

시계열 분석 기반 신뢰구간 추정을 통한 효율적인 이상감지

김 영 주*, 허 유 경*, 박 진 관**, 정 민 아^o

Efficient Anomaly Detection Through Confidence Interval Estimation Based on Time Series Analysis

Yeong-Ju Kim*, You-Kyung Heo*, Jin-gwan Park**, Min-A Jeong^o

요 약

본 논문은 센서 데이터의 이상을 감지하기 위하여 실시간 신뢰구간을 추정하였다. 실시간 신뢰구간 추정은 시계열분석 방법인 지수평활법과 이동평균법의 평균제곱오차를 비교하여 오차가 적은 이동평균법을 적용하였다. 이와 같이 추정된 신뢰구간을 측정된 센서 데이터가 이탈하게 되면 이상감지 경보를 통해 관리자에게 알려준다. 제안한 방법은 선박 내부의 실시간 이상감지를 위한 것으로 무선센서네트워크(WSN)와 사용자의 접근성을 높이기 위해 안드로이드 단말기를 사용하였다. 관리자는 실시간 신뢰구간에 따른 이상감지 정보를 활용하여 선박 내부에서 발생한 위급한 상황에서 신속하고 정확하게 의사결정을 함으로써 안전운항을 할 수 있다.

Key Words : nautical safety, time series analysis, moving average method, exponential smoothing

ABSTRACT

In this paper, we suggest a method of realtime confidence interval estimation to detect abnormal states of sensor data. For realtime confidence interval estimation, the mean square errors of the exponential smoothing method and moving average method, two of the time series analysis method, were compared, and the moving average method with less errors was applied. When the sensor data passes the bounds of the confidence interval estimation, the administrator is notified through alarming. As the suggested method is for realtime anomaly detection in a ship, an Android terminal was adopted for better communication between the wireless sensor network and users. For safe navigation, an administrator can make decisions promptly and accurately upon emergency situation in a ship by referring to the anomaly detection information through realtime confidence interval estimation.

※ 본 연구는 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0401-14-1009) 및 2013 학년도 목포대학교 교내연구비 지원의 연구결과로 수행되었음

♦ First Author : Mokpo National University Dept. of Computer Engineering, xfile7@mokpo.ac.kr, 학생회원

^o Corresponding Author : Mokpo National University Dept. of Computer Engineering, majung@mokpo.ac.kr, 정회원

* Mokpo National University Department of Computer Engineering, hykelitelady@naver.com

** Mokpo National University Department of Computer Engineering, chrjspj@mokpo.ac.kr, 학생회원

논문번호 : KICS2014-05-178, Received May 8, 2014; Revised August 7, 2014; Accepted August 7, 2014

I. 서 론

선박의 안전운항 서비스 기술은 선박 주변의 상황을 분석하여 선박이 안전하게 항로를 계획하도록 직접적으로 지원하는 분야와 선박 운항과 관련된 장비 또는 장치의 상태를 점검하여 운항에 지장이 없도록 사전에 경고하여 조치할 수 있는 분야로 나누어 볼 수 있다. 선박의 안전한 운항을 지원하기 위한 서비스 개발은 이미 오래전부터 추진되어 왔지만, 선박 분야에 IT기술이 접목되면서 본격적으로 개발되고 있는 추세이다.^[1]

본 논문은 이러한 선박의 안전운항을 위하여 선박 내부에 무선센서들을 설치하여 무선센서네트워크(WSN:Wireless Sensor Network) 환경을 구축하고 안드로이드 단말기를 통해 실시간으로 선박 내부의 이상감지를 관리자에게 알려주어 선박의 상태를 인지하여 선박 운항에 지장이 없도록 사전에 경고하여 조치하기 위함이다.

