

# 대형 화면 기반의 데이터 시각화를 위한 상호작용\*

신선형, 조동식, 조창석, 이건, 김남규, 김정현, 박찬모, 추영열<sup>1</sup>  
{callash, jds09, cscho, endovert, ngkim, gkim, parkcm,  
yychoo}@postech.ac.kr  
포항공과대학교 컴퓨터공학과 가상현실감연구실,  
<sup>1</sup>포항제철 기술연구소 계측제어연구부

## Interaction for Large Display based Data Visualization System

Seonhyung Shin, Dongsik Jo, Changseok Cho, Gun A. Lee, Namkyu Kim,  
Gerard Jounghyun Kim, Chan-Mo Park, Youngyeol Chu<sup>1</sup>

VR Lab., Dept. of Computer Science & Engineering, POSTECH

<sup>1</sup>Dept. of Measurement and Control, Research & Development Center, POSCO

### 요약

본 연구에서는 많은 양의 데이터를 효율적으로 시각화하기 위해서 「대형 디스플레이 시스템 구축」, 「데이터 통합 소프트웨어 플랫폼 개발」, 그리고 「휴먼 컴퓨터 인터페이스 개발」을 중심으로 수행되었다. 「대형 디스플레이 시스템 구축」 부분은 다채널 출력 디스플레이를 위한 하드웨어와 다양한 형태의 디스플레이로 재구성이 가능한 관리 소프트웨어로 구성되었으며, 「데이터 통합 소프트웨어 플랫폼」 부분은 카메라로부터 얻어진 영상을 파노라믹 영상으로 재구성하는 「실시간 현장 모니터링 시스템」과 다중 트래픽 정보를 수집, 분석하여 시각화 하는 「네트워크 트래픽 모니터링 시스템」으로 구성되어 여러 형태의 미디어 디스플레이 포용 가능성을 제시했다. 또한 「휴먼 컴퓨터 인터페이스 개발」은 먼 거리에서도 네트워크를 통하여 직접 모니터링이 가능한 임베디드 시스템 기반의 PDA를 이용한 방식과 광학 센서로 손의 위치 및 움직임을 인식하여 방향을 설정하고 적외선 송수신 디바이스로 메뉴를 선택하는 방법을 사용한 새로운 사용자 중심 인터페이스의 가능성을 제시하였다.

## 1. 서론

현재 대형 공장, 대형 설비에서는 제어실을 통하여 외부적으로는 곳곳의 현장 상황을, 내부적으로는 네트워크 상황 등의 여러 가지 시스템들을 동시에 모니터링하고 있다. 하지만 전통적인 다이얼이나 레버 등의 하드웨어적인 방법으로 구현된 공정 제어 시스템은 시스템의 변경 시 재배치가 용이하지 않다. 또한 최근에 데이터 시각화를 위해 PC나 워크스테이션 모니터를 통해 그래픽 화면으로 여러 기기들의 운용 상태를 파악하고 있으나,

많은 양의 정보에 비해 제한된 디스플레이의 크기로 인하여 대형화면 디스플레이에 대한 요구가 증가하고 있을 뿐만 아니라 이를 효율적으로 운용하기 위해 필요한 상호작용 방법의 적용이 필수적으로 요구되고 있다.

본 연구에서는 여러 형태의 데이터 시각화를 포용할 수 있는 통합 플랫폼과 인터페이스를 실험하고자 「대형 디스플레이 시스템 구축」, 「데이터 통합 소프트웨어 플랫폼 개발」, 그리고 「휴먼 컴퓨터 인터페이스 개발」을 수행하였다. 세부 연구로서 대형 디스플레이를 이용하여 다채널 출력 디스플레이를 위한 하드웨어를 정의하고, 여러

\* 본 연구는 BK 21, VRRP, POSCO 연구개발(2000Y216) 지원으로 수행되었음.

