
멀티터치를 위한 테이블-탑 디스플레이 기술 동향

Survey: Tabletop Display Techniques for Multi-Touch Recognition

김송국, 이철우
전남대학교 컴퓨터정보통신공학과

Song-Gook Kim(uaini@hanmail.net), Chil-Woo Lee(leecw@chonnam.ac.kr)

요약

최근에 인간과 컴퓨터 상호작용을 위한 사용자 의도 및 행위 인식에 관한 비전 기반 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 테이블-탑 디스플레이 시스템은 터치 감지 기술의 발전, 협력적인 작업 추구에 발맞추어 다양한 응용으로 발전하였다. 이전의 테이블-탑 디스플레이는 오직 한명의 사용자만을 지원하였으나 현재에는 멀티터치를 통한 멀티유저를 지원하게 되었다. 따라서 테이블-탑 디스플레이의 궁극적인 목적인 협력적인 작업과 네 가지 원소 (인간, 컴퓨터, 투영된 객체, 물리적 객체) 의 상호작용이 실현 가능하게 되었다. 일반적으로 테이블-탑 디스플레이 시스템은 다음의 네 가지 측면; 맨 손을 이용한 멀티터치 상호작용, 동시적인 사용자 상호작용을 통한 협력적인 작업의 구현, 임의의 위치 터치를 이용한 정보 조작, 상호작용의 도구로서 물리적인 객체의 사용을 중심으로 설계되어 있다.

본 논문에서는 테이블-탑 디스플레이 시스템을 위한 최첨단의 멀티터치 센싱 기술을 시각기반 방법, 비-시각 기반 방법으로 분류하고 비판적인 견해에서 분석을 하였다. 또한 테이블-탑 디스플레이 관련 연구들을 시스템 구성방식에 따라 분류하고 그 장단점과 실제 사용되는 응용 분야에 대해 기술하였다.

■ 중심어 : | 테이블-탑 디스플레이 | 멀티-터치 | 인간과 컴퓨터 상호작용 | 협력적인 작업 |

Abstract

Recently, the researches based on vision about user attention and action awareness are being pushed actively for human computer interaction. Among them, various applications of tabletop display system are developed more in accordance with touch sensing technique, co-located and collaborative work. Formerly, although supported only one user, support multi-user at present. Therefore, collaborative work and interaction of four elements (human, computer, displayed objects, physical objects) that is ultimate goal of tabletop display are realizable. Generally, tabletop display system designs according to four key aspects. 1)multi-touch interaction using bare hands. 2)implementation of collaborative work, simultaneous user interaction. 3)direct touch interaction. 4)use of physical objects as an interaction tool.

In this paper, we describe a critical analysis of the state-of-the-art in advanced multi-touch sensing techniques for tabletop display system according to the four methods: vision based method, non-vision based method, top-down projection system and rear projection system. And we also discuss some problems and practical applications in the research field.

■ keyword : | Tabletop Display | Multi-Touch | Human-Computer Interaction | Collaborative Work |

* 본 연구는 문화관광부 지정 전남대학교 "문화콘텐츠기술연구소", 전남대학교 BK21 유비쿼터스 사업단과 정통부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신선도기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

접수번호 : #070202-001

심사완료일 : 2007년 02월 16일

접수일자 : 2007년 02월 02일

교신저자 : 이철우, e-mail : leecw@chonnam.ac.kr

I. 서론

최근에 인간과 컴퓨터간의 자연스러운 상호작용을 위하여 시각정보를 기반으로 한 사용자 의도 및 행위인식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 인간에게 있어서 가장 사용도가 높은 손의 제스처를 인식하여 사용자 친화적인 인터페이스를 구현하려는 연구는, 시각 기반 인식 분야에서 핵심 기술 분야로 이와 관련된 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다.

