

# 역전과 신경망을 이용한 상황인식 기반 디지털 선박 진단 시스템

송병호\*, 이우영\*\*, 임무성\*\*, 이연우\*\*, 정민아\*\*\*, 이성로\*\*\*\*  
\*목포대학교 정보산업연구소\*\*목포대학교 정보통신공학과,  
\*\*\*목포대학교 컴퓨터공학과, \*\*\*\*목포대학교 전기전자공학과  
e-mail:cssstar@mokpo.ac.kr

## Digital Marine Vessel Diagnosis System Based on Context Aware using Backpropagation Algorithm

Byoung-Ho Song\*, Woo-Young Lee\*\*, Moo-Seong Lim\*\*, Yeonwoo Lee\*\*,  
min-A Jung\*\*\*, Seong-Ro Lee\*\*\*\*

\*Institute of Information Science And Engineering Research  
\*\*Dept of Information&Communication Engineering, Mokpo National University  
\*\*\*Dept of Computer Engineering, Mokpo National University  
\*\*\*\*Dept of Elecetronics Engineering, Mokpo National University

### 요 약

디지털 선박 운항시 예기치 못한 상황에 의한 선박 내 화재나 충돌 등 긴급 상황 발생 시에 대형의 해난 사고가 발생할 수 있다. 이에 본 논문에서는 선박 상태를 자체 진단하여 모니터링하고 위험 분석을 통해 관리할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. 해양 디지털선박의 환경, 상황을 수집할 수 있는 무선 센서를 이용하여 수집된 환경 정보를 분석하는 시스템을 제안하였으며, 센싱된 데이터를 분석하기 위하여 역전과 신경망을 설계하였다. 300개의 데이터 집합을 사용하여 역전과 신경망을 실험한 결과 약 96%의 정확도를 가졌다. 제안된 시스템은 하드웨어 (UStar-2400 ISP, UStar-2400, Wireless sensors) 부분과 소프트웨어 부분(User Interface module)으로 구성되며 소프트웨어 부분은 HOST PC에 삽입된다. 그리고 시스템의 정확도를 개선하기 위하여 전방향 에리 정정 시스템(LDPC)을 구현하였고 진단된 결과는 CDMA 방식으로 전송하여 해양디지털선박 감지 모니터링 시스템을 구현했다.

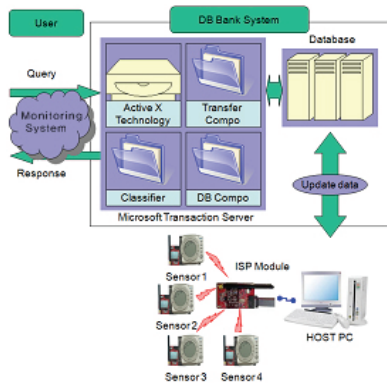
### 1. 서론

최근 전자 기술의 급속한 발달에 따라서 디지털 선박에 대한 연구 개발이 활발히 진행됨에 선박의 자동화를 통해서 선박 내 노동의 경감, 운항 안전성의 향상, 운항 경제성의 향상 등의 효과를 얻을 수 있다. 디지털 선박이란 선박 내의 각종 센서로부터 측정된 디지털 데이터가 통합 관리되어 선박이 제어되고, 자율 운항이 가능하며, 선박 운항 시에 발생할 수 있는 모든 상황에 대한 정보가 데이터베이스화되어 상황 발생 시 상황 판단에 대한 보다 효율적이며 정확한 정보 제공이 가능하고 선박-육상 지원 체계가 제공되는 차세대 선박을 말한다<sup>[1]</sup>. 최근 선박의 규모가 증가함에 따라 급격한 자동화 기술 발전을 이루었으나, 이에 따른 선박의 운용은 더욱 복잡해짐으로써 운용자의 오류에 의한 사고율이 증가하게 되었다. 이에 본 논문에서는 선박 상태를 자체 진단하여 모니터링하고 위험 분석을 통해 관리할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. 그리고 센싱 기술의 급속한 발전은 상황 인식 컴퓨팅에 관한 연구를 가속화 시키는 중요 요인이다. 과거에는 배터리 수명이나 센싱의 정확도 같은 기술적인 한계들 때문에 물리적 센서들을 이용하여 얻어지는 상황 정보들이 매우 제

