

# 센서네트워크 상황하의 협력적 물체 추적 알고리즘 개발

## Development of Cooperative Object Tracking Algorithm Under the Sensor Network Environment

김성호 · 김시환

Sung-Ho Kim and Si-Hwan Kim

군산대학교 전자정보 공학부

### 요 약

최근 반도체 제조기술의 발달로 저가의 센서 노드의 개발이 가능해 짐에 따라 실제 시스템에 대한 모니터링 및 제어 시스템의 개발이 가능하게 되고 있다. 이에 본 연구에서는 센서 네트워크 어플리케이션 중 하나인 움직이는 물체의 추적을 위한 새로운 형태의 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 알고리즘은 물체의 이동을 감지한 센서 노드들간의 협업을 통해 이동 물체의 움직임을 지속적으로 감지하는 것을 가능케 한다. 이로 인해 제안된 알고리즘은 타겟의 순간적인 농침을 초래할 수 있는 예측 실패 등에 대해 강인한 특성을 갖는다. 또한 시뮬레이션 고찰을 통해 제안된 알고리즘이 랜덤한 움직임을 갖는 타겟에 대한 정확한 추적이 가능함을 확인하였다.

### Abstract

With recent advances in device fabrication technology, economical deployment of large scale sensor networks, a design of pervasive monitoring and control system has been made possible. In this paper, we present a new algorithm for one of the most likely applications for sensor networks; tracking moving targets. The proposed algorithm uses a cooperations between the sensor nodes which detect moving objects. Therefore, the proposed scheme is robust against prediction failures which may result in temporary loss of the target. Using simulations we show that the proposed moving object tracking algorithm is capable of accurately tracking targets with random movement patterns.

Key Words : Sensor Network, moving object tracking, Monitoring and Control System

### 1. 서 론

최근 들어 물리적 공간과 전자적 공간을 융합한 유비쿼터스란 개념이 널리 사용되고 있다. 유비쿼터스 공간이란 모든 물리공간에 컴퓨터를 집어넣음으로써 사람과 컴퓨터뿐만 아니라 사람과 사물, 사물과 사물이 모두 유 무선으로 연결되어 서로 대화하고 알아서 스스로 의 행동을 결정할 수 있는 환경을 의미한다. 이러한 유비쿼터스 환경의 구체적 구현으로, 최근 급속히 발전되고 있는 무선통신기술과 반도체 설계 기술을 이용한 저가격, 저 전력의 다양한 센서 노드들에 기반 한 센서 네트워크를 들 수 있다[1-2].

센서네트워크는 기본적으로 계측 및 무선통신 기능이 탑재된 다수의 센서노드들로 구성된다. 이러한 센서노드들은 자체적으로 네트워크를 형성하는 것이 가능하며 이로 인해 측정된 정보를 자체적으로 형성된 망을 통해 인터넷과 같은 기간망으로 전달할 수 있어 광범위한 지역의 생태 모니터링, 지진 감시 및 군사용 등에 폭넓게 적용되고 있다. 이러한 센서 네트워크의 이점이 가장 잘 활용되는 다양한 응용분야 중 하나로 센서 네트워크 협조공간상에서의 물체추적을 들 수 있다. 센서 네트워크 협조공간상에서의 물체추적은 특성상

단순 환경모니터링 어플리케이션과는 전혀 다른 영역에 해당된다.

센서 네트워크 협조 공간상에서 이동성을 갖는 물체를 효율적으로 추적하기 위해서는 타겟 근방에 설치된 센서노드들로부터의 감지 정보를 협력적으로 교환함으로써 타겟의 움직임을 지속적으로 추적할 수 있어야 한다. 그러나 센서 네트워크 협조공간은 중심적인 통제 메커니즘과 백본 네트워크가 없다는 점, 센서 노드가 한정된 전원을 사용한다는 점 및 무선 통신 대역폭이 매우 제한적이라는 제약조건을 갖는다. 이러한 제약을 극복하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔다[3-5].

