

감시정찰 센서 네트워크에서의 지진동센서 탐지 신호 세기를 이용한 표적 측위 방법

임현수* · 황인용** · 김형석*** · 신상헌****

Target Localization Method using the Detection Signal Strength of Seismic Sensors for Surveillance Reconnaissance Sensor Network

Hyeon-Soo Im* · In-Yong Hwang** · Hyung-Seok Kim*** · Sang-Heon Shin****

요약

작전지역의 감시/경계에 활용되는 감시정찰 센서 네트워크에서 배치되는 지진동센서의 위치 정보와 탐지 신호 세기를 활용하여 표적의 위치를 산출하는 방법을 제안한다. 중계기에서 단말기로부터 수신받은 각 지진동센서들의 위치 정보와 센서로부터 수신된 탐지 신호 세기를 이용하여 표적 위치를 산출한다. 표적 측위 시 동적으로 오프셋을 제하는 방식을 통해 환경적 요인에 의한 성능 편차를 줄였다. 실제 표적 위치와 산출된 표적 위치의 차이를 통해 성능을 비교 검증하였다. 오차 평균 3.62m까지 감소하여 가중 중심 측위 방법보다 최대 62% 향상된 결과를 얻었다.

ABSTRACT

Surveillance reconnaissance sensor network is used for surveillance in wartime and area of operation. In this paper, we propose a target localization method using the detection signal strength of seismic sensors. Relay equipment calculates the target location using coordinate information and detection signal strength of the seismic sensors. Target localization error deviation due to environmental factors was minimized by subtracting the dynamic offset when calculating the target location. Field test shows improvement of target localization through reduction of errors. The average error was decreased to 3.62m. Up to 62% improved result was obtained compared to weighted centroid localization method.

키워드

Seismic Sensor, Wireless Sensor Network, Intelligent Surveillance and Reconnaissance
지진동 센서, 무선 센서 네트워크, 정보 감시 정찰

1. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network :

WSN)는 대상 영역에서 센싱 값, 수신감도 등 관심 정보를 수집하고 지속 관찰하기 위해 블루투스, Wi-fi, 광통신 등 무선 통신 기술을 이용하여 여러 사

* 교신저자 : 한화시스템

** 한화시스템(inyong08.hwang@hanwha.com)

*** 한화시스템(hs25.kim@hanwha.com)

**** 한화시스템(sangheon.shin@hanwha.com)

• 접수일 : 2023. 10. 19

• 수정완료일 : 2023. 11. 15

• 게재확정일 : 2023. 12. 27

• Received : Oct. 19, 2023, Revised : Nov. 15, 2023, Accepted : Dec. 27, 2023

• Corresponding Author : Hyeon-Soo Im

Dept. Intelligent C4I Team, Hanwha Systems,

Email : hsim911019@hanwha.com

물에 적용될 수 있는 임베디드 무선 노드의 집합이다 [1]. 무선 센서 네트워크는 사물 위치 파악, 정보 수집 및 환경 모니터링 등 다양한 산업군에서 활용되고 있다. 다양하게 적용되는 애플리케이션 중에서도 센서 네트워크를 통한 노드의 측위, 이동 추적 기술은 활발히 연구되고 있는 분야 중 하나이다. 노드의 측위 방법은 전파의 도착 시간 차이를 활용하여 노드의 위치를 산출하는 TOA(Time Of Arrival), 전파의 세기를 통해 거리를 측정하는 RSS(Received Signal Strength), 신호가 전송되는 방향의 각도를 이용하여 거리를 측정하는 AOA(Angle Of Arrival) 등을 활용하여 적용되고 있다. 이는 실내에서 활용이 제한되고 크기 및 비용 측면에서 적용되기 힘든 GPS와 같은 별도의 모듈 추가 없이 센서 노드만으로 구현할 수 있는 장점이 있다. 반면 수신 신호감도 저하로 인한 오차 보정 등 정확도를 높이기 위해 많은 노력을 기울이고 있다[2-5].

