

센서 네트워크에서 계층적 필터링을 이용한 에너지 절약 방안

김진수^{1*}

An Energy Saving Method using Hierarchical Filtering in Sensor Networks

Jin-Su Kim^{1*}

요약 본 논문에서는 센서 네트워크의 수명을 길게 하기 위해 각 센서 및 클러스터 헤드에서의 데이터 전송량을 줄이기 위한 방법을 제안한다. 즉, 센서의 에너지 소모를 줄이기 위해 계층적 필터링을 제안한다. 계층적 필터링이란 센서 네트워크를 두 계층으로 나누어 필터링하는 것이다. 1계층 필터링은 클러스터 멤버에서 클러스터 헤드로 데이터를 전송시 필터링을 수행하고, 2계층 필터링은 클러스터 헤드에서 기지국으로 데이터를 전송시 필터링을 수행한다. 이는 일반적으로 필터의 폭을 넓혀 필터링을 많이 하는 것보다 필터링 효율은 증대시키면서 필터링에 따른 데이터 부정확성을 최소화한 줄이는 효과를 가진다.

Abstract This paper proposes how to reduce the amount of data transmitted in each sensor and cluster head in order to lengthen the lifetime of sensor network. This study proposes hierarchical filtering for reducing the sensor's energy dissipation. Hierarchical filtering is to divide sensor network by two tiers when filtering it. First tier performs filtering when transmitting the data from cluster member to cluster head, and second tier performs filtering when transmitting the data from cluster head to base station. This should increase the efficiency of filtering and decrease the inaccuracy of the data compared to the methods which enlarge the filter width to do more filtering.

Key words : 센서 네트워크(Sensor Networks), 계층적 필터링(Hierarchical Filtering), 클러스터 헤드(Cluster Head), 클러스터 멤버(Cluster Member), 에너지 소모(Energy Dissipation)

1. 서론

센서 네트워크에서는 센서 필드에 많은 수의 노드가 밀집되어 분포하고 있으므로, 각 센서 노드는 전력 및 계산능력, 저장용량 등의 제약이 크다[1]. 또한, 한번 배치된 센서 노드는 배터리 교체가 거의 불가능하므로 센서 네트워크에서는 에너지 효율이 가장 중요한 요소 중 하나가 된다. 따라서 본 논문에서는 클러스터링 및 필터링 기법을 이용하여 에너지 소비를 줄여 네트워크의 수명을 길게 하는 연구에 주안점을 두고 있다[2].

에너지 소비를 줄여 네트워크의 수명을 길게 하는 연구들은 여러 가지 형태로 연구되어 왔다[3]. 그 중에서 필터링을 사용해서 데이터 전송 횟수를 줄이는 방법이 네트워크의 수명을 연장시키는데 큰 효과를 낸다[4]. 센서

데이터는 그 값에 정확도가 부족해도 큰 문제가 되지 않는 경우가 많다. 질의 결과에 대한 어느 정도의 오차를 인정할 수 있는 애플리케이션에 적용하는 것이 그러한 경우이다[5].

필터링을 적응적으로 하는 연구는 이전에 스트림 데이터를 처리하기 위해 연구된 여러 알고리즘에 기반을 두고 있다. 이들 연구는 다섯 개의 표준 집계 함수인 SUM, AVG, COUNT, MAX 및 MIN을 대상으로 하고 있다. 이들 중 대표적으로 SUM에 초점을 두어 알고리즘을 제안하고 있다. 참고 문헌 [5]에서는 연속 질의를 위한 스트림 필터링(stream filtering) 접근 방법을 제안하고 있고, 참고 문헌 [4]에서는 계층적 데이터 집계를 위한 프레임워크를 제안하고 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 클러스터링, 네트워크 내 집계 및 필터링을 결합한 것이다.

필터링 허용 범위를 지정하는 방법은 필터링 되는 메시지 송신 비율을 기초로 그에 대한 필터링 허용 범위를 관리하여 송신 효율도 높이고 동시에 데이터의 정확도를

¹동명대학교 항만물류학부

*교신저자: 김진수(kjs8543@tu.ac.kr)

높이도록 한다[7].

