

# 센서 네트워크에서 싱크 노드 위치가 성능에 미치는 영향 분석

최동민<sup>†</sup>, 김성열<sup>\*\*</sup>, 정일용<sup>\*\*\*</sup>

## Impact of Sink Node Location in Sensor Networks: Performance Evaluation

Dongmin Choi<sup>†</sup>, Seongyeol Kim<sup>\*\*</sup>, Ilyong Chung<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

Many of the recent performance evaluation of clustering schemes in wireless sensor networks considered one sink node operation and fixed sink node location without mentioning about any network application requirements. However, application environments have variable requirements about their networks. In addition, network performance is sufficiently influenced by different sink node location scenarios in multi-hop based network. We also know that sink location can influence to the sensor network performance evaluation because of changed multipath of sensor nodes and changed overload spots in multipath based wireless sensor network environment. Thus, the performance evaluation results are hard to trust because sensor network is easily changed their network connection through their routing algorithms. Therefore, we suggest that these schemes need to evaluate with different sink node location scenarios to show fair evaluation result. Under the results of that, network performance evaluation results are acknowledged by researchers. In this paper, we measured several clustering scheme's performance variations in accordance with various types of sink node location scenarios. As a result, in the case of the clustering scheme that did not consider various types of sink location scenarios, fair evaluation cannot be expected.

**Key words:** Sensor Network, Sink Location, Performance Evaluation

### 1. 서 론

기존 방법들은 센서 네트워크 성능 평가를 위해 여러 가지 환경을 가정하고 실험을 진행하였다. 그러나 기존의 실험 진행에 고려하지 않았던 몇 가지 요소들에 대해 최근에 제안된 논문[1,2]에서 언급하였으며, 이러한 요소들은 네트워크 성능 평가에 충분히

영향력을 미칠 수 있다는 결론을 내리게 되었다. 본 연구에서 언급하는 또 다른 고려 요소는 싱크 노드의 위치변화에 따른 네트워크 성능변화이다. 일반적인 경우, 센서 네트워크에서 싱크 노드의 위치는 센서 필드의 외부 또는 내부에서 고정된 형태로서 단일 싱크 노드의 동작으로 네트워크를 관리한다. 더욱이, 기존의 방법들[3-9]은 네트워크 성능 평가에 있어 싱

※ Corresponding Author: SeongYeol Kim, Address: (682-090) 1-503ho, Bongsu-ro 101, Dong-gu, Ulsan, Korea, TEL: +82-52-230-0686, FAX: +82-52-230-0670, E-mail: sykimnat@nate.com  
Receipt date: May. 19, 2014, Revision date: Jul. 4, 2014  
Approval date: Jul. 21, 2014

<sup>†</sup> Div. of Undeclared Majors, Chosun University  
(E-mail: jdmcc@chosun.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> School of Information Technology, Ulsan College

<sup>\*\*\*</sup> Dept. of Computer Eng., Chosun University  
(E-mail: iyc@chosun.ac.kr)

※ This study was supported by research fund from Chosun University, 2014.

크 노드의 위치가 단일화된 형태로 성능 평가 결과를 제시하였다. 이에 우리는 기존에 진행된 연구[1,2]와 달리 또 다른 싱크 노드의 위치를 고려하여 적절한 성능 평가 결과를 얻고자 하였다. 이를 통해 우리는 기존에 제시된 센서 네트워크에 영향을 미치는 요소들에 대하여 데이터 수집자인 싱크 노드 또는 베이스 스테이션의 네트워크 상 위치가 어디에 해당하느냐에 따라 네트워크 수명에 충분한 영향을 미칠 수 있음을 보이고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 이전 연구에서 언급하였던 공정한 성능평가를 위해 고려되어야 하는 요소들에 대해 언급하며, 3장에서 제안하는 싱크 위치의 변화에 대한 네트워크 성능 변화 고려여부에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 제안한 싱크 위치 변화를 토대로 기존의 몇 라우팅 기법에 대해 실험한 결과를 기존에 실험되었던 결과와 비교하여 성능 변화를 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

기존에 진행된 연구[1,2]에서는 센서 네트워크의 공정한 성능 평가에 고려해야 할 요소로서 몇 가지를 제시하고 있다.

### 2.1 타겟 필드에서 센서 데이터 밀도

타겟 필드에서 센서 데이터 밀도는 데이터 수집 대상이 되는 센서 네트워크 필드에서 수집하게 되는 데이터의 발생 밀집도를 말하며 이는 응용환경에 의존하는 경향이 크다. 예를 들어 기온 측정의 경우 기온 데이터는 밀도가 낮은 형태로 데이터를 수집하더라도 전체 센서 필드의 온도변화 측정에 큰 오차가 발생하지 않아 소수의 노드만을 이용하여 에너지 소비를 최소화하면서 네트워크 동작시간을 최대화 할 수 있는 알고리즘의 설계가 가능하다. 그러나 타겟의 위치 측정을 위한 센서 네트워크의 경우, 센서노드의 밀집도가 높을수록 위치 특정에 유리하므로 보다 타겟의 위치 정확도를 높일 수 있다. 그러나 그만큼 에너지 소비 및 데이터 전송 빈도도 높아지므로 센서 네트워크 수명 및 동작에 미치는 영향이 크다.

### 2.2 노드가 사용하는 센서의 이벤트 감지 범위

노드에 부착된 센서가 탐지 가능한 이벤트의 커버

리지를 말한다. 먼 곳에서 발생한 이벤트를 탐지 할 수 있다면 센서의 이벤트 감지 커버리지가 넓은 것이며 이 경우 서로 인접한 노드의 센서 감지범위가 중첩될 가능성이 높아진다. 이와 같이 커버리지가 중첩된 센서가 많을수록 센서 네트워크 전체의 운용은 보다 비효율적으로 되게 되며 이는 곧 비효율적인 에너지소모를 의미한다. 따라서 이러한 요소도 네트워크 수명 및 동작에 영향을 미칠 수 있다.