형태의 미디어 디스플레이를 포용할 수 있는 가상 디스플레이 환경을 정의하였으며, 다양한 형태로 재구성이 가능한 디스플레이 관리 소프트웨어를 구현하였다. 또한, 대형 화면 운용을 위한 휴먼 컴퓨터 인터페이스 기술 개발을 통해 여러 계층의 시스템이나 멀티미디어 데이터를 소프트웨어적으로 통합함으로써, 전체 운영 상황을 보다 효과적으로 파악하고자 한다.

## 2. 관련연구

국내외적으로 대형 화면 기반의 많은 시스템들이 개발되고 있는 추세이며, 국내의 경우 운항중인 항공기들의 이동 위치 및 운항 상황을 즉각적으로 파악할 수 있도록 대한항공의 통제센터에 대형 디스플레이를 사용하고 있고, 국외에서는 미국 항공우주국(NASA)에서 넓은 우주 공간에 퍼져있는 항공우주 비행체들의 상대나 발사된 우주선의 운항 상태 등을 빠르고 쉽게 파악하기 위하여 대형 디스플레이를 사용하고 있다.

인터페이스 방법과 관련하여 레이저포인터(laser pointer)의 프로젝션 스크린에 맺히는 상을 비디오 카메라를 사용하여 포착하고 이미지 프로세싱을 거쳐 비디오 프로젝션 스크린과 직접적인 상호작용을 하는 방법이 있다[1]. PDA(Personal Digital Assistant)를 사용한 인터페이스와 관련된 연구로는 좁은 대역폭, 소형 디스플레이, 낮은 처리 능력 등의 PDA의 제한된 능력을 고려한 효과적인 웹 브라우징(web browsing)을 위한 인터페이스를 설계하고 구현한 연구가 있다[2].

## 3. 시스템 설계

### 3.1 시스템 구성

본 연구에서는 효율적인 데이터 시각화를 위한 대형 디스플레이 시스템을 구축하고, 이를 적용할 수 있는 데이터 통합 플랫폼의 예로써 현장 모니터링 시스템과 네트워크 트래픽 모니터링 시스템을 설계하였다. 또한 시스템의 효과적인 운용을 위해 인터페이스를 디자인 하였다. 전반적인 시스템의 구성도는 그림 1 과 같다.

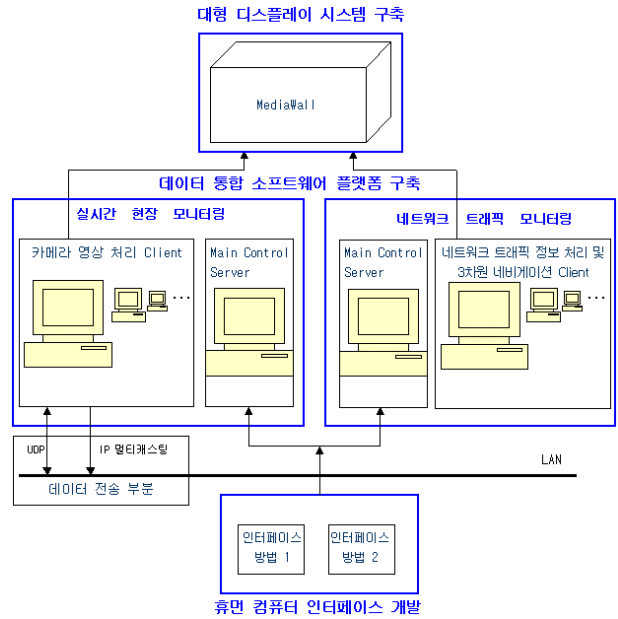


그림 1 시스템 구성도

### 3.2 대형 디스플레이 시스템 구축

작은 크기의 모니터는 디스플레이 할 수 있는 영역의 크기가 한정되어 있어 많은 양의 데이터를 효율적으로 시각화 하거나 다루기 어렵다. 본 논문에서는 이 같은 한계점을 극복하고 많은 양의 데이터를 효율적으로 시각화하기 위해서 *MediaWall™*을 사용하여 대형 디스플레이 시스템을 구축하였다[3].

