

특집

# 유비쿼터스 서비스형 컨베이어 감시 및 제어 시스템 프로토타이핑

이정배<sup>1)</sup> 박병관<sup>2)</sup> 강순주<sup>3)</sup>

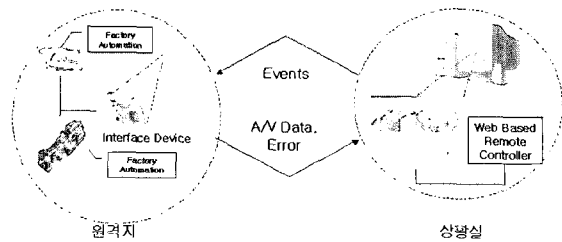
목 차

1. 서 론
2. 컨베이어 시스템 분석
3. 시스템의 설계
4. 시스템의 구현 및 테스트
5. 결 론

## 1. 서 론

사회 각 분야에 있어서 원격 제어 및 원격 감시 기술은 이제 일반화 되었으며 FA(Factory Automation: 공장자동화)뿐만 아니라 HA(Home Automation)에서도 필수적인 기술이 되었다. 그리고 통신망 기술의 발전은 고속의 화상 처리 서비스의 제공을 가능하게 하였으며, 초고속 통신망의 등장으로 다양한 서비스를 제공하는 환경이 구축될 수 있으므로 웹 기반 원격 영상 감시 및 제어 시스템의 실현이 가능해졌다. 또한 디지털 비디오 기술을 이용한 원격 상황 감시 시스템으로 상황실에서 원격지의 상황을 직접 관리할 수 있게 되었고, 제어 시스템 장애 발생 시 원격지 영상/음향 신호의 도움으로 신속하게 상황을 판단하거나, 각 장치들의 운용상태 확인, 비정상 사건상황의 화상/음향 텍스트 데이터 형태로 기록 저장하거나 필요에 따라 전송하는 요구가 확산되고 있

다. 그러나 원격 제어 시스템의 개발에 있어서 원격 제어 시스템은 대규모 공정을 대상으로 하는 대형 프로젝트의 성격을 띄고 있으므로, 많은 비용과 시간을 감안할 때 이 시스템에 대한 구현과 테스트는 실제로 제작해서 테스트를 하기 보다는 시뮬레이터에 그친다는 한계가 있다. 또한 인터넷/인터넷의 웹을 이용한 실시간 제어라는 기술의 치명적인 약점으로 지적될 수 있는 신뢰성의 확보 역시 원격 제어 기술에서 고려해야 할 기술이다. 이러한 이유들로 신발 공정 현장에서 사용하고 있는 컨베이어에는 실제로 구현 및 테스트의 적용이 불가능하다고 가정 했을 때, 이와 유사한 환경에서 시뮬레이션할 수 있는 여건 조성이 필요하다. 그리고 웹을 통한 원격지의 제어를 위한 보다 신뢰성 높은 제어 모듈의 개발이 필요할 것이다.



(그림 1) 상황실과 원격지 공장과의 관계

1) 선문대학교 컴퓨터정보학부 부교수  
 2) 선문대학교 객원 교수  
 3) 경북대학교 전자전기공학부 정보통신전공 부교수

본 논문에서는 (그림 1)과 같은 상황실과 원격지 공장과의 관계에서 보는 바와 같이 Client/Server 환경에서 초고속 정보통신망과 분산 멀티미디어를 이용하여 컨베이어 시스템을 원격으로 제어하는 시스템의 개발을 그 목표로 하고 있다. 이러한 시스템의 구성을 위해서는 원격 감시 기술, 영상 처리 기술, 분산 파일 저장 기술들이 필요하며, 각각의 기술을 분산시켜 여러 대의 서버에 두는 분산 제어 기술로 웹으로 인한 트래픽을 방지해야 한다. 그리고 원격지에서 인터넷이나 인트라넷을 통한 신발 산업용 컨베이어의 감시와 제어를 담당하는 클라이언트 프로그램은 사용자가 공정에 접근할 수 있는 가시적인 형태가 필요하다. 이를 위한 방법으로 대부분의 기업이 소유하고 있는 홈페이지와 이러한 시스템을 연계하는 것은 원격 제어 및 감시의 좋은 모델이라고 할 수 있다. 그러나 설명한 모든 기술이 각각 따로 흩어져서는 아무런 의미가 없으므로, 모든 기술을 엮어서 하나의 완벽한 시스템으로 이끌어 내는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 TCP/IP와 RTP를 이용하여 컨베이어 주변의 각각의 서버들과 클라이언트들을 웹 기반으로 실시간 원격 감시 및 제어 하도록 구성할 것이며, RTLinux와 I/O 인터페이스 제어 보드, ISA 인터페이스 제어 보드, 그리고 레고 기반의 프로토타입핑을 통해 실시간 신발 공정 컨베이어 제어를 위한 원격 감시 및 제어 시스템을 구현하였다. 이를 통해 Client/Server 환경에서 클라이언트가 원격지의 상황실에서 컨베이어를 직접 감시하고 제어하는 모듈을 만들어 실제 공정에서의 컨베이어 제어 및 감시 시스템의 적용 방법을 제시하도록 한다.

## 2. 컨베이어 시스템 분석

### 2.1 프로토타입핑 장비

· 신발 산업용 컨베이어를 위한 웹 기반 원격 제어 감시 시스템에서 사용되고 있는 컨베이어는 미국 MIT 대학과 Lego 사가 공동 연구한 레고 마인드 스톰(Lego Mind Storm 및 I/O Interface 보드, 인터페이스 제어 카드 등으로 구성되어 있다.

