

# AANN을 이용한 웹-모니터링 시스템 설계에 관한 연구

## Study On the Design of Risk Management Web-Monitoring System using AANN

김 성 호\*, 김 동 회, 이 영 삼  
(Sung-Ho Kim, Dong-Hoi Kim, and Young-sam Lee)

**Abstract** : Recent natural disasters like flooding and slope collapse have shown the need for natural risk management system, as they endanger directly public health and cause severe damages on the national economy. In order to improve the efficiency of risk management systems, this management system based on AANN(Auto-Associative Neural Network)is proposed in this paper. AANN can be effectively used for identification of abnormal data and data compression. The proposed AANN-based risk management system collects and stores measurement data from sensors and transmits them to remote server for web-monitoring. Generally, it is desirable to transmit the compressed data instead of raw data in normal state. However, if dangerous situation happens, rapid transmission of measurement data should be required. These requirements are easily satisfied by using AANN. In order to verify the feasibilities of the proposed system, The AANN-based risk management system is applied to slope collapse monitoring system.

**Keywords** : AANN(Auto-associative Neural Network), risk management system, data compression, web-monitoring system

### I. 서론

많은 기술의 발전을 통해 인간은 이전보다 편리한 삶을 살고 있지만 태풍, 가뭄, 산사태 등과 같은 자연재해에 대하여는 해마다 많은 인적, 물적 피해를 입고 있는 실정이다. 이러한 자연재해에 대한 피해를 줄이기 위해서는 자연 재해를 미리 예측하고 대비할 수 있는 효율적인 방제 시스템의 개발이 절실히 요구된다. 그러나 이러한 재해 방제 시스템은 일반적으로 사람의 접근이 용이하지 않은 위험한 장소에 설치되는 것이 보통이다. 이로 인해 사람이 측정 현장에 상주하여 데이터를 수집하는 것은 불가능하며 따라서 대부분의 재해 방제 시스템은 원격의 서버에서 계측 현장의 데이터를 유선/무선으로 받아들이는 형태를 취하게 된다.

신뢰도가 높은 재해 방제 시스템의 구현을 위해서는 계측 현장에 되도록 많은 센서들이 설치되어야 하며 또한 효율적인 재해의 예측을 위해서는 계측 데이터의 실시간 모니터링이 요구된다. 일반적으로 계측 데이터의 모니터링을 위해서는 현장에 설치된 데이터 로거로부터 계측 데이터를 규정된 시간마다 무선/유선 데이터 통신을 이용하여 원격의 서버로 전송하는 것이 요구된다. 그러나 이와 같이 규정된 시간마다의 데이터 전송은 완벽한 실시간 모니터링이라는 측면에서는 바람직하지만 과도한 통신비가 요구된다는 점에서 비효율적 요인이 되기도 한다. 일반적으로 재해란 상당 기간의 지속적인 자극으로 인한 변형 및 이로 인한 위

험 상황을 신속히 감지하지 못함과 동시에 적절한 후속 조치를 취하지 못함에 기인한다. 따라서 규정된 시간마다 현장의 계측 데이터를 무조건적으로 원격의 서버로 전송하기 보다는 측정 데이터의 분석을 통해 실시간 전송이 바람직하다고 판단된 경우에만 규정된 주기보다 짧은 주기로 데이터를 전송하며 그렇지 않을 경우에는 측정데이터를 저장

- 압축하여 전송할 수 있는 효율적인 원격 방제 시스템의 개발이 바람직하다.

AANN (Auto-Associative Neural Network)은 Kramer에 의해 제안된 신경망으로 다변수 데이터 분석을 위한 새로운 접근 방법으로 제안되었다[1]. AANN은 변수들 간에 존재하는 상관관계를 제거함으로써 고차의 다변수 데이터를 정보의 손실을 최소화하면서 최소 차원의 데이터로 압축할 수 있다는 특징을 갖는다. 또한 AANN은 데이터들 간에 존재하는 선형 및 비선형 상관관계를 효율적으로 처리할 수 있어 일부의 데이터가 학습시 사용한 데이터와 다른 양상을 보일 경우 이를 효율적으로 복원할 수 있다는 특징을 갖는다[2].