테이블-탑 디스플레이는 손의 제스처를 직접 사용하여 인터페이스를 구현할 수 있는 구체적인 환경으로 인간과 컴퓨터의 상호작용을 뛰어넘어 인간과 인간의 협동적 상호작용까지 구현하기에 가장 적합한 시스템이다. 협동적 상호작용이란 공동 작업을 하는 구성원들이 직간접적인 의사소통을 통하여 어떤 현상을 일으키거나 시스템을 조작하는 것을 말하는데, 기존의 협동적 상호작용은 테이블 위에 놓인 문서를 중심으로 이루어져 왔다. 그러나 최근 컴퓨터 기술의 발달과 함께 영상처리, 터치 감지, 테이블 탑 디스플레이 등의 관련 기술의 발전에 힘입어 최첨단 기술이 집약된 새로운 형태의 상호작용 테이블이 선보여지고 있다. SIGGRAPH 2006'의 "Emerging Technologies" 분야에서는 이러한 현상이 두드러져 다양한 멀티터치 테이블 형 인터페이스 기술들이 전시되었다[1].

일반적으로, 지금까지 제안된 테이블 탑 디스플레이 시스템들은 설계에 있어서 다음과 같은 네 가지 측면에 중점을 두고 있었다. 첫째, '맨손을 사용한 멀티터치 상호작용으로 자연스럽게 직접적인 조정이 가능한가?'와 '여러 개의 손가락을 사용하여 정교한 상호작용을 할 수 있는가?', 둘째, 협력적인 작업의 구현, '동시에 일어나는 사용자 상호작용으로 다른 사람의 작업에 영향을 끼치는 것 없이 스크린에 한명 이상의 사용자가 접촉하는 것을 가능한가?', 셋째, '스크린의 어느 점이라도 직접적인 터치를 통하여 랜덤하게 정보를 조작할 수 있는가?', 넷째, '상호작용의 도구로서 물리적 객체를 사용하여 augmented reality를 실현할 수 있는가?' 등이다.

본 논문에서는 협력적 상호작용을 위한 기반 기술 중 컴퓨터와 인간, 인간과 인간 사이에 가장 자연스러운 의

사소통 도구의 하나인 테이블-탑 디스플레이 구현 기술에 대하여, 최근 연구 성과를 중심으로 멀티터치 센싱 원리 및 요소 기술의 중요내용과 응용사례를 소개한다.

II. 테이블-탑 디스플레이 기술의 개요

테이블 탑 디스플레이의 사전적 의미는 여러 가지 형태의 탁자 위에 컴퓨터의 처리 결과를 직접 눈으로 볼 수 있도록 스크린을 부착하여 텔레비전과 같은 화면에 문자나 도형을 표시하는 것으로 정의된다. 그 동안 테이블 탑 디스플레이 기술은 오직 한 명의 사용자만을 지원하였으나, 컴퓨터 H/W 및 S/W, 그리고 센싱 기술의 발달에 따라서 이제는 멀티유저, 멀티터치를 지원하는 협력적인 상호작용 및 작업으로 그 응용이 확대되고 있다. 그 결과 이전의 사전적 의미에서 벗어나 "table"이라는 용어는 입력 센싱을 하는 표면과 출력 디스플레이 역할을 하는 표면을 서로 겹쳐 놓은 Direct multi-touch, multi-user tabletop의 의미를 갖게 되었다. 따라서 멀티-유저, 멀티-터치를 바탕으로 사용자 의도를 분석하고 인지하여 인간과 인간의 상호작용을 도와주는 매개체 역할을 하는 기술을 테이블-탑 디스플레이 기술이라고 하며 [그림 1]과 같은 과정을 통하여 궁극적으로 인간과 인간의 상호작용(협동적 상호작용)을 가능하게 한다.