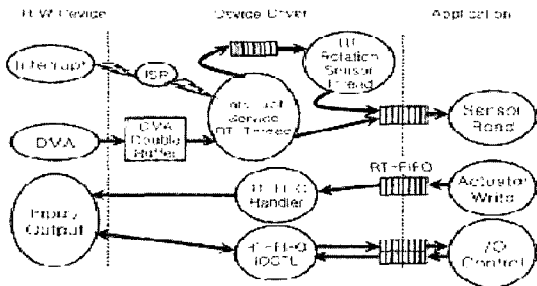
- 수동센서(Passive Sensor) : 터치 센서, 온도 센서
- 능동센서(Active Sensor) : 광 센서, 회전 센서
- Actuator : 컨베이어에 사용되는 모터
- 온도센서는 공장 모형의 온도 감지에 사용되는 센서이며, 본 시스템에서는 하나가 사용되고 있다.
- 광 센서는 컨베이어를 통과하는 물체감지를 위한 센서다. 본 시스템에서는 불량품과 완제품을 색깔에 따라 구분하고 있으며, 모두 세 개가 사용되고 있다.
- 회전센서는 모터의 회전횟수를 체크하는 센서이다. 불량제거 모듈에서 사용되고 있으며 총 2개가 사용되고 있다.
- Actuator중 본 시스템에서 사용되고 있는 것은 모터인데 이는 컨베이어의 구동, 온도조절 팬의 구동, 불량제거 모듈 등에서 총 6개가 사용되고 있다.

· 신발 산업용 컨베이어를 위한 웹 기반 원격 제어 감시 시스템의 컨베이어 모형은 마인드 스톰의 블록과 몇 개의 센서를 이용함으로 제작되었다.

· 디바이스 드라이버와 API 제작

디바이스 드라이버는 유저 프로그램의 요청을 받아 제어 보드에 명령을 내리거나, ISA 인터페이스 제어 보드에서 정보를 받아오는 일을 하는 시스템 프로그램이다. 일반 Linux에서의 디바이스 드라이버는 유저 프로그램의 요청을 받아 서비스를 하는 구조로 되어 있으며, 이러한 디바이스 드라이버의 작동 타이밍은 Linux 커널에서 임의

로 정하게 되어 있다. 이는 제한 시간 내에 정해진 작업을 처리해야 하는 실시간 시스템 특성에는 그리 적합한 구조가 아니다. 예를 들어 Bottom Half와 같은 부분에서는 커널의 원인으로 제한 시간을 초과하는 상황이 생길 수도 있기 때문이다. 이에 비해 RTLinux의 경우는 작업의 우선권을 개발자가 설정할 수 있으므로, RTLinux기반으로 제작된 디바이스 드라이버는 일반 Linux기반의 디바이스 드라이버보다 실시간 시스템에 더 적합하다. (그림 2)는 실제 제작된 RTLinux용 디바이스 드라이버의 구조도다.



(그림 2) 디바이스 드라이버의 기능적 구조도

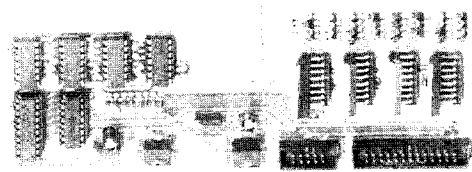
제작된 디바이스 드라이버는 크게 4가지 기능으로 구성되어 있다. 첫째는 DAM를 통해 전달되어 오는 센서 측정 값을 유저 프로그램으로 넘겨주는 부분이다. 여기서는 과도한 DAM 데이터 양을 조절해 I/O 트래픽을 줄여주는 필터를 삽입하여 효율성을 향상 시켰다. 필요에 따라 프크이즈를 제거하는 메이안 필터도 사용 가능하다. 두 번째는 액츄에이터로 전달되는 데이터를 처리하는 부분이다. 여기서는 유저 프로그램의 명령을 받아 제어 보드에 넘겨주는 일을 한다. 디바이스 드라이버의 명령을 받은 제어 보드는 해당 액츄에이터 채널의 PWM 펄스의 주기를 조절한다. 세 번째는 입/출력 데이터 외에 Flex 칩에 전달되는 제어 명령을 주고받는 부분이다. 이 작업은 유저 프로그램의 요청에 바로 결과를 알려주게 되며, 이러한

양방향성을 이루기 위해 두개의 RT-FIFO를 사용한다. 필요에 따라 유저 프로그램에서는 하나의 FIFO를 이용하는 것으로 보이도록 할 수도 있다. 네 번째는 응용 프로그램에서의 필요에 따라 삽입된 것인데, 바로 회전 센서의 회전 방향과 회전 수를 측정하기 위한 루틴이다. 이것은 고속의 회전 환경에서 정확하게 회전 방향과 회전 수를 계산하기 위해 유저 프로그램의 필요에 따라 추가되어진 기능이다. 제작된 디바이스 드라이버에서는 이러한 각 기능 단위의 프로그램 인터페이스마다 RT-FIFO를 각각 사용하도록 구성하였으며, 총 5개의 RT-FIFO를 사용하고 있다.

디바이스 드라이버 제작 후에는 이를 쉽게 사용하기 위해 응용 프로그램을 위한 API를 제작하였다. 기본적인 입출력을 고려한 API들이 제공되며, 응용 사례에 따라 얼마든지 기능이 추가되어질 수 있을 것이다.

· I/O 인터페이스 제어 보드

입/출력 장치들을 제어하는 I/O 제어 보드는 다음 같은 구조를 가지고 있다. (그림 3)이 I/O 인터페이스 제어 보드다.



(그림 3) I/O 인터페이스 제어보드

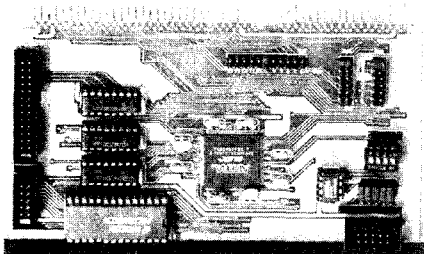
- 입력 장치용 인터페이스 회로 : 총 8개의 센서를 동시에 연결해 사용할 수 있으며, 특히 수동/능동센서를 가리지 않고 어느 채널에도 연결해 사용할 수 있다. 이 회로는 센서에 전원을 공급하고, 센서의 아날로그 출력을 ISA 인터페이스 제어 보드에 있는 ADC칩에 공급해주는 일을

한다.

