

---

# 정전기 모니터링 시스템 설계

김강철\* · 변치남\*\* · 임창균\* · 한석봉\*\*\*

## Design of Electrostatic Monitoring System

Kim Kang Chul\*, Byon chi-nam\*\*, Lim Chang-Gyoon\*, Han Seok-Bung\*\*\*

---

이 논문은 2007년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

---

### 요 약

본 논문에서는 정전기 예측 시스템과 경고 메시지 전송 시스템으로 구성된 정전기 모니터링 시스템을 개발하였다. 정전기 예측 시스템은 현재까지의 값을 기반으로 다음 단계의 정전기의 크기를 예측하고, 예측값을 블루투스 통신을 사용하여 무선으로 경고 메시지 전송 시스템으로 전송한다. 경고 메시지 전송 시스템은 정전기 예측 시스템으로부터 들어온 경고 신호를 받아들이고, 소켓 프로그램을 이용하여 상용 SMS 사이트에 접속하여 작업 담당자의 휴대폰으로 경고 메시지를 전송한다. 정전기 예측 시스템에 사용되는 동적 가변 가중치(weight factor)를 가지는 LSR(least square regression) 기반 예측 알고리즘을 개발하였고, 모의 실험에서 가중치를 실시간으로 변화시키는 방법이 표준편차가 약 64.69V로 가장 우수하게 나타났다. 그리고 경고 메시지 전송 시스템에서 보낸 경고 메시지가 약 5초 후에 원격지 작업자의 휴대폰에 표시된 것을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we develop an electrostatic monitoring system which is composed of an electrostatic prediction system and a warning message transmission system. The electrostatic prediction system in a factory receives the value of electrostatic charge from the electrostatic sensor and predicts the next value by using past data and sends the value to the warning message transmission system through the bluetooth communication. The warning message transmission system gets a warning signal and transmits the warning message to the worker's cellphone through a commercial SMS web by a socket program running on Windows PC in a control room. We propose electrostatic forecasting algorithms based on LSR(least square regression) using weight factors in an electrostatic prediction system. Simulation results show that the algorithm with dynamically variable weight factors is best with 64.69V standard deviation and a warning message transmitted by the warning message transmission system is displayed on cellphone after about 5 seconds.

### 키워드

Electrostatic charge, Electrostatic monitoring system, Variable weight factor, Warning message, Socket program

---

\* 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부

\*\* (주)세방기업

\*\*\* 경상대학교 공과대학 전자공학과

## I. 서 론

정전기 현상은 일상에서 흔하게 접하는 현상이지만 정확한 고찰이나 지식없이 정전기를 이해하는 것은 용이하지 않으며, 사람에게 쇼크를 일으켜 불편감을 주거나 일을 방해하는 사소한 요인이 되기도 한다. 그러나 산업안전 분야에서는 산업기기의 오동작으로 인한 작업의 방해 및 재해, 정전기 방전 스파크에 의한 화재나 폭발, 작업자의 감전 등의 사고에 대한 위험 요소가 되고 있다. 그리고 정전기에 의한 재해사고를 수식적으로 정확하게 모델링하여 해석하는 방법이 일반화되어 있지 않기 때문에 아직까지는 완벽한 재해의 방지가 불가능하다[1].

금속판 A에서 B로 이동한 전자의 전하량을 Q (Coulomb), 두 금속표면의 전기 2중층으로 인한 정전용량을 C(Farad)라 하고, 접촉전위를 전하량과 정전용량으로 나타내면 식 (1)로 표현된다.

$$V = Q/C \quad (1)$$

접촉전위는 식 (1)과 같이 두 물체가 분리되면서 정전용량이 감소하면 접촉전위는 정전용량에 반비례하기 때문에 수 mV에서 수 KV로 상승하여 폭발의 위험성이 있다. 정전기에 대한 연구가 거듭되면서 정전기 현상의 원인이 규명되었지만, 석유화학공업 및 고분자공업, 전자공업 등이 발전하면서 정전기는 장·재해의 발생 원인으로 그 심각성이 대두되고 있다.

