

# 에너지 효율성을 위한 선택적 Sensing Query 메커니즘

박수권\*, 박노열\*, 김창화\*

\*강릉원주대학교 컴퓨터공학과

e-mail:  [\(kokoo, eagle, kch\)@gwnu.ac.kr](mailto:(kokoo, eagle, kch)@gwnu.ac.kr)

## Energy efficient selectivity sensing query in WSN

Soo-Kwon Park\*, No-Yeoul Park\*\*, Chang-Hwa Kim\*

\*Dept of Computer Engineering, Gangneung-Wonju University

### 요 약

센서 네트워크의 가장 큰 이슈는 센서노드들의 제한된 에너지를 효율적으로 관리하여, 센서노드의 Lifetime을 연장하는데 있다. 센서 네트워크에서 가장 큰 에너지 손실 부분은 RF통신 부분이라 할 수 있다. 본 논문은 질의응답에 참여할 센서 노드를 선별적으로 구성함으로써, 질의응답에 참여하지 않는 센서노드들의 에너지를 관리하고자 한다. 또한 참여노드의 선별적 구성에 대한 신뢰도를 향상시키기 위해 클러스터에 존재하는 센서 노드들 간의 신뢰비율을 선택 메커니즘에 포함시키고자 한다.

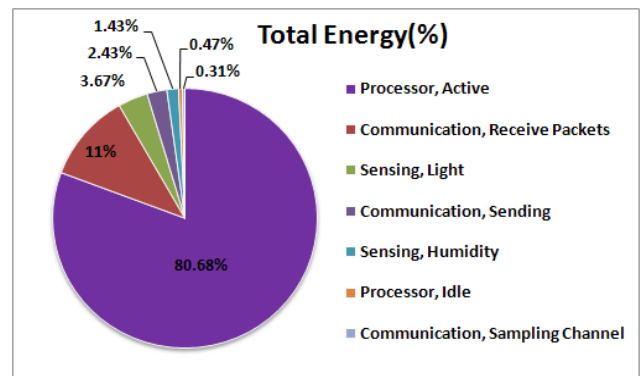
### 1. 서론

무선 센서 네트워크는 새롭게 주목받고 있는 중요한 연구 분야 중 하나다. 센서 노드는 사람의 접근이 어려운 열악한 환경에 배치되어 주변 상황을 모니터링하고 필요한 정보를 수집하는 용도로<sup>1)</sup> 사용된다. 또한 센서 네트워크는 환경 감시, 군사시설, 생활 및 건강, 건설, 상업적 목적 등 다양한 분야에 응용되고 있으며, 이 처럼 다양한 용도로 사용되는 센서 노드들은 제한된 용량의 배터리, 5-50m의 통신 범위를 갖는 무선 모듈, 8~128k 정도의 작은 메모리를 가지는 초소형, 저가격, 저 전력의 특징을 갖는다. 센서노드는 베이스 스테이션의 질의에 따라 일정 주기로 데이터를 센싱 하며, 센싱된 데이터를 베이스 스테이션으로 전달하기 위해 송. 수신 장치를 구동 시켜야 한다. 광범위한 지역에 분포되어 베이스 스테이션과의 직접통신이 효율적이지 않은 경우는 트리구조나 클러스터 기반의 알고리즘을 사용하여 송신 전력 관리를 가능하게 한다. 예를 들면 기상청에서 우리나라 전역에 온도 와 습도 센서를 전개(distribute) 했다고 가정 하자. 센서노드들은 효율적 구성을 위해 지역적으로 가까운 노드들 끼리 클러스터링을 하고 클러스터 헤더는 베이스 스테이션과 통신을 한다. 기상청에 있는 베이스 스테이션에서 클러스터 헤더를 통해 센서 노드들에게 온도와 습도를 질의 하게 되면, 모든 센서 노드들은 센싱된 값을 클러스터 헤더를 통해 베이스 스테이션에 전달하게 된다. 베이스스태이션에 전달된 데이터는 각 지역적으로 유사한 수치를 보이게 된다. A 지역에 100개의 온도 센서가 있고, A 지역의 온도를 알고자 할 때, A지역의 모든 온도 센싱 값을 필요로 하지 않을 수 있다. 단지 사용자는 A 지역의 온도 평균이나 중간 값을 원할지 모른다. 하지만, 질의 에 따라 모든 센서

