

# 무선 센서네트워크에서 다중 센서(Different Types of Sensors)가 미치는 영향에 대한 분석

최 동 민\*, 정 일 용\*\*, 김 성 열\*\*\*

## An Analysis of the Impact of Different Types of Sensors on Wireless Sensor Networks

Dong-Min Choi \*, Il-Yong Chung\*\*, Seong-Yeol Kim \*\*\*

### 요 약

본 논문에서 우리는 다양한 센서를 사용하는 센서네트워크 환경을 구축하고 이를 단일 센서만을 고려하여 설계된 기존의 클러스터링 알고리즘에 적용하여 성능평가를 진행하였다. 실험에는 서로 다른 타입의 네트워크를 고려하였다. 첫 번째 네트워크는 모든 노드가 동일한 타입의 센서를 장착하는 환경이며, 두 번째는 3가지의 다중 센서를 사용한 네트워크 환경이다. 우리는 몇몇 클러스터링 기법을 데이터 정확성, 자원 고갈 노드 발생 시점, 네트워크 가용 에너지량, 고립 노드 비율, 그리고 네트워크 수명에 따라 성능 변화를 측정하였다. 성능 평가 결과에 의하여 기존 알고리즘은 다중 센서를 사용한 네트워크 유지에 비효율적이라는 사실을 입증하였다. 이에 따라 우리는 다중 센서를 고려한 클러스터링 알고리즘에 대한 연구가 요구됨을 제시하였다.

▶ Keywords : 센서네트워크, 다중 센서, 센서네트워크 클러스터링

### Abstract

In this paper, we constructed a sensor network environment where various sensors are used. Then, we evaluated the performance when this environment adopted existing clustering algorithms that are designed for only single type sensors network. In our experiments, we considered two different types of the networks. In the first, all nodes are equipped with identical sensors. In the second, all nodes are equipped with three different types of sensors. We measured performance variations of several clustering schemes in accordance with sensor data accuracy, sensor node

•제1저자 : 최동민 •교신저자 : 김성열

•투고일 : 2014. 8. 5, 심사일 : 2014. 8. 17, 게재확정일 : 2014. 9. 3.

\* 조선대학교 자유전공학부(Div. of Undeclared Majors, Chosun University)

\*\* 조선대학교 컴퓨터공학과(Def. of Computer Eng., Chosun University)

\*\*\* 울산과학대학교 컴퓨터정보학부(School of Information Technology, Ulsan college)

resource depletion timing, amount of available energy, node isolation ratio, and network lifetime. According to our performance analysis, we proved that existing clustering algorithms are partially inefficient to maintain the various-sensor network. Consequently we suggest that a new algorithm is required to take aim at the various sensor network.

▶ Keywords : Sensor Network, Different Types of Sensors, Sensor Network Clustering

## I. 서 론

센서네트워크는 응용환경에서 수집하는 데이터를 전송하기 위한 목적을 가진다. 이러한 센서네트워크의 성능 평가를 위해 기존 방법들은 여러 가지 환경을 가정하고 실험을 진행하였다. 그러나 D.Choi[1,2]는 기존의 실험 진행에서 고려하지 않았던 몇 가지 요소들에 대해 언급하고, 이들이 네트워크 성능 평가에 충분히 영향을 미칠 수 있음을 제시하였다. 앞의 연구에서 언급 된 요소들 중 센서네트워크의 패턴이 센서네트워크에 충분한 영향을 미칠 수 있다는 점에서 클러스터링 기법은 반드시 센서 데이터의 패턴, 즉 특성을 고려하여야 한다. 이 부분을 확장해 보면 수집하고자 하는 데이터의 종류가 한 가지가 아닐 경우 기존의 기법은 적절한 해법을 제공하지 못한다. 즉, 다양한 종류의 데이터일 경우, 기존의 단일 데이터에 최적화되어 있는 클러스터링 기법은 에너지 효율적인 전송에 어려움이 있다. 따라서 이러한 제한을 극복하고 다종의 데이터를 고려한 클러스터링 기법이 요구된다. 최근의 센서네트워크 응용은 그 분야가 다양해지고 있으며 최근의 연구에 의하면 높은 수준의 상황정보추론을 위해 다종의 센서를 사용한 센서네트워크를 구성하고 이를 통한, 데이터 융합[3,4]을 하는 연구도 진행되고 있다. 이와 같이 다양한 환경에 맞추어 센서네트워크가 수집하는 데이터 또한 다양해지고 있다. 그러나 이러한 다양한 데이터를 수집하는 장소가 동일한 공간일 경우 수집하기 원하는 각각의 데이터를 위해 매번 새로운 센서네트워크를 구성해야 한다면 비효율적인 면에서 매우 비효율적인 방식이 될 것이다.

이에 본 연구는 다종 센서(Different Types of Sensors)를 사용하는 센서네트워크를 가정하고 기존의 센서네트워크와의 차이점을 실험을 통해 알아보고자 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 기존 클러

스터링 기법의 성능평가 시 고려사항에 대한 관련연구들을 고찰하고, 제 3장에서는 제안하는 고려요소에 대해 기술한다. 제 4장에서는 제안하는 고려요소에 대한 성능평가를 기존과 비교하여 평가하며, 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론 및 향후 연구 과제에 대해 논의한다.

## II. 관련 연구

LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[5]는 센서 네트워크의 대표적인 클러스터링 방법이며 전체 네트워크의 노드 중 CH(Clustering Hierarchy)에 걸리는 부하 즉, 에너지 소비를 분산시키기 위해 주기적으로 발생하는 전역 셋업 과정에서 CH의 역할을 바꾼다. 이 방법은 셋업에 소모되는 에너지가 많다.

TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)[6]은 임계값을 이용한 데이터 전송을 제외한 동작은 LEACH와 같으며 알고리즘 구조상 전체 네트워크를 구성하는 노드의 생존 여부 판단이 어렵다.

APTEEN(A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks)[7]은 TEEN의 임계값에 의한 데이터 전송과 LEACH의 데이터 전송 주기를 융합한 형태이며 데이터가 임계값 이하일 경우에도 간헐적으로 데이터를 수집하여 전송한다. 에너지 소비율은 LEACH보다는 낮고 TEEN 보다 높은 경향을 보인다.

RRCH(Round-Robin cluster Header)[8]는 전통적인 LEACH의 반복적으로 발생하는 셋업과정에서 발생하는 에너지 소모 문제를 해결하기 위해 제안된 방법으로 클러스터 내에서 발생하는 CH의 부하 분산을 위해 LEACH의 전 네트워크에 걸쳐 일어나는 셋업을 축소시켜 클러스터 내부에서 소규모 셋업을 진행하며 이때 클러스터 구성은 초기 셋업 때 구성된 클러스

터 구조 그대로 고정하며, CH 역할 분담을 라운드 로빈 방식으로 분담하여 순차적으로 클러스터 내부의 멤버노드가 돌아가면서 CH의 역할을 담당하는 방식으로 진행된다.

Ed-RCS(Energy-aware Event-driven Regional Clustering Scheme)[9]는 데이터 선별 전송을 도입한 기법으로서 특정 구간 동안 발생한 데이터 변화량을 이전 구간의 변화량과 비교하여 선택 전송하는 기법이다. 이 기법은 구간별 데이터 변화가 지속적이고 반복적으로 발생하는 환경에 적합한 기법이나 데이터 패턴이 무작위로 발생할 경우 효율성이 떨어진다.

이와 같은 기법을 토대로 D.Choi[1,2]는 센서네트워크의 공정한 성능 평가에 고려해야 할 요소를 다음과 같이 제시하고 있다.

### 2.1 센서 필드에서 발생하는 센서값 밀도

센서 필드에서 센서값 밀도는 수집을 필요로 하는 데이터의 발생 밀집도를 말하며 이는 응용환경에 주로 의존하게 된다. 기온을 측정하는 경우를 가정한다면, 기온 데이터는 그 특성상 데이터 수집 표면의 밀도가 낮으며 면적 대비 기온의 급격한 변화가 발생하지 않는다. 따라서 데이터를 수집할 때 면적 대비 낮은 밀도로 센서 데이터를 수집하더라도 전체 센서 필드의 온도변화 측정에 큰 오차가 발생하지 않는다. 따라서 적은 수의 노드로 에너지 효율적이면서 수명을 최대화 할 수 있는 알고리즘의 설계가 가능하다. 그러나 타겟(Target)의 현재 위치를 감지하기 위한 센서네트워크 응용의 경우, 센서노드의 밀집도가 높으면 높을수록 타겟의 위치 특정의 해상력이 높아지는 효과가 있으므로 고밀도의 센서네트워크가 요구된다. 그러나 에너지 소비 및 데이터 전송 빈도도 그에 따라 높아지게 되어 네트워크 수명과 에너지 소비효율에 미치는 영향이 크다.

### 2.2 센서의 감지 범위 중첩 여부

노드에 부착된 센서가 탐지 가능한 이벤트의 커버리지를 말한다. 예를 들어 먼 곳에서 발생한 이벤트를 탐지 할 수 있다면 센서의 이벤트 감지 커버리지가 넓은 것이며 이 경우 서로 인접한 노드의 센서 감지범위가 중첩될 가능성이 높아진다. 이렇게 커버리지가 중첩된 센서가 많아질수록 센서네트워크 전체의 운용 효율은 보다 낮아지게 된다.

### 2.3 센서데이터 패턴

센서네트워크가 사용되는 응용환경이나 요구사항이 다르다는 것은 수집하는 데이터의 종류가 다르다는 것을 의미하며

이는 곧 수집을 요구하는 데이터의 특성이 다르다는 것이다. 이러한 데이터를 수집·압축·재처리하여 싱크 노드에 전송하는 대표적인 센서네트워크 데이터 수집 방법인 클러스터링 기법에서 데이터 특성 곧 패턴은 네트워크 성능을 결정하는데 큰 변수로서 적용될 수 있다. 이전의 연구에서는 이러한 데이터 패턴을 몇 가지로 나누어 측정하였으며, 실험 결과 네트워크 성능에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려졌다.

### 2.4 센서의 수량

한 개의 노드는 한 개의 센서를 사용한다. 그러나 응용환경에 따라 다수의 센서를 사용하는 경우도 있음을 고려하면, 한 개의 센서보다 다수의 센서를 사용할 경우 이전에 비해 노드 전력 소비에 영향을 미칠 수 있다. 더욱이 센서는 그 종류별로 소비되는 에너지도 차이가 있으므로 이러한 경우 그 차이는 더욱 크게 나타날 수 있다.