우리나라의 2006년도 전기화재는 약 9,300여건이며, 이 중에서 정전기에 의한 화재는 45건으로 약 0.5%를 차지하고 있다[2-4]. 정전기에 의한 화재 및 폭발사고는 전체 화재건수에 비하여 매우 낮은 점유율을 보이고 있으나, 일반화재와는 달리 가연성 액체나 가스 또는 가연성 분진과 같이 인화성 및 폭발성이 매우 강한 물질을 적재 또는 사용하는 장소에서 발생하여 사고의 확산이나 피해가 매우 큰 것이 특징이다[5-7]. 따라서 폭발의 위험성이 있는 정전기를 체계적으로 관리하여 폭발의 위험성을 제거하고 chunk, plugging 등으로 인한 생산성 감소를 해결하기 위하여 정전기를 모니터링하는 시스템의 개발이 필요하다[1]. 특히 여과집진장치(bag filter) 등의 내부에서 발생하는 정전기가 폭발의 주요 원인이 되고 있으나 대부분의 회사들은 내부의 정전기를 측정할 수 없

으므로 외부만을 접지시키고 있다. 그러므로 폭발방지, 생산성 향상, 재산손실 등을 줄이기 위하여 제품생산 장치의 내부에 발생하는 정전기를 예측하여 작업 담당자에게 위험 상태를 알려주는 정전기 모니터링 임베디드 시스템의 개발이 필요하다. 또한 작업 담당자가 현장에 없을 경우에 현장의 위험 상황을 즉시 알려주기 위한 무선 전송 시스템이 포함되어야 한다.

본 논문에서는 정전기 센서로부터 입력된 데이터를 통계적으로 처리하여 폭발의 위험성이 예측되면 경고 신호를 휴대폰을 통해 공장 관리자에게 경고 메시지를 보내는 정전기 모니터링 임베디드 시스템을 개발한다. II 장에서는 본 논문에서 개발한 정전기 모니터링 시스템의 전체 구성을 설명하고, III 장에서는 정전기에측 시스템에 사용될 가변 가중치(weight factor)를 가지는 LSR(least square regression) 기반 예측 알고리즘을 기술한다. IV 장에서는 예측 결과가 위험수위에 도달할 경우에 작업자의 휴대폰으로 경고 메시지를 전송하는 프로그램을 설명한다. V 장에서 정전기 모니터링 시스템의 실험결과와 성능을 보여주고, VI 장에서 결론을 기술한다.

## II. 정전기 모니터링 시스템의 구성

본 논문은 석유화학제품 생산 공장에서 정전기로 인하여 발생할 수 있는 폭발을 사전에 방지하기 위한 정전기 모니터링 임베디드 시스템을 개발하는 것으로 그림 1 과 같이 점선 안에 있는 정전기 예측 시스템(electrostatic prediction system: EPS)과 경고 메시지 전송 시스템(message transmission system : MTS)으로 구성된다.

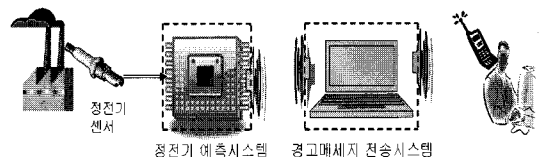


그림 1. 정전기 모니터링 시스템 구성도  
Fig. 1. Configuration of the electrostatic monitoring system

정전기 센서는 여과집진장치 등 단위공정 장치 내부에 접촉할 수 있는 구조로 되어 있으며, 탐침으로부터 측

정된 전압을 HART 프로토콜을 통하여 전송하도록 전압을 전류로 변환시키는 전압-전류 변환기가 내부에 구성되어 있다[5]. 그리고 디지털 전송을 위해서는 커뮤니케이터를 사용하여 RS232C 포트로 전송할 수 있도록 구현되어 있다. 본 논문에서는 (주)GK에서 개발한 휴대용 정전기 센서를 사용한다[8].

EPS는 정전기 센서와 유선으로 연결되어 있으며, 단위공정 장치가 있는 작업 현장에 위치한다. EPS는 정전기 센서로부터 시리얼 포트를 통하여 정전기의 크기를 입력받아 미래의 정전기 크기를 예측하고, 예측된 값이 폭발의 위험 수준에 도달하면 블루투스 통신을 이용하여 무선으로 경고신호를 MTS로 보낸다.

