

표적 감시를 위한 무선 센서 네트워크에서 웨이블릿 상수를 이용한 특징 추출

차대현*, 이태영*, 홍진근**, 한군희**, 황찬식*

*경북대학교 전자전기컴퓨터학부

**백석대학교 정보통신학부

e-mail: leopolaris@naver.com

Feature Extraction using Wavelet coefficient in Wireless Sensor Network for Target Surveillance

Dae Hyun Cha*, Tae Young Lee*, Jin Keun Hong**,
Kun Hui Han**, Chan Sik Hwang*

*Dept of Electric Electronic Computer,
Kyungpook National University

**Dept of Information Communication, Baekseok University

요 약

무선 센서 네트워크에서 표적의 감시는 크게 표적의 탐지 및 추적과 표적의 식별로 나누어진다. 기존의 센서 노드에서의 신호 처리는 표적으로부터 수신된 신호의 에너지를 계산하여 표적의 존재 유무만을 기지국으로 전송하는 방법이 많이 사용되었다. 이런 기존의 방법은 표적의 감시를 위한 무선 센서 네트워크에서는 표적의 정보가 한정적이므로 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 표적의 감시를 위한 무선 센서 네트워크에서 필요한 시간정보와 표적의 주파수 정보를 포함하는 센서 노드에서의 특징 추출 기법을 제안한다. 본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용하여 추출된 웨이블릿 상수에서 표적의 시간 정보와 잡음이 제거된 표적의 식별 정보를 추출함으로써 센서 노드에서 에너지 효율적인 신호처리를 구현하고 추출된 특징을 전송하여 통신에 소모되는 에너지를 줄이는 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

표적 감시를 위한 무선 센서 네트워크는 화산 감시, 전장 감시, 동물 서식지 감시 등 다양한 분야에서 응용된다.[1-3] 일반적으로 여러 응용 분야에서 사용되는 무선 센서 네트워크는 센서 노드의 발전으로 인해 유선 센서 네트워크로는 불가능한 작업을 가능하게 한다. 무선 센서 노드의 경량화, 소형화, 고성능화와 더불어 각각의 센서 노드가 저렴해 지면서 표적의 감시를 위한 무선 센서 네트워크는 최근 많은 연구가 이루어지고 있으며 응용 분야도 더욱더 넓어지고 있다.

무선 센서 노드 하드웨어의 비약적인 발전에도 불구하고 센서 노드의 에너지 제약은 무선 센서 네트워크의 발전에 큰 장애물이 되어왔다. 무선 센서

노드의 에너지 제약으로 인해 표적의 감시를 위한 무선 센서 네트워크에서는 센서 노드에서 표적으로부터 수신된 신호의 에너지를 계산하여 문턱치 이상의 경우 표적의 존재 유무만 기지국으로 전송 하는 방법과 표적으로부터 수신된 신호를 잡음 제거하여 압축한 후 기지국으로 전송하는 방법이 많이 사용되어왔다. 이런 기존의 센서 노드 신호처리 방법에서 전자의 경우 표적의 존재 유무만 기지국으로 전송함으로써 표적의 에너지를 제외한 모든 정보를 잃어버리게 되는 단점이 있고 후자의 경우 전체 신호를 압축하고 전송하는 경우 신호처리 및 통신에 소모되는 에너지가 매우 크게 되어 센서 노드의 생존 시간이 치명적으로 줄어드는 단점이 있다. 이런 기존의 방법들의 단점을 보완하기 위해 최근 많은 연구가 이

루어지고 있다.

본 논문에서는 영상 처리, 통신 시스템 등의 여러 분야에서 응용되고 있는 웨이블릿 변환 기법을 이용하여 센서 노드에서 표적 감시를 위한 특징 추출을 수행하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 웨이블릿 변환에 대해 설명하고 3장에서 제안된 신호처리 방법을 통해 특징을 추출하는 기법을 소개한다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증해보고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 웨이블릿 변환의 특징

웨이블릿 변환은 최근 신호처리 기법에서 많이 이용되고 있는 기법 중의 하나이다. 이 웨이블릿 변환 기법은 데이터의 시간 정보와 주파수 정보를 모두 확인 할 수 있을 뿐만 아니라, 환경적 요소에 의한 잡음의 제거, 압축을 통한 제한된 에너지 및 통신 대역폭의 문제를 해결한다.

2.1. 잡음의 제거

웨이블릿 변환을 이용한 잡음 제거는 웨이블릿 상수를 이용하여 문턱치를 설정하여 잡음을 제거하는 방법이 가장 많이 사용된다.