군사적 목적으로도 무선 센서 네트워크는 감시정찰 분야에서 전시 및 작전 지역의 감시/경계 용도로 센서 노드를 구축하여 활용되고 있다. 감시와 경계를 목적으로 하는 감시정찰 센서 네트워크는 경계지역에 탐지센서를 배치하여 노드를 구성한 후 경계지역 내에 침입하는 표적을 실시간으로 탐지 또는 추적하는 시스템이다. 감시정찰 센서 네트워크는 침입자를 탐지 및 인식하기 위해 진동센서, 음향센서, 자기센서, PIR 센서, PDR(Pulse Doppler Radar)센서, 영상센서 등 다양한 센서들이 활용되고 있다. 이와 관련하여 감시정찰 센서 네트워크 기술이 성숙해감에 따라 다양한 센서들을 통해 침입자를 탐지하거나[6-8], 효율적인 센서 배치 방안 등이 연구되고 있다[9].

본 논문에서는 감시정찰 센서 네트워크에서 침입자 탐지를 위해 배치되는 지진동센서들의 탐지 신호 세기를 활용하여 위치를 추정하는 방법을 제안한다. 감시/경계 지역 내로 침투한 표적의 위치를 지진동센서의 위치 정보와 탐지 신호 세기를 활용하여 추정하는 것이기 때문에 별도의 추가되는 모듈 없이 다수의 수동센서에 의한 탐지 정보만을 활용하여 위치 정보 제공한다는 점과 RSS 수신 감쇠 따른 오차 보정, 단말기(Terminal Devices) 혹은 AP(Access Point) 지점의 위치만 측정 가능하다는 제한사항으로부터 자유로운 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 표적탐지 시스템의 구성 및 시나리오를 소개, 기존에 사용된 표적 위치 추정 방법 및 본 논문에서 제안하는 지진동센서의 탐지 신호 세기를 활용한 표적 위치 추정 방법에 대해 설명한다. 3장은 시험을 통한 성능 비교 및 시험 결과를 기술하였다. 4장은 본 논문의 결론으로 요약, 향후 진행 방향 및 기대 효과에 대해 기술한다.

II. 표적 측위 방법

2.1 표적탐지 시스템의 개요

일반적으로 표적탐지 시스템은 적 예상 침투로, 병력 미 배치지역, 감시 사각 지역 등에 진동, 음향, 자기, PIR, PDR 센서 등 침입자를 탐지하기 위한 다양한 센서들의 배치를 통해 무선 센서 네트워크를 구성하여 감시 지역 내 침입자를 탐지하고, 원격지의 단말기에 탐지 정보를 전송하여 적의 침입을 인지 및 판단하고, 신속 적절하게 대응할 수 있도록 하는 감시시스템이다[7, 10].

그림 1은 표적탐지 시스템의 구성 및 시나리오를 보여준다. 해당 시스템 내에서 표적 위치 추정 기능은 다수의 탐지 센서가 침입자를 탐지하면 무선통신을 통해 중계기로 탐지 정보를 전달하고 중계기는 탐지 정보 및 표적 위치를 계산하여 단말기로 송신하여 운용자가 배치지역 내 침입자 침입 여부 및 위치를 파악할 수 있도록 하는 기능이다. 본 논문에서는 여러 탐지 센서 중 지진동센서의 탐지 신호 세기를 활용한 표적의 측위 방법을 제안한다.

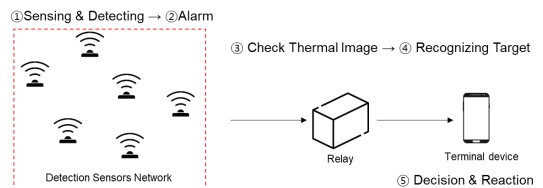


그림 1. 표적탐지 시스템의 구성 및 시나리오
Fig. 1 Component and Scenario for Target Detection system

표적 위치 추정 계산은 중계기 내에서 이루어지며 계산에 사용되는 센서별 위치는 단말기에서 배치계획

수립 시 각 탐지 센서들의 좌표가 입력되고 해당 정보는 중계기와 무선망 연결 시 중계기에 전달되어 입력된다.

