

# 모바일 센서 망에서 효율적인 에너지 사용과 전송지연 감소를 위한 노드 스케줄링 알고리즘<sup>☆</sup>

## Node scheduling algorithm for energy efficiency and delay reduction in mobile sensor networks

손재현<sup>1</sup>      변희정<sup>2</sup>  
Jae-Hyun Son   Hee-Jung Byun

### 요약

모바일 센서 망 시스템에서는 모바일 노드들이 무작위로 배치되고, 랜덤한 경로를 통해 이동 하면서 데이터를 수집하고, 이웃노드에 전달한다. 따라서 노드가 이동함에 따라 자동으로 노드간 연결을 유지하며 주위의 노드들과 데이터를 송수신 하는 방법이 필요하다. 하지만 대부분의 연구는 노드가 고정된 상태에서 에너지 소모를 줄이기 위한 방법을 중심으로 제안되어져 왔다. 모바일 센서 망에서는 모바일 기기의 이동성이라는 특징을 고려한 알고리즘이 필수적으로 제시되어야 한다. 또한 고정된 노드간의 데이터 전송보다 모바일 노드와의 데이터 전송에서 발생하는 전송지연이 더욱 크기 때문에 전송지연 최소화를 위한 방안과 센서 노드가 갖는 기본적인 에너지 소비 최소화화 문제도 함께 고려되어야 한다. 본 논문에서는 데이터 전송중인 노드의 전송범위에 모바일 노드가 들어 왔을 때 기존의 노드와 모바일 노드가 자율적으로 토폴로지를 구성하는 동기방법과 에너지와 전송지연을 줄이는 노드 스케줄링 알고리즘을 제시한다. 시뮬레이션을 통해 기존 방법에 비해 제안한 방법이 모바일 센서망에서 효과적으로 전송지연을 줄이면서 에너지 소비를 최소화함을 보인다.

☞ 주제어 : 모바일 센서 망, 지연시간, 에너지, 동기화.

### ABSTRACT

In mobile sensor networks, a large number of sensor nodes with battery powered are deployed randomly in a region. They monitor the environmental states and transmit data to its neighboring nodes. For mobile sensor networks, It is needed to maintain the connectivity autonomously among nodes as the sensor node moves. However, the existing works have focused on the energy savings in the fixed sensor networks. A specific algorithm considering node mobility is required in the mobile sensor networks. Along with energy efficiency, the transmission delay should be considered. In this paper, we propose an autonomous configuration scheme and a node scheduling algorithm when a moving node joins into the existing network. Through simulations, we show a superior performance of the proposed algorithm to the existing protocol.

☞ keyword : Mobile sensor networks, Delay, Energy, Self-configuration

## 1. 서론

무선 센서 네트워크는 센서 노드와 싱크노드로 구성되며, 각 노드에서 주위 이웃 노드를 거쳐 싱크노드까지 패킷을 전달하는 과정을 거친다. 그리고 노드의 크기가 작다는 특징을 이용하여 사람이 직접적으로 접근하기 어

렵거나 협소한 장소에 노드들이 광범위하게 배치되어 화재나 특정 상황의 정보를 수신하고, 수신된 정보를 싱크노드까지 전달하여 실시간 감시나 정보 확인 그리고 물체의 위치 추적의 기능으로 사용되어져왔다. 군사적 목적뿐만 아니라 교통, 유통, 그리고 의료등 다양한 분야에서 활용되어지고 있으며, 센서의 가격 대비 활용도가 높아 활용분야는 점점 더 늘어나고 있다.

모바일 센서망은 센서 노드의 이동성이라는 특징을 이용한 것으로 고정된 형태의 센서 네트워크에서 발생하는 싱크노드나 게이트웨이 가까이에 위치해 있는 노드의 에너지가 빨리 소모되거나 제한적 위치에서 특정 타겟팅 대상을 추적하여 데이터를 수집해야하는 문제를 모바일

<sup>1,2</sup> Dept. of Information and Telecommunications Engineering, (Suwon University), Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 445-745, Korea.

\* Corresponding author(heejungbyun@suwon.ac.kr)

[Received 10 January 2014, Reviewed 14 January 2014, Accepted 31 March 2014]

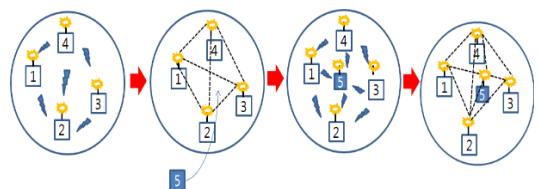
☆ This research was supported by the GRRC SUWON 2014-B4program of Gyeonggi province.

