

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2015.15.1.179>

JIIBC 2015-1-23

USN기반 PDR 센서의 검출 시간차를 이용한 표적 경로 검출 알고리즘

Target Path Detection Algorithm Using Activation Time Lag of PDR Sensors Based on USN

이재일*, 이종현**, 배진호***

Jaeil Lee*, Chong Hyun Lee**, Jinho Bae***

요약 본 논문에서는 탐지영역에 존재하는 이동 표적의 유무 정보만을 제공하는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기반 PDR(Pulse Doppler Radar) 센서 노드 환경에서 인접한 PDR 센서로 부터 이동하는 표적의 경로에 따른 검출 시간차의 통계적 특성을 이용한 표적 경로 검출 알고리즘을 제안한다. 알고리즘에 사용된 변수는 실측 실험 정보를 기반으로 도출한 표적 검출 시간차와 비검출 시간차이다. 그리고 PDR 센서 탐지 영역에서 발생하는 표적 이동 경로는 센서를 관통하는 경로, 센서와 병렬로 이동하는 경로 그리고 두 센서 사이를 바라보고 진입한 후 한쪽 센서 방향으로 향하는 3가지 경우이고, 각 경우에 대해 500회의 실험을 수행 하였다. 그 결과 각 경우에 따른 오류 검출 백분율은 각각 5.67%, 5.83% 그리고 7.17% 으로 제한된 표적 검출 환경에서 정확하게 표적 경로를 검출한다.

Abstract This paper proposes the target path detection algorithm using statistical characteristics of an activated time lag along a moving path of target from a neighboring sensor in PDR(Pulse Doppler Radar) sensor node environment based on USN(Ubiquitous Sensor Network) with a limitation detecting only an existence of moving target. In the proposed algorithm, detection and non-detection time lag obtained from the experimental data are used. The experimental data are through repetitive action of each 500 times about three path scenarios such as passing in between two sensors, moving parallel to two sensors, and turning through two sensors. From this experiments, error detection percentages of three path scenarios are 5.67%, 5.83%, and 7.17%, respectively. They show that the proposed algorithm can exactly detect a target path using the limited PDR sensor nodes.

Key Words : Pulse Doppler Radar, Path Detection Algorithm, Unattended Ground Sensor, USN, NCW

1. 서 론

현대전은 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare) 체계로 발전하고 있다. 탐지, 지휘, 타격 체계 등 여러 전투 요소를 통신 체계로 연계하여 정보의 우월

성 확보로 지휘속도 향상, 신속한 작전 전개, 치명적 타격, 생존성 향상 등 전투력을 극대화 시키는 작전수행 개념이다.^[1] 국외에서는 1980년대부터 공격탐지, 감시 및 경계, 적지 정찰 등의 목적으로 BAE SYSTEMS, Textron, L3 Communications와 같은 기업들은 무인 지

*준회원, 제주대학교 해양시스템공학과

**정회원, 제주대학교 해양시스템공학과

***중신회원, 제주대학교 해양시스템공학과(교신저자)

접수일자 : 2015년 1월 20일, 수정완료 : 2015년 2월 11일

게재확정일자 : 2015년 2월 13일

Received: 20 January, 2015 / Revised: 11 February, 2015

Accepted: 13 February, 2015

***Corresponding Author: baejh@jejunu.ac.kr

Dept. of Ocean System Engineering, Jeju National University, Korea

상 센서(UGS: Unattended Ground Sensor)제품을 연구 개발해왔다. 무인 지상 센서는 GPS, 위성통신, PIR(Passive InfraRed), 음향, 진동, 자기 센서 및 고성능 연산처리 장치에 의해 높은 탐지능력을 발휘하지만 비교적 큰 부피와 고 비용으로 광범위한 작전지역을 장시간 감시 정찰하기에는 어려움이 있다.^[2] 수km에서 수백km에 해당하는 군 작전지역에서 무인 센서를 이용한 감시정찰 시스템을 구축하기 위해서는 경량화, 저전력 그리고 대규모 센서 네트워크가 가능해야 한다.

