

적외선 카메라 기반의 탠저블 인터페이스를 활용한 인터랙티브 테이블탑 디스플레이 시스템 개발

김민영*, 박경신**, 조용주***

*상명대학교 컴퓨터학과

**단국대학교 컴퓨터학부 멀티미디어공학전공

***상명대학교 디지털미디어학부

e-mail : pupleshine@gmail.com

A Development of Interactive Tabletop Display System Using Infrared Camera based Tangible Interface

Minyoung Kim*, Kyoung Shin Park**, Yongjoo Cho***

* Department of Computer Science, Sangmyung University

** Computer Division, Multimedia Engineering Major, Dankook University

*** Department of Digital Media, Sangmyung University

요 약

정보 과학 기술의 발전과 생활 수준의 향상이 가속화되면서 주변 환경을 구성하는 가구나 공간 조차도 정보 통신과 컴퓨터 기능이 내재된 인간과 상호작용할 수 있는 개념으로 확장되고 있다. 또한 비즈니스의 규모가 방대해지면서 협업이 필요성이 증가되는 가운데 단일 사용자에게 맞춰진 표준 데스크탑을 대체할 새로운 기기와 인터페이스에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 연구에서는 이런 패러다임에 맞춰 선호되고 있는 테이블탑 컴퓨팅을 다수의 LCD 와 PC 를 포함하는 분산 하드웨어 방식의 고해상도 대형 디스플레이로 구성하고, 다중 사용자의 입력을 동시에 처리할 수 있는 적외선 카메라를 활용한 마커 인식 기반의 탠저블 인터페이스를 개발하였다. 그리고 이 시스템에서 동작하는 고해상도 이미지 뷰어와 퍼베이스브 블록 격과 게임 응용프로그램을 구현하였다.

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 모든 사물에 컴퓨터가 내재되고 네트워크로 연결되어 상호 정보 교환이 가능하다. 현재 이러한 유비쿼터스 환경에서 새로운 형태의 디스플레이 기기로서 사용자와 상호작용이 가능한 테이블탑이나 벽면 디스플레이 활용이 관심을 끌고 있다. 그러한 사례로써 미국 미즈비시연구소의 DiamondTouch [1]나 마이크로 소프트사의 Surface [2]와 과학적 가시화를 위한 미국 전자시각화연구소의 LambdaTable [3] 등이 있다. 특히 여러 사용자들이 사회적인 상호작용을 하며 함께 협업하는 환경으로써 테이블탑 디스플레이가 주목 받고 있다.

현재까지 대부분의 테이블탑 디스플레이 시스템은 주로 단일 시스템과 터치 스크린 인터페이스를 통해 구현되는 프로젝터 기반의 디스플레이이다[1][2][4]. 이와는 다르게 본 연구에서는 저렴하고 고해상도를 제공하는 분산 테이블탑 디스플레이를 구축하였다. 여러 대의 LCD 와 PC 로 타일드 디스플레이 형태로 구성된 분산 테이블탑 디스플레이 시스템은 기존의 빔 프로젝터를 이용한 단일 디스플레이 시스템에 비하여 비용이 저렴하며, 단일 대형 디스플레이 구현에 관한 기술적인 제약에 구애되지 않고 충분한 크기로

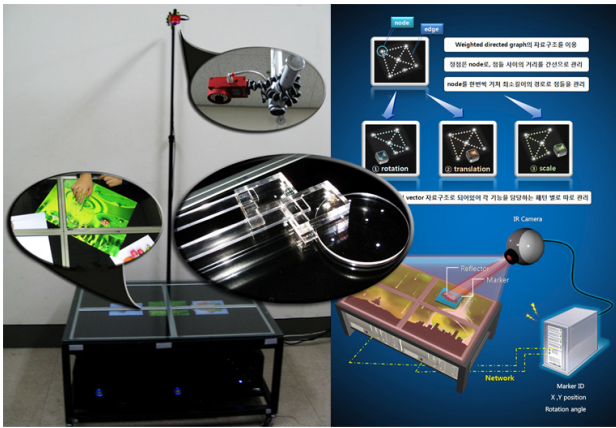
확장 가능하다.

