

논문 2010-47CI-3-6

# 사례 기반 추론을 이용한 선박 USN 위험 상황 인식 시스템 구현 및 설계

## ( A Design and Implement Vessel USN Risk Context Aware System using Case Based Reasoning )

송 병 호\*, 이 성 로\*\*

( Byoung-Ho Song and Seong-Ro Lee )

### 요 약

기존의 선박 USN 관련 시스템은 선박 USN에서 획득한 데이터를 단순히 모니터링 하는 데 그치고 있으므로 해양의 특성을 고려한 지능적인 의사 결정 알고리즘을 갖는 시스템 구현이 필요하다. 본 논문에서는 사례 기반 추론 기법을 이용하여 디지털 선박의 화재, 파손에 관한 사례를 지식 베이스로 구축하고 추론하는 시스템을 설계하였다. 가장 유사한 사례 추천을 위해 KNN 알고리즘을 이용하였고 화재 상황과 파손 상황 사례 베이스를 구축하기 위하여 각 상황별로 3,000 건의 데이터를 입력 받아 실험하였다. 실험 결과 화재 사례와 파손 사례에 대한 평균 정확도는 약 82.5%, 80.1%를 나타냈고 유사도 분류 k 개수가 7인 경우에 최적의 수행 결과를 나타냈다. 또한, 추론된 결과를 이용하여 선박 모니터링 시스템을 구현하였다.

### Abstract

It is necessary to implementation of system contain intelligent decision making algorithm considering marine feature because existing vessel USN system is simply monitoring obtained data from vessel USN. In this paper, we designed inference system using case based reasoning method and implemented knowledge base that case for fire and damage of digital marine vessel. We used K-Nearest Neighbor algorithm for recommend best similar case and input 3,000 EA by case for fire and damage context case base. As a result, we obtained about 82.5% average accuracy for fire case and about 80.1% average accuracy for damage case. We implemented digital marine vessel monitoring system using inference result.

**Keywords :** Case Based Reasoning; Expert System; USN; Digital Marine Vessel; Context aware.

\* 정희원, 목포대학교 중점연구소(정보산업연구소)  
(Institute of Information Science and Engineering  
Research, Mokpo National University)

\*\* 정희원-교신저자, 목포대학교 정보전자공학과  
(Dept. of Information & Electronics, Mokpo  
National University)

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의  
지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임(3차  
년도)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대  
학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음  
(NIPA-2010-C1090-1021-0007)

접수일자: 2010년4월5일, 수정완료일: 2010년4월30일

## I. 서 론

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 지원체계가 제공되는 차세대 선박을 말한다<sup>[1]</sup>.

기존의 선박에는 유선 형태의 센서 네트워크시스템

이 구축되어 있으나 이는 구축의 복잡성, 높은 설치비용 및 유지관리비용 등의 문제점을 가지고 있다. 무선 환경에서 구축되는 USN은 무선 통신을 이용하기 때문에 설치와 유지보수가 용이하고 지그비 통신 방식을 사용함으로써 저사양, 저속, 저비용으로 네트워크 구축을 가능하게 하여 초기의 구축비용과 유지보수비용을 절감할 수 있다. 이러한 장점 때문에 디지털 선박을 위한 선박USN 관련 연구가 최근에 활발히 이루어지고 있다<sup>[2]</sup>. 그러나 디지털 선박을 위해서는 다양한 센서를 토대로한 하드웨어 장비 개발과 사용자 측면에서 손쉽게 활용할 수 있는 다양한 응용프로그램 개발이 필요한 실정이고 해양의 특성을 고려한 시스템은 부족한 상황이다. 특히, 해수와 직접적으로 접촉하는 선체는 파도와 조류 등에 의해 다양한 저항과 흔들림 운동의 영향을 받게 되는 데 이러한 특성을 고려한 선박 USN 구축 시스템은 현재 개발이 아주 미흡한 상태이고 기존의 시스템은 단순히 모니터링 하는 데 그치고 있으므로 해양의 특성을 고려한 지능적인 의사 결정 알고리즘을 갖는 시스템 구현이 필요할 것이다.

의사결정을 지원하기 위해서는 전문가 시스템, 신경망, 사례기반추론과 같은 인공지능 기술이 활용되고 있으나 기존의 방법은 해 추적 과정의 검토가 힘들고 모델 구축 과정에 전문적 지식을 요구하는 경우가 많아 과거의 경험으로부터 효과를 볼 수 있는 사례기반추론을 이용한 방법들이 연구되고 있는 추세이다.

사례기반추론은 지속적으로 발생하는 과거 경험들을 통하여 유사한 문제를 해결하는 분야에 적합하고, 복잡한 문제라도 과거에 얻은 경험 사례와 같다면 특별한 추론 없이 해결책을 얻을 수 있으며, 유사도 함수를 이용하여 가장 유사한 사례를 찾기 때문에 해결책을 구하는데 많은 시간이 요구되는 문제에 효율적이다<sup>[3~4]</sup>.