이상감지를 위한 실험으로 첫 번째, WSN에서 수집된 센서데이터(온도, 조도, 습도, 소음)가 저장된 PC를 웹서버로 구성하고 안드로이드 단말기가 웹서버로 접속하여 데이터를 가져온다. 두 번째, 서버PC에서 불러온 데이터로 선박 내 실시간 이상감지를 위한 신뢰구간을 추정한다. 셋째, 신뢰구간 추정은 시계열분석 방법인 지수평활법과 이동평균법을 비교 평가하였고 평균제곱오차가 적은 이동평균법과 오차를 적용하여 현재 수집되는 센서데이터의 신뢰구간을 실시간으로 추정한다. 넷째, 선박 내에서 측정된 데이터가 추정된 신뢰구간을 이탈하게 되면 이상 징후 발생으로 인식하여 알림창과 함께 경보음을 울려 관리자에게 알려준다. 마지막으로 관리자는 이러한 이상감지 정보를 활용하여 선박 내부에서 발생한 위급한 상황에서 신속하고 정확한 의사결정을 하는데 도움을 받음으로써 안전운항을 할 수 있다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 관련 연구에 대해 설명하고, 3장에서는 시계열 분석을 적용한 이상감지에 대해 설명한다. 마지막으로 4장은 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 관련연구

2.1 시계열분석

시계열예측법이란 일정한 시간적 간격으로 나열된 과거의 자료에 나타난 수요의 패턴이 미래의 시간 간격에도 연속하여 적용된다는 가정에서 수요를 예측하

는 기법이다. 이러한 시계열은 수년간의 과거 자료가 있으며 그 자료 속에는 추세가 분명하며 비교적 안정적인 때 적합한 방법이다. 이 시계열 자료는 시점과 양이 짝지어진 자료이다. 여기서 시점은 독립변수가 되며 과적의 양은 종속변수가 된다. 이 예측기법은 환경조건이나 수량에 큰 변동이 있을 때 정확한 예측이 어렵기 때문에 단기나 중기 예측에 적합하다.^[2,3] 따라서, 시계열 예측은 예측될 변수 자체의 과거 자료에서 어떠한 패턴을 발견하여 미래에도 그러한 패턴이 특성을 잃지 않고 반복될 것이라는 가정 하에 모형을 확립하여 예측하는 방법이다.^[4]

본 논문은 무선센서네트워크에서 수집되는 센서 데이터가 시간의 흐름에 따라 일정한 간격으로 수집되는 시계열이므로 시계열분석 방법의 여러 가지 예측 방법 중에서 최근 데이터에 가중치를 부여하는 지수평활법과 시계열 구간마다 평균을 구하며 이동하는 이동평균법을 적용하여 센서데이터들의 예측값을 산출하고, 산출된 예측값과 오차를 이용하여 실시간으로 신뢰구간을 추정한다.

2.1.1 지수평활법

지수평활법(exponential smoothing method)은 예측값을 계산하기 위하여 기간에 부여하는 가중치가 과거로 거슬러 올라갈수록 지수함수적으로 감소한다. 그러므로 지수평활법에서는 가장 가까운 과거에 가장 큰 가중치를 부여하는 것으로 모형의 정확성이 높고, 모형의 설정이 쉽고, 모형을 쉽게 이해할 수 있고, 필요한 계산이 많지 않고, 모형의 정확성을 시험하기 쉽다. 또한 컴퓨터 기억장소를 많이 요구하지 않는다. 이러한 이유로 시계열분석 방법 중에서 단기예측을 실시하는 데에 가장 많이 이용된다.^[5]

지수평활법을 사용한 예측값은 아래 식 (1)과 같다.

$$F_t = (1 - \alpha)F_{t-1} + \alpha D_{t-1}$$

F_t :기간t의예측값
 F_{t-1} :기간(t-1)의예측값
 D_{t-1} :기간(t-1)의실제값
 α :지수평활계수(0< α <1)

2.1.2 이동평균법

이동평균법은 시계열 예측 기법 중 가장 쉽게 적용될 수 있는 방법으로 시계열 자료에 추세, 순환 변동, 계절적 변동이나 급격한 변화가 없고 우연변동만 존재하는 경우의 예측에 유용하게 적용될 수 있다. 또한 이동평균법은 시계열 변동 요인이 존재하는 경우에는

추세나 계절지수를 산정하는 데도 이용된다. 과거의 시계열 자료가 특정 추세 패턴을 나타낼 때 이동평균법에 의한 예측은 정확도가 떨어질수 있지만 일반적으로 단순하고 응용하기 쉬워 관광수요, 어획량예측 등 비교적 소규모의 수요나 실적 예측에 이용되고 있다.^[6]