2.2 기존 표적 위치 추정 방법

본 논문에서는 탐지 영역 내 침입자의 발걸음을 탐지한 지진동센서의 탐지 신호 세기를 통해 표적 위치를 추정하는 방법을 제안한다. 직선상의 위치를 구하는 방식과 지진동센서의 탐지 신호 세기가 거리에 반비례하는 특징을 활용하여 표적 위치를 추정하였다. 표적 위치 L 은 가중 중심 위치 측위(Weighted Centroid Localization : WCL)[11] 방식에 기인하여 활용된 식 (1)을 통해 계산되었다. 여기서 P_n 은 지진동센서 위치이며, S_n 은 지진동센서의 탐지 신호 세기이다.

$$L = \frac{\sum P_n S_n}{\sum S_n} \quad \dots (1)$$

탐지 신호 세기가 탐지된 거리에 따라 어느 정도 반비례하는 특징과 일치하여 가중치로 적용되는 S_n 이 동적인 특성을 가져 평균 오차 범위가 수 m 이내로 산출되었으나, 기존 1차원상에서 직선 위의 특정 지점을 구하는 것과 실제 감시 영역인 2차원상에서 특정 지점을 구하는 것은 수학적으로 차이가 있으며, 식 (1)이 정확히 통용될 수 있는 지점은 직교한 두 직선이 만나는 지점인 중심 부분이며, 표적의 위치가 중심으로 멀어질수록 오차가 더 커지는 경향을 보인다. 또한 지역에 따른 토양의 특성 및 표적의 체중, 발걸음의 세기 등 환경적 요인에 의해 탐지 신호 세기가 다르게 분포하여 표적 위치 추정 기능에 대한 성능이 일정하게 나타나지 않았다. 지역에 따른 환경적 요인에 의해 다르게 분포하는 탐지 신호 세기의 영향을 줄이기 위해 식 (2)와 같이 수정하여 활용했지만 미미한 성능 개선에 그쳤다.

$$L = \frac{\sum P_n S_n}{\sum (S_n - \alpha \cdot \min(S_n))} \quad (0 < \alpha < 1) \quad \dots (2)$$

2.3 개선된 표적 위치 추정 방법

개선된 방법은 무선 센서 네트워크에서 노드의 위

치를 산출하는 방법인 TOA, RSS 등에 활용되는 다변측량방법을 지진동센서의 탐지 신호 세기에 적용하여 활용하는 것이다. 삼변측량 기준 세 기준 지점으로부터 측정하고자 하는 목표 지점까지의 직선거리를 통해 목표 지점의 위치를 추정한다. 삼변측량의 수학적 원리는 각 세 기준 지점이 중심이고 기준 지점에서 목표까지의 직선거리를 반지름으로 하는 세 원의 교점을 구하는 것으로 볼 수 있다. 각 기준 지점의 좌표 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$ 와 측정된 직선거리를 각각 d_1 , d_2 , d_3 일 때 원의 방정식은 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 &= d_1^2 \\ (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 &= d_2^2 \\ (x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 &= d_3^2 \end{aligned} \quad \dots (3)$$

그림 2와 같이 각각의 원들 사이에 교선들은 한 점에서 만나게 된다. 이는 식 (3)을 연립하여 구할 수 있으며, 식 (4)를 통해 해를 구하게 된다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_3-x_2 & y_3-y_2 \\ x_3-x_1 & y_3-y_1 \\ x_2-x_1 & y_2-y_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} &= \\ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} x_3^2+y_3^2-d_3^2-(x_2^2+y_2^2-d_2^2) \\ x_3^2+y_3^2-d_3^2-(x_1^2+y_1^2-d_1^2) \\ x_2^2+y_2^2-d_2^2-(x_1^2+y_1^2-d_1^2) \end{bmatrix} & \end{aligned} \quad \dots (4)$$

좌표평면을 통해 표현해보면 다음과 같다. 그림 2(a)는 이상적인 측정의 경우이며, 그림 2(b)는 오차를 가졌을 때 측정의 경우이다. 그림 2에서의 교점은 식 (4)의 해를 의미한다.

