

인터넷 가상 현실 기반 원격 제어 및 감시 시스템과 통합 개발 환경의 구현

임 현 우[†] · 김 영 모^{††}

요 약

현재의 VRML 노드는 다양한 상업적 요구를 충족시키는데 많은 문제점을 가지고 있다. 또한 다른 응용 기술과의 접목을 통한 VRML의 확장 시스템들은 많은 요소를 개발자가 직접 관여해야 한다는 부담을 주었다. 본 논문은 VRML의 제한성을 극복키 위해 EAI(External Authoring Interface)를 이용한 원격 제어 및 감시 시스템의 개발 방법을 다루고 있다. 즉 현실 세계에서의 제어 및 감시 대상과 이에 대응하는 가상 세계에서의 물체와의 상호작용에 관한 메커니즘으로써 하나의 VRML 가상 객체와 이의 제어권을 가진 하나의 자바클래스를 일대일 대응을 통해 객체화하는 방법을 제안하고, 영상 합성 기법을 통한 비디오 모니터링을 가상 세계에 도입하는 방법과 이러한 메커니즘에 의한 통합 개발 환경에 대해 기술한다. 그리고 끝으로 본 논문에서 제안한 인터넷 가상 현실 기반 시스템의 개발 방법에 기초한 차량 출입 통제 시스템에 대해 기술한다.

Internet Virtual Reality-based Remote Control and Monitoring System and Implementation of Integrated Development Environment

Hyun-Woo Lim[†] · Young-Mo Kim^{††}

ABSTRACT

There are many problems to be satisfied the various commercial demand in the present VRML node, and the VRML-based system by the contact with other technology is burdened with the direct participation of developer related with it. In this study, remote control and monitoring system using EAI(External Authoring Interface) is proposed to overcome the limit of VRML. In other words, This study is about mechanism of interaction between control and monitoring subject in real world and object in virtual world mapped with it. Object oriented method by one to one mapping of the Java class which have VRML virtual world and the object control is proposed. Introduction method of video monitoring through method of image synthesis and the integrated development environment is described. Finally automobile-gate control system based on the development method of Internet virtual reality-based system which is proposed in this study is described.

1. 서 론

1994년에 등장한 VRML(Virtual Reality Modeling

Language)은 현실적으로 접하기 어려웠던 공간의 개념을 평면적인 웹 환경에 접목할 수 있게 하였으며, 사용자로 하여금 직관적인 인터페이스를 제공하여 인간 중심의 컴퓨팅 환경을 만들어 나갈 수 있게 하였다. 특히 VRML 2.0과 VRML 97 규약[1]이 나오면서 여러 기술들과의 접목을 통한 VRML의 상업적 응용의

[†] 준 회원 : 경북대학교 대학원 전자공학과

^{††} 정 회원 : 경북대학교 전자공학과 교수

논문접수 : 1999년 9월 20일, 심사완료 : 1999년 11월 6일

범위가 확장되었으나, 이런 변화 속에서도 실제 물체와의 상호 작용에 의한 가상현실의 확장, 가상 세계와 현실 세계간의 상호작용에 관한 메커니즘과 인터페이스의 개발 등은 앞으로 해결해야 할 많은 과제를 안고 있다. 특히 기존의 VRML을 이용한 대부분의 원격 모니터링 시스템은 현실 세계의 데이터를 수집해 이를 가상현실 내에 반영하는 메커니즘으로써 어떤 기술들을 VRML과 접목시키느냐에 따라 다양한 방법들이 제안되고 있는데, 이러한 대부분의 방식들은 통합된 환경을 제공하지 못하여, 개발자에게 상당한 부담을 주었을 뿐만 아니라, 기존의 시스템을 확장하는데도 많은 부담을 가지게 하였다. 본 논문은 VRML을 이용한 가상 현실을 인터넷 가상 현실(IVR: Internet Virtual Reality)이라 정의하고, 인터넷 가상 현실 기반에서 VRML과 자바 기술을 이용해 인터넷을 통한 원격 감시 및 제어 시스템의 개발을 연구의 목표로 한다. 세부적으로는 TCP 통신 방법을 채택하여 제어 및 영상 데이터를 전송할 때 연속성을 보장할 수 있도록 하며, 시스템 개발에 필요한 현실 세계에서의 제어 및 감시 대상과 이에 대응하는 가상 세계에서의 물체와의 상호작용에 관한 메커니즘과 비디오 모니터링을 가상 세계에 도입하는 방법으로써 영상의 획득 및 영상 합성 기법을 설명할 것이다. 또한 이러한 메커니즘에 의해 각 요소들의 기본적인 속성만을 입력함으로써 VRML, 자바, HTML, Spec.파일을 자동으로 생성하는 통합 개발 환경을 기술하고, 끝으로 본 논문에서 제안하는 시스템 개발 방법을 보이기 위한 예로써 차량 출입 통제 시스템에 대해 기술한다. 차량 출입 통제 시스템을 선택한 이유는 기본적인 입출력의 결과를 누구나 쉽게 예측할 수 있고, 실사 영상의 합성을 위한 영상 데이터로서 출입하는 차량 영상의 이용이 가능하여 본 논문에서 제안하는 방식의 적용 예로 적합하기 때문이다.