이동평균법을 사용한 예측값은 아래 식(2)와 같다. N은 일정 기간을 의미하고, 기간은 시계열 측정 단위의 수량으로 결정할 수 있다. $X_{t,i}$ 는 수집된 시계열 데이터에서 t-i 시점의 관측치이다.

$$MA = \frac{x_{t-(n-1)} + x_{t-(n-2)} + x_{t-(n-3)} + \dots + x_{t-(i+1)} + x_{t-1}}{n} + \frac{x_{t-(i-1)} + x_{t-(i-2)} + \dots + x_{t-(n-n-1)} + x_{t-(n-n)}}{n} \quad (2)$$

여기서, 이동평균기간 N은 이동평균대상기간수에 따라 3기간, 4기간, 5기간 등으로 나눌 수 있고 관측기간 내에서의 예측오차의 평균제곱오차를 최소로 하는 N으로 결정한다. 본 논문에서는 이동평균기간 N은 3초, 4초, 5초, 6초로 실험하였고 기간이 5초일때 평균제곱오차가 최소로 나왔다.

2.1.3 평균제곱오차

평균제곱오차(mean squared errors;MSE)는 예측오차를 제공하는 것으로 정확한 예측을 가능하게 하기 위해서는 오차의 크기를 측정하는 것이 중요하며 오차의 크기는 작을수록 현실과 부합된다.^[7]

평균제곱오차는 아래 식 (3)과 같다.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t)^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (3)$$

여기서, t는 시간, y_t 는 실측값, \hat{y}_t 의 예측값은 \hat{y}_t 이다. 또한, 아래 식 (4)는 예측값 \hat{y}_t 와 실제값 y_t 의 차이, 즉 예측오차 e_t 를 나타낸 식이다.

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \quad (4)$$

2.2 이상감지 연구

무선 센서 네트워크 또는 임베디드 시스템에서 이상치, 결함, 노이즈라 명명하는 센서값을 탐지하는 방

법은 여러 가지 방법으로 선행 연구 되었다.

Buonadonna 등은 센서 네트워크의 환경을 구축할 때 센서 배치를 위한 디자인과 최종 사용자의 편의성을 위한 요소들까지 고려하였다. 이 연구에서는 송신 센서와 수신 센서의 거리에 따른 데이터 전송 성공률을 측정하였으며, 실험에서 전송률이 가장 나쁜 센서는 22%의 성공률을 나타냈고, 전송률이 가장 좋은 센서는 75%의 성공률을 나타냈다. 센서 네트워크는 센서장비, 환경, 시스템 등의 다양한 요인으로 인해 결측치와 이상치가 발생하여 양질의 센서 신호 정보를 획득하기가 매우 어렵다.^[8]

Werner-Allen 등은 센서 네트워크는 비정상적인 값을 발생하는 경우가 높기 때문에 정확한 데이터를 필요로 하는 과학 도구로 사용하기 위해서는 데이터 정제 과정이 필요하다고 주장하였다.^[9]

센서네트워크에서 발생할 수 있는 결함이나 탐지에 사용되는 특징들은 환경요소, 시스템요소, 데이터요소로 나눌 수 있다. 환경요소는 센서가 존재하는 위치 및 주변 환경 요인을 나타내고, 시스템요소는 센서의 하드웨어적 특징과 센서 네트워크 시스템 등을 나타낸다. 데이터 요소는 센서로부터 측정된 값을 나타낸다.^[10]

Elnahrawy 등은 센서네트워크에서 발생하는 두 가지 주요 오류는 기계적 오류와 센서 신호에서 발생하는 랜덤 노이즈인데, 이 중 랜덤 노이즈에 초점을 맞추어 센서 데이터를 정제하기 위해 베이저안 접근법을 사용하여 노이즈 데이터의 불확실성을 줄였다.^[11]

Jeffery 등은 센서 신호의 정제를 위한 ESP (extensible sensor stream processing)라는 프레임워크를 제안하였다. ESP는 센서값의 범위, 시간 구간 측정치, 근접 공간의 센서 측정치들을 이용하여 데이터를 정제한다. 센서값의 범위는 현실적으로 발생 가능한 측정치의 범위이다. 이 범위를 넘는 측정치는 비정상 관측치로 판단한다. 시간 구간 측정치는 결측된 값을 채우기 위해 사용하는 것으로 일정 시간동안 센서에 의해 측정된 값을 채우기 위해 사용하는 것으로 일정 시간동안 센서에 의해 측정된 값들의 평균을 이용하여 결측치를 대신한다. 근접공간의 센서 측정치는 신뢰할 수 없는 신호를 판단하는 데 사용하는 것이다. ESP는 근접한 센서들을 그룹으로 지정하여 측정치들의 평균과 편차를 계산한다.[12] 이와 같은, 선행 연구는 높은 계산량과 선행 과정 필요하고 비용증가 등의 단점이 있다.