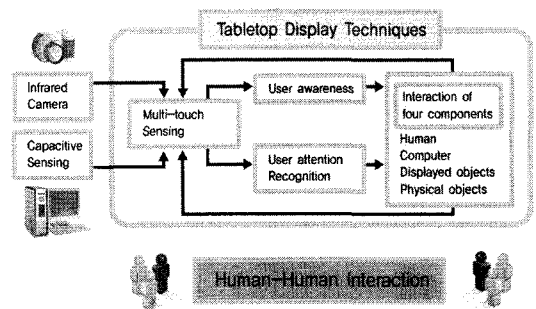


그림 1. 테이블-탑 디스플레이의 개요

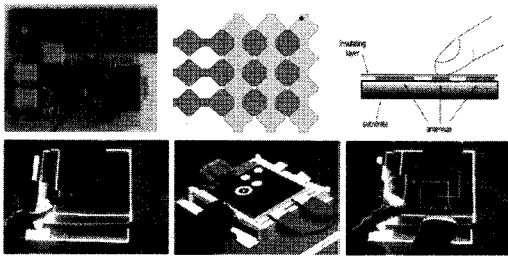


그림 2. DiamondTouch 안테나 및 작동원리

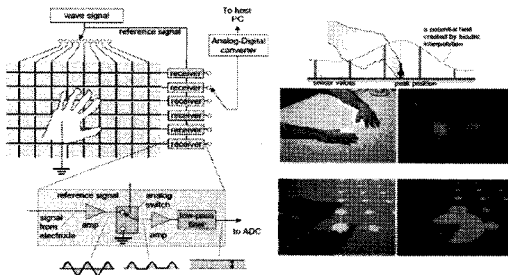


그림 3. SmartSkin 센서 구성과 손의 접근성 여부 판단

III. 정전용량 방식을 이용한 상호작용

인간의 손 제스처는 3차원 공간에서 매우 복잡하고 자유스럽게 움직이기 때문에 그 움직임을 수치적으로 정량화하고 그 의미를 해석하는 일은 매우 어렵다. 비-시각 기반 방법에서 많이 사용되는 Force-Sensitive-Resistors (FSRs)의 가변량, 또는 정전용량의 변화량을 측정하면 손 움직임을 위치와 형상을 정확히 알 수 있으나 하드웨어적인 제약이 많이 따라 제작이 어렵다는 단점이 있다.

1. DiamondTouch의 멀티터치 센싱 원리

DiamondTouch[4]은 2001년 미츠비시의 Dietz 등에 의해 제안되었다. 이 시스템은 [그림 2]와 같이 전기적인 정전용량 변화를 측정할 수 있는 안테나 세트 구성되어 있다. 내장 안테나는 절연체로 싸여있는 전기적인 정전 재료의 얇은 조각으로서 각 행과 열은 다이아몬드 패턴으로 구성되어 있다. 작동 원리는 테이블 안의 안테나

를 통해서 신호를 전송함으로써 이루어지는데, 각각의 위치를 식별하기 위해서 특별한 전자적 신호를 테이블 표면의 각 부분에 전송함으로써 작동한다. 즉, 사용자가 테이블에 터치하였을 때, 신호는 터치 포인트 아래에 직접 연결되어 있는 한 쌍의 정전용량 장치를 통해 연결된 사용자의 수신기로 들어간다. 따라서 수신기는 사용자가 테이블 표면의 어떤 부분을 터치했는지 인식할 수 있으며, 이 정보는 마우스나 타블렛 데이터와 같은 방법으로 컴퓨터에 의해서 사용될 수 있다.

2. SmartSkin 시스템에 적용된 멀티터치 센싱 원리

또 다른 대표적인 예인 [그림 3]의 SmartSkin[8]은 소니의 컴퓨터과학 연구소에 의해 제안되었다. 이 시스템은 그물 형태의 안테나와 정전용량 방식을 사용하여 손과 표면 사이의 거리를 계산하며 손의 위치와 형상을 인식할 수 있다. 여기서 사용한 센서는 그물망 형상으로 수직 전선의 송신 전극과 수평 전선의 수신 전극으로 구성되어 있으며 투명 양극(Indium-Tin Oxide) 또는 전도성의 폴리머를 사용하여 투명하게 할 수 있다. 또한 센서 그물망의 밀도를 증가시켜 더 높은 해상도의 구현 및 정교한 제스처를 인식할 수 있다. SmartSkin의 센싱원리를 살펴보면 다음과 같다. 만약 송신기의 하나가 신호과장에 의해 일어났다면 각 송신기와 수신기의 교차점이 매우 약한 축전기로서 작용하므로 수신기는 이 과장 신호를 받는다. 이 때 수신기가 받은 신호의 고도는 전송된 신호의 주파수와 전압에 의해 비례하며, 두 전극들 사이에 용량에도 비례한다. 따라서 전도성의 물체가 교차점에 닿을 때 정전용량성으로 두 전극성과 과장 신호를 배출한다. 그 결과, "proximity pixels"이라 불리는 2차원 센서 값 형태를 분석하여 인간의 손과 같은 전도성 물체의 접근성을 검출할 수 있다 [그림 3]. 일단 이 값들이 획득되면 알고리즘은 peak detection, connected region analysis, template matching과 같은 영상 처리에 사용된 것과 유사한 과정으로 제스처를 인식하는데 적용한다.