### 2.3 센서가 수집하는 데이터의 발생 패턴

센서 네트워크가 사용되는 응용환경이 다르다는 것은 수집하는 데이터의 종류가 다르다는 것을 의미하며 이는 곧 다른 종류의 데이터로 인한 데이터의 특성이 다르다는 것이다. 이를 데이터 패턴으로 일괄하여 이러한 데이터를 수집·압축·재처리하여 싱크 노드에 전송하는 대표적인 센서 네트워크 데이터 수집 방법인 클러스터링 기법에서 이러한 데이터 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 노드가 사용하는 센서가 다수일 경우

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. 더욱이 센서는 그 종류별로 소비되는 에너지도 차이가 있으므로 이러한 경우 그 차이는 더욱 크게 된다.

## 3. 싱크 노드의 위치

일반적인 경우, 센서 네트워크에서 네트워크 성능 평가는 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. 이에 우리는 싱크 노드의 위치가 충분히 센서 네트워크 성능에 영향을 미칠 수 있다는 가정 하에 다음의 시나리오를 준

비하였다. 각 시나리오별 센서 네트워크 성능 비교를 위해 우리는 기존에 제안된 몇 가지 센서 네트워크 라우팅 기법[3-9]을 이용하였으며, 4가지로 구분된 싱크 노드 위치 시나리오를 정한 후 실험을 진행하였다. 본 연구에서 사용된 싱크 노드의 위치는 다음과 같다.

3.1 싱크가 센서 필드 밖에 위치하고 이동성은 없는 경우

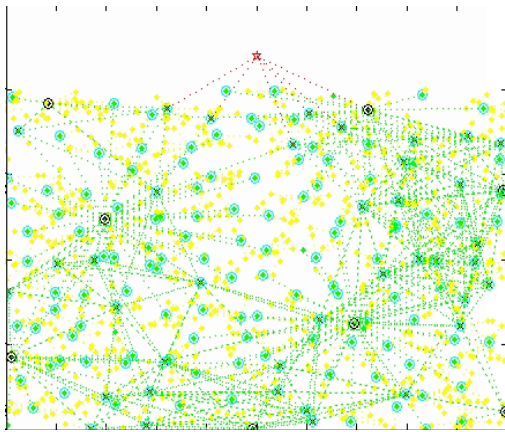


Fig. 1. Sink node location scenario(outside, fix).

위의 그림 1과 같은 네트워크 구조는 일반적인 센서 필드에서 흔히 볼 수 있는 형태 중 하나이며 대부분의 경우 위의 구조를 바탕으로 네트워크 성능평가를 한다. 이 경우, 싱크(붉은색 별 표시) 주변의 센서 노드들은 데이터 전달자로서의 임무도 겸하여 진행

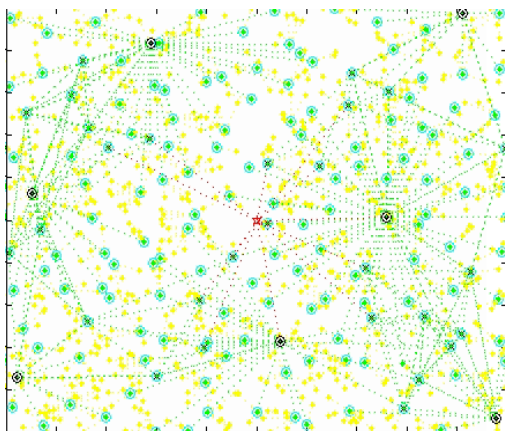


Fig. 2. Sink node location scenario(inside, center, fix).

하기 때문에 에너지 홀 문제[9,10]가 발생하여 네트워크 수명을 급격히 단축시킬 수도 있다.

3.2 싱크가 센서 필드의 중앙에 위치하며 이동성은 없는 경우

위의 그림 2와 같은 네트워크 구조 또한 흔히 볼 수 있는 형태 중 하나이며 대부분의 경우 위의 두 구조로 성능평가를 한다. 이와 같은 구조의 경우 그림 1에서 언급한 바와 같은 문제가 발생할 경우 네트워크 동작에 큰 손실이 발생할 수 있다.

3.3 싱크가 센서 필드 가장자리에 위치하며 이동성이 있는 경우

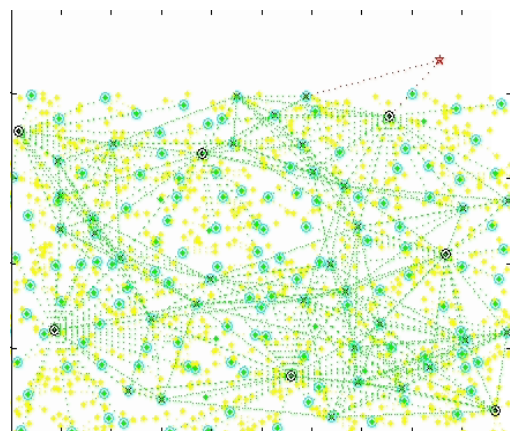
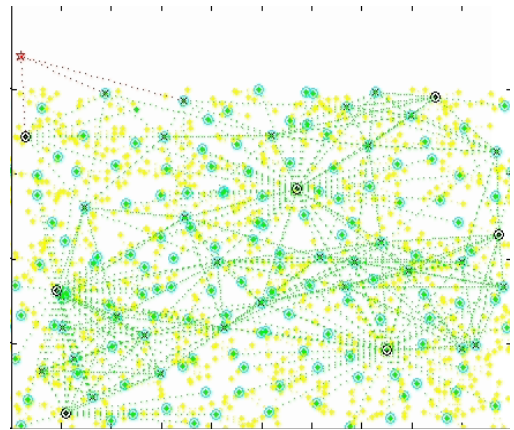


Fig. 3. Sink node location scenario(outside, passing beside).