본 논문에서는 현재 사례와 가장 유사한 k개의 사례를 추천해 주는 KNN(K-Nearest Neighbor) 알고리즘을 이용한다. KNN 알고리즘은 이미 알려진 개체들을 훈련 집합의 형태로 메모리에 기억한 다음 그 중 유사한 개체를 선택하여 선택된 개체의 값에 따라 새로운 개체의 값을 예측하는 방식의 분류(classification) 알고리즘이다. KNN 알고리즘을 이용하여 개체간의 유사도(similarity)를 측정하여 가장 적절한 사례를 추천한다. 이에 본 논문에서는 사례 기반 추론 기법을 이용하여 디지털 선박의 상태를 진단하기 위해서 선박의 화재 사례, 파손 사례 베이스를 구축한다. 입력된 데이터는 사

례 베이스를 통해 가장 유사한 과거 사례를 추천해 주고 새로운 사례가 발생한다면 사례 베이스에 저장되고 진단된 결과를 토대로 선박 모니터링 시스템을 구현한다. 본 시스템은 해난 사고로 인한 인명 및 환경 피해를 막고 안전 운항에 대한 항해사의 부담을 줄일 수 있을 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. II장에서는 관련 연구 동향을 알아보고 III장에서는 입력 사례 데이터 측정 및 사례베이스 구축, IV장은 시스템 구현 결과를 보여주고 V장에서는 성능 평가에 대해서 기술한다. VI장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

## II. 관련 연구

### 1. 사례기반추론

사례기반추론은 과거의 어떤 문제를 해결하기 위해 사용했던 경험을 바탕으로 하여 주어진 새로운 문제를 해결하는 방법으로서 분류 및 예측 문제 모두에 효과적으로 적용 가능하다. 사례기반추론은 유사한 문제는 유사한 해법을 가진다는 것과 한번 발생한 문제는 자주 발생할 수 있다는 점에 기인한다. 따라서 과거에 현재의 문제와 유사한 문제가 존재하였고 그것이 어떻게 해결됐는지를 안다면, 과거의 경험을 바탕으로 현재 문제의 해결책을 추론할 수 있다는 것이다. 사례기반추론의 문제 해결방식은 인간의 문제 해결 방식과 유사하기 때문에 그 결과를 이해하기 쉽고, 새로운 사례를 단순히 저장하는 것만으로도 추가적인 작업 없이 학습이 진행된다는 장점을 가진다. 사례기반추론은 그림 1과 같이 사례 검색, 사례 재사용, 사례 수정, 사례 유지 단계를 거쳐 새로운 문제를 해결한다<sup>[5]</sup>.

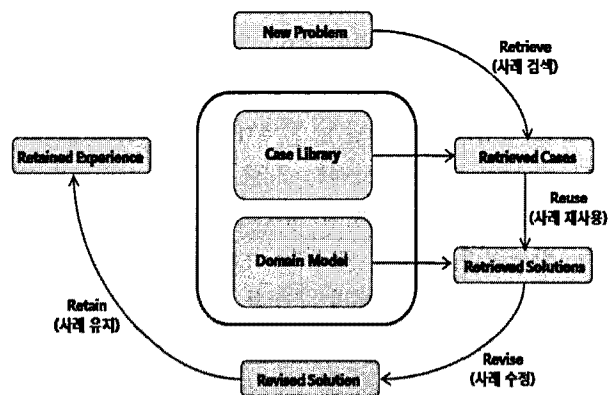


그림 1. 사례 기반 추론 과정  
Fig. 1. Case based reasoning process.

사례 검색(Retrieve) 단계에서는 해결해야 할 새로운 문제와 가장 유사한 과거 사례를 추출하고, 사례 재사용(Reuse) 단계에서는 검색을 통해 찾아진 유사 사례들의 해법을 현재 문제 해결을 위해 사용하는 것이다. 사례 수정(Revise) 단계에서는 도출된 해를 평가하고 평가결과를 바탕으로 사례를 재교정하며 사례 유지(Retain) 단계에서는 앞의 3단계를 거쳐 발생한 새로운 사례를 기존의 사례베이스에 저장한다. 사례기반추론은 적용 대상 시스템에 대한 모델링 없이도 학습 가능하기 때문에 적용 분야에 관한 사전 정보가 없는 경우에도 적용할 수 있고 출력 클래스가 이산형이거나 연속형인 경우 모두 처리할 수 있는 장점이 있다. 이처럼 다양한 분야에서 사례기반추론 모형의 활용이 증대되면서 그 성능 개선에 대한 요구 역시 점점 증가하고 있는데 사례기반추론 모형은 가장 유사한 사례를 얼마나 신속하게 추출하는가를 그 주요 성능 지표로 한다. 따라서 그 성능을 개선하기 위해서는 어떠한 방법을 통해 사례기반추론의 두 중요한 알고리즘 요소인 사례의 인덱싱(case indexing)과 사례의 추출(case retrieving)을 수행할 것인가를 결정하는 것이 매우 중요하다. 사례기반추론 시스템에 대한 선행 연구를 살펴보면 Limam et al.은 새로운 비즈니스 프로세스 재설계를 위한 사례기반 추론 기법의 사용을 제시하였다<sup>[6]</sup>. Bartlmae & Riemenschneider 는 데이터베이스에서 지식발견 프로젝트 수행 시에 얻어지는 경험 지식들을 관리하기 위한 경험 운영 시스템 접근법과 사례기반추론 기법에 기초한 지식관리 프레임 워크를 제시하였다. 실제로 사례기반추론은 최근 몇 년간 문제 해결과 학습의 도구로 많이 사용되고 있으며 다양한 분야에서 성공적인 사례기반 추론 시스템이 개발되고 있다.

