

## 예측 및 빈도 기반의 센싱데이터 신뢰도 판단 기법

이순영 · 김기일\*

### Validation of Sensing Data Based on Prediction and Frequency

SunYoung Lee · Ki-II Kim\*

Department of Informatics, Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

#### 요 약

센서네트워크를 통하여 전송된 센싱값을 이용한 다양한 제어 시스템이 개발됨에 따라 전송된 값을 신뢰할 수 있는지의 문제는 시스템의 안전성과 귀결된다. 신뢰성 확보를 위한 기존의 알고리즘의 경우 다수의 센서를 중복적으로 장착하는 방법이 주로 사용되었다. 하지만 이 방법들의 경우 센서 노드의 비용 증가를 야기하기 때문에 낮은 가격의 센서의 장점을 이용할 수 없을 뿐만 아니라 복잡한 설계로 인한 신뢰도가 낮아질 수 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 단일센서를 장착한 상태에서 기존 데이터 기반의 예측값을 통하여 값의 신뢰도를 판단한 뒤 해당 값의 빈도에 따라 데이터의 신뢰도를 확인하는 방안을 제안한다. 또한, 화재발생과 같은 실제 상황이 발생할 경우를 고려하여 메커니즘이 설계되었다. 마지막으로 제안된 방법을 시뮬레이션을 통하여 검증한 결과 기존의 방법에 비하여 다양한 시나리오에서 13%이상의 신뢰도가 높아짐을 확인하였다.

#### ABSTRACT

As wireless sensor networks become eligible as well as useful in several controlled systems where surrounding environments are likely to be monitored, their stabilization become important research challenge. Generally, stabilization is mostly dependent on reliability of sensing value. To achieve such reliability in wireless sensor networks, the most of previous research work have tendency to deploy the same type of multiple sensor units on one node. However, these mechanisms lead to deployment problem by increasing cost of sensor node. Moreover, it may decrease reliability in the operation due to complex design. In order to solve this problem, in this paper, we propose a new validation scheme which is based on prediction and frequency value. In the proposed scheme, we take into exceptional cases account, for example, outbreak of fire. Finally, we demonstrate that the proposed scheme can detect abnormal sensing value more than 13 percent as compared to previous work through diverse simulation scenarios.

**키워드** : 무선센서네트워크, 신뢰성, 예측, 빈도값

**Key word** : Wireless sensor networks, Reliability, Prediction, Frequency value

Received 08 March 2016, Revised 15 March 2016, Accepted 30 March 2016

\* Corresponding Author Ki-II Kim (E-mail:kikim@gnu.ac.kr, Tel:+82-55-772-1373)

Department of Informatics, Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.7.1398>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

센서네트워크는 시간과 장소에 구애받지 않고 언제 어디서나 컴퓨팅환경에 접속할 수 있는 유비쿼터스 패러다임과 사물인터넷(Internet of Thing)의 핵심 기술중에 하나이다. 예를 들어 센서 네트워크를 사용하여 온실의 환경을 모니터링하기 위한 시스템[1]과 ZigBee를 사용한 유비쿼터스 기반의 데이터 최적관리와 신뢰성을 검증하는 방법[2] 등이 연구되어 구축되고 있다.

네트워크 측면에서 센서 네트워크는 센서노드와 싱크노드로 구성되며 주변의 물리적인 현상을 관측하기 위한 수집된 센싱값이 통신 기능을 통하여 싱크노드로 전달된다. 유선에 비해 짧은 통신거리, 건물이나 격벽에 의한 반사 감쇄, 왜곡 등으로 인해서 센서값이 올바르게 전송 및 수신이 되지 않을 수 있다. 이외에도 센서값 오류의 원인은 노화로 인한 센서의 고장이나 잘못된 계된 하드웨어나 소프트웨어 문제, 천재지변으로 인해 노드의 파손 때문에 발생할 수 있다.