본 논문에서는 사면 재해 방제 모니터링 시스템의 효율성 제고를 위해 새로운 형태의 원격 모니터링 시스템을 제안하고 이의 유용성을 입증하고자 한다. 제안된 시스템은 데이터의 압축 및 이상 데이터의 효율적인 복원을 가능케 하는 AANN을 기반으로 구성된다. AANN의 데이터 압축 기능은 평상시 계측 데이터의 전송효율의 향상을 위해 사용되며 또한 데이터 복원 기능은 평상시와는 다른 센서 데이터의 변화를 감지함으로써 보다 짧은 주기로 데이터의 전송을 가능케 하는 판단의 근거로 사용된다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 AANN의 데이터 압축 기능 및 데이터 복원 기능에 대해 설명하며 제 3장에서는 AANN기반 원격 모니터링 시스템의 구성에 대해

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2003. 11. 12., 채택확정 : 2004. 4. 24.

김성호 : 군산대학교 전자정보공학부(shkim12244@hotmail.com)

김동회 : (주)지피에스코리아 연구소(acebluebird@hanmail.net)

이영삼 : 군산대학교 전자정보공학부(uncle03@hotmail.com)

※ 본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 군산대학교 새만금 환경연구센터의 지원에 의한 것임.

서 설명하며 제 4장에서는 사면 계측 시스템에 제안된 기법의 적용 및 이의 유용성을 고찰하며 제 5장에서 결론에 대해 기술하고자 한다.

II. AANN의 구조 및 특성

1. AANN

PCA(Principle Component Analysis)는 선형 매핑에 기반한 기법으로 비선형 데이터에의 직접 적용은 어렵게 된다. 따라서 비선형 데이터의 분석에 적용될 수 있는 기법들이 많은 연구자들에 의해 개발되었다. 이중 Kramer등에 의해 제안된 AANN은 자기연관 신경망을 이용하여 비선형 PCA를 구현하고자 한 것으로 5개층 (입력층, 매핑층, 바틀넥층, 디매핑층, 출력층)으로 구성되며 구조를 나타내면 그림 1과 같다.

그림 1의 입력층은 M-차원의 데이터( $X_1, \dots, X_M$ )를 입력으로 받아들인다. 입력된 데이터들은 한개의 계측 스테이션으로부터 측정된 다양한 형태의 센서값이 될 수 있으며 이들은 상호 연관성을 갖고 있어야 한다. 매핑층은 M-차원의 입력 데이터를 이보다 적은 F-차원의 특징 데이터로 축약하는 기능을 수행하는 L-차원의 뉴런으로 구성되며 이의 입출력 특성을 나타내면 (1)과 같다.

$$F = G(X) \tag{1}$$

(1)에서 G는 매핑층 L-차원의 뉴런 활성화함수 ( $G_1, G_2, \dots, G_L$ )들을 요소로 갖는 벡터이며 X는  $1 \times M$  차원의 측정변수를 의미하며 F는  $1 \times F$  차원의 축약된 데이터를 의미한다. 이러한 특성을 통해 M-차원의 입력데이터로부터 F-차원의 데이터로의 압축이 가능하며 바틀넥 층의 출력을 통해 압축된 데이터를 얻을 수 있다.

디매핑층은 축약된  $1 \times F$  차원의 데이터를 원래의 차원 ( $1 \times M$ )으로 복구하는 기능을 수행하는 L-개의 뉴런으로 구성되며 이의 특성을 나타내면 (2)과 같다.

$$Y = H(F) \tag{2}$$

(2)에서 H는 디매핑층의 L-차원의 뉴런 활성화함수 ( $H_1, H_2, \dots, H_L$ )를 요소로 갖는 벡터이며 Y는 자기상관 신경망의 입력으로 사용된 것과 동일한  $1 \times M$  차원 출력 데이터이다. (1), (2)의 뉴런 활성화함수 G, H에는 학습시 조정되어야 할 결합강도가 포함되며 이들은 일반적인 교사학습방법에 의해 다음의 잔차가 최소가 되도록 학습된다.

$$R = X - Y \tag{3}$$

AANN은 1:1 매핑기능을 갖고 있지만 이를 분리하여 사용한다면 비선형 관계를 갖는 다변수 데이터의 효율적인 압축 및 복원에 사용이 가능하게 되며 이를 나타내면 그림 2와 같다.

