

# 다중 표적 위치 추정을 위한 무선 센서 네트워크에서 웨이블릿을 이용한 표적 분리

차대현\*, 이태영\*, 홍진근\*\*, 한군희\*\*, 황찬식\*

\*경북대학교 전자전기컴퓨터학부

\*\*백석대학교 정보통신학부

e-mail:leopolaris@naver.com

## Target Separation using Wavelet for Multiple Target Localization in Wireless Sensor Network

Cha Dae Hyun\*, Lee Tae Young\*, Hong Jin Keun\*\*,

Han Kun Hui\*\*, Hwang Chan Sik\*

\*Dept of Electric Electronic Computer,

Kyungpook National University

\*\*Dept of Information Communication, Baekseok University

### 요 약

다중 표적을 감시하는 무선 센서 네트워크에서 다중 표적이 서로 교차하게 될 때 각각의 표적을 분리하는 문제는 표적의 추적, 탐지, 식별 등의 분야에서 매우 중요하다. 기존의 무선 센서 네트워크에서는 에너지 기반의 기법을 사용하기 때문에 다중 표적의 위치를 추정할 수 없거나, 기지국에서의 원 신호 분석 방법을 통해 표적의 종류를 식별하여 각각의 표적을 분리한다. 후자의 방법은 무선 센서 노드의 통신량과 연산량을 증가시켜 센서 노드의 생존 시간이 짧아지는 단점이 있고, 표적 분리까지 걸리는 시간으로 인해 실시간 처리가 어렵다. 본 논문에서는 무선 센서 노드에서 웨이블릿 변환을 이용한 특징을 추출하고 이를 이용해 다중 표적이 센서 영역 내에서 교차하게 될 때 표적을 분리하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 웨이블릿 상수의 주파수 정보를 이용하여 적은 연산으로 표적을 분리한다.

### 1. 서론

무선 센서 네트워크는 홈 네트워크, 의료보전 등의 상업적 분야와 차량 탐지 및 식별, 침입 탐지 및 추적 등의 군사적 분야에서 연구 되고 있다. 이런 무선 센서 네트워크의 목적은 표적의 탐지와 감시 및 식별의 세 가지로 나눌 수 있다. 무선 센서 네트워크의 목적 중 표적의 탐지 및 식별, 기계의 모니터링, 홈 네트워크에서 침입자 감지 및 구성원 상태 감시 등의 여러 가지 분야에서 다중 표적의 위치를 추정하는 알고리즘은 매우 중요하다. 무선 센서 네트워크로 표적의 감시 및 추적 시스템을 구현할 때 발생하는 가장 큰 문제점은 단일 부분 영역(single partial coverage) 또는 단일 센서 탐지 영역에서 두 개 이상의 다중 표적이 존재할 경우 두 개의 표적을 구별하기 매우 힘들다는 점이다. 무선 센서 네트워크에서 다중 표적을 탐지하는 기존의 기법은 무선

센서 노드들을 밀도가 높게 분포 시키고 센서의 탐지 범위 내에 두 개 이상의 표적이 존재하지 않는다고 가정하거나, 이웃 하는 네 개의 센서의 탐지 범위가 중첩되지 않을 경우 각각의 센서 탐지 범위에 따른 표적 분리만 가능하다. 이 방법은 무선 센서 노드에서 표적의 에너지를 연산하여 전송하므로 표적의 정확한 위치추정 뿐만 아니라 다중 표적이 존재하게 될 경우 표적의 분리 또한 매우 힘들다. 다중 표적을 탐지하는 다른 기존의 기법은 각 센서 노드에 수신되는 원신호를 기지국으로 전송하여 보냄으로서 기지국에서 수신되는 표적의 특징을 추출하여 다중 표적을 식별하는 방법이 있다. 이 방법의 경우는 무선 센서 노드의 통신량과 연산량을 증가시켜 센서 노드의 생존 시간이 짧아지는 단점이 있고, 표적 분리까지 걸리는 시간으로 인해 실시간 처리가 어렵다.

본 논문에서는 무선 센서 노드에서 웨이블릿 변

환을 이용한 특징을 추출하고 이를 이용해 다중 표적이 센서 영역 내에서 교차하게 될 때 표적을 분리하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 웨이블릿 상수의 주파수 정보를 이용하여 적은 연산으로 표적을 분리한다.