석유화학제품을 생산하는 단위공정 장치는 현재의 작업환경을 제어실에 실시간으로 알려주어야 한다. EPS는 유무선 통신이 가능하여야 하고, 예측 알고리즘을 빠른 속도로 실시간으로 수행하여야 한다. 그리고 EPS의 프로세서는 정전기의 예측뿐만 아니라 차후에 온도, 습도의 예측, 정전기 제전장치 등의 제어단자를 원격제어가 가능하도록 relay 개폐 기능 등을 수행할 수 있는 멀티 프로세싱 능력을 가지고 있어야 한다. 본 논문에서는 ARM 마이크로프로세서를 기반으로 인텔에서 개발한 PXA255 SoC와 64M 바이트 메모리, 32M 바이트의 플래시 메모리를 가지고 있는 임베디드 시스템 보드를 선택하였다[9][10]. 그리고 개발비용을 고려하여 무상으로 사용할 수 있는 임베디드 리눅스 운영체제를 사용한다. 정전기 예측 프로그램은 임베디드 리눅스 환경에서 수행되며, 정전기 센서와 EPS, EPS와 MTS 사이에 정보 전송을 위한 인터페이스 회로 및 프로그램이 개발된다.

MTS는 공장 제어실에 위치하는 PC 서버에 탑재되어 있으며, 입력된 경고신호를 분석하여 소켓 프로그램을 이용하여 경고 메시지를 작업자의 휴대폰으로 전송한다. MTS가 동작하는 서버는 정전기 관련 작업 외에도 수많은 다른 제어 프로그램을 수행하여야 하므로 MTS는 가능한 한 서버의 사용을 억제하여야 한다. 따라서 정전기 예측 알고리즘은 제어실의 서버보다는 센서와 연관되어 있는 EPS의 프로세서에서 수행되어야 하고, 위험 경고 시에만 작업실의 서버가 작동하여야 한다. MTS는 이벤트가 발생할 때마다 자동으로 인터넷을 통하여 상용 SMS 사이트에 접속하여 원거리에 있는 작업자의 핸드폰으로 경고 메시지를 보낸다.

### III. 동적 가변 가중치를 가진 LSR 기반 정전기 예측 알고리즘

석유화학관련 제품을 생산하는 공장에서 제조공정 과정 중의 정전기를 측정하기 위해서는 방폭 등의 기능을 갖추고 있는 센서를 사용해야 하고, 정전기는 제품의 원료, 측정 시간, 계절, 습도 등의 영향을 받고 짧은 시간에 급격하게 변화하는 현상을 나타내므로 정전기를 측정하기가 쉽지 않다. 시간에 따른 정전기 크기의 변화는 아주 다양하며, 일반적으로 순식간에 수 mV에서 수십 KV까지 변화한다. 그림 2는 어느 공장의 단위공정 과정에서 발생하는 정전기의 크기를 측정하여 그래프로 나타낸 것으로 가로축은 시간을 나타내며 단위는 초이고, 세로축은 정전기의 크기로 단위는 전압(V)이다[5].

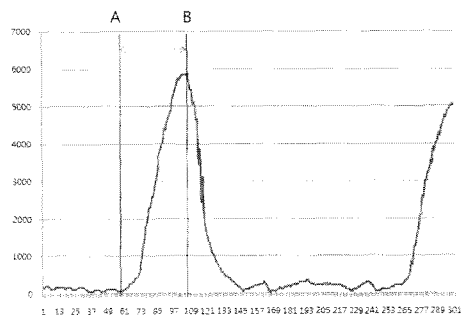


그림 2. 측정된 정전기 샘플  
Fig. 2. Sample of experimental electrostatics

현재의 측정 데이터를 바탕으로 미래의 값을 예측하는 알고리즘으로는 선형회귀분석[11][12], 시계열분석, 베이저안 통계학, 인공지능 모델 등이 사용되고 있다. 일기예보를 예측하기 위하여 ARX 모델을 사용한 연구가 최근에 발표되었으며, 이는 분 단위부터 주 단위까지의 일기예보를 예측하기 위하여 개발된 것이다[13]. 또한 베이저안 확률 예측 모델을 사용하여 배에서 발생할 수 있는 화재의 조기 경고 시스템을 개발한 연구가 최근에 발표되고 있다[14]. 정전기 예측에 대한 연구는 미미하여 이에 대한 알고리즘은 개발되지 않았고, 아주 짧은 시간에 급속하게 증감하는 정전기의 예측에는 기존의 알고리즘을 그대로 적용하기가 어려우므로 새로운 알고리즘의 개발이 필요하다.