또한 AANN은 다른 일반적인 인공신경망의 경우와 마찬가지로 다차원 비선형 데이터의 상관 정보가 학습을 통해

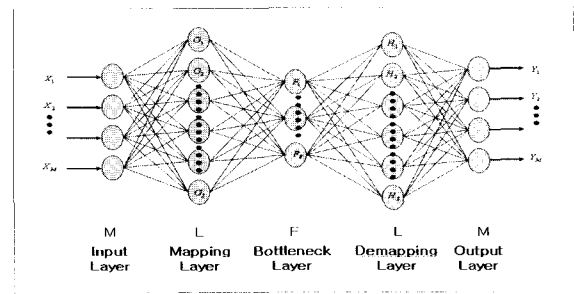


그림 1. AANN의 구조  
Fig. 1. The structure of AANN.

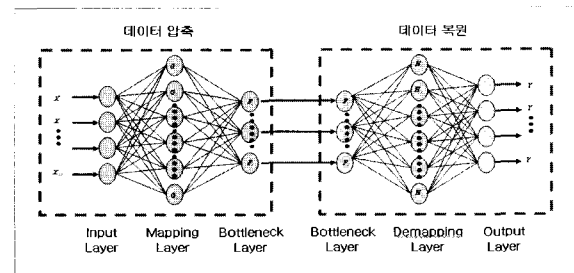


그림 2. AANN의 데이터 압축 및 복원 기능.  
Fig. 2. AANN's characteristics of data compression and reconstruction.

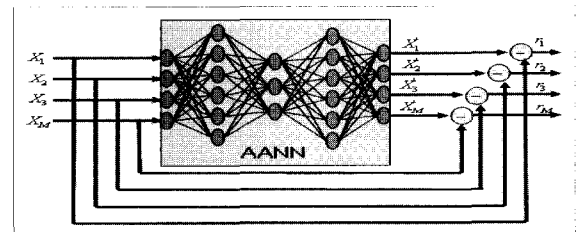


그림 3. AANN의 데이터 추정 기능을 이용한 이상 데이터 검출.  
Fig. 3. Structure of abnormal data detection using data estimation characteristic of AANN.

뉴런 간 결합강도에 분산, 저장되며 따라서 학습된 데이터와는 다른 데이터가 AANN에 인가된다 할지라도 원래의 데이터를 네트워크에 저장된 정보로부터 추정하는 것이 가능하게 된다. 이러한 AANN의 데이터 추정 기능을 이용한다면 이상 데이터의 효율적인 검출이 가능하게 되며 이를 나타내면 그림 3과 같다.

여기서  $S_1, S_2, S_3, S_4$ 는 실제의 계측 데이터를 의미하며  $S'_1, S'_2, S'_3, S'_4$ 는 입력 계측데이터에 대한 AANN의 출력을 의미한다. 또한  $r_1, r_2, r_3, r_4$ 는 실제 계측 데이터와 AANN 출력간의 잔차를 의미한다. 일반적으로 학습된 AANN은 입력 데이터의 차수 보다 적은 뉴런으로 구성되는 바틀넥층의 도입으로 학습시 사용된 데이터와 다른 데이터가 입력된 경우에도 데이터의 효율적 추정이 가능하게 된

다. 따라서 그림 3과 같이 AANN을 사용한다면 학습시와 다른 특성을 갖는 데이터의 발생 여부를 간단히 검출할 수 있다.

**III. AANN 기반 재해 방제 시스템의 구조**

본 절에서는 데이터 압축·복원과 동시에 학습시 입력된 패턴과 다른 패턴의 데이터를 검출 할수 있는 AANN을 이용한 재해 방제 시스템을 제안하며 제안된 시스템은 그림 4와 같다.

그림의 왼쪽 부분은 계측현장에 설치되는 것으로 센서, 데이터 압축부 및 이상 데이터 검출부로 구성된다. 또한 그림의 우측은 원격의 계측서버로 AANN으로 구현되는 압축 데이터의 복원 및 실시간 데이터 처리부로 구성된다. 상기 시스템의 계측 스테이션에 구현되는 각각의 기능은 다음과 같다.