III. 시계열 분석을 적용한 이상감지

3.1 센서데이터 정제

센서데이터는 시계열데이터이므로 이를 반영한 예측 방법으로 시계열 분석을 실시하였다. 아래 그래프에 나타난 시계열데이터(온도, 습도, 조도, 소음)는 1개월 기간 동안 총3개의 센서가 1초에 한 개씩 데이터를 ServerPC로 보내어 수집된 것으로, 수집하는 동안 센서의 고장이나 건전지 소모와 ServerPC의 전원차단 그리고 기타 이유로 생성된 결측치와 이상치를 삭제하고 정제된 330개를 나타내었다.

보통 시계열 데이터는 수준, 추세, 계절변동, 잡음의 요소로 설명할 수 있다. 수준은 시계열의 평균값을 나타내며, 추세는 한 시점에서 다음 시점에서의 전반적인 패턴변화를 나타낸다. 계절변동은 짧은 기간 동안의 주기적인 패턴을 의미하며, 마지막으로 잡음은 무작위적인 변동으로 알 수 없는 이유로부터 발생한다. 시계열 데이터의 요소들을 살펴보기 위해 가장 쉽게 시도해 볼 수 있는 것은 시간 그래프를 그려보는 것이다.^[13] 표 1은 정제된 330개의 온도, 조도 습도 소

음의 시계열 그래프로 불규칙변동을 나타낸다. 불규칙변동은 평균수준이 시간대에 상관없이 거의 변하지 않는 수평적 계열을 나타내는 것으로 시계열 분석 방법 중에 이동평균법이나 지수평활법을 사용하여 불규칙변동을 평활시켜 시계열의 미래값을 예측할 수 있다.^[14]

3.2 실시간 신뢰구간 추정

3.2.1 신뢰구간

그림 1에서와 같이 선박 내 이상감지를 위한 실시간 신뢰구간은 Max와 Min 사이로 정한다. Max는 이동평균법(5초)으로 예측한 예측값(A)와 예측값과 실측값(B)의 절대오차(E=|A-B|)를 합한 값이고, Min은 이동평균법(5초)으로 예측한 예측값(A)와 예측값과 실측값(B)의 절대오차(E=|A-B|)를 뺀 값이다.

여기서, 제안한 신뢰구간의 수학적 배경은 다음과 같다.

1. 절대오차는 오차를 포함하고 있는 양과 같은 단위량으로 표현된 오차의 크기이다.

2. 참값의 범위

$$(\text{근사값}) - (\text{오차의한계}) \leq (\text{참값}) < (\text{근사값}) + (\text{오차의한계})$$

위 2번에서 참값이 신뢰구간이 되고 근사값이 예측값(A)이고 오차의 한계는 본 실험에서는 절대오차E를 오차의 한계로 대체한다.

신뢰구간 수식은 아래 식(5)와 식(6)과 같다.