센서노드의 문제로 인한 네트워크나 시스템에 대한 신뢰성까지 하락을 방지하기 위하여 신경망을 이용하여 센서의 고장진단[3]이나 소프트웨어의 신뢰성을 예측하는 방법[4], 그리고 고장을 추정하고 신뢰도를 계산하는 방법[5]이 최근 제안되었다. 또한 센서값을 다중센서를 이용하여 판단하는 기법[6-8]이 사용되고 있으며 동일한 센서에 노드를 추가하여 전송할 센서값의 신뢰성을 높이는 방안[9]이 연구되고 있다.

하지만 기존의 연구들은 대부분 중복된 센서를 통한 신뢰성 확인 방법을 사용하고 있기 때문에 비용의 증가됨에 따라 실제 구현에 문제점이 발생한다. 이를 위하여 본 논문에서는 센서값의 신뢰성 판단을 위해 예측값 메커니즘을 적용하여 센서값의 신뢰성을 판단하고 예측값 메커니즘을 만족하지 않으면 주변 센서와의 비교를 통하여 가장 빈번하게 측정되었던 빈도에 따라 값의 신뢰성을 판단하고 만약 판단이 되지 않으면 최종적으로 해당 값이 예외적 경우에 해당되는지를 판단하는 방안을 제안하였다. 또한, 시뮬레이션을 통하여 다양한 상황에서 성능평가한 결과 기존의 연구에 비하여 오류 데이터를 10~13% 정도 보다 검출하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 센서값의 신뢰성을 판단하는 관련 연구들을 설명한다. 3장에서는 제안된 메커니즘인 예측과 빈도, 예외판단으로 센

서값에 대한 신뢰성 판단 기법을 설명하고 4장에서는 구현된 메커니즘을 참고논문[4]와 비교하여 성능을 평가하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 내용을 제시한다.

## II. 관련연구

센싱값의 신뢰성을 판단하는 대표적인 관련 연구는 도로 기상정보 시스템의 다중 센서값으로 도로가 결빙 상태인지 확인하는 메커니즘이다[6]. 제안된 방법은 도로면의 온도센서와 습도센서, 적설량 센서를 함께 사용하여 도로 상태를 분석하고 분석된 정보는 수집되었던 과거의 자료와 비교하여 도로의 상태를 판단한다. 논문 [7]에서는 무선 센서 네트워크를 통해 도로 상태를 올바르게 모니터링하기 위하여 안개의 발생유무를 다중 센서값들로 판단한다. 가시거리 센서를 기본으로 사용하고 가시거리 센서의 오작동 및 신뢰성 향상을 위하여 안개와 밀접한 관계를 가지는 온도센서와 조도센서, 습도센서를 사용한다. 따라서, 해당 연구는 서로 다른 종류의 센서 기반의 상호 검증을 통해 각 센서에서 측정된 센서값의 신뢰도를 향상시키는 방안이라고 할 수 있다.

다음 연구로는 산업에 쓰이는 오일장비가 누수인지 아닌지 판단하며 파이프라인에 오일유속과 펌프 임펠러 속도를 측정하여 두 측정된 값을 상위레벨에 보고하여 상위레벨에서는 각 파이프라인에 측정된 값을 의심레벨(Suspicion Level)을 만들어 상호 검증함으로써 오일장비가 누수인지 아닌지를 최종적으로 판단한다[8]. 이 연구 또한 다중센서로 측정된 값을 판단해서 측정된 값의 신뢰성을 높이는 방법을 사용하였다. 또한, 장비 하나에 3개 이상의 온도센서를 부착하여, 전송할 센서값의 신뢰성을 높이는 연구가 진행되었다[9]. 이는 센서 하나에 문제가 생겨도, 정상적인 다른 센서값으로 전송해서, 센서값의 신뢰성을 향상시켰다. 센서장비 하나에 3개 이상의 센서를 부착하여 센싱된 3개의 센서값을 상호검증한다. 3개의 센서값이 차이가 나지 않으면 센서3개의 평균값을 전송하며 만약 하나라도 센서값이 차이가 나면 각 센서값을 비교하여 가장차이가 많이 나는 센서값을 제외하고 나머지 2개의 센서값의 평균으로 전송한다. 즉, 본 논문은 센서를 추가시켜서 센서값의 신

뢰성을 향상시킨 연구라 할 수 있다.