2. 관련 연구

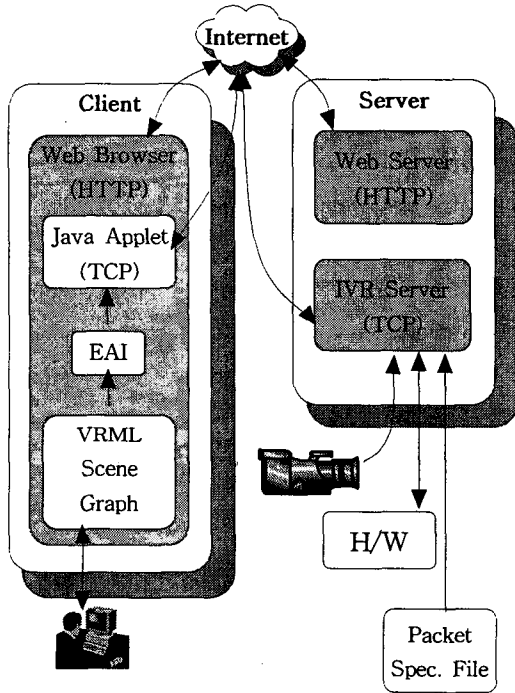
현재 인터넷상에서 웹 기술은 단순한 정적 정보 검색 응용에서 벗어나 다양한 대화형 양방향 통신을 위한 응용에 시도되고 있다. 특히 원격 제어 및 모니터링 시스템 분야에서도 웹 기술을 도입함으로써 생기는 개방형이라는 이점 때문에 많은 시스템들[2]이 개발되고 있다. 그러나 VRML을 이용한 시스템들은 현재 시

범적으로 일부 적용하는 것을 제외하고는 거의 없는 실정이다. 프로토타입(prototype)형태의 원격 감시 및 제어 시스템과 시뮬레이션을 목적으로 하는 여러 연구 사례만 소개되고 있다. 관련된 연구 사례로는, 먼저 Ayman, H. Mahoud, Andrew Clayden는 그들의 연구[3]에서 VRML 인터페이스를 이용한 시스템에 대한 사용자 인지도가 실제 공간에서의 차이가 별로 없으며, 폐쇄된 공간에서는 사용자가 실제 공간에서보다 쉽게 공간 전체를 파악할 수 있음을 보여 주고 있다. Eder Arroyo, Jose Luis, Los Arcos[4]는 VRML 파일 제작용 스크립트를 기반으로 변전소 시스템과 동일한 VRML Object를 만들어 교육 목적으로 사용할 수 있는 시스템을 개발하였으며, Volker Coors와 Voker Jung[6]는 Database를 매개로 CORBA 기술을 적용한 형태의 VRML 기반의 가상 환경 시스템을 선보였다. D. Ball과 M. Mirmehdi[6]는 VRML 파일로 구성된 호텔 모델을 Database에 객체화시켜 저장시킨 후 Java3D를 통해 보여주는 시스템을 구현하였으며, Martin Schulz과 Thomas Reuding과 Thomas Ertl[7]은 VRML을 이용한 BMW 차량 충돌 시뮬레이션 시스템을 구현하였으며, Sandy Ressler, Qiming Wang과 Scott Bodarky[8]는 CGI filter를 이용한 Data Visualization 시스템을 구현하였다. Susumu Tachi[9]는 VRML을 이용한 로봇 원격 제어 시스템을 선보였다. 그러나 이들 대부분의 시스템들은 프로토타입 형태의 시스템이거나, 가상의 시뮬레이션 형태에만 머물고 있을 뿐 실제적인 상업용 목적의 시스템은 아직 개발 초기의 상태이다. 이는 현 VRML 규약의 문제점인 확장성의 제한에 그 이유가 있다. 실제 VRML 컨소시엄에서는 X3D[10]라는 이름으로 쉽게 확장 가능한 새로운 규약을 만들고 있다. 본 논문은 이런 문제점들을 극복하기 위한 방법으로 EAI[11]를 통해 VRML을 확장시켜 실제적인 상업용 목적의 시스템 개발 방법을 다룬다