한되어 있었으며, 이러한 센싱 기술을 기반으로 개발되는 상황 인식 시스템 역시 기능이 제한될 수 밖에 없었다. 그러나 센싱 기술이 발전함에 따라 과거에는 획득하기 힘들었던 상황 정보에 관한 접근이 가능해졌으며, 결국 획득된 상황 정보를 바탕으로 서비스를 제공하는 상황 인식 시스템들의 기능들이 점차 풍부해지고 있다. 상황 인식에 사용되는 센서는 사용자 혹은 환경의 변화나 상태를 감지하고, 감지된 정보를 응용에 전달하는 엔터티로 정의할 수 있다. 상황 인식은 다양한 센서 정보를 바탕으로 스스로 상황을 인식하는 것으로서 지능형 서비스를 위한 중요한 개념이다. 향후 디지털 선박의 효율적인 관리를 위해서 선박 상태의 상황을 인식하고 진단하여 모니터링 할 수 있는 시스템이 필요할 것이다. 이에 본 논문에서는 해양 무인 디지털 선박의 상태를 감지 할 수 있도록 센서를 배치하여 데이터를 획득 한 후 센싱된 상황 데이터를 Backpropagation 알고리즘을 이용하여 예측 진단하고자 한다. 진단된 결과는 CDMA 방식으로 전송하여 해양디지털선박 감지 모니터링 시스템을 구현한다. 또한 환경 정보를 수집하는 센서의 외부 잡음에 대한 강인성을 증가시키기 위해 LDPC<sup>[2]</sup> 모듈을 설계하여 센서에 삽입하였다.

## 2. 시스템 구성 및 설계

본 논문에서는 센서 통합 모듈로서 프로세서 보드는 Telos 플랫폼 계열이며, MSP430의 MCU와 CC2420 Radio Chip을 사용한다. 그리고 환경 정보인 온도, 습도, 조도 센서가 통합된 센서 모듈을 사용하며 센싱된 데이터는 Backpropagation 알고리즘을 이용하여 진단한다. 진단된 결과는 데이터베이스에 저장된 후 모니터링 시스템으로 전송되는 시스템을 제안하였다. 그림 1은 제안된 시스템의 전체 구성도이다.

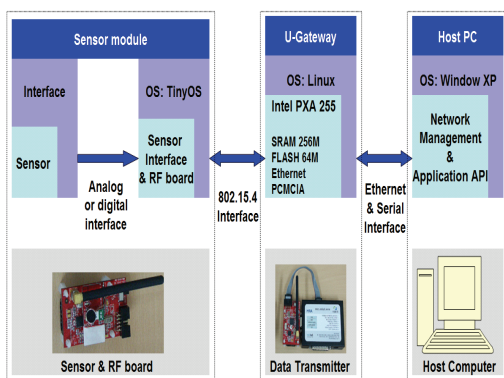


(그림 1) 시스템 구성도

### 1. 하드웨어 시스템 설계

구현된 시스템은 디지털 선박의 환경 정보(온도, 습도, 조도)를 실시간으로 측정하여 역전파 알고리즘을 통해 진단 후 데이터베이스에 저장시킴과 동시에 모니터링 시스템에 데이터를 전송시켜 준다.

제안된 시스템의 데이터 전송 하드웨어는 그림 2와 같이 크게 세 부분으로 구성 된다. 센서의 RF 무선 아날로그신호와 디지털 신호의 인터페이스를 담당하는 센서 모듈, 센서와 호스트 컴퓨터 사이의 데이터 교환을 책임지는 U-Gateway 모듈, 그리고 데이터를 처리하는 Host PC로 나누어진다.