앞에서 살펴본바와 같이 기존 연구들은 연관되는 다른 종류의 센서와 다수의 센서를 사용해서 측정된 데이터의 신뢰성 향상 방법에 관한 연구로 센서값의 신뢰성 향상을 목적으로 하고 있다. 하지만 다수의 센서장착으로 인한 센서의 설치비용, 센서 증가에 따른 노드의 증가로 복잡도 또한 증가되며, 인접노드들과의 통신으로 인해서 에너지 전력소모량 역시 증가되는 단점이 있다.

### III. 제안 메커니즘

본 논문에서 제안하는 메커니즘 동작은 아래 그림 1과 같다. 제안된 메커니즘은 크게 예측값 판단, 최빈값 비교, 예외 처리로 이루어지며 모든 단계를 통과할 경우 센서값은 DB에 저장되지만 단계를 통과하지 못할 경우 데이터는 잘못된 값으로 인식된다. 본 연구에서 고려한 센서는 스칼라 값을 가지는 온도 및 습도 센서 등에 적용할 수 있다.

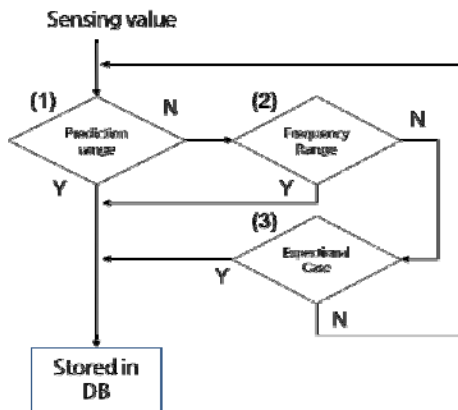


Fig. 1 Flowchart of proposed scheme

먼저 예측값 판단 메커니즘(1)은 센싱된 센서값이 예측 범위 안에 들어오는지 판단하게 된다. 예측범위 안에 들어오면 전송된 센서값은 True가 되어 센서값을 저장하고 그렇지 않으면 최빈값을 비교하는 메커니즘(2)에서 판단하게 된다. 예를 들어서 예측값이 30, 예측범위가 ±2, 센서값이 29 라는 데이터가 나왔다면, 센서값은 예측값의 범위사이(28~32)를 만족하기 때문에 이 센

서값은 True가 되어 저장하게 된다.

예측판단에서 통과하지 못한 센서값은 두 번째 판단하는 최빈값 비교에서 판단(2)하게 된다. 최빈값은 주변에 있는 센서값과 차이 값을 카운트해서 측정된 센서값과 차이 값이 가장 빈도가 높은 값(카운트 값이 가장 큰 값)이 최빈값으로 된다. 즉, 주사위를 10번 던졌을 때 6이 7번, 1이 4번 나왔다면 최빈값은 6이 된다. 예를 들어, 최빈값이 1.0, 센서장비의 측정 오차 값이 ±0.1, 측정된 주변 센서와 차이 값이 0.9 라고 하면, 주변센서와 차이 값 0.9가 최빈값 범위(0.9~1.1)를 만족하기 때문에 이 값은 True가 되어서 센서값을 저장하게 된다.

예외 판단(3)에서는 예측값 범위(1)도 맞지 않고, 최빈값 판단(2)에서도 맞지 않은 센서값의 예외경우를 판단하게 된다. 본 메커니즘에서 예외의 경우란 앞선 두 가지 과정에서 찾아낼 수 없는 경우 해당 값이 정상적인 센서값이 맞는지 아니면 오류 있는 센서값이 전송되었는지를 판단하는 구간이다. 예외처리구간에서도 값이 통과가 되지 못하면, 전송받은 센서값은 믿을 수 없는 값이 된다. 다음절에서 각 메커니즘의 판단 과정을 자세히 설명한다.