3. 시스템 구조

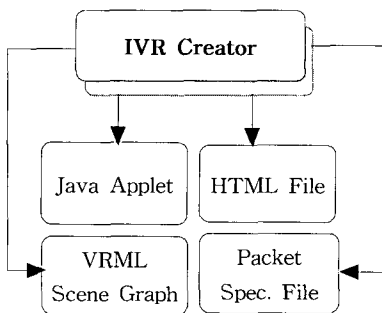
본 논문에서 제안하고 있는 시스템은 웹 상에서의 가상 현실을 기반으로 한다. 따라서 가상 현실의 이점을 살리며, 웹을 기반으로 하는 개방 형태, 그리고 VRML로 구성되어진 각각의 구성 요소가 실제 제어 및 감시 대상과 연동이 가능하여야 한다. 또한 이러한 각각의 구성 요소는 시스템의 초기 개발과 확장이

편리하도록 구성되어져야 한다. 이런 요구 조건들을 기반으로 한 시스템의 전체 구조도를 (그림 1)의 a)에 보였다. (그림 1)의 a)에서 보듯이 전체적인 시스템의 구조는 클라이언트/서버 구조로 구성되어 있다.



↔ Data/Control flow

a) 시스템 전체 구조도



b) IVR Creator에 의해 생성되는 구성 요소들

(그림 1) 시스템 전체 구조도 및 IVR Creator에 의해 생성되는 구성 요소들

클라이언트는 인터넷을 통한 웹 브라우저상에서 동작 가능한 어플리케이션으로서 VRML 뷰어를 통해 사용자에게 보여진다. 클라이언트의 내부는 자바 애플릿, EAI와 VRML 장면 그래프(Scene Graph)로 구성된다. 자바 애플릿은 서버로부터 TCP 통신을 통해 전송 받은 제어 명령과 영상 데이터를 EAI를 통해 VRML의 장면으로 재구성하고, VRML 환경에서 발생하는 이벤트를 역시 EAI를 통해 수집하여 서버로 전송하는 역할을 한다. VRML 장면 그래프는 VRML 뷰어를 통해 실제 사용자에게 보여지는 가상환경을 의미한다.

서버는 제어 대상이 되는 하드웨어 및 클라이언트와 직접 접속되어 각각 RS232와 TCP 네트워킹을 통한 제어 정보 송수신과 카메라로부터 입력되어지는 영상을 분석하는 역할을 한다. 즉 먼저 Packet Spec. 파일을 읽어들이어 TCP 통신을 위한 패킷 구조를 초기화시키고, 이를 바탕으로 전달되어진 제어 명령을 해석하여 하드웨어로 전송하고, 하드웨어로부터 전송되어진 현재의 상태를 클라이언트 측으로 전송하여 주는 역할을 한다. 또한 카메라로부터 입력되어진 영상을 분석하여 감시 대상이 되는 영역만을 클라이언트 측으로 전송한다.

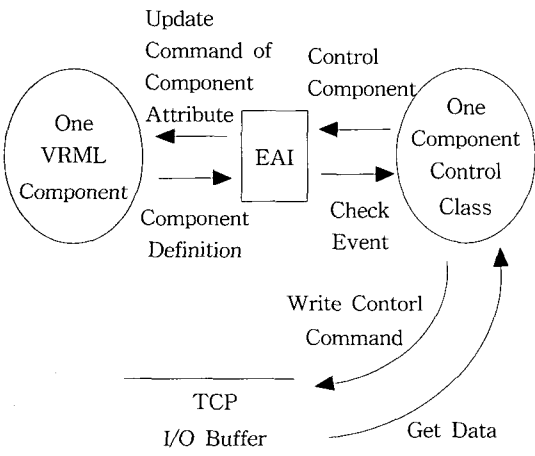
IVR Creator는 클라이언트와 서버의 구성요소를 사용자의 간단한 입력을 통해 자동으로 생성하여 주는 통합 개발 환경을 의미한다. IVR Creator는 제어 대상이 되는 하드웨어에 대응하는 가상의 VRML 객체를 생성하여 VRML 파일로 저장하며, 동시에 제어를 위한 자바 코드, HTML 파일, 그리고 TCP 통신을 위한 데이터 패킷의 구조를 Packet Spec. 파일로 저장하여, IVR 서버가 자동적으로 통신 규약을 설정 할 수 있도록 한다. (그림 1)의 b)는 전체 시스템 구조에서 IVR Creator가 생성시키는 요소들을 보여주고 있다.