### 2.5 싱크 노드의 위치

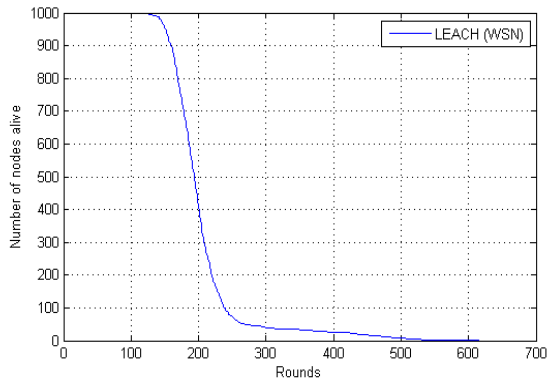
일반적인 경우, 센서네트워크에서 네트워크 성능평가는 데이터 수집자인 싱크 노드가 센서 필드의 중앙이나 외부에 고정된 상태를 가정하여 네트워크 성능평가를 진행하였다. 그러나 특별히 싱크 노드의 위치를 고정해야 할 필요성이 있는 환경이 아니라면, 싱크 노드의 위치는 충분히 바뀔 수 있으며 이에 대한 성능평가도 함께 진행해야 한다.

## III. 동종 센서와 다중 센서로 구성된 센서네트워크

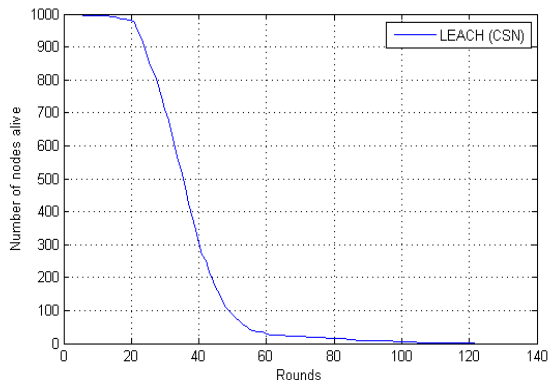
H.Gao[3]와 D.Hyok[4]은 노드의 동종 센서에서 수집하는 데이터를 다양한 응용이 요구하는 시점에 맞추어 최소한의 데이터 수집으로 데이터를 전송하는 방법들을 제안하였다. 이 연구들은 데이터를 응용이 요구하는 시점에 맞추어 전송하는 알고리즘을 사용하고 있으며, 이를 통해 센서네트워크의 자원을 효율적으로 사용하고자 하였다. 이와 같이 일반적인 경우, 한 개의 노드는 한 개의 센서를 장착한다. 그러나 응용환경에 따라 다수의 센서를 사용하는 경우를 고려하면, 한 개의 센서보다 다수의 센서를 사용할 경우 이전에 비해 노드 전력 소비에 영향을 미칠 수 있다.

한 센서네트워크에서 Acoustic Information[10,11], Vibration Information[12,13,14], Behavior Information [15,16,17] 등의 정보 수집요구가 있을 경우, 각 센서가 부착된 노드들은 그 종류별로 소비되는 에너지에

차이가 발생한다. 이는 노드 간 보존 에너지의 불균형을 의미한다. 에너지의 균형적인 소비를 위한 S.Na[18]의 방법, 또는 데이터 필터링을 통한 에너지 보존을 위한 J.Kim[19]의 방법도 다중 센서의 경우 큰 의미가 없다. 그 예로써 D.Choi[20]는 한 노드에 단일 센서와 다수의 동종 센서를 사용한 센서네트워크의 수명을 그림 1과 같이 비교하였다.



(a) 단일 센서

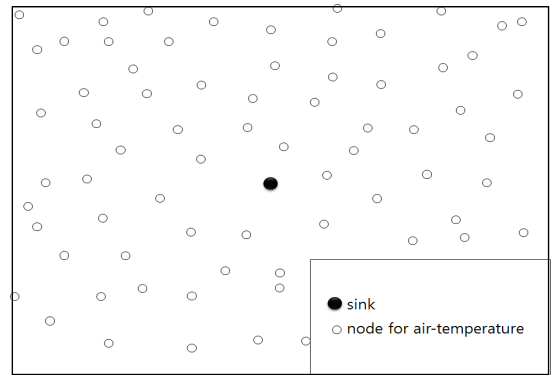


(b) 다수의 동종 센서

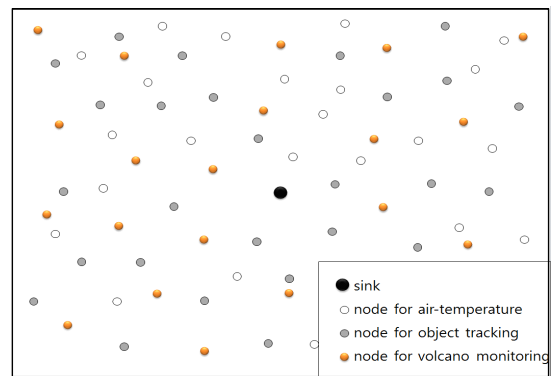
그림 1. 네트워크 수명 비교  
Fig.1. Network Lifetime Comparison

다수의 동종 센서를 사용하는 경우와 같이, 다중 센서를 사용하는 경우에서도 다양한 응용에서 데이터를 요구하는 점에 있어 그 형태가 다수의 동종 센서를 사용할 때와 유사하다고 할 수 있다. 그러나 다중 센서의 경우에는 더욱 정교한 데이터 처리 알고리즘이 필요하다. 왜냐하면 다중 센서에서 수집하는 데이터 특성상 응용에서 전송을 요청하는 데이터는 위와 달리 다양한 특성을 갖는 데이터이므로 이에 대한 고려가 반드시 필요하기 때문이다. 또한 그림 1의 그래프에서 다수의

센서는 동종 센서를 전제로 한 결과이므로 비교적 차이가 크게 나타나지 않으나 다중의 센서, 특히 멀티미디어 데이터를 고려한다면 다중 센서의 사용은 네트워크 성능에 큰 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다. 그림 2는 단일 센서와 다중 센서를 사용할 경우의 노드 분포에 대한 예시이다.