- 출력 장치용 인터페이스 회로 : 총 8개의 actuator들을 동시에 연결할 수 있는 출력 회로에서는 DC모터들에 충분한 전력을 공급하기 위해 스테핑 모터 응용에도 사용하는 L298칩을 사용한다. 이 L298을 제어하는 신호는 ISA 인터페이스 제어 보드에서 만들어진다.

· ISA 인터페이스 제어 보드

PC용 ISA 인터페이스 제어 보드는 프로그램의 명령에 따라 I/O 인터페이스 보드의 운영 방식을 결정하고, 현재 상태와 데이터를 수집하여 보고하는 일을 한다. 이 제어 보드는 메인보드의 ISA 슬롯에 장착되어 동작하며, ISA 아키텍처를 따라 I/O R/W (Read, Write)와 DMA, 인터럽트를 사용한다. (그림 4)는 인터페이스 제어 보드의 사진이다.

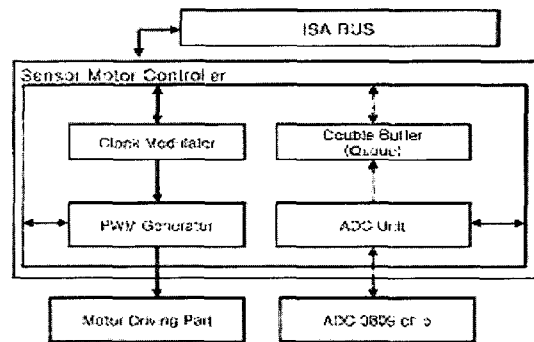


(그림 4) 인터페이스 제어보드

이런 다양한 기능을 구현하기 위해 제어용 칩으로 ALTER사의 Flex10k FPGA 칩을 사용하였다. 이 칩은 VHDL과 같은 HDL 언어로 그 기능을 구현 하게 된다. (그림 5)는 제작된 VHDL 소스 코드의 기능 구성도이다.

(그림 5)의 중앙에 큰 테두리를 두르고 있는 부분이 flex10k 칩에 내장된 기능들이며, 외분의 ISA BUS, Motor Driving Part, ADC0809 chip 사형들은 이 칩과 연결되 외부 회로를 나타낸다. Flex10k 칩에는 크게 4가지의 기능을 부여했다.

센서를 제어하는 모듈, 액추에이터를 제어하는 파트, ISA I/O R/W를 담당하는 파트, 마지막으로 DMA를 통해 센서 데이터를 메인 메모리로 전송하는 모듈이다.



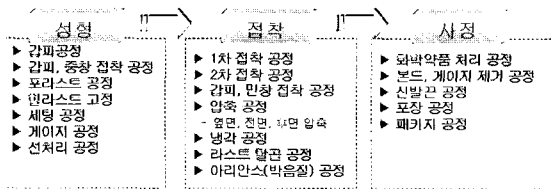
(그림 5) Flex10k 제어 칩의 구조

센서를 제어하는 파트는 ADC0809 chip을 제어하는 ADC Unit이며, 액추에이터를 제어하는 파트는 모터의 속도와 방향을 제어하기위한 PWM 신호를 만드는 PWM Generator와 Clock Modulator이다. 이 중 PWM Generator부분은 8개의 액추에이터 채널 각각에 대한 독립적인 제어가 가능하도록, 8개의 동일한 모듈 개체가 만들어져 있다. 유저 프로그램에서는 각 액추에이터 채널에 대해 서로 다른 PWM 펄스 주기를 설정하여 동작 방향과 속도를 제어할 수 있다. Clock Modulator는 전체 PWM Generator에 공급되는 기준 클럭의 주기를 조절하며, 8개 PWM Generator 전체의 펄스 주기에 영향을 준다. ISA I/O R/W 명령을 받아 처리하는 부분은 Sensor Motor Controller 부분이며, DMA를 통해 8채널 센서들의 데이터를 메인 메모리로 전송하는 부분은 Double Buffer에서 담당하고 있다. 특히 이 Double Buffer에서는 128바이트의 버퍼 두개가 Flex10k 칩 안에 내장되어서 ADC칩에서 넘어오는 데이터를 보관하여 두었다가 DMA로 한꺼번에 전송하도록 구성되어 있다. 또한, 소프

트웨어 측의 필요에 따라 DMA를 거치지 않고 직접적으로 ADC칩에서 받은 가장 최근의 센서 값을 받을 수도 있도록 기능을 추가하였다.

### 2.2 제품의 제조 공정 분석

본 논문이 적용하고자 하는 신발 산업의 신발 제조 공정은 제조 대상이나 자재 등에 따라 달라지나 가장 일반적인 공정은 (그림 6)과 같이 성형 공정, 접착공정, 사정공정 순으로 이루어진다. 성형 공정이란 신발의 갑피, 중창, 포라스트, 힐라스트 등의 성형을 담당하는 공정이며, 접착 공정은 갑피, 밑창 등의 접착 및 냉각과 압축 및 아리안스(박음질) 공정을 총칭하는 말이다. 그리고 사정 공정은 완성된 신발의 화학약품 처리, 본드/게이지 제거, 신발끈 처리, 포장, 패키지 등을 담당하는 말이다.

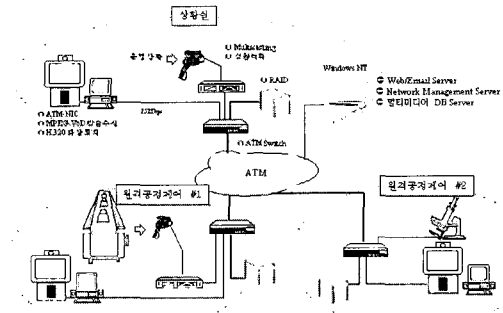


(그림 6) 신발 제조 공정

본 시스템에서는 웹을 통하여 이상의 신발 산업의 각 공정을 원격 감시하며, 다음의 세부 동작을 직접 제어 또는 원격 제어하도록 한다.