**1) 계측 스테이션에서 AANN 의 기능**

계측 스테이션에 존재하는 AANN은 데이터의 압축 및 이상 데이터의 검출 기능을 수행하며 이의 자세한 구성을 나타내면 그림 5와 같다. 계측 스테이션은 그림 5에 나타난 바와 같이 잔차 비교를 통해 정상상태임을 확인하게 된다.

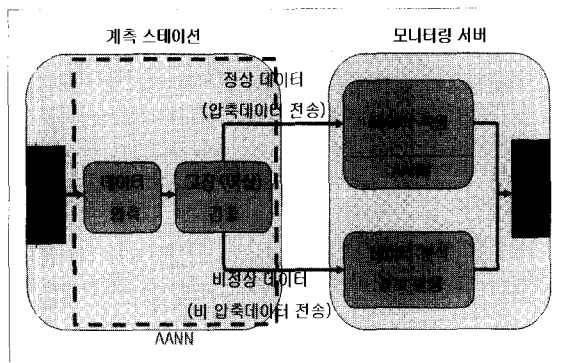


그림 4. AANN기반 재해 방제 시스템의 구조.  
Fig. 4. Structure of disaster removal system based on AANN.

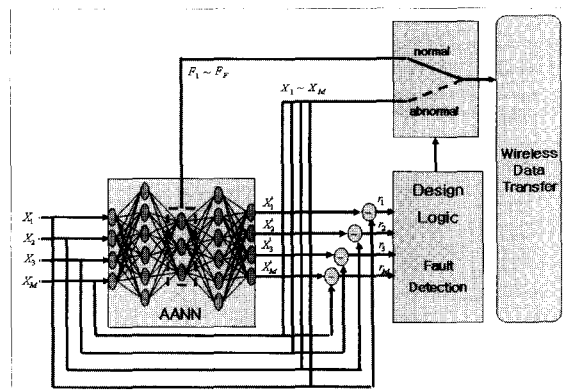


그림 5. 계측 스테이션의 데이터 압축 및 이상 데이터 검출 기능.  
Fig. 5. Characteristics of data compression and abnormal data detection of measurement Station.

AANN은 앞서 설명한 바와 같이 학습시 사용된 데이터와 다른 패턴(사면 붕괴전에 발생하는 계측데이터의 변화 등)이 입력된다면 변화이전의 데이터를 추정하게 되며 따라서  $X-X'$ 을 통해 얻어진 잔차의 임계치 검사를 통해 이상 징후의 감지 시점을 결정할 수 있게 된다. 이 시각을 기준으로 잔차의 임계치가 규정된 값이하이면 AANN의 바틀넥층으로부터의 압축된 데이터를 원격의 서버로 전송하며 만일 임계치가 규정값 이상이면(이상 징후발생) 압축 데이터 대신에 현장에서 규정된 시간마다 측정된 데이터를 원격 서버에 전송함으로써 효율적인 재해 방제를 가능케 한다.

**2) 서버 시스템에서의 AANN 기능**

서버에서의 AANN을 이용한 데이터 복원 구조는 그림 6과 같다.

서버 시스템에 존재하는 AANN은 계측시스템에서 사용된 AANN과 동일한 것으로 바틀넥층을 입력층으로 하고 디매핑층과 출력층만으로 구성된다.

**IV. 사면 붕괴 방제 시스템에 제안된 기법의 적용**

**1. 사면 재해 방제용 원격 모니터링 시스템의 개요**

본 절에서는 전절에서 제안한 AANN 기반 재해 방제 기법을 사면 붕괴 방제를 위한 시스템에 적용하고자 한다. 적용된 전체 시스템의 구성은 그림 7과 같다. 그림 7과 같이

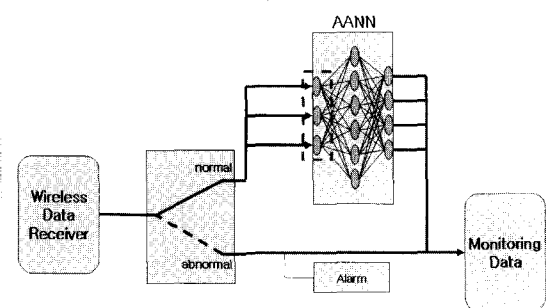


그림 6. 서버 시스템의 데이터 복원.  
Fig. 6. Data restoration in server system.