유비쿼터스 센서네트워크(USN: Ubiquitous Sensor Network)기술은 1980년경 군사적인 목적으로 미국 DARPA(Defense Advanced Research Project Agency)에서 DSN(Distributed Sensor Networks)이라는 프로그램으로 버클리에에서 시작되었다. 이 프로그램은 적군 감지를 위해 통신 가능한 소형 센서들을 배치하고 적군의 움직임을 탐지하여 보고하는 형태의 시스템을 개발했다.^[3] 일반적으로 USN에 사용되는 센서 노드는 크기가 작고 전력소모가 작으며, 저전력 통신 환경을 제공한다. 또한 제한된 병렬처리 능력과 하드웨어 I/O 장치를 직접 접근방식으로 제어한다.^[4] 이러한 이유로 센서 노드는 경량화, 저전력 그리고 비용이 저렴한 장점을 갖지만 제한된 메모리, 낮은 연산처리 능력 등으로 센서 운용 측면에서 제한적으로 사용되는 단점이 있다. 센서 노드의 경량화, 저전력 그리고 대규모 센서 네트워크가 가능한 USN 기술을 군 시스템에 적용하기 위한 방안과^[5~8] USN의 음향, 진동, 자기, PIR 센서를 이용한 감시정찰 시스템이 연구 중이다.^[9,10] 이러한 가운데 USN의 경량화, 저전력 시스템 구현을 위해 제한적인 센서 운용 및 신호처리 환경은 감시정찰 시스템 운용환경에 따라 효율적인 적용 방안이 필요하다.

본 논문에서 사용된 USN기반 PDR 센서 노드는 미국의 Samraksh사의 BumbleBee Radar, Crossbow사의 imote2와 TelosB를 사용했다.^[2] 이 센서 노드는 탐지영역 내 존재하는 이동표적의 움직임에 따른 도플러 효과를 이용하여 표적의 존재 유무만을 정보로 제공한다. 이러한 센서 노드 환경에서 검출된 이동 표적의 위치는 센서 탐지영역의 면적 중심점을 선정하게 되며, 탐지영역에 비례하는 검출 오차가 발생한다. 그러나 이동 표적의 존재 유무만의 정보로는 센서 탐지영역을 벗어나는 표적의 이동경로를 예측할 수 없다. 군의 감시정찰 시스템 운용의 효율화를 위해서는 이동표적의 이동방향을 검출

하여 이동경로를 정확히 파악해야한다.

이러한 제한된 센서 노드 환경에서 표적의 이동방향 및 경로를 정확히 검출하기 위해 두 개 이상의 센서 탐지영역을 일부 겹치도록 배치하면, 표적의 이동 경로에 따라 각 센서 노드는 표적 검출 시점에 따라 활성화와 비활성화의 시간 정보를 얻을 수 있다. 이러한 시간 정보를 이용하여 각 센서 노드의 시간차를 계산하여 이동 표적의 진입 경로, 진출 경로 및 전체 경로를 검출 및 추정할 수 있다. 본 논문에서는 표적의 존재 유무만을 탐지하는 인접한 두 개 이상의 PDR 센서 노드에서 탐지된 시점의 시간차를 이용하여 표적 경로를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서 침입 경로에 따른 센서 노드 검출 시간차의 통계적 특성 획득 실험 및 결과를 소개하고, 3장에서 통계적 특성에 따른 표적 경로 검출 알고리즘 설명한다. 4장에서는 알고리즘의 구현 및 검증 실험결과를 소개한 후 5장에서 결론을 맺는다.

II. 표적 경로 검출 시스템

1. PDR 센서 노드

본 논문에서 운용되는 USN기반 PDR 센서 노드는 이동 표적의 도플러 효과를 검출하기 위한 PDR 센서와 검출된 신호로부터 이동표적의 존재를 확인하고 검출된 결과를 PC와 무선 센서네트워크하기 위한 USN 노드(TelosB and imote2)로 구성되며 그림 1과 같다.^[2] 여기서, A는 PDR 센서, B는 TelosB, 그리고 C는 imote2를 나타낸다.

그림 1의 PDR 센서는 상용화된 노드 규모의 저전력 레이더 센서로 탐지영역은 최대 10m, 종각 60° 그리고 횡각 120°이다. 중심 주파수는 5.8GHz이며 On-Board 안테나 형태로 구성된다.