W. Zhang 등은 센서 네트워크 환경하에서 움직이는 물체의 감지 및 추적을 위해 Convoy Tree에 기반한 DCTC(Dynamic Convoy Tree- Based Collaboration) 알고리즘을 제안한 바 있다[6]. DCTC 알고리즘은 에너지 소비 측면 및 타겟 정보의 정확성 면에서 좋은 성능을 발휘하지만 루트 노드만이 물체의 추적에 관여하기 때문에 루트 노드의 물체 추적 실패는 더 이상의 추적을 불가능하게 한다는 문제점을 갖는다. 또한 F. Zhao 등은 하나의 리더 노드만을 사용하여 물체의 추적을 가능케 한 IDSQ(Information-Driven Dynamic Sensor Collaboration) 알고리즘을 제안하고 제안된 기법의 유용성을 확인한 바 있다[7]. IDSQ 알고리즘은 현재의 리더 노드가 에너지 고갈 등의 이유로 동작하지 못할 경우, 타겟 정보를 다음 리더 노드에게로 전송하지 못하게 되어 더 이상의 추적이 불가능하게 된다는 문제점을 갖는다.

일반적으로 센서 네트워크상황하에서의 물체 추적 시에는 다음과 같은 점들이 고려되어야 한다.

접수일자 : 2006년 11월 20일  
완료일자 : 2006년 11월 30일  
감사의 글 : 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-11088-0)지원으로 수행되었음.

1) Query-driven : 효율적인 물체추적을 위해서는 물체의 감지 정보를 주기적으로 베이스 노드에 전송하는 것이 바람직하나 이는 불필요한 자원을 낭비하는 요소가 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 센서 노드에서 물체의 이동이 감지되었을 경우에만 감지 정보를 베이스 노드로 전송하는 질의 기반 방식이 바람직하다.

2) collaborative processing : 센서 네트워크 환경하에서는 여러 개의 센서 노드가 분산 배포되며 경우에 따라 타겟 주위에 다수의 센서 노드들이 위치할 수 있다. 따라서 타겟 추적의 실패를 방지하기 위해 주변 센서 노드들간의 무선 통신을 통한 정보 공유 및 교환 등과 같은 협업이 요구된다.

이에 본 연구에서는 센서 노드들 간의 협업을 통해 물체의 감지와 이동 경로의 예측을 가능케 함으로써 missing-rate를 최소화할 수 있는 알고리즘을 제안하고 제안된 기법의 유용성 확인을 위한 시뮬레이션을 수행하고자 한다.

## 2. 기 제안된 물체 추적 알고리즘

### 2.1 DCTC(Dynamic Convoy Tree-Based Collaboration)[3]

DCTC는 타겟의 효율적 감지 및 추적을 위해 동적 Convoy Tree에 기반한 협업 체계를 갖는다. convoy tree에 의한 움직이는 물체의 추적이 어떻게 진행되는지를 나타내면 그림 1과 같다.

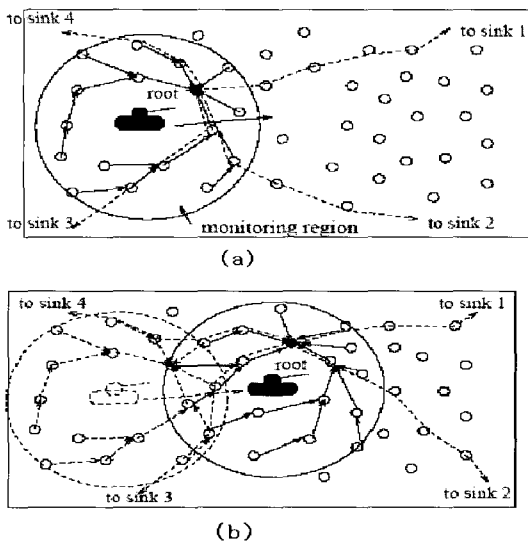


그림 1. 타겟 추적을 위한 convoy tree.  
Fig. 1. Convoy tree for target tracking.

