

# 유비쿼터스 디스플레이와 멀티모달 인터랙션 기술

최수미 · 윤여진 · 류한솔(세종대학교)

## I. 서론

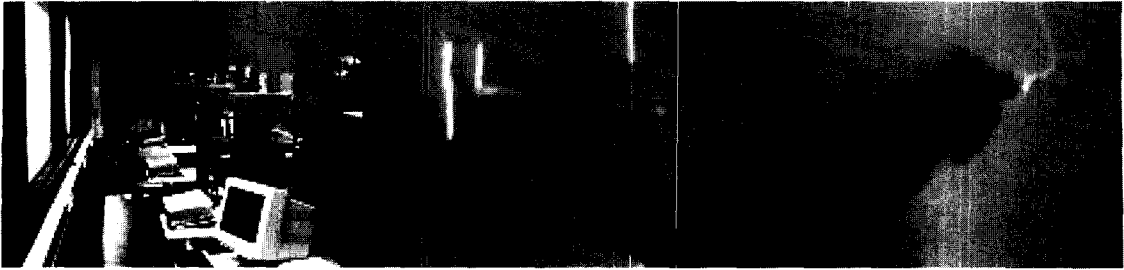
유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 궁극적인 목표는 언제 어디서나 누구나 이용할 수 있는 컴퓨팅 환경을 추구함과 동시에 사용자가 의도적으로 주의를 집중하지 않더라도 사용자의 상황에 따라 반응하는 컴퓨팅 환경을 제공하는 것이다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용되는 디스플레이는 크기, 형태, 방식 면에서 기존의 데스크탑 컴퓨터와 차별화 된다. 얼마 전까지만 해도 컴퓨터 모니터, 모바일 단말기, TV 등의 디스플레이는 정보를 효과적으로 전달하는 수단으로 주로 사용되어왔다. 그러나 최근 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 인간 생활과 밀접하게 관련되면서, 디스플레이는 단지 정보 전달의 수단이 아닌 인간과 자연스럽게 상호작용을 할 수 있는 도구로 이용되고 있다. 즉, 단순히 정보를 보는 목적을 넘어서 컴퓨터가 자연스럽게 인간의 의도를 이해하고, 사용자는 디스플레이를 통해 컴퓨터와 의사소통하는 것을 지향하고 있다. 이러한 디스플레이는 많은 사람들이 정보를 공유할 수 있는 대형 디스플레이로부터 개인화된 소형 디스플레이

까지 매우 다양하다. 본 논문에서는 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 특히 디스플레이의 역할과 종류, 그에 따른 인터랙션 방법을 살펴보고, 앞으로의 발전 방향을 소개하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 유비쿼터스 디스플레이와 주거 환경의 변화

미래에는 다목적 이동식 가구, 재배치 가능한 간이 벽 등으로 주거 공간을 사용자의 목적에 맞게 변경하는 것이 더 쉬워질 전망이다. 특히, 장시간 전력을 공급할 대체 연료, 저전력 무선 네트워크가 개발되어 짐에 따라 전원 공급을 위한 콘센트 또는 인터넷 케이블의 위치에 관계없이 주거 공간 안의 물건들을 쉽게 이동할 수 있을 것이다. 또한 사용자는 초소형 모바일 프로젝터를 사용하여 원하는 영상을 어디에나 보여줄 수 있게 될 것이다. 하지만 아직까지는 대부분의 가구는 고정식이기 때문에 가구를 이동하여 보여줄 위치를 변경시



(a)

(b)

(c)

〈그림 1〉 Datawall을 이용한 학습 공간

키기 보다는 사용자가 모바일 프로젝터를 사용하여 원하는 곳에 보여주거나 고정된 위치의 프로젝터를 사용하여 다수의 표면에 투영하는 방식으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 연구에서 사용된 디스플레이들은 크기 또는 형태(수직, 수평, 돔, 동굴형 등) 면에서 매우 다양할 뿐 아니라 그에 따른 사용자 인터랙션 방식도 각기 고유한 형태로 개발되고 있다. 그러나 사용자와의 직접적인 인터랙션 이외에 사용자의 상황을 인지하여 디스플레이가 반응할 수 있도록 하기 위해서는 사용자의 움직임, 손동작, 눈동자 위치 추적, 얼굴의 표정 변화 등 여러 가지 묵시적인 인터랙션을 처리할 수 있는 방법이 개발되어야 한다<sup>11)</sup>. 현재 이를 위해서 컴퓨터 비전 또는 센서 등을 이용한 다양한 멀티모달 인터랙션 방법이 연구되고 있지만 아직까지 정확성 및 안정성 측면에서 해결해야 할 문제점들이 많이 있다.