2. 유사도 측정을 위한 Knn 알고리즘

사례 베이스로부터 유사도를 측정하기 위한 대표적인 검색 방법으로는 귀납적 검색과 최근접 이웃 검색이 있다. 귀납적 검색은 사례를 가장 잘 구분시켜주는 속성들을 찾아서 이 속성들을 사용하여 유사 사례를 검색하는 방법이다. 귀납적 검색은 사례의 검색 및 구성을 위해 의사결정나무 형태의 구조를 사용한다. 최근접 이웃 검색은 현재 문제의 유사 사례 검색을 위해 현재 문제를 표현하는 사례와 사례 베이스에 있는 모든 사례와의 유사도를 측정한 후 유사도가 높은 일정 개수의 사례들을 검색하여 유사 사례를 찾는 방법이다. 최근접

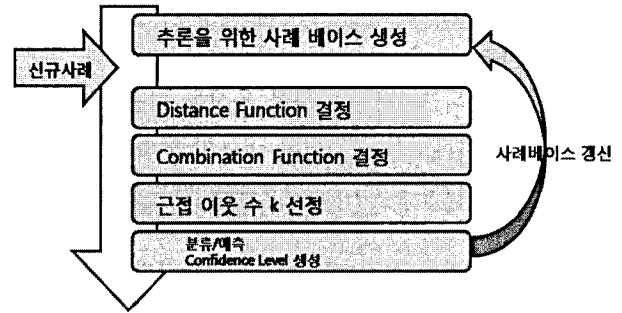


그림 2. kNN 알고리즘 수행 과정  
Fig. 2. kNN Algorithm Execute Process.

이웃 검색에서 일반적으로 가장 많이 사용되는 방법은 현재 사례와 가장 유사한 k개의 사례를 검색해 주는 KNN 알고리즘이다. 본 논문에서는 KNN 알고리즘을 사용하여 유사 사례를 검색하였다. KNN 알고리즘은 새로운 사례를 분류, 예측함에 있어 가장 가까운 하나의 사례에만 의존하는 것이 아니라 가장 가까운 K개의 사례들로부터 투표를 취하는 방법을 사용하기 때문에 예측의 정확성이 높아지게 된다. 또한, 입력 데이터로부터 모든 사례에 대하여 유사성을 계산하여 유사성이 가장 높은 사례를 선택한다. 그림 2는 KNN 알고리즘의 수행 과정을 나타낸다. KNN 알고리즘에 대한 선행 연구를 살펴보면 KNN 알고리즘은 최초로 Cover 와 Har에 의하여 각각 독립적으로 제안되었다<sup>[7]</sup>. 이후 Smith와 Medin 등에 의하여 KNN 알고리즘은 논리학적으로 그 타당성을 인정받았지만 실제 알고리즘을 위한 모델은 개발되지 않은 상태였다<sup>[8]</sup>. 이후 Aha, Kibler and Albert에 의하여 몇 개의 개체중심 학습(instance based learning) 알고리즘이 개발되었다<sup>[9]</sup>. KNN 알고리즘은 여러 분야에서 적용되고 있으며 그 성능을 검증 받고 있는 기계 학습 방법 중의 하나이다.

III. 입력 사례 측정 및 사례베이스 구축

1. 사례 베이스 사용 데이터

본 연구에 사용된 데이터는 실험을 통해 입력된 센서 데이터로써 선박에 따른 일자별 온도, 조도, 습도, 선박의 기울기, 뒤틀림 데이터로 구성되어 있다. 사례 베이스를 구축하기 위하여 화재 상황과 선체의 파손 상황을 시뮬레이션하여 각 상황별로 3,000 건의 데이터를 입력 받아 실험하였다. 사례 데이터는 관계형 데이터베이스 구조로 되어 있으며 크게 화재 상황, 파손 상황의 두 개의 테이블로 구성되어 있다. 데이터의 개체-관계도는

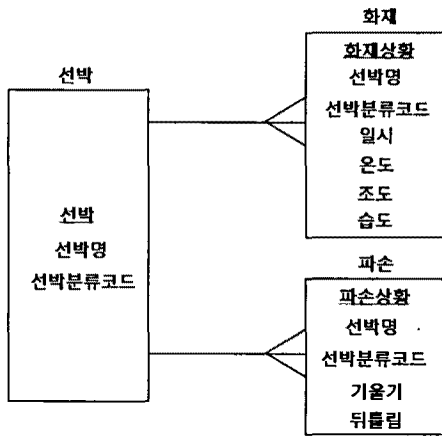


그림 3. 데이터 개체 관계도  
Fig. 3. Data Entity Relationship Diagram.

그림 3과 같다. 테이블의 구성을 살펴보면 선박 테이블은 선박의 분류를 위하여 선박의 일반적인 정보인 선박명과 선박 분류코드로 구성되어 있다. 화재상황 테이블은 데이터의 입력 시간과 온도, 조도, 습도로 구성되어 있으며 파손 상황 테이블은 데이터의 입력 시간과 선박의 기울기, 뒤틀림으로 구성되어 있다.