위의 그림 3과 같은 경우는 필드 가장자리에 도로가 위치하여 차량에 장착된 싱크 노드가 정해진 경로

를 통해 지나가면서 데이터를 수집하는 구조의 전형적인 모습이다. 이러한 네트워크는 네트워크 필드 가장자리에 위치한 노드의 에너지 소비율이 급격히 증가하는 경향을 보이며, 아울러 센서 노드는 싱크 노드의 진행방향과 속도를 추정하여 데이터를 성공적으로 전송하기 위한 노력을 해야 하므로 여기에 추가적으로 소비되는 에너지도 증가하게 된다. 이는 곧 데이터의 빈번한 전송과 전달로 인한 네트워크 에너지 소모를 의미하므로 네트워크에 미치는 영향력이 존재한다고 볼 수 있다.

3.4 싱크가 센서필드 안쪽에 위치하며 이동성이 있는 경우

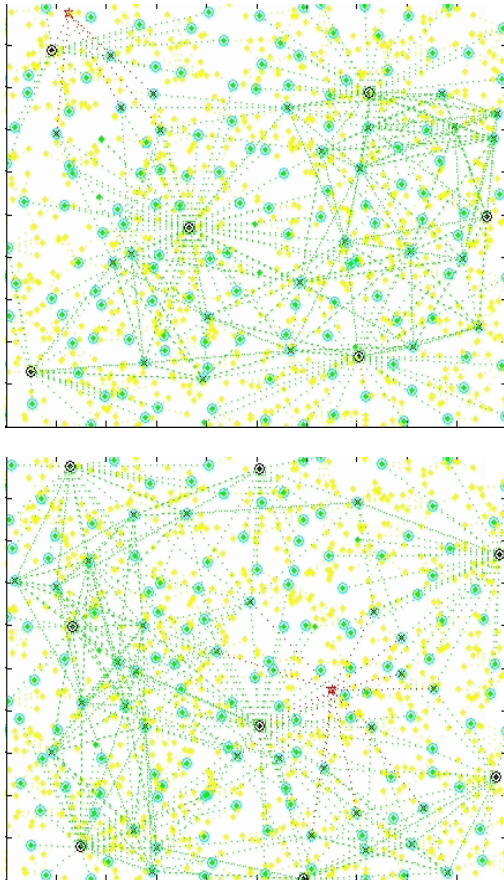


Fig. 4. sink node location scenario(outside, passing through).

위의 그림 4와 같은 경우는 이동형 로봇에 장착된 싱크 노드를 이용하여 센서 필드의 특정 지점으로

이동한 후 데이터를 수집하는 형태로 사용자가 원하는 데이터를 원하는 때에 수집하기 용이한 장점이 있는 반면 로봇을 이용한 이동은 고정적인 위치 이동이 존재하지 않으므로 센서들은 주기적인 위치 파악 알고리즘을 사용하여 싱크 노드로의 데이터 전송 경로를 확보하는 등의 추가적인 알고리즘이 필요하게 되어 일반적인 방법에 비해 에너지의 소비가 더 발생하게 된다. 이는 곧 네트워크 에너지의 소비량이 증가함을 의미하므로 위의 구조도 네트워크 에너지 소비에 영향을 미치는 요인이 될 수 있다.

4. 실험 결과 및 고찰

본 장에서는 제안하는 고려요소들이 센서 네트워크의 성능평가에 미치는 영향을 측정하기 위해 기존의 몇 라우팅 기법들을 이용하여 싱크 노드 위치 시나리오별로 실험을 진행하였고 실험에는 MATLAB이 사용되었다. 실험환경은 다음과 같다. 성능평가를 위해 사용되는 라우팅 기법은 LEACH[3], TEEN[4], APTEEN[5], ARCT[6], ARCS[7], RRCH[8], EdRCS[9]의 7개 기법이다. 공통적인 사항으로써 센서 노드는 1000개를 기준으로 하였고, 노드의 배치는 센서 필드에 무작위로 배치되는 구조이며 배치된 이후 이동성이 없이 고정되는 형태이다. 센서 데이터 전송을 측정 위한 데이터 생성 모델은 노드별로 무작위로 생성되는 데이터 셋을 적용하였다. 노드들 간 데이터 전송은 노드간 협업을 위한 멀티 홉 전송 모델을 기본으로 하였으며 초기 에너지는 동일하다. 싱크 노드는 자원 제한이 없으며 전송 범위는 전체 네트워크를 포함한다. 이에 따른 입력 파라미터 값은 표 1과 같으며 이는 LEACH 기법의 성능평가 환경을 고려한 것이다.

4.1 수집된 데이터의 정확성 비교

다음의 그림 5는 싱크 노드의 위치 시나리오별로 측정한 수집 데이터 정확성 비교 그래프이다. 데이터 정확성 비교는 최초 생성된 데이터셋의 값과 센서 노드의 수집과정을 거쳐 싱크 노드로 수집된 데이터 값을 비교하는 것이다. 그래프에 의하면 모든 라우팅 기법에서 싱크 노드가 네트워크 중앙에 고정되어 있을 때 가장 높은 정확도를 보이는 것으로 나타났으며, 싱크 노드가 이동 중이거나 네트워크 외부에 있