노드를 통해 해결할 수 있다는 장점이 있다 [1]. 하지만 기존의 고정된 위치에 존재하는 센서 노드의 네트워크 알고리즘은 노드의 이동성에 문제로 인해 모바일 센서 네트워크에 적합한 알고리즘이 제안되어야 한다. 그리고 모바일 센서 네트워크에서는 모바일 노드가 이동을 하면서 주위의 노드들과 데이터 전송을 위한 동기화를 진행한다. 하지만 노드의 데이터 전송을 위한 경합으로 인해 동기화 과정에서 많은 에너지가 소비되며 이로 인해 데이터 전송지연도 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서 EES(Energy Efficient Scheduling)알고리즘을 제안하고 모바일 센서 네트워크 환경에서 노드가 스스로 자신의 데이터 전송을 위한 우선 순위를 선정하도록 하여 이웃 노드들과의 동기화에 따른 에너지 소모와 데이터 전송 지연을 최소화 하고자 한다.

## 2. 관련연구

휴리스틱 알고리즘[2]은 선형프로그래밍 최적화 모델을 통해 구한 최적의 싱크노드 이동 패턴을 파악하고, 싱크노드의 현재 위치에서 이동 가능한 지점을 모두 탐색한 후, 이동가능 영역에 존재하는 노드들의 잔여 에너지량에 대한 평균과 표준편차를 통해 이동 가능지점을 선택하는 방법이다. Data Salmon algorithm [3]은 모바일 싱크를 데이터 속도가 높은 곳으로 이동함으로써 멀티홉 트래픽을 줄이고, 에너지를 절약 할 수 있는 방법이다. 모바일 싱크를 이용한 경우 데이터를 가지고 있는 노드가 모바일 싱크로 데이터를 전송하고자 할 경우 모바일 노드가 데이터를 가지고 있는 노드로 이동하여 데이터를 전송해야 하기 때문에 전송지연이 길어지는 문제점이 발생한다. Tree based Routing Protocols (TBRP)[4]는 노드를 싱크노드부터 Euclidian distance에 따라 노드의 레벨을 나누어 child node에서 parent node로 데이터를 전송하며, 노드가 이동하였을 경우 알고리즘에 따라 싱크 노드와의 거리를 다시 연산하여 자신의 레벨을 획득하는 라우팅 알고리즘이다. 하지만 트리기반 라우팅에서 parent노드는 여러 child노드로부터 데이터를 받게 됨으로써 데이터 손실이나 전송지연의 문제가 발생할 수 있다. Efficient Localization (ELoc)[5]에서는 효율적인 노드 배치를 통해 에너지 소모를 최소화 할 수 있는 방법을 제시 하였다. Traffic Adaptive Routing(TAR)[6]에서는 다수의 전송 노드가 존재할 때 싱크노드가 Route Request(RREQ)를 수신하면 Route Reply(RREP)를 브로드캐스팅하여 응답함으로

써 각 소스 노드의 연속적인 RREQ 플러딩을 방지하고 이를 통해 빈번한 토폴로지 변화에 빠르게 대응할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 에너지소모 최소화를 위해 제안된 M-MAC[7]은 모바일 노드와의 에너지 효율적 데이터 전송을 위해 link quality의 변화를 예측하여 노드의 이동성을 판단하고 데이터 패킷 Dropping을 결정하는 방법이 제안되었다. 링크 품질에 의한 전송 방법은 링크 품질에 따른 전송대기로 인한 전송지연이 발생할 수 있다. 클러스터를 기반으로 이웃 노드와의 동기화 시간 최소화를 목적으로 제안된 방법들 중[8]-[10]에서 Mobile-LMAC(MLMAC)[8]은 control message에 time field를 추가하여 노드의 message의 전송 시간이 한 frame이상의 시간 차이를 갖는 노드를 이웃 노드의 목록에서 제거하는 방법을 제안하였다. Mobility-aware MAC(MS-MAC)[9]은 모바일 노드가 sync message의 signal level을 통해 노드의 이동 속도와 이동성 정보를 획득 하게 되며, signal level의 변화를 통해 노드의 움직임을 감지하고 모바일노드 주위에 active zone을 형성하여 노드가 다른 클러스터로 이동할 때 이전 클러스터에 이웃 노드들과 연결이 해지되기 전에 새로운 노드들과 동기화를 하도록 하는 방법을 제시 하였다. Mobility-adaptive, collision free medium access control protocol(MMAC) [10]은 2-hop neighbor의 클러스터 이동시 이전 클러스터에 2-hop neighbor의 Schedule이 neighbor가 다른 클러스터로의 이동 후에도 장시간 유지되는 문제를 노드의 이동을 예측하여 노드의 schedule에서 제외시킴으로 해결하고자 하였다. 기존의 센서 네트워크에서 발생하는 전송 지연과 에너지 최소화를 위한 방안들이 모바일 센서를 이용하여 노드의 전송범위를 확장하거나 모바일 싱크를 이용하여 중간 노드의 에너지 소모를 줄이고자 제안되었지만 데이터 전송을 위해 개별적으로 동기화를 진행 하거나 노드간 데이터 전송을 위한 경합으로 인해 에너지 소모와 전송지연의 문제는 여전히 존재한다.