2. 화재 상황 입력 데이터 측정

화재 상황 데이터를 획득하기 위해 온도, 습도, 조도 센서가 통합된 센서 모듈을 사용하며 프로세서 보드는 Telos 플랫폼 계열을 사용하였으며 MSP430의 MCU와 CC2420 Radio Chip을 사용하여 측정하였다. 화재 상황이 발생했을 시 온도, 습도, 조도 값을 각각 하나의 패킷으로 만든다면 추가적인 트래픽의 발생과 데이터 전송에 따른 에너지 소모가 일어날 것이므로 하나의 패킷으로 묶어서 데이터베이스에 전송하였다. 그림 4는 화재 상황 데이터의 패킷 구성을 나타낸다. 패킷의 총 길이는 34바이트이며, 고정 헤더는 10바이트, 센서 노드 ID 및 채널은 6바이트, 버퍼 20바이트 부분으로 구성된다. 이 중에서 버퍼는 6바이트를 각각 2바이트씩 헥사값으로 습도, 온도, 조도 순으로 실제 센싱값이 들어오도록 설계하였다. 그림 5는 실험 환경에서 패킷 수신 현상을 나타낸다. 각각의 묶음은 1바이트를 나타내고 있으며, 좌측에서부터 7, 8번째 값은 통신 방식, 15, 16번

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

그림 4. 패킷 구성  
Fig. 4. Packet Configuration.

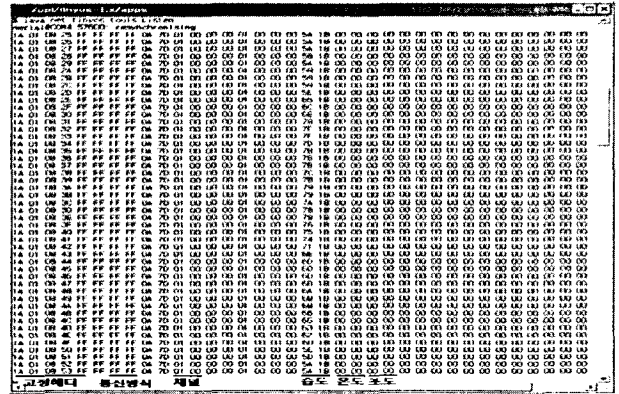


그림 5. 데이터의 구조  
Fig. 5. Structure of data.

$$\begin{aligned}
 & * \text{실제온도} = \text{실제 센싱값} * 0.01 - 40 \\
 & * \text{습도} = (t_c - 25) * (0.01 + 0.00008 * (\text{double} \text{ raw\_humi} \text{ dity}) + \text{rh\_lin}, \text{rh\_lin} \\
 & = -0.000028 * (\text{double} \text{ raw\_humidity} * (\text{double} \text{ raw\_humidity} + 0.0405 * \\
 & (\text{double} \text{ raw\_humidity} - 4);
 \end{aligned}$$

그림 6. 온도, 습도의 실제 값 변환식  
Fig. 6. Conversion Formula of Temperature and Humidity.

제 값은 채널을 알려준다. 아래 그림의 통신 형태는 'FF FF' 이므로 무선통신이며, 채널은 1번임을 알 수 있다. 17~22 번째는 습도, 온도, 조도값을 나타낸다.

입력된 데이터는 스플릿이라는 한 단계의 계산 과정을 더 거쳐 출력되고 그림 6은 온도, 습도의 실제 값 변환식을 나타낸다.

3. 파손 상황 입력 데이터 측정

해수와 직접적으로 접촉하는 선체는 파도와 조류 등에 의해 다양한 저항과 흔들림 운동의 영향을 받게 되므로 선체의 기울기와 뒤틀림 정도가 위험 수준을 넘어가면 선체의 파손에 큰 영향을 미칠 것이다. 그리고 선체의 운동은 단방향성이 아닌 전방향성을 가지고 있기에, 모든 방향에서의 흔들림을 종합적으로 고려해야 한다.

표 1. 선체의 흔들림 운동  
Table 1. Body of a ship wavering movement.

종류	내용
롤링(횡동요)	배가 폭 방향으로 좌우로 흔들리는 운동
피칭(종동요)	배의 선수가 선미가 변갈아 가며 상하로 올라갔다 내려갔다 하는 운동
히빙(상하요)	배 전체가 위로 솟구쳐 올라갔다 다시 떨어지는 것 (배 전체가 아래, 위 운동)
스웨이(좌우요)	배 전체가 옆으로 미끄러지듯이 좌우로 왔다 갔다 하는 운동
싸징(전후요)	배 전체가 앞으로 왔다 갔다 하는 운동
요잉(선수요)	배의 선수가 좌우로 도는 운동

표 1은 선체의 흔들림 운동에 대한 설명이다.

위와 같이 선박 환경의 특수사항인 선체저항과 흔들림 운동을 고려하여 선체에 가해지는 외력에 의한 뒤틀림 및 바람과 조류에 의한 선박의 흔들림을 측정해야 함을 알 수 있다.