정전기의 특성과 EPS의 하드웨어 사양 제한조건 때문에 본 연구에서는 정전기 예측 과정에서 메모리의 사용을 최소로 하고, 정확도보다는 연산 시간이 빠른 최소 제곱 선형회귀분석을 기반으로 하는 알고리즘을 개발한다[11].

최소제곱 근사의 가장 간단한 예는  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 과 같은 관측지에 직선을 적합 시키는 것이다. 이 직선에 대한 수학적 표현은 다음과 같다.

$$y = a_0 + a_1x + e \tag{2}$$

여기서  $a_0$ 은 절편을  $a_1$ 은 기울기를 나타낸다.  $e$ 는 관측치와 모델값의 오차 또는 잔차이다.  $a_0$ 과  $a_1$  값을 결정하기 위해 각각의 계수에 대해서 편미분을 취하면 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial S_r}{\partial a_0} &= -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_i) \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_1} &= -2 \sum [(y_i - a_0 - a_1x_i)x_i] \end{aligned} \tag{3}$$

$a_1$ 과  $a_0$ 을 구하면 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \\ a_0 &= \bar{y} - a_1 \bar{x} \end{aligned} \tag{4}$$

여기서  $\bar{y}$ 와  $\bar{x}$ 는 각각  $y$ 의 평균과  $x$ 의 평균이다.

본 논문에서 사용하는 정전기 측정 데이터는 그림 2에서와 같이 일정한 값을 유지하고 있다가 짧은 시간 내에 급격하게 변화하는 것을 볼 수 있다. 정전기 모니터링 시스템에서는 데이터 크기가 감소하는 곳에서는 예측값의 오차가 시스템의 성능에 영향을 미치지 않으나, 증가하는 부분에서는 아주 심각한 영향을 미치므로 상승 부분을 고려하여 알고리즘을 개발할 것이다. 따라서 그림 2에서 측정값의 크기가 갑자기 증가하는 A-B 구간 내에서 예측 가능한 알고리즘의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 측정된 데이터에 가중치를 부여하여 데이터의 크기가 변화하는 형태에 따라 연산에 사용될 데이터의 수를 선택하여 미래의 값을 예측하는 방법을 제안한다. 즉 기존에 측정된 데이터를 모두 사용하지 않

고 최근에 측정된 일부의 데이터만을 사용하여 데이터의 급격한 변화를 추적할 수 있는 방법이다. 데이터의 양을 줄이는 것은 신뢰도에 영향을 미칠 수 있지만 정확도보다는 추세의 예측이 더 중요하고, 데이터 변화의 폭이 클 경우에는 먼 과거의 데이터보다는 현재에 가까운 데이터를 사용하는 것이 정확성을 더 높일 수 있다.

데이터의 변화 형태에 따라 가중치를 고정 또는 변수로 사용할 수 있다. 먼저 고정값 가중치를 갖는 알고리즘을 개발한다. 그림 3은 현시점으로부터 3개의 데이터에만 가중치를 1로 주고 나머지는 가중치를 0으로 주어 연산을 수행하는 방법과 6개의 데이터에만 가중치를 1로 주는 방법을 보여준다. 즉 현시점인 B에서 A 사이의 구간에 있는 3개의 데이터만 연산에 사용하는 방법으로 아주 급격하게 변화하는 경우에 적합하며, W3이라고 정의한다. B에서 A' 사이의 구간에 있는 6개의 데이터만 연산에 사용하는 방법으로 W6라 정의하며, W3보다 완만하게 변화하는 데이터에 적합하다. 그림 3에서 현시점 즉 연산기준점으로부터 W3, W6, W9의 가중치를 가지는 경우 미래의 예측값이 어떻게 변화하는지를 알 수 있다.