(a) 단일 센서로 구성된 네트워크



(b) 3종의 센서로 구성된 네트워크

그림 2. 노드 분포 비교  
Fig.2. Node Distribution Comparison

#### IV. 실험 결과 및 고찰

본 장에서는 다중 센서가 센서네트워크의 성능에 미치는 영향 측정을 위해 기존의 라우팅 기법들을 이용하여 단일 센서네트워크와 다중 센서네트워크로 나누어 실험을 진행하였다. 실험에는 MATLAB이 사용되었으며 2장에서 언급된 여러 변인들 중 다중 센서 환경에서 비중이 큰 3장의 다중 센서의 에너지 소비에 중점을 두어 실험을 진행하였으며 실험환경은 다음과 같다.

실험 환경	
• 성능평가를 위해 사용되는 라우팅 기법(5개 기법) :	LEACH(5), TEEN(6), APTEEN(7), RRCH(8), Ed-RCS(9)
• 센서노드 개수 :	1,000개
• 노드 배치 조건 :	- 센서 필드에 무작위 배치 - 배치 이후 고정(이동성 없음)
• 센서 데이터 전송률 측정을 위한 데이터 생성 모델 :	노드별로 무작위로 생성되는 데이터 셋
• 데이터 셋의 크기 :	- 크기별로 3가지로 구분 - 다중 센서 데이터 구성
• 데이터 전송 :	- 노드들 사이의 협업을 위한 멀티 홉 전송 모델 - 초기 에너지 동일
• 싱크 노드 조건 :	- 자원 제한 없음 - 전송 범위는 전체 네트워크

이에 따른 입력 파라미터 값은 표 1과 같으며 이는 LEACH 기법의 성능평가 환경을 고려한 것이다.

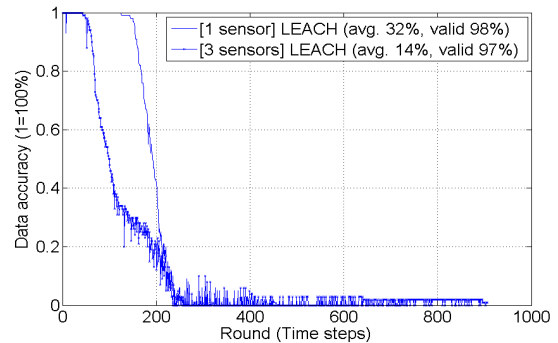
표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation Parameters

Parameter	Value	Unit
Eelec (electronic energy)	50	nJ/bit
Efs (amplified energy of freespace model)	10	μJ/bit/m <sup>2</sup>
Emp (amplified energy of multipath model)	0.0013	μJ/bit/m <sup>4</sup>
Eschedule (consumed energy of node scheduling)	5	nJ/bit/sig nal
Edata (consumed energy of data aggregation)	5	nJ/bit/sig nal
l (message length)	1000	bit
N (number of sensor nodes)	1000	ea
T (node transmission distance)	50	m
S (node sensing distance)	0 to 50	m
Application environment data	Rando	m
M (length of a side of the network)	200	m

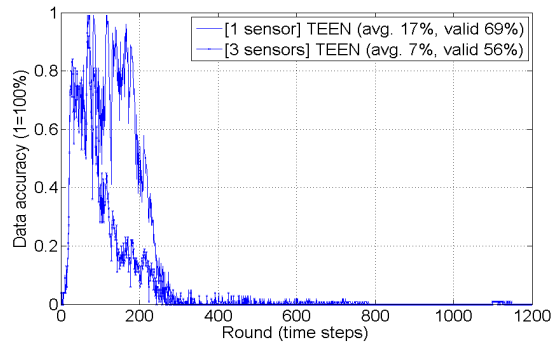
#### 4.1 수집된 데이터의 정확성 비교

그림 3은 단일 센서노드와 다중 센서노드로 나누어 측정된

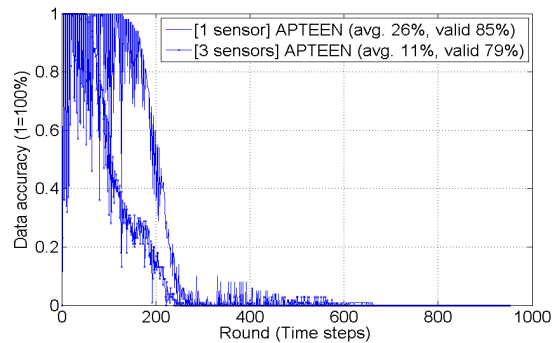
수집 데이터 정확성 비교 그래프이다. 데이터 정확성 비교는 필드의 원시 데이터 값과 센서노드의 수집과정을 거쳐 싱크 노드로 수집된 데이터 값을 비교하는 것이다. 다중 센서를 사용한 네트워크는 센서 종류에 따른 데이터 값을 구분하지 않고 평균 정확도를 계산하였다. 그래프에 의하면 모든 라우팅 기법에서 센서의 수가 1개일 때 가장 높은 정확도를 보이며, 보다 오랜 시간 동안 높은 정확도를 유지하는 것으로 나타났다.



