
iTILE 프레임워크를 이용한 인터랙티브 타일드 디스플레이 응용프로그램 개발

The Development of Interactive Tiled Display Applications Using the iTILE Framework

김석환, Seokhwan Kim*, 김민영, Minyoung Kim**, 김수화, Suhwa Kim**, 김지현, Jihyoun Kim***, 민철기, Chul-kee Min***, 조용주, Yongjoo Cho**, 박경신, Kyoung Shin Park***

요약 ~ 미래에는 생활환경 주변에 다양한 용도의 대형 디스플레이 장치가 설치되고 사용자들에게 편리한 상호작용적인 서비스를 제공할 것으로 예측된다. 그러나 대형 디스플레이는 그 물리적 크기 때문에 기존의 마우스와 키보드와 같은 장치로는 효과적인 사용자 인터랙션이 쉽지 않다. 최근 이런 대형 디스플레이를 위한 인터랙션 방법에 대해 많은 연구가 수행되고 있다. 본 논문에서는 타일드 디스플레이 기반의 인터랙티브 응용프로그램 개발을 지원하는 iTILE 프레임워크와 이를 활용하여 테이프 스위치와 적외선 카메라 탠저블 인터페이스 입력장치를 사용한 응용프로그램에 대해 기술한다.

Abstract ~ There will be many large displays in common public places, and we expect that these displays will give users many convenient interactive services. However, due to the physical size, typical mouse and keyboard are not suitable for user interactions on large displays. Recently there are many studies investigating on new interaction techniques and input devices developed for user interactions in a large display. In this paper, we describe the iTILE framework designed to help develop the interactive tiled display applications. Then we describe two iTILE applications using the tape switch interface and the tangible interface with infrared camera and markers.

핵심어: *Large Display, High-resolution Display, Tiled Display, User Interaction,*

본 연구는 한국과학기술정보연구원이 수행하는 기초기술연구회 협동연구사업의 일환으로 이루어졌습니다.

*주저자 : 상명대학교 컴퓨터학과 김석환 e-mail: compedian@gmail.com

**공동저자 : 상명대학교 디지털미디어학부 김민영 e-mail: pupleshin@gmail.com

**공동저자 : 상명대학교 디지털미디어학부 김수화 e-mail: koujilv@gmail.com

***공동저자 : 단국대학교 컴퓨터학부 멀티미디어전공 김지현 e-mail: jyeony16@nate.com

***공동저자 : 단국대학교 컴퓨터학부 멀티미디어전공 민철기 e-mail: min432@nate.com

**공동저자 : 상명대학교 디지털미디어학부 조용주 교수 e-mail: ycho@smu.ac.kr

***교신저자 : 단국대학교 컴퓨터학부 멀티미디어전공 박경신 교수 e-mail: kpark@dankook.ac.kr

1. 서론

최근에는 지하철역, 버스 정류장, 대형 빌딩 등에 대형 디스플레이를 광고 및 공공 정보를 보여주는 목적으로 설치한 것을 볼 수 있다. 지금 현재에는 이러한 디스플레이들은 주로 단일 디스플레이로 구성되어 있는데 점점 더 큰 디스플레이를 만드는데 필요한 기술력이나 시장성은 부족한 상황이다. 타일드 디스플레이는 여러 개의 컴퓨터를 각각의 모니터에 연결하고 동기화된 방식으로 화면을 재생하여 마치 하나의 디스플레이를 보는 것과 같은 효과를 준다. 또한 여러 개의 모니터와 컴퓨터를 활용하기 때문에, 기존의 대형 화면 디스플레이에 비해 고해상도이면서도 큰 화면을 비교적 저렴하게 구축할 수 있다는 특징을 가진다[1].

현재의 대형 디스플레이 시스템은 동영상이나 광고 사진 등을 보여주는 단방향성 매체이지만, 유비쿼터스 컴퓨팅 개념이 확산되면서 사용자의 요구 또는 의도를 파악하여 상황인식에 따른 서비스를 제공하는 디스플레이로 발전할 것으로 보인다. 이러한 사용자와의 상호작용을 제공하는 대형 디스플레이 시스템에서는 좀 더 효율적인 사용자 인터랙션을 지원하는 것이 필요하다. 하지만 사용자 인터랙션이 가능한 타일드 디스플레이 응용프로그램을 개발하기 위해서는 기존의 단일 컴퓨터용 응용프로그램을 만들기 위한 기술과 더불어 분산 컴퓨터간의 통신을 위한 고급 네트워크 프로그래밍, 자원관리 등의 기술이 요구된다.