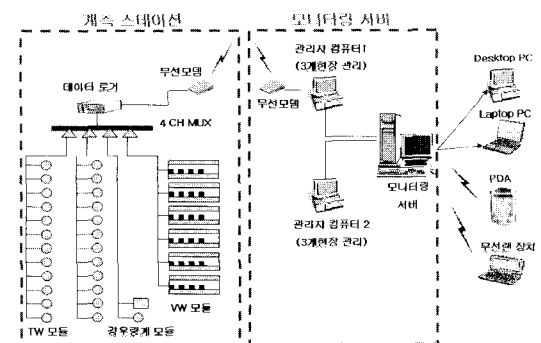


그림 7. AANN 기반 사면 재해 방제 시스템의 구조.  
Fig. 7. Structure of disaster removal system based on AANN.

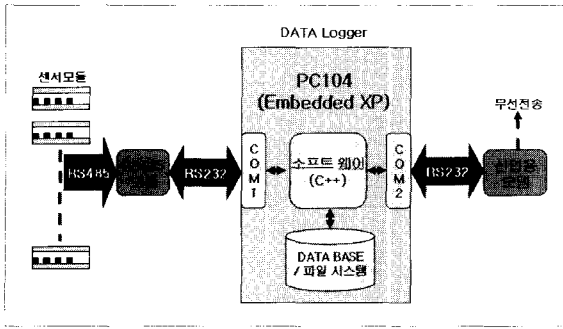


그림 8. 계측 스테이션의 구조.  
Fig. 8. Structure of measurement station.

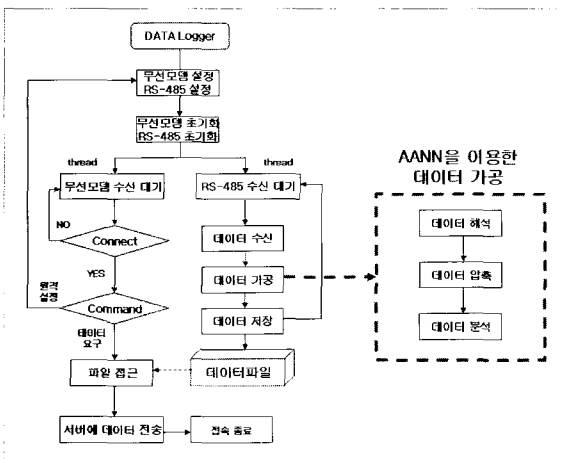


그림 9. 데이터 로거용 응용프로그램 동작선도.  
Fig. 9. Flowchart for the data logger applications.

시스템은 계측 스테이션 부분과 모니터링 서버 시스템으로 구성된다. 계측 스테이션은 데이터 로거와 센서 시스템으로 구성되며 센서 데이터의 측정과 측정데이터를 서버시스템으로 전송하고 저장하는 기능을 한다. 모니터링 서버 시스템은 계측 스테이션으로부터 데이터를 취득하고 데이터베이스에 저장하며 웹서비스를 실시 할 수 있도록 설계된다.

1.1 계측 스테이션

계측 스테이션은 다수의 센서 모듈로부터 계측 데이터를 가공하며 이상 데이터의 발생을 검출하고 모니터링 서버에 데이터를 전송하는 작업을 수행한다. 다수의 센서모듈을 측정하기 위해 RS-485방식을 이용하였다. 계측 스테이션의 구조는 그림 8과 같다.

- 센서 모듈

사면의 안정도를 판별하기 위한 센서들은 3가지 모듈로 구성되며 데이터 로거로부터 명령을 받아 계측을 하게 된다. 계측된 데이터는 A/D변환을 거쳐 RS-485 통신방식을 이용하여 데이터 로거에 데이터를 전송한다. 하나의 데이터로거에는 최대 64개의 모듈을 연결 할 수 있다.

- 데이터 로거

Windows Embedded XP가 탑재되는 임베디드 시스템이며 측정 현장의 광범위한 영역에 설치되는 각종센서들과의 효

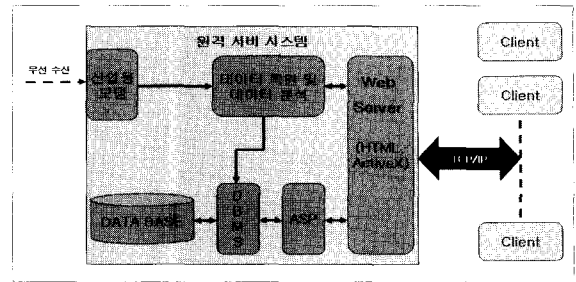


그림 10. 모니터링 서버의 구조.  
Fig. 10. The structure of monitoring server.