본 절에서는 현실 세계에서의 제어 및 감시 대상과 이에 대응하는 가상 세계에서의 물체와 상호작용에 관한 메커니즘 구현을 위한 가상 환경 구현 방식과 감시 영역에서의 영상 획득과 클라이언트 측에서의 영상 합성 방법 그리고 통합 개발 환경인 IVR Creator에 대해 기술한다.

3.1 가상 환경 구현 방식

클라이언트에서의 가상 환경의 구성 요소는 VRML 장면 그래프와 자바 애플릿이다. 이 때 자바 애플릿이 VRML의 객체에 대한 제어권을 가지는데 일반적인

EAI를 이용한 자바 프로그램의 경우는 단순히 하나 또는 몇 개의 클래스가 이벤트를 받아서 장면을 갱신하게 된다. 그러나 원격 통신에 의해 현실 세계의 하드웨어로부터의 수집된 센서값들을 가상 세계에 반영하고자 할 때는 각각의 센서를 항상 모니터링 해야 한다는 문제점이 발생한다. 또한 자바로 가상 환경에 대한 제어 프로그램 제작할 때 각각의 요소마다 다른 기반의 클래스를 사용할 수도 있으므로 통합된 방식의 일관성 있는 프로그래밍이라는 측면에서도 문제점을 가지고 있다. 이런 문제점들을 극복하기 위해 VRML 장면 그래프에서는 노드의 정의만을 하고, 이 노드의 제어권을 가진 자바 애플릿을 쓰레드를 기반으로 구현함으로써 이러한 문제들을 극복할 수 있다. (그림 2)에서 보면, 하나의 VRML Component와 하나의 Component Control Class는 일대일 대응 관계를 가지며, 항상 쌍으로 만들어진다. 이 때 Component Control Class는 쓰레드를 통해 독립적으로 동작하게된다. 이는 TCP I/O 버퍼를 항상 확인하다가 자신에게 할당된 명령이나, 데이터가 있으면 이를 읽어와서 동작하게 된다. 또한, Component Control Class는 장면 갱신의 속성(예를 들어 위치 이동, 회전, 색채 변환 등)에 따라 클래스로 제작하여 이를 대응시켜 사용하거나 상속에 의해 사용한다.



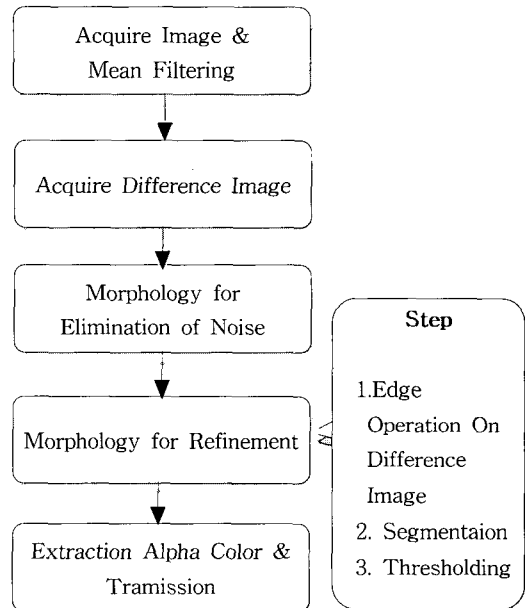
(그림 2) 가상 환경 구현 방식

이런 정의 방법은 다음과 같은 2가지의 효과를 기대할 수 있다. 첫째는 정의 된 노드의 특성에 제약을 받

지 않고 통일된 기반의 클래스 제작이 가능하여 프로그래밍의 효율성을 증가시킨다. 둘째는 모든 정의된 노드가 EAI를 통해 동작하므로, 자연스럽게 자바 프로그래밍 차원에서의 노드의 관리가 가능하다. 이는 실제 구성된 가상 환경의 제어를 연성실시간에 기반을 둔 시스템의 구현도 가능하게 한다.