#### 3.1. 예측값 판단

본 메커니즘에서 적용한 예측값 메커니즘은 시계열 분석에 의한 지수평활 예측 방법이다. 시계열 분석은 시간에 따른 데이터의 변화를 예측할 때 쓰는 방법으로 센서값 또한 시간에 따라 데이터가 변하기 때문에 이 방법을 적용하였다. 지수평활법으로 예측값을 구하는 공식은 아래의 그림 2와 같으며 평활 상수 알파 값은 1에 가까울수록 최근에 측정된 값을 예측에 반영한다. 본 메커니즘에서는 최근에 측정된 센서값을 반영하기 위해 평활 상수 알파 값을 0.9로 설정했다.

- Smoothing factor:  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

Sensing value in a round	$i$	$i+1$	$i+2$
Predicted value( $T$ )	$T1$	$T2$	$T3 ?$

- Predicted value  $T3$

$$\rightarrow \{T2 \times \alpha\} + \{T1 \times (1-\alpha)\} = T3$$

Fig. 2 Computing prediction value

지수평활법으로 예측값을 구하고 나면 아래 그림 3과 같이 예측값 범위를 설정하는데, 예측값 범위는 예측값(T)에서 측정센서값(R)을 뺀 차이 값(d)의 평균이 바로 오차평균(dn)이자 예측값의 범위로 설정이 된다. 따라서, 예측값(T)이 크면 양수 값이 반대로 측정센서값(R)이 크면 음수 값이 나오게 된다. 양수 값의 평균을 구해서 예측값(T)과 양수 값을 더한 값이 예측범위의 최대값(+ln)의 결정되며 음수 값의 평균을 구해서 예측값(T)과 음수 값을 더한 값을 예측범위의 최소값(-sn)으로 설정한다. 또한, 센서값이 측정될 때마다 오차평균(dn)을 누적시키면서 구하기 때문에 센서값의 데이터(i)가 많이 들어올수록 예측범위는 변동되지 않고 안정적으로 유지된다.

$$\begin{aligned}
 \rightarrow T_1 - R_1 &= d_1 \\
 \rightarrow T_2 - R_2 &= d_2 \\
 \rightarrow T_3 - R_3 &= d_3 \\
 &\dots \\
 T_i - R_i &= +ln(\text{maximum range}) \\
 T_i - R_i &= -sn(\text{minimum range})
 \end{aligned}$$

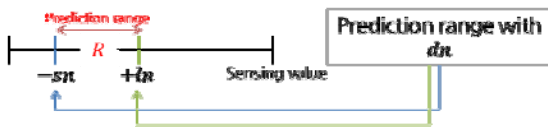


Fig. 3 Set prediction range

최종적으로 예측값 판단의 경우 예측범위안에 측정된 센서값이 들어오면 측정된 값을 신뢰하고 해당값을 저장하게 되며 범위 안에 들지 않으면 센서값은 비신뢰로 판단되어 다음 메커니즘인 최빈값 메커니즘에서 그 신뢰도를 추가적으로 판단한다.

### 3.2. 최대 빈도

측정된 센서값이 예측값 메커니즘에서 비신뢰 결과로 나왔을 때 수행하는 최대 빈도 메커니즘은 자료 분포 중에서 가장 빈번히 관찰된 최다도수를 갖는 값으로 이를 결정하기 위해서는 이웃노드의 센싱 정보가 활용된다. 따라서, 최빈값은 주변센서값과 측정센서값 차이를 카운트해서 가장 빈번하게 나온 센서값을 최대 빈도값으로 설정한다. 아래 그림 4에서는 차이 값이 가장 많이 나온 -1.5가 최대빈도값으로 결정된 예를 보여준다.

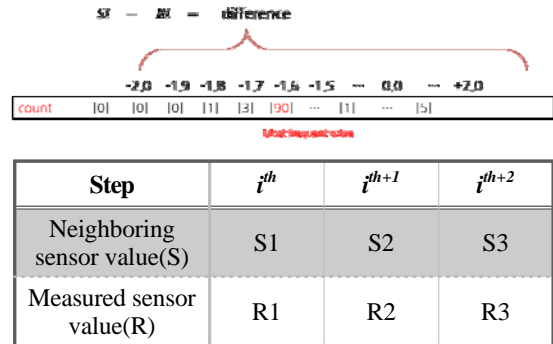


Fig. 4 Example of most frequent value

측정센서값과 주변센서값의 차이간격은 0.1이며 센서에 따른 상대적인 값이다. 만약 센서가 거리측정센서라면 0.1은 5m가 될 수 있고, 10m로 설정 될 수도 있다. 혹은 센서가 소리크기를 측정하는 센서라면 0.1 차이는 3데시벨(dB)로 적용시켜도 되고 5(dB) 차이로도 볼 수도 있다. 이는 범용적으로 상황에 맞는 센서값 수치로 적용시킬 수 있다.