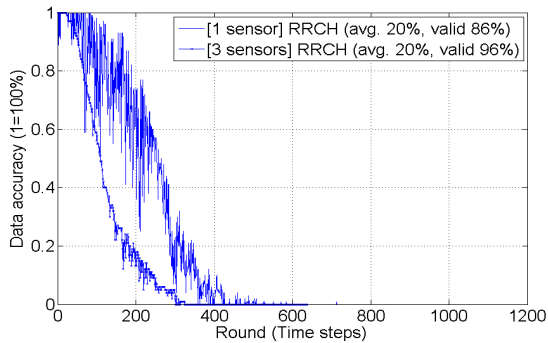
(a) LEACH



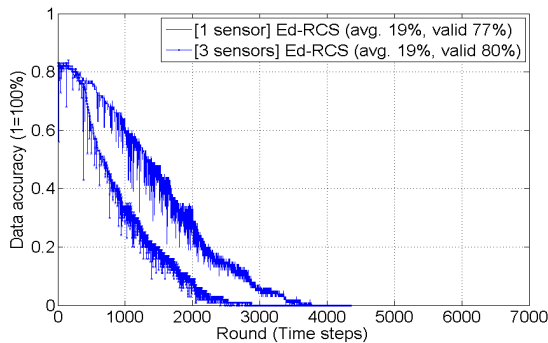
(b) TEEN



(c) APTEEN



(d) RRCH



(e) Ed-RCS

그림 3. 데이터 정확도 비교  
Fig.3. Data Accuracy Comparison

LEACH의 경우 네트워크 총 수명시간 동안 평균 정확도는 단일 센서일 때 32%로 측정되었으며 유효네트워크 수명시간, 즉 80%의 노드가 생존해 있을 때까지의 정확도 측정에 있어서는 두 방법이 각각 98%와 97%대의 높은 정확도를 유지하였다. 그러나 노드의 수명이 단축되어 있어 3개의 센서를 사용할 경우 기존의 경우보다 유효수명의 길이가 절반 이하로 단축된 것을 볼 수 있다. TEEN과 APTEEN의 경우에서도 LEACH와 유사한 경향이 나타나는 것을 볼 수 있으며 각각 단일 센서와 3개의 센서를 사용할 때 유사한 형태로 그래프가 변화하는 것을 볼 수 있다. 이는 이 기법들이 센서의 수에 의해 정확도 및 수명에 영향을 받고 있다는 것을 나타낸다.

RRCH의 경우 약간 다른 형태로 그래프가 나타난 것을 볼 수 있는데 단일 센서의 경우 평균 20% 유효수명기간 정확도 86%이며 3개 센서의 경우 평균은 동일하고 유효수명기간 정확도 96%로 오히려 상승한 것을 알 수 있다. 이는 알고리즘 특성에 의한 것으로 보이며 사용한 데이터가 랜덤셋(Random Set)이기 때문에 나타난 것으로 보인다. 결국 이

기법은 노드 에너지 소비율을 제외하고 그다지 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. Ed-RCS의 경우 기본 알고리즘이 유사한 형태로서 그래프의 패턴도 어느 정도 유사하게 나타나는 것을 알 수 있다. 평균과 유효수명기간 정확도가 크게 차이 나지 않는 형태이며 이도 알고리즘 특성에 의한 것으로 보인다. 결국 이 기법도 노드 에너지 소비율을 제외하고 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

단일 센서와 다중 센서를 사용했을 때 정확도 비교에서 전반적으로 단일 센서를 사용했을 경우 다중 센서 환경에 비해 편차가 점점 크게 나타나는 결과를 보여주는데 이는 다중 센서 환경에서 도출된 그래프가 다중센서 정확도 값의 총합을 이용한 결과로 다중 센서 수집값 상호간 오차율을 상쇄하는 효과가 발생한 것으로 보인다.

4.2 네트워크 고립 노드 발생률 비교

그림 4는 각 기법별로 유효수명과 전체 수명에서 네트워크 고립 노드 발생률을 비교한 것이다. 그래프를 살펴보면 RRCH 기법을 제외하고는 네트워크 고립 노드 발생률에 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. RRCH는 셋업 구간이 없는 알고리즘 특성상 변화율이 큰 것으로 보인다. 결국 RRCH를 제외한 다른 기법 모두 네트워크 고립 노드 발생률에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

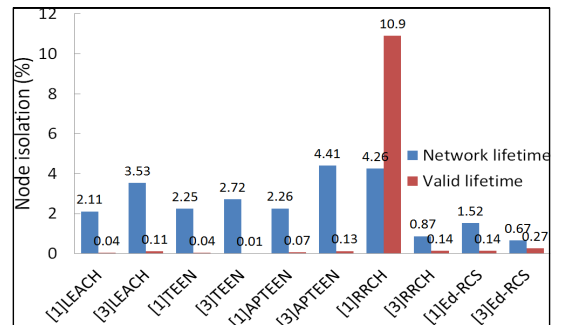


그림 4. 노드 고립 확률 비교  
Fig.4. Node Isolation Probability Comparison

4.3 자원 고갈 노드 발생 시점과 네트워크 에너지 잔량 비교

그림 5는 센서 개수별로 측정된 별로 측정된 최초 사망 노드 발생시점과 그 때의 네트워크 잔여 에너지량을 비교한 그래프이다. 그래프에 의하면 모든 기법에서 3개의 센서를 사용할 때 가장 높은 에너지 소비율을 보였으며 사망 노드가 발생하는 시점도 빠르게 나타났다. 그러나 노드의 에너지 소비 평

준화는 RRCH를 제외하고 단일 센서와 3개 센서를 사용할 때 모두 별다른 차이가 나타나지 않았다. 이는 멀티홉 환경에 따른 것으로 보인다. 결국 모든 기법에서 네트워크 에너지 소비율이 센서의 개수에 의존적이며 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