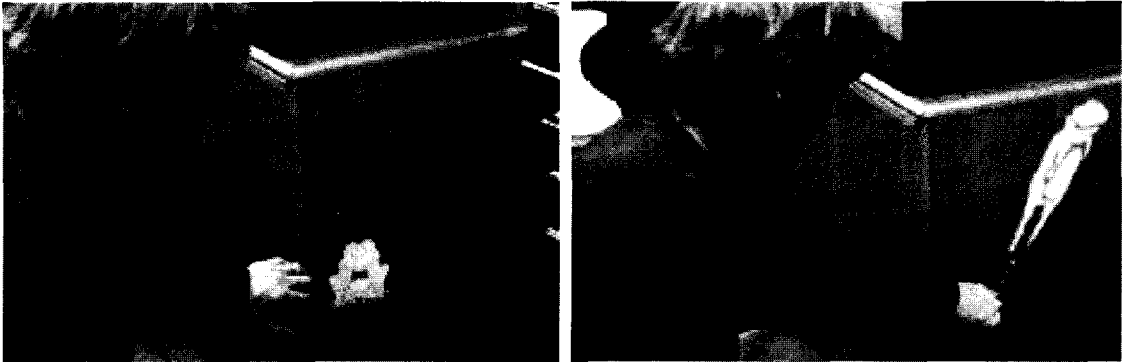
## 2. 프로젝터 기반 유비쿼터스 디스플레이

많은 사람들은 가까운 미래의 유비쿼터스 디스플레이로 휴대폰, PDA 와 같은 모바일 휴대 단말기에 다양한 디스플레이 기능이 통합된 모습을 떠올린다. 그러나 유비쿼터스 라이

프가 실현되기 위해서는 거주하는 집, 사무실 등의 다양한 공간에서 사용자 상황에 따라 필요한 정보를 제공하고 인터랙션 할 수 있는 방법이 필요하다. 본 절에서는 보다 넓은 영역에서 사용 가능한 프로젝터 기반의 디스플레이 유형을 살펴보고자 한다.

### 가. 프로젝션 기반 디스플레이

월 디스플레이는 대체로 커다란 스크린에 LCD 또는 DLP 프로젝터를 이용하여 영상을 투사하는 방식을 사용한다. 이러한 투사 방식을 이용한 디스플레이는 크게 전면 투사 방식과 후면 투사 방식을 사용하는데, 투사 방식에 따라 사용되는 스크린도 다르다. 후면 투사 방식의 월 디스플레이를 사용한 대표적인 예로는 Princeton 대학의 scalable wall, NCSA의 display wall, MIT의 data wall 등이 있다. 그림 1은 datawall을 이용하여 학습 공간을 구축한 것이다<sup>12)</sup>. (a)는 여러 프로젝터가 스크린 후면에서 투사하는 장면을 보여주고, (b)와 (c)는 레이저 포인터 펜을 이용하여 판서하는 인터랙션을 보여준다. 또한 이 시스템에서는 블루투스 통신을 이용하여 사용자가 착용하고 있는 모바일 기기와 정보 전송을 가능하도록 하



〈그림 3〉 Everywhere Display (IBM)

여 여러 가지 멀티미디어 정보들을 디스플레이 할 수 있도록 하였다.

이러한 후면 투사 디스플레이는 사용자가 스크린 앞에 있어도 투사하는 빛을 직접적으로 가리지 않기 때문에 스크린에 그림자가 생기지 않아 직접적인 인터랙션에 유리하다. 하지만 스크린 후면에 투사하기 위한 공간을 충분히 확보해야 한다. Yang이 제안한 PixelFlex 라는 디스플레이는 천장에 여러 대의 프로젝터를 배치하여 투사하는 전면 투사 방식의 예이다<sup>4)</sup>. 각 프로젝터는 자동으로 해상도를 변경하면서 아주 큰 영역을 디스플레이하기도 하고, 각 프로젝터의 투사 영역을 중첩시키는 방식을 사용하기도 한다. 이러한 월 디스플레이는 주로 여러 명이 공동 작업하는 것이 필요한 경우 많이 사용된다.