노드들은 센싱을 하고 데이터를 전달하게 된다. 본 연구에서는 이러한 일련의 과정에 참여할 센서노드들을 선별하려고 한다. 질의에 참여하지 않은 센서는 에너지 소모를 줄이게 되고, 남은 에너지가 많을수록 질의참여 확률은 높아지게 된다. 또한 클러스터 내에 오차범위가 큰 센서들은 참여 확률을 적어지게 하여 신뢰도를 확보 하도록 한다. 이러한 알고리즘으로 선택적 센싱 질의 메커니즘을 제안한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 센서 네트워크의 데이터 전송에 따른 에너지 소모를 알아본다. 3장에서는 선택적 센싱 질의에 대한 알고리즘을 제시한다. 4장에서는 기상자료를 기초로 하여 제안 알고리즘을 평가한다. 5장에서는 연구에 대한 결론을 요약한다.

### 2. 센서 네트워크의 에너지 소모

센서노드의 하드웨어별 에너지 소모량은 참고문헌[2]에 잘 나타나 있다. 매1분 마다 조도와 습도를 센싱하여 전송하는 센서네트워크에서 에너지가 소비되는 비율은 (그림1)과 같다.[2]



(그림 1) 센서노드 에너지 소비 비율

1) "본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음"  
(NIPA-2011-C1090-1121-0001)

Active시의 Processor에 가장 많은 에너지를 소모하는 것

으로 나타났다. 구동에 필요한 순간 에너지는 데이터전송 시 가장 많이 필요하지만 Active time이 상대적으로 적어 총 사용 에너지량은 그림과 같이 나타났다. 반면 Idle 은 Active time이 가장 길지만 구동에 필요한 순간에너지가 적어서 총 사용 에너지량이 작게 나타난다. 수백 내지 수 천 개의 다수 노드들에 의해 구성되어지는 센서네트워크에서 에너지를 효율적으로 관리하기 위해서는 센서노드의 Active 시간 과 Communication 비용, 센싱 주기를 관리하여야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 노드의 높은 밀집성을 이용하여 사용자의 질의에 참여하는 노드를 선별적으로 선출하고자 한다. 동일한 구역에 배포된 온도, 습도 및 조도 센서를 포함한 노드들은 대부분 지역적으로 유사한 데이터를 수집하게 된다. 사용자가 배포된 지역에 센싱 질의를 요청하면 지역의 모든 센서는 비슷한 데이터를 베이스 스테이션에 전달하게 되는데, 이때 사용자 질의 요청 시 센서노드의 참여율을 dynamic하게 조절할 수 있도록 하면 미 참여 노드들의 에너지를 절약할 수 있게 된다.

### 3. 선택적 센싱 질의 알고리즘

본 연구에서 센서노드는 지역적으로 클러스터를 이루고 있으며, 클러스터 헤더는 축적 에너지량이 높다고 가정한다.

#### 3.1 우선순위 측정

각 클러스터 헤더는 해당 클러스터에 속한 노드들의 우선순위를 우선순위 주기에 따라 측정하여 저장하게 된다.

우선순위 = [노드별 신뢰비율 + α·에너지잔량]<sub>sort</sub> (수식1)  
α는 에너지잔량과 신뢰비율을 조절하기위한 상수

(수식1)의 우선순위 평가 방법을 이용하여 노드들의 우선순위를 측정한다. 우선순위 값이 작을수록 선택확률은 높아진다.

노드별 신뢰비율 =  $(D_{avg} - D_i) / D_{max}$ ,  $i = \{노드수:1..n\}$  (수식2)  
 $D_{avg}$  = cluster, type별 Avg(Sensing Data)  
 $D_{max}$  = cluster, type별 Max(Sensing Data)

노드별 신뢰비율은 (수식2)에 의해 측정되며, [0..1] 사이의 구간 값을 갖게 된다. 측정값이 0에 가까울수록 클러스터의 평균 센싱값과 유사한 데이터 이므로 선택확률은 높아진다.