우리는 타일드 디스플레이 응용프로그램 개발에 필요한 기술을 모듈화하고 여러 가지 입력 장치를 통하여 인터랙션을 지원하는 iTILE 프레임워크를 개발하였고, 이를 활용해 인터랙티브 타일드 디스플레이 응용프로그램에 대해 개발했다. 본 논문에서는 먼저 타일드 디스플레이 시스템과 기존의 타일드 디스플레이를 위한 프레임워크에 대해 설명하고, 새로운 타일드 디스플레이 프레임워크인 iTILE에 대해 간단히 설명한다. 그리고 iTILE을 사용하여 개발한 태이프 스위치 입력 장치를 활용한 AF*게임과 마커방식 카메라 트래킹을 활용한 테이블탑 고해상도 이미지 뷰어에 대해 설명한다.

2. 관련연구

타일드 디스플레이는 현재의 단일 디스플레이 기술로 생산하기 힘든 고해상도 대형 디스플레이를 재현할 수 있다. 타일드 디스플레이는 수십 개의 빔 프로젝터 또는 LCD 모니터를 이용해 제작되는 것으로 단일 디스플레이보다 고해상도의 대형 디스플레이를 저렴한 가격으로 생산할 수 있는 경제성과 다양한 크기의 디스플레이로 변경 가능한 확장성이 있다. 예를 들어, 단일 기기로 가장 고해상도인 Sony 사의 CineAlta 4K SRX-R220 프로젝터의 경우에는 약 1 억원을 상회하는데 반해, 타일드 디스플레이는 약 100 만원 정도의 저렴한 컴퓨터 수십대로 구성이 가능하며, 쉽게 크기를 확장할 수 있다. 그러나 타일드 디스플레이는 여러 개의 분산컴퓨터에서

응용되기 때문에 이를 위한 소프트웨어의 복잡도가 상대적으로 높은 단점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 타일드 디스플레이 프레임워크들이 개발되었는데, 기존 프레임워크들은 사용자 인터랙션 지원보다는 병렬 렌더링에 중점을 두고 있거나 타일 디스플레이에서 응용프로그램의 실행을 목적으로 하고 있다. 그 예로 WireGL 과 Chromium 은 미국 스탠포드 대학교에서 클러스터 컴퓨터를 활용하여 고해상도 영상의 실시간 렌더링을 위해 만들어진 병렬 렌더링 프레임워크이다[2,3]. Equalizer 는 스위스의 Zurich 대학교에서 제작한 프레임워크로 이 역시 병렬렌더링을 주목적으로 한다[4]. 하지만, WireGL 과 Chromium 과 달리 각각의 컴퓨터에 렌더링할 때 필요한 가상 카메라의 위치 정보, 각 디스플레이의 위치를 고려한 뷰포트 정보를 전송하여 각각의 컴퓨터가 자신의 영역만을 렌더링하게 한다. GARUDA 는 인도의 Deemed 대학교에서 만든 프레임워크로 Open Scene Graph(OSG)를 기반으로 하고, 실시간으로 삼차원 영상을 렌더링한다[5]. 그러나 OSG 그래픽 라이브러리가 수정되면 GARUDA 도 동시에 수정되어야 하는 의존성을 가지고 있다. SAGE 는 미국 시카고대학의 전자시각화 연구소에서 만든 미들웨어로 실시간으로 고해상도 비디오와 이미지를 초고속 네트워크를 통한 스트리밍을 통해 가상의 프레임 버퍼에 채움으로서 타일 디스플레이를 실현한다[6].

한편 타일드 디스플레이와 같이 대형 디스플레이에서의 사용자 인터랙션 연구도 많이 진행되었다. Agarawala 는 대형 디스플레이 전체에 걸쳐 흩어져 있는 파일을 좀 더 쉽게 모을 수 있는 올가미 인터랙션을 개발했다[7]. 사용자가 펜을 이용하여 원을 그리면, 그 원 안의 모든 물체는 선택이 되는 방식이다. Shahzad Malik et. al.은 멀티터치패드를 이용하여 사용자의 손가락의 제스처를 인식함으로써 전체 디스플레이를 제어할 수 있는 인터랙션을 개발했다[8]. 터치패드는 반으로 나뉘어 한쪽은 디스플레이 전체와 맵핑이 되고, 다른 한쪽은 특정 윈도우와 맵핑이 된다. 이 때 사용자는 전체 화면에 맵핑된 영역에 손가락을 이용해 특정 제스처를 취하면 시스템이 이에 반응을 한다.