최대빈도값에 따른 신뢰도 판단은 아래 그림 5와 같다. 측정센서값이 주변센서값과 차이가 가장 빈번하게 난 최빈값 범위를 만족시키면 신뢰로 판단하여 측정된 센서값을 저장하고 그렇지 않으면 비신뢰로 판단하여 마지막 단계인 예외판단 메커니즘에서 신뢰도가 결정된다. 최대빈도값의 알파 값은 센서장비의 측정오차값이다. 본 메커니즘에서는 성능평가지 측정오차범위를 최대한 줄이기 위해 알파 값을 0.1로 설정했다.

$$\text{Range for frequency value: } k - a \leq R_i - S_i \leq k + a$$

- $R_i$  : neighboring sensing value
- $S_i$  : measured sensing value
- $i$  :  $i^{th}$  transmitted value
- $k$  : most frequent value
- $a$  : error value on sensor node

Fig. 5 Computing for frequency value range

### 3.3. 예외판단

최대 빈도값 이후의 메커니즘은 예외판단 메커니즘이다. 예외판단 알고리즘의 동작을 온도센서에 적용한 예는 다음과 같다. 온도센서의 경우 예외는 화재 발생 시 온도가 급격하게 높아진 온도 값이 들어오거나 아니

면 오류 있는 센서값이 들어온 경우이다. 예외값 판독을 위해서 기존에 센서값 전송받는 시간을 줄여서 현재 온도 값과 이후에 들어온 온도 2개를 주변센서값과 패턴으로 비교한다. 전송받는 시간은 감소시켜 보다 많은 데이터를 통하여 값을 비교하고자 한다. 이는 예측범위와 최빈값을 만족하지 못한 센서값(F)과 전송받는 시간을 줄여서 들어온 온도 F1, F2로 최소 3개의 값으로 주변센서와 패턴을 비교한다. 또한, 다음에 전송될 센서값을 받기 전에 현재 센서값(F)을 판단시켜야하기 때문이다. 각 예외의 경우를 설명하고자 한다.

먼저 3개의 F, F1, F2값이 변하지 않고 증가된 값을 유지시키면 센싱된 온도값 F는 False로 판단하고, 대체값으로 주변센서와 최빈값을 더한값으로 온도값을 저장시킨다. 또한, F1, F2값이 예측과 최빈값 범위에 들지 않고 상승하는 경우 주변센서값도 상승하게 되면 패턴이 상승패턴으로 일치하기 때문에 화재발생으로 판단하게 되어 온도값 F는 True로 저장하게 된다. 마지막으로 F1, F2값이 하강하는 경우 온도값 F가 True가 될 수 있고 False가 될 수 있다. F1값과 F2값 둘 중 하나라도 예측범위와 최빈값 범위에 들어오면 그 값을 True로 저장하고 범위에 들어오지 않으면 False값으로 처리한다. 값이 False로 될 때와 위의 경우들이 만족하지 않으면 온도값 F는 오류센서값으로 판독하고 주변센서값과 최빈값을 더한 값으로 대체하여 온도값을 저장한다.