## 2. 무선 센서 네트워크에서 다중 표적 탐지

무선 센서 네트워크에서 다중 표적의 위치를 추정하는 방법은 수신 강도를 기반으로 한 탐지방법과 파티클 필터(Particle filter)를 기반으로 한 방법이 대표적이다.[1] 그림 1은 파티클 필터를 기반으로 한 무선 센서 네트워크에서 다중 표적 탐지 기법을 나타낸다.[1]

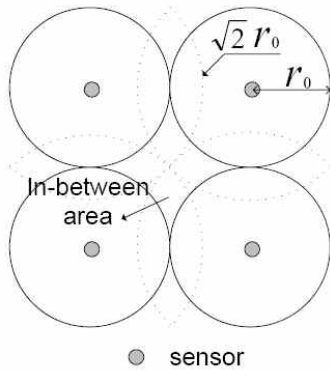
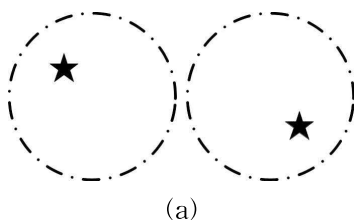


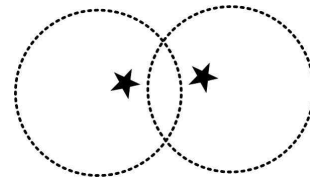
그림 1. 파티클 필터 기반의 다중 표적 탐지.

이 기법은 센서 노드의 탐지 영역에 따른 다중 표적을 구분하는 방법으로, 다중 표적이 단일 센서 노드의 탐지 영역 내에 존재하지 않도록 센서의 탐지 범위를 설정하는 방법을 제안하고 있다. 그러나 이 방법의 경우 무선 센서 노드가 낮은 밀도로 분포하게 될 경우 단일 센서 범위 또는 부분 영역 내에 다중 표적이 존재할 확률이 높아지게 되고, 이때 다중 표적을 분리하기 매우 어렵다는 단점이 있다.

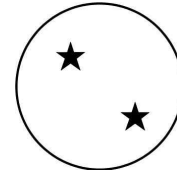
일반적으로 무선 센서 네트워크에서 다중 표적이 센서 네트워크에 존재하는 경우는 그림 2와같이 세 가지 경우로 나누어진다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. 무선 센서 네트워크에서 센서의 탐지 범위에 따른 다중 표적 존재 case  
(a) Case 1 (b) Case 2 (c) Case 3

그림 2에서 점선 또는 실선으로 표시된 원은 단일 센서의 탐지 범위를 의미한다. 그림 2(a) Case 1은 두 개의 다중 표적이 각각 다른 센서의 탐지 범위 내에 존재하지 않을 경우이다. Case 1의 경우는 무선 센서 네트워크에서 단일 표적을 탐지하는 경우와 같다. 그림 2(b) Case 2의 경우는 기준 센서 노드의 탐지 범위에는 다중 표적이 존재하지 않으나 부분 영역 내에 존재하는 센서 노드 중 몇 개는 다른 표적에 의한 영향으로 오탐지가 발생할 수 있는 경우이다. 이 경우는 파티클 필터 기법과 같은 기법으로 문제를 해결할 수 있다. 그림 2(c) Case 3의 경우는 기준 센서 노드의 탐지 영역 내에 두 개 이상의 다중 표적이 존재하는 경우이다. 이 경우 기존의 기법으로는 다중 표적을 탐지하기 매우 어렵다. 따라서 본 논문에서는 Case 3의 경우처럼 단일 센서 탐지 영역 내에 다중 표적이 존재하는 경우 표적을 분리하여 다중 표적의 위치를 추정하고 다중 표적들이 이동할 경우 표적의 특징 정보를 추출하는 방법을 제안한다.

## 3. 제안된 다중 표적 분리 방법

본 논문에서는 Case 3의 경우로 다중 표적이 부분 영역에 존재하게 될 경우 음향 신호를 이용한 웨이블릿 기법 기반의 다중 표적 분리 기법을 제안한다. 본 논문에서는 다중 표적이 서로 다른 주파수를 갖는 음향 표적이라 가정하였다. 물론 같은 주파수를 갖는 경우 무선 센서 노드의 음향 센서 뿐만 아니라 자기 및 진동 센서를 이용하여 다중 표적을 분리하는데 여러 센서 수신 신호를 사용할 수 있다.