기존의 터치 디스플레이들이 손가락 한 점만을 인식할 수 있었다면, 2006년에 제안된 그림 2의 멀티 터치 센싱 디스플레이는 여러 손가락에서의 터치를 인식하여 터치 스크린의 응용 분야가 크게 확대될 수 있음을 보여 주었다<sup>5)</sup>. 즉, 여러 손가락을 센싱하여 멀티 터치가 가능하기 때문에 디스플레이를 통해 보여지는 영상을 손으

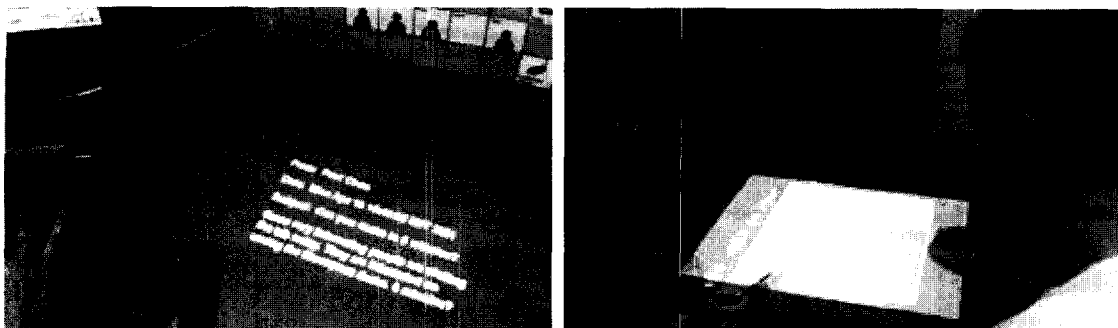


〈그림 2〉 멀티 터치 센싱 기반 인터랙션

로 조작할 수 있을 뿐만 아니라 여러 명의 사용자가 동시에 디스플레이를 터치 할 수도 있다. 이러한 월 디스플레이는, 비교적 큰 제스처를 이용하는 인터랙션에 사용 가능하지만 대부분 매우 고가이며 고성능의 그래픽 가속 처리를 필요로 한다.

#### 나. 고정형 프로젝터와 카메라 연동 디스플레이

프로젝터와 카메라를 함께 이용한 시스템으로 IBM에서는 조정 가능한 고정 프로젝터를 사



〈그림 4〉 Everywhere Display (IBM)

용하여 여러 표면에 투영하기 위해 사용자 추적 디스플레이와 비슷한 형식의 everywhere display를 개발하였다<sup>6)</sup>. 이 시스템은 카메라를 이용하여 어떠한 곳에 투영을 할 것인가를 선택하고, 투영된 표면에 그림자가 생기게 되면 동적으로 투영 표면을 변경하는 방식을 사용한다. 이 시스템은 컴퓨터를 이용해 프로젝터의 거울을 회전시키거나 위 아래로 움직여 이미지가 평평한 곳에 맺히도록 한다. 이때 함께 작동하는 카메라는 사용자의 제스처를 인식하여 사용자의 손이 가리키는 곳을 인지한다. 그림 3은 사용자가 가구에 디스플레이된 개구리를 잡으려하자 개구리가 폴짝 뛰어나는 모습을 보여준다.

이 시스템은 사용자가 컴퓨터 모니터를 이용하는 대신 책상 위와 같은 다양한 곳에 인터랙티브한 그래픽 인터페이스를 투영할 수 있다. 이때에는 천정의 프로젝터를 이용해 책상에 투영하는 방식을 사용한다. 또한 사용자의 상황 변화를 감지하여 사용하던 사용자가 사무실에서 퇴근하면 다른 사용자를 위한 디스플레이로써의 기능을 수행한다.