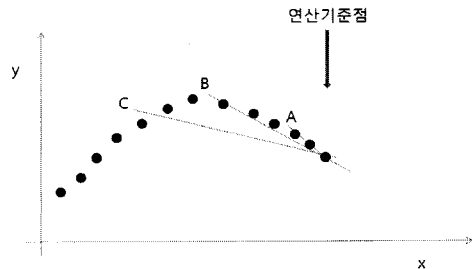


그림 3. 가중치를 가지는 LSR  
Fig. 3. LSR with weight factor

실험 대상의 측정 데이터는 시간에 따라 값의 변화량이 작은 경우와 큰 경우가 혼재하므로 가중치를 고정시키는 것보다는 가중치를 변화시키면 측정 데이터의 변화에 더욱 더 유연성 있게 예측이 가능할 것이다. 따라서 본 논문에서는 가중치 W3과 W6을 동적으로 변화시켜 예측하는 방법을 사용한다. 가중치를 변화시키는 임계값은 경험적인 방법에 의하여 구해질 수 있으며, 본 논문에서는 2 가지 방법을 사용한다. 첫 번째는 현 시점  $t$ 와  $t-1$  시점 측정값 차이가 임계값 이상이면 가중치를 변화시키는 방법으로 CVD(critical value by difference)라 하고, 두 번째는 측정값의 증감에 따른 기울기가 증가추세인

지 감초추세인지를 판별하여 가중치를 변화시키는 방법으로 CVS(critical value by slope)이라 한다.

#### IV. MTS 설계

본 논문에서는 현재 많이 보급 되어 있는 모바일 서비스를 응용하여 그림 4와 같은 MTS를 개발한다.

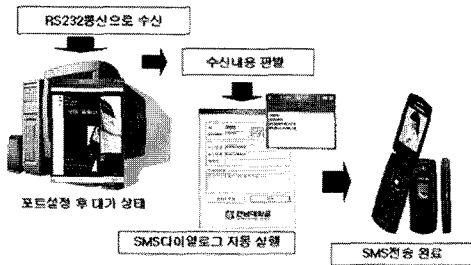


그림 4. MTS 구성  
Fig. 4. Configuration of MTS

MTS는 EPS로부터 시리얼 포트에 연결된 블루투스 통신 모듈을 통하여 경고 신호를 받아들이고, 이의 내용을 판별한다. 그리고 소켓 프로그램을 이용하여 상용 SMS 사이트에 접속하여 경고 메시지를 전송한다.

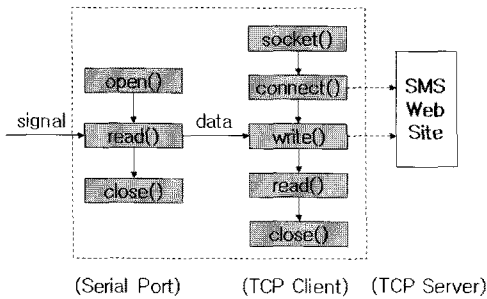


그림 5. SMS 전송 소켓 프로그램  
Fig. 5. Socket program for SMS transmission

그림 5는 MTS의 동작 과정을 보여준다. 먼저 예측 시스템으로부터 데이터를 받아들이기 위하여 시리얼 포트를 개방한다. 입력 신호가 들어오는지를 대기하고 있다. 신호가 발생하면 메시지를 분석하고, 소켓을 개방한다. 서버와 연결을 확립하고 경고 메시지를 전송한 후에 다시 입력신호를 확인하기 위한 대기모드로 들어간다.

그림 6은 시리얼 포트에서 경고신호가 들어왔다는 이벤트가 발생할 경우 호출되는 메소드로 문자 메시지를 발송하기 위하여 SendSMS() 메소드를 호출 한다. SendSMS() 메소드는 발신번호, 수신번호, 전송할 메시지를 매개변수로 가진다.

```
void CHA_V8Dlg::OnCommRead()
{
    CString temp;           // 시리얼 통신에서 들어온
                          // 데이터를 가지고 있는 변수
    CString strData;
    int check;

    temp = CCommunication::Recieve(temp, &m_serial); //
    이벤트가 발생할 경우 Recieve() 함수를 이용하여 Buff 에
    있는 데이터를 가지고 온다.
    if( temp.GetLength() >= 68 )
    {
        check = CSerialSignal::GetSignalType(temp);
        //데이터를 해석하기 위한 GetSignalType() 메소드

        if( check != -1 )
        {
            CTime time =
            CTime::GetCurrentTime();           // 현재 시간
            CString StrTime =
            time.Format("%Y-%m-%d %H:%m:%s");
            strData = StrTime + " Serial port status :
            " + m_sms.makeMsg(check);
            m_cEdit.ReplaceSel(strData);
            m_cEdit.ReplaceSel("\r\n");
            if( m_outCh )
            {
                m_sms.OnConnect("hongnc","honghj");
                // 소켓생성 및 접속하는 OnConnect() 메소드

                m_sms.SendSMS("01077412826","01077412826",m_sms.make
                Msg(check));
                m_sms.OnClose(); // 소켓 종료
            }
        }
    }
}
```