웨이블릿 변환을 이용하여 잡음을 제거하고자 하는 경우 신호의 종류와 기본 웨이블릿 기저함수 및 웨이블릿 상수를 고려하여야 한다. 그림 1은 웨이블릿 변환을 이용한 신호의 잡음 제거의 예이다.

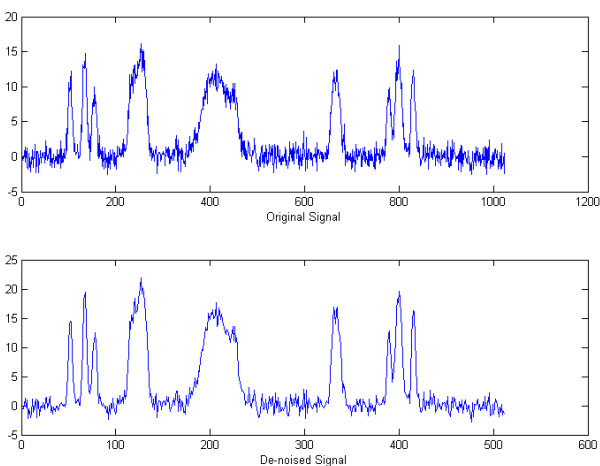


그림 1. 웨이블릿 변환을 이용한 신호의 잡음 제거

그림 1은 잡음이 있는 신호를 "Daubechies 1" 기본 웨이블릿 기저함수를 이용하여 고주파 성분을 제거하여 잡음을 제거한 예이다.

2.2. 압축

무선 센서 네트워크에서 에너지와 통신 대역폭의 제한은 센서 노드간, 센서 노드와 기지국 간의 통신에 있어서 에너지 소모와 통신 대역폭을 줄여야 하는 문제를 발생시킨다. 무선 센서 네트워크에서 각 센서 노드는 신호를 압축하여 보내는 방법을 사용하여 에너지 소모와 통신 대역폭 제한의 문제를 해결한다. 그림 2는 웨이블릿을 이용한 신호의 압축 예이다.

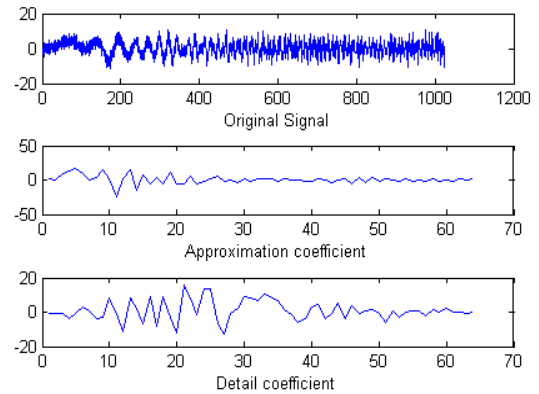


그림 2. 웨이블릿을 이용한 신호 압축

2.3. 복원

기지국에서 정밀한 표적의 탐지 및 식별을 위해서는 각 센서 노드에서 입력되는 신호를 그대로 이용하는 방법이 가장 이상적이다.

웨이블릿 분해를 이용하여 각각 세부상수와 근사상수로 나누어진 웨이블릿 상수는 웨이블릿 복원을 이용하여 원신호로 복원할 수 있다. 따라서 웨이블릿 분해를 이용하여 잡음의 제거 및 압축된 웨이블릿 상수를 기지국으로 전송함으로써 무선 센서 네트워크에서 가장 중요한 에너지 효율을 높일 수 있고, 통신에 소모되는 통신 대역폭을 줄일 수 있다. 또한 기지국으로 전송된 웨이블릿 상수를 웨이블릿 복원을 이용하여 원신호로 복원하여 표적의 탐지 및 식별의 정확도를 향상시킬 수 있다.

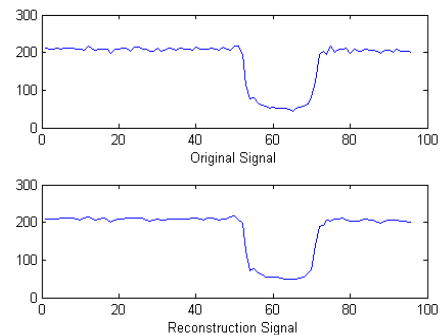


그림 3. 웨이블릿을 이용한 신호 복원

그림 3은 “Daubechies 1” 기본 웨이블릿 기저함수를 이용하여 4 수준 웨이블릿 분해된 세부상수를 보간법으로 웨이블릿 복원한 예이다.

