

유비쿼터스 기술을 이용한 태양광 감시 시스템

정창덕, 홍유식, 박종철

^a Department of Computer Science, Korea University
Anam-dong 5-ga, Seongbuk-gu, Seoul, Korea

Tel: +82-41-860-1348, Fax: +82-41-864-0014, E-mail: jcd1234@paran.com

^b 고려대학교 컴퓨터 정보학과
서울 성북구 안암동 5가

Tel: +82-41-860-1348, Fax: +82-2-864-0014, E-mail: jcd1234@paran.com

Abstract

In this paper, It proposes that solar cell monitoring system using ubiquitous technique, solar cells development system occurs the attrition at the same time in several segments. This is the reason why, whole damage is also looked greatly increased inclination. Therefore, we progress study that find out damage factor by element and are more deeply about loss reduction by element part hereafter. Also, efficiency of solar photovoltaics system can be improved. we wish to forecast efficiency decrease of solar photovoltaics using neural network algorithm. Experiment result hereafter, We will expect to be remote management of solar cell.

Keywords:

Sollar photovoltaic, Neural network, Fuzzy rule

서론

새로운 기술도입이 시작되는 현재는 지금까지 진행되어온 디지털 정보화의 궁극적인 모습으로 생각되는 USN(Ubiquitous Sensor Network)으로 더욱 확장되는 네트워킹 환경에서 USN 기반의 블루오션을 창조하는 것이 국가든 기업이든 새로운 활로를 찾아가는 중요한 이슈이다.

우리나라에서는 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 태양, 풍력, 소수력(작은 규모의 수력발전), 해양, 지열, 바이오와 같은 자연에너지와 연료전지, 수소와 같은 새로운 에너지, 그리고 폐기물 에너지 11개 분야를 법률로 지정하고 있다. USN은 기존 SCADA나 PAC를 적용한 환경에 RFID나 Zigbee, PLC(Power Line Communication)과 같은 새로운 기술을 적용하여 저렴한 비용으로 효과적인 시스템을 구성 할 수 있는 센서 네트워크 환경이다. 특히 RFID 기술은 사물에 Tag를 부착시켜 물품정보와 재고내역 등을 파악하여 자산관리가

가능토록 하는 기능 외에 상태감지를 위한 센서로 적용할 수 있다. 뿐만 아니라, 대상물의 물리적 변위를 파악할 수 있도록 RFID 태그와 안테나를 설계, 적용하여 스위치의 ON/OFF 상태, 창문의 OPEN/CLOSE 상태와 압력의 유무, 볼트 너트의 풀림 파악이 가능하며, 각종 계량시스템의 원격검침도 가능하다. 그런데, 정부의 예산으로 지원되고 있는 태양광발전 보급사업이 사후관리의 소홀로 방치되면서 국민세금이 새고 있다는 우려를 낳고 있다. 에너지시민연대가 지난 8월 10일 발표한 태양광발전소 운영 실태조사 발표에 따르면 전국 태양광발전시설 68곳을 조사, 운영현황을 파악한 결과, 30.9%인 21곳이 관리자가 아예 없거나 발전량이 얼마인지, 관리자체를 하고 있지 않는 등 관리 및 운영이 부실한 것으로 나타났다.

본 논문에서는, 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 지능형 원격 감시 시스템을 이용해서 태양광 전지 발전 효율 및 고장 상태를 실시간으로 감시하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 컴퓨터 모의실험결과 지능을 이용한 원격 감시시스템이 기존의 태양광 시스템보다, 고장 판단 및 발전효율을 실시간으로 관리 하고자한다.

RFID 및 USN 기술

RFID는 USN 환경을 구현하는 핵심기술로 떠오르고 있다. 특히 900MHz 주파수대역의 RFID 기술은 국제표준으로 제정되어 기존의 바코드시스템을 대체할 것으로 예상되며 인식속도가 빠르고, 정보저장능력이 있고, 비접촉식 동작 등 장점이 많아 새로운 기술로 각광을 받고 있다.

RFID 시스템은 RF 하드웨어 기술을 바탕으로 호스트 시스템의 명령과 Tag의 응답에 의해 이루어지는 통신시스템과 리얼타임 OS 위에

동작하는 응용시스템, 데이터 필터링 및 소팅 미들웨어로 구성되는 복잡한 임베디드 시스템이다.