과적인 인터페이스를 위해 RS-485 인터페이스를 갖는다. 또한 원격 서버로 전송하기 위해 산업용 모뎀이 장착되어진다. 시스템을 구성하기 위해 PCM 9370보드를 사용하였다.

데이터 로거의 동작을 위한 응용 프로그램은 MicroSoft Visual C++을 이용하여 작성 하였으며 현장에서의 센서모듈의 셋팅, 서버로 부터의 원격 셋업, 데이터의 측정 및 저장, 모듈테스트, 데이터의 압축, 취득한 데이터의 변화 검출, 모니터링 서버에 데이터 전달등의 작업을 한다. 응용프로그램의 동작은 그림 9와 같다.

계측 스테이션은 AANN 알고리즘을 이용하여 데이터를 분석하며 경고 설정값 이상의 데이터가 들어왔을 경우 경보를 발생시키고 비 압축 데이터를 전송한다.

계측 스테이션과 서버 시스템의 연결을 위해 RS-232C 통신 방식을 사용하는 GROWELL사의 EK-001B 산업용 무선모뎀을 사용했다.

1.2 모니터링 서버

사면 안전관련 데이터를 모니터링 하기 위해 설계된 모니터링 시스템은 다수의 계측 스테이션으로부터 데이터를 수신하고 복원과정을 거쳐 데이터베이스에 저장한다. 저장된 데이터는 복원, 분석, 모니터링, 원격 셋업, Web 서비스되며 이를 위한 응용 프로그램은 MS Visual Basic을 이용하여 작성했다. 서버 구축을 위해 본 연구에서는 Web 서비스가 가능한 Windows NT계열의 OS(Windows 2000 server)와 데이터베이스 관리를 위한 MS-SQL Server를 이용하였으며 구성은 그림 10과 같다.

관리자서버는 경고 상황이 발생하기 전에는 산업용 무선모뎀을 통해 압축/비압축 사면안전관련 데이터를 입력받아 복원 및 분석을 하며 계측 정보를 DBMS를 통해 데이터베이스에 저장한다.

2. 제안된 기법의 사면계측 시스템에의 적용

강원도 홍천 지역에 설치되어 운영되고 있는 계측 스테이션으로부터 3개의 TW모듈과 1개의 강우량계 모듈에서 총 13개의 센서계측값이 측정되어 서버로 전송되고 있다. 제안된 시스템의 데이터로거는 총 64개의 모듈을 연결 할 수가 있으며 모든 모듈을 연결해서 동작 시킬 경우 한번 주기에 측정해야 하는 센서데이터는 200~300개 정도가 된다. 특히 사면안정에 관한 데이터는 인명과 관련된 데이터이기 때문에 계측 주기가 짧아야 한다. 따라서 많은 양의 데이터

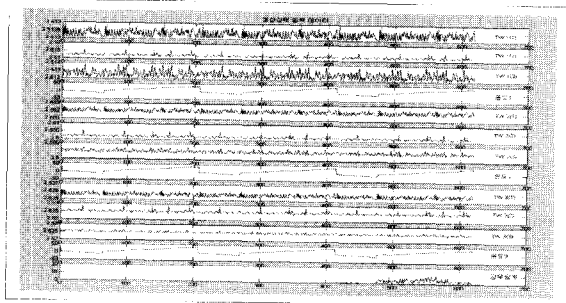


그림 11. 각 스테이션별 측정 데이터(정상상태).  
Fig. 11. Measurement data from each station(normal state).

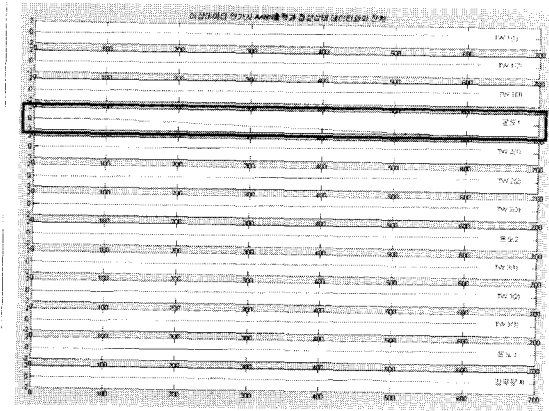


그림 13. 이상 데이터의 검출.  
Fig. 13. Detection of abnormal data.