3.2 영상 획득 및 합성 방법

IVR 서버의 역할 중 하나는 클라이언트에서의 가상 환경에 실영상을 합성 할 때 근거가 되는 물체 부분의 영역을 추출하는 것이다. 일반적인 영상 합성 기법에서는 크로마키 기법을 많이 사용하나, 감시 목적의 영상에서는 이와 같은 방법을 사용할 수가 없다. 따라서 카메라는 고정되어 있다고 가정하고, 미리 획득되어진 배경 영상을 이용해 물체를 추출한다. (그림 3)은 이런 일련의 과정을 보여 준다. 획득되어진 영상에서 잡음을 제거하고 차영상을 구한다. 그리고 물체 영역 이외의 영



(그림 3) 물체 영역 추출 과정

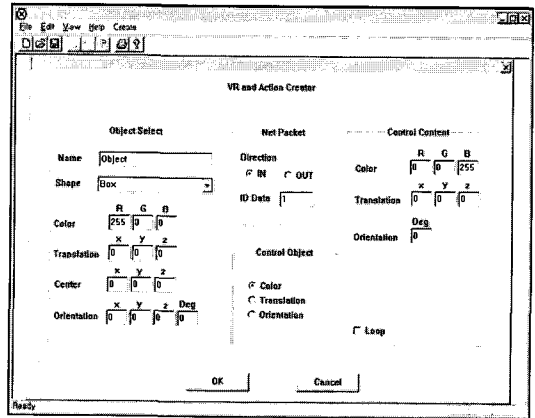
역에서 발생하는 잡음 성분을 수리 형태학적인 열기 및 닫기 연산(Morphological Opening and Closing)을 거쳐 제거하고(Morphology for Elimination of Noise), 경계 부분에서의 좀더 정확한 물체 영역의 추출을 위해 앞

의 과정에서 추출된 물체 영역에 마스크를 사용하여 경계 부분만을 추출한다. 이 영역 내에서만 차영상에 대해 에지 연산을 하고, 이 결과를 세그멘테이션하여 영역을 나눈다. 이때 각각의 영역에서 에지 연산의 결과가 세그멘테이션 된 영역에서 일정 문턱값 이상이면 물체 영역으로 간주한다(Morphology for Refinement). 이렇게 추출된 물체 영역에서 배경 영역을 표시해야할 정보를 추출하여 클라이언트로 영상 데이터를 전송한다(extraction alpha color). 본 논문에서는 물체 영역에서 사용되지 않은 특정 색상 정보를 이용하여 배경 정보로 이용한다.

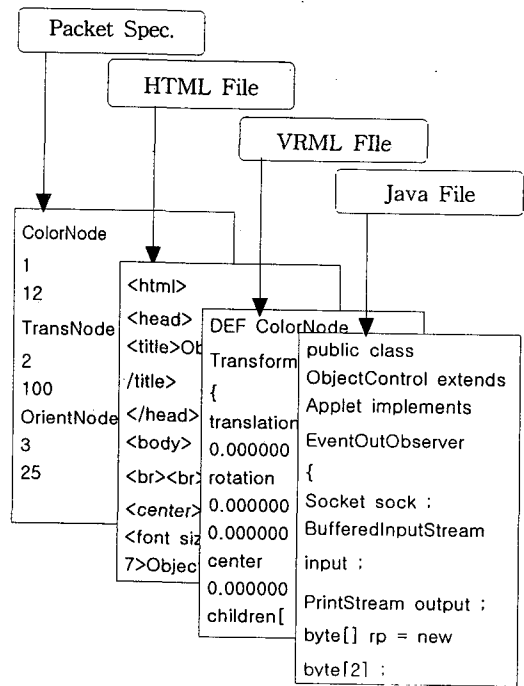
클라이언트에서는 IVR 서버에서 전송되어 온 영상을 가상의 공간에 합성한다. 이는 VRML의 여러 노드 중에서 PixelTexture를 통해 이뤄진다. PixelTexture 노드 중 영상 합성에 사용되는 SFImage 필드는 압축하지 않은 2차원의 화소단위로 정의된 그림을 표현하는데 투명도를 조절하는 파라미터를 통해 IVR 서버에서 전송된 영상에서 물체영역에 해당하지 않는 부분을 투명하게 처리한다. 이때 가상 환경에서의 뷰포인터와 실영상이 보이게 될 가상 스크린의 크기는 현실 세계에서의 뷰포인터와 영상 획득 영역에 기초하여 설정된다.