RFID 리더의 주 기능은 상위 어플리케이션 레벨의 실행명령에 따라 태그로부터 데이터를 읽거나 쓰기 위하여 안테나를 통하여 통신 시퀀스를 수행한다. 이 때 데이터 및 에너지의 교환은 안테나를 통하여 이루어지게 된다. 리더가 무선채널을 통하여 통신을 하면서 각각의 태그를 식별하게 된다. 먼저 리더가 신호를 보내고 리더의 인식영역 내에 위치하는 태그들은 리더의 신호에 응답을 하게 된다. 리더의 인식영역 내 여러개의 태그가 존재하는 경우 각 태그가 동시에 리더신호에 응답을 하게 되어 충돌(Collision)이 발생할 수 있다. 또한 동일 영역 내에 동일한 주파수대역을 사용하는 리더기가 여러 개 존재하는 경우 리더기의 주파수 간섭이 발생할 수 있으며, 또한 여러개의 리더기가 동시에 어떤 하나의 태그를 읽으려고 시도할 때에도 태그간섭이 발생할 수 있다. 충돌방지(Anti-collision) 알고리즘은 위와 같은 충돌문제를 효과적으로 해결하기 위한 기술로 현재 RFID 시스템의 성공적인 도입을 위해서 매우 중요한 기술로 부각되고 있다.

USN Gateway를 이용한 어플리케이션

다양한 센서군으로 이루어지는 센서네트워크를 USN을 표현한다면 USN에서 기반 인프라를 구성하는 중요 요소는 센서기술이다.

각 센서는 유비쿼터스 네트워크를 형성하기 위하여 게이트웨이와 같은 다양한 인터페이스를 제공하는 네트워크 허브를 필요로 한다.

이러한 네트워크 허브는 USN을 구성하는 Gateway System 플랫폼으로 기본적으로 RFID와 근거리 무선접속기술(Zigbee), 전력선 통신기술(PLC) 및 네트워크 접속(TCP/IP Ethernet) 기능이 필요할 것이다. USN Gateway 는 지능형 홈이나 산업현장에 유비쿼터스 센서 네트워크를 구축하기 위한 컨트롤러로서 각종 센서 노드로 부터 정보를 수집하여 여러 가지 u-서비스 어플리케이션 구축을 가능케 한다. 본 논문에서 사용한 태양광 발전 감시 및 예측 알고리즘 은 다음과 같다.

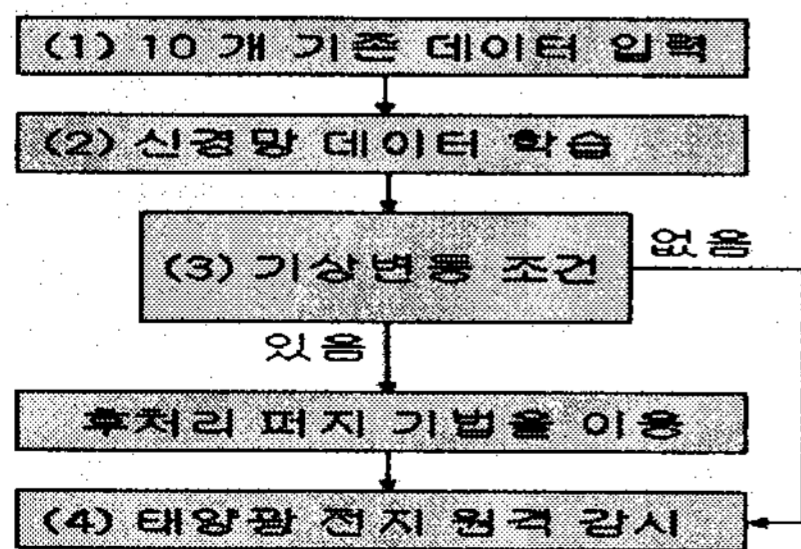


Figure 1 - 태양광 발전 예측 알고리즘

1. 신경망을 이용하여 10개의 서로다른 조건 테스트 데이터를 학습시킨다.

2. 10개의 테스트 데이터에 대하여 예측을 한 뒤 테스트 데이터와 예측 데이터의 오차를 계산한다.

$Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$: 테스트 데이터

$\hat{z}_1, \hat{z}_2, \hat{z}_3, \dots, \hat{z}_n$: 예측값

$$e_i = z_i - \hat{z}_i \quad (1)$$

i시점 시계열 테스트 자료와 예측값에 대한 차이

$$Z_j = Z_j + W(Z_j) \quad (2)$$

여기서, Z_j 는 j번째 특이 값으로 식별된 테스트 데이터 Z_j 의 수정된 값을 의미한다.

3. 후처리로 적응형 퍼지제어를 이용하여, 날씨조건 및 기타 외부 조건을 고려한 태양관 효율 예측을 한다.

그림 2에서는 전처리에서 예상한 성애조건 a, b, c, d 의 정도가 각각 0.6, 0.4, 0.3, 0.9 라 하자. 이때 a, b, c, d 의 연결선에 있는 풍력, 온도 조건 이 발생했다고 가정하면, P1, P2, P3의 최종 태양에너지 산출조건은 다음과 같이 추론 될 수 있음을 설명하고 있다.