에너지잔량 =  $(E_{max} - E_i) / E_d$ ,  $i = \{노드수:1..n\}$  (수식3)  
 $E_{max}$  = cluster, type별 Max(Energy)  
 $E_d$  = cluster, type별 Max(Energy) - Min(Energy)

에너지 잔량은 (수식3)에 의해 측정되며, 노드별 신뢰비율과 같이 [0..1] 사이의 구간 값을 갖게 된다. 파라미터 α는 우선순위 측정 시 두 측정치간의 가중치 조절 역할을 하게 된다.

### 3.2 사용자 질의 문장

우선순위 측정 주기는 다음과 같은 syntax를 사용하여 사용자가 조절할 수 있도록 한다.

[SET PRIORITY SAMPLE PERIOD (seconds)]

또한, 사용자는 질의어를 통하여 노드의 참여율을 조절 할 수 있다. 아래와 같은 문장을 질의에 포함시켜 사용한다.

[SELECTIVITY (percent)]

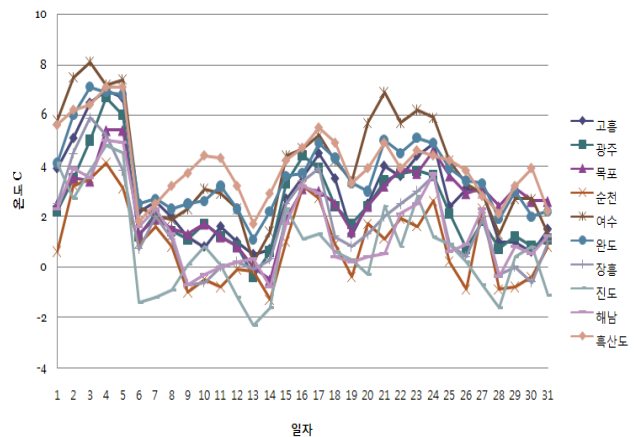
## 4. 성능평가

2007년 1월 기상청 데이터를 활용하여 가상의 클러스터링 센서 네트워크를 구축하고, 참여율을 포함 시킨 선택적 센싱 질의 와 기존 센싱 요청 질의와의 데이터를 비교하고, 에너지 잔량을 예측해 본다. 우선순위 측정시 α를 변경하여 다음과 같은 3가지 패턴을 사용한다.

- 1) Default = 노드별 신뢰비율 + 에너지잔량
  - 2) 신뢰비율 우선 = 노드별 신뢰비율 + 에너지잔량/2
  - 3) 에너지잔량 우선 = 노드별 신뢰비율 + 에너지잔량×2
- 1일 센서노드의 에너지 소모율은 Max의 3% 이며, 우선순위 측정 주기는 5일 이다. 사용자는 지역의 일자별 평균 온도를 알기위한 질의를 요청하였으며, 참여율은 30%로 하였다.

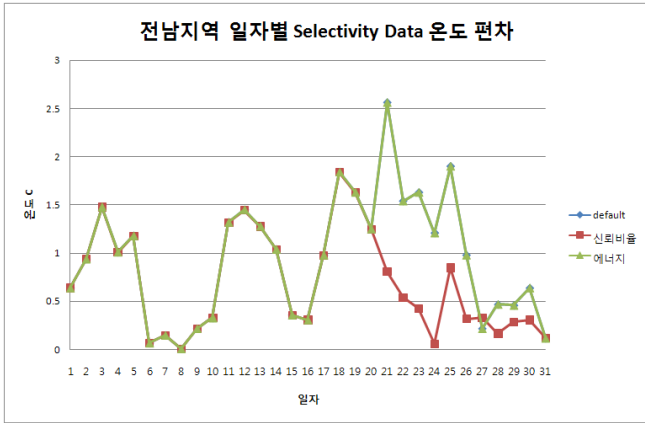
전남지역 클러스터는 10개의 노드들로 구성되며, 일자별 센싱 온도는 (그림2) 와 같다. 하나의 클러스터로 묶여 있지만, 각 노드의 온도편차는 3C 이상의 비균일 분포를 보인다.