- 각 공정 컨베이어 벨트의 속도 및 제한 속도 감지, 유지를 위한 제어
- 원격지 신발 접착을 위한 온도측정 및 온도유지를 위한 제어
- 각 공정별 불량품 제거
- 각 공정별 불량품 및 완제품 처리공정DB화

### 2.3 전체 시스템 구성

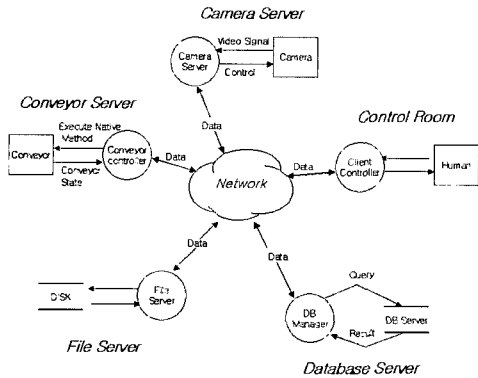


(그림 7) 시스템 구성도

본 시스템은 (그림 7)에서 보는 바와 같이 크게 원격지의 공정을 감시 및 제어할 수 있는 상황실과 현장에서 직접 공정을 제어하는 서버 부분으로 나눌 수 있다. 서버 부분은 다시 컨베이어 서버, 카메라 서버, 파일서버 그리고 데이터베이스 서버로 구분할 수 있다. 컨베이어 서버는 공장에서 각 컨베이어 공정을 직접 제어하거나 원격지의 상황실에서 받은 제어 신호를 컨베이어 시스템에 전달하여 이를 제어하고 각 공정의 상황을 원격지의 상황실에 전달해 준다. 카메라 서버는 공장의 상황을 촬영하여 원격지의 상황실에 실시간으로 디스플레이 해주는 역할을 하며, 파일 서버는 이렇게 촬영된 영상을 저장해 두었다가 필요할 때 재생할 수 있도록 지원해준다. 그리고 마지막으로 데이터베이스 모듈은 공정 분석을 위한 데이터들의 처리를 위한 부분이다. 이상의 5개의 시스템 구성 요소들은 원격지에서의 실시간 제어 및 감시를 위해 모두 웹으로 연결되어 있어야 하며 TCP/IP 통신과 RFP 통신 프로토콜을 사용한다.

### 3. 시스템의 설계

앞서 설명한 5개의 시스템 구성요소는 각각 별도의 모듈로 설계한다. 이는 카메라 서버, 컨베이어 서버, 파일 서버와 데이터베이스 서버 등이 트래픽 분산과 자료관리의 효율성을 위해 분산서버



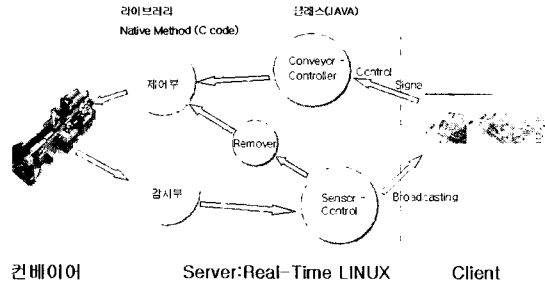
(그림 8) 목표 시스템의 DFD

모델을 따르기 때문이다.

### 3.1 컨베이어 서버 모듈 설계

컨베이어 서버 모듈의 구동하기 위해서 RT (Real Time) Linux를 사용한다. RTLinux는 Linux를 기반으로 한 Hard Real-time 솔루션으로 공장자동화, 로보틱스, 통신기기, 제어기기, 방위산업 등 실시간 Embedded System이 필요한 산업부분에 최상의 기능을 제공할 수 있는 RTOS이다. 공장 제어 시스템에 있어서 Real-Time 기능은 매우 중요한 이슈이므로 신발 공정 모형이 RT-Linux 환경에서 작동되도록 설계해야 한다. 따라서 하드웨어를 컨트롤하기 위해 플랫폼의 독립성을 보장하기 위한 JAVA 언어가 함께 사용되어야 하며 시스템에 대한 제어와 감시 역할을 하는 프로세스를 함께 설계해야 한다.

이러한 컨베이어 서버 모듈의 시스템 제어 및 감시 프로세스를 그림으로 나타내면 다음 (그림 9)와 같다. 원격지 공장의 컨베이어에서 일어나고 있는 모든 현상(온도변화, 컨베이어의 속도변화 등)은 감시부를 통해 클라이언트에 전송(Broadcasting)되도록 한다. 클라이언트에서 보내온 컨트롤 시그널은 제어부를 통해 각 공정을 제어한다. 온도 변화에 따른 컨베이어 공정 내의 자체 이벤트 처리와 같이 사용자를 거치지 않아도 상관없는 부분에 대한 제어는

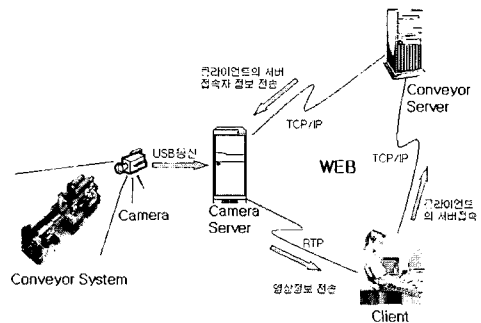


(그림 9) 컨베이어 서버 모듈의 시스템 제어 및 감시 프로세스

모듈 내에서 자동적으로 수행되도록 설계한다.

### 3.2 카메라 서버 모듈 설계

카메라 서버는 카메라로부터 입력받은 영상을 원격지의 관리자에게 전송하거나 파일서버에 전송하는 역할을 한다. 다음 (그림 10)은 카메라 서버의 구성도를 도식화한 것이다.