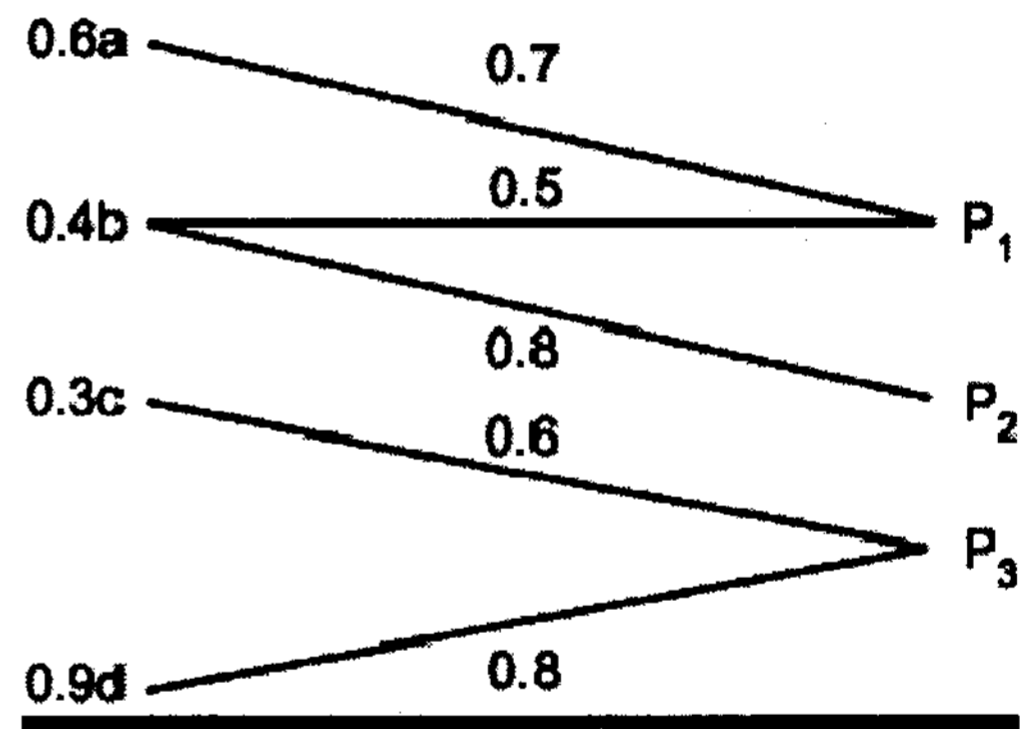


Figure 2 - 날씨조건을 고려한 퍼지 집합

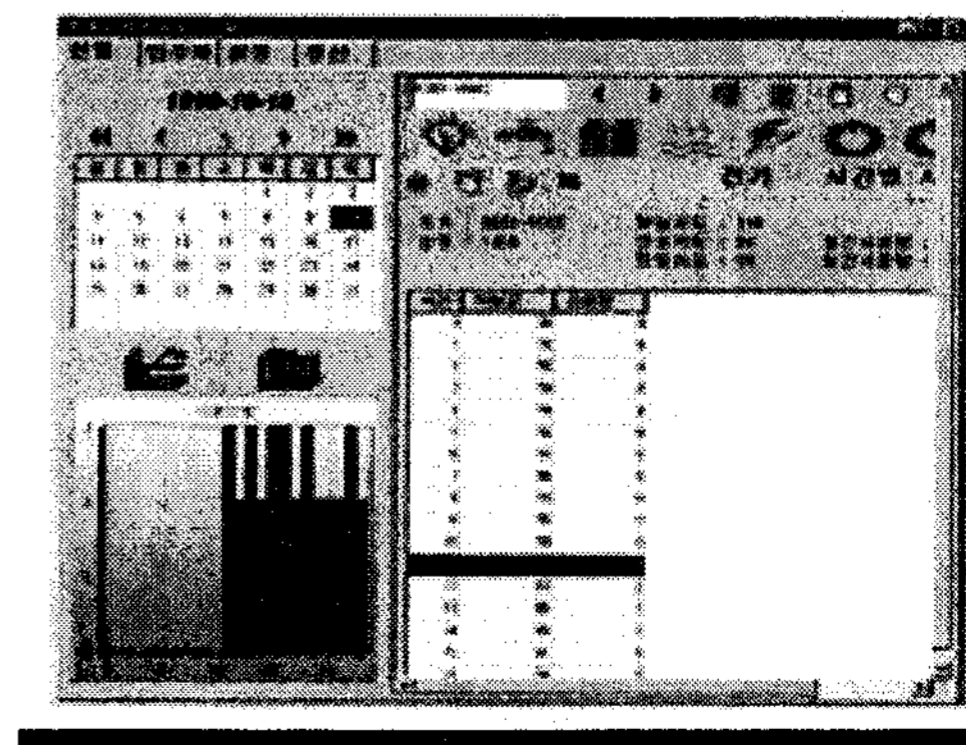


Figure 3 - 태양광 출력 실시간 판단

시뮬레이션

원격감시 시스템은 최소의 구성으로 태양광 발전 원격감시에 필요한 대부분의 기능을 구비하였다.