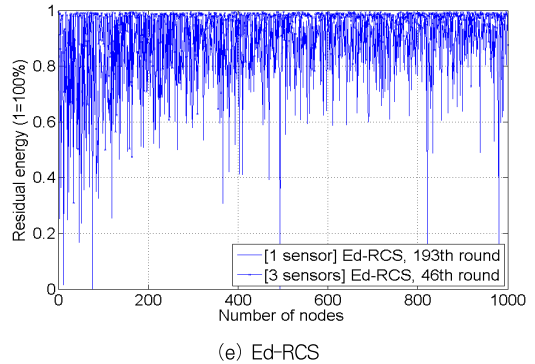
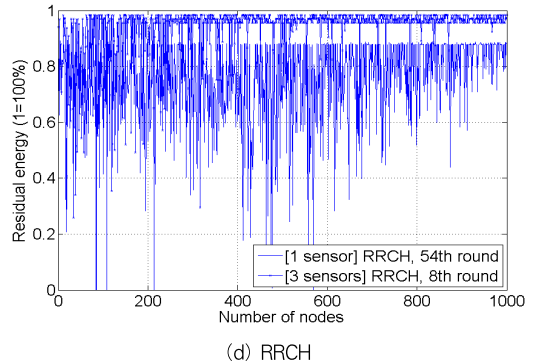
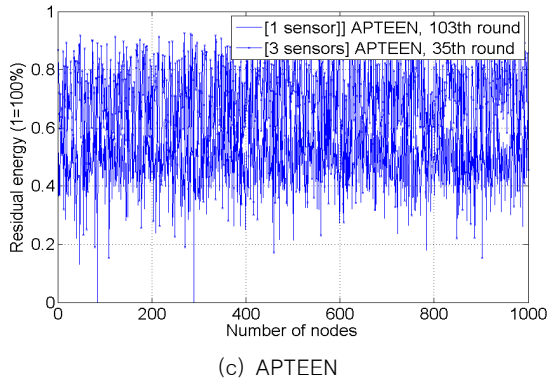
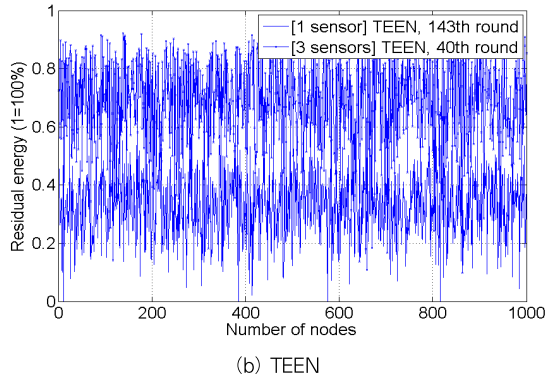
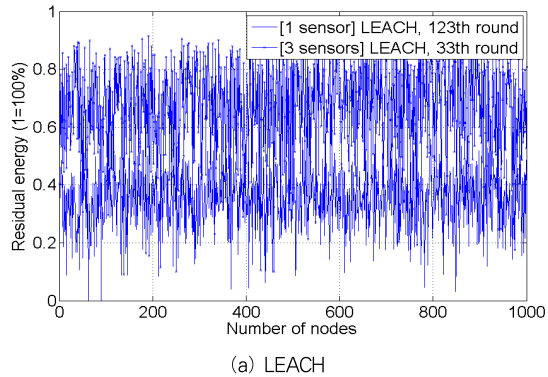
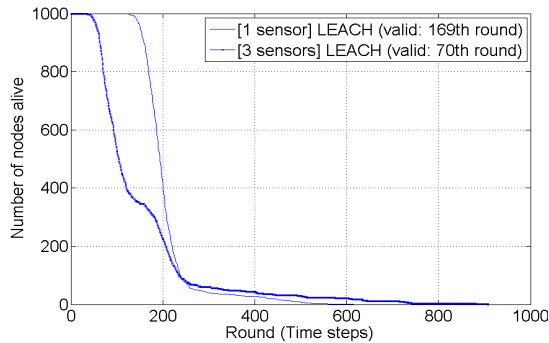


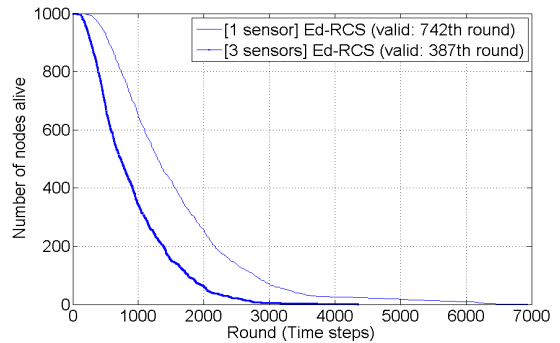
그림 5. 잔여 에너지 비교  
Fig.5. Residual Energy Comparison

#### 4.4 네트워크 수명 비교

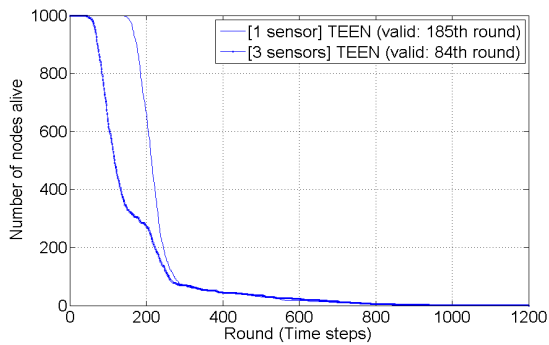
그림 6은 단일 센서노드와 다중 센서노드 네트워크의 수명을 비교한 그래프이다. 수명 비교는 전체 네트워크 수명과 유효 네트워크 수명으로 나누어 비교하였다. 그래프에 의하면 모든 기법에서 3개 센서를 사용할 때 에너지 소비가 큰 것으로 나타났다. 전체 네트워크 수명의 경우 의미 있는 변화가 나타나지는 않았으나 유효수명의 경우, LEACH의 경우 3개 센서를 사용하는 환경에서 단일 센서를 사용할 때에 비해 수명이 약 58.5% 감소하였으며, TEEN은 54.6%, APTEEN은 55.7%, RRCH는 67.6%로 최대치를 기록하였으며 Ed-RCS는 47.9%의 감소율을 보였다. 한 가지 흥미로운 사실은 기본적인 클러스터링 기법의 경우 그 감소율이 50%를 넘어 상당한 에너지 손실을 기록한 것에 비해 데이터 재처리를 포함하는 알고리즘의 경우 50% 미만의 감소율로 상대적으로 적은 수준의 에너지 소비율을 기록했다는 것이다. 이는 다중 센서 환경을 고려한 데이터 재처리 알고리즘이 존재할 경우 더욱 큰 에너지 소비 효율을 보일 수 있을 것으로 기대되는 항목이다.