(그림 1) 모바일 센서 노드들의 전송범위 이동  
(Figure 1) Coverage movement of mobile sensor nodes

본 논문에서는 이러한 문제해결을 위해 모바일 센서 망에서 우선순위를 이용한 자기 동기화를 통해 이동하는 센서들과 주위 노드간의 연결을 유지하고, 에너지와 전송지연을 최소화 하는 EES 알고리즘을 제안한다. 또한 모바일 노드 이동 중 노드의 패킷 전송을 위한 듀티 사이클 조절 알고리즘을 제안한다.

### 3. EES 알고리즘

#### 3.1 노드 우선순위 결정과 duty cycle조절

그림 1은 데이터 전송중인 노드의 전송범위에 모바일 노드가 이동하여 들어가게 될 때 기존 노드들과 연결하고 데이터 전송하는 과정을 스케치하였다. 노드 1, 2, 3, 4는 기존에 서로 간 연결 되어 있고 우선순위에 따라 데이터 송수신이 이뤄지고, 노드 간 데이터 전송을 한다. 데이터 패킷에는 다음 동기화를 위한 남아있는 시간을 포함한다. 이때 노드 5가 노드 1, 2, 3, 4의 전송범위 내

##### Algorithm 1 : 노드 우선순위 결정

```

Assumption : Nodes have equivalent coverage
Numoflength = 이웃 노드의 수
Ord = 노드 우선순위
bufferlength = 자신의 버퍼 길이
neighborbuffer = 이웃 노드의 버퍼 길이
Sendingtime = 제어패킷 전송시간
While 1
t=clock;
if round(rand(1))=1
sendingtime=t;
end
for 1:NumOflength+1
if sendingtime==0
break;
else
broadcast;
end
end
endtime;
Ord=NumOfNeigh+1;
for 1:NumOfNeigh+1
if bufferlength< neighborbuffer(NumOflength)
Ord-1;
select order;
end
end
    
```

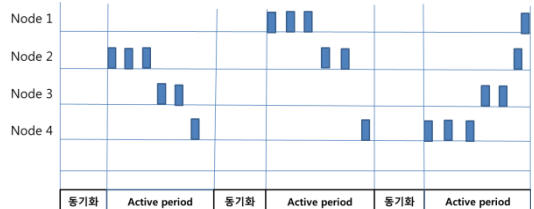
로 이동하게 되었을 때 자동으로 노드들이 인식하게 되고 5번 노드는 1, 2, 3, 4 노드 패킷을 확인하고 동기화를 수행하게 된다. 그리고 동기화 구간에서 새로운 우선순위를 결정하고 데이터 송수신이 이뤄지게 된다. 이를 위해 먼저 제안하는 알고리즘은 주위 노드들에게 자신의 버퍼 길이와 활동 시간값을 포함한 패킷을 자신의 활동 구간 시작 시점에 브로드캐스팅하고 이웃 노드들의 정보를 수신한다. 각 노드들은 이웃 노드로부터 수신된 버퍼 길이값과 자신이 가지고 있는 버퍼 길이값을 비교한다. 각 노드는 비교 정보를 바탕으로 자신의 데이터 전송을 위한 우선 순위를 선택한다. 우선순위 결정 후 듀티 사이클을 조절 하게 된다. 여기서 버퍼 길이는 버퍼에 포함된 데이터의 크기(양)을 의미하며, 듀티사이클은 센서노드들이 에너지 소비와 전송지연을 조절하기 위해 활동상태와 수면상태를 주기적으로 반복하는 것을 의미한다. 모바일 센서 네트워크에서는 노드들이 이웃 노드들과 데이터 송수신을 위해 수식(1)에서와 같이 자신의 버퍼길이 값과 버퍼 길이 임계값을 바탕으로 활동 시간 횟수를 결정하며, 활동시간 횟수는 얼마의 활동 시간동안 데이터를 송수신 할 수 있는지를 나타낸다. 각 노드는 자신이 가지고 있는 버퍼길이 값이 임계값 보다 작은 값을 만족시키기 위한 활동 시간 (F)을 갖게 된다.