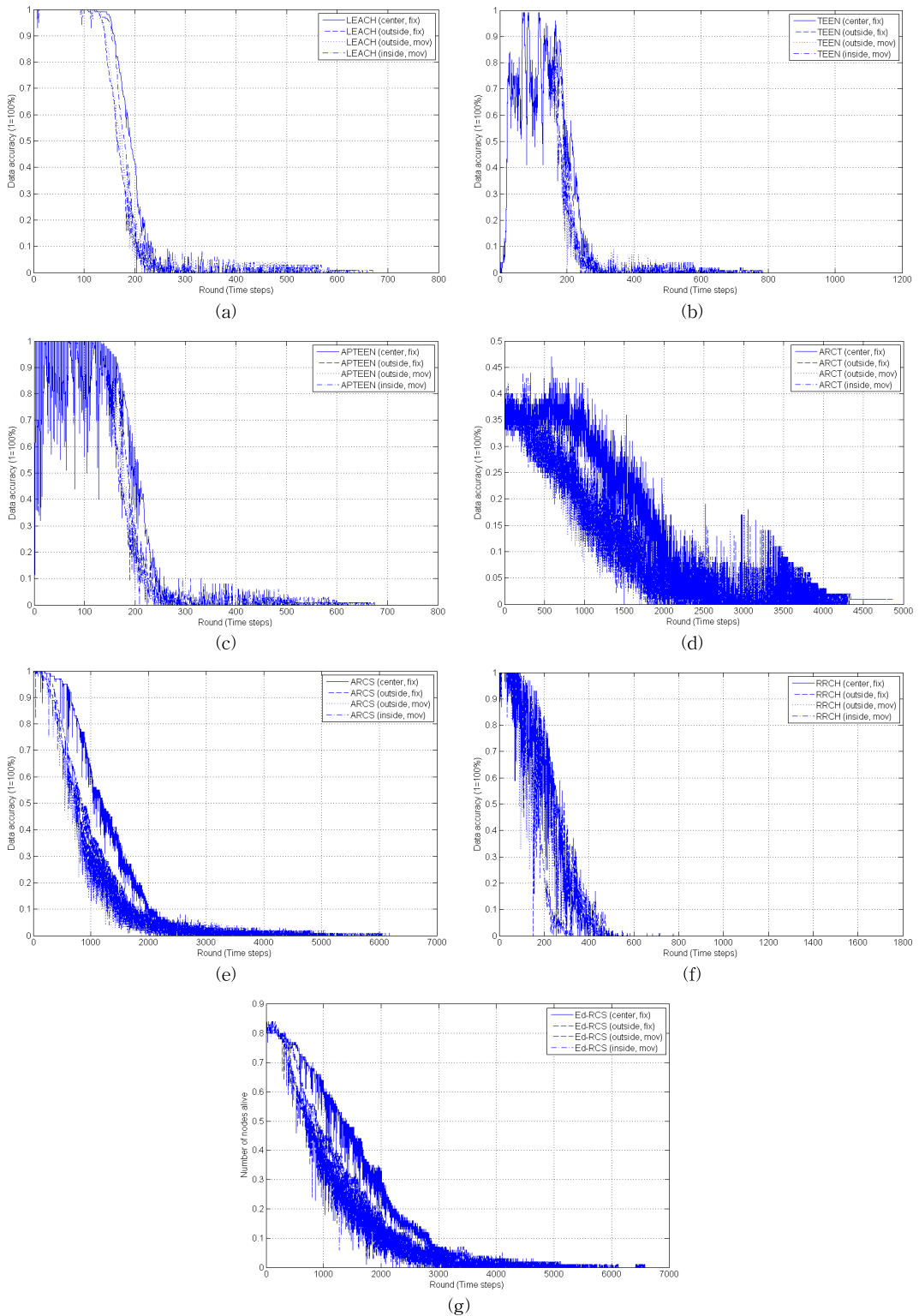


Fig. 5. Data accuracy comparison of (a)LEACH, (b)TEEN, (c)APTEEN, (d)ARCT, (e)ARCS, (f)RRCH, and (g)Ed-RCS.

Table 1. Simulation parameters

Item	Value
electric Energy	$E_{elec} = 50nJ/bit$
amplified energy of free space model	$E_{fs} = 10pJ/bit/m^2$
amplified energy of multipath model	$E_{mp} = 0.0013pJ/bit/m^4$
scheduling energy	$E_{schedule} = 5nJ/bit/signal$
data aggregation energy	$E_{da} = 5nJ/bit/signal$
message length	$l = 1000bit$
number of sensor nodes	$N = 1000$
length of a side of the network field	$M = 200m$

을 때 성능에 영향을 미쳐 낮은 성능을 보이는 것으로 나타났으며 평균적으로 불 때 기법별로 약 10% 내외의 데이터 수집 오차를 보이는 것으로 나타났다.

LEACH의 경우 클러스터링 기법의 기본적인 형태로서 데이터를 재처리하는 과정이 포함되어 있지 않아 싱크 노드의 위치 변화에 따른 데이터 손실이 크게 발생하지는 않는다. 따라서 싱크 노드의 위치 변화에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

TEEN의 경우 노드 자체적인 데이터 재처리 과정이 존재하여 데이터 수집률에 영향을 미침을 알 수 있다. 여기에 싱크 노드의 위치를 변화시켰을 경우 기본 가정인 필드 중앙에 싱크 노드가 위치하는 경우를 제외하고 예외없이 비교적 낮은 수준의 데이터 수집률을 보였다. 이는 이 기법이 싱크 노드가 중앙에 있음을 가정할 경우 최상의 성능을 보일 수 있음을 의미하며 다른 시나리오에서 사용하기 적합하지 않음을 나타낸다.

APTEEN의 경우 LEACH와 TEEN의 하이브리드 기법을 사용하는 알고리즘 특성상 데이터 수집률이 큰 편차를 보이면서 진행되는 것을 알 수 있으며, 이는 싱크 노드 위치 변화와는 무관하다. 그러나 이 기법도 TEEN의 특징을 가지고 있어 데이터 수집에 후처리적 요소가 들어가므로 TEEN과같이 싱크 노드가 필드 정중앙에 있는 시나리오에서 최상의 결과를 보임을 알 수 있다.