3.3 IVR Creator

3.1에서의 가상 환경 구현 방식은 실제 개발자에게 많은 부담을 준다. 개발자는 VRML 가상 객체의 생성과 이에 대응하는 자바 프로그램을 작성하여야 하며, IVR 서버를 제작할 때도 객체들에 대한 통신 규약을 알아야한다. 이런 문제점들은 실제 다양한 응용을 위한 시스템 구현에 제한 요인으로 작용한다. 따라서 현실 세계와 대응하는 VRML 객체를 생성할 때 이를 제어할 자바 프로그램 코드, HTML 파일, 그리고 TCP 통신을 위한 통신 규약에 대한 파일을 동시에 생성시켜 편리한 개발 환경을 제공하여 줄 필요가 있다. IVR Creator는 이런 목적으로 제작되었다. 다이얼로그 박스에서 각 요소의 값(VRML노드의 속성, 제어 대상, 통신규약, 제어값 등)을 입력하여 위에서 언급한 4 종류의 파일을 자동으로 생성시켜 개발자의 부담을 덜어준다. (그림 4)는 IVR Creator의 동작 모습으로 가상 객체의 생성, 가상 객체의 장면 갱신 속성, 통신 규약을 입력시키는 다이얼로그 박스를 보여주고 있다. (그림 5)는 이의 결과로 자동적으로 생성된 파일들의 내용 중 일부를 보여주고 있다. VRML 파일과 자바 파일의



(그림 4) IVR Creator에서의 가상 객체 및 통신 규약 생성 화면



(그림 5) IVR 생성기에 의해 생성되는 파일들

내용은 3.1에서 설명되었듯이 가상객체와 이를 제어하는 클래스가 한 쌍으로 생성된다. 자바 파일을 컴파일하면, TCP 소켓과 VRML을 받아오는 변수의 정의부분과 VRML에서의 이벤트를 체크하는 부분을 포함하는 메인 클래스, TCP 통신을 전달하는 ComNet 클래스와 VRML에서의 제어 속성에 따라 ComColor, ComTrans,

ComOrient 등의 클래스가 생성된다. 이들은 각각 색상, 위치, 회전의 제어 속성을 가진 쓰레드 기반의 클래스들로 ComNet 클래스의 데이터 수신 버퍼의 값에 의해 이벤트를 받아 각각 독립적으로 가상 세계의 장면을 갱신한다. 개발자의 입장에서는 이런 가상 객체 제어 클래스들만을 제작함으로써 기존의 시스템의 확장이나 다양한 형태의 제어가 가능하다. (그림 6)은 생성 제어 속성을 가진 ComColor의 자바코드의 예를 보여준다. HTML 파일은 생성된 VRML 파일과 자바애플릿을 포함하는 역할을 하며, Packet Spec. 파일은 IVR 서버에서 통신 규약을 정의하는 것으로 순서대로 객체 이름, ID, 데이터를 정의하고 있다. Packet Spec. 파일에 의해 IVR 서버는 적용되는 대상마다 달라지는 통신 규약에 제한을 받지 않는다.

```

class ComColor extends Thread{
    ComNet comnet ;
    Browser browser ;
    EventInSFColor sig = null;
    float Ocr[] = new float(3);
    float Gclr[] = new float(3);
    int state ;
    String name ;

    public ComColor ( String NodeName, ComNet c , Browser brow,
                    float or, float ob, float og, float gr, float gg, float gb ){
        super ( NodeName );
        this.name = name ;
        comnet = c ;
        browser = brow ;
        Node Mat = browser.getNode(NodeName);
        sig = (EventInSFColor) Mat.getEventIn("setDiffuseColor");
        state = 0 ;
        Ocr[0] = or ;
        Ocr[1] = ob ;
        Ocr[2] = og ;
        Gclr[0] = gr ;
        Gclr[1] = gg ;
        Gclr[2] = gb ;
    }

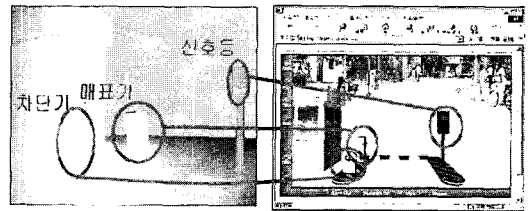
    public void run() {
        while(true) {
            if ( state == 0 ) { sig.setValue(Ocr); }
            else if ( state == 1 ) { sig.setValue(Gclr); }
            try { Thread.sleep(100); }
            catch(InterruptedException e) {}
        }
    }
}
    
```