$$F = \frac{QueueLength - QueueThreshold}{ActiveTime} \quad (0 \leq F \leq 3)$$

##### Algorithm 2 : 이동노드의 동기화

```

After coverage moving
While state == active do
hearing the packet from neighboring nodes
Control Frame length (for hearing the information packet)
Then switch over sleep state until starting point for next activity
End
    
```



(그림 2) 노드들 간의 패킷 전송을 위한 우선 순위에 따른 Duty cycle control

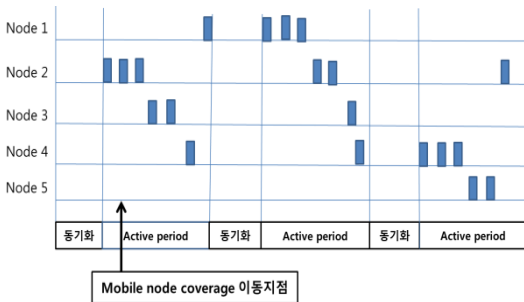
(Figure 2) Packet transmission priority between nodes according to duty cycle control

위  $F$  값에 따라 고정된 크기의 활동시간을 갖게 되며, 노드는 버퍼길이가 버퍼 임계값보다 작아 질 때까지 활동시간을 유지하며, 활동구간 안에서 자신의 버퍼길이에 따라 활동시간을 횡수를 동적으로 조절할 수 있다. 최대 활동시간은 3으로 한다. 모든 노드는 현재 자신이 가지고 있는 버퍼길이 값이 임계값 보다 작은 경우 전송 없이 수면 상태로 전환하고, 버퍼길이 값이 임계값보다 큰 경우 동기화 후에 데이터 전송을 한다.

그림 2는 각 노드들이 우선순위에 따라 듀티 사이클을 조절하는 과정을 나타낸다. 우선순위가 가장 빠른 2번 노드는 가장 많은 버퍼길이를 가지고 있는 노드로 가장 긴 활동시간을 갖는다. 그리고 노드 2보다 작은 버퍼길이 값을 가지고 있는 1번은 2번의 활동 시간을 4번 노드는 1번의 활동 시간을 갖는다. 그리고 임계값보다 작은 버퍼길이를 가지고 있는 1번 노드는 데이터 전송 없이 수면 상태로 전환한다. 그리고 경우에 따라 우선 순위가 가장 낮은 노드는 최대 1번의 활동 시간을 갖는다.

### 3.2 노드 동기화

전송범위 내로 이동한 새로운 노드는 활동상태를 유지하며 hearing 동안 기존 노드들은 다음 동기를 위해 남아있는 시간 값을 데이터에 포함하여 전송 한다. 이동 노드는 기존 노드들이 전송하는 데이터를 수신하여 다음 동기를 위해 남아 있는 시간 값을 확인한다. 그리고 동기화 시작 시간에 이동 노드와 기존 노드들이 활동 상태로 전환하고 이동 노드는 이웃 노드들에게 자신의 버퍼길이 정보를 브로드캐스팅하면서 우선순위 결정을 위한 과정을 진행한다.



(그림 3) 모바일 노드의 전송범위 이동에 따른 노드 동기화 (Figure 3) Node synchronization according to coverage movement of mobile node

그림 3은 모바일 노드가 전송범위를 이동한 후 이동한 전송범위 내에서 이웃 노드들과 동기화 과정을 나타낸다. 기존 노드 1, 2, 3, 4가 데이터를 전송하는 동안 전송범위를 이동한 5번 노드는 1, 2, 3, 4 노드가 전송중인 데이터를 hearing 하면서 다음 동기시간을 확인하고 수면상태로 전환하여 에너지 소모를 최소화 한다. 다음 동기시간에 기존의 1,2,3,4와 5번 노드는 동기화 시작시간에 모두 활동 상태로 전환하여 우선순위를 결정하고, 각 노드들은 이웃 노드로부터 받은 노드들의 활동 시간 값을 이용해 자신의 활동시작 시간을 결정한다.

