조," 한국 정보과학회 HCI 논문집, 제 2 권, pp. 346-351, 2003.
- [12] 장세이, 이승헌, 우운택, "스마트 홈 연구 동향 및 전망", 전자공학회지, 제 28 권, pp. 1359-1371, 2001.
- [13] <http://www.cakewalk.com/>