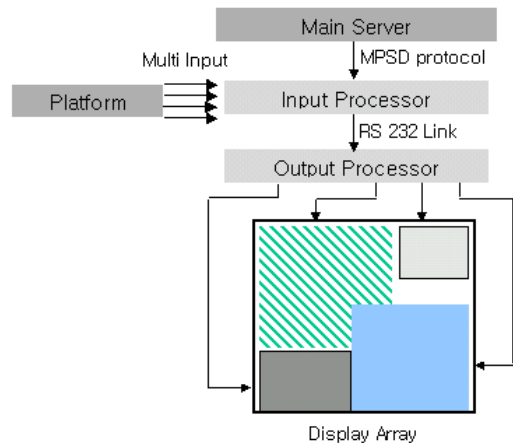


그림 2 MediaWall™ 시스템 구성도

그림 2와 같이 *MediaWall™*은 입력 프로세서와 출력 프로세서의 두 개의 하드웨어 컴포넌트로 구성되며, 입력 프로세서에서 여러 개의 RGB 신호를 입력 받아 하나의 라스터로 합친 후, 출력 프로세서를 통해 하나의 디스플레이 디바이스에 합

처서 출력하거나, 여러 디스플레이 디바이스에 나누어서 출력하는 기능을 가진다[그림 3]. 이 때 MediaWall™은 MPSD(Multi-Product Serial Driver) protocol 을 이용하여 RS-232 시리얼 포트를 통해서 메인 서버에서 컨트롤할 수 있다.

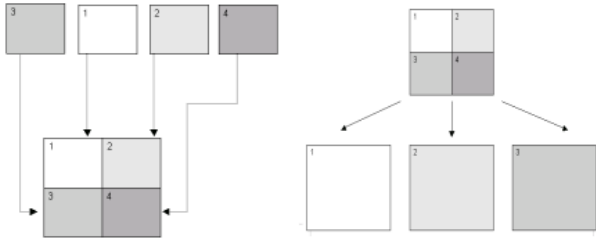


그림 3 통합(Merge)과 분리(Split)

### 3.3 데이터 통합 소프트웨어 플랫폼 개발

#### 3.3.1 실시간 현장 모니터링 시스템 설계

실시간 현장 모니터링 시스템은 그림 4와 같이 모니터링을 위해 설치된 카메라 셋(set)으로부터 들어오는 영상을 모아 시각화 하는 역할을 담당하는 두 대의 클라이언트와, 전체적인 모니터링 상황을 관리하고 사용자와의 인터페이스를 제공하며 시스템 내의 여러 디바이스 사이의 통신을 제어하는 등 모니터링 시스템을 전체적으로 관리하는 주 컨트롤 서버로 구성되어 있다.