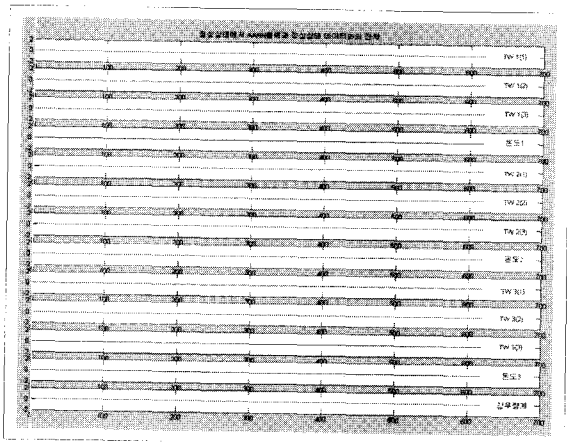


그림 12. 입력데이터와 복원 데이터의 잔차.  
Fig. 12. Residual between input data and restoration data.

를 서버로 전송해야 하며 이로 인해 많은 전송시간과 통신비의 부담이 가중된다. 따라서 이러한 전송데이터를 압축 및 복원하는 기법이 필요하며 본 연구에서는 2장에서 언급한 AANN을 이용한 데이터 압축 및 복원 알고리즘을 사면 안정관련 데이터에 적용하고자 한다.

2.1 사면 안정 관련 데이터

각 계측 스테이션으로부터 계측된 데이터를 나타내면 그림 11과 같다. 그림에서 4개의 모듈에서 13개의 센서값을 측정할 연간 데이터이며 표본적인 정상 데이터이다.

또한 붕괴상황 검출을 위한 시뮬레이션을 위해 바이어스 형태의 데이터를 이용해 붕괴상황의 검출을 실험하고자 한다.

2.2 AANN의 학습

AANN의 학습에 사용되는 입력력 패턴은 동일하며 따라서 AANN은 1:1 매핑기능을 갖는다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 입력력 뉴런의 수보다 적은 바틀넥층의 도입으로 인해 데이터를 압축 할 수 있으며 또한 비선형 PCA의 특성을 갖게 되어 학습시와는 다른 데이터(이상 데이터)가 입력 되어도 정상 동작시의 값을 추정하는 것이 가능하게 된다. 본 연구에서는 4개 모듈로부터 13개의 센서값을 학습에 사용 하였다. 학습에 사용되는 AANN의 입력층은 13개의 뉴런, 매핑층은 20개의 뉴런, 바틀넥층은 5개, 디매핑층은 13개의 뉴런으로 구성하였다. AANN의 학습은 Matlab 신경망

툴의 NEWFF (Feedforward Backpropagation Network)함수를 사용하였다. AANN을 이용한 데이터 압축 및 복원 효과를 위해 AANN을 분리한 형태의 신경망을 구현 하였으며 성능 확인을 위해 Matlab 시뮬링크를 사용하였다.

학습이 완료된 AANN의 압축 및 복원 성능의 확인을 위해 학습시 사용한 데이터를 AANN에 인가하였으며 이 경우 AANN으로부터 출력되는 데이터와 실제 입력간의 잔차를 나타내면 그림 12와 같다.

그림 12로부터 학습시 사용된 데이터에 대한 AANN의 데이터 압축 및 복원이 효율적으로 수행됨을 알 수 있다.

또한 제안된 시스템이 이상(abnormal) 데이터에 대해서도 효율적인 이상 데이터의 감지 및 데이터 복원 기능을 갖는지 알아보기 위해 4번째 센서(온도)에 램프 형태의 바이어스를 인가하였다. 바이어스가 인가된 입력을 AANN에 입력하였을 경우 AANN으로부터 복원된 데이터와 입력 데이터간의 잔차를 나타내면 그림 13과 같다. 그림으로부터 바이어스가 인가된 센서의 잔차가 0이 아님을 알 수 있으며 이로부터 효율적인 이상 데이터의 검출이 가능함을 확인할 수 있었다.