그러나 이런 방법은 무선 센서 노드의 신호 처리 및 통신에 소모되는 에너지를 가중시켜 센서 노드의 생존 시간을 줄이므로 음향 신호만을 가정한다. 또한 다중 표적에서 발생하는 음향 신호가 서로 같은 주파수를 가질 확률은 매우 희박하다. 다중 표적이 같은 종류이고 같은 속도 및 잡음을 갖기는 매우 어렵기 때문이다. 서로 다른 주파수를 갖는 다중 표적을 식별하는 가장 널리 쓰이는 방법은 푸리에 변환인데 이 방법은 높은 에너지 소모와 주파수이외의 모든 다른 정보를 잃어버리게 되므로 무선 센서 노드 신호처리로 적합하지 않다.

본 논문에서는 다중 표적의 주파수 정보를 추출하여 다중 표적을 분리하고 표적의 시간 정보를 이용하여 표적의 위치를 추정하기 위해 웨이블릿 기법을 센서 노드 신호처리에 도입하였다. 웨이블릿 해석 방법은 시간 정보와 주파수 정보를 모두 가지고 있어 고전적인 푸리에 변환과는 달리 시간영역에서 신호를 국소적으로 특정화 할 수 있고 특성의 분리를 가능하게 하며 각각의 응용분야에 맞게 기저 함수를 변화 시킬 수 있다는 장점을 갖는다. 무선 센서 네트워크에서 센서 노드 신호처리 분야에 웨이블릿 분해를 이용하여 압축, 잡음제거, 특징추출 등의 신호처리를 수행하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다[2-4].

고전적인 중첩 적분 기반의 이산 웨이블릿 변환은 높은 연산량과 하드웨어 메모리 점유로 인해 실시간 시스템이나 센서 네트워크와 같은 저사양 무선 시스템에 적용하는데 어려움이 있으므로 본 논문에서는 스웰덴(Swelldens)이 제안한 리프팅 스킴 웨이블릿 변환을 적용하여 다중 표적의 특징을 추출한다.[4-5]

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 아래와 같다.

1. 각 센서 노드에서 수신된 신호를 리프팅 스킴 웨이블릿 변환을 통해 세부상수(Detail coefficient)와 근사상수(Approximation coefficient)를 추출한다.
2. 1단계 웨이블릿 변환에서 생성된 웨이블릿 상수를 1-수준 근사 및 세부 상수라고 하고, 1-수준 근사 상수에 절대값을 취한 후 탐지 문턱치 $\alpha$ 를 적용하여 다중 표적의 위치 특징을 추출한다. 여기서 탐지 문턱치 $\alpha$ 는 신호와 다중 표적의 숫자에 따라 달라진다. 본 논문에서는 실험적으로 탐지 문턱치 $\alpha$ 를 0.012로 두는 것이 적절하였다.
3. 1-수준 세부 상수에 탐지 문턱치를 적용하여 추출된 0이 아닌 샘플의 샘플 번호를 계산하고 1-수준

세부 상수의 값이 0이 아니면 하나 이상의 표적이 존재 한다.

4. 2단계에서 추출된 특징 샘플에서 탐지 문턱치  $\beta$ 를 설정하여 0이 아닌 샘플이 존재하면 3단계에서 추출된 표적 이외에 다른 표적이 존재한다. 여기서 0이 아닌 샘플의 샘플 번호를 계산한다.
5. 3단계와 4단계에서 계산된 샘플번호에 해당하는 1-수준 근사 상수를 구하여 특징 정보로 사용한다.
6. 기지국으로 분리된 표적의 개수와 특징 정보를 전송한다.
7. 기지국에서는 센서 노드로부터 전송된 특징 정보에 포함된 시간 정보를 이용하여 표적의 위치를 추정한다.

본 논문에서 제안된 방법은 리프팅 스킴을 이용하여 각 센서 노드에서 1단계의 웨이블릿 분해를 수행하는데 소모되는 연산량을 줄이고 원 신호대비 약 20%의 길이를 가지는 특징 정보를 이용함으로써 센서 노드의 에너지 소모를 줄인다.