(그림 2) 제안한 데이터 전송 하드웨어 시스템

### 2. 센서 처리 및 데이터 구조

구현된 시스템은 환경 정보(온도, 습도, 조도)를 획득하기 위해 다수의 센서를 사용한다. 진단에 사용될 데이터는 동일한

환경에서의 데이터이므로 하나의 패킷으로 묶어서 전송한다. 각각의 패킷에 담게 되면 추가적인 트래픽 발생 및 에너지 소모가 일어남으로 단일 패킷으로 처리하여 표준화 데이터베이스에 전송한다. 그림 3은 센싱된 데이터의 패킷 구성을 나타낸다. 패킷의 총길이는 34바이트이며, 고정 헤더는 10바이트, 센서 노드 ID 및 채널은 6바이트, 버퍼 20바이트 부분으로 구성된다. 이 중에서 버퍼는 6바이트를 각각 2바이트씩 hex값으로 습도, 온도, 조도 순으로 실제 센싱값이 들어오도록 설계하였다.

헤더(10)	센서노드ID 및 채널(6)	습도(2)	온도(2)	조도(2)	(12)
--------	----------------	-------	-------	-------	------

(그림 3) 패킷 구성

### 3. 센서 노드 및 자료의 표준화

센싱된 데이터를 표준화된 데이터로 변환하기 위하여 데이터 변환 알고리즘을 통해 표준화 데이터와 센서에 대한 정보 형태로 데이터베이스 서버에 저장하게 된다. 온도센서 모듈은 스플릿이라는 한단계의 계산 과정을 더 거쳐 센싱값을 출력한다. 실제온도는 그림 4의 변환 식에 대입하여 계산된다.

$$* \text{실제온도} = \text{실제 센싱값} * 0.01 - 40$$

(그림 4) 온도의 실제값 변환식

습도센서는 온도의 변화에 따른 습도, 즉 상대 습도를 계산하기 위한 센서로서 이는 습기의 흡수 또는 흡착에 따른 전기 저항의 변화 특성을 이슬점 또는 서릿점 때의 응결 상태 감지 원리를 이용한다. 상대 습도는 현재의 수증기량과 그 온도에 있어서의 포화수증기량의 비로 나타내며 습도의 변화는 주로 기온 변화에 의하여 발생된다. 조도 센서는 빛의 밝기에 따라 출력 저항의 값이 변하는 성질을 이용한 센서로서 출력 전압을 A/D 컨버팅한 후 그 값을 읽어오는 방식이다. 센서 출력 전압을 256등분하여 읽어올 수 있으므로 외부 회로의 구성없이 디지털 출력이 가능하다.

### 4. 제안한 역전파(Backpropagation) 알고리즘

본 논문에서 우리는 선박의 상태를 진단하기 위해 센싱된 데이터를 통한 역전파 알고리즘을 제안한다. 역전파 알고리즘은 다중퍼셉트론의 전형적인 학습 진단 알고리즘이다. 역전파 알고리즘은 입력된 값이 신경망의 가중치(Weight)와 곱하고 더하는 과정을 반복하여 입력의 결과 값인 출력(y)이 나온다. 이때 출력(y)은 학습 데이터에서 주어진 원하는 출력(o)과 다르다. 결국, 신경망에서는 (y-o)만큼의 오차(e=y-o)가 발생하며, 오차에 비례하여 출력층의 가중치를 갱신하고, 그 다음 은닉층의 가중치를 갱신한다. 가중치를 갱신하는 방향이 신경망의 처리 방향과는 반대 방향이다<sup>[3][4]</sup>. 이런 이유로 역전파 알고리즘이라고 한다. 다시 말해, 신경망의 처리는 입력층 → 은닉층 → 출력층의 방향으로 진행되며, 가중치 갱신의 학습방향은 출력층 → 은닉층으로 진행된다<sup>[5][6]</sup>. 본 논문에서는 다음과 같이 센싱

된 3개의 입력 데이터(온도, 조도, 습도)를 이용하여 4개의 진단 레벨 출력층을 갖는 신경망으로 구성되었다.