가. 선박의 기울기 측정

본 논문에서는 3축 가속도 센서인 withrobot사의 myAccel3LV02 보드를 이용하여 선체의 기울기를 측정하였다. myAccel3LV02 보드는 한 개의 센서 보드에서 3축 가속도를 측정하고 측정 범위는 -40도에서 +85도 까지이며 12비트 ADC를 내장하여 디지털 값을 출력한다. 센서로부터 전송된 데이터는 x, y, z 세 방향의 좌표를 나타내는 데이터이다. 식 1과 같이 atan 함수를

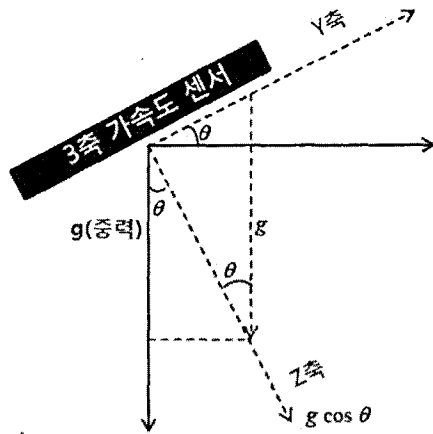


그림 7. 가속도 센서  
Fig. 7. Acceleration Sensor.

```

1 Acc = load('Accel.txt');
2
3 ts = 0.01;
4 EncAngle = Acc(:,1)*360/2000;
5 AccY = Acc(:,3);
6 AccZ = Acc(:,4);
7 [N, ts0] = size(EncAngle);
8 t = 0:ts:(N-1);
9
10 AccAngle = -atan(AccY./AccZ)+180/90;
11
12 figure
13 plot(t, EncAngle)
14 grid on
15 hold on
16 xlabel('second');
17 ylabel('degree');
18 plot(t, AccAngle, 'r')
19 legend('Encoder', 'Accelerometer');
20 hold off
    
```

그림 8. 가속도 변환 소스 코드  
Fig. 8. Acceleration conversion source code.

이용해서 선체의 기울어진 각도를 측정한다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{z}\right) \quad (1)$$

여기서, y는 가속도 센서의 y 출력 값이고 z는 가속도 센서의 z 출력 값이다. 그림 8은 가속도 변환 소스 코드이다.

나. 선박의 뒤틀림 측정

선박 환경의 특수사항인 선체저항과 흔들림 운동을 고려하여 선체에 가해지는 외력에 의한 뒤틀림을 측정하기 위하여 스트레인 게이지 센서를 이용하여 선체의 좌우 뒤틀림에 대한 변형율을 측정하였다. 스트레인 게이지는 측정하는 대상의 변형을 직접 측정할 수 있으며, 이를 전기적인 신호로 바꾸어 우리가 얻고자 하는

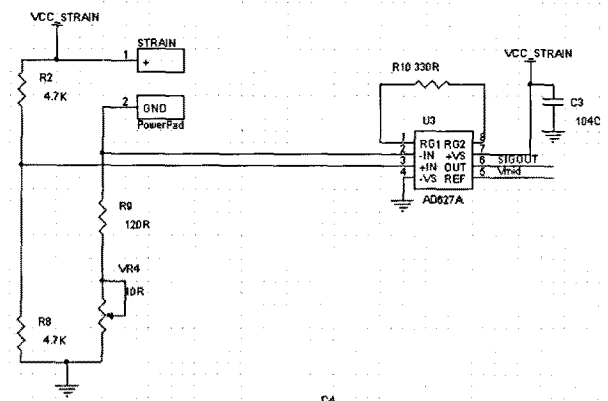


그림 9. 스트레인 게이지 센서 구성  
Fig. 9. Composition of strain gauge sensor.

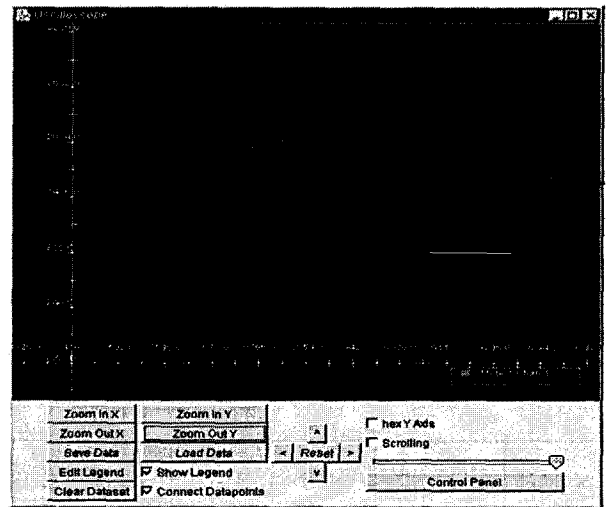


그림 10. 뒤틀림 실험 결과  
Fig. 10. Result of warping.

변형율을 측정할 수 있다. 변형의 방향에 따라 얻은 전압 신호를 A/D 변환기를 통해서 오실리코프상에 저장하고 후처리하였다. 그림 9를 보면 게이지 센서로부터 수신한 데이터는 AD627을 통해 SIGOUT으로 빠져 나간다. SIGOUT은 신호가 매우 약하므로 2번의 증폭회로를 거치게 되고 증폭회로를 거친 데이터는 컨트롤러의 ADC채널로 입력된다.