3. iTILE 프레임워크

3.1 iTILE 프레임워크 구조

iTILE 은 타일드 디스플레이 시스템에서 사용자의 인터랙션이 지원되는 3 차원 그래픽 프로그램을 쉽게 작성할 수 있으며, 여러 개의 프로그램을 동시에 실행시킬 수 있도록 설계되었다. 또한, 추후에 더 높은 해상도로 시스템을 확장하거나, 시스템을 구성하는 모니터 등의 크기가 바뀌는 등의 경우를 대비하여 시스템의 외관적 정보(모니터의 개수, 각 모니터의 해상도)를 실행 시, 설정파일을 이용해 공급받고 이런 정보에 영향을 받는 값들을 초기화시에 동적으로 계산을 하는 구조를 가지고 있다. iTILE 프레임워크는 윈도우즈 운영체제에서

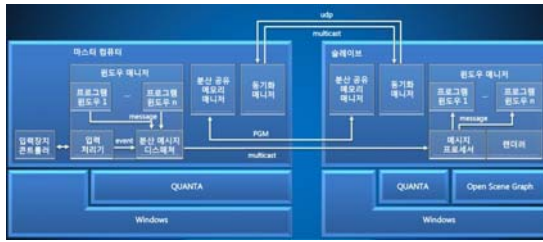


그림 1 iTILE 프레임워크 구조

개발되었고, 네트워크 처리는 윈도우즈의 Winsock2 를 활용한다. 그리고 슬레이브 컴퓨터에서는 3 차원 그래픽 렌더링을 위해 OSG 라이브러리를 이용한다.

마스터/슬레이브 컴퓨터들로 구성되는 타일드 디스플레이 시스템에서 동작하는 프로그램의 개발을 위해, iTILE 도 그림 1 에 보인 것처럼 마스터와 슬레이브용 모듈로 구성된다. 마스터 모듈은 입력장치와 연동하는 입력 모듈, 입력을 받아서 윈도우에 해당되는 이벤트와 메시지로 변환하는 윈도우 매니저, 메시지를 슬레이브 컴퓨터로 전달하는 분산 메시지 디스패처, 분산 컴퓨터 간에 데이터를 공유할 수 있도록 해주는 분산 공유 메모리 매니저, 여러 렌더링 노드의 화면을 동시에 그림을 그릴 수 있도록 해주는 동기화 매니저 등이 있다. 슬레이브에는 각각의 프로그램 윈도우를 관리하는 윈도우 매니저, 3 차원 그래픽 장면을 렌더링하는 렌더러, 마스터로부터 받은 메시지를 처리하는 메시지 프로세서 등으로 구성된다.

3.2 입력장치 처리

iTILE 의 목적은 타일 디스플레이기반의 인터랙티브 응용프로그램 개발의 지원이다. 따라서 다양한 입력 장치의 지원은 필수적이다. 하지만, 프레임워크 개발 시점에 응용프로그램이 사용할 입력 장치가 무엇인지 알 수 없기 때문에 입력 장치가 몇 개의 입력을 가지고 있고 각각의 입력이 어떤 형태의 값을 입력할지 알 수 없다. 따라서 다양한 입력장치를 지원할 수 있는 일반적인 입력장치 지원 모듈이 필요했다. 이를 위해 프레임워크는 입력장치에서 공급하는 값(즉, 원시 데이터)을 그대로 분산 공유 메모리를 통해 공유하는 법과 원시 데이터를 프로그램이 이해할 수 있는 형태로 변경한 값(즉, 가공 데이터)을 사용할 수 있는 두 가지를 모두 지원한다.

원시 데이터 방식은 기본적으로 입력 데이터의 크기에 제한을 두지 않기 때문에 n 개의 버튼을 가진 장치도 지원이 가능하다. 하지만, 이는 원시 데이터가 그대로 응용프로그램에 특화된 형태로 사용되기 때문에 재사용성이 떨어진다. 가공된 데이터 방식은 반대로 원시 데이터 값을 분석하여 프레임워크가 제공하는 구체적인 인터랙션에 맵핑한다. 이 방식은 원시 데이터 방식에 비해 재사용성은 높으나, 프레임워크가 제공하지 않는 인터랙션을 구현하고자 할 때 문제가 된다. 이를 해결하기

위해 프레임워크는 사용자가 콜백함수를 등록할 수 있도록 하여 새로운 인터랙션 개발시 사용할 수 있도록 했다.