그러나 클러스터 환경의 분산 하드웨어 구성으로 인하여 응용프로그램 개발의 복잡도가 높아지는 문제가 있다. 하지만, 대용량의 컴퓨팅 파워를 창출할 수 있기 때문에 고화질에 높은 성능이 요구되는 과학적 정보 가시화나 3 차원 지리정보시스템, 첨단 의료 디스플레이, 복잡한 시뮬레이션이나 대규모 자원 관리가 요구되는 게임 분야 등에 효과적으로 적용될 수 있다.

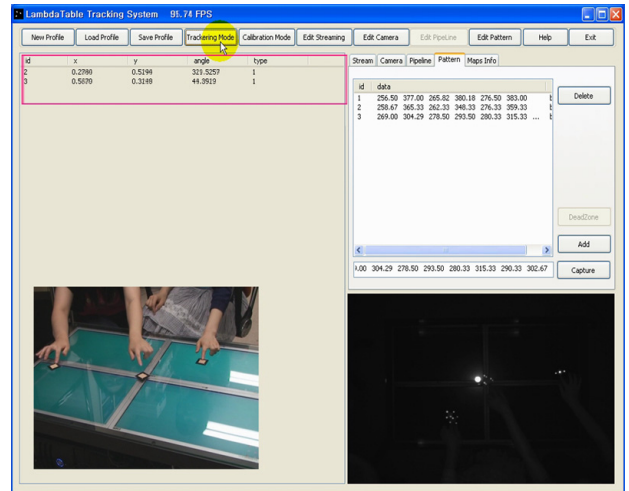
본 논문에서는 테이블탑 디스플레이 시스템과 이 분산 시스템에서 운용되는 응용프로그램을 위한 프레임워크인 EBITA 프로젝트에 대하여 설명한다. EBITA 프로젝트에서 사용자들의 상호작용 처리를 위해 개발한 적외선 반사 마커와 카메라를 이용한 탠저블 인터페이스를 기술하고, 이러한 플랫폼을 기반으로 저작된 응용프로그램으로 고해상도 이미지 뷰어와 퍼베이스브 블록 격과 게임을 소개한다. 마지막으로, 결론과 향후의 연구 방향에 대해 논한다.

2. EBITA Project

미래에는 책상, 바닥 등에 고해상도 타일드 디스플레이가 많이 설치되어 사용자와의 인터랙션이 가능한 활용이 많아 질 것으로 예상된다. 이에 따라 분산 타



(그림 1) 분산 테이블탑 시스템과 적외선 카메라를 이용한 마커 인식



(그림 2) 적외선 카메라 기반의 트래킹 시스템

일드 디스플레이 테이블탑 시스템에서 사용자 상호작용이 가능한 컴퓨터 그래픽스 응용프로그램의 개발을 도와주기 위하여 EBITA (Environment for Building Interactive Tabletop Application) 프로젝트가 진행되었다.

2.1 분산 테이블탑 디스플레이

그림 1 은 2×2 타일드 디스플레이를 테이블의 형태로 구성한 분산 테이블탑 시스템을 보여주고 있다. 본 분산 테이블탑 시스템은 펜티엄 기반의 듀얼 코어 PC 2 대와 20 인치 LCD 모니터 4 대로 제작되었다. 테이블탑 디스플레이는 모니터 4 대를 사용하여 Full HD(1920×1080) 해상도의 3 배가 넘는 초고해상도 (3360×2100)의 대형 디스플레이 환경을 제공한다.

2.2 컴퓨터 비전 기반의 탠저블 인터페이스

일반적으로 테이블탑 디스플레이의 상호작용 메타포는 디스플레이 표면에서 직관적으로 다중 사용자의 동시적인 입력을 처리할 수 있도록 설계된다. 본 연구에서는 적외선 컴퓨터 비전을 활용한 탠저블 인터페이스를 통해 사용자의 입력을 지원하고 있다.