그림 10은 A/D 변환기를 통해서 오실리코프상에 저장된 선박의 뒤틀림 정도를 나타낸다. 빨간 선을 기준으로 왼쪽으로 휘었을 때에 위로 올라가고, 오른쪽으로 휘었을 때에 아래로 내려가게 된다.

4. 유사도 측정

입력 데이터로부터 모든 사례에 대하여 유사성을 계산하여 유사성이 가장 높은 사례를 선택하기 위하여 사례간의 유사도를 계산하는 방법은 다음과 같다. 새로운 입력 사례  $N$  과 사례 베이스에 있는 사례  $O$  간의 총 유사도  $S(N, O)$ 는 식 (1)과 같이 속성  $i$  별로 유사도 점수인  $f(N_i, O_i)$ 를 구하고, 각 속성의 가중치를 곱한 후 이를 총합하여 계산한다.

$$S(N, O) = \frac{\sum_{i=1}^n f(N_i, O_i) \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

여기에서,  $n$ 은 속성의 개수,  $f(N_i, O_i)$  는 사례  $N$  과  $O$  의  $i$  속성 간의 유사도 점수,  $W_i$  는  $i$  속성의 가중치를 의미한다. 사례간의 유사도는 식 (1)에 의하여 0에서 1사이의 실수 값으로 표현되는데, 0에 가까울수록 두 사례의 유사성이 낮다는 것을 의미하고, 1에 가까울수록 유사성이 높다는 것을 의미한다. 즉, 사례를 검색할 때 유사성이 1에 가장 가까운 사례를 추천한다. 속성 간의 유사도 점수인  $f(N_i, O_i)$  는 속성의 유형(수치형, 범주형)에 따라 달라지는 데 본 논문에서는 입력 데이터가 모두 수치형이기 때문에 유사도 점수는 식 (3)과 같이 계산한다.

$$f(N_i, O_i) = 1 - \frac{a_i - b_i}{\max_i} \quad (3)$$

여기에서  $a_i$  는  $N_i$  값,  $b_i$  는  $O_i$  값,  $\max_i$  는 사례 베이스에 있는  $i$ 번째 속성 값 중 최대값을 의미한다.

일반적으로, 사례기반추론 시스템의 성능은 해를 생성하기 위해 참조되는 최근접 이웃의 수  $k$ 와 유사도 산출에 사용되는 속성들의 가중치로부터 많은 영향을 받게 된다<sup>[10]</sup>. 본 논문에서는 최근접 이웃의 수  $k$ 를 증가시키면서 실험을 수행함으로써 시스템을 최적화 하고자 한다. 또한, 사례에서 가장 영향을 미치는 속성에 대해서 가중치를 부여해야 하는데 본 실험에서 각 데이터의 속성은 수치형 데이터로써 각각의 속성은 화재 상황과 파손 상황에 미치는 영향이 비슷하여 속성의 가중치는 동일하게 '1'로 주었다. 사례 베이스에 있는 모든 사례에 대하여 총 유사도를 구한 다음 총 유사도가 가장 큰 사례부터 내림차순으로 정렬하여 우선순위 별로 모니터링 시스템에 전송한다.

IV. 시스템 구현 결과

본 논문에서는 사례 기반 추론을 이용하여 디지털 선박의 상태를 진단하기 위해서 선박의 화재 상황 사례, 파손 상황 사례 베이스를 구축하였다. 화재 상황을 추론하기 위해서 온도, 조도, 습도 데이터를 이용하고 파손 상황은 가속도 센서와 스트레인 게이지 센서를 이용한다. 입력 데이터는 디지털 선박에 설치된 센서로부터 입력받아 처리한다. 센싱된 데이터는 구축된 사례 베이스에서 가장 유사한 과거 사례를 추론하여 진단하고 진단된 결과는 모니터링 시스템으로 전송된다. 그림 11은 제안된 시스템의 구성도이다.

본 논문에서는 델파이를 이용하여 모니터링 시스템을 구현하였으며 표 2는 시스템 구현 환경을 나타낸다.

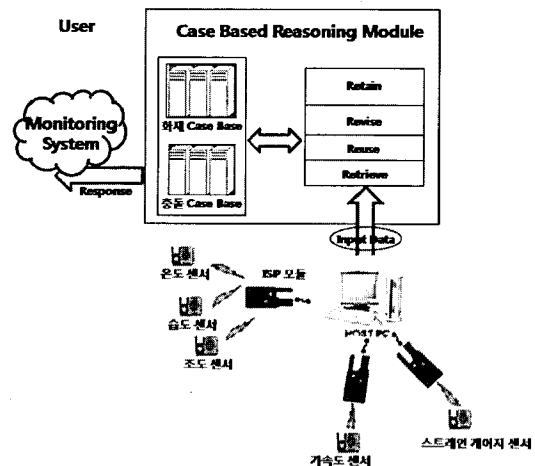


그림 11. 시스템 구성도  
Fig. 11. System block diagram.

표 2. 시스템 구현 환경

Table 2. System implement environment.