(그림 10) 카메라 서버의 구성도

감시 카메라를 통해 촬영된 컨베이어의 영상은 먼저 USB포트를 통해 서버에 전송된다. 사용자는 웹을 통해 컨베이어 서버에 접속하게 되고 컨베이어 서버와 TCP/IP 소켓 프로그램으로 연결되어 있는 카메라 서버는 컨베이어 서버로부터 사용자의 IP 정보와 함께 영상화면 전송을 요청받게 된다. 이때 카메라 서버는 카메라로부터 입력된 영상을 영상 처리 모듈을 통하여 사용자(클라이언트)에게 RTP 패킷으로 전송하게 되는 것이다. 이

러한 상황은 모두 인터넷에서 실시간으로 이루어 지므로 웹에서 발생하는 트래픽을 제외하면 Delay가 거의 발생하지 않는다.

### 3.3 JMF(Java Media Framework)기술을 이용한 영상 스트리밍 제어

카메라 서버의 영상 스트리밍 제어는 JAVA 기반의 JMF 기술을 이용하였다.

JMF라는 것은 기존의 자바 프로그래밍에서의 가장 취약했던 멀티미디어 제어관련 API 및 SDK를 보강한 것으로서, 윈도우의 Video for windows 프로그래밍 SDK와 마찬가지로, 비디오 및 오디오의 캡처, 저장, 전송, 스트리밍 기술 등에 이용되는 기술이다. Java Media와 Communication APIs는 오디오, 비디오, 애니메이션, 3D그래픽과 같은 발전된 멀티미디어 타입 창출과 Playback을 지원하는 인터페이스로서 설정되어 있다.

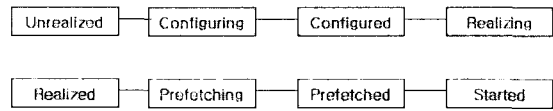
JMF에서는 MPEG, AVI, MOV 등의 비디오 기술과 더불어 H.261 H.263등의 영상회의 코덱 표준도 지원하고, G.721 G.723 등의 오디오 코덱도 더불어 제공하고 있다. 또한 RTP (Real time Transfer Protocol)을 지원함으로써 실시간으로 동영상과 음성을 전송하고, 이러한 기능을 통해서 인터넷 멀티 채팅, 화상회의, 원격 감시 등에도 그 이용분야가 상당히 높다.

#### 3.3.1 멀티미디어 데이터의 Capture

본 논문에서는 Capture Card가 필요 없이 간단히 USB를 통해 영상을 획득할 수 있는 USB Camera를 이용한다. 먼저 컴퓨터에 설치된 Capture Device의 정보를 얻고, 장치에 어떤 Format이 있는지 조사하여 사용가능한 Format을 정한다. 그 Capture Device의 이름을 통해서 데이터 소스를 생성하고, 생성된 데이터 소스를 인자로 Player 혹은 프로세스를 만든다.

#### 3.3.2 멀티미디어 데이터의 프로세싱

프로세스란 프로그래밍 가능한 Player로서 decoding과 rendering 처리를 가능하게 해 준다. 또한 capture 프로세스로 이용됨으로써 capture된 멀티미디어 데이터에 대한 부호화 및 multiplexing 기능을 수행 할 수 있다. (그림 11)의 프로세스 상태를 살펴보면



(그림 11) 프로세스 States

먼저 프로세스에서 configure 메소드를 호출하면 프로세스는 Configuring 단계로 들어가게 된다. 이러한 Configuring 단계에 있는 동안에, 프로세스는 바로 DataSource에 연결을 수행하고, 입력된 데이터 스트림을 demultiplexing 시키고, 입력 데이터의 데이터 포맷에 관한 정보를 얻는 단계다. 프로세스가 DataSource를 찾는데 성공했고, 데이터 포맷에 관한 정보획득이 성공하면, 프로세스는 Configured 상태로 이동하게 되고, 프로세스가 이 상태에 도달하게 되면 configure CompleteEvent가 발생한다.

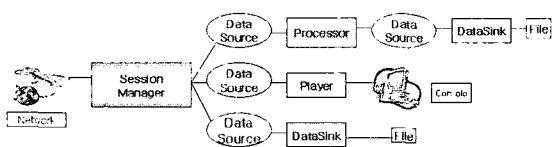
다음으로 프로세스가 Realize 메소드를 호출하면 프로세스는 Realized 상태로 이동하게 되고, 이때부터 프로세스는 완전히 생성이 성공된 단계라고 할 수 있다.

#### 3.3.3 파일로 멀티미디어 데이터 저장

프로세스로부터 출력되는 미디어 데이터를 읽고 파일로 저장하기 위해서 DataSink를 이용한다. 저장 과정을 살펴보면, 먼저 API의 getData Output 메소드를 호출하여 프로세스로부터 출력 DataSource를 얻고, Manager.create Data Sink 메소드를 호출해서 file writer DataSink

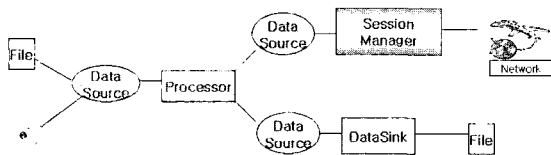
를 생성한다. 이것을 DataSource와 Media Locator에 넘겨주어서 저장하고자 하는 파일의 위치를 지정해 주고, 파일을 열기위해서 open 메소드를 호출한다. 그리고 DataSink에 대해서 start를 호출하여 데이터 기록을 시작한다.

### 3.3.4 RTP를 이용한 멀티미디어 데이터의 실시간 송/수신



(그림 12)네트워크를 통한 RTP 데이터 수신

(그림 12)에서 보듯이 네트워크를 통해 전달되는 RTP 데이터는 일단 Session Manager에 의해 세션별로 분리가 되어서 각각의 별도의 데이터 소스들로 분리가 된다. 만약 수신단에 저장을 하기전에 수신단에서 알맞은 프로세싱을 하고 그 후에 저장을 하고자 한다면 데이터 소스를 프로세스로 넘기고 프로세스의 출력을 다시 데이터 소스로 만들고, 그것을 데이터 싱크로 넘긴후 데이터 싱크에서 저장을 하게된다. 또 수신단에서 수신받은 데이터를 플레이 하고자 하는 경우에는 Session Manager에서 나오는 데이터 소스를 Player에게 넘겨주면 영상을 화면에서 볼 수 있다.