3.3 분산 공유 메모리

iTILE 에서는 분산 공유 메모리(DSM: Distributed Shared Memory)로 데이터 공유 기능을 구현하여 슬레이브 컴퓨터 간에 상태 등을 공유할 수 있도록 한다. 이미 많은 연구자들이 DSM 을 시스템 또는 운영체제 차원에서 또는 프로그래밍 라이브러리의 형태로 구현한 바 있다[9]. 하지만 본 연구에서는 다른 연구처럼 일반화된 공유 메모리 시스템이 아니라, 간단한 형태의 데이터 공유를 필요로 하므로, 작은 양의 데이터를 공유시킬 수 있는 최소한의 기능을 갖추고, 간단하게 사용할 수 있는 경량급 분산 공유 메모리(Lightweight Distributed Shared Memory) 기법을 구현하였다.

iTILE 의 공유 메모리는 RFC 3208 에 기술되고 Microsoft 사가 Winsock2 를 통해 구현한 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜인 PGM[10]을 이용해 구현되었다. 최초의 모든 슬레이브는 공유 메모리 관리자가 위치한 컴퓨터에 TCP 소켓을 연결하고, 멀티캐스트 리플렉터와 연결한다. 그 후, 슬레이브는 공유 메모리에 값을 쓰거나 할 때, 공유 메모리 관리자에게 TCP 소켓을 통해 락(Lock)을 요청한다. 락이 주어지면, 변수의 값을 변경시키고 다시 언락(Unlock)을 요청한다. 이 때, 리플렉터는 TCP 소켓을 통해 받는 값을 멀티캐스트 프로토콜을 통해 모든 슬레이브에 전송한다. 따라서 어떤 한 개의 슬레이브 컴퓨터가 리플렉터로 어떤 데이터를 전송하면 그 값은 모든 슬레이브 컴퓨터에 전달되어 결과적으로 모든 슬레이브 컴퓨터는 같은 값을 공유할 수 있게 된다.

4. 테이프 스위치를 활용한 AF* 게임

4.1 테이프 스위치 인터페이스

테이프 스위치는 청색 테이프 모양으로 사용자가 밟으면 이를 인지하여 현재 사용자의 위치를 추적할 수 있다. 각 스위치는 최초 상하 전극판이 떨어진 OFF 상태이다가 사용자가 올라가면 몸무게의 하중에 상부 전극판이 굽어져 하부 전극판과 접촉되어 ON 상태가 된다. AF* 게임을 위해서 20 개의 테이프 스위치를 약 5cm 간격으로 배치하였고 ATmega128 을 사용하여 각 스위치로부터 입력을 받아 시리얼 통신을 이용해 컴퓨터에 값을 전달하는 프로그램을 개발했다. 테이프 스위치는 기존 가상현실 연구에서 사용되던 비전 트래킹 또는 자기장 트래킹에 비해 단순히 대략적인 사용자의 위치만을 받는다. 하지만, 기존 트래킹 장비에 비해 설치 및 이동이 쉽다.

4.2 타일드 디스플레이 AF* 게임

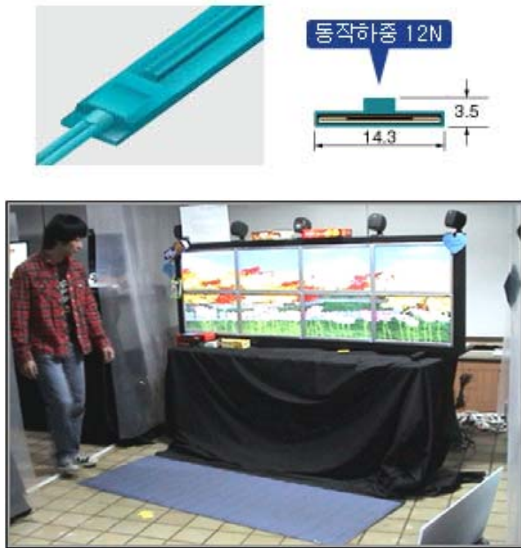


그림 2 테이프 스위치 (위) AF* 게임 (아래)