그림 1(a)는 처음 물체가 감지되었을 경우를 나타내는 것으로 감지된 물체를 중심으로 일정한 반경 내의 센서 노드들이 루트를 중심으로 하는 초기 convoy tree를 구성한다. 루트는 트리의 멤버들로부터 센싱된 자료를 수집하고, 수집된 자료들을 이용하여 물체에 대한 정확한 정보를 획득한다. 그림 1(b)는 물체가 이동함에 따라 convoy tree가 어떻게 재구성되는 지를 나타낸다. 일반적으로 물체는 움직이기 때문

에 루트를 중심으로 형성되는 감지역역(detection region) 또한 움직이게 된다. 그러므로 루트는 트리 멤버들 중 감지역역에 속하지 않는 노드들을 트리로부터 배제시키고 물체가 이동할 것으로 기대되는 지역의 노드들을 트리에 추가시킨다. 일반적으로 움직이는 물체와 루트와의 거리가 설정된 임계값을 초과하게 되면, 현재 물체에서 가장 가까운 센서 노드가 루트로 선정되고 새롭게 설정된 루트를 중심으로 convoy tree는 재구성된다. 감지역역의 중심 즉, 물체와 가까운 노드가 루트가 되면 트리 멤버들과의 통신 오버헤드가 작아져 에너지 소비를 줄일 수 있게 된다.

감지역역 내에서 물체가 움직일 경우에는 센서 노드들의 추가/삭제 동작이나 트리의 재구성 과정이 없기 때문에 DCTC는 에너지 소비 측면과 타겟 정보의 정확성 면에서 좋은 성능을 발휘한다. 하지만 루트만이 물체 추적을 책임지고 있기 때문에 루트의 물체 추적의 실패는 타겟 정보를 잃게 될 뿐만 아니라 더 이상의 추적이 힘들게 된다는 문제점을 갖는다.

### 2.2 IDSQ(Information-Driven Dynamic Sensor Collaboration)[4]

IDSQ는 sensor-to-sensor leader handoff 기반의 기법으로 하나의 노드만이 물체의 이동을 추적하는데 사용된다. 하나의 리더 노드는 이웃 센서 노드들 중 어떤 센서 노드가 물체에 대한 정보를 획득하기 위해서 동작되어야 하는지를 결정해야 한다. 따라서 IDSQ는 물체의 정보를 어떤 노드에게 전달 할 것인지에 대해 초점을 맞춘다.

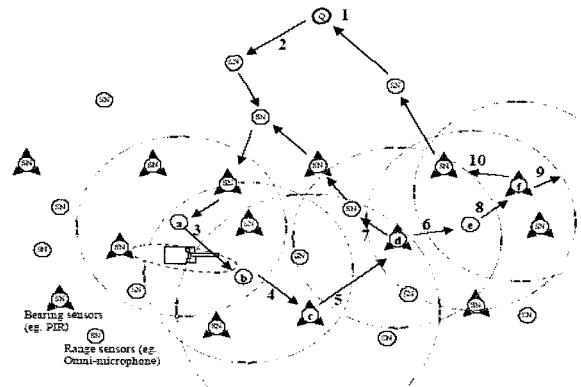


그림 2. 센서 협력 결정.  
Fig. 2. Sensor collaboration decision.

그림 2는 IDSQ에서 센서 협력 결정이 어떻게 이루어지는지를 설명한 것으로 물체가 센서 필드의 왼쪽에서 오른쪽으로 움직인다고 가정한다. 처음에 유저로부터의 질의는 노드 Q에서 노드 a까지 전송된다. 리더 노드 a는 reasonable cost를 가지고 다음 추정(estimation)에서 가장 좋은 측정(measurement)을 제공할 것으로 기대되는 센서 노드 b를 선택하고 현재의 추정값(estimate)을 전달한다.

물체와의 거리를 기반으로 리더 노드가 결정되며 리더 노드는 이웃 노드들의 센싱 가능 범위, 자신과의 거리, 사용 가능한 에너지 정보가 결합된 비용을 기반으로 물체를 검출할 이웃 노드를 결정한다. 리더 노드의 이웃 노드들은 물체를 검출한 후, 그 정보를 리더 노드에게 전송하며, 리더 노드는 수집된 정보를 종합하여 directed diffusion 라우팅과 같은

shortest path 라우팅 알고리즘으로 싱크에게 전달한다. 그러나 IDSQ에서는 현재의 리더 노드가 에너지 고갈 등의 이유로 동작하지 못할 경우, 타겟 정보를 다음 리더 노드에 게로 전송하지 못하게 되어 더 이상의 추적은 불가능하게 된다는 문제점을 갖는다.