분산 테이블탑 디스플레이의 상단에는 그림 1 에 보인 것처럼 OptiTrack[5] 카메라가 사용된다. 그리고 그림 중앙에 보이는 것과 같은 투명한 탠저블 아크릴 인터페이스에는 직경 2mm 이내에 적외선을 반사할 수 있는 안료가 입혀진 특수 스티커가 작은 점들처럼 패턴을 이루고 있다. 이러한 적외선 마커는 카메라의 렌즈 둘레에 촘촘히 위치한 LED 에서 방출하는 장파의 적외선을 강하게 반사하기 때문에 적외선 카메라로부터 얻은 영상을 살펴보면 스티커들이 부착된 위치들만이 하얀 점으로 나타난다

그림 2 에 보이는 카메라 트래킹 소프트웨어는 전자시각화연구소 (EVL; Electronic Visualization Laboratory)에서 개발한 람다 테이블 위치 추적 시스템을 새롭게 보완한 컴퓨터 비전기반의 시스템이다. 이 시스템은 카메라가 인식할 테이블의 크기와 조명이 정면 반사되어 인식이 불가능한 사각지대를 설정할 수 있고 마커의 정지 영상을 촬영하여 사용자가 부여한 정수 타입의 고유 식별번호와 함께 간단하게

패턴을 등록할 수 있다.

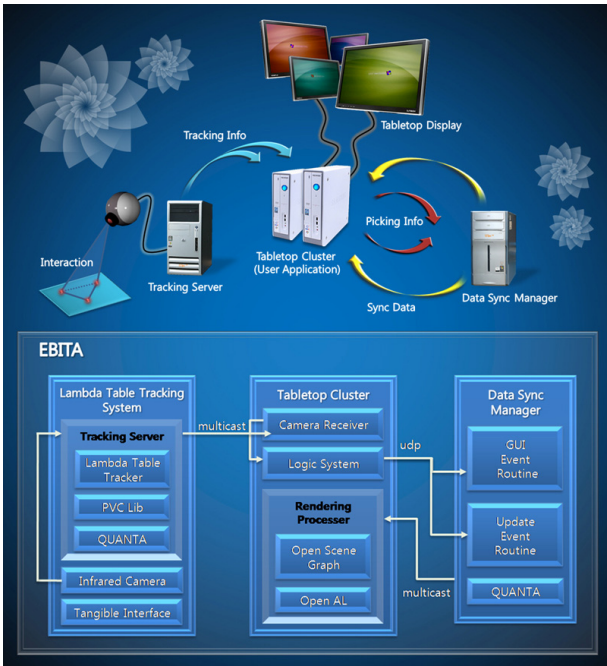
적외선 카메라의 초기화 작업에서는 감지된 흰 점들의 상대적인 좌표를 추출하기 위해서 테이블의 크기를 인지하고 테이블의 좌측 하단을 원점으로 하는 0 에서 1 로 정규화된 2 차원 기준 좌표계를 지정한다. 그리고 각 정점의 위치와 정점 사이의 거리를 노드와 간선으로 관리하는 벡터 구조의 가중치 방향 그래프를 구성하여 최단 진행 경로와 삼각 꼴을 이루는 간선의 사이 각에 대한 정보로 하나의 고유한 마커의 패턴 정보를 식별한다. 따라서 어떤 물체에 작은 스티커 조각들이 삼각 이상의 정점 패턴을 이루도록 부착함으로써 손쉽게 다양한 모양의 탠저블 인터페이스를 만들 수 있다.

하나의 마커 인터페이스에 대해서는 일치하는 것으로 추정되는 패턴의 ID 와 정규화된 테이블 좌표 내에서의 상대적인 위치 및 회전 각에 대한 정보가 계산된다. 적외선 카메라 기반의 탠저블 인터페이스는 동시에 여러 개의 마커를 실시간으로 인식할 수 있으며 하나의 마커에 부착된 특정 정점을 가림으로써 생성되는 다양한 패턴에 저마다 고유 ID 를 부여함으로써 하나의 마커를 활용하여 버튼 인터페이스와 같은 형태로 쓸 수 있다.