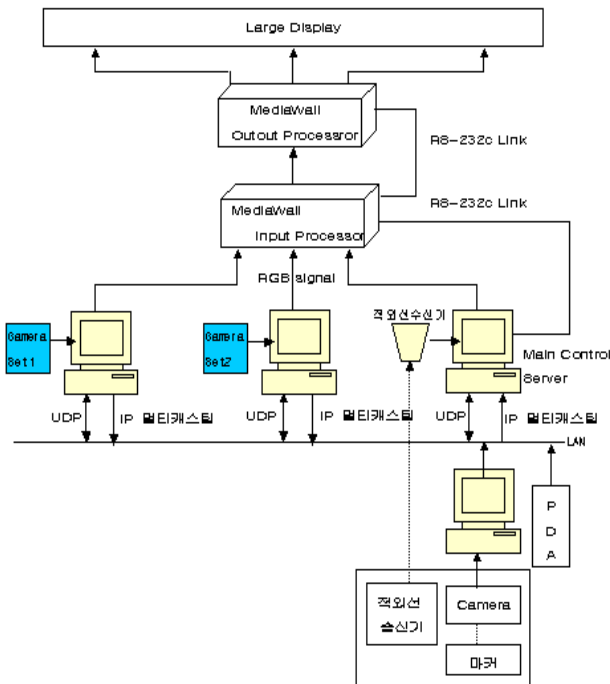


그림 4 실시간 현장 모니터링 시스템 구조도

카메라 셋이 부착된 컴퓨터에서 여러 개의 카메라로부터 들어오는 각 이미지들을 하나의 완전한 이미지로 만든 후, 사용자가 주 컨트롤 컴퓨터가 제공하는 인터페이스를 통해 시각화하고 싶은 영역을 지정하고 디스플레이 위치, 크기, 형태를 결정할 수 있다. 또한 모니터링 상황을 서버 뿐만 아니라 다른 시스템에서도 볼 수 있도록 하기 위해서 IP 멀티캐스팅(Multicasting)을 이용하여 여러 시스템으로 보내주었다.

#### 3.3.2 네트워크 트래픽 모니터링 시스템 설계

네트워크 트래픽 모니터링 시스템은 SNMP (Simple Network Management Protocol) 지원 네트워크 디바이스로부터 다중 트래픽 정보를 수집, 분석하여 시각화 하는 것이 주 역할이며, 다중 트래픽 현황을 파악하기 위해서 모니터링 툴인 MRTG(Multi Router Traffic Grapher)를 사용하였다.

본 시스템은 트래픽 정보를 수집/분석/시각화 하는 클라이언트, 현재 트래픽 정보를 시각화하고 있는 지역의 3 차원 네비게이션을 시각화 하는 클라이언트, 그리고 사용자와의 인터페이스를 제공하며 시스템 내의 통신을 제어하는 등 전체적으로 시스템을 관리하는 주 컨트롤 서버로 구성되어 있다. 사용자가 인터페이스를 통하여 원하는 지역을 선택했을 시, 주 컨트롤 서버는 명령어를 받고 분석하여 해당되는 클라이언트에 명령 패킷을 전달한다. 클라이언트는 해당 지역의 정보를 대형 디스플레이 시스템 부분으로 전달한다.

### 3.4 휴먼 컴퓨터 인터페이스 개발

사용자의 편의성을 고려한 사용자 중심의 지능적인 인터페이스 개발은 쉽고 능률적인 작업 수행을 도울 수 있으므로 전반적인 시스템 설계에서 매우 중요한 역할을 차지한다.

기존의 많은 인터페이스들은 시스템과 상호작용을 하기 위해서 시스템과 직접적인 연결을 필요로 했으므로 유선의 한계를 가졌다. 그러므로 본 연구에서는 시스템의 효율적인 운용을 돕기 위해 자유로운 신체 활동이 가능한 무선 방식의 두 가지 인터페이스 방법을 제안하였다. 하나는 사용자

에게 자유로운 신체의 움직임을 보장하는 광학적 센서와 사용이 보편화 되어 있는 적외선 송수신 디바이스를 이용한 방법이며, 다른 하나는 휴대가 가능하고 앞으로 사용이 보편화될 PDA 를 이용한 방법이다.

### 3.4.1 광학적 센서와 적외선 송수신 디바이스를 이용한 인터페이스

기존에 스크린과 상호작용을 하는 연구에서는 레이저포인터를 이용하여 스크린에 맺히는 상(image)을 비전(vision) 기술로 인식하는 연구가 있었다[1]. 그러나 이 방법은 카메라의 제한된 시각 영역(field of view)으로 인하여 포착할 수 있는 범위가 한정되어 있기 때문에 스크린의 크기가 커질 경우, 상이 맺힐 수 있는 전체 영역을 포착하기 위해서 카메라가 스크린에서 멀리 떨어져 배치되어야 한다. 이러한 경우 레이저포인터의 상을 정확하게 인식하기 어려우므로 대형 디스플레이 기반의 시스템에서는 부적합하다.