### 3. 센서네트워크 기반 협력적 물체 추적 알고리즘

일반적으로 센서 네트워크상에서 이동 물체의 추적을 위해서는 마이크 및 조도 등과 같은 다양한 형태의 센서 등이 사용되고 있으며 물체의 존재는 센서 출력이 설정된 임계값을 넘을 경우에 인식된다. 따라서 각각의 센서 노드에 탑재되는 센서 임계치의 최적 설정은 물체의 인식 및 경로의 추적 성능에 큰 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 센서의 임계치 설정을 적응적으로 이루어지게 함으로써 물체 추적시의 missing-rate를 최소화시킬 수 있는 새로운 형태의 기법을 제안하고자 한다. 제안된 기법은 각각의 센서 노드들이 물체의 인식을 주변 노드에 알리고 또한 주변 노드로부터의 인식 정보를 활용한 협업을 통해 물체의 추적을 효율적으로 수행하는 기법이다.

지를 주변노드로 송신하는 과정이다. 이때 주변 노드는 물체의 이동을 관측한 노드로부터 송신된 메시지를 수신하게 되고 수신된 메시지는 수신 노드에 설정된 패턴 테이블 및 메모리에 저장된다. 각 과정과 관련된 자세한 동작을 살펴보면 다음과 같다.

#### 3.1 이동 감지 루틴

이동 물체의 추적은 물체의 이동이 감지된 센서노드로부터 시작된다. 즉, 어떤 센서노드 근방에서 물체의 이동이 감지되면(센서 값이 설정된 임계값을 초과할 경우) 이 센서 노드는 자신의 주변에 표 1과 같은 메시지를 브로드캐스트 한다.

표 1. 브로드캐스트 되는 메시지의 구조.

Table 1. Broadcast message format.

Field	Description
address	target address (0xFFFF)
type	AM message type
group	group address
length	data length
sender ID	unique identifier of sending node
precision	sensing precision
crc	crc

sender ID는 물체를 감지한 센서노드의 고유 ID를 의미하며 precision은 물체 감지에 대한 정확도를 나타낸다. 센서로부터 측정된 A/D값이 설정된 임계값보다 클 수록 precision의 값도 높아진다. 즉, 이 값이 클수록 물체를 확실히 감지했음을 의미한다. precision은 식(1)로부터 구할 수 있다.

$$P = (V_{ad} - T)^2 \tag{1}$$

여기서  $V_{ad}$ 는 A/D 변환을 통해 얻어진 센서 값이고  $T$ 는 해당 센서의 임계값이다. precision은 물체가 감지되었다는 정보의 확실성을 표현하기 위해 사용된다. 표 1과 같은 메시지를 받은 주변 노드들은 메시지를 받은 시각과 함께 자신의 메모리에 메시지를 저장하며 이 저장된 메시지는 설정된 규정 시간이 초과되면 자동적으로 메모리에서 소멸된다.

설명의 편의를 위해 3개의 센서노드가 존재할 경우, 각 센서 노드의 메모리 및 패턴 테이블의 내용을 나타내면 그림 4와 같다. 그림 4(a)는 물체가 감지되기 전의 초기상태를 나타내며 그림 4(b)는 ①번 노드에서 물체가 감지되었을 경우, ①번 노드가 주변의 노드(②,③)에 메시지를 전송하고 이 전송된 메시지가 ②,③번 노드에 저장되는 과정을 나타낸다. 그림 4(c)는 물체가 ①번 노드에서 ②번 노드 부근으로 이동하였을 경우, ②노드에서 송신하는 메시지와 ①, ③노드의 메모리 및 패턴 테이블에 저장되는 내용을 나타낸다.