## 4. 시뮬레이션

### 4.1 실험 환경

제안하는 논문의 성능을 확인하기 위해 TTT (Time Table Transfer) 알고리즘[11]과 비교하였다. TTT 알고리즘은 각각의 노드들이 자신의 전송 범위 안의 이웃 노드들과 동기화를 하고 이에 대한 정보를 table에 저장한다. 그리고 모바일 노드들이 이동을 하면서 이동영역에서 주위의 이웃 노드들에게 자신의 Time Table을 전달함으로써 이동하기 전 노드들과의 동기화 시간에 대한 정보를 이동지역에 있는 이웃노드에게 전달하여 모든 노드 간 상대적인 offset time을 계산함으로써 노드가 이웃 노드들과의 동기화 과정을 최소화 할 수 있도록 제안된 알고리즘이다. 실험을 위해 전체 노드들의 위치를 랜덤한 값을 이용하여 배치하였으며 실험이 반복 될 때마다 노드의 위치를 계속적으로 변경하도록 하였다. 또한 노드의 수가 증가하였을 때 노드의 배치 또한 랜덤 변수를 통해 노드를 배치하였다. 한 노드를 제외한 나머지 노드들은 배치된 위치에서 주위의 이웃 노드들과 데이터 전송을 위해 연결이 되었으며, 전송 데이터를 가지고 있는 하나의 노드를 모바일 노드로 설정하였다. 그리고 이때 모바일 노드는 임의의 특정 위치에서 이동하고 이동한 위치에서 기존에 배치되어진 노드들과 우선순위를 정하고 데이터 전송을 위한 동기화 과정을 진행하도록 하였다. 두 알고리즘에 대한 성능 비교를 위해 Matlab을 통해 시뮬레이션을 진행하였다. 노드의 이동 속도(m/s)와 노드의 수를 변경하며 각각 100번의 실험을 반복 하였다. 표1은 실험에서 사용한 파라미터 값이다.

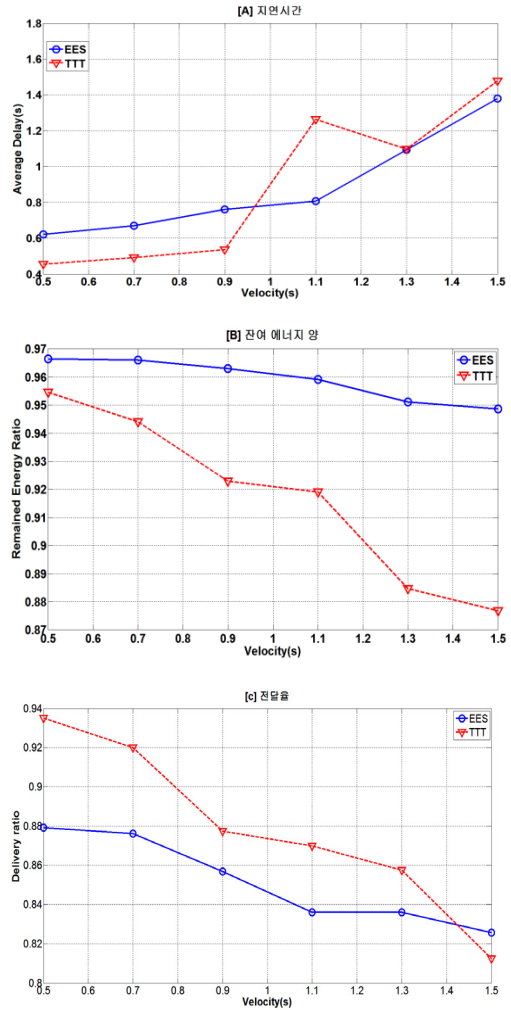
(표 1) 파라미터  
(Table 1) PARAMETER

Packet Size(byte)	127
Data Rate(kbps)	20
Minimum number of nodes	20
Maximum number of nodes	50
Active Time(s)	0.1
Sleep Time(s)	0.1