그림 6. 시리얼 포트의 read() 메소드  
Fig. 6. Read() method of serial port

그림 7은 TCP client에서 문자 메시지를 전송하는 메소드로서 strMsgData에 SMS site의 정해진 형식에 맞게 발신번호, 수신번호, 메시지를 넣어서 MFC에서 지원하는 Send() 함수를 이용하여 전송한다.

MTS는 예측 시스템에서 전송 받은 문자열 값을 분석하여 단계별 위험도 “위험”, “경고”, “주의”로 구분된 메시지를 송신한다. 정보 패킷은 사전에 구성된 형식을 따르며, 경고 메시지와 작업자의 수신 휴대폰 번호가 포함된다.

```

bool SmsControl::SendsSMS(LPCTSTR lpCallNo, LPCTSTR
lpCallBack, LPCTSTR lpMsg)
{
    CString strMsgData;
    CString strCallNo = lpCallNo;
    CString strCallBack = lpCallBack;
    CString strMsg = lpMsg;

    strMsgData.Format("01144
%-10s%-10s%-11s%-11s%-10s%8s%4s%-80s",
m_id.Left(10),
m_passwd.Left(10),
strCallNo.Left(11),
strCallBack.Left(11),
"테스트",
" ",
" ",
strMsg.Left(80));

    return (strMsgData.GetLength() ==
Send((void*) strMsgData.GetBuffer(strMsgData.GetLength()),
strMsgData.GetLength()));
}
    
```

그림 7. TCP client의 문자 전송 메서드  
Fig. 7. Message transmission method of TCP client

### V. 실험 결과 및 성능평가

그림 8의 OD는 그림 2에서 관심의 대상이 되는 정전기의 상승 부분(61-106)을 다시 나타낸 것이고, 고정 가중치 W3, W6, W9에 대하여 컴퓨터 모의실험한 결과를 함께 보여준다. 예상했던 결과와 같이 W3은 변화에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있고, W9은 급격한 변화에는 잘 적응하지 못하여 부드러운 그림으로 표현된 것을 알 수 있다.

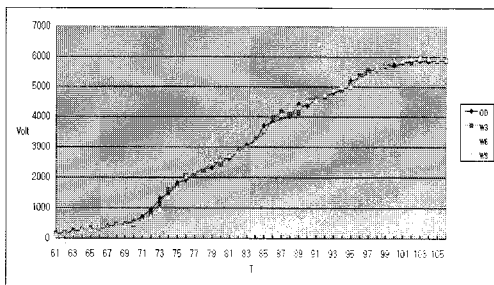


그림 8. W3, W6, W9에 대한 모의실험 결과  
Fig. 8. Simulation results for W3, W6, and W9

CVD에서 가중치를 변화시키는 임계값을 실험적으로 결정하기 위하여 많은 모의실험을 수행하였으며, 그 결과를 표 1에 나타냈다. 값의 변화가 100V인 경우에 원래의 값과 예측값과의 표준편차가 약 64.69V로 가장 우수하게 나타났다.

표 1. 임계값의 변화에 대한 표준편차  
Table 1. Standard deviation depending on critical values

임계값	50	100	150	200
표준편차	66.26954	64.69425	71.83605	73.18161

그림 9는 CVD와 CVS에 대하여 모의실험한 결과를 함께 나타낸 것으로 CVD가 CVS 보다 우수함을 알 수 있다.