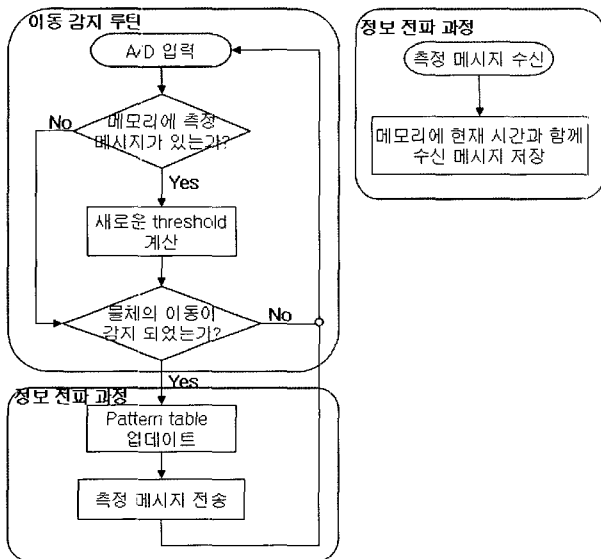


그림 3. 제안된 물체 추적 알고리즘의 동작도.

Fig. 3. Flowchart of proposed object tracking algorithm.

제안된 알고리즘은 다음과 같이 각각의 센서노드에서 수행되는 1)물체 이동 감지루틴, 2)물체를 감지한 센서노드들로부터 주변 노드들로의 정보 전파 과정으로 구성된다. 상기 두 과정의 체계적인 협업을 위해 각 센서 노드에는 여러 형태의 자료구조를 갖게 되며 이들 각각의 동작에 대해 살펴보면 다음 그림 3과 같다.

상기 플로차트의 이동 감지 루틴은 패턴 테이블을 기반으로 새로운 A/D변환용 임계값을 설정하는 과정과 새로이 설정된 임계값과 센서로부터 들어온 A/D값을 사용하여 물체의 이동을 감지하는 과정으로 구성된다.

정보 전파 과정은 각 센서 노드의 내부에 설정된 패턴 테이블 및 메모리를 수정하고 물체 이동 감지에 관련된 메시

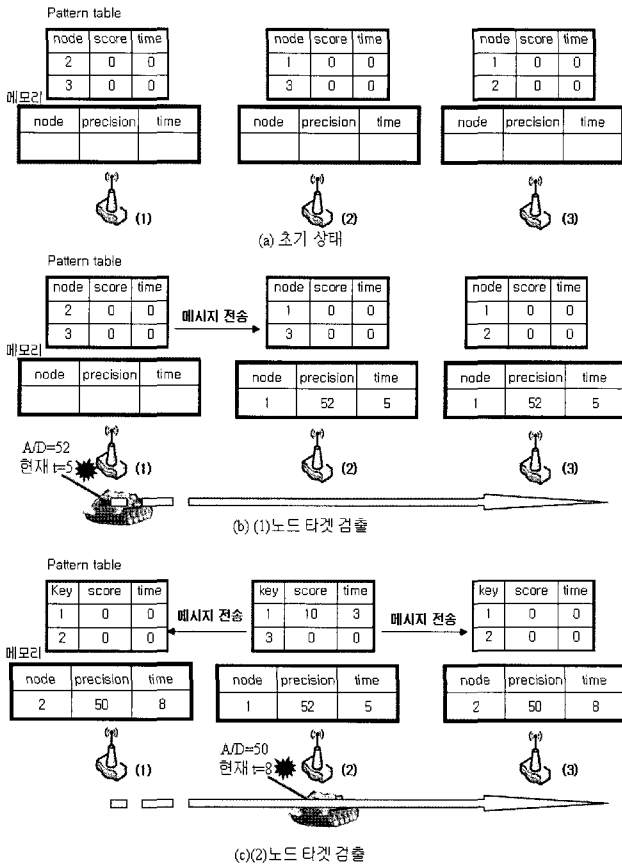


그림 4. 물체 이동 검출에 따른 메모리 및 패턴 테이블의 변화과정.

Fig. 4. Updating process of memory and pattern table according to the detection of moving object.

제안된 알고리즘의 동작 초기에는 위의 과정이 반복적으로 수행되고 따라서 일정 시간이 경과한 후에는 그림 5와 같은 상태를 가정할 수 있다. 그림 5에서 ②번 센서노드의 메모리에 저장된 내용은 ②번 센서 노드가 ①번 센서 노드에 대해 높은 점수를 주고 있음을 나타낸다. 이 점수는 다음번에 ①번 센서 노드로부터 물체 감지 메시지를 수신 받을 경우, 자신의 측정 영역에 물체가 들어올 확률이 높게 됨을 미리 예측하여 자신에게 설정되어 있는 임계값을 스스로 낮춤으로써 물체 움직임과 관련된 missing-rate를 효과적으로 낮추는 기능을 수행한다.