ARCT의 경우 날씨 데이터를 기본으로 한 데이터 수집과 재처리 과정이 있어 무작위 데이터 수집에는 적합하지 않는 알고리즘 특성을 반영한 결과가 나타났으며 이는 싱크 노드의 위치와는 무관하다고 볼

수 있다. 그러나 클러스터 구성 및 데이터 전송 과정에서 문제가 많이 발생함을 알 수 있는데 이는 이 기법이 싱크 노드가 필드 중앙에 고정되어 있음을 가정하고 설계된 기법이기 때문으로 보여진다. 결국 이 기법은 기본 시나리오 외의 노드 위치 변동에 대해서는 최저의 결과를 보이는 것을 알 수 있다.

ARCS의 경우 지형고도와 데이터 전송 거리 및 센서 커버리지를 고려한 클러스터링 기법으로 데이터를 재처리하는 과정이 존재한다. 그러나 ARCT와는 달리 수집률이 상당히 높게 지속되는 것을 알 수 있는데 이는 데이터를 재처리함에 있어 근사값을 배제한 실 측정값을 전송하도록 한 알고리즘으로 이러한 결과가 나오는 것으로 보인다. 그러나 이 기법도 수집한 데이터를 전송하는데 있어 그리 좋은 결과를 보이지는 않는다. 이는 이 기법이 이전의 ARCT와 마찬가지로 싱크 노드가 필드 중앙에 있음을 가정하고 만들어진 알고리즘을 사용하는 것에 기인하는 것으로 보인다. 결국 이 기법도 다른 싱크 노드 위치 시나리오에서 최저의 성능을 나타냄을 알 수 있다.

RRCH의 경우 에너지 비효율적인 재클러스터링을 완화한 기법으로 기본 동작은 LEACH와 동일하다. 실험 결과 LEACH에 비해 향상된 에너지 관리를 보이고 있으나 데이터 재처리 수단의 부재 및 싱크 노드 위치 변화에 대한 알고리즘 고려가 없어 기본 시나리오에 비해 싱크 노드 위치 변화에 따른 데이터 수집률 변화가 눈에 띄게 자주 발생함을 알 수 있다.

Ed-RCS의 경우도 기본가정에 싱크 노드의 이동성을 고려하지 않았으며 다른 기법에 비해 클러스터 헤더의 분포가 균일하게 분산된 형태를 갖고 있어 싱크 노드의 이동시 원활한 네트워크 구성이 이루어지지 않아 데이터 수집률에 변화가 다른 기법에 비해 크게 나타나는 것으로 보인다.

#### 4.2 고립된 노드의 발생을 비교

다음의 그림 6은 싱크 노드의 위치 시나리오별로 측정된 고립 노드 발생률을 비교한 그래프이다. 그래프에 의하면 싱크 노드가 센터에 고정되어 있을 때 RRCH를 제외하고 비교적 낮은 노드 고립률을 보이는 것으로 나타났다. RRCH는 네트워크 내·외부에 대한 구분 없이 싱크 노드가 이동하지 않을 때 노드들 간 네트워크 연결률이 높은 결과를 보여주었다. 이와 같이 전반적으로 대부분의 기법에서 싱크 노드

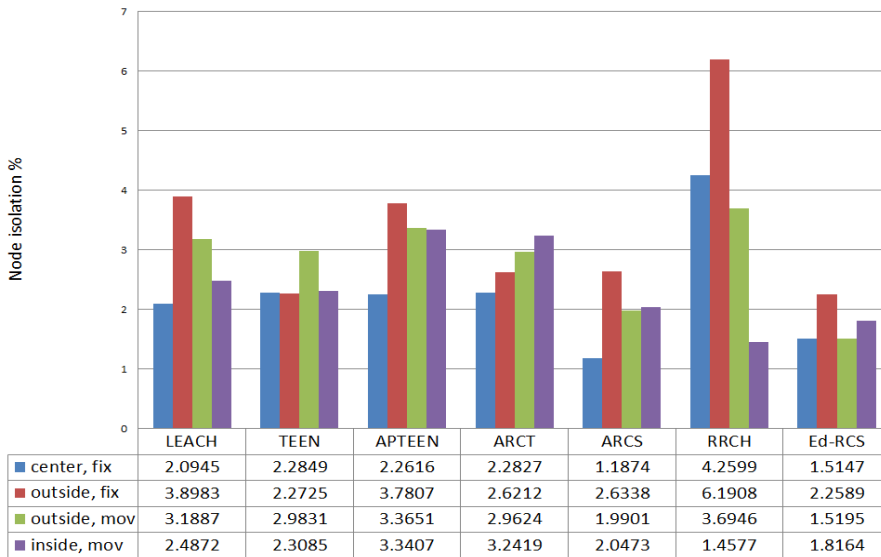


Fig. 6. Node isolation occurrence comparison.

가 노드 외부에 있을 때 그 위치 고정 여부를 불문하고 노드 고립률이 높은 경향을 보이고 있다. 이는 이 기법들이 클러스터를 구성하고 데이터를 전송하는 과정에서 안정적인 데이터 전송 경로를 확보하는 것에 문제가 있음을 나타내는 것이다. 이는 확률적인 클러스터링 기법의 문제점이며 확률에 의한 클러스터 헤더 선정은 노드의 이동성 및 위치에 안정적인 대응 방법을 제공하기 어려움을 나타낸다. 이 확률에 기반한 클러스터링 기법은 결국 좋은 성능 평가 결과를 위해 네트워크 내부에 싱크 노드가 반드시 배치되어야 하며, 그럴 경우 비록 싱크 노드가 이동하는 경우라도 비교적 노드 고립률이 낮게 나타나는 경향을 보인다.