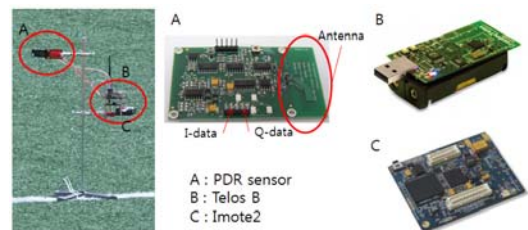


그림 1. PDR 센서 노드 구성
Fig. 1. PDR Sensor nodes

본 논문에서 사용된 PDR 센서는 이동 표적의 움직임을 탐지하여 도플러정보인 In Phase('I-Data')와 Quadrature('Q-Data')의 위상데이터를 TelosB의 I/O 포트를 통해 imote2에 전달한다. 전달된 위상 데이터는 imote2에서 연산 과정을 거쳐 이동 표적의 존재 여부를 판단하며, 판단 결과는 TelosB를 통해 PC 및 무선 센서네트워킹간에 통신을 수행 한다. 일반적인 PDR는 표적의 방위각, 거리 그리고 이동속도를 측정할 수 있다. 그러나 본 논문에 사용된 PDR 센서는 저전력, 경량화 시스템 구현을 위한 센서 노드로 군용 등에 제한적으로 운용하기 위한 시스템으로 탐지영역 내의 이동 표적의 존재 유무만을 정보로 제공한다.

그림 2는 표적 이동에 따라 발생하는 PDR 센서의 도플러정보인 'I-Data'와 'Q-Data'를 나타낸 것이다.

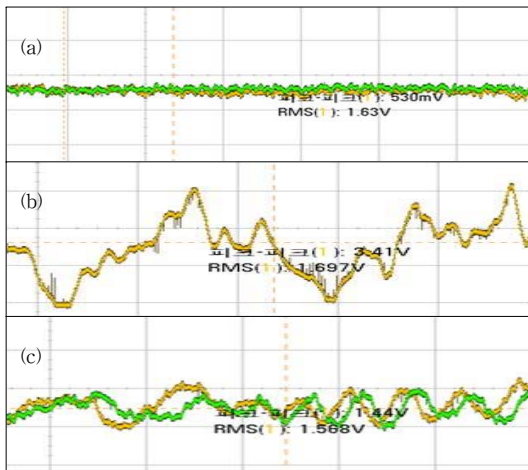


그림 2. 표적이동에 따른 PDR 센서 검출 결과, (a) 정상상태, (b) 근거리 이동, (c) 원거리 이동
 Fig. 2. Detection of the PDR sensor according to the target movement, (a) Steady state, (b) Near filed move, (c) Far filed move

여기서, (a)는 이동 물체가 탐지되지 않는 정상상태로 약 1.63V의 DC offset되어 있으며 신호의 진폭 변화는 530mV로 안정되어 있다. (b)는 센서로부터 4m이내의 근거리에서 이동한 표적에 의한 출력으로 진폭 변화는 3.41V로 변화 하고, (c)는 원거리에서 이동한 표적에 의한 출력으로 진폭은 1.44V로 변화한다. 지금까지 설명한 바와 같이 본 논문에 사용된 센서노드는 이동하는 표적에 따라 변화하는 신호를 이용하여 센서노드 근방에서 이동하는 표적의 유무만을 탐지하는 정보가 제한된 시스템이다.

이러한 정보가 제한된 시스템을 이용하여 군사적으로 더 정확한 탐지를 위해서는 표적의 이동경로를 검출해야 한다.

2. 표적 탐지 시스템

일반적인 표적탐지 시스템은 표적의 예상침투경로에 PDR 센서 노드를 배치한 후 아군의 지휘소(방호체계)에 접근하는 표적을 탐지한다. 이때 탐지된 정보는 표적 탐지 시스템의 기지국 노드와 USN기반으로 각 노드 ID와 상태 정보를 전달한다. 또한 기지국 노드는 PC와 USB 시리얼 통신으로 탐지 정보를 전달하며 각 노드의 탐지 정보를 기반으로 표적의 유무 정보를 GUI(Graphical User Interface)화면에 표현한다.^[2] 그러나 표적의 탐지 정보만을 이용하여 감시영역의 경계면에 배치된 센서 노드의 표적 탐지 결과 이후의 표적 예상 이동경로를 추정하기 어렵다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 그림 3과 같이 센서 노드로부터 이동 표적 탐지 결과만을 제한적으로 제공받는 환경에서 표적의 이동 경로를 추적하고 예상 경로를 예측하는 감시정찰 시스템을 설계하고 구현하기 위해 각 노드에서 수신된 상태 정보의 수신 시간을 PC 내부 타이머를 이용하여 표적의 유무 뿐만 아니라 시간정보도 동시에 획득한다.