3.2 정보 전파 과정

물체의 이동이 감지되면 다음의 감지 과정을 위해 현재 패턴 테이블 및 메모리의 내용이 변경되며 주변 노드들로 자신의 물체 감지 메시지를 브로드캐스팅 한다.

각 센서 노드의 내부에 설정되는 메모리와 패턴 테이블의 구조는 표 2,3과 같다.

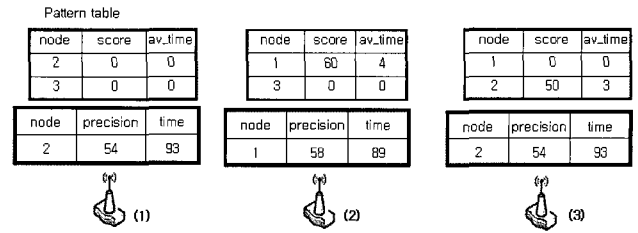


그림 5. 일정 시간 후의 메모리 및 패턴 테이블 상태.  
Fig. 5. Status of each sensor node's memory and pattern table after some time elapsed.

표 2. 패턴 테이블 구조.  
Table 2. Pattern table structure.

Field	Description
score	score of node
ave_time	average of the elapsed time

표 3. 메모리 데이터 구조  
Table 3. memory data structure

Field	Description
address	address of sends node
precision	precision of message
time	received time

표 2에서 score는 가산점, ave\_time은 주변의 센서 노드로부터 메시지를 수신 받은 후 물체 이동이 감지될 때까지의 경과 시간들의 평균을 나타낸다. 즉, 메모리의 time 정보와 해당 센서 노드에서 물체의 감지가 발생될 때까지의 경과 시간을 의미한다. 또한 표 3의 address 와 precision 은 해당 센서 노드에서 수신된 메시지로써 추출된 값이고 이중 time은 메시지의 수신시각을 의미한다.

3.3 패턴 테이블 및 메모리의 수정과정

패턴 테이블의 score의 수정 과정은 다음과 같다. 임의의 노드 ②를 가정할 경우, ②에 저장되어 있는 메모리 내용은 인근 센서 노드로부터 가장 최근 전송된 물체 감지 정보를 의미하며 따라서 노드 ②에서 물체가 감지된다면 메모리에 저장되어 있는 노드 번호가 선택되고 이를 기반으로 패턴 테이블의 해당 노드의 score 항목이 증가된다. 이와 동시에 패턴 테이블에서 선정되지 못한 노드의 score 는 감소된다. score 이외에도 ave\_time 항목이 변경되어야 하며 이는 다음 식에 의해 계산된다.

$$i_{(k)} = \frac{3i_{(k-1)} + t_{(k)}}{2} \tag{2}$$

여기서  $i_{(k-1)}$ 는  $k-1$  스텝에서의 평균 경과시간을 의미하고  $t_{(k)}$ 는  $k$  번째 스텝의 경과시간을 의미한다. 따라서  $k$  번째의 평균 경과시간  $i_{(k)}$ 는 식 (2)에 의해 구해진다. 식 (2)의  $3*i_{(k-1)}$ 은 이전 평균경과시간에 보다 큰 가중치를 두기 위한 것이다.

3.4 score 및 ave\_time을 이용한 A/D 변환기용 임계치 변환 과정

측정 메시지 수신 과정 후, 해당 노드는 적응적으로 결정

된 물체감지를 위한 임계값을 변화시키며 이 과정을 의사 코드로 표현하면 다음과 같다.

```

tmp_time = t(k) / ave_time
time = (tmp_time < 1) ? 1 : tmp_time
tmp_score=(init_score/current score) * time
new_threshold =
( tmp_score > 1 ) ? init_threshold
                : (init_threshold * tmp_score)
    
```

상기 식에서 new\_threshold는 새로이 계산된 물체감지용 임계값을 의미한다.