본 시스템에서는 이와 같은 요인을 고려하여 스크린에 맺히는 상을 인식하는 것이 아니라, 사용자의 손 주위에 부착된 두개의 마커를 추적하였다. 또한 마커를 추적하는 방법 중 적외선을 기반으로 사용할 경우 적외선의 파장이 가시 광선보다 길기 때문에 적외선 필터를 거치게 되면 적외선보다 파장이 짧은 대부분의 가시 광선들이 걸러진다. 따라서 별도의 배경 제거가 필요 없어 계산량이 줄기 때문에 적외선 필터가 부착된 카메라를 사용하였다. 발광 물체인 마커는 그림 5와 같이 사용자의 손목과 손에 든 적외선 송수신 디바이스에 부착되어 있고, 시스템은 적외선 LED 와 필터가 부착된 4 대의 카메라로 마커를 인식하고, 이들 사이의 다중 시각 대응관계(multi-view correspondence)를 이용하여 3 차원 좌표를 계산한다. 이 때 다중 시각 대응관계를 구하기 위해서 에피폴라 제약조건(epipolar constraint)을 사용하였다. 인식된 두개의 3 차원 좌표로 직선을 구하고 이 직선과 디스플레이가 만나는 점을 사용하여 메뉴를 가리킬 수 있다. 이 때 메뉴의 선택은 적외선 송수신 디바이스를 사용하며 선택 시 메뉴의 위

치와 명령을 주 컨트롤 서버로 전달하게 된다.

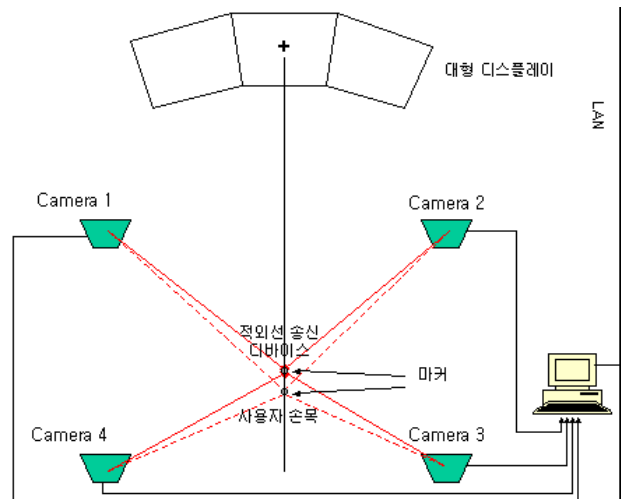


그림 5 광학식 센서를 이용한 포인팅 인터페이스

### 3.4.2 PDA 를 이용한 인터페이스

WIM(World in Miniature)은 세계를 작게 축소한 모형을 사용자가 휴대하면서 그 모형과 상호작용을 통하여 가상 물체를 조작함으로써 넓은 범위의 가상 세계와 쉽게 상호작용 할 수 있게 하는 가상 현실 기술이다[4]. PDA 는 소형 휴대형 단말기로서 WIM 과 같이 시각화 하는 데이터를 축소하여 보여주고 이를 다루는데 사용되어 질 수 있다. 또한 PDA 는 무선 네트워크 접속이 가능하여 사용자가 이동하면서 시스템을 제어할 수 있으며 장소에 관계없이 먼 거리에서도 사용할 수 있다. 그러나 PDA 는 이러한 장점을 가지고 있는 반면에, 제한된 디스플레이 크기, 낮은 처리 능력, 좁은 대역폭 등의 한계를 지닌다. 본 논문에서는 이러한 PDA 의 특성에 맞게 인터페이스를 설계하고 구현해보았다.