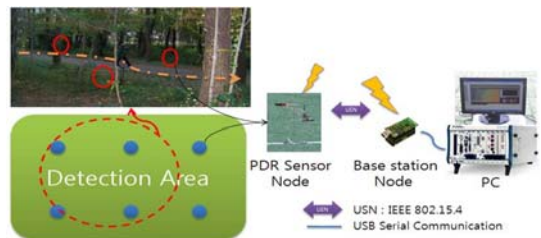


그림 3. 표적 탐지 시스템 구성 및 시나리오
 Fig. 3. Configuration and scenario for target detection system

III. 이동 표적 추적 및 경로 검출 알고리즘

1. 이동 표적의 검출 시간차

제한된 PDR 센서 노드 환경에서 이동표적의 위치는 중심점 선정 방법으로 검출 된다. 표적 이동 경로에 따른 검출 결과는 센서 탐지 범위에 비례하는 검출 오차를 갖

게 된다. 이러한 센서 노드의 오차를 줄이기 위해 센서 노드 배치방법에 대한 연구가 진행 되었다.^[2] 넓은 영역을 탐지하기 위해 각 센서 노드의 탐지 영역이 겹치지 않게 하거나 표적의 위치 오차를 줄이기 위해 각 센서 노드를 가깝게 배치한다. 하지만 전시 상황에서는 원하는 시나리오에 맞추어 배치하기 어려우며 일반적으로 무의식적으로 센서 노드들을 배치 할 경우 센서간의 탐지 영역이 겹치게 된다. 본 논문에서는 그림 4와 같이 각 센서 간의 탐지 영역이 인접한 센서들 간에 서로 일부분 겹친다고 가정한다. 여기서 이동 경로 1과 2로 표적이 이동할 때 센서 노드 A와 B의 위치에 따라 표적 검출 활성화 시작 시점과 비활성화 시작 시점에 시간차가 발생한다. 활성화 시간차와 비활성화 시간차는 표적 이동 경로에 따라 경로 1에서보다 경로 2에서 더 큰 시간차가 발생한다. 즉, 한 쌍의 센서 노드로부터 표적 검출 시간차를 이용할 때 침입 진입 경로와 진출 경로를 파악할 수 있다.

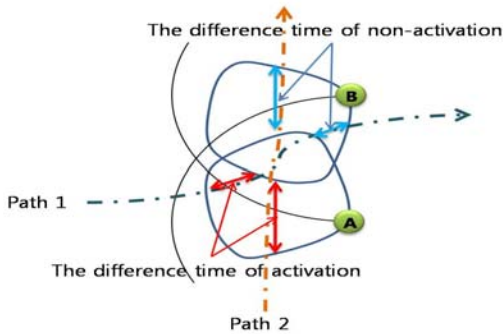


그림 4. 이동 경로에 따른 검출 시간차
 Fig. 4. Difference of activation time between sensor nodes according to the moving path

활성화 시간차를 dt_{on} , 비활성화 시간차를 dt_{off} 라 할 때 dt_{on} 과 dt_{off} 는 다음의 식(1)과 같이 계산된다.

$$dt_{on} = A_{on_time} - B_{on_time} \quad (1)$$

$$dt_{off} = A_{off_time} - B_{off_time}$$

여기서, A_{on_time} 와 A_{off_time} 는 각각 A 센서 노드의 활성화(on)와 비활성화(off) 시작 시간을 나타내고, B_{on_time} 와 B_{off_time} 는 각각 B 센서 노드의 활성화(on)와 비활성화(off) 시작 시간을 나타낸다.

2. 이동 경로 추적 및 검출

지금부터는 표적의 이동 경로에 따른 PDR 센서 노드에서 검출된 시간차의 통계적 특성을 분석하기 위한 데이터 획득에 대한 실험을 소개한다. 그림 5는 표적 이동 경로에 따른 검출 시간차 획득의 실험 환경을 나타낸다. 여기서, A와 B는 PDR 센서 노드를 나타내고, 경로 1은 두 센서 사이를 관통하는 경로, 경로 2는 두 센서와 병렬로 이동하는 경로, 그리고 경로 3은 두 센서 사이를 바라보고 진입한 후 한쪽 센서 방향으로 향하는 경로를 의미한다.