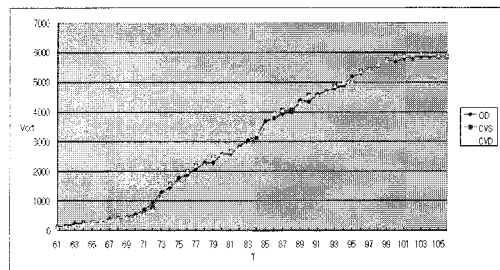


그림 9. CVD, CVS에 대한 모의실험 결과  
Fig. 9. Simulation results for CVD and CVS

표 2는 본 논문에서 제안한 모든 알고리즘에 대하여 모의실험 결과에 대하여 표준편차를 구한 것으로 CVD가 가장 우수한 결과를 보여준다.

표 2. 가중치에 대한 표준편차  
Table 2. Standard deviation for weigh factors

가중치	W3	W6	W9	CVD	CVS
표준편차(V)	75.17843	81.13392	107.3173	64.69425	67.18611

경고 메시지 전송 시스템은 Visual C++의 MFC 라이브러리를 사용하여 개발되었으며, 서버 PC의 윈도우 환경에서 동작한다. 그림 10은 SMS 전송 대화상자의 인터페이스이다. 상용 SMS 서버에 접속하기 위하여 미리 부여 받은 계정을 자동 로그인하고, 모든 통신과정은 통신 레포트 창에서 통신 연결, 전송, 상태를 보여준다.

## VI. 결론

본 논문에서는 정전기에 의한 폭발을 방지하기 위한 정전기 모니터링 시스템을 개발하였다. 정전기 모니터링 시스템은 정전기 예측 시스템과 경고 메시지 전송 시스템으로 구성된다. 정전기 예측 시스템의 하드웨어는 PXA255 SoC와 주변 인터페이스로 구성되며, 임베디드 리눅스 환경에서 개발한 동적 가변 가중치를 가지고 있는 선형회귀분석을 기반으로 하는 예측 알고리즘을 수행하여 미래의 정전기 값을 예측한다. 그리고 크기가 위험 수준에 도달하면 경고신호를 블루투스 통신을 이용하여 서버로 전송한다. 경고 메시지 전송 시스템은 경고신호를 분석하여 소켓 프로그램을 통하여 상용 SMS 웹사이트를 거쳐서 작업자의 휴대폰으로 위험신호를 전송한다. 본 논문에서 제안된 알고리즘 중에서 CVD가 표준편차 64.69V로 가장 우수한 성능을 나타냈으며, 예측 값이 위험 수준에 도달할 경우에 경고 메시지가 약 5초 후에 작업자의 휴대폰으로 전달되는 것을 확인하였다.

향후에는 임베디드 시스템 성능이 향상되어 대용량 프로그램의 수행이 가능하므로 예측 정밀도를 높일 수 있는 알고리즘의 개발과 휴대폰으로 원거리에서 작업장의 릴레이 등의 제어가 가능한 프로그램을 개발할 예정이다. 그리고 개발된 기술을 스프링 쿨러 제어 등의 농업 자동화, 온도 제어를 이용한 화재 방지 등에 사용할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] 김두현, 김상철, 김상렬, 이성일, 정재희, 정전기안전, 도서출판동화기술, 2001.
- [2] 엄무열, 이규복, “화재 확산방지 성능을 갖는 cable tray 및 이를 위한 열발포 소화성 방화 격벽 적용”, 전기설비, pp. 60 - 63, 2008년 1월.
- [3] 한국전기안전공사, 전기재해통계보고서: 2006년도 통계분석, pp11-12, 2007.
- [4] 오호영, 정전기로 인한 산업재해, <http://cafe.daum.net/Coatings>, 2007. 3.
- [5] 김강철, 정전기 제어 시스템 개발, 제14차년도 산학공동기술개발사업 최종보고서, 2007.
- [6] N.V.P.R. Durga Prasad, T. Laskshminarayana, J. R. K.