기준 지점이 늘어날수록 표적 위치의 정확도가 높아질 수 있으나 미지수(x, y)가 2개인데 반해 식 (5)와 같이 식의 개수는 $n(n-1)/2$ 개만큼 늘어난다. (n : 기준 지점의 개수) 따라서 유일한 해가 존재하지 않기 때문에 식 (6)과 같이 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 근사해(ϵ)를 구하여 표적 위치를 계산한다. 이는 최소자승법(Least Mean Square)에 의해 도출된 해를 의미한다.

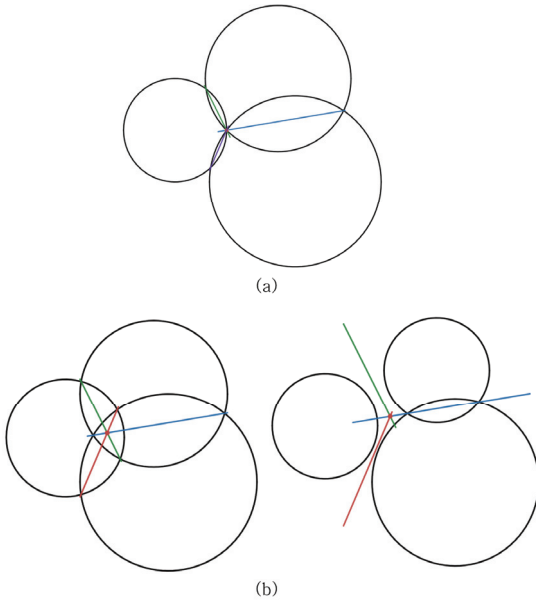


그림 2. 좌표평면 상의 삼변측량을 통한 측위 : (a) 이상적인 경우, (b) 오차가 발생하는 경우
 Fig. 2 Localization using tri-ilateration on a coordinates plane (a) In case an ideal, (b) In case an error occur

$$\begin{bmatrix} x_n - x_{n-1} & y_n - y_{n-1} \\ x_n - x_{n-2} & y_n - y_{n-2} \\ \vdots & \vdots \\ x_{n-1} - x_{n-2} & y_{n-1} - y_{n-2} \\ \vdots & \vdots \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} x_n^2 + y_n^2 - d_n^2 - (x_{n-1}^2 + y_{n-1}^2 - d_{n-1}^2)2 \\ x_n^2 + y_n^2 - d_n^2 - (x_{n-2}^2 + y_{n-2}^2 - d_{n-2}^2)4 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 + y_{n-1}^2 - d_{n-1}^2 - (x_{n-2}^2 + y_{n-2}^2 - d_{n-2}^2) \\ \vdots \\ x_2^2 + y_2^2 - d_2^2 - (x_1^2 + y_1^2 - d_1^2) \end{bmatrix} \dots (5)$$

$$A\epsilon = B$$

$$\epsilon = (A^T A)^{-1} A^T B \dots (6)$$

$$A = \begin{bmatrix} x_n - x_{n-1} & y_n - y_{n-1} \\ x_n - x_{n-2} & y_n - y_{n-2} \\ \vdots & \vdots \\ x_{n-1} - x_{n-2} & y_{n-1} - y_{n-2} \\ \vdots & \vdots \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \end{bmatrix}, \epsilon = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$B = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} x_n^2 + y_n^2 - d_n^2 - (x_{n-1}^2 + y_{n-1}^2 - d_{n-1}^2)2 \\ x_n^2 + y_n^2 - d_n^2 - (x_{n-2}^2 + y_{n-2}^2 - d_{n-2}^2)4 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 + y_{n-1}^2 - d_{n-1}^2 - (x_{n-2}^2 + y_{n-2}^2 - d_{n-2}^2) \\ \vdots \\ x_2^2 + y_2^2 - d_2^2 - (x_1^2 + y_1^2 - d_1^2) \end{bmatrix}$$