#### 4.3 사망노드 발생 시점 및 네트워크 잔여 에너지량 비교

다음의 그림 7는 싱크 노드의 위치 시나리오별로 측정된 최초 사망 노드 발생시점 및 그 때의 네트워크 잔여 에너지량을 비교한 그래프이다. 그래프에 의하면 APTEEN을 제외하고 대부분의 라우팅 기법에서 싱크 노드가 중앙에 고정되어 있을 때 가장 낮은 에너지 소비율을 보이며 사망 노드가 발생하는 시점도 늦게 나타나는 것으로 보인다.

LEACH, TEEN, 그리고 APTEEN의 경우 라운드가 지속됨에 따른 에너지 소비 균형이 비교적 잘 이

루어지고 있음을 알 수 있다. 이는 세 기법 모두 동일한 클러스터링 알고리즘을 갖고 있어 나타나는 현상이나 이러한 에너지 소비 균형이 네트워크의 지속시간의 연장을 의미하지는 않는다. 결과적으로 이 세 기법은 유사한 패턴을 보인다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 싱크 노드의 이동성 및 배치 상태에 따른 고려가 없는 알고리즘의 사용으로 인해 이 부분에서 에너지 손실이 발생하여 노드의 수명에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이에 반해 RRCH는 기본 알고리즘이 재클러스터링을 제외하고 LEACH의 그것과 동일한 구조를 갖고 있으나 재클러스터링 알고리즘에서 에너지의 소비 균형을 고려하지 않아 일부 노드의 급격한 에너지 소비가 발생하는 것으로 보이며 노드 에너지 고갈 현상도 무작위로 발생하는 것으로 보인다. 싱크 노드의 위치 및 이동성에 대한 부분에 있어서는 이전의 기법과 동일하게 이러한 부분에 대한 고려가 되어있지 않아 에너지 소비율이 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

ARCT와 ARCS의 경우 세부 알고리즘의 차이는 있으나 기본적인 클러스터링과 재클러스터링, 그리고 데이터 전송에 있어 동일한 알고리즘을 사용한다. 따라서 에너지 소비 패턴도 비슷한 경향을 보이고 있다. 이 기법들은 에너지의 소비 균형이 아닌 일정 구역 내에 존재하는 노드들을 대표하는 노드가 순차적으로 에너지를 소비하도록 유도하는 기법으로 구

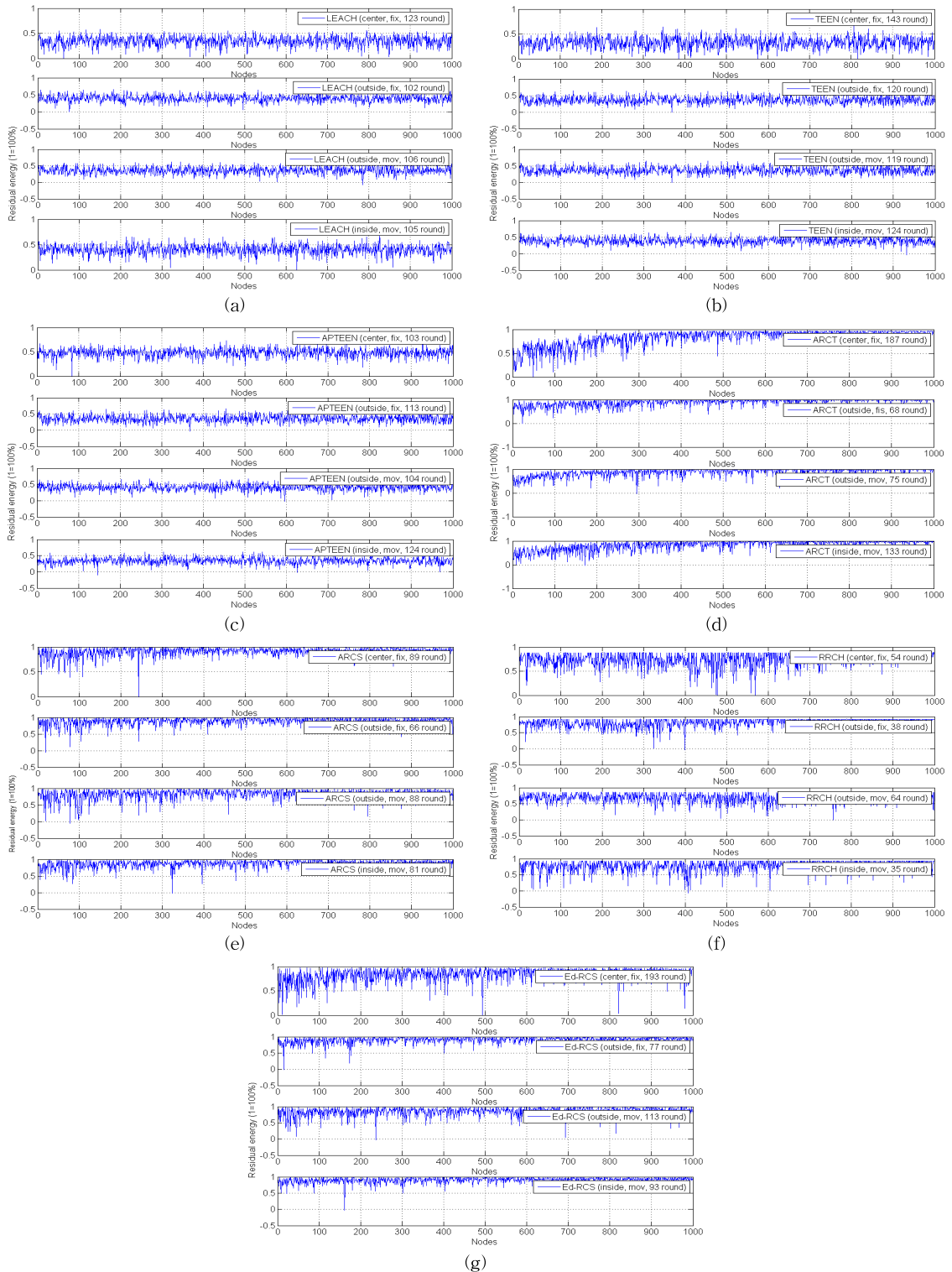


Fig. 7. Dead node occurrence & network residual energy comparison of (a)LEACH, (b)TEEN, (c)APTEEN, (d)ARCT, (e)ARCS, (f)RRCH, and (g)Ed-RCS.