그림 2 은 iTILE 프레임워크를 사용해서 개발한 타일드 디스플레이에서 사용자 인터랙션을 위해 테이프 스위치 입력장치를 활용한 AF* 응용프로그램의 실행 모습이다. 가상세계에는 가을을 대표하는 코스모스 꽃, 단풍나무, 잠자리가 보인다. 공원의 단풍나무나 벤치와 배경 꽃은 정적으로 배치되어 있고, 하늘의 구름은 일정한 속도로 회전을 하고 있다. 그리고 잠자리는 난수를 이용해 끊임없이 움직인다. 이 프로그램에서는 사용자가 테이프 스위치를 밟은 위치를 파악하여, 사용자 위치 앞에 있는 코스모스들이 바람에 흔들리는 모습을 애니메이션으로 보여준다.

이 응용프로그램에서는 iTILE 을 활용해서 동적으로 움직이는 개체의 정보 공유(즉, 사용자 인터랙션에 따라 움직이는 코스모스, 서서히 움직이는 하늘의 구름, 난수로 움직이는 잠자리)와 새로운 테이프 스위치 입력 장치를 지원하는 입력 컨트롤러 모듈을 개발했다. iTILE 에서 제공하는 분산 공유 메모리를 활용하여 동적으로 움직이는 개체의 정보 공유를 지원했다. 프로그램에서 지정한 꽃의 개수만큼 마스터를 포함한 모든 컴퓨터에 미리 정해진 위치에 꽃을 배치하였고, 테이프 스위치를 밟은 사용자 위치에 따라 해당 코스모스 꽃 정보를 분산 공유 메모리를 통해 공유하여 꽃이 꺾이는 애니메이션을 동기화된 화면으로 재생하였다. 일정한 속도로 회전하는 하늘의 구름을 구현하는 것도 타일드 디스플레이의 슬레이브 컴퓨터의 렌더링 속도와 이에 따른 프레임율, 클럭 스피드를 이용한 타이머 함수가 완벽하게 일치하지 않기 때문에 분산 공유 메모리를 활용하여 동기화된 화면을 재생할 수 있도록 했다. 마찬가지로 난수로 위치가 바뀌는 잠자리의 움직임도 역시 분산 공유 메모리를 통해 타일드 디스플레이의 슬레이브 간에 동기화를 구현하였다.

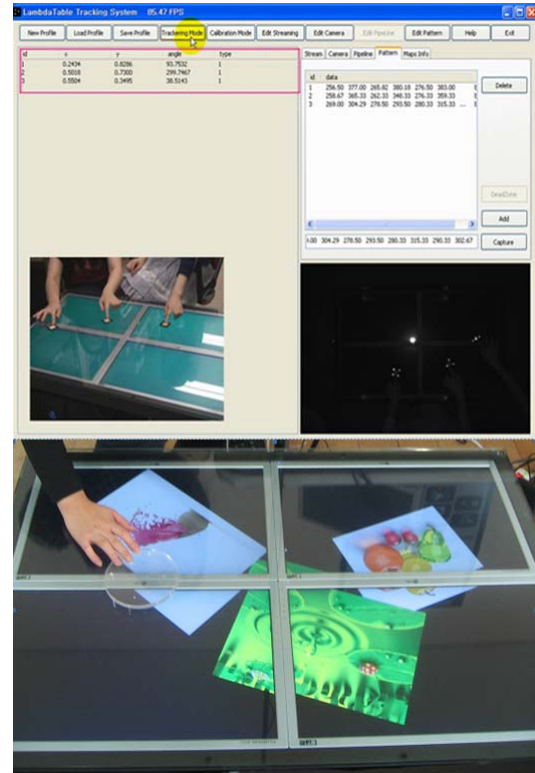


그림 3 적외선 카메라 마커방식 테이블 인터페이스 (위), 테이블탑 고해상도 이미지 뷰어 (아래)

시리얼통신을 통해 받은 테이프 스위치의 ON/OFF 입력 값을 iTILE 프레임워크에서 테이프 스위치 입력장치를 위한 입력 컨트롤러로 전달하여 이를 다시 프레임워크의 입력 프로세서에 전달했다. AF* 게임에서는 테이프 스위치로부터 사용자 위치를 입력 받아 꺾이는 코스모스 꽃을 결정하는 부분을 타일드 디스플레이의 마스터 컴퓨터에서 수행하였고, 꽃이 꺾이는 애니메이션 부분은 위에서 기술했듯이 분산 공유 메모리를 이용하여 타일드 디스플레이 슬레이브 전체에 분산시켜 화면을 동기화 시켰다. 이로써 iTILE 프레임워크가 다양한 새로운 입력 장치를 쉽게 연동시켜주는 점을 확인할 수 있었다.