#### 4. 시뮬레이션 고찰

전장에서 제안한 협력적인 타겟 추적 기법의 성능검토를 위해 TOSSIM을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. TOSSIM은 TinyOS 기반의 센서 네트워크에서 TinyOS의 동작을 검증하고 응용프로그램의 개발을 도와주는 시뮬레이터로 그림 6과 같은 시뮬레이션 GUI 환경을 제공한다[8-9].

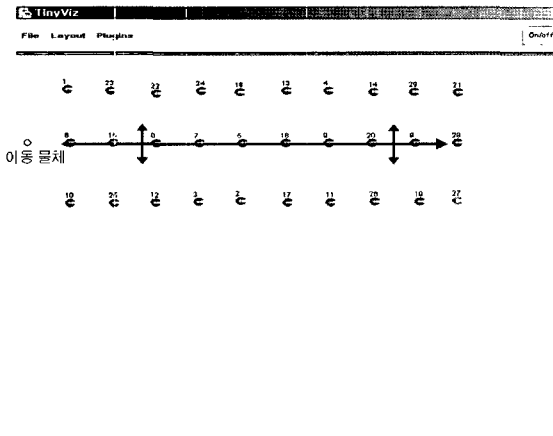


그림 6. TOSSIM 시뮬레이션 환경  
Fig. 6 Environment of TOSSIM simulation

시뮬레이션은 100 X 100 구간에 각각 15개의 센서 노드와 33개의 센서노드를 그리드 형태로 배치하고 이동 물체가 움직일 경우, 본 연구에서 제안된 기법과 고정된 임계값을 사용하는 경우의 물체 검출 횟수를 비교하였다.

이동 물체는 y축 방향으로 gaussian random 하게 진동하면서 x축 방향으로 진행한다고 가정하였으며 이 경우 물체 이동에 따른 각 센서 노드의 센서는 다음과 같은 크기의 영향을 미친다고 가정한다.

$$P_r = \frac{P_o}{1 + e^{d*0.5}} \quad (3)$$

여기서,  $P_o$ 는 물체가 가지고 있는 초기 센서의 값으로 시뮬레이션시 설정되는 상수이다.  $e$ 는 자연로그이고  $d$ 는 물체로부터 센서 노드까지의 거리이다. x축 방향으로 진행하다가 끝에 도달하면 시작 부분으로 이동하여 다시 x축 방향으로 진행한다고 가정한다.

이러한 물체 이동 상황 하에서 본 연구에서 제안된 기법과 고정된 A/D 임계값을 갖을 경우의 응답특성을 비교하면 다음과 같다.

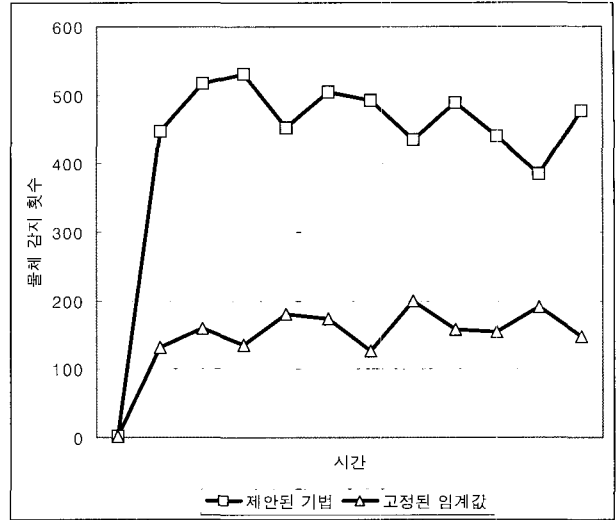


그림 7. 15개의 센서 노드로 형성된 센서 네트워크하에서의 물체 감지 성공 횟수

Fig. 7 Number of success in moving target detection under the circumstance of sensor network composed of 15 nodes