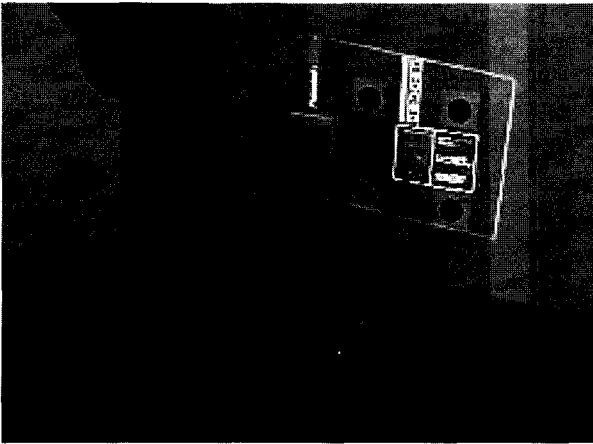
프로젝터와 카메라를 함께 이용한 또 다른 시스템에는 Georgia 공대에서 개발한 multi-

planar display 가 있다<sup>7)</sup>. 이 시스템은 카메라를 통해 투영할 영역이 분리되는 면과 면 사이의 모서리 지점을 찾은 후 둘 또는 세 개의 평면에 분할하여 투영하는 방식을 사용한다. 이러한 모서리를 이용한 디스플레이 방식은 모서리가 있는 부분에서 2차원 혹은 3차원 정보를 효과적으로 줄 수 있다는 장점을 가진다. 이렇게 카메라와 프로젝터를 함께 사용하는 디스플레이 방식은 사용자와 디스플레이의 인터랙션 시, 카메라를 이용해 사용자 움직임에 맞는 최적의 정보를 제공할 수 있다.

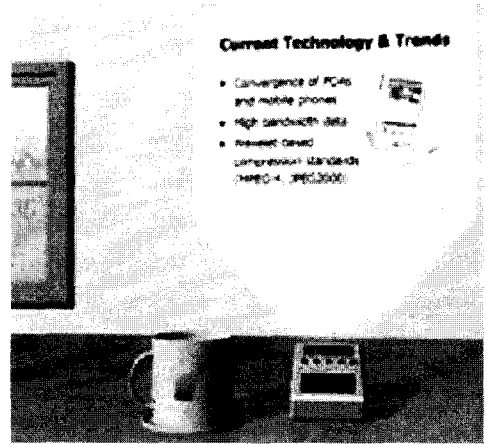
#### 다. 모바일 프로젝터 디스플레이

모바일 기기로의 통합을 위해 활발히 연구되고 있는 분야 중 하나는 모바일 프로젝터이다. 유비쿼터스 환경에서 모바일 프로젝터를 이용한 디스플레이는 사용자가 원하는 곳이라면 어디든지, 언제든지 존재할 수 있어야 하는 환경을 충분히 만족시킬 수 있는 시스템이지만, 아직까지 프로젝터의 해상도나 밝기, 배터리 문제 등 극복해야 할 문제점이 많이 있다.

Mitsubishi Electronic Research Lab.에서는 그림 5(a)에서 보이듯이 손에 들고 다닐 수 있는



(a)



(b)

〈그림 5〉 모바일 프로젝터

형태로 커다란 틀 박스에 들어가는 모바일 프로젝터와 카메라를 연동한 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 메인 비디오 프로젝터에 전원 공급 케이블을 연결해야 한다는 문제점을 가지고 있지만, 레이저나 LED 프로젝터 방식을 사용한다면 1시간가량 배터리로 가동될 수 있기 때문에 모바일 디스플레이가 필용한 분야에 응용 가능하다. LED 기술이 발전됨에 따라 프로젝터의 밝기 역시 점차 밝아지고 있지만 현재 LED 칩에 의한 발열 문제를 가지고 있다.

그림 5 (b)는 캠브리지 대학의 벤처 회사인 Light Blue Optics에서 제안한 프로젝터로 홀로그램 기반의 2차원 디스플레이로 사용될 수 있다. 이것은 주머니에 넣을 만한 크기로 현재 동전 크기보다 조금 큰 컬러 디스플레이 프로젝터까지 개발되었다.