향후 기술적, 경제적으로 우수한 수·변전설비 원격 감시시스템의 설계를 위해서는 연구개발의 초기단계에 관련 분야 전문가들로부터 원격감시에 필요한 자료를 수집하는 것이 필수적이다. 세계적으로 미국만이 상급 언급된 광역 계통 제어/감시 시스템인 Defense 시스템 기술을 보유하고 있고, 캐나다(Hydro Quebec), 프랑스(EDF), 루마니아(RPS) 등의 소수의 국가들도 특수한 상황에서 계통을 보호할 수 있는 Special Protection Scheme(SPS)에 관한 연구를 진행하고 있으나 이러한 기술들은 아직 상용화 되어 있지 않고, 또한 개발된 기술들도 해당 나라의 특수한 계통 상황에만 적합하도록 설계되고 있다.

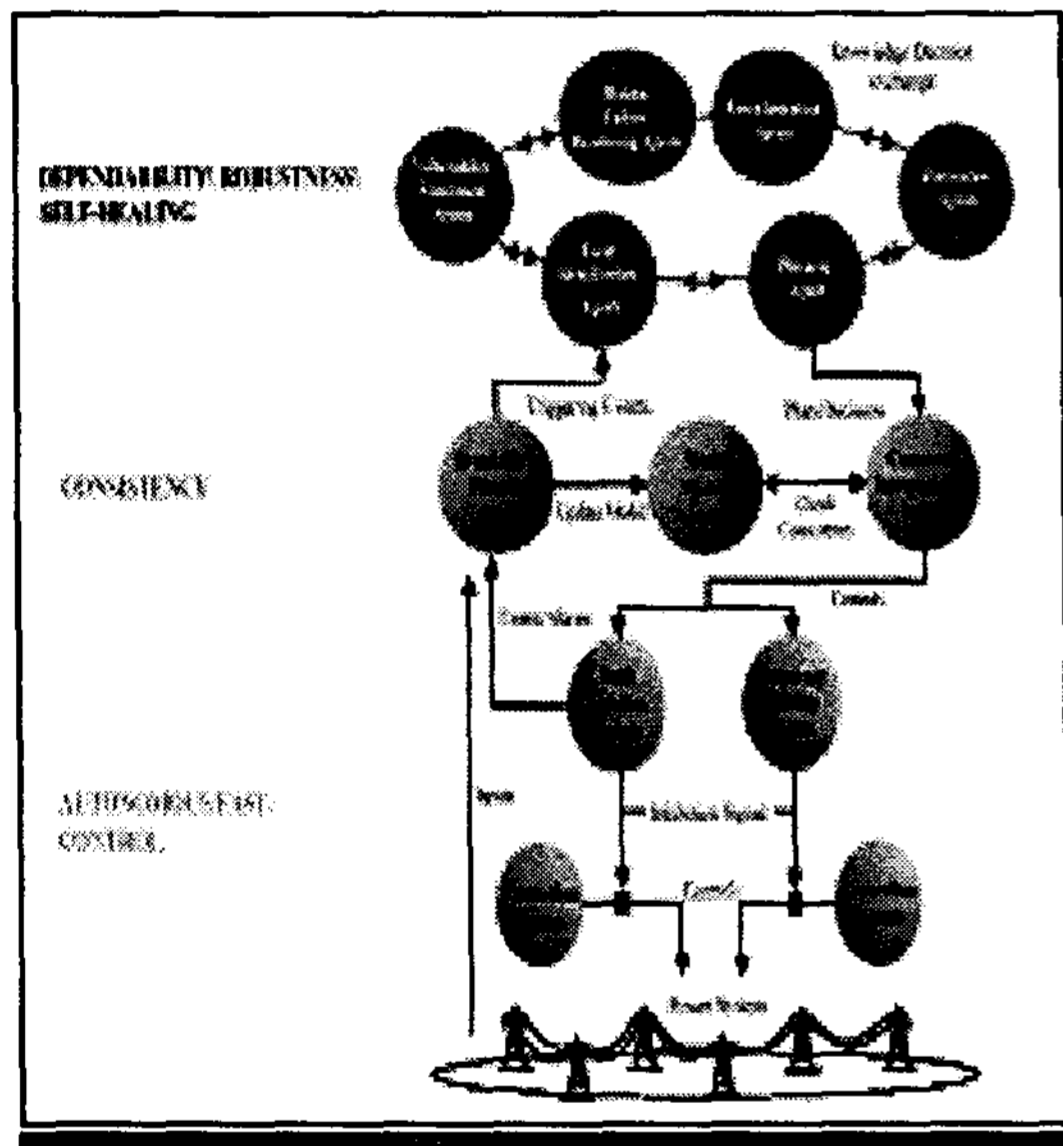


Figure 4 - 태양광 전력 사고 예방 시뮬레이션

전체 기능을 제어하기 위한 MPU는 4KB의 내부기억장치를 가진 8bit Onechip Microprocessor를 사용하였으며, 모든 데이터 전송에는 최대 300 Baud의 전송속도를 갖는 FSK Modem Chip를 적용하였다. 본 논문에서는 전기적 정보검출로 전압·전류 변환의 경우를 예로 들었지만, 검출에 필요한 변환기의 설계에 의해 온도, 압력, 누설전류 등 필요한 모든 정보를 검출할 수 있으며, 상용의 각종 변환기(Transducer)가 설치되어 있는 경우는 별도의 변환회로 없이 사용할 수 있다. 원격장치에서 감시대상 기기에 이상이 발생한 것을 검출하면 주장치로 이상정보를 전송하며, 주장치 관리자 부재시는 데이터를 주장치에 보관후 무선호출기로 이상정보를 전송한다. 한편 주장치의 고장이나 통신선로의 이상으로 이상정보가 주장치에 전송되지 않았을 경우는

원격장치가 자체적으로 이를 감지하여 원격장치에서 직접 무선호출기로 정보를 전송하며, 주요 기능은 다음과 같다.

- ① 파일 관리(수신데이터, 이상경보발생)
- ② 전화번호 관리(감시대상정보)
- ③ 환경설정 (암호, 모뎀, 응답시간 등)
- ④ 데이터 출력

등 수변전설비의 원격감시에 필요한 대부분의 기능을 보유하고 있으며, 그림 5에는 주장치 운영상황의 일례를 나타낸 것이다.

```

{
    max = Ay[0];
    for (i = 1; i < Adistance; i++)
        if (Ay[i] > max) max = Ay[i];

    if (max < By[0])
    {
        if (DoIntersection) *intersectionSet =
            CopyFuzzyValue(f1);
    }
    else
        if (nrandom == YES)
            if (n_c < 3)
            {
                nfvall++;
                switch(n_c)
                {
                    case 0: /*small CAP*/
                    {
                        ncar[0]++;
                        break;
                    }
                    case 1: /* medium CAPr*/
                    {
                        ncar[1]++;
                        break;
                    }
                    case 2: /* large CAPr*/
                    {
                        ncar[2]++;
                        break;
                    }
                }
            }
}
    
```

```

/* check for SOLAR CELL condition */
if((pass1+ pass2)>140) {
    weight=random(5000)+ 25000;
    outtextxy(480,90," High Capacity."); }
else if((pass1+ pass2)>130) {
    weight=random(5000)+ 22500;
    outtextxy(480,90,"LOW speed "); }
else if((pass1+ pass2)>120) {
    weight=random(5000)+ 17500;
    outtextxy(480,90," Middle Capacity
        "); }
else if((pass1+ pass2)>100) {
    weight=random(5000)+ 12500;
    outtextxy(480,90," Highl
        Speed "); }
else if((pass1+ pass2)>80) {
    weight=random(5000)+ 7500;
    outtextxy(480,90," Middle
        Capacity "); }
else {
    weight=random(8000);
    outtextxy(480,90," Low speed
        "); }