$$\text{신뢰구간} = [\text{Min}, \text{Max}]$$

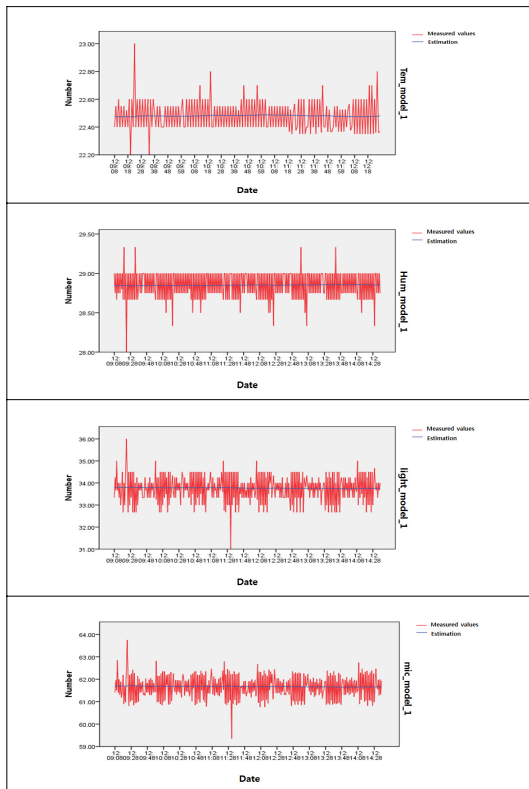
Max =

$$\begin{aligned} & x_{t-(n-1)} + x_{t-(n-2)} + x_{t-(n-3)} + \dots + x_{t-(i+1)} + x_{t-1} \\ & + \frac{x_{t-(i-1)} + x_{t-(i-2)} + \dots + x_{t-(n-n-1)} + x_{t-(n-n)}}{n} + \\ & \left| \frac{x_{t-(n-1)} + x_{t-(n-2)} + x_{t-(n-3)} + \dots + x_{t-(i+1)} + x_{t-1}}{n} \right. \\ & \left. + \frac{x_{t-(i-1)} + x_{t-(i-2)} + \dots + x_{t-(n-n-1)} + x_{t-(n-n)}}{n} - x_t \right| \end{aligned} \quad (5)$$

Min =

$$\begin{aligned} & x_{t-(n-1)} + x_{t-(n-2)} + x_{t-(n-3)} + \dots + x_{t-(i+1)} + x_{t-1} \\ & + \frac{x_{t-(i-1)} + x_{t-(i-2)} + \dots + x_{t-(n-n-1)} + x_{t-(n-n)}}{n} - \\ & \left| \frac{x_{t-(n-1)} + x_{t-(n-2)} + x_{t-(n-3)} + \dots + x_{t-(i+1)} + x_{t-1}}{n} \right. \\ & \left. + \frac{x_{t-(i-1)} + x_{t-(i-2)} + \dots + x_{t-(n-n-1)} + x_{t-(n-n)}}{n} - x_t \right| \end{aligned} \quad (6)$$

표 1. 선박 내 센서데이터의 시계열
Table 1. Ship-inside sensor data of time series



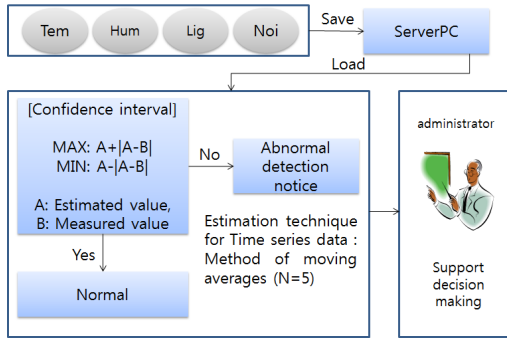


그림 1. 실시간 신뢰구간 추정
Fig. 1. Real-time Confidence interval estimation

다음은 본 연구에서 추정한 신뢰구간의 예측값 결정을 위한 실험으로 지수평활법과 이동평균법(3초, 4초, 5초, 6초)의 예측값을 비교 평가한 실험이다. 분석결과와 정확도는 평균제곱오차에 의하여 결정되며 오차가 적을수록 정확도가 높아지게 된다.

3.2.2 이동평균법에 의한 예측

아래 표 2 는 이동평균기간 N(단위: 초)을 3, 4, 5, 6으로 실험하였고, 기간5에서 평균제곱오차가 가장 적게 나왔다. 또한, 기간3에서 기간5로 갈수록 점점 평균제곱오차가 적어졌으나 기간6은 다시 평균제곱오차가 커지는 것을 알 수 있다.