학습을 위한 데이터의 개수 : N  
 i번째 (1 ≤ i ≤ N) 학습 데이터 셋 :  
 : 온도  
 : 조도  
 : 습도

(그림 5) 제안한 알고리즘 구성

- ① 입력층의 노드의 수는 각 데이터 항목의 개수인 3이어야 한다.
- ② 출력층은 위험 진단 레벨이므로 4개의 노드를 갖는다. 만약 입력 데이터를 통해 학습된 가중치(Weight)에 의해 1번째 노드가 선택되면 정상 수치를 나타내는 level 1에 해당한다.
- ③ 은닉층의 노드의 수는 1개 또는 그 이상으로 한다. 은닉층의 개수가 많아지면 학습의 시간이 증가하므로 적절한 은닉층의 개수를 정하는 것이 중요하다.
- ④ 입력 데이터에서 최대값과 최소값을 구하여 표준화 한다

```

Step 1. Initialize weights and count
w, u <- small random number
p <- number of training pattern pairs
k <- 1
E <- 0

Step 2. Set learning rate(a) and Enax

Step 3. For each training pattern pair (X, D)
do step 4 - 8 until k = p

Step 4. compute output
NET_z = Xk inner_product Uk
z = f(NET_z)

f(NET_z) = 1 / (1 + exp(-NET_z)) ; unipolar sigmoid
(1 - exp(-NET_z)) / (1 + exp(-NET_z)) ; bipolar sigmoid

NET_y = z inner_product Wt
y = f(NET_y)

f(NET_y) = 1 / (1 + exp(-NET_y)) ; unipolar sigmoid
(1 - exp(-NET_y)) / (1 + exp(-NET_y)) ; bipolar sigmoid

Step 5. Compute output error
E <- 0.5 * (Dk - Yk)^2 * E

Step 6. Compute error signal
delta_y = (d-y) * y * (1-y) ; unipolar sigmoid
0.5 * (d-y) * (1-y^2) ; bipolar sigmoid

delta_z = z * (1-z) * summation of delta_y * Wt ; unipolar sigmoid
0.5 * (1-z^2) * summation of delta_y * Wt ; bipolar sigmoid

Step 7. Update weights
Uk+1 = Uk + delta_Uk
Wt+1 = Wt + a * delta_y * Zk
Uk+1 = Uk + delta_Uk
Wt+1 = Wt + a * delta_z * Xk

Step 8. Increase counter and goto Step 3
k <- k + 1

Step 9. Test stop condition
IF E < Enax, stop
else E <- 0, goto Step 3
    
```

(그림 6) 알고리즘 수행 절차.

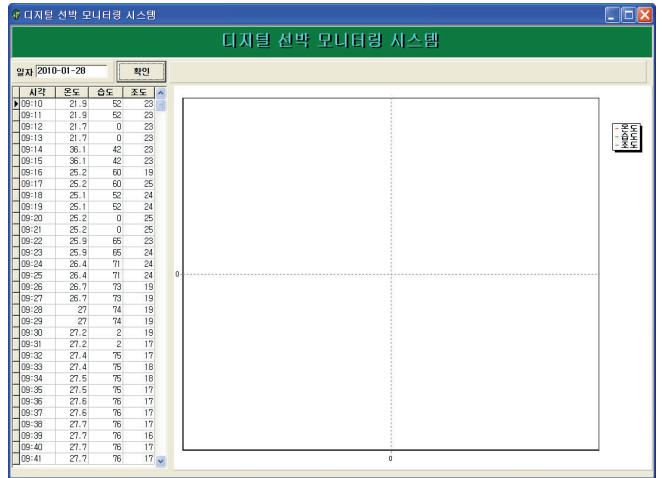
### 3. 시스템 구현 결과

본 논문에서 구성한 시스템의 구성 모듈은 3개의 무선 센서를 배치하여 디지털 선박의 환경 상태를 인식하여 모니터링 한다. 선박 상태 감지 모니터링 시스템은 인터넷 기반의 어플리케이션 구현을 위해서 델파이를 이용하여 구현하였다. 표 1은 시스템 구현 환경을 나타낸다.