### 3. 멀티모달 휴먼 인터랙션

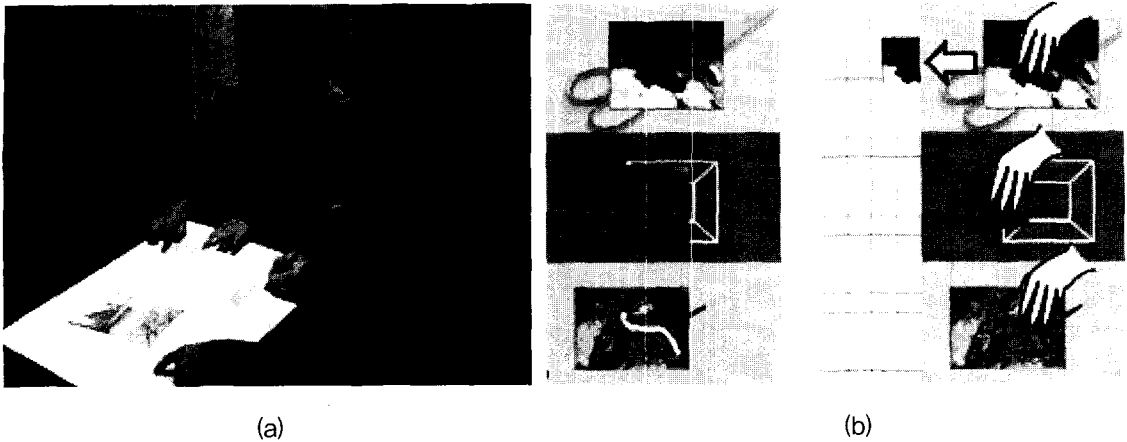
얼마 전까지만 해도 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 기술 개발은 인간이 활동 가능한 영역에 유무선

통신망을 구축하는 것과 같은 기반 기술에 초점이 맞추어졌다. 그러나 최근 들어 이러한 통신망 인프라 위에 인간이 컴퓨팅 환경과 자연스럽게 상호작용할 수 있는 멀티모달 인터랙션 기술에 관심이 모아지고 있다.

#### 가. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 멀티모달 인터랙션의 특징

“보이지 않는 컴퓨팅”으로 불리는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 키보드나 마우스를 이용하는 기존의 명시적인 인터랙션 (explicit interaction) 이외에, 자연적으로 발생하는 사용자의 행동이나 센서들에 의해 파악되는 사용자의 동작을 통한 암시적인 인터랙션 (implicit interaction) 방식이 요구되어진다.

인간이 시각, 청각, 촉각 등의 여러 감각을 통해 의사소통 하는 것처럼 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 인간-컴퓨터 상호작용에서는 다중기기로 부터의 멀티 모달리티를 융합하여 종합적으로 분석하는 것이 더욱 중요해졌다. 예를 들어,



〈그림 6〉 테이블 탑 인터랙션

손의 움직임만을 이용하여 사용자의 의도를 파악하는 것 보다 몸의 움직임, 얼굴 표정, 시선 방향 등을 함께 분석함으로써 전체적인 신뢰도를 높일 수 있다.

뿐만 아니라 각각의 상황에 따라 가장 이상적인 모달리티가 무엇인가를 파악하여 선택하여 활용하는 기술이 필요하다. 예를 들어, 소음이 많은 곳 또는 청각 장애인들에게는 음성 정보를 시각 정보로 변환하여 제공할 수 있어야 한다. 반대로 디스플레이가 없는 단말기를 가진 사용자 또는 시각 장애인에게는 시각적 정보를 청각적 정보로 변환하여 제공하는 것이 기술이 필요하다.

#### 나. 다양한 디스플레이와의 멀티모달 인터랙션

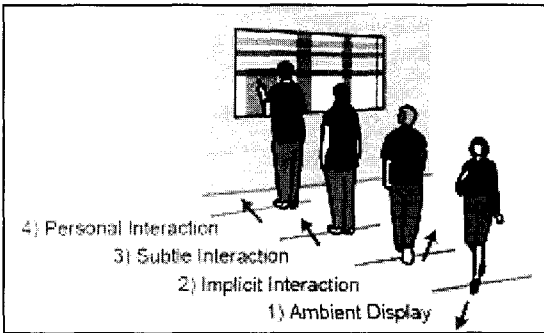
Mitsubishi Electric Research Labs과 토론토 대학에서 공동으로 개발하고 있는 Direct-Touch Tabletops 은 여러 명이 동시에 직접 터치 가능한 수평형 디스플레이 시스템이다<sup>16)</sup>. 최근에 이러한 테이블 탑 디스플레이 기반의 시스템들이 많이 연구되어 지고 있는데 이러한 시스템은 인터랙션 측면에서 다음과 같은

장점을 지닌다. 첫째, 자연스러운 손 움직임을 입력 받아 직접적인 조작이 가능하다는 점, 둘째 테이블 주위로 여러 사람의 얼굴을 맞대고 의사소통함으로써 공동 작업이 용이하다는 점, 셋째 사용자가 위에서 아래로 내려다보는 형태로 테이블 상에서 작업하는 일상적인 시나리오에 잘 적용된다는 점을 들 수 있다. 그림 6 (b)는 테이블 상에 나타나는 가위, 크기 조절, 주석 메뉴에 대상 영상을 옮겨 놓음으로써 영상을 절단하고, 크기를 조절하고 있는 모습을 보여준다.