표 2. 이동평균법의 평균제곱오차
Table 2. Mean square error by each technique

Exponential smoothing method Period	Mean Square Error(MSE)			
	Temperature	Humid	Light	Noise
3 Period	0.018	0.045	0.057	0.42
4 Period	0.012	0.030	0.037	0.28
5 Period	0.009	0.023	0.029	0.22
6 Period	0.012	0.030	0.036	0.28

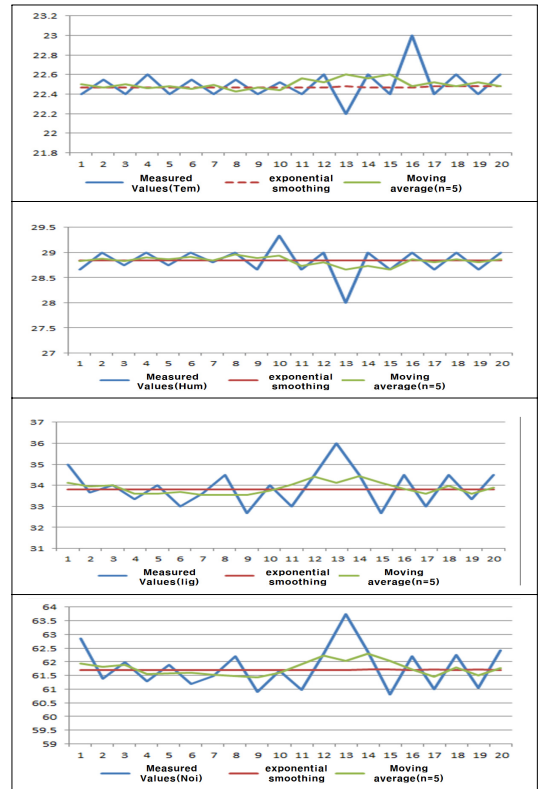
3.2.3 지수평활법에 의한 예측

아래 표 3은 지수평활법 예측값에 따른 평균제곱오차이다. 평활계수는 0.5로 실험하였다.

표 3. 지수평활법의 평균제곱오차
Table 3. Mean square error by each technique

Exponential smoothing method smoothing factor (0.5)	Mean Square Error(MSE)			
	Temperature	Humid	Light	Noise
0.5	0.013	0.032	0.041	0.30

표 4. 시계열분석결과
Table 4. Result of time series analysis



3.2.4 시계열분석결과

표 4의 온도, 습도, 조도, 소리의 이동평균법과 지수평활법의 비교 그래프에서 지수평활법은 예측값 변화가 없이 일정하고 이동평균법(N=5)은 실측값에 따라 변동이 나타난다.

지수평활법은 시계열데이터의 단기예측을 실시하는데 가장 많이 사용하는 등의 실시간 모니터링의 장점이 있으나 아래 표 4에서와 같이 실시간데이터의 변화를 반영하지는 못한 반면 이동평균법은 실측값에 따른 추세를 반영한 결과가 나타났다.

본 논문에서 제안한 시스템은 실시간 이상감지로 최근 센서데이터의 값을 반영하여 신뢰구간을 설정하기 위하여 이동평균법을 사용하였다.

3.3 이상감지

3.3.1 알고리즘

위 그림 2의 신뢰구간은 이동평균법으로 산출된 예측값 A와 절대오차(E=|A-B|)의 합이 최대값, 차가 최소값으로 정해지고 최대값과 최소값 사이의 신뢰구간

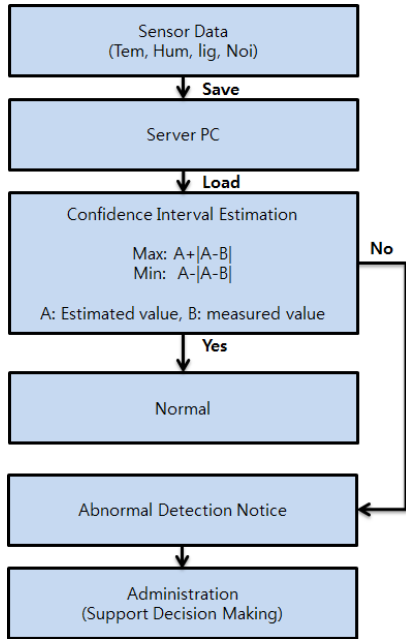


그림 2. 이상감지 알고리즘
Fig. 2. algorithm of anomaly detection

을 실시간으로 입력된 센서데이터가 벗어날 경우 이상감지를 관리자에게 알려주어 관리자의 의사결정을 보조하는 역할을 한다.