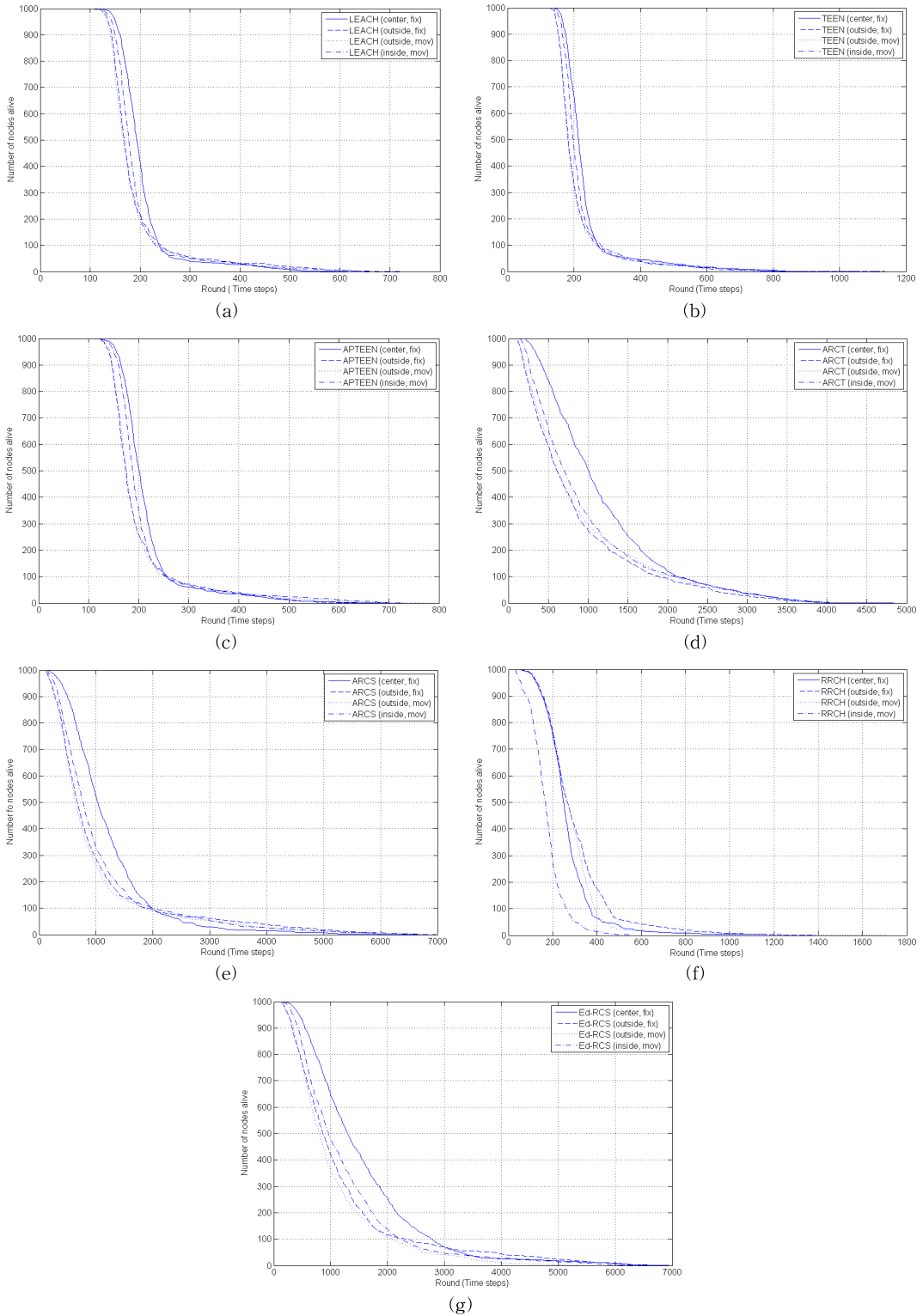


Fig. 8. Network lifetime comparison of (a)LEACH, (b)TEEN, (c)APTEEN, (d)ARCT, (e)ARCS, (f)RRCH, and (g)Ed-RCS.

역별 에너지 소비 균형을 고려한 기법이므로 노드를 기준으로 한 에너지 소비 균형을 말하기에는 무리가 있다. 그러나 위 두 기법 모두 싱크 노드의 위치와 이동성에 어느 정도 영향을 받는 것을 알 수 있다.

Ed-RCS의 경우도 구역별 에너지 소비 균형을 고려한 기법으로 에너지 관리와 클러스터 헤더 선정, 그리고 데이터 전송 부분을 보완한 기법으로서 취급 데이터에 영향을 받는 부분이 크다. 따라서 노드들로 구분된 에너지 소비 균형은 올바른 척도가 될 수 없다. 최초 사망노드 발생 시점으로 알 수 있는 부분은 싱크 노드의 위치 및 이동성이 네트워크 내 데이터 전송과 에너지 소비에 어느 정도 영향을 주고 있다는 것이다.

#### 4.4 네트워크 수명 비교

다음의 그림 8은 싱크 노드의 위치 시나리오별로 측정된 네트워크 수명을 비교한 그래프이다. 그래프에 의하면 대부분의 라우팅 기법에서 싱크 노드가 네트워크 외부에 위치해 있을 때 에너지 소비가 상대적으로 큰 것으로 나타났으며 싱크 노드의 이동성 여부에도 에너지 소비율이 일정 부분 영향을 받는 것으로 나타났다. RRCH의 경우 다른 기법에 비해 싱크 노드의 이동성에 의한 에너지 감소요인이 더 큰 것으로 나타났다.