(그림 6) IVR Creator에 의해 생성되는 ComColor 클래스 자바 코드 예

4. 시스템 구현 및 고찰

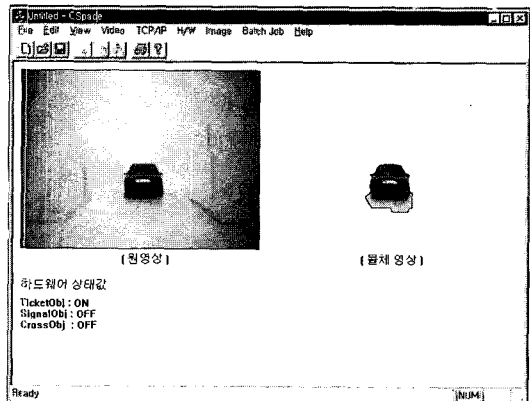
논문에서 제안한 방식으로 구현한 프로토타입 모델은 차량 출입 통제 시스템이다. 실제 차량 출입 통제기를 모형으로 제작하고, 컴파일러사의 개발용 보드를 이용하여 하드웨어를 구성하였다. 제어 대상은 매표기, 신호등, 차단기를 선정하였으며, 이들의 상태를 RS232를 통해 PC와 통신 가능하게 하였다. 이를 IVR Creator를 통해 가상 공간으로 모델링하고, 영상의 처리는 차량 출입 통제기 모형 전면에 카메라를 설치하여, 모형 자동

차를 감시 대상으로 선정하여 영상 전송 및 합성을 하였다. 클라이언트의 VRML 뷰어는 마이크로소프트사의 월드뷰어(World -Viewer)를 이용하였다. VRML 뷰어로는 현재 다양한 종류의 뷰어들이 나와 있는데, 이중 본 시스템에서는 EAI 규약을 충분히 지원해 주는 VRML 뷰어를 결정하였다. 자바 애플릿에서는 코스 모소프트사에서 제공하는 EAI 패키지를 사용하였다. (그림 7)은 제작된 실제 모형과 IVR Creator에 의해 모델링 된 가상 환경과 이들 두 모델 구성 요소에서의 대응관계를 보여 주고 있다.



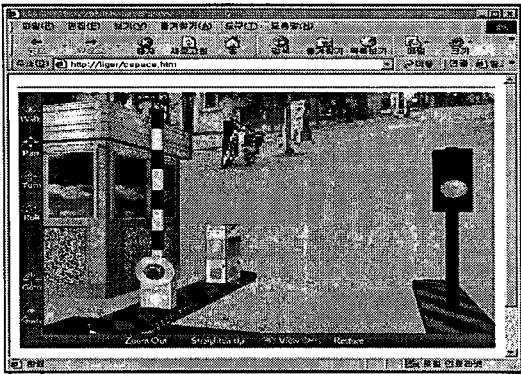
(그림 7) 실 객체와 가상 객체의 대응 관계

(그림 8)은 IVR 서버의 모습으로 획득한 영상, 감시 대상인 물체 영역만을 추출한 영상과 차단기, 매표기, 신호등의 현재 상태값을 보여준다.



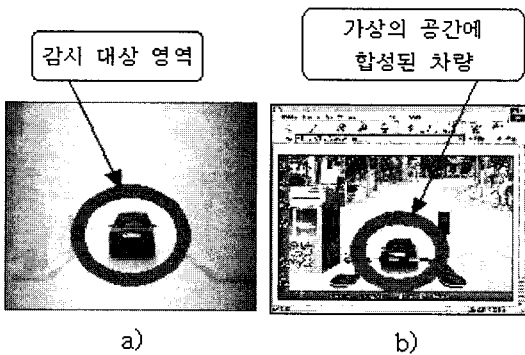
(그림 8) IVR 서버의 동작 모습

(그림 9)는 차량 통과시 서버로부터 차단기, 매표기, 신호등에 해당하는 상태값을 전송 받아 이를 가상환경을 제어하는 각각의 클래스에 의해 장면이 갱신된 모습으로, (그림 7)의 가상 환경 초기 장면에서 차단기의 방향, 매표기와 신호등에서의 신호가 갱신된 것을 보여준다.