2.3 분산 시스템 인터랙티브 그래픽 프레임워크

그림 3 은 EBITA 프레임워크의 전체적인 구조를 보여준다. 분산 테이블탑 시스템을 운용하기 위해 개발된 EBITA 프레임워크는 크게 카메라 트래킹 시스템, 테이블탑 클러스터 노드, 데이터 동기화 모듈로 구성된다. 이 프레임워크는 윈도우 운영체제 기반에서 C++과 Open Scene Graph[6], OpenAL SDK[7], Quanta 네트워크 라이브러리[8]를 통해 개발되었다.

적외선 카메라와 컴퓨터 비전 기반의 탠저블 인터페이스를 지원하는 카메라 트래킹 모듈에서는 기존의 마우스나 키보드, 터치 스크린을 대체하여 사용자의 입력을 처리한다. 테이블탑 클러스터 노드는 트래킹 서버에서 전달받은 사용자의 상호작용 명령을 프로그램 논리에 반영하여 시뮬레이션 정보 생성하고 데이



(그림 3) EBITA 프레임워크



(그림 2) 이미지 뷰어



(그림 3) 블록 격파 게임

터 동기화 관리자로부터 동기화된 데이터와 렌더링 신호를 전달받아 테이블탑의 화면을 갱신한다. 이 노드는 렌더러의 역할 뿐만 아니라 각자의 디스플레이 영역에서 발생한 사용자 입력을 스스로 처리할 수 있다.

데이터 동기화 관리자는 각 테이블탑 클러스터 노드로부터 전송된 메시지를 메뉴 선택과 같은 GUI 이벤트와 물체의 이동, 사용자의 움직임, 그 외에 소프트웨어의 특성에 따라 공유되어야 할 프로그램 상태 변화와 관련된 업데이트 이벤트로 나누어 관리한다. 데이터 동기화 관리자는 모든 클러스터가 동일한 프로그램 상태를 유지할 수 있도록 취합한 메시지를 동기화해 렌더링 신호와 함께 묶인 메시지를 모든 클러스터 노드들로 돌려준다.

3. 이미지 뷰어

최근 시중에 유통되고 있는 대다수의 디지털 카메라가 800 만 화소 이상을 제공하고 있다. 앞서 소개한 고해상도 분산 테이블탑을 통해 이러한 고화질의 정지 영상을 충분한 해상도로 재생할 수 있도록 지원하기 위해 이미지 뷰어를 개발했다. 그림 4에 보여지는 이미지 뷰어는 사용자가 지정한 폴더에 있는 모든 이미지를 테이블탑 화면에 공유하여 볼 수 있도록 해주며, 전체 화면을 이동할 수 있을 뿐만 아니라 투명한 원형 탠저블 인터페이스를 이용하여 각 이미지를 개별적으로 선택하여 자유롭게 이동시키거나 크기를 조정하거나 회전시킬 수 있다.

아크릴 소재의 원형 인터페이스에는 작은 적외선 반사 스티커 조각들이 그림 1의 오른쪽 상단에 보이는 것과 같은 6개의 정점 패턴을 이루어 부착되어 있다. 그리고 패턴 하단의 직선을 이루는 3개의 정점에는 작게 기능을 암시하는 알파벳이 표시되어 있는

데 각 정점을 손가락으로 가리고 원형 인터페이스를 밀거나 회전하는 방식으로 바로 손 아래 있는 이미지를 선택하여 조작할 수 있도록 하였다.

4. 블록 격파 게임

근래의 컴퓨터 게임 산업은 화려한 그래픽과 풍부한 사운드를 제공하는 기존 비디오 게임의 특성에 더하여 닌텐도사의 Wii와 같이 사용자의 신체적인 움직임과 사회적인 상호작용을 풍부하게 결합할 수 있는 방향으로 나아가고 있다. 그림 5에 나타난 블록 격파 게임은 전통적인 풍[9] 게임을 분산 테이블탑 디스플레이 플랫폼을 기반으로 재구현한 응용프로그램이다.