5. 적외선 카메라 테이블 인터페이스를 활용한 고해상도 이미지 뷰어

미래에는 책상, 바닥 등에 고해상도 대형 디스플레이가 설치될 것이라 예상이 되며, 최근 테이블탑 환경에서의 다양한 사용자 인터랙션 응용에 대한 연구가 다수 진행 중이다. 우리는 테이블 탑에서 효과적인 인터랙션을 위해 적외선 카메라에 반사 마커를 활용한 테이블 인터페이스를 제작하여 고해상도 이미지 뷰어를 개발했다.

5.1 적외선 카메라를 이용한 테이블 인터페이스

그림 3 에서 보이는 것과 같이 테이블 탑 타일드 디스플레이를 위하여 새로운 적외선 카메라 마커 방식 테이블 인터페이스인 님프 (NIMPH: New Image Manipulator, Portably Handled)를 개발했다. 이 인터페이스는 적외선 마커 방식으로 아크릴을 소재로 한

편에 적외선을 반사시키는 마커가 부착되어 있다. 카메라 중앙에 적외선 카메라 렌즈가 있고 그 주위에는 적외선 LED 가 점등하여 적외선을 발생하며, 마커에서 반사된 적외선을 카메라가 인식하는 방식으로 마커의 위치를 인식한다. 각 마커들은 다양한 패턴을 가지며 카메라는 적외선 반사 마커들만을 인식한다. 이 인터페이스는 미국의 전자 시각화 연구소의 람다 테이블 트래킹 시스템(Lambda Table Tracking System) 소프트웨어를 이용하여 영상처리를 통해 적외선 마커의 패턴을 인식하고, 이를 확장하여 테이블 탑 환경에서 여러 개의 마커에 대하여 고해상도 타일드 디스플레이 이미지들에 대한 선택(selection), 크기 변환(scaling), 회전(rotation), 이동(translation) 등의 사용자 인터랙션을 수행할 수 있도록 만들었다.

5.2 테이블탑 고해상도 이미지 뷰어

타일드 디스플레이는 기존의 모니터에 비해 강점인 점은 고해상도 이미지를 보여주는 응용분야이다. 현재 시판되는 대부분의 디지털 카메라는 800 만 이상의 화소를 가지고 있다. 하지만, 현재 표준으로 사용되는 17 인치 LCD 모니터의 해상도는 1280x1024 으로 디지털 카메라의 사진을 전체해상도로 재생할 수 없다. 따라서 대형과 고해상도라는 타일드 디스플레이의 특징을 활용한 이미지 뷰어는 고해상도 이미지를 전체 사이즈로 볼 수 있다는 장점을 갖는다. 하지만, 타일드 디스플레이는 그 물리적 크기와 분산컴퓨터에서 운용되는 점 때문에 이미지를 자유롭게 제어하기가 어렵다.

따라서 테이블 탑 타일드 디스플레이를 위해 iTILE 프레임워크를 이용하여 고해상도 이미지 뷰어를 개발했다(그림 3 참고). 이 고해상도 이미지 뷰어는 iTILE 의 렌더링 엔진인 OSG 를 활용했으며, 내부적으로 하나의 육면체 모델을 만든 후 한 면에 고해상도 이미지를 텍스처로 붙이는 방식으로 개발했다. AF* 게임의 경우와 같이, 이 응용프로그램도 여러 개의 이미지 하나 하나에 대한 정보를 공유하여 이를 동기화와 카메라 입력을 처리하는 입력 프로세서를 구현했다. 타일드 디스플레이의 마스터 컴퓨터의 입력 프로세서에서 각 이미지에 대한 위치, 방향 정보를 입력 처리하여 그 값을 분산 공유 메모리에 넣어주고 매 프레임마다 타일드 디스플레이 슬레이브 컴퓨터에서 분산 공유 메모리의 값을 확인하여 동기화된 이미지 렌더링에 사용했다.