3. 정전용량 기반 방식 테이블의 장단점

정전용량 기반 방식은 시스템 복잡도를 크게 낮추는 효과가 있으며, 스크린에 손의 접촉여부와 더불어 얼마

나 접근했는지의 접근성 여부를 판별할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 장점을 활용하여 최종적으로 상호작용이 가능한 표면(tabletop display 또는 wall display)을 현실세계로 만들 수 있다. 그러나 이 시스템들은 스크린 속에 안테나 및 센서 등의 전자적 장치가 내장되어 있으므로 거의 대부분이 상부투영(top-down projection) 방식을 채택하고 있다. 따라서 손과 투영된 이미지가 겹치는 현상이 자주 발생하여 사용자는 겹치는 부분과 스크린 위에서 손이 움직이는 것을 자주 응시하게 되어 주의 집중을 방해하는 결과를 초래한다. 또한 높은 해상도를 구현하기 위해서는 아주 많은 센서 연결을 필요로 하므로 제작비용이 매우 증가한다.

시스템은 스크린에 손가락의 접촉을 판별하는 정확도나 인식률이 많이 뒤떨어진다.

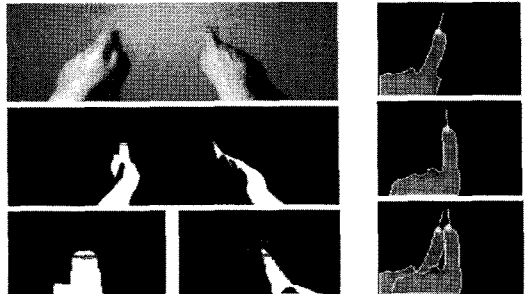


그림 4. 그림자 영상과 스테레오카메라를 이용한 터치 인식

IV. 시각기반 방법을 이용한 상호작용

컴퓨터 비전 기반 테이블들은 스크린 위에 놓여진 물리적 객체의 검출 및 인식을 포함하여 흥미로운 센싱 능력을 보여준다. 또한 비디오카메라를 이용하여 저렴한 비용으로 시스템을 구성할 수 있으며 높은 해상도의 데이터를 획득할 수 있다. 시각 기반 방법을 이용한 경우에는 상부투영(top-down projection)과 후방투영(rear projection) 방식 모두를 사용가능하다는 장점이 있다.

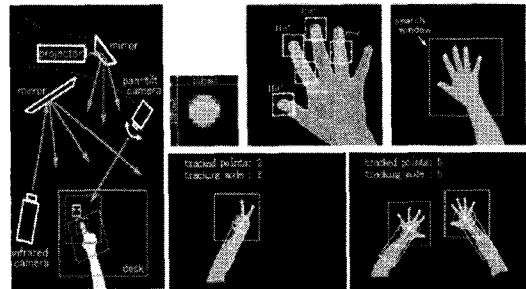


그림 5. Template matching을 이용한 fingertips 검출

1. 멀티카메라를 이용한 터치인식

비전기반 방법만을 이용하여 스크린에 손의 접촉 여부를 인식하려는 연구는 다음과 같다. 2005년 마이크로소프트의 Andrew는 손의 그림자 정보를 이용하여 스크린에 터치 여부를 인식하려고 시도하였다[12]. 즉, 손가락이 스크린에 접촉되어 있을 때는 손가락 그림자의 끝 부분이 뾰족하고 스크린에서 떨어져 있을 때에는 뭉툭하다는 것을 이용하여 터치를 인식하는 시스템이다. 또한 토론토대학의 Malik는 2개의 스테레오 카메라를 통해 획득한 좌, 우 영상을 비교, 분석하여 테이블 표면에 손가락의 터치를 판별하는 시스템[6]을 제안하였다. 두 카메라로부터 입력받은 영상에서 손가락 높이의 상이함 정도를 측정하여 스크린에 손가락의 접촉 유무를 판별하였다 [그림 4]. 하지만 이렇게 카메라만을 이용한 비전 인식