#### IV. 성능 평가

본장에서는 C언어로 자체 개발된 소켓기반의 시뮬레이션 환경에서 임의의 센서값에 오류데이터를 생성한 후 얼마나 많은 오류가 검출되는가를 참고논문[9]의 메커니즘을 비교하여 결과를 분석하였다. 또한 검증할 센서를 참고논문[9]의 온도센서로 동일하게 설정하였다. 시뮬레이션 환경은 표 1과 같다. 비교하고자 하는 참고논문[9]에서의 메커니즘의 환경설정을 위하여 센서 3개를 가정하고 각 센서에 랜덤값(20~23)과 소수점 랜덤값(0~0.9)을 더해서 설정 후 균등하게 적용하였다. 또한, 제안 메커니즘에서도 측정할 센서와 주변센서 역시 각 센서에 랜덤값(20~23)과 소수점 랜덤값(0~0.9)을 더해서 균등하게 설정하였다. 오류데이터의 가정은 전송할 센서데이터 개수에 오류가 발생할 확률을 10%,

20%, 50%로 생성 후 랜덤 번째 위치에서 오류데이터를 전송하였다. 또한 통신상에 전송문제는 없다고 가정하였으며, 전송된 센서값에 따른, 오류데이터 판별한 개수를 그래프로 비교하였다. 이는 실제 상황에서 많은 수의 오류가 발생한 경우를 포함하였다.

Table. 1 Simulation parameter

	Value
Valid value	random value ranged between 20 and 23°C
Number of transmitted data	10, 100, 500
Error data	random value ranged between 24 and 25°C
Number of error data	10%, 20%, 50% of total number of transmitted data
Transmission frequency	30sec

#### 4.1. 성능평가결과

그림 6은 10% 오류 발생 확률로 테스트하여 얻은 결과이다. 10% 오류발생 환경에서는 전송된 센서값 10개에서는 오류데이터가 1개, 100개에서는 10개, 500개에서는 50개 발생하게 된다.

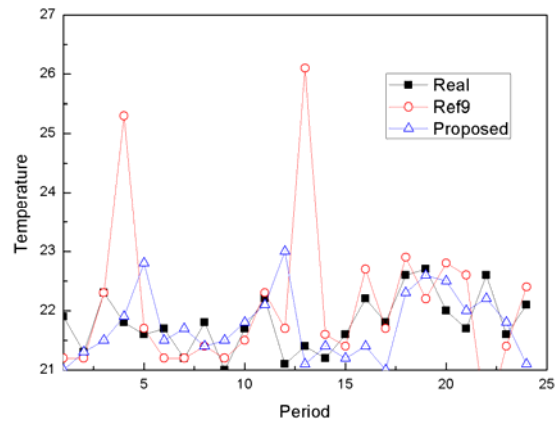


Fig. 6 Temperature sensing value with 10% errors

그림 7은 100번의 실험결과에 대한 오류판독개수의 평균그래프이다. 전송된 센서값이 10개일 경우, 제안한 메커니즘은 오류값 판독을 거의 잡아내지 못하다가 100개 정도 부터 균등하게 검출하기 시작했다. 500개의 센