```

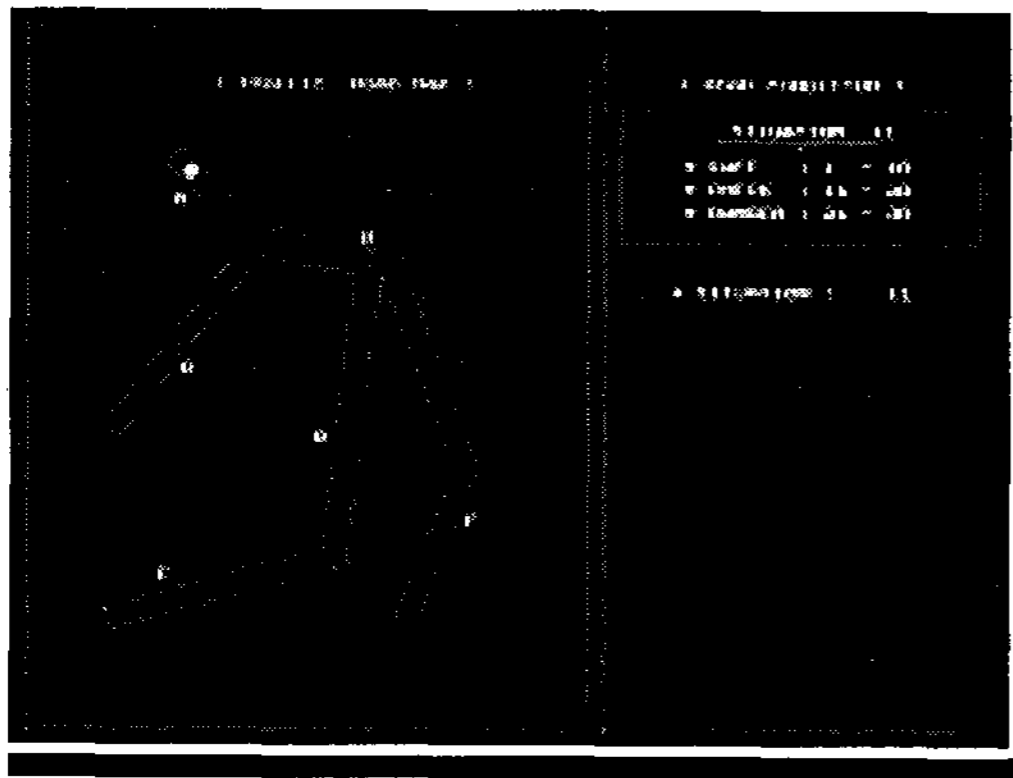


Figure 5 - 태양광 전력사고 예방 시뮬레이션

그림 5에서는 6군데의 태양광 전력을 감독하기 위해서 출력이 지나치게 떨어지면 실시간으로 표시해주는 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.

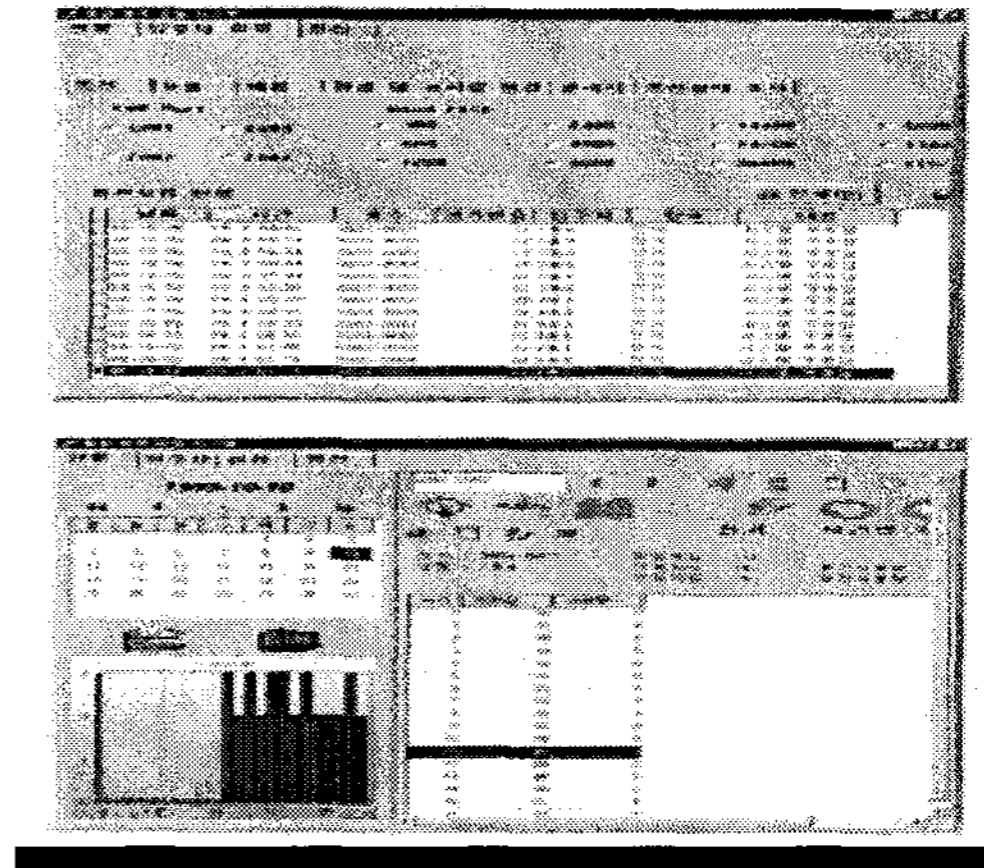


Figure 6 - 태양광 평균 전력 표시

그림 6에서는 시간별 일별 주별로 태양광 평균전력을 산출 하여서, 평균치보다 많이 떨어진 경우에 위험 경고를 표시해 주는 시뮬레이션 결과이다. Passive RFID를 적용한 RFID Sensor는 센서단에 센서구동을 위한 전원연결이나 배터리를 연결할 필요성이 없으며 RF를 통하여 데이터 전송이 되기 때문에 데이터 라인을 연결하지 않아서 설치가 용이하고, 설치장소의 선정/이전이 편리하며 거의 반영구적인 사용이 가능하다.

근거리 무선통신 Zigbee의 경우 아래 사진의 Zigbee Node를 사용하여 mesh 네트워크 구성이 가능하다.