시간차 측정을 위한 실험은 센서 노드를 그림 5와 같이 탐지영역이 겹치도록 배치한 후 각 이동 경로를 기준으로 $\pm 1m$ 오차 범위에서 표적 이동 속도와 변위를 임의로 변화시키며 이동할 때 검출 되는 센서 노드의 활성화 및 비활성화 시간을 측정 하였다.

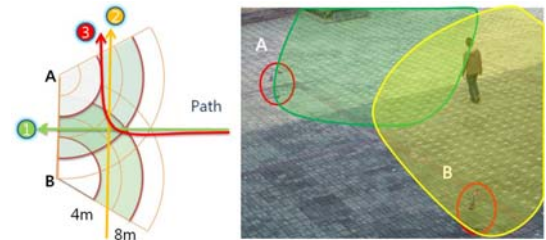


그림 5. 검출 시간차 획득 실험
 Fig. 5. Experiment for detected target activation time difference of PDR sensor nodes

표 1은 실험에 참여한 5명의 피실험자의 정보와 측정 데이터 수를 보인다. 여기서 S1, S2, S3, S4, S5는 각 피실험자를 의미하고 Total은 각 피실험자당 100회의 반복 실험을 통해 획득한 종합 측정 횟수를 나타낸다. 각 경로에 대한 활성화 및 비활성화 시간의 히스토그램은 가우시안 분포 특성을 보이고 그림 6과 같다.

표 1. 피실험자 정보 및 경로에 따라 측정된 데이터 수
 Table 1. Information of the experimenter and the measured data according to path

Target information	Path 1	Path 2	Path 3
S1 (188cm, 72kg)	100	100	100
S2 (180cm, 77kg)	100	100	100
S3 (171cm, 65kg)	100	100	100
S4 (172cm, 60kg)	100	100	100
S5 (173cm, 80kg)	100	100	100
Total	500	500	500

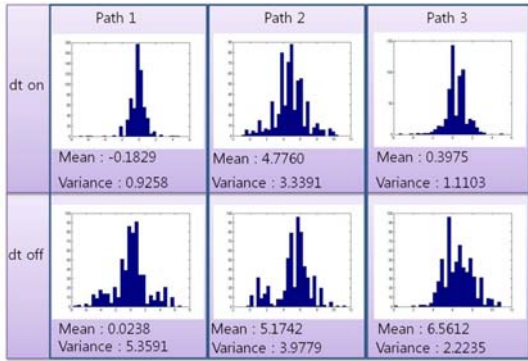


그림 6. 검출 시간차의 히스토그램
 Fig. 6. The histogram of the activation difference time

실험 결과로부터 이동경로에 따른 검출 시간차의 분포를 정규분포로 가정할 수 있으며, 이렇게 얻은 이동 경로에 따른 검출 시간차의 평균과 분산 데이터를 이용하여 비활성화 시간차를 observation z1축으로 활성화 시간차를 observation z2축으로 하는 2차원 확률밀도함수(pdf: Probability density function)를 구할 수 있다.

2차원 확률밀도함수로 부터 이동 경로 결정 영역을 최대우도검과를 이용하여 식(2)와 같이 선정 할 때 각각의 경로에 따른 오류 검출 백분율은 각각 5.67%, 5.83% 그리고 7.17%의 낮은 오류 확률을 갖고 표적의 이동경로를 결정 할 수 있다.^[11]

$$\begin{aligned}
 d1 &= \{z: z_2 + 0.44z_1 < 2.8 ; z_2 + 3.411z_1 < 13.65\} \\
 d2 &= \{z: z_2 + 0.44z_1 > 2.8 ; z_2 - 0.223z_1 > 0.4\} \\
 d3 &= \{z: z_2 - 0.223z_1 < 0.4 ; z_2 + 3.411z_1 > 13.65\}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