각 기준 지점의 좌표는 지진동센서가 설치된 좌표로 대응되며, 목표 지점까지의 거리는 지진동센서의 탐지 신호 세기를 통해 유추될 수 있다. 지진동센서의 탐지 신호 세기는 지역에 따른 모양의 특성 및 표적의 체중, 발걸음의 세기 등 환경적 요인에 따라 다르게 나타날 수 있지만, 동일 지역의 동일 표적에 대한 거리에 따른 탐지 신호 세기는 거리에 반비례하는 양상을 보인다. 그림 3은 지역별로 측정한 지진동센서의 거리별 탐지 신호 세기이다. 본 측정 데이터들을 활용하여 탐지 신호 세기에 대응되는 거리를 구할 수 있다.

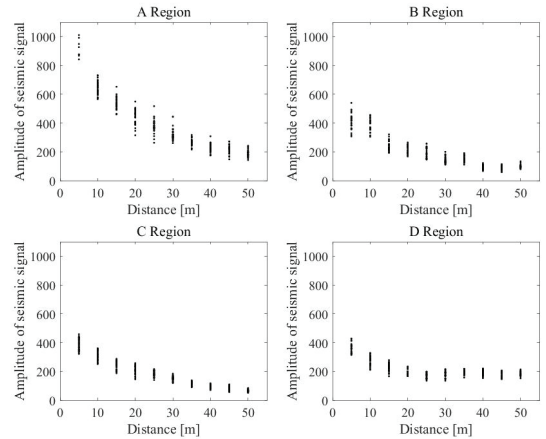


그림 3. 지역별 탐지 신호 세기 - 거리 그래프
 Fig. 3 Amplitude of seismic signal for distance by region

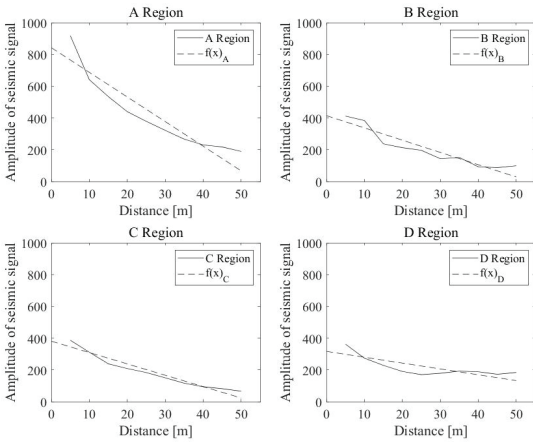


그림 4. 탐지 신호 세기 - 거리 평균 및 근사화
Fig. 4 Average and linear approximation of seismic signal for distance

지역별로 측정된 데이터를 기반으로 $f(x)=p_1x+p_2$ 로 1차 선형 근사하여 지진동센서의 탐지 신호 세기 별(S_n) 거리(d_n)를 그림 4 및 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$f^{-1}(d_n) = S_n \rightarrow g(S_n) = d_n \quad \dots (7)$$