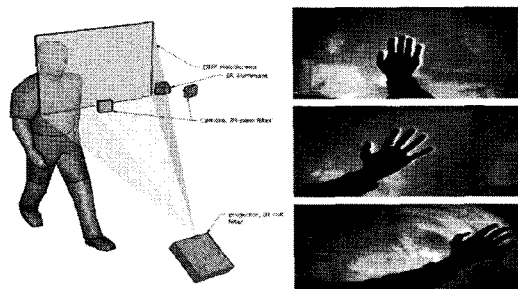


그림 6. 깊이를 측정하는 터치 디스플레이의 예

2. Template matching을 이용한 터치인식

보통 비전 기반 연구에서는 손을 추출하기 위해 컬러 세그멘테이션 또는 배경 이미지 차분 방법을 사용하는데 이는 급격한 조명변화 및 복잡한 배경을 가진 영상에서

신뢰할만한 결과를 내지 못하게 된다. 따라서 도쿄대학의 Sato는 열 감지 적외선 카메라를 사용하여 효율적으로 손 영역만을 세그멘테이션 하는 EnhancedDesk[9]를 선보였다. 추출한 손 영역에 템플릿 매칭을 이용하여 양손의 모든 fingertips의 2차원 위치를 검출할 수 있으며 검출된 fingertips을 Kalman filtering을 통하여 계속적으로 추적하여 두 손의 drawing 및 GUI navigation 같은 작업을 수행하였다[그림 5]. 그러나 이러한 상부투영(top-down) 비전기반 시스템 구조들은 손가락이 스크린 표면에 접촉했는지 여부를 결정할 수 없다는 단점이 있다.

3. Depth를 측정하는 방법

또 다른 유형으로서 깊이를 측정하는 방법으로서 소니의 Rekimoto가 제안한 Holowall[7], 마이크로소프트의 Andrew가 제안한 TouchLight[10] 그리고 Motion Processor가 있다. 이러한 시스템은 인식을 위해서 광 적외선 필터를 부착한 비디오카메라를 사용하였고 적외선 빛은 카메라 앞의 물체를 밝게 비추기 위해 사용되었다. Motion Processor가 적외선 반사를 직접적으로 사용한 반면에 Holowall은 배경 이미지를 감소시키기 위해서 확산제 스크린을 사용하였다. 적외선 반사를 사용한 시스템은 손의 형상을 검출할 수 있을 뿐만 아니라 카메라로부터 손까지의 거리도 알 수 있다. 그 결과, 다른 비전기반 시스템에서 인식하지 못한 제스처(수직으로 손가락을 움직인다는 것. 가볍게 두드리기)도 검출할 수 있다 [그림 6]. 그러나 다른 비전기반 시스템과 같이 이 시스템 또한 외부 카메라와 빛을 필요로 하며 간단하게 하나로 통합될 수 없다는 단점이 존재한다.

4. FTIR 멀티-터치 센싱 원리

뉴욕대의 Jefferson. Han이 선보인 multi-touch 센싱 패널[5]은 지문 추출을 위해 사용되는 FTIR (Frustrated Total Internal Reflection) 원리에 기반을 두고 있다 [그림 7]. FTIR (Frustrated Total Internal Reflection)의 원리는 1960년대 이래로 지문 추출을 위하여 생물 측정학 커뮤니티에서 주로 사용하였으며 또한 로봇 센서 기술에 이용되어 온 전반사 장애 현상이다. 전반사는 입사각이

상의 입사각을 가진 빛이 매질 경계면에서 모두 매질 내부로 반사되는 현상인데, 이때 매질 외부의 경계면에 광성질을 가진 물체를 갖다 대면 그 부분에서 전반사에 장애가 생겨 빛이 확산된다. 이 전반사 장애로 인해 새어나오는 빛을 카메라로 추적하면 여러 접촉점을 동시에 탐지할 수 있다. 즉, 빛이 낮은 반사 지수를 가진 매개체를 인터페이스로 만났을 때, 빛은 입사각에 의존하여 해당 범위를 굴절하게 된다. 이 때 확실한 입사각을 뛰어넘어, Total Internal Reflection을 겪게 되는데, 이는 아크릴 안에서 빛이 머물도록 유지한다. 이때 손가락으로 광학 접촉이 이루어지면, Frustrated 현상이 일어나 아크릴을 통해 수직으로 빛이 분산되어 나온다. 이 나온 적외선 LED 빛을 band pass filter를 부착한 적외선 카메라를 사용하여 검출할 수 있게 된다. 이 방법의 가장 큰 장점은 후방투영 방식을 사용하여 공간적으로 높은 해상도의 터치 이미지 정보를 획득할 수 있는 시스템을 저렴하게 구현할 수 있다는 것이다. 그러나 멀티-터치가 일어났을 때 접촉되는 각 포인트를 정확히 분류하지 못한다는 단점이 존재한다. 즉, 손가락에 의해 두 개의 접촉이 일어났을 때, 한 손의 두 손가락인지, 각각 서로 다른 두 손의 한 손가락들인지 또는 서로 다른 사용자의 손가락인지 구별이 불가능하다.