유비쿼터스 디스플레이의 큰 특징인 “앰비언트” 또는 “사라지는 컴퓨팅 환경”을 구축하기 위하여 사용자와 디스플레이와의 간격에 따라 상이한 인터랙션을 제공하는 시스템들이 개발되었다. 독일 프라운호퍼 연구소에서 개발한 GossipWall 이 그 중 하나이다<sup>17)</sup>. 즉, 사용자와 디스플레이와의 거리가 아주 먼 앰비언트 영역에 있으면 일반적인 정보를 디스플레이하고, 사용자가 디스플레이에 좀 더 다가가게 되어 디스플레이가 그 사용자를 인지하게 되면 해당 사용자에게 적합한 콘텐츠를 보여주게 된다.



〈그림 7〉 앰비언트 디스플레이 (프라운호퍼 IPSI)



(a)

(b)

〈그림 8〉 공유형 인터랙티브 앰비언트 디스플레이에서의 인터랙션 (토론토 대학)

사용자가 디스플레이와 아주 근접한 인터랙션 영역으로 들어가게 되면 그림 7과 같이 모바일 단말기 디스플레이를 사용하여 보다 세부적인 정보를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 외부와 연결도 가능하다.

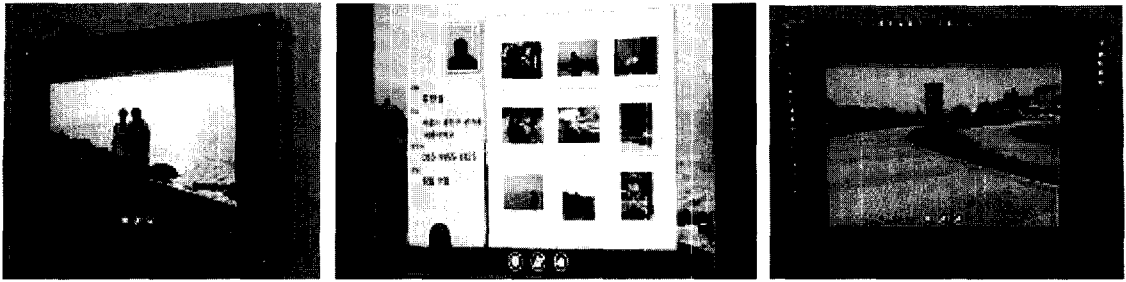
Toronto 대학에서는 여러 명에서 사용가능한 공유형 인터랙티브 앰비언트 디스플레이를 개발하였는데, 이 시스템은 사용자와 디스플레이간의 근접성에 따라 그림 8 (a)와 같이 네 단계로 나누어 각기 다른 인터랙션을 할 수 있도록 설계하였다<sup>10)</sup>.

Georgia 공대에서는 고령자의 건강 상태 및



〈그림 9〉 액자형 디스플레이 (GIT)

생활 패턴 정보를 원격지의 보호자에게 제공하기 위해 액자형 디스플레이 시스템을 개발



(a) (b) (c)  
 <그림 10> RFID, 초음파 센서 기반 액자형 앰비언트 디스플레이 (세종대, ETRI)

하였다<sup>111</sup>. 원격지 보호자는 정보가 필요한 경우 액자의 프레임 부분을 터치하여 가족의 현 상태 및 활동 정보를 알 수 있다. 이 시스템은 그림 9에서 보이듯이 액자 주위를 4개의 영역으로 분리하고, 1) 정기적인 식사 및 규칙적인 운동과 같은 건강 관련 정보, 2) 날씨 및 주거 환경의 안전 관련 정보, 3) 다른 사람과의 커뮤니케이션 관련 정보, 4) 고령자의 실내 활동량 정보를 각각의 영역에 나타내준다. 뿐만 아니라 이러한 정보를 인터페이스 안쪽부터 바깥으로 시간 순(오늘, 일주일 전, 한달 전 등)으로 표시해 준다.