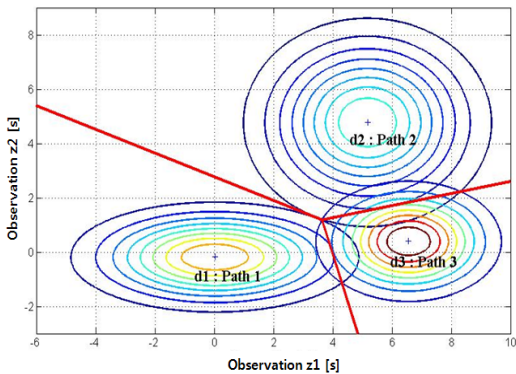


그림 7. 2차원 확률밀도함수를 이용한 이동경로 검출
 Fig. 7. Moving path detection using two dimension pdf

한 쌍의 PDR 센서 노드의 검출 시간차를 이용한 이동 경로 검출 결과는 중심점 선정 방법의 검출 오차를 보상하고 표적의 예상 이동경로를 추정 할 수 있다. 인접 센서 노드 간의 활성화 시간차를 이용하여 검출된 이동 경로로부터 다음 이동 표적의 추적은 칼만, 알파-베타 추적기 및 보간법 등 다양한 방법^[12]을 사용할 수 있으며 본 논문에서는 경량화 시스템 구현을 위해 선형 보간법을 이용하여 추적하였다.^[2,11] 선형 보간법은 예측된 위치와 그 영역에서 활성화되는 센서 노드들의 활성화 시간 및 시간차의 정보를 이용하여 얻은 위치를 다시 업데이트하여 다음 이동 경로의 위치를 추정하는 추적필터와 달리 단지 현재 지점과 예측된 지점을 선형적으로 연결하는 기능을 수행한다. 이동경로 검출 및 추적은 그림 8과 같은 순서도로 표현된다.

탐지영역에 배치된 각 PDR 센서 노드의 표적 검출 결과는 기지국 노드와 직렬 통신하여 수신 받는다. 이때 센서 노드는 이동표적을 검출하여 센서 노드의 상태가 활성화를 시작하면 '20(0x14)'을 활성화를 멈추면 '21(0x15)'의 상태 정보를 송신한다. 수신된 센서 노드의 상태정보는 노드의 ID와 노드 활성화 상태 그리고 수신된 시간을 버퍼에 기록한다. 수신된 노드의 상태 정보와 인접한 노드의 상태정보를 확인하여 탐지영역의 면적 중심점^[2]을 표적의 위치로 선정한다. 여기서, 중심점 좌표는 배치된 노드의 좌표를 기준으로 사전에 연산하여 Look up table에 기록하여 활용한다. 또한 한 쌍의 노드 상태정보로부터 검출 시간차를 획득하여 표적의 이동 경로를 결정한다. 결정된 표적 이동 경로로부터 한 쌍의 센서 노드의 탐지영역을 벗어나는 예상 이동 경로를 추정 한다. 추정된 예상 이동 경로와 중심점 선정 방법으로 검출된 표적의 위치정보를 기반으로 표적을 추적한다. 최종 표적 예상 이동경로는 화살표로 제시 한다.

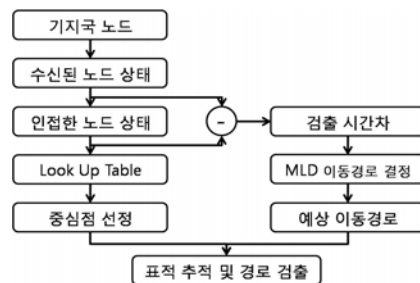


그림 8. 이동 경로 검출 알고리즘 블록도
 Fig. 8. Algorithm block diagram of moving path detection

IV. 실험 결과

이동 경로에 따라 발생하는 검출 시간차를 이용한 표적 경로 검출 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 PDR 센서의 탐지영역이 겹치도록 센서 노드를 배치한 후 산책로, 오솔길, 넓은 공터 등에서 실험을 수행하였다. 그림 9는 검증 실험이 수행된 환경으로 6개 또는 10개의 센서 노드를 격자형과 갈지자형^[2]으로 배치하였다.



그림 9. 표적 경로 검출 실험
Fig. 9. Experimental to detect a target path

그림 10은 10개의 센서를 격자형으로 배치한 후 탐지 영역을 점선과 같이 관통할 때 이동 표적 추적 및 예상경로 검출 결과를 보인다. 이동 표적의 추적 결과는 중심점 선형 방법의 표적 위치 선정 결과를 선형 보간 법으로 연결하여 추적하고 최종 예상 경로를 화살표로 제시한다.