### 4.2 실험결과

그림 4(A)는 노드의 이동속도를 초당 0.5 m/s 부터 1.5 m/s 까지 순차적으로 변경하였을 때 평균 지연 시간을 나타내었다. 비교 결과 노드의 이동 속도가 증가할수록 지연 값은 점차 증가하였음을 나타내었다. 결과에서 제시되어진 것처럼 제한한 EES알고리즘이 0.5(m/s)에서부터 0.9(m/s)의 속도 변경 과정 동안 TTT알고리즘보다 큰 지연 값을 갖는 구간이 있었지만 이동속도가 증가하면서 비교적 안정적인 지연시간의 변화로 TTT알고리즘 보다 작은 지연 값을 나타내었다. 하지만 TTT 알고리즘의 지연 값은 0.9(m/s)의 이동 속도에서부터 1.1(m/s)의 이동 속도 지점까지 지연 값이 급격하게 증가하였고, 이후 약간의 감소 지점이 나타났지만 EES알고리즘 보다 큰 지연 값을 나타내었다. TTT알고리즘은 0.9m/s지점에서부터 노드의 동기화 시간이 증가하면서 평균 지연 값이 증가하였다. 반면 EES알고리즘의 경우 각 노드의 우선순위 선택에 따라 노드의 이동속도가 증가하였음에도 평균 지연 값이 TTT알고리즘 보다 작은 값을 나타내었다.

그림 4(B)는 노드의 이동속도를 변경하였을 때 노드에 남아있는 에너지의 양을 나타내었다. 두 알고리즘 모두 모바일 노드의 이동속도가 증가 하면서 남아있는 에너지의 양이 줄어들었으며, 0.5(m/s)속도에서부터 1.1(m/s)로 이동 속도가 변할 때까지 전체적인 노드들의 남아있는 에너지의 양이 급격하게 감소하는 부분이 나타났다. 하지만 EES알고리즘은 오히려 노드의 이동속도가 증가 하면서 남아있는 에너지의 양이 안정적인 감소를 나타내었다. 결과에서 나타나듯이 EES 알고리즘이 TTT알고리즘 보다 남아있는 에너지의 양이 많았음을 확인할 수 있었다. EES알고리즘의 경우 주위 이웃 노드들로부터 수신한 정보들을 이용하여 자신의 데이터 전송을 위한 우선순위를 선택하면 되지만, TTT알고리즘의 경우 모든 노드들이 동기화를 하지 않고 Time Table정보 전달을 통해 동기화

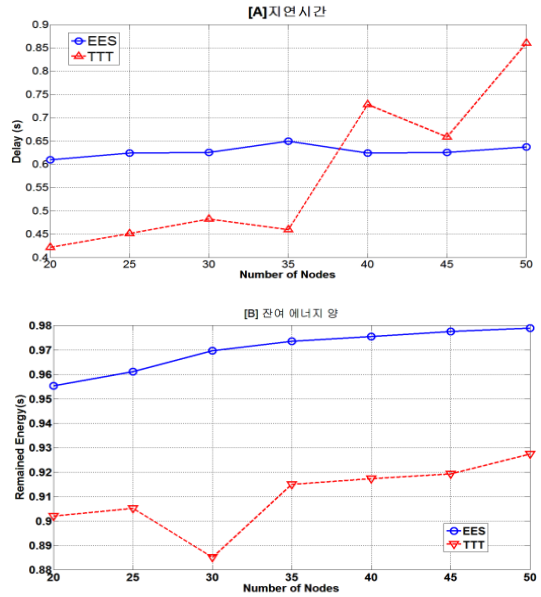


(그림 4) (A) 모바일 노드의 이동속도에 따른 평균지연  
(B) 모바일 노드의 이동속도에 따른 남아있는 에너지 양  
(C) 모바일 노드의 이동속도에 따른 전달율  
(Figure 4) (A) Average delay varying speed of mobile nodes  
(B) Remained energy varying speed of mobile nodes  
(C) Delivery ratio varying speed of nodes

가 이루어진다고 하여도 불필요한 동기화 시간 낭비로 인하여 불필요한 에너지 소비가 발생하였음을 확인할 수 있다.