세종대와 ETRI 에서는 이러한 액자형 디스플레이에 여러 유형의 센서들을 부착하여 사용자와 암시적으로 인터랙션하는 앰비언트 액자의 프로토타입을 개발하였다<sup>112</sup>. RFID 센서를 이용하여 사용자의 신원을 파악하여, 특정인에 대한 사진을 보여주는 것이 가능하다. 또한 그림 10 (a)과 같이 사용자와 액자와의 거리를 초음파 센서(액자 양 옆에 부착)를 이용하여 측정함으로써 사진 속을 네비게이션 할 수 있도록 하였다. 즉, 소실점 및 소실선을 포함한 2차원의 사진으로부터 가상의 3차원의 공간을 구축하고 사용자가 액자에 다가가면 사진 속의 사람이 다가오는 듯한

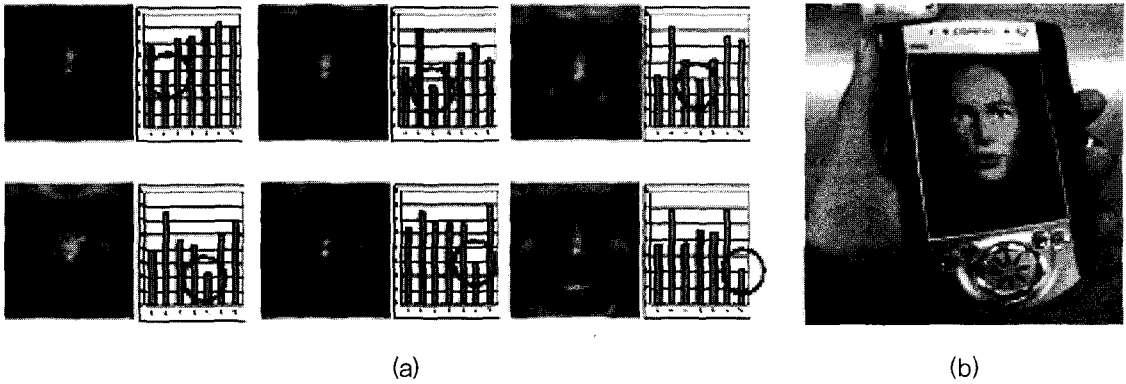
느낌을 줄 수 있도록 하였다. 그림 10 (b)는 터치에 세부적인 메뉴조작을 하는 모습을 보여주고, (c)는 위급상황에 액자의 후면에 부착된 LED가 깜박거리는 모습을 보여준다.

손 또는 몸 동작 이외에 사용자의 얼굴 표정을 실시간으로 분석하여 6가지 감정 파라미터를 이용한 감정 곡선을 추출하고, 이를 기반으로 원격지 사용자와 감성 정보를 주고 받을 수 있는 시스템도 개발되었다<sup>113</sup>. 그림 11 (a)는 인간의 여섯 가지 기본 표정과 추출한 감정곡선의 파라미터 수치들을 보여주고, (b)는 감정 곡선을 기반으로 PDA와 같은 모바일 단말기에서 감정 아바타가 애니메이션 되는 모습을 보여준다.

### III. 결론

다양한 디스플레이를 이용하는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 기기종 디스플레이 간의 정보 전송, 암시적 인터랙션을 위한 사용자 움직임 인식 등 여러 가지 면에서 해결해야 할 연구과제들이 있다. 월 형태의 비교적 큰 디스플레이와 모바일 기기가 공존하기 때문에 각각의 디스플레이에 맞도록 적응형 콘텐츠 (content





(a) (b)  
〈그림 11〉 표정 인식 및 모바일 감정 아바타 (세종대)

adaptation)를 생성할 수 있어야 하고, 대형 스크린에서의 인터페이스가 소형 스크린에서도 일관성을 가지고 유연하게 변경되어야 할 것이다.

또한, 컴퓨터는 사용자의 작업을 방해하거나 민감한 정보들을 노출시키지 않는 범위 내에서 사용자의 상황을 인지하여 원하는 작업을 수행하여야 한다. 현재 카메라나 다양한 센서를 이용하여 사용자의 상황을 인지하기 위한 연구들이 수행되고 있지만 아직까지는 사용자의 프라이버시 문제를 완벽히 해결하지 못한 상태이다.