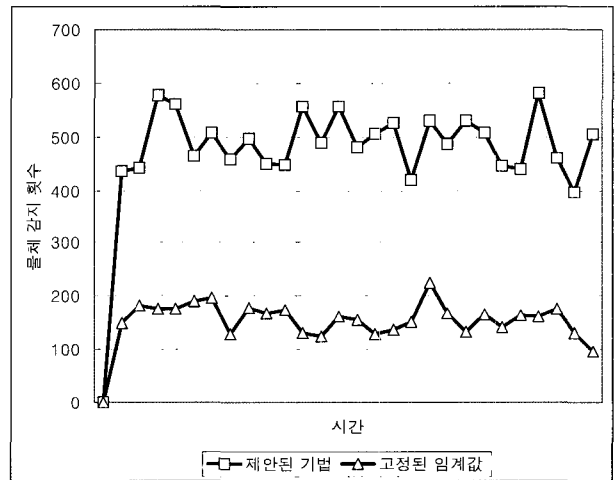


그림 8. 33개의 센서 노드로 형성된 센서 네트워크하에서의 물체 감지 성공 횟수

Fig. 8 Number of success in moving target detection under the circumstance of sensor network composed of 33 nodes

그림 7은 15개의 노드에서 120000 번의 A/D 과정 중에 물체의 감지가 성공된 횟수를 보여 주는 것이며 그림 8은 33개의 노드에서 280000 번의 A/D 과정 중에 물체의 감지가 성공한 횟수를 보여준다. 두 경우 모두 동일한 조건하에서 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션 결과 물체 감지 능력이 본 연구에서 제안한 기법이 기존의 고정된 A/D 변환용 임계값을 사용한 경우보다 우수함을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 하에서 이동하는 물체의 효율적인 추적을 위해 센서 노드에 장착되는 A/D 변환기의 임계값을 센서 노드들 간의 협업을 통해 적응적으로 변화시킬 수 있는 새로운 형태의 물체 추적 알고리즘을 제안하고 제안된 알고리즘의 성능고찰을 위해 다양한 형태의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 고정된 A/D 변환기의 임계값을 사용한 경우보다 이동하는 물체를 보다 확실히 감지할 수 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김재현, 김석규, 이재용, "무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율을 고려한 MAC/라우팅 프로토콜", 2005년 7월 전자공학회지 제32권 제7호.
- [2] Kemal Akkaya, Mohamed Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks". Ad Hoc Networks, 2005
- [3] Chee-Yee Chong, Kumar, S.P, Booz Allen Hamilton, "Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges", Proceedings of the IEEE, Aug, 2003.
- [4] D Li, KD Wong, YH Hu, AM Sayeed, "Detection, classification, and tracking of targets", IEEE Signal Processing Magazine, 2002.
- [5] A V U Phani Kumar, Adi Mallikarjuna Reddy V, D Janakiram, "Distributed collaboration for event detection in wireless sensor networks", MPAC, November, 2005.
- [6] W Zhang and G Cao, "DCTC: dynamic convoy tree-based collaboration for target tracking in sensor networks", Wireless Communications, IEEE Transactions on, 2004.
- [7] F Zhao, J Shin and J Reich, "Information-Driven Dynamic Sensor Collaboration for Tracking Applications", IEEE Signal Processing Magazine, March 2002
- [8] Philip Levis, Nelson Lee, Matt Welsh, David Culler, "TOSSIM: Accurate and Scalable Simulation of Entire TinyOS Applications." In Proceedings of the First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 2003)
- [9] Philip Levis, Nelson Lee, "TOSSIM: A Simulator for TinyOS Networks." User's manual, in TinyOS documentation, September, 2003.

## 저 자 소 개



김성호(Sung-Ho Kim)

1984년 : 고려대학교 공과대학 학사  
 1986년 : 고려대학교 대학원 석사  
 1991년 : 고려대학교 대학원 박사  
 1995~1996년 : JAPAN HIROSHIMA UNIVERSITY, POST-DOC.  
 1997~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수

관심분야 : 고장진단, 공장자동화, 임베디드 시스템 설계, 센서 네트워크

Phone : 063-469-4704

Fax : 063-469-4704

E-mail : shkim@kunsan.ac.kr



김시환(Si-Hwan Kim)

2004년 : 군산대학교 전자정보공학부 졸업.  
 2005년~현재 : 동 대학원 전자정보공학부 석사과정

관심분야 : 임베디드 시스템 설계, 미들웨어 설계, 센서 네트워크 설계

Phone : 063-468-8937

Fax : 063-468-8937

E-mail : voider@gmail.com