사용자에게 친숙한 기존 PC 에서의 메뉴 기반 인터페이스와 최대한 유사하게 설계하여 사용자가 자연스럽게 편안하게 시스템과 상호작용 할 수 있도록 하였다. 또한, 제한된 디스플레이의 특성을 고려하여 모든 메뉴를 한 화면에 나타내지 않고 주 컨트롤 서버와의 접속 관련 부분, 디스플레이 관리 부분, 데이터 시각화를 원하는 영역 선택 부분으로 기획을 나누어 각 기획별로 관련 메뉴를 나타내도록 하였다. 또한 PDA 의 처리 능력이 기존의 PC 에 비해 많이 떨어진다는 점을 감안하여

필수적으로 요구되는 그래픽만 사용하였다.

사용자가 PDA 를 통하여 내리는 명령은 UDP(User Datagram Protocol)로 주 컨트롤 서버에 전달 된다. 이 때 PDA 의 좁은 대역폭을 고려하여, 전송되는 메시지의 크기를 최소화하기 위해서 필수적인 정보만 최적화하여 보낼 수 있도록 표 1 과 같은 메시지 맵(message map)을 사용하였다. 주 컨트롤 서버는 PDA 로부터 메시지를 수신하면 메시지 맵을 참조하여 필요한 작업을 수행한다.

특히 PDA 와 주 컨트롤 서버와의 통신을 무선으로 할 경우, 사용자는 모니터링 시스템과 멀리 떨어진 원격지에서 PDA 를 이용하여 IP 멀티캐스팅으로 뿌려지고 있는 정보를 받아 실시간으로 원하는 정보를 모니터링 할 수 있다.

표 1 주요 메시지의 메시지 맵

기능	보내는 내용	분석
서버와의 접속	명령어 ID/ IP 주소/Port	해당 IP 와 포트로 서버에 접속을 시도한다.
디스플레이 관리	명령어 ID/ Source display device/ Destination display device	디스플레이 하려는 클라이언트의 번호/디스플레이 디바이스 번호/디스플레이 형태(병합/분리) 등이 각 메시지 번호에 따라 정의되어 있다.
시각화 영역 관리	명령어 ID /시각화 원하는 영역 (position, size)	해당 영역을 명령어에 따라 시각화

#### 4. 구현 결과

설계된 대형 디스플레이 시스템을 기반으로 실시간 현장 모니터링 시스템과 네트워크 트래픽 모니터링 시스템을 적용하였으며 화면의 스위칭 (switching), 통합, 분리 기능을 이용하여 원하는 정보를 다양한 형태로 시각화 할 수 있었다[그림 6][그림 7].



그림 6 디스플레이 형태의 예 - 통합



그림 7 디스플레이 형태의 예 - 분리

또한 시스템과 사용자와의 효과적인 상호작용을 위해 설계된 광학식 센서와 적외선 송수신 디바이스를 이용한 방법과 PDA 를 이용한 방법으로 두 가지 인터페이스를 구현하였으며 사용자는 원하는 방법으로 시스템과 상호작용을 할 수 있다 [그림 8][그림 9].



그림 8 광학식 센서와 적외선 송수신 장치를 이용한 인터페이스의 예

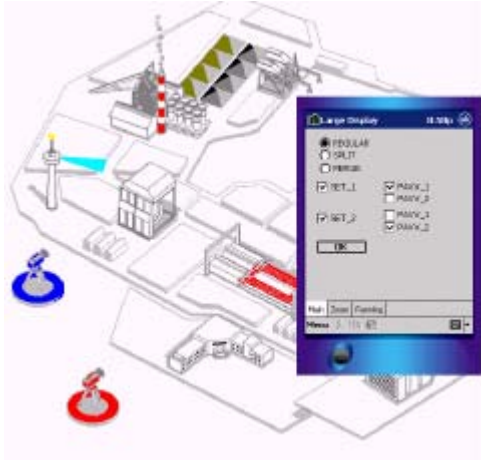


그림 9 PDA 를 이용한 인터페이스의 예

또한 그림 10은 광학식 센서와 적외선 송수신 디바이스를 이용하는 인터페이스에서 카메라가 사용자의 손 주위에 부착된 2 개의 마커를 인식하고, 각각의 카메라 파라미터(parameter)를 결정한 후 손의 움직임에 따라 스크린과의 거리와 각도를 고려하여 포인팅하는 시스템이다.