지역별 근사화된 식을 활용하여 표적 위치 추정 시 개선된 결과를 보여줬지만 타 지역에서 운용 시 성능이 저하되는 결과를 얻었다. 지역에 따른 성능 편차를 줄이기 위해 매 표적 위치 추정 시 사용되는 탐지 신호 세기 중 최솟값을 활용하여 식 (8)과 같이 나타냈다. 예를 들어 그림 3의 A 지역에서는 전체적으로 탐지 신호 세기가 높게 나타나므로 상대적으로 큰 값을 제하여 계산하게 된다. 동적으로 오프셋을 제함으로써 여러 지역에서의 거리별 탐지 신호 세기의 차이를 줄여 근사화된 식 $f(x)$ 의 전체적인 피팅률을 높였다.

$$g(S_n - \alpha \cdot \min(S_n)) = d_n \quad (0 < \alpha < 1) \quad \dots (8)$$

식 (8)을 통해 도출된 d_n 은 절대 거리를 나타내는 것은 아니지만 지진동센서와 표적의 실제 거리에 가까운 상대적 거리를 의미한다.

III. 시험 및 평가

표적 위치 추정 기능의 성능을 확인하기 위해 그림 5와 같은 평지 환경에서 그림 6과 같이 4개의 센서가 동시에 탐지할 수 있는 영역이 발생할 수 있도록 지진동센서 4개를 설치한다. 이웃한 센서 간의 거리는 약 35m로 탐지영역이 중복되는 면적은 약 2180여 m^2 이다. 이 영역 내 임의의 표적 위치 10곳 P1~P10 선정하였고, 발생된 탐지 신호의 세기를 통해 표적의 위치를 추정하여 성능을 확인했다.



그림 5. 표적 측위 시험 및 평가
Fig. 5 Target localization test and evaluation

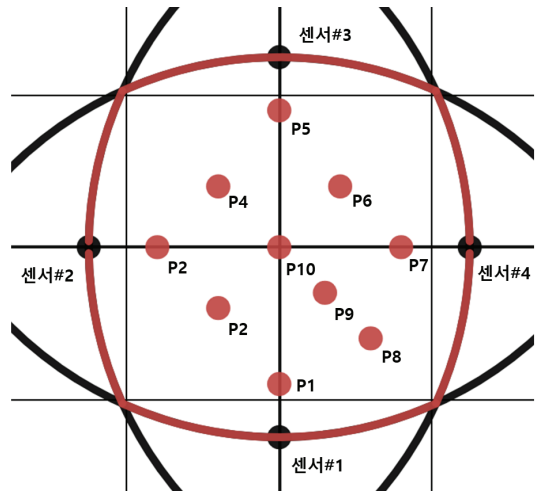


그림 6. 지진동센서와 표적 배치도
Fig. 6 Seismic sensor and target placement

표 1. 지역1에서의 실패적 위치 및 1회차 표적 측위 값

Table 1. Target location and localization in region1

Target No.	Target location (MGRS)	Target localization (MGRS)
P1	52S BD 64236 43916	52S BD 64239 43916
P2	52S BD 64246 43923	52S BD 64251 43923
P3	52S BD 64256 43928	52S BD 64259 43928
P4	52S BD 64263 43919	52S BD 64258 43922
P5	52S BD 64271 43910	52S BD 64269 43911
P6	52S BD 64259 43903	52S BD 64256 43902
P7	52S BD 64250 43896	52S BD 64253 43892
P8	52S BD 64238 43903	52S BD 64241 43904
P9	52S BD 64245 43909	52S BD 64247 43908
P10	52S BD 64252 43912	52S BD 64254 43914

침입자는 P1~P10에 해당하는 표적 위치에서 반경 1m 내에서 발걸음을 통해 탐지를 발생시키면 각 지진동센서는 탐지 신호를 중계기로 송신한다. 중계기에서는 단말기로 탐지 신호 및 계산된 표적 위치를 단말기로 송신한다. 표1과 같이 표적 위치 정보는 MGRS(: Military Grid Reference System) 좌표의 형태로 수신되며 정밀도는 1m이다. 단말기에 수신된 표적 위치와 실제 표적의 위치 사이의 거리를 계산하여 오차로 나타낸다. 기준 지점이 되는 지진동센서가 많을수록 정확도는 더 높아질 수 있으나 동등한 성능 비교를 위해 4개의 지진동센서를 활용하여 표적 위치 정확도를 비교하였다.