3.3.2 개념도

본 논문에서 제안한 선박내부 이상감지의 기능은 선박환경수집, 선박환경모니터링, 선박내부 시설 제어로 나뉜다. 선박환경수집은 IT기술 부분으로 센서에서 ServerPC로 수집된 센서데이터를 처리하고 저장하여 안드로이드 단말기로 제공하는 기능을 하며, 선박환경 모니터링은 수집된 데이터를 기반으로 선박환경수집, 이상상황알림서비스, 수집데이터분석, 선박내부모니터

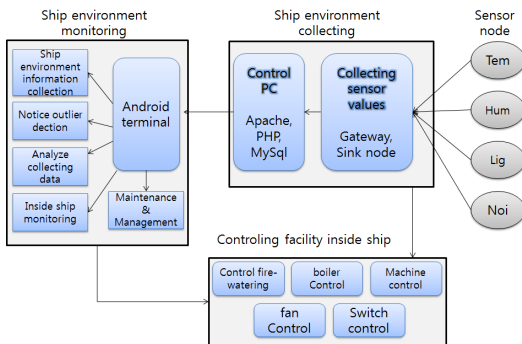


그림 3. 선박내부 이상감지 개념도
Fig. 3. concept of Ship internal anomaly detection.

링 그리고 유지보수관리 기능을 한다. 마지막으로 선박내부 시설 제어는 화재 시 관수제어, 보일러제어, 기계제어, 환풍기제어, 개폐기제어 등의 역할을 한다.

2.3.3 구현

위 그림 4는 선박내부 이상감지를 구현한 안드로이드 단말기 화면이다. 첫 번째 화면은, 선수 또는 좌현 등의 장소를 선택하는 화면이고 두 번째는 실제로 좌현의 소음에 이상감지가 발생하여 경보음과 함께 이상 발생 알림창을 나타내고 있다.

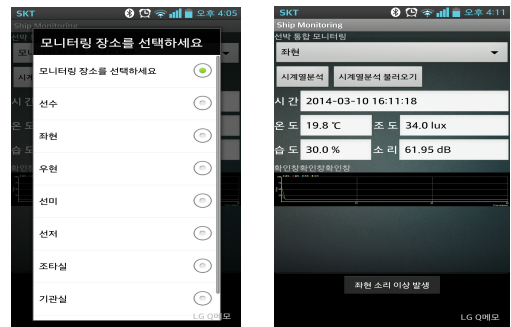


그림 4. 선박내부 이상감지 화면
Fig. 4. Mobile display of Ship internal anomaly detection.

IV. 결 론

본 논문은 선박 내 이상감지 방법을 제안하였다. 이상감지는 신뢰구간을 정하고 신뢰구간을 초과하거나 미만일 경우 관리자에게 경보를 통하여 알려주고 관리자는 이러한 정보를 통하여 신속하고 정확하게 의사결정을 할 수 있도록 도움을 받고 더불어 선박 안전운항을 할 수 있다. 여기서, 이상감지 예측의 정확도 향상을 위하여 센서 데이터의 연속형 시계열데이터는 실시간마다 변하는 신뢰구간을 가진다는 특성을 반영하여 실험한 결과 시계열데이터의 추세를 반영하는 이동평균법이 효과적임을 확인하였다. 그리고 이동평균법의 예측값과 오차를 합하고 차한 값으로 신뢰구간 추정하였다. 이는 실시간 신뢰구간을 추정할 수 있다. 따라서, 실시간으로 들어오는 센서데이터의 이상감지를 실시간으로 할 수 있다.

추후, 같은 시간 간격으로 이산형 시계열 데이터를 수집하여 실험, 분석하여 연속형 시계열 데이터의 예측을 보정해야 한다. 또한, 다양한 센서 데이터의 모니터링 적용과 이상치와 결측치 그리고 오작동 등을 시계열데이터 분석 결과를 근거로 구분 예측할 수 있

는 연구가 필요하다.