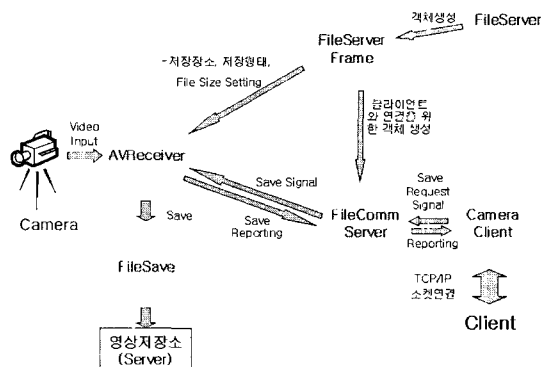
(그림 13) 네트워크를 통한 RTP 데이터 송신

다음으로 (그림 13)에서 보듯이 데이터 송신을 위해 획득한 데이터들은 DataSource로 보내어

지고, 프로세싱을 위해서 프로세스로 들어간다. 프로세스의 출력물로 다시 DataSource 형태로 출력물이 나오면 그것을 Session Manager를 통해 네트워크로 전송하거나, 혹은 DataSink를 이용해서 하드디스크에 저장을 하도록 구성한다.

### 3.4 파일 서버 모듈 설계

파일 서버 모듈은 원격지 현장에서 일어나고 있는 상황을 담은 영상을 파일 서버에 저장시키며, 필요할 때 영상을 재생 할 수 있도록 해 준다. (그림 14)는 본 시스템의 영상을 파일로 변환하여 저장하는 프로세스를 도식화 한 것이다.



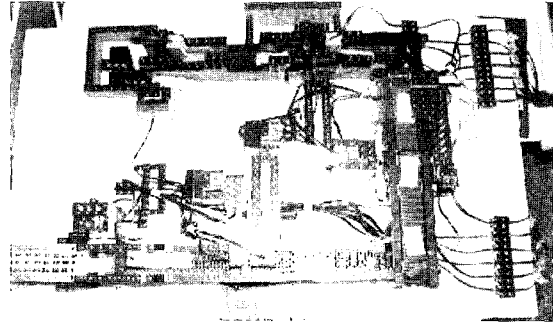
(그림 14) 파일 저장 프로세스

먼저 File Server는 File ServerFrame 객체를 생성시켜 TCP/IP 소켓 설정과 영상 파일이 저장될 공간, 저장형태, 파일의 크기를 설정한다. FileServerFrame 객체는 FileComm-Server와 CameraClient 객체를 통해 카메라 서버와의 TCP/IP 소켓 설정을 하고 관리자가 영상파일의 저장을 요청하면 FileCommServer 클래스는 연결된 소켓을 통해 요청 Signal을 접수한다. 이때 AVReceiver 클래스는 카메라를 통해 입력받은 영상을 미리 설정해준 값에 따라 파일로 전환한 후 파일저장소에 저장하게 된다.



### 3.4 데이터베이스 서버 설계

데이터베이스 서버는 클라이언트에서 확인하게 되는 공정분석을 지원하기 위한 데이터의 처리 서버다. 컨베이어 서버에서 일어나는 상황 즉, 시스템의 시작 및 정지유무, 컨베이어의 속도 변화, 불량 감지, 불량 제거 상황, 상품의 입출력, 온도변화에 따른 팬 동작 여부 등이 시간과 함께 데이터베이스에 저장되게 된다.



(그림 15) Lego로 제작된 신발 공장 모형

### 3.5 클라이언트 사용자 모듈 설계

웹을 통한 실시간 제어를 위해 사용자는 산업체의 홈페이지를 통해 클라이언트 모듈에 접근하도록 설계한다. 이를위해 사용자 지향적인 GUI(Graphic User Interface)가 필수적이다.

클라이언트 사용자 모듈의 설계 시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 공정별 원격 영상 감시, 수치화된 온도 감시 및 컨베이어 속도감시 정보, 원격 컨베이어 제어, 그래프를 통한 공정 분석, 명령 및 컨베이어 상황에 대한 로그 관리, 영상 전송 오류 발생시 원격지 상황 감시

## 4. 시스템의 구현 및 테스트

### 4.1 Lego RIS을 이용한 신발 공장 모형 제작

Lego RIS(Robotics Invention System)는 덴마크의 Lego사와 미국 MIT 미디어 랩의 레퍼트 박사 연구팀이 개발한 레고 교육용 교재다. 본 논문에서는 신발 산업의 세 가지 공정 모형을 이러한 Lego RIS를 이용해 제작하였으며, 모형에서 사용되고 있는 센서와 Actuator를 제어하기 위해 별도로 제작된 인터페이스 카드, 컨트롤 보드, 그리고 디바이스 드라이브를 사용하였다.

(그림 15)는 이러한 구조도에 따라 Lego를 이용해 실제 구현한 신발 공장의 모형이다.

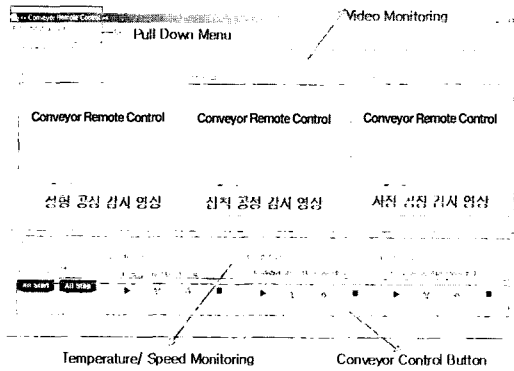
### 4.2 서버 모듈들의 구현

4개의 서버의 모듈들은 분산 환경 지원을 위해 각각 서로 다른 컴퓨터에서 실행시킨다. 각 각의 서버 모듈들은 서버의 운영 상황을 확인할 수 있는 콘솔 화면들을 가지고 있으며 관리자는 이러한 콘솔 창을 통하여 서버들을 관리할 수 있다. 각 각의 서버 모듈은 플랫폼의 독립성을 위해 JAVA 언어로 제작되어 있으나, 컨베이어 서버 모듈은 JAVA와 C언어로 구성되어 있다. 이러한 JAVA와 C의 연동을 위해 JNI(Java Native Interface)를 사용한다.