단말기에 수신된 표적 위치와 함께 계산에 사용된 지진동센서의 탐지 신호 세기를 수집하여 표 3과 같이 기존 방법을 통한 표적 위치를 계산하여 제안한 방법과 성능을 비교하였다.

표 2. 각 표적별 측위 오차 및 평균(m)
Table 2. Localization error and average for each target

Target No.	Localization error(m)		
	Region 1	Region 2	Region 3
P1	3.172	4.189	10.291
P2	3.274	4.173	7.858
P3	3.636	4.439	5.002
P4	5.497	5.524	2.647
P5	2.972	7.635	5.394
P6	1.756	9.460	2.565
P7	2.384	1.623	6.070
P8	3.377	7.672	5.043
P9	5.669	4.434	3.348
P10	4.464	0.710	5.037
Average	3.620	4.968	5.326

표 3. 기존 및 제안 방법의 오차 평균 비교(m)
Table 3. Comparison of errors for prior and proposed method

	Average error(m)		
	Region 1	Region 2	Region 3
WCL - Equation (1)	9.710	8.224	9.976
WCL - Equation (2)	7.915	6.059	8.489
Proposed	3.620	4.968	5.326

여러 지역에서 측정된 지진동센서의 탐지 신호 세기를 바탕으로 제안한 방법을 적용 시 기존 방법보다 표적 위치의 오차가 감소한 것을 확인할 수 있다. 표2는 제안한 방법 적용 시 각 표적 및 지역별로 실제 표적 위치와 계산하여 추정된 표적 위치의 오차를 나타낸 값이며, 전체 평균은 P1~P10의 평균을 나타낸 값이다. 표3은 기존 방법과 제안된 방법의 전체 평균 오차를 나타낸 것이며 각 지역 모두 제안된 방법이 더 향상된 성능을 나타내고 있다. 최소 오차 평균은 3.62m로 기존 방법을 활용한 결과인 9.71m보다 약 62% 향상된 결과를 보였으며, 다른 지역에서도 기존 대비 약 40%, 46% 오차가 줄어드는 결과를 얻었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 지진동센서의 탐지 신호 세기를 활