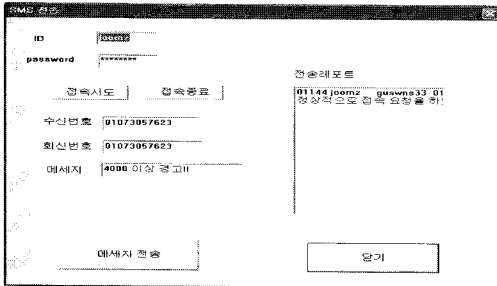
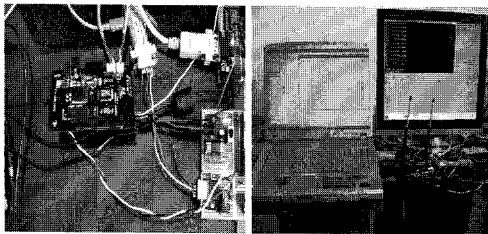


그림 10. SMS 전송 폼  
Fig. 10. SMS Transmission Form

그림 11의 (a)는 EPS의 사진으로 임베디드 시스템 보드와 시리얼 포트에 연결된 블루투스 모듈 인터페이스 회로가 포함되어 있다. (b)는 MTS에서 메시지를 전송한 실행화면을 보여준다.



(a) 정전기 예측 시스템 (b) MTS실행 화면  
(a) EPS (b) Display running on MTS

그림 11. 정전기 모니터링 시스템  
Fig. 11. Electrostatic monitoring system

그림 12는 MTS가 경고 신호를 받아서 예측된 정전기의 크기에 따라 휴대폰에 전송된 경고 메시지를 보여준다. 경고 메시지는 EPS로부터 시리얼 포트를 통하여 경고신호를 받은 시각으로부터 약 5초 후에 원격지 작업자의 휴대폰에 나타난다.



그림 12. 휴대폰에 표시된 경고 메시지  
Fig. 12. Warning messages on cellphone

Narasimham, Thenmozhi M. Verman, and C. S. R. Krishnam Raju, "Automatic Control and Management of Electrostatic Precipitator", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, NO. 3, pp. 450-483, MAY 1999.

[7] Gunter, Sylvia Luttgens, "Preventing Electrostatic Hazards of Flexible Intermediate Bulk Container," Industry Applications Conference, 2000. Conference Record of the 2000 IEEE, Volume 1, pp. 666-669, Oct. 2000.

[8] (주)GK, Electrostatic Transmitter, www.gkin.co.kr

[9] 송대훈, Intel PXA255와 임베디드 리눅스 응용, 홍릉과학출판사, 2004.

[10] Rui Wang and Shiyuan Yang, "The Design of a Prototype Platform for ARM Based Embedded System," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 50, No. 2, pp. 746-751, May 2004.

[11] 김철 외 4인, 공학도를 위한 수치해석학, McGraw-Hill Korea, 2003.

[12] Maurizio Cirrincione, et al, "A New Experimental Application of Least-Squares Techniques for the estimation of the Induction Motor Parameters," IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 39, No. 5, pp. 1247-1256, Sep. 2003.

[13] Hanjie Chen, et al. "Weather Sensitive Short-Term Load Forecasting Using Knowledge-Based ARX Models," Power Engineering Society General Meeting, 2005. IEEE, Vol. 1, pp. 190-196, 12-16 June 2005.

[14] Hung-Ho Lee, Manish Misra, "Early Warning of Ship Fires Using Bayesian Probability Estimation Model." 2005 American Control Conference, Portland, OR, USA, pp 1637-1641, 2005.

### 저자소개

김 강 철(Kim Kang Chul)



서강대학교 전자공학과 학사  
서강대학교 전자공학과 학사  
경상대학교 전자공학과 공학박사  
한국전자통신연구원(ETRI)

삼성종합기술원

진주산업대학교 컴퓨터공학과

현재 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부 부교수

※관심분야: VLSI 및 임베디드시스템 설계

변 치 남(Byon chi-nam)



여수대학교 컴퓨터공학과 학사  
전남대학교 컴퓨터공학과 석사  
현재 세방(주) 정보기술팀 사원

※관심분야: 임베디드 시스템, DBMS

임 창 균 (Lim Chang-Gyoon)



1997년 Wayne State University, 컴퓨터공학과 졸업, 박사

1997년~현재 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부 부교수

※관심분야: 인공지능, 임베디드 소프트웨어, 유비쿼터스

한 석 봉(Han Seok-Bung)



한양대학교 전자공학과 학사  
한양대학교 전자공학과 석사  
한양대학교 전자공학과 공학박사  
현재 경상대학교 전자공학과 교수

※관심분야: RFIC, SoC 설계 및 테스트