References

- [1] J. H. Park, B. T. Jang, and D. S. Lim, "Safe operation of the shipyard and ship building digital technology developments supported," *Korean Inst. Inf. Sci. Eng.(KIISE)*, vol. 31, no. 1, pp. 55-63, Jan. 2003.
- [2] A. C. Harvey, *Time Series Models*, 2nd Ed., MIT Press, (308), 1993.
- [3] H. Zou and Y. H. Yang, "Combining Time Series Model for Forecasting," *Int. J. Forecasting*, vol. 20, no. 1, pp. 69-84, 2004
- [4] K. H. Cho and D. H. Lee, "A Study on Traffic Anomaly Detection Scheme Based Time Series Model," *J. KICS*, vol. 33, no. 5, pp. 304-309, 2008.
- [5] H. G. No, *SPSS / Excel by time series analysis*, HYOSAN, (323), 2008.
- [6] C. Lim, M. Michael, "Time Series Forecasts of International Travel Demand for Australia," *Tourism Management*, vol. 23, no. 4, pp. 389-396, Aug. 2002.
- [7] Y. H. Kim, *Time Series Prediction*, HSPN, (448), 2002.
- [8] P. Buonadonna, D. Gay, J. M. Hellerstein, W. Hong, and S. Madden, "Task: Sensor network in a box," in *Proc. 2nd European Workshop on Wirel. Sensor Netw.*, pp. 133-144, Istanbul, Turkey, Feb. 2005.
- [9] G. Werner-Allen, K. Lorincz, J. Johnson, J. Lees, and M. Welsh, "Fidelity and yield in a volcano monitoring sensor network," in *Proc. 7th USENIX Symp. Operating System Design and Implementation*, pp. 381-396, Berkeley, USA, Nov. 2006.
- [10] K. Ni, N. Ramanathan, M. N. H. Chehade, L. Bal zano, S. Nair, S. Zahedi, E. Kohler, G. Pottie, M. Hansen, and M. Srivastava, "Sensor Network Data Fault Types," *J. ACM Trans. Sensor Netw.*, vol. 5, no. 3, pp. 1-29, Aug. 2009.
- [11] E. Elnahrawy and B. Nath, "Cleaning and Querying Noisy Sensors," in *Proc. Int. Workshop Wirel. Sensor Netw. Appl.*, pp. 78-87, New York, USA, Sept. 2003.
- [12] S. R. Jeffery, G. Alonso, M. J. Franklin, W.

Hong, and J. Widom. "Declarative support for sensor data cleaning," in *Proc. Int. Conf. Pervasive Computing, Lecture Notes in Comput. Sci.*, vol. 3968, pp. 83-100, Dublin, Ireland, May 2006.

- [13] G. Shmueli, N. R. Patel, and P. C. Bruce, *TData Mining for Business Intelligence*, E&B, (460), 2006.

- [14] S. D. Lee and U. R. Lee, *Time series data analysis using SAS*, TAMJI, (319), 2006.

김 영 주 (Yeong-Ju Kim)



2005년 2월: 조선대학교 수학
전산통계학부 이학사.

2008년 2월: 목포대학교 정
보·컴퓨터교육 석사.

2010년 3월~현재 목포대학교
컴퓨터공학 박사과정

<주관심분야> 데이터베이스/데
이터마이닝, 시계열분석, 선박안전운항, 무선센서
네트워크

허 유 경 (You-Kyung Heo)



2013년 2월: 목포대학교 사범
대학 수학교육과 이학사

2013년 9월~현재: 목포대학교
컴퓨터 공학과 석사과정

<관심분야> 데이터베이스/ 데
이터마이닝, 빅데이터, 해양
시스템

박 진 관 (Jin-gwan Park)



2011년 2월: 목포대학교 컴퓨
터 교육과 학사 졸업

2013년 8월: 목포대학교 컴퓨
터공학과 석사 졸업

2013년 9월~현재: 목포대학교
컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야> 무선센서네트워크,
실내위치추위, 데이터베이스, 임베디드시스템, 빅
데이터

정민아 (Min-A Jeong)



1992년 2월: 전남대학교 이학사

1994년 2월: 전남대학교 이학석사

2002년 2월: 전남대학교 이학박사

2002년 4월~2003년 2월: 광주

과학기술원 정보통신공학과

Post-Doc

2003년 4월~2005년 2월: 전남

대학교 전자통신기술연구소 Post-Doc

2011년 9월~2013년 2월: Cleveland Clinic Research

2005년 3월~현재: 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수

<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시

스템, 무선통신응용분야, 임베디드시스템