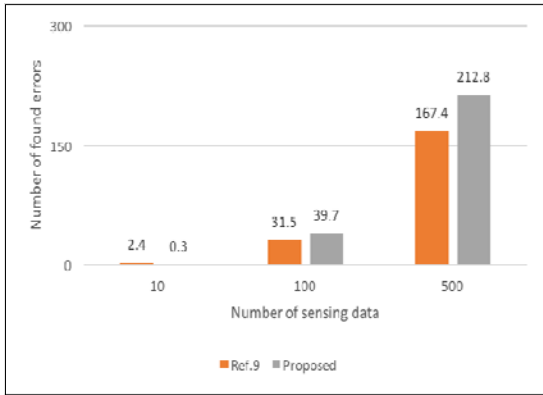


Fig. 7 The number of error detected with 10% errors

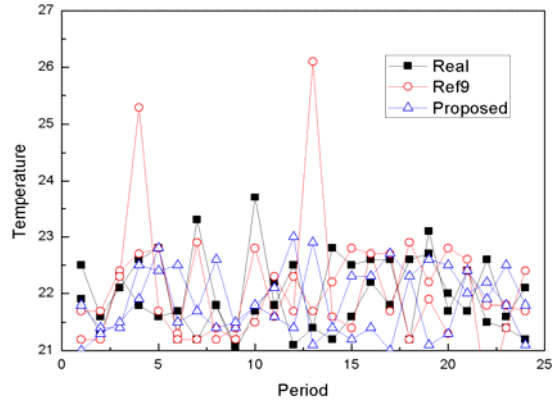


Fig. 8 Temperature sensing value with 20% errors

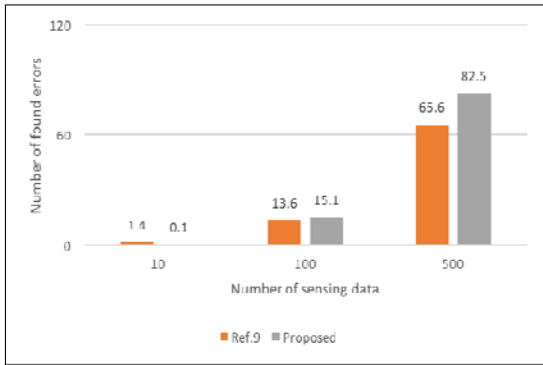


Fig. 9 The number of error detected with 20% errors

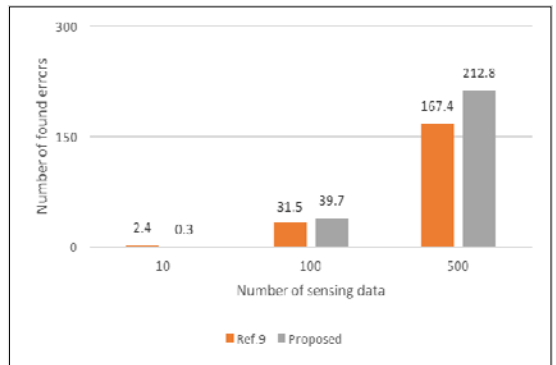


Fig. 10 The number of error detected with 50% errors

서값 데이터에서는 참고논문[9]의 메커니즘보다 제안한 메커니즘이 오류 판독하는 개수가 평균 5개 더 많이 검출하였다.

20% 오류 발생 확률을 테스트하여 얻은 결과는 그림 8에 나타나 있다. 뾰족하게 튀어나온 부분이 잘못된 오류데이터를 센싱하였을 경우를 나타낸다.

그림 9는 100번의 실험결과에 대한 오류판독개수의 평균그래프이다. 제안한 메커니즘이 전송된 센서값 데이터가 적을수록 판독개수가 떨어지다가 500개에서는 참고논문[9]의 메커니즘보다 오류센서값을 17개 더 많이 판독했다.

마지막으로 아래의 그림 10은 50% 오류발생 환경에서의 실험결과를 보여주며 제안한 메커니즘이 전송된 센서값 데이터가 10개일 때는 참고논문[9]의 메커니즘보다 오류값 판독을 잡아내지 못하다가 센서값

데이터가 100개와 500개 일 때는 판독개수가 높다. 시뮬레이션 결과를 종합적으로 분석하면 아래 표 2와 같이 센서값 데이터 10개에서는 제안한 메커니즘이 참고논문[9]의 메커니즘과 비교했을 때 오류데이터를 판독하지 못했다.

하지만, 센서값 데이터 100개에서는 동등하게 판독했으며 센서값 데이터 500개에서는 제안한 메커니즘이 오류데이터를 10~13% 더 많이 판독하여 센서값에 대한 신뢰성을 높였다. 이는 제안된 방법이 기존의 데이터에 기반한 값을 토대로 예측 및 빈도를 검사하게 되므로 데이터 수가 적을 경우에는 높은 성능을 발휘하지 못하지만 데이터가 많아지면 보다 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

하지만, 제안한 메커니즘의 경우 1) 예측값이 틀리는 경우, 2)센서값 판단할 순간에 최빈값이 바뀌어 버리면

**Table. 2** Total number of detected errors

Number of errors	No. Transmitted data (10)			No. Transmitted data (100)			No. Transmitted data (500)		
	No. errors	Ref [9]	Ours	No. errors	Ref [9]	Ours	No. errors	Ref [9]	Ours
10%	1	0.7	<b>0.1</b>	10	5.6	<b>5.4</b>	50	35.1	<b>40.7</b>
20%	2	1.4	<b>0.1</b>	20	13.6	<b>15.1</b>	100	65.6	<b>82.5</b>
50%	5	2.4	<b>0.3</b>	50	31.5	<b>39.7</b>	250	167.4	<b>212.8</b>

센싱값은 False로 판단하는 경우 정상적인 센서값도 판독하지 못하는 경우가 발생한다. 또한 최빈값으로 주변 센서값을 비교할 때 주변 센서역시 오류데이터를 받았으면 센싱값을 True로 판단해서 잘못된 데이터를 저장하는 경우도 발견되었다.