LEACH와 TEEN, APTEEN의 경우 동일한 클러스터링 알고리즘을 사용하고 동작환경도 같아 네트워크 수명변화도 유사한 형태를 보인다. 싱크 노드의 위치 및 이동성에 대한 부분에서 이 세 방법 모두 일정 부분 영향을 받는 것으로 나타나고 있으며 기존에 비해 최대 30% 이상의 노드가 에너지가 고갈되는 경우도 발생함을 알 수 있다. RRCH의 경우는 그 변화 폭이 더욱 크게 나타나는데 최대 약 50% 정도의 노드가 제 기능을 하지 못하고 에너지가 고갈되었다. ARCT와 ARCT는 에너지 고갈노드 발생 그래프의 경사를 제외하고 유사한 패턴을 보인다. 이는 유사 알고리즘을 사용함에 따른 결과로 보이며 비교적 최신의 기법인 ARCS가 ARCT에 비해 그 변화폭이 큼을 알 수 있다. 이는 ARCS에서 고려하는 데이터 변수가 많아 데이터를 재처리하는 과정이 많아지며 데이터를 전송하는 부분에 있어서도 고려요소가 증가함에 따른 것으로 보인다. ARCS에 비해 비교적 단순한 ARCT는 상대적으로 고려 요소가 적어 부하가 적어

보다 완만한 에너지 소비가 이루어지는 것으로 보인다. Ed-RCS의 경우 고려 요소는 많으나 ARCS에 비해 발전된 클러스터링 기법과 데이터 전송 알고리즘의 사용으로 싱크 노드의 위치 및 이동성으로 인한 에너지 고갈 노드의 발생률이 보다 완만하게 나타나고 있다. 이는 클러스터링 기법 및 전송 알고리즘의 개선은 싱크 노드의 위치 및 이동성의 변화에도 일정 부분 대처가 가능함을 나타낸다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 싱크 노드의 위치 변화가 네트워크의 성능 평가에 영향을 미칠 수 있다는 점을 기존에 제안된 여러 라우팅 기법에 싱크 노드 위치 시나리오를 변화시켜가며 검증하고자 하였다. 실험 결과 데이터 정확도, 고립 노드 발생, 노드 보존 에너지, 네트워크 보존 에너지와 네트워크 수명 항목에 있어 각각 영향을 미칠 수 있음을 보였다. 그러나 이는 라우팅 알고리즘에도 어느 정도 영향을 받는 것으로 보여 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 향후 연구에서 이러한 부분에 대해 충분한 관련 자료를 확보하여 해당 부분을 심도 있게 다룰 수 있는 검증 기법을 개발하고자 한다.

## REFERENCE

- [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. 17, No. 4, pp. 441-457, 2014.
- [3] 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, 2002.
- [4] A. Manjeshwar and D.P. Agarwal, "TEEN: a

Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks,” *Proceeding of 15th International Parallel and Distributed Processing Symposium*, pp. 30189a, 2001.

[5] A. Manjeshwar and D.P. Agarwal, “APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks,” *Proceeding of International Parallel and Distributed Processing Symposium*, pp. 195- 202, 2002.

[6] D. Choi, S. Moh, and I. Chung, “Regional Clustering Scheme in Densely Deployed Wireless Sensor Networks for Weather Monitoring Systems,” *Proceeding of The 12th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, pp. 497-502, 2010.

[7] D. Choi, S. Moh, and I. Chung, “ARCS: An Energy-Efficient Clustering Scheme for Sensor Network Monitoring Systems,” *ISRN Communications and Networking*, Vol. 2011, Article ID 572572, pp. 10, 2011.

[6] D. Nam and H. Min, “An Energy-Efficient Clustering Using a Round-Robin Method in a Wireless Sensor Network,” *Proceeding of 5th ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management & Applications*, 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 Multi-media Society*, Vol. 14, No. 9, pp. 1138-1151, 2011.

[10] L. Jian and P. Mohapatra, “An Analytical Model for the Energy Hole Problem in Many-to-one Sensor Networks,” *Proceedings of IEEE 62<sup>nd</sup> Vehicular Technology Conference*, Vol. 4, pp. 2721-2725, 2005.

[11] X. Wu, G. Chen, and S. Das, “Avoiding Energy Holes in Wireless Sensor Networks with Nonuniform Node Distribution,” *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 19, No. 5, pp. 710-720, 2008.



김 성 열

1994년 조선대학교 전자계산학과 (이학사)  
 1996년 조선대학교대학원 전자계산학과(이학석사)  
 2000년 조선대학교대학원 전자계산학과(이학박사)

2012년~2013년 울산과학기술대학교 정보통신원장  
 2002년~현재 울산과학기술대학교 컴퓨터정보학부 부교수  
 관심분야 : 정보보안, 분산시스템, 무선인터넷, 센서네트워크, 가상화, 임베디드시스템, 클라우드컴퓨팅



최 동 민

2003년 경희대학교 공과대학 졸업(공학사)  
 2007년 조선대학교 교육대학원 졸업(교육학석사)  
 2012년 조선대학교 일반대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

2012년~2013년 조선대학교 BK사업팀 연구교수  
 2014년~현재 조선대학교 자유전공학부 조교수  
 관심분야 : 정보 보안, 센서 네트워크, 모바일 애드혹 네트워크



정 일 용

1983년 한양대학교 공과대학 졸업(공학사)  
 1987년 City University of New York 전산학과(전산학석사)  
 1991년 City University of New York 전산학과(전산학박사)

1991년~1994년 한국전자통신연구소 선임연구원  
 1994년~현재 조선대학교 컴퓨터공학부 교수  
 관심분야 : 네트워크 보안, 병렬 알고리즘, 모바일 애드혹 네트워크