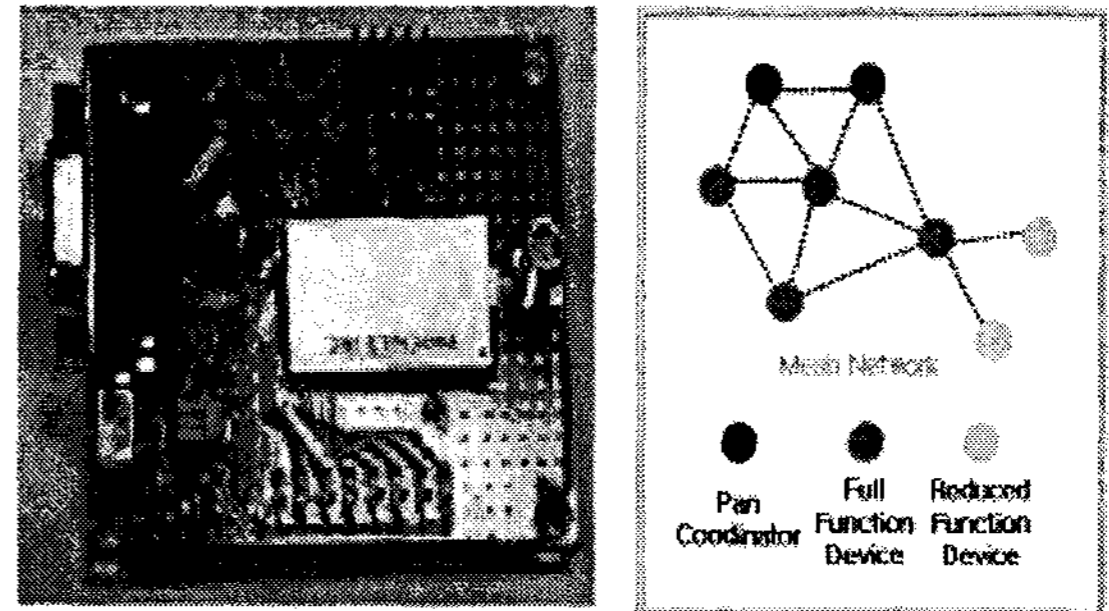


Figure 7 - USN 네트워크

예를 들면 원격지(통신거리 약 30 m 이내)에서 Zigbee를 사용하여 스위치 ON 시그널을 USN Gateway로 전송하여 해당 태양광발전시스템의 어느 위치에 설치된 RFID 리더 안테나에서 팔래트BOX에 부착된 RFID Tag를 읽도록 명령을 실행시키고, 리더에 ID가 읽혀 입력값이 있으면 PLC를 통하여 태양광 발전 이상 유무를 확인할수 있다.

뿐만아니라 태양광 발전시스템이 단선이되었거나 발전량이 70% 미만으로 떨어졌을 경우에는 CDMA Module을 통하여 담당자의 휴대폰에 문자메세지(SMS)로 전송이 가능하도록 모의실험 하였다. 이러한 일련의 동작은 USN Gateway 자체에 탑재된 프로그램에 의해 실행될 수도 있고, TCP/IP

네트워크 프로토콜을 이용하여 리모트 서버의 미들웨어와 데이터베이스 애플리케이션에 연계하여 실행시키는 것도 모의실험을 통해서 확인하였다.