5. LumisightTable에 적용된 기술

도쿄대학의 Kakehi 등에 의해서 선보인 Lumisight Table[2][3]은 건축재료인 Lumisty와 Fresnel lens로 구성된 특별한 스크린 시스템으로 광학 디자인에 기반을 두고 있다. 이 시스템은 각각 사용자의 관점을 위해 네 개의 다른 이미지를 투영하기 위하여 4개의 프로젝터를 가지고 이 필름과 렌즈를 결합한다. 이런 방법으로 Lumisight Table은 물리적으로는 하나이지만, 비주얼적으로는 다중을 표방하고 있다 [그림 8]. 이런 식으로 single screen에서 정보 공유 및 사적 정보 보호를 혼합하고 통합하기 위한 방법은 인간과 컴퓨터 상호작용에 새로운 패러다임을 제공하게 되었다.

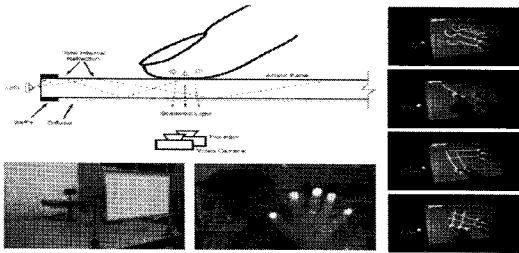


그림 7. FTIR 원리를 이용한 멀티-터치 감지

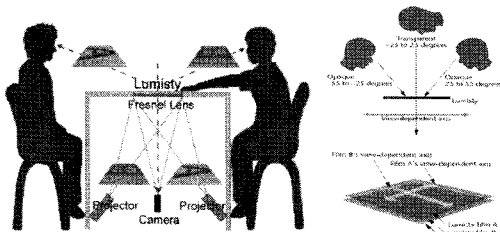


그림 8. 하나의 스크린에 공유 정보 및 개인 정보가 통합된 형태인 LumisightTable

V. 테이블-탑 디스플레이의 투사방식 분류

가장 많이 사용되는 접근 방식은 높은 선반이나 천장에 카메라와 프로젝터를 설치하는 상부투영 접근 방식이다. 비-시각 기반 방법을 사용하는 capacitive sensing 방식은 스크린이 불투명하기 때문에 이 설치방식을 취하고 있으며 다음과 같은 장단점을 보여준다. 무거운 프로젝터의 천장 설치는 어렵고, 위험하고 특별한 하드웨어 설치를 요구한다. 그리고 일단 설치가 완료되면 시스템과 스크린 시스템을 쉽게 옮길 수가 없다. 종종 작동하는 동안에 구조물에서 나타나는 작은 진동은 문제를 만들어 낼 수 있으며 카메라 보정을 유지하는 것을 어렵게 한다. 또한 사용자 고유의 머리와 손은 시스템과 상호작용을 하는 동안에 투영된 영상과 겹칠 수 있어 이미지의 왜곡을 일으킨다. 상부투영 방식을 사용하는 비전기 기반 방법들의 대부분은 스크린에 손가락의 접촉을 강건하게 인식하지 못한다는 단점이 존재한다. 또 다른 방식은 후방투영 접근방식으로서 확산제를 부착한 투사 스크린에 프로젝터와 카메라를 테이블 안에 설치하는 것이다. 이런 구

성은 테이블 표면 밑에 사용자 다리를 넣을 만한 충분한 공간을 가진 큰 디스플레이 테이블 시스템을 구성하기 어렵다. 하지만 이 방식은 physical objects를 사용한 시스템 제어 및 디지털 세계와 물리적 세계의 통합 구현이 가능하도록 해준다. 또한 이 방식의 대부분은 카메라를 사용하므로 적은 비용으로 고해상도의 터치 영상을 획득할 수 있는 장점이 있다.