이 게임은 두 명의 사용자가 테이블의 양 끝에 앉아서 그래픽으로 표현한 분홍색 공을 투명한 탠저블 밀대 인터페이스로 쳐내어 화면 중심에 배치된 블록을 깨고 이로써 점수를 획득하는 것이다. 점수 산정과 승패 판정 방식에 따라 경쟁과 협업의 두 가지 모드가 존재하며, 이미지 뷰어에서 사용한 원형 인터페이스를 통해 대기 화면에서 게임 모드 지정하는 메뉴를 선택할 수 있다. 기본적으로 탠저블 밀대를 이용해 공을 받아내지 못한 사용자가 패하는 것으로 게임이 종료되며 그 외에 모든 블록을 깨뜨리거나 제한된 시간을 경과한 경우에는 획득한 점수를 기준으로 승패가 갈린다.

게임 화면에 배치되는 블록들의 모양은 설정 텍스트 파일로 작성하여 추가할 수 있는데 테이블의 중심

을 기준으로 하는 정수 좌표와 색을 지정하는 알파벳 등으로 표기된다. 매 게임이 시작될 때 사용자가 등록한 블록 패턴 중 하나가 무작위로 선택되며 분홍색 공의 생성 위치와 이동 방향도 임의로 초기화된다. 게임 화면에는 블록들과 공 외에도 각 사용자의 점수나 제한 시간이 보여지며 게임이 끝나면 종료 조건과 승패, 개인과 합산 점수 등이 표시된다.

5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 4 대의 LCD 모니터와 2 대의 PC 로 구성된 분산 테이블탑을 통해 고해상도 대형 디스플레이를 구축하였다. 그리고 적외선 카메라와 마커를 이용한 컴퓨터 비전 인식을 통해 디스플레이 표면에서 사용자의 직관적인 상호작용을 지원할 수 있는 탠저블 인터페이스를 개발하였다. 또한 이러한 플랫폼에서 운용되는 소프트웨어 개발을 위한 EBITA 프레임워크를 소개하고 이를 바탕으로 개발된 고해상도 이미지 뷰어와 퍼베시브 블록 격과 게임에 관해 설명하였다.

추후에는 N 대의 모니터와 M 대의 컴퓨터로 구성되는 분산 테이블탑 시스템에 곧바로 유연하게 대처하여 적용될 수 있는 응용프로그램을 일반화하여 개발할 수 있도록 EBITA 프레임워크를 개선하여 확장하는 연구를 진행할 것이다. 그리고 적외선 카메라 기반의 트래킹 시스템에 향상된 알고리즘을 적용해서 사용자에 의한 마커 가려짐의 문제 등을 보완하여 더욱 안정적인 컴퓨터 비전 기반의 탠저블 입력 인터페이스를 제공할 예정이다.

불과 몇 십 년 사이에 저장 매체나 전송 매체가 다루는 데이터의 양이 기하급수적으로 증가하였듯이 우리의 미래에 사용자가 다루게 될 정보의 양은 지금보다 훨씬 더 방대하고 질 또한 매우 높은 수준일 것으로 예상된다. 분산 테이블탑 디스플레이는 기술적으로 가장 빠르고 손쉽게 이러한 요구에 대처하여 고용량 및 고사양의 콘텐츠를 사용자들에게 직접 디스플레이하고 조작할 수 있는 새로운 작업 공간 및 도구로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] P. Dietz, D. Leigh, "DiamondTouch: a multi-user touch technology", Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp.219-226, 2001
- [2] Microsoft Surface.
<http://www.microsoft.com/surface/index.html>
- [3] Lambda Table
<http://www.evl.uic.edu/cavern/lambdatable/>
- [4] P. Tuddenham, "Distributed tabletops: territoriality and orientation in distributed collaboration", ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '07), pp. 2237-2242, 2007
- [5] OptiTrack.
<http://www.naturalpoint.com/optitrack/products/flex-v100/>
- [6] Open Scene Graph.
<http://www.openscenegraph.org/projects/osg>

[7] OpenAL. <http://connect.creativelabs.com/openal>

[8] K. Park, Y. Cho, M. Krishnaparasad, C. Scharver, M. Lewis, J. Leigh, A. Johnson, "CAVERNsoft G2: a toolkit for high performance tele-immersive collaboration", In the proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp. 8-15, 2000

[9] David Ellis, "Official Price Guide to Classic Video Games: Console, Arcade, and Handheld Games", Random House, pp. 3-4, ISBN 0375720383, 2004