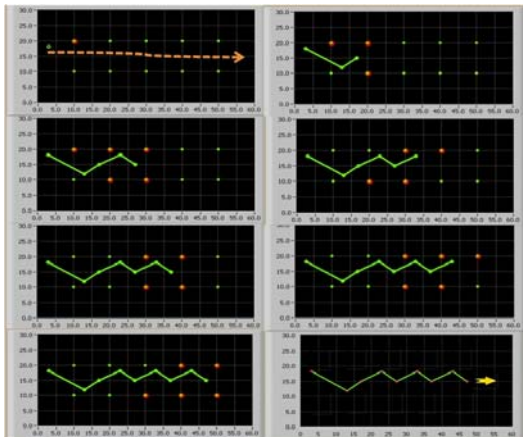


그림 10. 10개의 센서 노드를 이용한 표적 이동경로 검출
Fig. 10. Detection of a target path using the sensor nodes 10

그림 11과 그림 12는 6개의 센서 노드를 각각 격자형과 갈지자형으로 배치한 후 점선과 같이 이동한 경우에

대한 표적 추적 및 경로 예측 결과를 보인다. 표적의 거리 정보와 속도 정보를 알 수 없는 환경에서 표적을 탐지 추적함에 있어 정확한 위치 선정은 불가능하나 한 쌍의 센서 노드만으로 표적을 탐지 추적 가능하며 검출 시간차 정보를 이용하여 이동 경로를 예측할 수 있다.

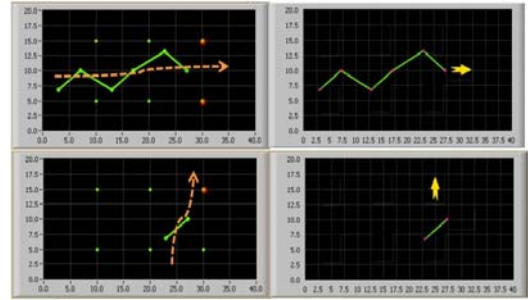


그림 11. 6개의 센서 노드를 이용한 표적 이동경로 검출 (격자형 배치)
Fig. 11. Detection of a target path using the sensor nodes 6 (Grid disposition)

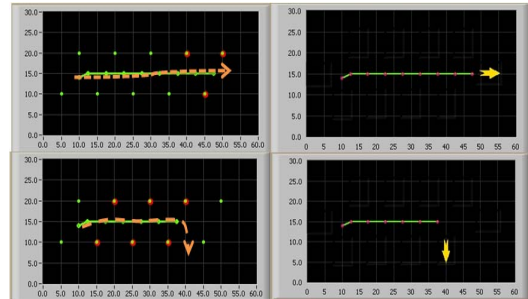


그림 12. 6개의 센서 노드를 이용한 표적 이동경로 검출 (갈지자형 배치)
Fig. 12. Detection of a target path using the sensor nodes 6 (Zigzag disposition)

V. 결론

본 논문에서는 탐지영역에 존재하는 이동 표적의 유무 정보만을 제공하는 제한된 PDR센서 노드 환경에서 인접한 한 쌍의 PDR 센서로부터 표적 이동 경로에 따른 검출 시간차의 통계적 특성을 이용한 표적 경로 검출 알고리즘을 제안하였고, 실험을 통해 검증 하였다. 한 쌍의 센서 노드에서 표적의 이동 경로에 따라 발생하는 검출 시간차의 통계적 특성을 획득하기 위한 실험을 수행하였다. 실험적으로 획득한 2차원 확률밀도함수로 부터 각 이

동 경로 결정 영역에 따른 오류 검출 백분율은 각각 5.67%, 5.83% 그리고 7.17%의 낮은 오류 확률을 갖고 표적의 이동경로를 결정 할 수 있다. 이때 사용된 변수는 이동 표적 검출에 따른 활성화 시간차와 비활성화 시간 차이이다. 표적의 거리 정보와 속도 정보를 알 수 없는 환경에서 제안된 알고리즘을 통한 표적 추적실험 결과 한 쌍의 노드 결과만으로 이동 표적 추적 및 경로 예측 가능함을 확인하였다.