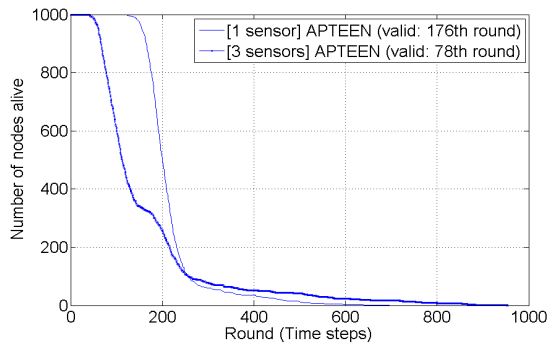
(a) LEACH



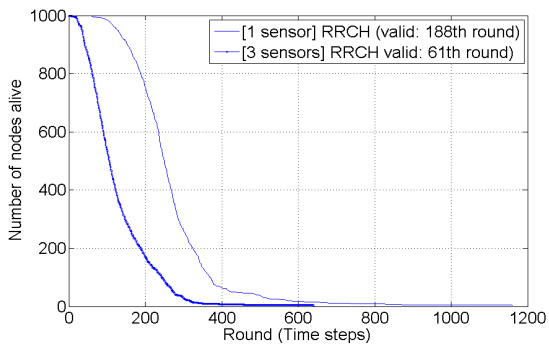
(e) Ed-RCS



(b) TEEN



(c) APTEEN



(d) RRCH

그림 6. 네트워크 수명과 유효수명 비교  
Fig. 6. Network Lifetime & Service Lifetime Comparison

4.5 실험결과에 따른 고찰

LEACH와 TEEN, APTEEN은 기본 알고리즘이 동일한 형태이며, 100-200 라운드 사이와 200-400개 잔여 생존노드가 존재하는 부분에서 완만한 에너지 소비를 보이는 구간이 존재한다. 이는 알고리즘 특성에 의한 것으로 보이며, 해당 구간에서 노드들 간의 연결 실패로 인한 에너지 보전 현상이나 클러스터 구성 실패 또는 싱크 노드 연결 실패로 인한 에너지 보전 현상이 나타나는 것으로 추정된다. RRCH의 경우 그 변화 폭이 다른 기법에 비해 크게 나타나고 있으며 이는 알고리즘이 다수의 센서에 대해 취약함을 나타내는 것이다. Ed-RCS의 경우에서도 최근에 제안되었던 기법임에도 불구하고 오히려 고려하는 요소가 증가됨으로 인해 발생하는 에너지 손실량이 더욱 증가하여 다중 센서 사용 시 발생하는 에너지 손실로 인해 전체 네트워크 수명이 상대적으로 많이 감소하였음을 볼 수 있다. 이와 같은 사실로 우리는 클러스터링 알고리즘의 개량을 통해 다중 센서를 이용하는 응용에 어느 정도 대응이 가능함을 알 수 있다. 표 2는 알고리즘별로 측정된 다중 센서의 영향 지수를 나타낸 평가표이다.

표 2. 알고리즘 성능 평가표  
Table 2. Evaluation Table of Algorithm performance

Item	LEACH	TEEN	APTEEN	RRCH	Ed-RCS
Lifetime	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Data Accuracy	Yes	Yes	Yes	No	No
Node Isolation	Partial	No	Partial	Yes	No
Network Energy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes



## V. 결론

본 논문은 센서네트워크에서 노드의 센서 수의 변화(다중 센서)가 네트워크의 성능에 영향을 줄 수 있다는 점을 가정하고, 이를 검증하고자 하였다. 기존에 제안되었던 라우팅 기법들을 기반으로 다중 센서노드가 포함된 네트워크를 가정하고 실험을 진행하여 테스트하였다.

실험 결과, 우리는 다중 센서가 존재할 경우 다음과 같은 부분에 충분히 영향을 미칠 수 있음을 보였다.

- 데이터 정확도(특히, 유효 수명 구간의 데이터 정확도)
- 고립 노드 발생률
- 보존 에너지(노드 및 네트워크 보존 에너지)
- 네트워크 수명(특히, 네트워크 유효수명)

측정된 성능 변화에 대한 상세한 내용은 4장에 기술 되었다. 성능 평가 결과를 살펴보면 기존 알고리즘은 다중 센서를 사용한 네트워크 유지에 비효율적이라는 사실을 알 수 있다. 이에 따라 우리는 다중 센서를 고려한 클러스터링 알고리즘에 대한 연구가 요구됨을 확인하였다.

향후 연구에서는 라우팅 알고리즘에 따라 영향력이 다를 수 있음을 고려하여 해당 부분을 심도 있게 다룰 수 있는 검증 기법 및 이 점을 고려한 라우팅 알고리즘을 개발하고자 한다.