	항목	종류
소프트웨어	운영체제	Windows XP
	사용언어	Delphi
	DBMS	MSSQL
하드웨어	DB서버	Sqlserver 2000
	서버	Pentium(R) P.core2 Duo 1.6

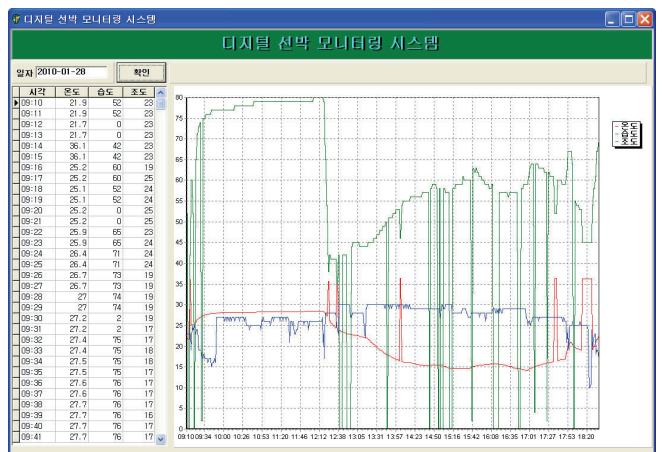
(표 1) 시스템 구현 환경

선박 상태 감지 모니터링 시스템은 센싱된 데이터 정보를 역전과 알고리즘을 이용하여 진단 예측하여 피드백 할 수 있도록 표준화 데이터베이스 서버와 연동하여 구현하였다. 선박 상태 감지 모니터링 시스템의 화면 구성은 그림 7과 같다.



(그림 7) 디지털 선박 모니터링 시스템 화면

선박 상태 감지 모니터링 시스템은 일자별로 판단 결과와 수치 데이터를 모니터링 할 수 있다. 항목은 크게 센싱된 데이터의 판단 결과와 수치데이터를 시간별, 일자별로 모니터링 할 수 있는 항목과 각각 온도, 습도, 조도의 변화를 볼 수 있는 그래프 항목으로 나뉘어진다. 카운터에 나와 있는 숫자는 매분마다 표준화 데이터베이스에 새로운 데이터가 추가 되었는가를 확인하고 새롭게 센싱된 데이터가 있다면 시스템에서 판단할 수 있도록 매분 단위로 체크한다. 그림 8는 판단 결과 및 데이터를 모니터링 하는 화면이다.



(그림 8) 시스템 구현 결과

SMS 전송은 먼저 CDMA를 통하여 통신사의 데이터 회선에 연결을 하고 연결이 완료된 후 인증 받은 서버로 그림 9와 같이 메시지의 구조를 맞춰 전송을 한다. 그림 9는 SMS 전송을 위한 데이터 구조이다.

2 byte	4 byte	10 byte	10 byte	11 byte	11 byte	10 byte	0-80 byte
메시지타입	메시지길이	사용자아이디	사용자암호	수신자전화번호	발신자전화번호	발신자이름	메시지

(그림 9) SMS 전송을 위한 데이터 구조

#### 4. 시스템 성능 평가

UStar-2400 ISP를 통하여 수집된 데이터는 JAVA로 구현된 오실로스코프 상에서 확인 가능 하며 본 논문에서는 3개의 무선 센서를 배치하여 디지털 선박의 상태를 인식하는 실험을 진행하였다. 수집된 데이터는 HOST PC로 전송이 되며 JAVA로 구현된 LDPC 디코더 블록을 통과한 후 오실로스코프 상에서 각각의 채널을 통해 들어오는 데이터를 확인 할 수 있으며, 최종적으로 JAVA 프로그램 상에서 상태를 결정한다. 구현된 시스템을 테스트하기 위해 센서로부터 획득한 300개의 온도, 습도, 조도 등 3가지의 센서 데이터를 이용하였다. 또한 각 데이터 분류 기준은 국제 안전 기준에 따라 위험 정도를 4 가지 상태로 분류하였다. 표 2는 센싱된 데이터의 위험 분류 기준을 나타낸다.