용하여 탐지 영역 내 표적의 위치를 산출하는 방법을 제안했다. 표적의 위치 계산은 표적탐지 시스템의 중계기에서 단말기로부터 수신받은 각 지진동센서들의 위치 정보와 센서로부터 수신된 탐지 신호 세기를 이용하여 표적 위치를 산출한다. 여러 지역에서 지진동센서의 거리별 탐지 신호 세기를 측정하였고, 표적 측위 시 동적으로 오프셋을 제하는 방식을 통해 환경적 요인에 의한 성능 편차를 줄였다. 다수의 지진동센서의 탐지를 통해 탐지 영역 내 10개의 위치에서 표적 위치를 산출하였고, 실제 표적 위치와의 계산된 표적 위치의 차이를 통해 성능을 비교 검증하였다. 오차 평균 3.62m까지 감소하여 기존 가중 중심 위치 측위를 활용한 방법보다 최대 62% 향상된 결과를 얻었다. 제안된 방법을 활용하여 표적의 위치 추정 외에 표적의 이동 방향 및 경로 추적 기능에도 향상된 성능을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] S. R. Jondhale, R. S. Deshpande, S. M. Walke, and A. S. Jondhale, "Issues and challenges in RSSI based target localization and tracking in wireless sensor networks," *2016 Int. Conf. on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT)*, Pune, India, 2016, pp. 594-598.
- [2] T. Kim and S. Hwang, "RFID System with Localization Function Based on Zigbee RSSI," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, 2016, pp. 1201-1208.
- [3] S. Kim, S. Shin, and S. You, "Localization Algorithms for Mobile Robots with Presence of Data Missing in a Wireless Communication Environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 4, 2023, pp. 601-608.
- [4] H. Han and T. Kwon, "On the Design of ToA Based RSS Compensation Scheme for Distance Measurement in WSNs," *J. of the Korea Information Processing Society C*, vol. 16, no. 5, 2009, pp. 615-620.
- [5] S. Jeon and S. Hwang, "Location Estimation Technique Based on TOA and TDOA Using Repeater," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 4, 2022, pp. 571-576.
- [6] J. Lee, J. Lee, J. Hyun, C. Lee, J. Bae, D. Paeng, J. Cho, T. Kang, and N. Lee, "Surveillance-Alert System based on USN using PDR sensors," *Institute of Electronics Engineers of Korea - Telecommunications*, vol. 48, no. 12, 2011, pp. 54-61.
- [7] Y. Kim and K. Chung, "An Efficient Intruder Detection using the Seismic Sensor," *J. of the Korea Institute of Military Science and Technology*, vol. 14, no. 6, 2011, pp. 1129-1137.
- [8] J. Lee, C. Lee, J. Bae, and J. Kwon, "Target Detection Algorithm Based on Seismic Sensor for Adaptation of Background Noise," *J. of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 50, no. 7, 2013, pp. 258-266.
- [9] S. Lee, C. Lee, and S. Kang, "A Study of Automatic Deployment for sensors placement in UGS," *Korea Institute of Military Science and Technology 2016 Fall Conf.*, Daejeon, Korea, 2016, pp. 743-747.
- [10] I. Hwang, J. Kim, H. Kim, and S. Yu, "A Case Study on Exploratory Development of Unattended Ground Sensor," *J. of the Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 37, no. 10, 2020, pp. 55-61.
- [11] S. Schuhmann, K. Herrmann, K. Rothermel, J. Blumenthal, and D. Timmermann, "Improved Weighted Centroid Localization in Smart Ubiquitous Environments," *Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC), Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5061, 2008.

저자 소개



임현수(Hyeon-Soo Im)

2016년 서울과학기술대학교 전자
IT미디어공학과 졸업(공학사)
2018년 광주과학기술원 대학원
전기전자컴퓨터공학부 졸업(공학
석사)

2019년 ~현재 한화시스템(주) 미래정보통신연구
소 선임연구원

※ 관심분야 : C4I, 상황인식, 무선 센서 네트워크



황인용(In-Yong Hwang)

1999년 경희대학교 전자공학과
졸업(공학사)
2001년 한국과학기술원 대학원
공학부 졸업(공학석사)

2008년 한국과학기술원 대학원 공학부 졸업(공학
박사)

2008년 ~현재 한화시스템 수석연구원

※ 관심분야 : 센서 네트워크, 국방 IoT, QoS 등



김형석(Hyung-Seok Kim)

2002년 국립공주대학교 기계공학
과 졸업(공학사)
2004년 국립공주대학교 대학원
웹멀티미디어학과 졸업(이학석사)

2015년 ~현재 한화시스템(주) 미래정보통신연구
소 수석연구원

※ 관심분야 : C2, C4I, 데이터링크, 상황인식, GIS,



신상헌(Sang-Heon Shin)

1998년 영남대학교 전자공학과
졸업(공학사)
2000년 영남대학교 대학원 정보
통신공학과 졸업(공학석사)

2004년 영남대학교 대학원 정보통신공학과 졸업
(공학박사)

2004년 ~ 2005년 미국 NIST초청연구원

2005년 ~ 2007년 인텔 코리아 R&D센터 과장

2007년 ~ 2009년 POSDATA Flyvo연구소 차장

2009년 ~현재 한화시스템(주) 미래정보통신연구
소 수석연구원

※ 관심분야 : 전송통신망, 네트워크 M&S, 지휘통
제 체계, 지리공간정보