## V. 결론

본 논문에서는 신뢰도 판단을 위한 기존연구들의 다중센서의 증가로 인한 단점을 해결하기 위해서 종류가 하나인 단일센서를 사용하여 예측과 최빈값을 사용하는 메커니즘을 사용하는 방법을 제안하였다. 세 개의 메커니즘을 단계적으로 적용하여 신뢰성을 향상시킬 수 있으며 이를 위하여 예측과 빈도를 이용하였다. 시뮬레이션 결과 기존에 비하여 여러 데이터의 검출이 13%정도 향상됨을 증명하였다.

본 제안 알고리즘과 관련하여 예측 알고리즘 및 빈도수에 따른 범위 조정을 고정적으로 수행함으로써 신뢰성 판단의 오류가 발생하는 것을 방지하기 위하여 동적으로 범위를 조정하는 방법과 데이터수가 적은 경우에도 안정적으로 동작할 수 있는 방안이 계속하여 연구될 예정이다.

## REFERENCES

- [1] Y. D. Lee, "Implementation of Greenhouse Environment Monitoring System based on Wireless Sensor Networks," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 11, pp. 2686-2692, Nov. 2013.
- [2] S. B. Jang, Gang, W. Shin, S. T. Hong, A. K. Lee, H. M. Park, "USN-based Water Treatment Plant Facilities Data anagement Techniques and Reliability," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 11, pp. 2736-2744, Nov. 2013.
- [3] I. S. Lee, J. H. Cho, "Real-Time Fault Diagnosis for Tin Oxide Gas Sensors Using Thermal Modulation and an ART-2 Neural Network," *Journal of Korean Institute of Information Technology*, vol.11, no.2, pp 27-36, Feb. 2013.
- [4] S. U. Lee, "Neural Network for Software Reliability Prediction with Unnormalized Data," *The Transactions of the Korea Information Processing Society*, vol. 7, no. 5, pp. 1419-1425, May 2000..
- [5] K. Shim, J. G. Yim, "Estimation of Reliability of a System Based on Two Typed Data," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 16, no. 3, pp.336-341, Mar. 2013.
- [6] G. Y. Yoon, N. H. Kim, H. K. Choi , D. Y. Jung, S. H. Choi, G. T. Kim, "A Winter Road Weather Information System Using Ubiquitous Sensor Network," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 14. no. 3, pp. 393-402, Mar. 2011.
- [7] S. S. Lee, M. H. Song, K. H. Won, J. H. Kim. "An Efficient Method for Improving the Reliability of Sensing Data Using Multi-sensors in Wireless Sensor Network Systems," *Journal of Information and Telecommunication Facility Engineering*, vol. 8. no. 3, pp. 116-121, Sep. 2009.
- [8] T. Ryutov, C. Neuman, "Trust based Approach for Improving Data Reliability in Industrial Sensor Networks," *Journal of International Federation for Information Processing*, vol. 238, pp. 349-365, Jul. 2007.
- [9] W. G. Oh, S. K. Lee, "An Effective Algorithm for Diagnosing Sensor Node Faults," *Journal of Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 10, no. 2, pp. 283-288, Feb. 2015.



**이순영(Sun-Young Lee)**

2014.02 : 경상대학교 컴퓨터과학과 학사  
2016.02 : 경상대학교 정보과학과 공학석사  
※관심분야 : 센서네트워크, 사물인터넷



**김기일(Ki-II Kim)**

2002.02: 충남대학교 이학석사  
2005.02: 충남대학교 이학박사  
2006.03 ~ 현재: 경상대학교 정보과학과 부교수  
※관심분야 : 센서네트워크, 이동네트워크, 항공기소프트웨어