3. 제안된 센서 노드 신호처리 방법

에너지와 통신 대역폭의 제한으로 인해 무선 센서 네트워크에서는 센서 노드간, 혹은 센서 노드와 기지국과의 상호 정보 전송 및 처리를 위해서 신호의 잡음 제거, 압축, 특징 추출 등의 기법이 센서 노드에서 필수적으로 이루어져야 한다. 웨이블릿 기법은 센서 노드에서 필수적인 신호의 잡음 제거, 압축, 특징 추출 등의 신호처리를 효율적으로 처리할 수 있다.

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용하여 추출된 웨이블릿 상수에서 표적의 특징을 추출하고, 추출된 특징을 기지국으로 전송하여 통신에 소모되는 에너지를 줄이는 알고리즘을 제안한다.

3.1. 이산 웨이블릿 변환을 이용한 특징 추출

웨이블릿 분해를 통해 각각 세부상수와 근사상수로 나누어진 웨이블릿 상수를 추출할 수 있다. 세부상수는 신호의 고주파 특징을 가지고, 근사상수는 신호의 저주파 특징을 가지고 있다.

일반적으로 웨이블릿 분해를 한번 수행하면 분해된 근사 및 세부상수는 원신호 샘플 개수의 절반이 된다.

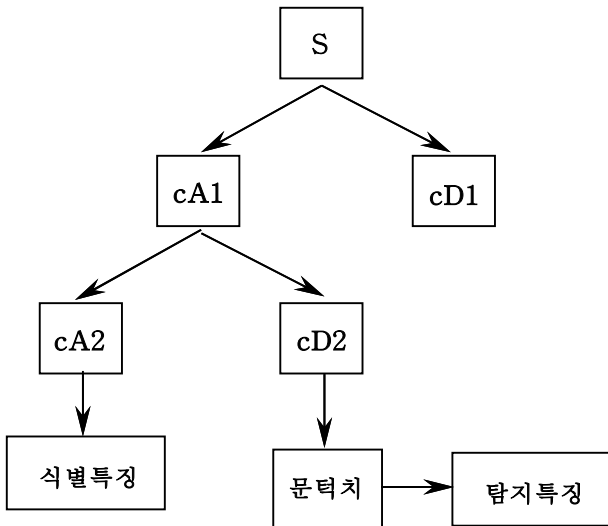


그림 4. 웨이블릿 분해

그림 4는 웨이블릿 분해를 이용하여 2수준 근사 및 세부상수를 추출한 것이다. S는 원신호를 나타내

며, cA1과 cD1은 각각 1수준 근사상수와 세부상수, cA2와 cD2는 각각 2수준 근사상수와 세부상수를 나타낸다. 그림에서 추출된 식별특징과 탐지특징은 원신호 샘플 개수의 25%로 줄어든다.

표적으로부터 수신된 신호를 잡음 제거하여 압축한 후 기지국으로 전송하는 기존의 에너지 기반의 신호처리 방법에 비해, 기지국으로 샘플 개수가 25%로 줄어든 식별특징을 전송하므로 통신 대역폭을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 통신에 소모되는 에너지를 크게 줄일 수 있다.

3.2. 세부상수 문턱치

센서 노드에서 2 수준 세부상수에 적절한 문턱치를 설정하여 표적이 지나갈 때의 샘플만을 추출하여 이를 기지국으로 전송하여 표적의 시간 정보를 위한 특징 벡터로 사용한다.

$$Th = \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (cD_{2,k}) \right) + 0.06 \quad (1)$$

여기서 Th 는 세부상수의 문턱치 값이고, $cD_{2,k}$ 와 N 은 각각 2 수준 세부상수의 값과 총 샘플수이다. 식에서 $\frac{1}{N} \sum_{k=1}^n (cD_{2,k})$ 는 2 수준 세부상수의 평균을 나타내고, 0.06은 실험을 통한 차량신호에서 적절한 문턱치 값이다.

센서 노드는 샘플 개수가 25%로 줄어든 세부상수에서 표적이 탐지된 샘플만을 다시 추출하여 기지국으로 전송하므로 기존 에너지 기반의 신호처리 방법에 비해 에너지 제약과 통신 대역폭 제한의 단점을 보완할 수 있다.

4. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

무선 센서 네트워크에서 센서로 수신된 신호를 센서 노드에서 웨이블릿 변환을 통해 특징 추출하고, 추출된 특징을 기지국으로 전송하여 통신에 소모되는 에너지를 줄이는 알고리즘을 검증하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션이다.

그림 5는 시뮬레이션에서 사용한 한 대의 자동차가 진행할 때의 음향 신호이다.[4-5] 시뮬레이션에서 사용한 기본 웨이블릿 기저함수는 “Daubechies 1” 웨이블릿을 사용하였고, 2 수준 웨이블릿 분해를 통한 세부상수와 근사상수를 추출하여 특징으로 사용하였다.