전남지역 온도 Data

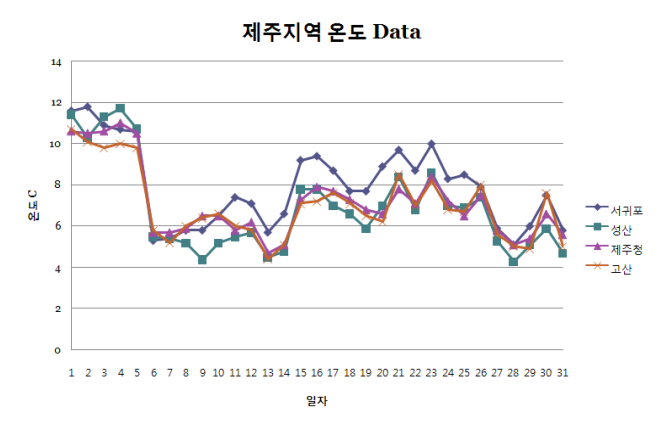


(그림 2) 전남지역 클러스터 온도분포

(그림3)은 전남지역 클러스터에 포함된 10개 노드들의 일자별 평균 온도와 참여율에 따라 선택된 3개의 노드들의 평균 온도를 구하여 일자별 편차를 구한 것이다. 1월 평균 온도를 비교해보면 신뢰비율 우선시에는 0.7C, 에너지 잔량 우선시에는 0.94C의 오차를 보였다.

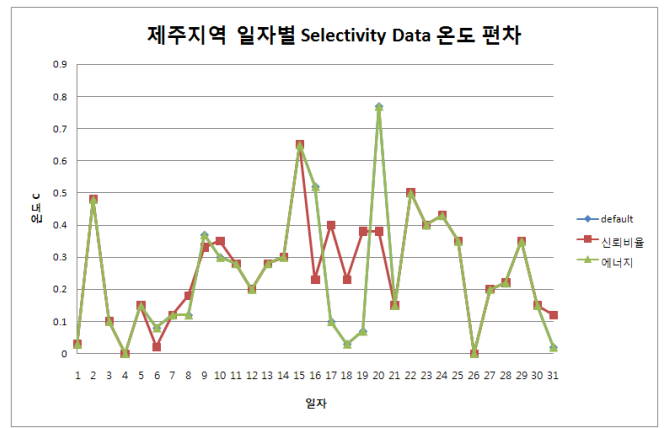


(그림 3) 전남지역 선택적 질의 온도 편차

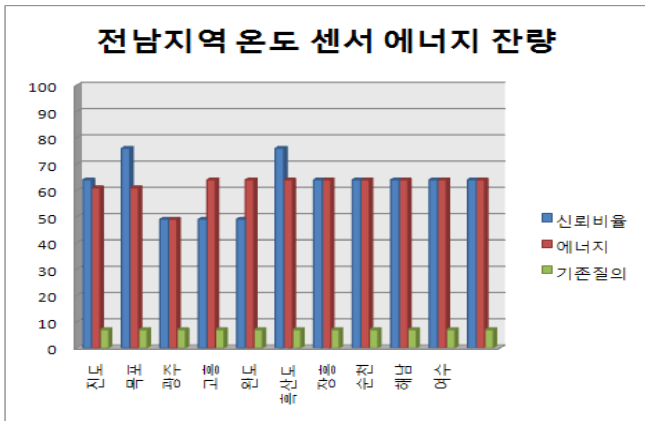


(그림5) 제주지역 클러스터 온도분포

우선순위는 측정주기 5일마다 변경되며, 변경 후에는 새로운 노드들이 선출된다. 우선순위 측정 시에는 모든 노드들이 에너지를 소모하게 됨을 주목해야 한다. 31일을 포함하여 총 7번의 순위 변경이 이루어진다. 모든 노드가 1일 3%의 에너지를 소모하는 기존 질의에서는 7%의 에너지가 균일하게 남은 반면, 선택적 센싱을 사용하게 되면 49%이상의 잔량 에너지를 확보할 수 있었다. (그림 4)에서 보면 신뢰비율 우선시는 에너지 잔량이 균일하지 못한 반면, 에너지 잔량 우선시는 골고루 분포하는 것을 확인할 수 있다. 전남지역 클러스터는 각 노드별로 온도 차이가 큰 비균일 지역이며, 참여율이 30%로 낮아 좋은 신뢰도를 얻지 못했지만, 높은 에너지 효율성을 확인할 수 있었다.