본 연구의 결과는 감시정찰 목적의 무선 센서네트워크 시스템 연구 및 응용분야에 적용될 것으로 기대된다. 특히 탐지영역에 존재하는 표적의 유무 정보만을 제공하는 제한된 센서 노드 환경에서 감시정찰 시스템 개발에 유용하게 사용될 것이라 판단된다.

References

- [1] C. Y. Chong and S. P. Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges", Proc. of the IEEE, Vol. 91, No. 8, pp. 1247-1256, May 2003.
- [2] J. Lee, J. H. Lee, J. W. Hyun, C. H. Lee, J. Bae, D. G. Paeng, J. Cho, T. Kang and N. Lee, "Surveillance-Alert System based on USN using PDR sensors", J. IEEK, Vol. 48-TC, No. 12, pp. 54-61, December 2011.
- [3] D. Li, K. D. Wong, R. H. Hu and A. M. Sayeed, "Detection, Classification, and Tracking of Targets", Signal Processing Magazine, IEEE, Vol. 19, No. 2, pp. 17-29, 2002.
- [4] <http://www.tinyos.net/>
- [5] J. Nemeroff, L. Garcia, D. Hampel and S. Dipierro, "Application of Sensor Network Communications", Proc. of IEEE Conf. on Military Communications Conference, Vol. 1, pp. 336-341, October 2001.
- [6] S. T. Kimi, "The Development of Tactical Training Evaluation System using WMN", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 12, No. 5, pp. 191-196, October 2012.
- [7] S. T. Hong and G. W. Shin, "The Construction and Performance Test of Complex Networks based on Ubiquitous", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 11, No. 4, pp. 23-29, August 2011.
- [8] H. R. Kim and Y. I. Kang, "Design of a Coordinator-based Intrusion Detection System in Ubiquitous Sensor Network Environment", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 11, No. 3, pp. 984-990, March 2010.
- [9] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaiam and E. Cayirci, "A survey on sensor networks", Communications Magazine, IEEE, Vol. 40, pp. 102-114, 2002.
- [10] J. Lee, C. H. Lee, J. Bae and J. Kwon, "Target Detection Algorithm Based on Seismic Sensor for Adaptation of Background Noise", J. IEEK, Vol. 50, No. 7, pp. 258-266, July 2013.
- [11] J. L. Melsa and D. L. Cohn, Decision and estimation Theory, McGraw-Hill Book Company, 1978.
- [12] Y. Bar-Shalom and T. E. Fortmann, Tracking and Data Association, Academic press, 1988.

저자 소개

이 재 일(준회원)



- 2009년 : 제주대학교 해양산업공학전 공학사 졸업.
- 2011년 : 제주대학교 해양정보시스템 공학과 석사 졸업.
- 2011년 ~ 현재 : 제주대학교 해양시스템공학과 박사과정.

<주관심분야 : 통계학적 신호처리, 센서 신호처리, Parametric Array, 수중통신>

이 종 현(정회원)



- 1985년 : 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.
- 1987년 : Michigan Technological University 석사 졸업.
- 2002년 : 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 박사졸업.
- 1990년 ~ 1995년 : 한국전자통신연구원 선임연구원.

- 2000년 ~ 2002년 : (주)KM Telecom 연구소장.
 - 2003년 ~ 2006년 : 서경대학교 전자공학과 전임강사
 - 2006년 ~ 현재 : 제주대학교 해양시스템공학과 부교수.
- <주관심분야 : 통계학적 신호처리, 적응 배열 시스템, 수중 및 이동 통신, UWB 무선전송기술>

배 진 호(중신회원)



- 1993년 : 아주대학교 전자공학과 학사 졸업.
- 1996년 : 한국과학기술원(KAIST) 정보통신공학과 석사 졸업.
- 2001년 : 한국과학기술원(KAIST) 전자전산학과 박사 졸업.
- 1993년 ~ 2002년 : (주)대양전기공업 실장.

- 2002년 ~ 2002년 : 한국과학기술원(KAIST) BK21 초빙교수.
 - 2006년 ~ 2007년 : Texas A&M 방문교수.
 - 2013년 ~ 2014년 : UC Santa Cruz 방문교수.
 - 2002년 ~ 현재 : 제주대학교 해양시스템공학과 교수.
- <주관심분야 : 광신호처리 및 통신, 레이더 및 소나 신호처리, 인쇄전자 소재 및 소자, 항해 시스템>