VI. 테이블-탑 디스플레이 응용의 예

현재 테이블 탑 관련 기술들은 가장 흔한 지도검색, 가상키보드 및 사진 편집과 같은 응용 [그림 9]에서 점차 벗어나고 있다. Physical objects를 인간과 인간의 상호작용의 매개체로 활용하고 있으며 이를 이용해 Augmented Reality의 구현으로 점차 그 범위가 확대되고 있다. 이 기술을 응용한 예로서 마커를 이용한 도시 건설 시뮬레이션, 전자책 구현 [그림 11]을 비롯하여 Lumisight Table에서의 투영된 영상과의 관계를 이용한 이벤트 발생 등을 들 수 있다[11]. 다른 측면에서는 여러 명이 동시에 작동함으로써 그 흥미 요소를 배가시키는 "MarbleMarket"과 "TetraTetris"같은 게임 및 눈으로 보는 것을 바로 들 수 있는 "What you see What you hear(HyperScore GUI)" 같은 시스템이 있다 [그림 10]. 가장 최근의 연구로서 뉴욕대는 멀티-터치 기술을 이용해 다양한 상호작용의 데모 [그림 12]를 선보였는데 이는 테이블 탑 디스플레이의 발전 가능성과 그 중요성을 일깨워준 계기가 되었다.

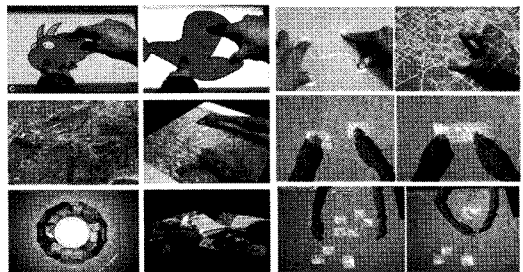


그림 9. 지도검색과 사진편집을 위한 프로그램 제어

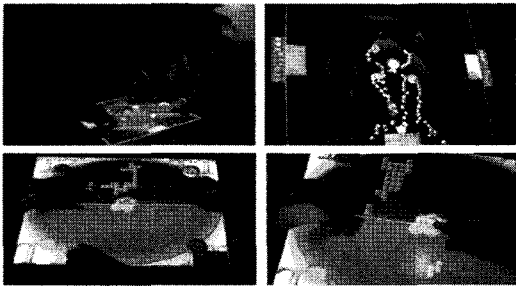


그림 10. 테이블-탑 디스플레이의 게임 응용의 예

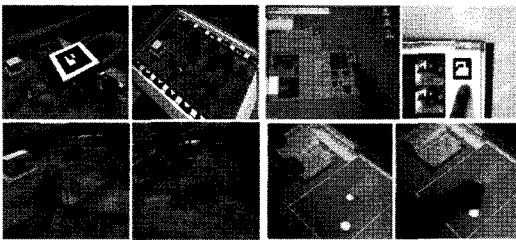


그림 11. 마커를 이용한 AR구현 및 전자책 구현

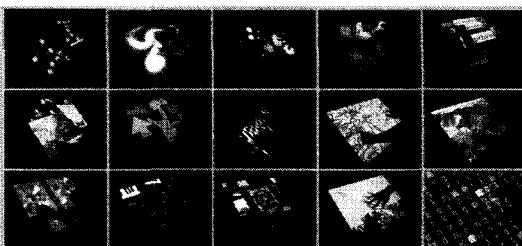


그림 12. 뉴욕대의 다양한 멀티-터치 상호작용의 예

VII. 결론

본 논문에서는 협력적인 상호작용을 위한 멀티터치 테이블-탑 디스플레이 기술의 최근 연구 동향과 터치 센싱 원리 및 그 응용에 대해서 기술하였다. 또한 협력적인 상호작용을 위한 테이블-탑 디스플레이 시스템을 디자인하기 위한 4가지 중요사항을 제공하였다. 이 중요지침은 다른 작업환경보다 작업 상황을 공유할 수 있는 테이블의 장점을 이용하여 협동적인 작업을 쉽게 통합할 수 있도록 도와줄 것이다.