#### 4. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 무선 센서 노드에서 신호처리 기법을 통한 특징 추출을 검증하고 기존의 원 신호 전송 방법과 비교하여 시뮬레이션 하였다. 컴퓨터 시뮬레이션에서 사용한 자동차 신호는 도로에서 2m 떨어진 곳에서 마이크로 녹음된 신호이며 차량이 약 1.5초 정도에 마이크 앞을 통과하는 신호 데이터베이스이다.[6,7] 두 대의 차량이 지나가는 신호를 합성하여 두 개의 표적이 구분됨을 확인 할 수 있다. 그림 4는 한 대의 차량이 통과하는 중 다른 한 대의 차량이 고속으로 통과할 때 원 신호와 1-수준 근사 상수 제안된 방법 2단계에서 추출된 표적A의 특징 정보와 4-단계에서 추출된 표적B의 특징 정보를 나타낸다. 그림 4를 통해 두 대의 차량이 동시에 지나갈 때 정확히 구별됨을 확인 할 수 있다. 표 1은 중첩 적분 기반의 이산 웨이블릿 변환과 리프팅 스킴 기반의 웨이블릿 변환의 연산량을 비교한 것으로 본 논문에서 사용되는 (5,3) 웨이블릿 필터를 기준으로 연산량을 비교하였다. 여기서(5,3)의 의미는 고주파 통과 필터의 탭이 5개이고 저주파 통과 필터의 탭이 3개라는 의미이다. 표 1을 토대로 리프팅 스킴 알고리즘이 중첩 적분 기반의 이산 웨이블릿 변환에 비해 약 60%의 연산량으로 웨이블릿 분해가 가능함을 확인 할 수 있다.[8]

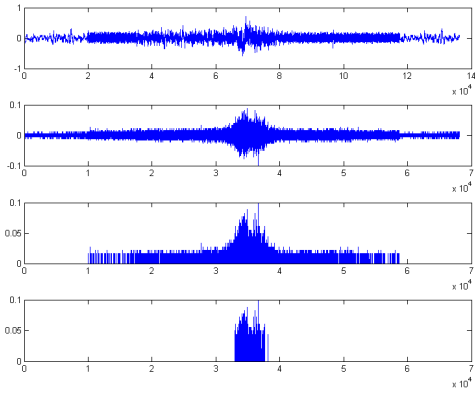


그림 4. 원 신호, 추출된 특징, 복원된 신호

표 1. LWT와 DWT의 연산량 비교

	곱 연산		합 연산	
	DWT	LWT	DWT	LWT
(5,3)	4	2	6	4

### 5. 결론

본 논문에서 제안한 기법은 리프팅 스킴 웨이블릿 변환을 이용하여 단일 센서 탐지 영역 내의 다중 표적을 분리하는 기법이다. 침입 탐지 및 표적 감시 추적을 위한 무선 센서 네트워크에서 다중 표적의 위치 추정은 매우 중요하다. 그러나 단일 센서 탐지 영역 내에서 다중 표적이 교차하거나 존재할 경우 다중 표적을 분리하기는 매우 어렵다. 본 논문에서 제안한 방법은 단일 센서 탐지 영역 내에서 다중 표적의 주파수를 이용하여 표적을 분리하고 이를 통해 위치를 추정하는 특징을 추출하는 방법이다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 다중 표적을 분리함을 확인하고 리프팅 스킴 웨이블릿 변환을 통해 연산 에너지 소모를 감소시키는 방법을 제안하였다.

### 참고문헌

[1] J. Lim, J. Lee, S. Hong, "Algorithm for Detection with Localization of Multi-Targets in Wireless Acoustic Sensor Networks" *ICTAI'06 IEEE conf* 2006

[2] L. Jing, H. Guo, Y. Sun, Hongyu, "Pulse signal de-noising based on integer lifting scheme wavelet transform" *ICBBE'07 IEEE conf* on 6-8 July 2007

[3] A. Ciancio, A. Ortega, "A distributed wavelet compression algorithm for wireless sensor network using lifting" *Proc. ICASSP'05 IEEE conference on vol. 4, 17-21, Mar. 2005*

[4] Sweldens, W. "The lifting scheme: a construction of second-generation wavelets" *SIAM J. Math. Anal.*, 1997, 29(2)511-546

[5] Daubechies I., and Sweldens, W. "Factoring Wavelet Transforms into Lifting Steps" *Journal of Fourier Anal.* 1998, 4(3)247-269

[6] J. Ding, S. Y. Cheung, C. W. Tan, P. varaiya "Signal processing of sensor node data for vehicle detection" *ITSC-04 IEEE conference on 3-6 Oct. 2004*

[7] <http://path.berkeley.edu/~singyju>

[8] K. Andra, C. Chakrabarti, T. Acharya "A VLSI architecture for lifting-based forward and inverse wavelet transform," *IEEE Trans. Acoustic., Speech, Signal Process., vol.50, no.4 April 2002.*