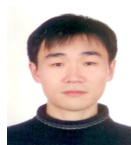
## 참고문헌

- [1] D. Choi, S. Moh, and I. Chung, "Impact of Sensor Data Patterns on Performance Evaluation of Clustering Schemes in Wireless Sensor Networks," *Sensor Letters*, Vol. 11 No. 2, pp.249-258, 2013.
- [2] D. Choi, and I. Chung, "Fundamental Considerations: Impact of Sensor Characteristics, Application Environments in Wireless Sensor Networks," *Journal of Korea Multimedia Society* Vol. 7, No. 4, pp. 441-457, April 2014.
- [3] H. Gao, X. Fang, J. Li, and Yingshu Li, "Data Collection in Multi-Application Sharing Wireless Sensor Networks," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, IEEE early access articles, Issue. 99, pp. 1, January 2014.
- [4] D. Hyok, and C. Ryu, "Multi-sensor Data Fusion Using Weighting Method based on Event Frequency," *The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 6, No. 4, pp. 581-587, August 2011.
- [5] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 1, No. 4, pp. 660-670, October 2002.
- [6] A. Manjeshwar, and D. P. Agarwal, "TEEN: a Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," *Parallel and Distributed Processing Symposium, Proceedings 15th International*, pp. 30189a, April 2001.
- [7] A. Manjeshwar, and D. P. Agarwal, "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," *Parallel and Distributed Processing Symposium, Proceedings International, IPDPS 2002*, pp. 195-202, 2002.
- [8] D. Nam, and H. Min, "An Energy-Efficient Clustering Using a Round-Robin Method in a Wireless Sensor Network," *Software Engineering Research, Management & Applications, 2007. SERA 2007. 5th ACIS International Conference on*, pp. 54-60, 2007.
- [9] D. Choi, J. Shen, S. Moh, and I. Chung, "Data Prediction Strategy for Sensor Network Clustering Scheme," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14, No. 9, pp. 1138-1151, September 2011.
- [10] S. Ganesan, and R. Finch, "Monitoring of Rail Forces by using Acoustic Signature Inspection," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 114, No. 2, pp. 165-171, April 1987.
- [11] M. Cerullo, G. Fazio, M. Fabbri, F. Muzi, and G. Sacerdoti, "Acoustic Signal Processing to Diagnose Transiting Electrictrains," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 6, No. 2, pp. 238-243, June 2005.
- [12] L. Cheng, and S. Pakzad, "Agility of Wireless Sensor Networks for Earthquake Monitoring of

- Bridges," In Networked Sensing Systems (INSS), 2009 Sixth International Conference on, pp. 1-4, June 2009.
- [13] M. Suzuki, S. Saruwatari, N. Kurata, and H. Morikawa, "A High-density Earthquake Monitoring System using Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 5th International Conference in Embedded Networked Sensor Systems, pp. 373-374, 2007.
- [14] R. Tan, G. Xing, J. Chen, W. Song, and R. Huang, "Qualitydriven Volcanic Earthquake Detection using Wireless Sensor Networks," In Real-Time Systems Symposium (RTSS), 2010 IEEE 31st, pp. 271-280, December 2010.
- [15] A. Mainwaring, D. Culler, J. Polastre, R. Szewczyk, and J. Anderson, "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring," In Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, WSNA '02, pp. 88-97, 2002.
- [16] R. Szewczyk, A. Mainwaring, J. Polastre, J. Anderson, and D. Culler, "An Analysis of a Large Scale Habitat Monitoring Application," In Proceedings of the 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, SenSys'04, pp. 214-226, 2004.
- [17] R. Szewczyk, E. Osterweil, J. Polastre, M. Hamilton, A. Mainwaring, and D. Estrin, "Habitat Monitoring with Sensor Networks," Communications of the ACM, Vol. 47, No. 6, pp. 34-40, June 2004.
- [18] S. Na, S. Choi, T. Lee, and Y. Cho, "Clustering Algorithm for Efficient Energy Consumption in Wireless Sensor Networks," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 19, No. 6, June 2014.
- [19] J. Kim, C. Park, C. Kim, and B. Kang, "An Energy-Efficient Data Aggregation using Hierarchical Filtering in Sensor Network," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 12, No. 1, March 2007.
- [20] D. Choi, and I. Chung, "Energy Efficient

Clustering Scheme for composite Sensor Networks," The 10th International Conference on Multimedia Information Technology and Applications (MITA 2014), July 2014.

## 저 자 소 개



### 최 동 민

2003: 경희대학교  
컴퓨터공학과 공학사.  
2007: 조선대학교  
정보컴퓨터교육 교육학석사.  
2012: 조선대학교  
컴퓨터공학과 공학박사  
현 재: 조선대학교  
자유전공학부 조교수  
관심분야: 정보 보안, 센서 네트워크  
Email : jdmcc@chosun.ac.kr



### 정 일 용

1983: 한양대학교 공과대학 공학사.  
1987: City University of New York  
전산학과와 전산학석사.  
1991: City University of New York  
전산학과 전산학박사  
현 재: 조선대학교 컴퓨터공학부 교수  
관심분야: 네트워크 보안,  
병렬 알고리즘  
Email : iyc@chosun.ac.kr



### 김 성 열

1994: 조선대학교  
전자계산학과 이학사.  
1996: 조선대학교  
전자계산학과 이학석사.  
2000: 조선대학교  
전자계산학과 이학박사  
현 재: 울산과학기술대학교  
컴퓨터정보학부 부교수  
관심분야: 정보보안, 분산시스템  
Email : sykimnat@nate.com