현재는 멀티-유저의 멀티-터치 인식은 가능하지만 사용자간의 영역제한을 통한 방법을 제외하고는 어떤 사용자가 현재 작동 중인지는 모른다. 따라서 상황 인지적 측면이 추가되어 활성화된 사용자를 찾아낼 수 있다면 비로서 테이블-탑 디스플레이의 가장 큰 장점인 Collaborative work의 실현이 비로소 가능하다고 생각한다.

테이블-탑 디스플레이 기술은 인간과 컴퓨터의 자연스러운 의사소통을 위해서 반드시 해결해야 할 문제이며, 향후 지속적인 연구 개발이 필요한 분야이다. 인간이 도구에서 자유로워질 때까지, 더 나아가 네 가지 원소(인간, 컴퓨터, 물리적 객체, 투영된 객체)의 정서적인 교류가 가능해질 때까지 테이블-탑 디스플레이 분야의 연구는 꾸준히 진전되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] In the section of "Emerging technologies," of ACM SIGGRAPH Full Conference, 2006.
- [2] M. Matsushita, M. Iida, T. Ohguro, Y. Shirai, Y. Kakehi, and T. Naemura, "Lumisight Table: A face-to-face collaboration support system that optimizes direction of projected information to each stakeholder," In Proceedings of CSCW2004, pp.274-283, 2004.
- [3] Y. Kakehi, M. Iida, T. Naemura, Y. Shirai, M. Matsushita, and T. Ohguro, "Lumisight Table: Interactive View-Dependent Tabletop Display," In Proceedings of IEEE Computer Graphics & Applications, Vol.25, No.1, pp.48-53, 2005.
- [4] P. Dietz and D. Leigh, "DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology," In Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.219-226, 2001.
- [5] J. Y. Han, "Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection," In Proceedings of the 18th Annual ACM

Symposium on User Interface Software and Technology, pp.15-118, 2005.

[6] S. Malik and J. Laszlo, "Visual Touchpad: A Two-Handed Gestural Input Device," In Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces, pp.289-296, 2004.

[7] N. Matsushita and J. Rekimoto, "HoloWall: Designing a Finger, Hand, Body, and Object Sensitive Wall," In Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.209-210, 1997.

[8] J. Rekimoto, "SmartSkin: An Infrastructure for Freehand Manipulation on Interactive Surfaces," In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.113-120, 2002.

[9] K. Oka, Y. Sato, and H. Koike, "Real-Time Tracking of Multiple Fingertips and Gesture Recognition for Augmented Desk Interface Systems," In Proceedings of the Automatic Face and Gesture Recognition, pp.429-434, 2002.

[10] A. D. Wilson, "TouchLight: An Imaging Touch Screen and Display for Gesture-Based Interaction," In Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces, pp.69-76, 2004.

[11] H. Koike, Y. Sato, Y. Kobayashi, H. Tobita, and M. Kobayashi, "Interactive textbook and interactive venn diagram: natural and intuitive interfaces on augmented desk system," In Proceedings of the CHI, pp.121-128, 2000.

[12] A. Wilson, "PlayAnywhere: A Compact Interactive Tabletop Projection-Vision System," In Proceedings of User Interface Software and Technology, pp.83-92, 2005.

저자 소개

김 송 국(Song-Gook Kim)

준회원



- 2004년 2월 : 조선대학교 컴퓨터 공학과 (공학사)
- 2007년 2월 : 전남대학교 컴퓨터 정보통신공학과 (공학석사)

<관심분야> : HCI, 제스처 인식, Tabletop Display

이 칠 우(Chil-Woo Lee)

정회원



- 1986년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1992년 2월 : 동경대학교 전자공학과 (공학박사)

- 1992년 2월 ~ 1995년 : 일본 이미지정보과학연구소 수석연구원
- 얼굴인식 및 제스처인식 등의 휴먼인터페이스 관련 연구수행
- 1996년 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

<관심분야> : 디지털콘텐츠, 3차원 컴퓨터 비전, 영상 처리, 컴퓨터 그래픽스