입력 처리에 필요한 입력 프로세서는 텐저블 인터페이스로 이미지를 제어(선택, 크기조절, 위치변경, 및 회전)하기 위해 새롭게 개발되었다. iTILE 의 입력 프로세서는 마우스에 의한 이동, 회전, 크기 조절 등의 간단한 인터랙션을 지원하지만, 이는 가상세계 네비게이션(즉, 카메라 뷰 포인트 변화)에 해당하는 것이고 개체를 잡아서 움직이는 경우에 해당하지 않는다. 타일드 디스플레이에서 사용자의 개체 조작(Object Manipulation)을 위하여 카메라의 입력을 받아 마커를

식별한 뒤 마커가 선택한 이미지를 찾아 그 이미지를 제어하는 입력 프로세서를 새롭게 개발하여 이를 적용했다. 그 결과 마커의 움직임에 따라 각 이미지의 이동, 회전, 크기 조절을 마스터 컴퓨터에서 수행되어 위에서 언급했듯이 분산 공유 메모리를 이용하여 테이블탑 타일드 디스플레이 슬레이브의 렌더링에 반영되었다.

6. 결론 및 향후 연구방향

iTILE 은 타일 디스플레이 시스템 기반에서 작동하는 인터랙티브 응용프로그램 개발을 위한 프레임워크이다. 본 논문에서는 iTILE 의 특징과 이를 활용하여 새로운 입력장치인 테이프 스위치와 적외선 카메라를 활용한 텐저블 인터페이스를 활용한 응용프로그램에 대해 살펴보았다. 결과적으로 iTILE 은 새로운 입력 장치를 사용하여 쉽게 응용프로그램을 만들게 해주었고, 새로운 입력장치들은 기존의 입력장치와 다른 방식의 인터랙션을 수행할 수 있게 해주었다. 향후에는 본 연구에서 사용된 입력장치를 활용하여 사용자 연구를 진행할 것이다. 이를 통해 입력장치들의 부족한 점을 발견하고 이들이 좀 더 쉽게 사용할 수 있는 소프트웨어적 인터랙션 방법 개발과 하드웨어적인 장치의 성능 향상을 시도할 것이다.

참고문헌

- [1] T. Ni, G. S. Schmidt, O. G. Staadt, M. A. Livingston, R. Ball, R. May, "A Survey of Large High-Resolution Display Technologies, Techniques, and Applications", Proceedings of the IEEE conference on Virtual Reality, pp. 223-236, 2006.
- [2] G. Humphreys, M. Eldridge, I. Buck, G. Stoll, M. Everett, P. Hanarahan, "WireGL: a Scalable Graphics System for Cluster", Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 129-140, 2001.
- [3] G. Humphreys, M. Houston, R. Ng, R. Frank, S. Ahern, P. D. Kirchner, J. T. Klosowski, "Chromium: a stream-processing framework for interactive rendering on clusters", Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 693-702, 2002.
- [4] <http://www.equalizergraphics.com>
- [5] N. Harish, P. Narayanan, "Garuda: A Scalable Tiled Display Wall Using Commodity PCs", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 13, Issue 5, pp. 864-877, 2007.
- [6] B. Jeong, R. Jagodic, L. Renambot, R. Singh, A. Johnson, J. Leight, "High-Performance Dynamic Graphics Streaming for Scalable Adaptive Graphics

Environment” , In Proceedings of IEEE Information Visualization Workshop, 2005.

[7] A. Agarawala and R. Balakrishnan, “Keepin’ it real: Pusing the Desktop Metaphor with Physics, Piles and the Pen” , Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing system, pp.1283–1292, 2005.

[8] S. Malik, A. Ranjan, R. Balakrishnan, “Interacting with large displays from a distance with vision-tracked multi-finger gestural input” , ACM SIGGRAPH 2006 Sketches, Article No. 5, 2006.

[9] M. R. Eskicioglu, “A Comprehensive bibliography of distributed shared memory” , ACM SIGOPS Operating Systems Review, Vol. 30, Issue 1, pp.71–96, 1996.

[10] T. Speakman, J. Crowcroft, J. Gemmell, D. Farinacci, S. Lin, D. Leshchiner, M. Luby, T. Montgomery, L. Rizzo, A. Tweedly, N. Bhaskar, R. Edmonstone, R. Sumanasekera, L. Vicisano, “RFC3208: PGM Reliable Transport Protocol Specification” , RFC Editor, 2001.