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

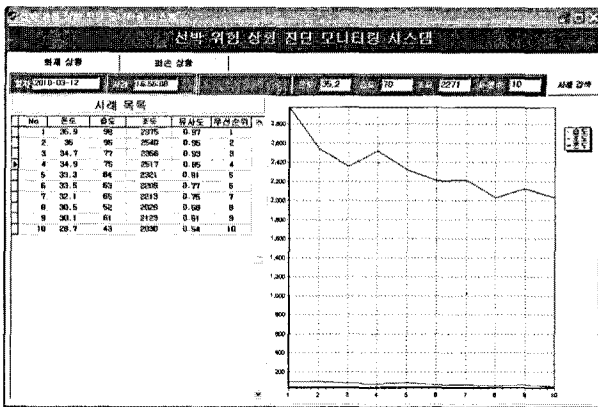


그림 12. 모니터링 시스템 구현 결과

Fig. 12. Result of Monitoring System implementation.

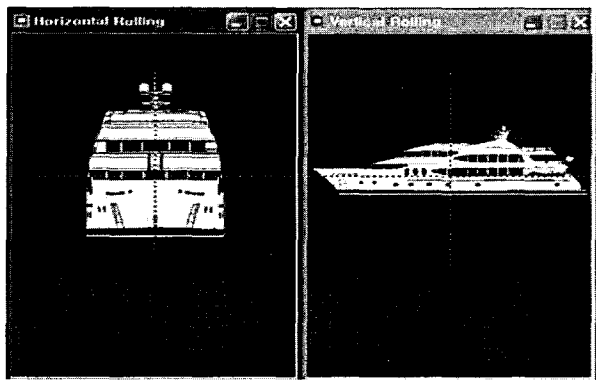


그림 13. 기울기 구현 결과

Fig. 13. Implementation result of vessel slope.

구현된 선박 모니터링 시스템은 일자별, 상황별 판단 결과와 수치 데이터, 그래프를 모니터링 할 수 있다. 카운터에 나와 있는 숫자는 매분마다 데이터베이스에 새로운 데이터가 추가 되었는가를 확인하고 새롭게 센싱된 데이터가 있다면 시스템에서 판단할 수 있도록 매분 단위로 체크한다. 또한 유사 사례 k 개의 개수를 조절하여 검색되는 결과를 확인할 수 있다. 그림 12는 모니터링 시스템의 구현 결과이다.

그림 13은 가속도 센서를 이용하여 선박의 기울기를 측정된 화면이고 측정된 기울기만큼 선박의 이미지를 회전시켜 모니터링 한다.

## V. 성능 평가

본 논문에서는 사례 베이스 구축 및 입력 데이터를 측정하기 위해서 5개의 무선 센서를 배치하여 디지털 선박의 위험 상황을 인식하는 실험을 진행하였다. 사례 베이스를 구축하기 위하여 화재 상황과 선체의 파손 상황을 시뮬레이션하여 각 상황별로 3,000 건의 데이터를 입력 받아 실험하였다. 실험 결과에 대해 학습 데이터로부터의 영향을 최소화하고 신뢰성을 확보하기 위해 10-Fold 교차검증을 수행하였다. 실험 데이터는 사례 베이스 구축용 데이터와 검증용 데이터로 구분되며 각각 7:3의 비율로 사용하였다. 각 데이터의 속성은 수치형 데이터로써 화재 상황에 온도, 조도, 습도 데이터가 미치는 영향이 거의 비슷하고 파손 상황에 선박의 기울기와 뒤틀림 값이 미치는 영향이 비슷하여 속성의 가중치는 동일하게 '1'로 부여 하였고 사례베이스를 만든 후에 Leave-One-Out의 방식으로 시스템을 최적화 하였다. 표 3은 실험을 통해 얻은 검증용 데이터의 사례별 정확도(단위 :%) 결과이다. 화재 사례와 파손 사례에 대한 평균 정확도는 각각 82.5%, 80.1%로 나타났다.

또한 최적의 사례기반추론 시스템을 구축하기 위해서 유사도 분류 k 개수를 조정해 가면서 실험을 수행하였고 표 4는 k 개수에 따른 평균 정확도(%)에 대한 실험 결과이다. 실험 결과 k의 개수가 아주 낮거나 높은

표 3. 검증용 데이터 성능 평가

Table 3. Performance evaluation of data.

Fold 번호	화재 사례	파손 사례
1	83.2	81.3
2	78.6	80.4
3	79.3	76.3
4	78.2	76.9
5	85.4	78.2
6	87.3	81.5
7	82.7	83.8
8	84.1	81.2
9	82.5	80.7
10	83.6	80.1

표 4. k 개수에 따른 정확도

Table 4. Accuracy by number of k.

k 개수	화재 사례	파손 사례
1	78.7	76.3
3	80.3	80.4
5	82.7	81.3
7	83.1	82.9
9	79.8	79.1

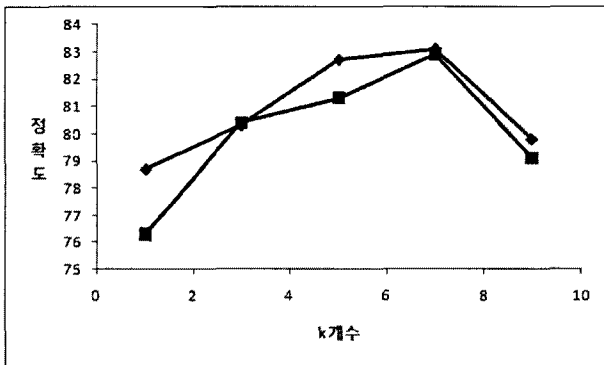


그림 14. k 개수에 따른 정확도 변화

Fig. 14. Accuracy change by number of k.