2.3 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안된 압축 및 복원 알고리즘을 이용한 압축 효율은 단일 데이터를 기준으로 130kB인 데이터를 54.2kB로 압축 하였으며 제안된 시스템을 통해 데이터는 약 42%의 크기로 압축이 가능함을 알 수 있었다.

이러한 압축률은 로거에 연결되는 모듈의 수가 증가할 경우 더 큰 효과를 기대할 수 있다. 즉 설계된 시스템은 64개의 모듈을 연결 할 수 있고 각각의 모듈이 모든 센서들을 연결한다고 하면 센서의 수는 200~300개가 될 것이며 이러한 상황에서의 압축률은 크게 증가 할 것이다. 또한 입력에 바이어스를 첨가하여 붕괴상황을 가정하여 실험한 경과를 통해 이상 패턴의 입력 데이터를 효율적으로 검출 할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 AANN을 이용한 압축, 복원과 이상상태를

검출하는 원격 모니터링 시스템을 제안하고 현재 운영되고 있는 홍천지역의 데이터를 이용한 시뮬레이션을 통해 이의 유용성을 확인하였다. 시뮬레이션 결과 정상데이터의 경우 효율적인 압축 및 복원능력을 확인 할 수 있었으며 잔차의 임계치 검사를 통한 가정된 붕괴상황의 검출이 가능함을 확인 할 수 있었다.

**참고문헌**

[1] R. Dunia, "Identification of faulty sensors using principle component analysis", *AIChE J.*, 42(10), pp. 2797-2812, 1996.

[2] M. A. Kramer, "Autoassociative neural networks," *Computers in Chemical Eng.*, vol.16, no.4, pp. 313-328, 1992.

[3] J. W. Hines, D. J. Wrest, and R. E. Uhring, "Plant Wide Sensor Calibration Monitoring," *published in the proceedings of The 1996 IEEE International Symposium on Intelligent Control*, Sept. 15-18, pp. 378-383, 1996.

[4] R. Isermann, "Process Fault Detection Base on Modelling and Estimation Methodes-A survey", *Automatica*, vol. 20, no. 4, pp. 387-404, 1984.

[5] K. S. Lee, S. H. Kim and N. sakawa, "On-Line Fault Diagnosis by using Fuzzy Cognitive Map," *IEICE Trans. on Fundamentals*, vol. E-79-A, no. 6, 1996.

[6] J. Shiozaki, and H. Matsuyama, "An Improved Algorithm for diagnosis of System Failure in Chemical Processes," *Comput. Chem. ENG* vol. 9, 1985.

[7] C. C Yu and C. Lee, "Fault diagnosis based on Qualitative/Quantitative Process Knowledge", *AICHE, Journal*, vol. 37, no.4, pp. 617-628, 1991.

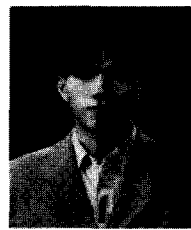
[8] 이쌍윤, 김성호, 외 2인, "확장된 퍼지 인식맵을 이용한 고장진단 시스템의 설계", 한국자동제어학술회의, pp. 860-863, 1997.

[9] 박순탁, 임준홍, "네트워크 시간지연이 존재하는 분산 제어시스템의 최적 제어기 설계" *KACC*, vol. 13, pp. 1224-1227, October 1998.



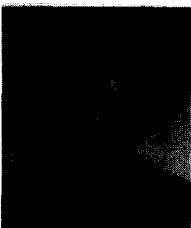
**김 성 호**

1984년 고려대 전기공학과 졸업. 동대학원 석사(1986). 동대학원 박사(1991). 1991~현재 군산대학교 전자정보공학부 교수. 관심분야는 고장진단, 공장자동화, 웹기반 원격 모니터링.



**김 동 희**

2002년 군산대 제어계측공학과 졸업. 동대학원 석사(2004). 2004년~현재 (주)지피에스코리아 기반기술연구소 연구원. 관심분야는 고장진단 및 원격모니터링 시스템.



**이 영 삼**

2001년 군산대 제어계측공학과 졸업. 동대학원 석사(2003). 2003년~현재 동대학원 박사과정. 관심분야는 고장진단, 공장 자동화.