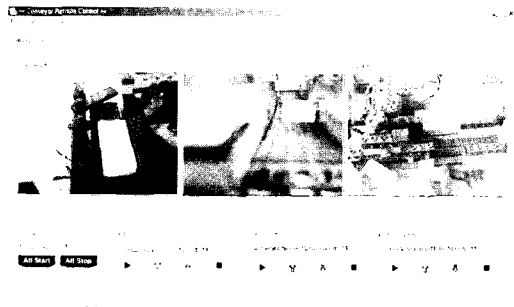
### 4.3 클라이언트 사용자 모듈의 구현

클라이언트 사용자 모듈은 웹으로 접근할 수 있는데, 사용자 인증을 거친 홈페이지와 연동되어 있다. 클라이언트 사용자 모듈에서는 (그림 16)과 같은 원격지 공장 감시 및 제어를 위한 상황실 Main GUI와 (그림 17)과 같은 공정 분석 GUI 등이 제공된다.

이 외에도 사용자 클라이언트 모듈에서는 디렉토리 검색 서비스를 이용한 영상 재생 프로그램, 영상 전송 오류 시 그래프를 이용한 원격 감시 프로그램 등이 구현되어 있다.



(그림 16) 상황실 Main GUI



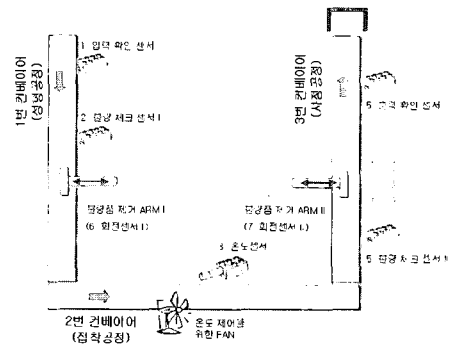
(그림 17) 공정 분석 GUI

#### 4.4 테스트

컨베이어 모형은 신발 제조의 세 가지 공정인 성형, 접착, 사정 공정을 각각 하나의 컨베이어 벨트에 축소해 놓았다. 모형에 사용되는 센서는 4개의 빛 센서와 2개의 회전 센서 그리고 하나의 온도 센서로 이루어져 있으며 동작을 담당하는 Actuator는 모두 모터로 총 7개가 사용되고 있다.

성형공정을 담당하는 1번 컨베이어로 Item이 들어온다. 입력확인 센서에서 총 투입 Item의 개수를 파악하고 불량 체크 센서 1을 통해 성형공정에서 발생하는 불량품을 확인한 후 불량품 제거 ARM I으로 불량품을 제거한다. 1번 컨베이어를 통과한 Item은 접착공정을 담당하는 2번 컨베이어로 이동하게 된다. 접착공정에서는 온도를 체크한다. 온도센서를 통해 온도가 너무 많이 올라가게

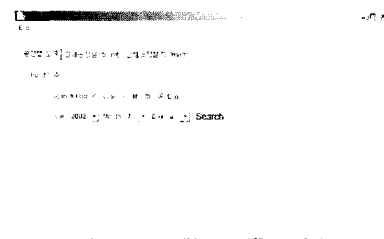
되면 온도 제어를 위한 FAN이 반응 하게 된다. 마지막으로 3번 컨베이어인 3번 사정공정에서 불량 체크 센서 2를 통해 불량품을 다시 한번 걸러내고 출력 확인 센서를 통해 완제품의 개수를 파악하는 것이다. Lego 모형에서는 빛 센서를 이용하여 Item의 컬러로 불량체크를 하게 했다. (그림 18)은 신발 산업 각 공정에 대한 모형 구조도다.



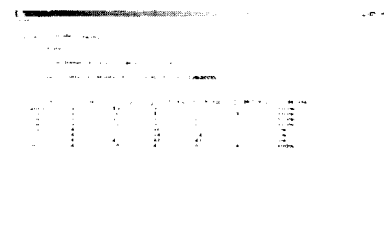
(그림 18) 신발 산업 공정에 대한 모형 구조도

다음은 각 공정을 테스트 및 분석 화면이다.

- 공정별 분석 : (그림 19)는 성형, 접착, 사정 공정별 불량품 통계를 시간대 일별, 월별로 제공한다.

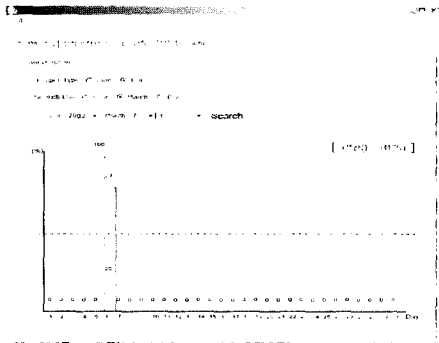


(그림 19) 공정 분석 툴의 공정별 분석 실행

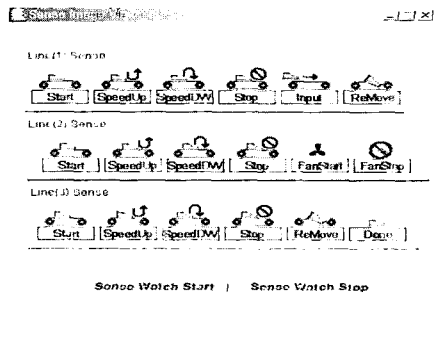


(그림 20) 공정 분석 툴의 공정별 분석 실행

- 전체 공정 : (그림 20)은 원격지 공장 전체 공정의 완제품 및 불량품 개수, 불량품 발생률 등을 테이블 형태로 제공한다.