경우에는 정확도가 상대적으로 감소함을 알 수 있다.

그림 14는 k 개수에 따른 정확도의 변화를 나타내고 k 개수가 7인 경우에 정확도가 가장 높음을 알 수 있다.

본 논문에서 사례기반 추론 기법에 신경망으로 학습시킨 결과 기존의 규칙 기반 상황 인식 시스템에 비해 구현이 쉽고 높은 정확도를 보이는 것으로 나타났고 선박 운항자의 의사 결정을 지원함으로써 위험 상황에 효과적인 대처가 가능할 것이다.

## VI. 결 론

기존의 선박 USN 관련 시스템은 선박 USN에서 획득한 데이터를 단순히 모니터링 하는 데 그치고 있으므로 해양의 특성을 고려한 지능적인 의사 결정 알고리즘을 갖는 시스템 구현이 필요하다. 본 논문에서는 사례기반 추론 기법을 이용하여 디지털 선박의 화재, 파손에 관한 사례를 지식 베이스로 구축하고 추론하는 시스템을 설계하였다. 사례 베이스를 구축하기 위하여 각 상황별로 3,000 건의 데이터를 입력 받아 10-Fold 교차검증을 수행한 결과 각 사례에 대한 평균 정확도는 82.5%, 80.1%를 보였다. 또한 최적의 사례기반추론 시스템을 구축하기 위해서 유사도 분류 k 개수를 조정해 가면서 실험을 수행한 결과 k 개수가 아주 낮거나 높은 경우에 정확도가 감소함을 알 수 있었다. 실험을 통해 선박 USN의 사례기반 시스템은 선박 운항자의 의사 결정을 지원함으로써 위험 상황에 효과적인 대처가 가능할 것임을 알 수 있다. 향후에는 해양 특성을 고려하여 입력 데이터의 잡음을 제거하는 방법과 보다 많은 다양한 상황에 대해서 진단할 수 있는 방법에 대해서 연구하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김재양, 정선태, 임준석, 박종원, 홍기용, 임용근, “디지털 선박을 위한 선박 통합화 네트워크 설계 및 구현”, 한국해양정보통신학회논문지, 제9권, 제6호, pp. 1202-1210, 2005.10.
- [2] 박계각, “선박 자동화 및 해양안전정보 시스템 현황과 전망”, 대한전자공학회지, 제 34권, 제11호, pp.46-60, 2007.
- [3] G. Morcou, H. Rivard, A. M. Hanna, “Case-Based Reasoning System for Modeling Infrastructure Deterioration”, Journal of Computing in Civil Engineering, vol. 16, No. 2, pp 104-114, 2002.
- [4] Gavin Finnie, Zhaohao Sun, “Similarity and metrics in case-based reasoning”, International Journal of Intelligent System, vol. 17, pp 273-287, 2002.
- [5] Aarnodt, A. and E. Plaza, “Case-Based Reasoning : Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches,” Artificial Intelligence Communications, Vol. 4, No.3, pp. 39-59, 1996.
- [6] Limam. S., Marir. F., & Reijers. A., “Case-based reasoning as a technique for knowledge management in business process redesign.”, Electronic Journal on Knowledge Management, vol 1. No. 2, pp 124-133, 2003.
- [7] T. M. Cover and P. E. Hart, “Nearest Neighbor Pattern Classification,” IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 13, 1967.
- [8] E. E. Smith and D. L. Medin, “Categories and Concepts,” Cambridge, MA: Harvard University Press, 1981.
- [9] D. Aha, D. Kibler and M. Albert, “Instance-based Learning Algorithms,” Machine Learning, 6(1) pp.37-66, 1991.
- [10] 이희성, 김은태, 김동연, “KNN 규칙과 새로운 특징 가중치 알고리즘을 결합한 패턴 인식 시스템”, 전자공학회논문지, 제 42권, CI편 제4호, pp.43-50, 2005.7.



## 저 자 소 개



송 병 호(정회원)  
 1998년 조선대학교 전산통계  
 학사 졸업.  
 2000년 조선대학교 전산통계  
 석사 졸업.  
 2008년 조선대학교 전산통계  
 박사 졸업.

2008년~2009년 Murdoch University Post.Doc.

2009년~현재 목포대학교 정보산업연구소  
 연구전임교원.

<주관심분야 : 인공지능, USN, 신호처리>



이 성 로(정회원)  
 1987년 고려대학교 전자공학  
 학사 졸업.  
 1990년 한국과학기술원 전기및  
 전자공학 석사 졸업.  
 1990년 한국과학기술원 전기및  
 전자공학 박사 졸업.

2005년~현재 목포대학교 정보전자공학과 교수

2010년~현재 대한전자공학회 광주전남 지부장

<주관심분야 : 디지털통신, 위성통신, 해양텔레매  
 텍스, 인공지능, USN>