Level	위험상태	습도	온도	조도
		단위: %	단위: C	단위: Lux
Level.1	양호	0-20	0-20	100-130
Level.2	적절	21-30	21-29	131-149
Level.3	심각	31-40	30-34	150-180
Level.4	위급	41이상	35이상	200이상

(표 2) 센서 데이터의 위험 분류 기준

300개의 데이터 중 위험 분석을 위해서 1번째 데이터로부터 150번째 데이터는 학습에 이용하고 151번째 데이터로부터 300 번째 데이터는 평가에 이용하였다. 학습에 이용된 150개의 데이터는 표준화를 거쳐 습도, 온도, 조도의 데이터 셋을 입력으로 사용하고 실제 위험 결과를 목표 값으로 이용하였다. 150개의 데이터를 통해 가중치(Weight)를 학습시킨 후 나머지 151 번부터 300번까지의 데이터를 0부터 1사이의 값으로 표준화하여 입력으로 이용하였다. [표 3]은 학습된 전문가 시스템으로부터 얻어진 결과이다.

번호	습도	온도	조도	실제위험 결과	시스템진 단결과
	단위 :	단위 :	단위:		
171	60	28	167	3(심각)	4(*)
189	15	18	122	1(양호)	3(*)
228	20	21	113	1(양호)	2(*)
262	19	15	121	1(양호)	2(*)
278	40	31	165	3(심각)	4(*)
283	35	32	178	3(심각)	4(*)

(표 3) 평가에 이용된 시스템 판단 결과

표 3 에서 보이는 (\*)는 실제 위험 결과와 본 논문에서 제시하는 결과가 다르게 나온 것을 표시한 것이다. 위의 표는 총 150 개의 평가 데이터 중 6개의 결과가 다르게 나와 약 96%의 정

확도를 보였다. 또한 크게 문제가 발생할 수 있는 경우, 즉 시스템 진단 결과가 실제 위험 결과보다 더 낮은 경우는 발생하지 않았다.

#### 5. 결과

본 논문에서는 무선 센서를 이용하여 수집된 환경 정보를 분석하는 시스템을 설계하였다. 하드웨어는 휴인스에서 제공하는 UStar-2400 ISP 모듈과 본 논문에서 설계한 무선 환경 센서로 구성되어 있다. 본 논문에서 구현된 시스템은 300개의 데이터 집합 중 150개의 데이터 집합을 사용하여 역전파 신경망 회로를 구현하였으며, 실험 결과는 약 96%의 정확도를 나타내었고 또한 크게 문제가 발생할 수 있는 경우, 즉 시스템 진단 결과가 실제 위험 결과보다 더 낮은 경우는 발생하지 않았다. 향후 연구 방향으로는 환경 상태에 대한 모니터링 뿐만이 아니라 해양 E-Navigation, 해양 환경 정보 예측 등 해양 통합 모니터링 시스템을 구현하고자 한다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IIITA-2009-C1090-0902-0010)

이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-313-D00648)

#### 참고문헌

- [1] 김재양, 정선태, 임준석, 박종원, 홍기용, 임용근, "디지털 선박을 위한 선박 통합화 네트워크 설계 및 구현", 한국 해양정보통신학회논문지, 제9권, 제6호, pp. 1202-1210, 2005.10.
- [2] R.G. Gallager, "Low-density parity-check codes," IRE Trans. Inform. Theory, vol. IT-8, pp. 21-28, Jan. 1962.
- [3] Yoshio K. and Keith W. and Ian Mc., "Forecasting Nonlinear Time Series with Feed-Forward Netral Networks(A Case Study of Canadian Lynx Data)," Journal of Forecasting, pp.105-117, 2005
- [4] Simon Haykin, "Netral Network (Acompre hensive foundation)," Prentice Hall International, pp.161-172, 1999
- [5] Kevin R. Farrell, Richard J. Mammone, and Khaled T. Assaleh., "Speaker Recognition Using Neural Networks and Conventional Classifiers.", IEEE Transactions of Speech and Audio Processing, Vol.2, No.1, Jan, 1994.
- [6] Go, J., Han, G., Kim, H. and Lee, C., "Multigradient: a new neural network learning algorithm for pattern classification." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39, pp. 986-993, 2001.