(그림 21) 전체 공정 분석 그래프



(그림 22) Sense View Applet

- 전체 공정 분석 그래프 : (그림 21)은 원격지 공장 전체 공정의 완제품, 불량품 개수 및 불량품 발생률 등을 막대와 선, 그래프로 제공한다.
- Sensor View : (그림 22)는 각 공정 라인에 대한 원격지 공장의 상황을 이미지로 보여주는 Tool이다.

Line(1)은 성형공정, Line(2)는 접착공정, Line(3)은 사정 공정을 의미한다. Start는 컨베이어 벨트의 구동, Stop은 컨베이어 벨트의 정지, SpeedUp은 컨베이어 벨트의 속도증가, SpeedDW은 속도 감소다. 또한 Remove는 불량품 제거, Input은 원자재 입력, Done은 완제품

출력을 나타낸다. 그리고 마지막으로 Fan-Start는 온도 증가에 따른 Fan의 구동상황을 나타내는 것이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 Client/Server기반의 실시간 원격 제어하고 감시 기술을 신발 산업 공정의 컨베이어에의 적용해서 공장 자동화 방안을 제시하고 있다. 이러한 원격 감시 제어 시스템은 원격지에 연결된 컨베이어 시스템을 상황실에 위치한 클라이언트 시스템에서 웹 애플릿을 사용자 인터페이스로 사용하여 원격 제어 및 모니터링하는 형태를 가진다. 그리고 서버시스템을 통해 컨베이어 시스템을 통과하는 제품들의 내역에 대한 데이터베이스를 저장, 유지, 관리한다. 인터넷이 연결되어 있다면 어느 곳에서든지 제어 및 감시가 가능하기 때문에 국내뿐 아니라 해외 공장상황도 감시하고 제어할 수 있으며, 이러한 원격지 실시간 시스템은 위험한 지역의 공정제어 및 감시에 도움을 줄 뿐만 아니라, 산업재해를 미연에 발생할 수 있는 효과도 크다.

초고속 통신망에서의 분산 멀티미디어 기술을 사용한 이 자동화 기술은 원격제어 및 모니터링뿐만 아니라 물류 및 통합 공정 시스템 등 다양한 분야의 기술에 적용을 시킬 수가 있다.

그러나 적용되는 분야가 대규모에, 많은 예산이 들기 때문에 기업의 협조와 국가적 지원이 뒤따라야 한다. 정부의 산업용 원격 감시 및 제어 등 공장 자동화를 위한 연구에의 지원과 산학연간 협동 연구를 통하여 생산 공정에 관한 기술적인 협력을 도모하여 실제 산업에 적용하게 되면 국가 경쟁력이 크게 향상될 것이다.

## 참고 문헌

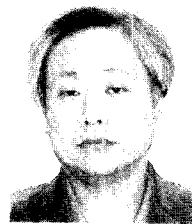
- [1] <http://fsmllabs.com/>
- [2] <http://www.lego.com>
- [3] <http://mindstorms.lego.com/>
- [4] <http://java.sun.com/products/java-media/jmf/2.1.1/solutions/>
- [5] <http://kldp.org/KoreaDoc/>
- [6] [http://www.javastudy.co.kr/docs/jhan/java\\_advance/jniexamp.html](http://www.javastudy.co.kr/docs/jhan/java_advance/jniexamp.html)
- [7] <http://www.rtlinux.co.kr>
- [8] 이현우, 천영환, Java Programming Bible for JDK 1.3, 영진.com, 2001.5
- [9] Alessandro Rubini. LINUX Device Drivers, O' Reilly, 1998.
- [10] Hassan Gomaa. Software Design Methods for Concurrent and Real-Time Systems, Addison Wesley, 1996.
- [11] 정기훈, 김도훈, 박성호, 강순주. "임베디드 실시간 시스템 개발 교육과정", 정보처리학회지 제9권 1호, 2002.1.
- [12] 이정배 외, "신발산업용 컨베이어를 위한 웹 기반 원격 제어 감시 시스템 개발 기술개발 및 사업화 결과 보고서", 한국기술평가원, 2002.7

## 저자약력



**이정배**

1981년 경북대학교 전산공학과(공학사)  
 1983년 경북대학교 전산공학과(공학석사)  
 1995년 한양대학교 전산공학과(공학박사)  
 1982년~1991년 한국전자통신연구원 선임연구원  
 1996년~1997년 U.C.Irvine 객원교수 Dept.of Electrical & Computer Eng.  
 1991년~2001년 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 부교수  
 2002년- 현재 선문대학교 컴퓨터정보학부 부교수  
 관심분야: 컴퓨터네트워크, 실시간시스템, 인터넷 응용  
 이 메 일 : jblee@sunmoon.ac.kr



**박병관**

1982년 한양대학교 전자공학과 학사  
 1990년 KAIST 전산학 석사  
 1982년 3월~1992년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원  
 1992년 5월~2002년 9월 (주)유니크테크놀로지 대표이사  
 2000년 10월~2002년 10월 (주)유니와이드테크놀로지 이사  
 2003년- 현재 선문대학교 객원 교수



**강 순 주**

1983년 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1985년 한국과학기술원 전자계산학과 (공학석사)

1995년 한국과학기술원 전자계산학과 (공학박사)

1985년~1996년 한국원자력연구소, 핵인공지능연구실 선임연구  
원(과책), 전산정보실 선임연구원(실장)

1996년~1998년 경북대학교 전자전기공학부 정보통신전공  
전임강사

2000년~2001년 University of Pennsylvania, Dept. of  
CIS, 방문연구교수

1998년~현재 경북대학교 전자전기공학부 정보통신전공 부교수

관심분야 : 실시간 시스템, 임베디드 시스템, 지식기반시스템

이 메 일 : sjkang@ee.knu.ac.kr