(그림 9) IVR 서버로부터 하드웨어 상태값을 전송 받아 가상환경의 장면을 갱신한 모습

(그림 10)은 실제 차량의 모습과 이 영상을 IVR 서버로부터 전송 받아 가상 환경에 합성한 영상을 보여 주고 있다.



(그림 10) IVR 서버로부터 영상 데이터를 전송 받아 가상 환경에 실사 영상을 합성한 모습

5. 결론 및 향후 과제

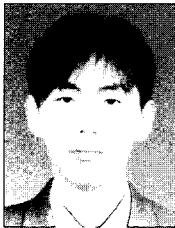
본 논문에서는 IVR을 통한 원격 제어 및 감시 시스템의 개발 방법과 통합 개발 환경에 대해 논하였다. 본 논문에서 제안한 시스템 개발 방법은 상대적으로 저가형의 인터넷 가상환경 시스템 제작에 적용 가능하다. 또한 인터넷을 기반으로 함으로써 다양한 플랫폼에서 사용 가능하다. IVR 자체가 가상 공간 속에서 직관적으로 대상 객체를 제어할 수 있고, 가상 공간을 사용자가 자유자재로 이동할 수 있는 다양한 인터페이스를 제공함으로써 사용자가 더욱 편리하게 사용할 수

있다는 장점도 지니고 있다. 그리고, 실제 카메라로부터 입력되어지는 실영상을 가상 공간 내에 반영시킴으로써 더욱 현실감 있는 가상 공간을 제공할 수 있으며, 개발자의 입장에서는 보다 쉽게 시스템을 제작할 수 있다. 향후 본 논문에서 제시한 IVR Creator의 인터페이스를 사용자의 편의를 위하여 개량하고, 영상 압축을 적용하여 시스템의 효율을 높이는 연구와 영상 데이터뿐만 아니라 음성 등의 다양한 데이터를 지원하여 가상 현실의 실재감을 더욱 증가시킬 수 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] "http://www.web3d.org/Specifications/" : VRML 규약.
- [2] 김영모, "PC 기반 개방형 공장 자동화 시스템", '98 산·학·연 공동기술개발 결과보고서, pp.19-38, 1999.
- [3] Ayman H. Mahoud, Andrew Clayden, and Catherine Higgins, "A Comparative Study of Environmental Cognition in a Real Environment and its VRML Simulation," Proceedings of the IEEE 1999 International Conference on Information Visualization. 1999.
- [4] Eder Arroyo, Jose Luis, Los Arcos, "A Virtual Reality Application to Electrical Substation Operation Training," Proceedings of the IEEE 1999 International Conference on Information Visualization, pp.835-839, 1999.
- [5] Volker Coors, Voker Jung, "Using VRML as an interface to the 3D Data Warehouse," Proceedings of the 3rd Symposium on VRML, pp.121-127, 1998.
- [6] D. Ball, M.Mirmehdi, "A Prototype Hotel Browsing System Using Java3D," Proceedings of the IEEE 1999 International Conference on Information Visualization, 1999.
- [7] Martin Schulz, Thomas Reuding, Thomas Ertl, "Analyzing Engineering Simulations in a Virtual Environment," November/December 1998 IEEE Computer Graphics and Applications, pp.46-52, 1998.
- [8] Sandy Ressler, Qiming Wang, Scott Bodarky, "Using VRML to Access Manufacturing Data," Proceedings of the 2nd Symposium on VRML, pp.109-116, 1997.

- [9] Susumu. Tachi, "Real-time Remote Robotics-Toward Networked Telexistence," IEEE Computer Graphics and Applications, November / December pp.6-9, 1998.
- [10] "http://www.web3d.org/fs_x3d.htm" : Extensible 3D (X3D) Task Group.
- [11] "<http://www.vrml.org/WorkingGroups/vrml-eai/impl/design/>" : EAI 규약.



임 현 우

e-mail : limhw@palgong.knu.ac.kr

1998년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1998년~현재 경북대학교 전자공
학과 석사과정

관심분야 : 가상현실, 컴퓨터그래픽스, 멀티미디어, 영상 처리



김 영 모

e-mail : ykim@ee.kyungpook.ac.kr

1980년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1983년 한국과학기술원 전자공학과
(공학석사)

1989년 한국과학기술원 전자공학과
(공학박사)

1985년~현재 경북대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 멀티미디어, 비주얼컴퓨팅, 영상처리, 컴퓨터
그래픽스