그림 4(C)는 노드의 이동속도가 변함에 따라 데이터 전달율을 비교하여 나타내었다. 비교 결과 두 알고리즘은 모바일 노드의 이동 속도 증가에 따라 데이터 전달율이 감소하는 비슷한 형태의 그래프 결과를 나타내었다. EES 알고리즘이 TTT알고리즘보다 낮은 전달율을 나타내었지만 낮은 전달율에서도 비교적 TTT알고리즘보다 안정적인 감소율을 나타낸다. TTT알고리즘은 0.7(m/s)의 속도에서 전달율이 급격하게 떨어지면서 전체적으로 불안정한 전달율을 나타내었다. 시뮬레이션에서의 차이는 TTT알고리즘의 경우 모든 노드들과 동기화를 위한 시간이 오래 걸리지만 EES알고리즘은 스스로 순서를 선택하고 동기화하기 때문에 효율적 전송이 가능하지만 중복된 우선순위 값을 갖는 노드의 전송 문제로 인해 속도가 증가하면서 전달율이 감소하였다.

그림 5(A)는 패킷을 전달하는 노드의 수를 20 부터 50 까지 일정하게 증가시켰을 때 평균 지연 시간의 결과를 나타내었다. EES 알고리즘은 20개의 노드 수부터 35개 이상의 노드의 수가 증가할 때까지 TTT알고리즘보다 높은 지연 값을 나타내었다. 하지만 40개 이상의 노드 수에서부터 TTT알고리즘보다 낮은 전송 지연 값을 나타내었고, 또한 EES알고리즘의 경우 적은 노드의 수에서 노드의 수가 증가하는 경우에도 지연 결과 값이 안정적인 상태의 변화 값을 나타낸 반면에 TTT 알고리즘은 적은 노드의 수에서 작은 지연 값을 나타내었지만 노드의 수가 증가하면서 전체적인 노드의 지연이 증가하였으며, 35 개~40개의 노드의 수 구간과 45개~ 50개의 노드의 수 증가 구간에서 지연 값이 급격한 증가를 나타내면서 TTT 알고리즘의 경우 노드의 수 증가에 큰 영향을 받는다는 결과를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 TTT 알고리즘의 경우 각 노드들은 전체 노드의 수가 증가 하면서 센서 필드 안에 존재하는 많은 노드의 정보들을 보유하고 있어야 하며, 다른 노드로부터 동기화를 위한 테이블을 수신하고, 수신된 테이블정보를 바탕으로 자신의 동기화 시간을 연산하여야 한다는 점에서 센서 필드를 확장하여 노드의 수를 증가 시켰을 때, 각 노드들은 이웃 노드들에 대한 과도한 정보처리로 지연시간이 증가하였기 때문에 노드의 수가 증가하면서 지연시간이 급격하게 증가 하였지만 EES알고리즘의 경우 각 노드들은 자신의 값을 스스로 연산하여 이웃 노드로 송수신 하고, 수신한 정보를 자신의 값과 비교 연산만을 수행하기 때문에 노드의 수가 증가하는 경우에도 안정적인 지연 시간을 나타내었다.



(그림 5) (A) 모바일 노드 수 증가에 따른 평균지연  
(B) 모바일 노드의 수 증가에 따른 남아있는 에너지 양  
(Figure 5) (A) Average delay varying in the number of nodes  
(B) Remained Energy varying in the number of nodes

그림 5(B)는 그림 5(A)와 동일하게 노드의 수를 증가 시켜 가면서 노드에 남아있는 에너지 비율을 나타내었다. 위의 결과 EES알고리즘과 TTT알고리즘의 노드 수가 증가 하면서 남아 있는 에너지의 양이 증가하는 값을 나타내었다. TTT알고리즘에서 좀 더 많은 에너지 소모로 인하여 EES알고리즘이 좀 더 나은 결과를 나타내었다. 그리고 두 알고리즘의 차이는 TTT 알고리즘은 제어패킷을 이용한 동기화 과정에서 제안하는 알고리즘보다 많은 제어 패킷을 사용하는 반면 EES알고리즘은 노드 간 독립성을 갖도록 하고 주위 노드들에 의한 제약을 최소화함으로써 노드수와 노드의 이동 속도가 증가하여도 전송 지연과 남아있는 에너지의 양에서 적은 변화만을 나타내면서 확장된 영역에서 EES알고리즘이 보다 안정적으로 동작되어 질 수 있다는 점을 확인하였다. 그리고 EES알고리즘의 경우 속도나 노드 수의 변화에도 안정적인 변화를 나타낸 반면 TTT알고리즘의 경우 특정 영역에서의 급격한 변화를 나타내었다는 점을 통해 제안하는 알고리즘이 더 안정적인 결과를 나타내었음을 확인할 수 있었다.