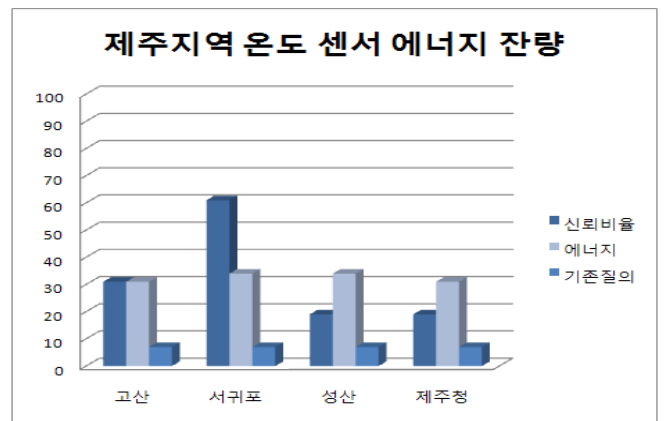
(그림 6) 제주지역 선택적 질의 온도 편차



(그림 4) 전남지역 에너지 잔량 비교

제주지역 클러스터는 4개의 센서노드로 구성되어 있으면, 노드별 온도 편차가 2C이하의 비교적 균일한 온도 분포를 나타내고 있다. 사용자는 지역의 일자별 평균온도를 알기 위한 질의를 요청하였으며, 참여율은 75%로 하였다.

(그림6)은 제주지역 클러스터에 포함된 4개 노드들의 일자별 평균 온도와 참여율에 따라 선택된 3개의 노드들 간의 편차를 나타낸 것이다. 1월 평균 온도를 비교해보면 신뢰비율 우선시에는 0.25C, 에너지 잔량 우선시는 0.26C의 오차를 보였다. 일자별 오차를 보면 두 가지 방법 모두 1C 이하의 오차범위를 갖고 있는 것을 확인할 수 있다. 에너지 잔량은 신뢰비율 우선시 19%이상, 에너지 우선시 31% 이상의 잔량 비율을 나타낸다.



(그림 7) 제주지역 에너지 잔량 비교

## 5. 결론

본 연구에서는 센서네트워크를 구성하는 노드들의 Lifetime을 증가시키기 위하여 선택적 센싱 질의 알고리즘을 사용하였다. 제안 알고리즘은 논문의 목적인 에너지 효율성 측면에서 신뢰할 만한 결과를 나타내었다. 센서노드를 선택하기 위해 사용할 우선순위를 센서네트워크 목적에 맞게 최적화 되도록 하기 위해서, 본 논문에서는 신뢰비율과 에너지 잔량 사이에 파라미터  $\alpha$ 를 사용하였다. 선택적 센싱 질의는 우선순위 측정 주기 와 참여 노드의 신뢰비율 및 에너지 효율성을 조절할 수 있다는 장점이 있으며, 성능 평가 결과를 보면 기존의 센싱 질의 보다 효율적으로 에너지를 관리할 수 있음을 확인 할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] Jason Hill, Robert Szewczyk, Alec Woo, Seth Hollar, David Culler, Kristofer Pister, "System Architecture Directions for Networked Sensors", In ASPLOS, November 2000.
- [2] Samuel Madden, Michael J. Franklin, Joseph M. Hellerstein, Wei Hong, "TinyDB: An Acquisitional Query Processing System for Sensor Networks", ACM Transactions on Database Systems, Vol, V, No. N, Month 20YY.
- [3] 김대영, 성종우, 송형주, 김수형, "센서 네트워크 미들웨어 기술," 전자공학회지, 제32권 제7호, 2007. 7.
- [4] Samuel Madden, Michael J. Franklin, "Fjording the Stream: An Architecture for Queries over Streaming Sensor Data", In 18th International Conference on Data Engineering, 2002
- [5] Samuel Madden, Robert Szewczyk, Michael J. Franklin and David Culler, "Supporting Aggregate Queries Over Ad-Hoc Wireless Sensor Networks", wmcasa, p. 49, Fourth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 2002
- [6] S. Hadim and N. Mohamed, "Middleware: Middleware Challenges and Approaches for Wireless Sensor Networks", IEEE Distributed Systems Online, Vol.7, No.3, Mar. 2006.