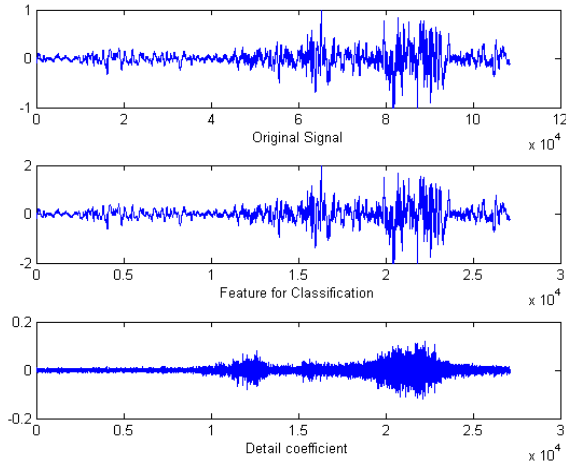


그림 5. 원신호, 식별특징, 2 수준 세부상수

그림 5에서 추출된 25%로 줄어든 식별특징은 기지국으로 전송하여 자동차의 식별을 위한 특징 벡터로 사용한다.

다음으로 25%로 줄어든 2 수준 탐지특징에 문턱치를 설정하여 표적이 지나갈 때의 샘플만을 추출하여 이를 기지국으로 전송하여 표적의 시간 정보를 위한 특징 벡터로 사용한다.

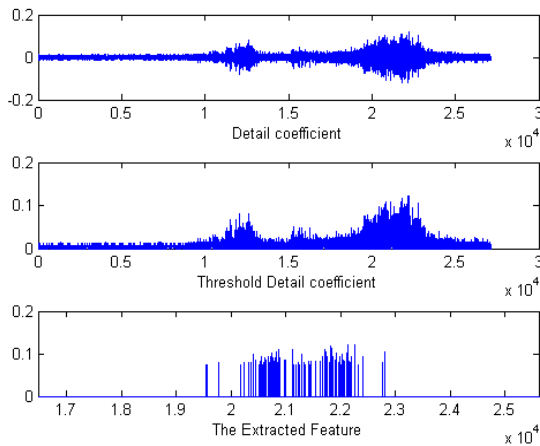


그림 6. 세부상수 특징 추출

그림 6에서 25%로 줄어든 세부상수에서 표적이 탐지된 샘플만을 다시 추출하여 샘플 개수를 측정할 결과 12.5%로 다시 샘플 개수가 줄어들음을 확인할 수 있다. 이를 센서 노드에서 기지국으로 전송하므로 기존 에너지 기반의 신호처리 방법에 비해 센서 노드에서 기지국으로 전송하는 표적의 특징으로 사용될 샘플 개수가 33%로 줄어들어 에너지 제약과 통신 대역폭 제한의 단점을 보완할 수 있다.

	기지국으로 전송하는 샘플 개수
원신호 전송	108544개
웨이블릿 변환	2 수준 근사상수 샘플 27136개와 특징 추출된 3 수준 세부상수 샘플 3254개 총 30390개

그림 7. 기지국으로 전송하는 샘플 개수

5. 결론

무선 센서 네트워크에서 널리 사용하는 에너지 기반 기법에 비해 본 논문에서 제안하는 센서 노드에서 웨이블릿 변환을 이용하여 추출된 웨이블릿 상수에서 표적의 특징을 추출하고, 추출된 특징을 기지국으로 전송하는 기법은 표적의 탐지 및 식별 정보를 전송할 수 있다. 뿐만 아니라 원신호를 그대로 기지국으로 전송하는 기법에 비해 통신에 소모되는 에너지를 크게 줄이고, 센서 노드와 기지국간의 통신 대역을 효과적으로 사용할 수 있다.

참고문헌

- [1] G. Werner-Allen et al., "Monitoring Volcanic Eruptions with Wireless Sensor Network," Proc. 2nd European workshop Wireless Sensor Networks(EWSN05), IEEE press, 2005
- [2] S. Pavan, "Wireless Ad hoc sensor and actuator networks on the farm" ACM IPSN'06, Apr.2006
- [3] J. Paek et al., "A wireless sensor network for structural health monitoring: Performance and experience" The Second IEEE Workshop on EmNets-II May 2005
- [4] J. Ding, S. Y. Cheung, C. W. Tan, P. Varaiya, "Signal processing of sensor node data for vehicle detection"
- [5] [http://path.berkeley.edu/~singyju/vehicledetection/research/acoustic /detection.html](http://path.berkeley.edu/~singyju/vehicledetection/research/acoustic/detection.html)