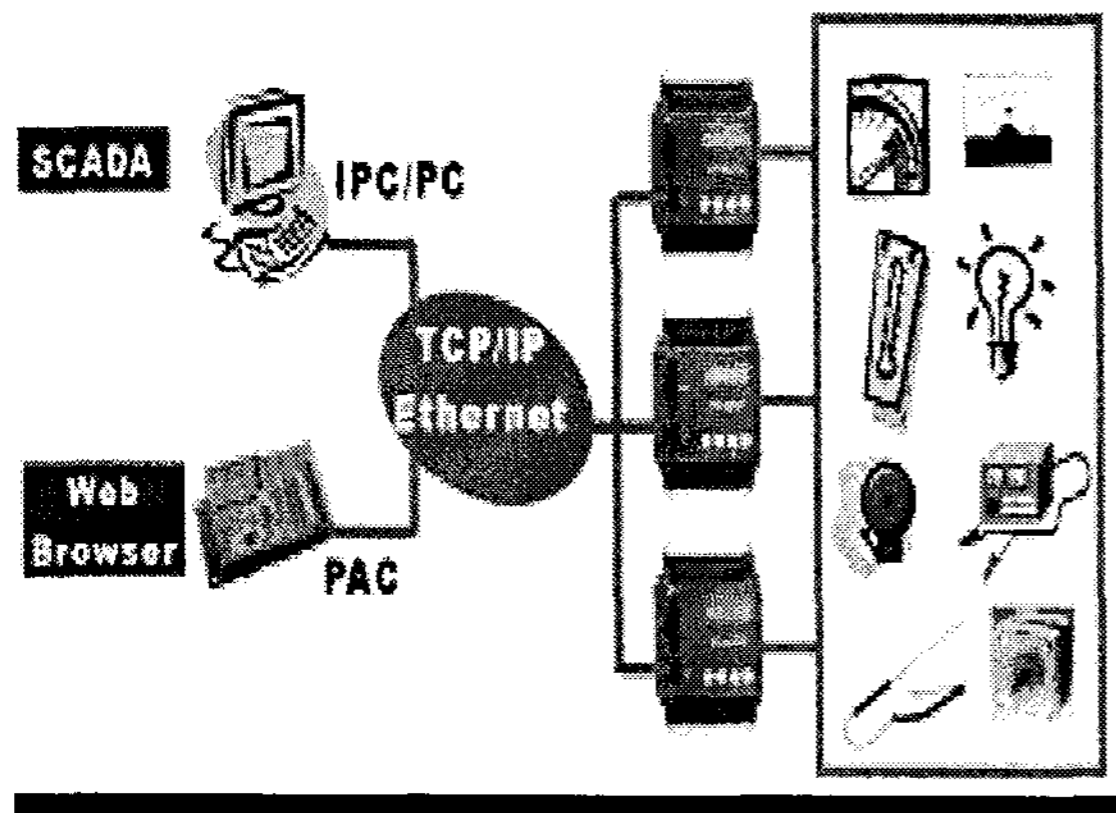


Figure 8 - 태양광 원격 감시 시스템

결론

본 논문에서는 신경망 및 퍼지 전문가시스템을 이용하여 기존 태양광 구간의 출력 정압, 단선 구간, 평균전압 등을 판단하는 알고리즘 및 시뮬레이션 결과를 제시 하였다. 태양광발전소 운영 실태조사 발표에 따르면 전국 태양광발전시설 68곳을 조사, 운영현황을 파악한 결과, 30%인 21곳이 관리자가 아예 없거나 발전량이 얼마인지, 관리자체를 하고 있지 않는 등 관리 및 운영이 부실한 것으로 나타났다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하고자, 지능형 원격 감시 시스템을 이용해서 태양광 전지 발전 효율 및 고장 상태를 실시간으로 감시하는 알고리즘을 제안 하였다. 컴퓨터 모의실험결과 지능을 이용한 원격 감시시스템이 기존의 태양광 시스템의 효율 을 실시간으로 24시간 감시할 수 있었으며 단선 및 태양광 고장 구간을 모니터링 할 수 있음 을 확인하였다.

References

[1] 이창구, 박인정, 이천우. (2001). "네트워크 실행 모듈을 관리하는 원격 제어 시스템에 관련한 연구", 2001년도 컴퓨터 소사이어티 추계 학술대회 논문집, Vol. 24, pp135-138.

[2] An Anthony Ephremides, Jeffrey E. Wieselthier, Dennis J. Baker. (1987). "A design concept for reliable mobile radio networks with frequency hopping signaling," *Proc. of IEEE* 75(1), pp.56-73.

[1] Wendy SARRETT. (1987). "Visual C++ 6 Database Programming,, " WROX, 1999[1] G. Cybenko, "Approximation by Super-positions of A

Sigmoidal Function," *Mathematics of Control, Signals and Systems*, Vol. 2, pp. 303-314.

[3] S. E. Fahlman and C. Lebiere. (1990). "The Cascade-Correlation Learning Architecture," *Advances in Neural Information Processing Systems II*, pp. 525-532.

[4] J. Ghosh and K. Tumer. (1994). "Structural Adaptation and Generalization in Supervised Feedforward Networks," *Journal of Artificial Neural Networks*, Vol. 1, No. 4, pp. 431 - 458.

[5] A. L. Goel. (1985). "Software Reliability Models Assump-tions, Limitation, and Applicability," *IEEE Trans. on Software Eng. Vol.SE-11, No.12*, pp.1411-1423.

[6] L. Holmström, P. Koistinen, J. Laaksonen, and E. Oja. (1997). "Neural and Statistical Classifiers-Taxonomy and Two Case Studies," *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol.8, No.1, pp.5-17.

[7] K. Hornik, M. Stinchcombe, and H. White. (1989). "Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators," *Neural Networks*, Vol. 2, pp. 359-366.

[8] R. H. Hou and S. Y. Kuo. (1994). "Applying Various Learning Curves to Hypergeometric Distribution Software Reliability Growth Model," *IEEE*.

[9] N. Karunanithi, D. Whitley and Y. K. Malaiya. (1992). "Using Neural Networks in Reliability Prediction," *IEEE Software*, pp. 53-59.

[10] N. Karumanithi, D. Whitley, and Y. K. Malaiya. (1992). "Prediction of Software Reliability Using Connectionist Models," *IEEE Trans. on Software Eng.*, Vol.18, No.7, pp. 563-574, July. 1992.

[11] T. M. Khoshgoftaar, E. B. Allen, J. P. Hudepohi, and S. J. Aud. (1997). "Application of Neural Networks to Software Quality Modeling of a very Large Telecommu-nications Systems," *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol.8, No.4, pp.902-909.

[12] Bales, R.F. (1950). *Interaction Process Analysis: A Method for the Study of Small Groups*. Cambridge, MA: Addison-Wesley.

[13] Bales, R.R., and Strodtdeck, F.L. (1951). "Phases in group problem-solving," *Journal of Abnormal Social Psychology*, Vol. 46, pp. 485-495.