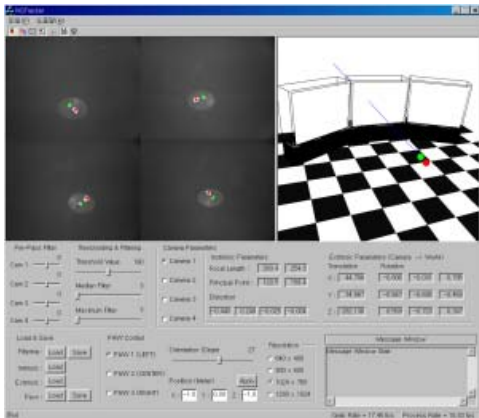


그림 10 광학식 센서를 이용한 포인팅 시스템

실시간 현장 모니터링 시스템과 네트워크 모니터링 시스템 모두 제공된 인터페이스를 통하여 화면의 스위칭, 통합, 분리를 여러 조합으로 선택하여 다양한 형태로 디스플레이가 가능하다. 또한, 사용자는 실시간 현장 모니터링 시스템의 경우 제공된 인터페이스를 통하여 카메라로부터 들어오는 영상의 크기, 위치를 변경하면서, 원하는 영역을 볼 수 있고, 네트워크 트래픽 모니터링 시스템의 경우 네트워크 트래픽 정보를 보기 원하는 지역을 선택하여 볼 수 있다.

## 5. 결론 및 추후 연구

많은 양의 정보의 효율적인 시각화와 상호작용을 위하여 대형 디스플레이 시스템을 설계하였고, 시스템의 효율 가능성을 테스트하기 위해서 데이터 통합 소프트웨어 플랫폼으로써 실시간 현장 모니터링 시스템과 네트워크 트래픽 모니터링 시스템을 구현하였으며 2 가지 인터페이스를 개발하였다. 그 결과 실시간 현장 모니터링 시스템의 경우 적은 비용으로 카메라의 한계적인 좁은 시각 영역을 극복하여 넓은 지역을 한 번에 대형 화면으로 볼 수 있었다. 또한 네트워크 트래픽 모니터링 시스템의 경우 넓은 지역의 네트워크 트래픽을 한 번에 쉽게 효율적으로 파악할 수 있었다. 대형 디스플레이 기반 시스템의 효과적 운용을 위해 사용자 중심의 광학식 센서와 적외선 송수신 장치를 이용한 인터페이스와 PDA 를 이용한 인터페이스를 설계하였다.

추후 연구 과제로는 우선적으로 본 논문에서 제시된 두 가지 인터페이스 방법에 대한 사용자 평가가 필요하다. 또한, 광학식 센서를 이용한 인터페이스 방식에서 좀 더 세밀하고 정확하며 안정적인 포인팅 구현에 대한 연구가 필요하며, PDA 를 이용한 인터페이스 방식에서 사용자가 더욱 사용하기에 편하고 친숙한 그래픽 위주의 인터페이스 방식과 제한된 디스플레이 영역을 효과적으로 활용하는 방안에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] C. Kirstein, H. Muller, "Interaction with a projection screen using a camera-tracked laser pointer", Proceedings of The International Conference on Multimedia Modeling (MMM'98), IEEE Computer Society Press, 1998
- [2] O. Buyukkokten, H. Garcia-Molina, A. Paepcke, T. Winograd, "Power Browser: efficient web browsing for PDAs", CHI2000, 2000
- [3] RGB spectrum, <http://www.rgb.com>
- [4] R. Stoakley, M. Conway, R.Pausch, "Virtual Reality on a WIM", Proceedings of the ACM SIGCHI Human Factors in Computer Systems Conference, May, 1995.