인간과 다양한 형태의 유비쿼터스 디스플레이 간의 멀티모달 인터랙션 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 휴먼-컴퓨터 인터랙션을 위한 필수적인 요소가 될 것이다. 현재 제기되는 문제들을 해결하고 발전 방향을 모색함으로써, 앞으로 제시될 유비쿼터스 환경에서는 다양한 멀티모달 데이터를 최적의 방식으로 융합하고 선별하는 기술이 개발되어야 할 것이다. 이를 통해 궁극적으로 인간에게 더욱 자연스럽게, 편리한 컴퓨팅 환경을 제공해야 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 김용국, 백성욱, 권태경, 최수미, 유성준, "유비쿼터스 휴먼 인터페이스", 정보과학회지 제23권 제9호, pp. 32-41, 2005.
- [2] D. Molyneux, G. Kortuem, "Ubiquitous Displays in dynamic environments: Issues and Opportunities", Workshops on Ubiquitous Display Environments, International Conference on Ubiquitous Computing, 2004.
- [3] G. Friedland, C. Zick, K. Jantz, L. Knipping, R. Rojas, "An Interactive Datawall for an Intelligent Classroom", Workshop Proceedings of DeLFI 2005, pp. 25-30, 2005.
- [4] R. Yang, et al., "PixelFlex : A Reconfigurable Multi-Projector Display System", IEEE Visualization 2001, 2001.
- [5] P.L. Davidson, J.Y. Han, "Synthesis and Control on Large Scale Multi-Touch Sensing Displays", Proceedings of the 2006 International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 216-219, 2006.
- [6] C.S. Pinhanex et al., "IBM Research Report : Ubiquitous Interactive Graphics", IBM Research Report RC22495 (WO205-143), 2002.



- [7] M. Ashdown et al. , “A Flexible Projector-Camera System for Multi-Planar Displays”, Proceedings of CVPR 2004, pp.165-172, 2004.
- [8] C. Shen, K. Ryall, et al. , “Informing the Design of Direct Touch Tabletops”, IEEE Computer Graphics and Applications, Sep, pp. 56-66, 2006.
- [9] D.M. Russell, N. Streitz, T. Winograd, “Building Disappearing Computers”, Communications of the ACM, Vol. 48, No. 3, pp. 42-48, 2005.
- [10] D. Vogel, R. Balakrishnan, “Interactive Public Ambient Displays : Transitioning from Implicit to Explicit Public to Personal, Interaction with Multiple Users”, Proceedings of UIST 2004, pp. 137-146, 2004.
- [11] E. Mynatt, J. Rowan, S. Craighill, “Digital Family Portraits: Supporting Peace of Mind for Extended Family Members”, Proceedings of HCI 2001, ACM Press, pp. 333-340, 2001.
- [12] Y.J. Yoon, H.S. Ryu, S.J. Park, S.J. Yoo, S.M. Choi, “An Ambient Display for the Elderly”, HCI International 2007, LNCS 4555, Springer-Verlag, pp. 1043-1049, 2007.
- [13] S.M. Choi, Y.G. Kim, et al. , “Non-photorealistic 3D Facial Animation on the PDA Based on Facial Expression Recognition”, Smart Graphics 2004, LNCS 3031, pp. 11-20, 2004.

〈감사의 글〉

본 논문은 부분적으로 서울시 전략혁신 클러스터 사업의 지원을 받았음.

저자소개



최수미

1993년 이화여자대학교 전자계산학과 학사  
 1995년 이화여자대학교 전자계산학과 석사  
 2001년 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사  
 1998년~1999년 Fraunhofer Institute for Computer Graphics, Germany, Visiting Researcher  
 2001년~2002년 이화여자대학교 정보통신연구소 연구교수  
 2002년~ 현재 세종대학교 컴퓨터공학과 전임강사, 조교수  
 주관심 분야 : 그래픽스, 가상/증강 현실, 휴먼 컴퓨터 인터랙션, 의료영상처리



윤여진

2005년 성결대학교 멀티미디어학과 학사  
 2006년~ 현재 세종대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 주관심 분야 : 컴퓨터 그래픽스, 유비쿼터스 인터랙션



류한솔

2006년 세종대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2006년~ 현재 세종대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 주관심 분야 : 컴퓨터 그래픽스, 유비쿼터스 인터랙션, 인터페이스