## 5. 결 론

모바일 센서 네트워크에서 노드의 안정적인 패킷 전송을 위한 듀티 사이클 조절 방법과 연결성 유지를 위한 EES 알고리즘을 제안하였다. EES 알고리즘은 노드 간 우선순위를 선정하고 우선순위에 따라 데이터 전송순서를 선택하게 함으로써 모바일 노드들 사이에 발생하는 경쟁을 최소화 하였다. 그리고 시뮬레이션 결과를 통해 제안한 EES 알고리즘이 기존 방법보다 에너지 소비와 지연에서 나은 결과를 가짐으로 보다 안정적인 네트워크 환경 구성을 통해 높은 효율성을 가져올 수 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 노드의 전송 영역이 중복되는 영역에 존재하는 노드들이 데이터 전송을 위한 2개 이상의 우선순위를 가질 경우 하나의 우선순위에 해당하는 데이터 전송만을 진행하기 때문에 불필요한 지연이 발생한다. 그러므로 추후 노드의 중복되는 우선순위에 대한 효율적 처리방안이 모색되어야 한다. 또한 속도증가에 따른 전송을 향상을 위한 방안을 제시하고자 한다.

## 참 고 문 헌(Reference)

- [1] J. Rezaaddeh, M. Moradi, and A. S. Ismail, "Mobile Wireless Sensor Networks Overview," *IJCCN International Journal of Computer Communications and Networks*, 2(1), pp. 17-22, Feb. 2012.
- [2] K. Lee, Y. Kim, S. Sim, and S. Han, "Mobility Strategy of Mobile Sink Node to Prolong the Lifetime of Wireless Sensor Networks," *Journal of KIISE*, 38(6), pp.483-489, Dec. 2011.
- [3] M. Demirbas, O. Soysal, and A. Saman Tosun, "Data Salmon : A Greedy Mobile Base station Protocol for Efficient Data Collection in Wireless Sensor Networks," *DCOSS'07 Proceedings of the 3<sup>rd</sup> IEEE international conference on Distributed computing in sensorsystems*, pp. 267-280, 2007.
- [4] M. Singh, M. sethi, N. Lal, S. Poonia, "A Tree Based Routing Protocol for Mobile Sensor Networks," *International Journal on Computer Science and Engineering(IJCSE)*, 02(01S), pp.55-60, 2010.
- [5] J. Rezaaddeh, M. Moradi, A. S. Ismail, "Efficient localization via Middlednode cooperation in wireless sensor networks," *International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering(INECCE)*, pp.410-415, 2011.
- [6] K. Hong, S. Hoon, L. Choi, "Traffic Adaptive Routing Protocol for Mobile Sensor Networks," *Journal of KIISE*, 17(1), pp.46-50, 2011.
- [7] L. Choi, S. Lee and H. Choi "M-MAC: Mobility-Based Link Management Protocol for Mobile Sensor Networks," *Future Dependable Distributed Systems*, pp. 210-214 March. 2009.
- [8] M. Ordouei and M.T.Manzuri Shalmani "A TDMA-Based MAC Protocol for Mobile Sensor Networks," *Eighth International Conference on Networks*, pp. 71-75, March. 2009.
- [9] H. Pham and S. Jha "An Adaptive Mobility-Aware MAC Protocol for Sensor Networks," 2004 IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor System, pp. 558-560, Oct. 2004.
- [10] M. Ali, T. Suleman and Z. Afzal Uzmi "MMAC: A Mobility-Adaptive, Collision-Free MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," *Performance, Computing, and Communications Conference, IPCCC. 24<sup>th</sup> IEEE International*, pp.401-407, April. 2005.
- [11] R. Khoshdelniat, M. Lim Sim, H. Tat Ewe and T. Su Wei, "Time Table Transfer Time Synchronization in Mobile Wireless Sensor Networks," *PIERS Proceedings*, pp. 1724-1728, March. 2009.

## ● 저 자 소 개 ●



**손 재 현 (Jae-Hyun Son)**

2012년 수원대학교 정보통신공학과 학사  
2014년 수원대학교 정보통신공학과 석사.  
관심분야: 무선 네트워크, 생체모방알고리즘



**변 희 정 (Hee-Jung Byun)**

1999년 숭실대학교 보통신공학과 학사.  
2001년 한국과학기술원 전자전산학과 석사.  
2005년 한국과학기술원 전자전산학과 박사.  
2010년 삼성종합기술원, 삼성전자.  
2010~현재 수원대학교 IT대학 정보통신공학과 조교수  
관심분야: 네트워크 제어