본 논문에서 제안한 계층적 필터링은 네트워크를 두 계층 즉, 클러스터 멤버(CM) 계층과 클러스터 헤드(CH) 계층으로 나누어서 각각 다른 데이터 필터링 허용 범위를 이용하여 필터링한다. 1계층 필터링 즉, CM에서 CH로 데이터를 전송할 때의 필터링에서는 필터링 허용 범위(δ)를 이용하여 필터링 폭(widths)을 조정한다. 참고 문헌 [7]과 비교해볼 때 계층별로 필터링한다는 점은 동일하다. 그러나 1계층 필터링에서 다른 점은 CM 노드의 상태를 ‘멤버상태’, ‘비전송 멤버상태’ 및 ‘수면상태(sleep state)’로 나누어 관리하여, 센서 노드가 ‘수면 상태’인 경우 일정 시간 동안 무조건 필터링 하도록 한다. 이는 일반적으로 필터의 폭을 넓혀 필터링을 많이 하는 것보다 필터링 효율은 증대시키면서 필터링에 따른 데이터 부정확성을 최소화 줄이는 효과를 가진다. 2계층 필터링은 CH에서 BS로 데이터를 전송할 때의 데이터 필터링이다. 참고 문헌 [7]에서는 일정한 비율의 필터링 허용 범위를 사용하고 있으나, CH에서 BS까지의 거리가 교차 거리(crossover distance)보다 큰 경우 에너지 소모량이 차이가 많다는 점과 CH에서의 에너지 소모량이 CM보다 많은 점에 근거하여 이를 줄이기 위해 CH 노드의 송신 거리에 따라 필터링 허용 범위를 적응적으로 조정하는 알고리즘을 이용하여 필터링 함으로써 보다 에너지 효율적인 필터링을 수행한다.

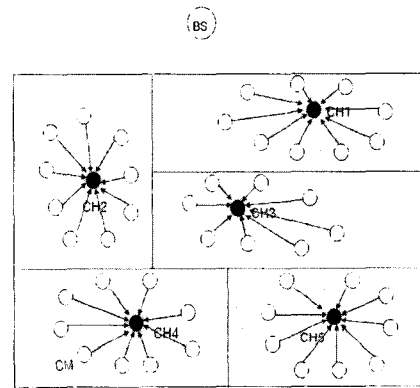
2. 계층적 필터링

본 논문에서는 일정한 라운드 시간에 새로운 클러스터를 구성하는 것은 참고 문헌 [6]에서 제안하는 방법 등을 이용해서 빠른 시간 안에 새로운 클러스터가 재구성된다고 가정한다.

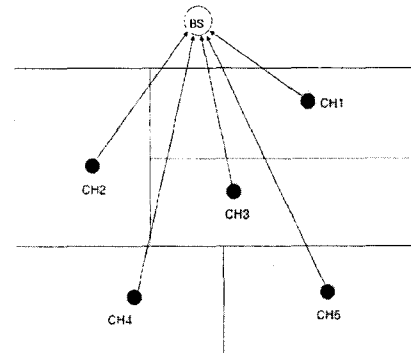
계층적 필터링에서는 초기에 모든 센서 노드에 대해 똑같은 필터링 허용 범위인 δ 를 할당한다. 이 δ 는 질의 요청 사용자가 질의 결과에 대해 필터링이 허용 가능한 범위를 지정한 수치로써 각 센서 노드의 필터링 허용 범위를 할당하고 조정하는 근간이 되는 값이다. 이 값은 사용자가 질의를 입력할 때에 애플리케이션의 특성에 따라 임의로 조정할 수 있다. 그러나 δ 값은 이러한 애플리케이션을 많이 사용한 경우에는 에너지 효율성 및 데이터 정확성을 모두 만족할 수 있는 수치를 가지고 있지만, 그렇지 않은 경우에는 사용자가 적절한 δ 값을 찾는 것이 어려울 수 있다. 이러한 경우에 가중치를 활용해서 적절한 δ 값을 찾도록 도움을 준다.

계층적 필터링은 네트워크를 두 계층으로 나눈 뒤 각 계층별로 서로 다른 데이터 필터링 허용 범위를 사용한

다. 1계층 즉, CM 계층에서는 네트워크 내에 여러 개의 클러스터를 형성한 뒤 CM들의 정보를 CH에서 수집하여 하나의 데이터로 집계한다[7]. 이 계층에서의 데이터 필터링 허용 범위는 각 센서 노드마다 적응적으로 조정된 δ_i 를 이용한다. 2계층 즉, CH 계층에서는 각 CH에서 집계된 정보를 기지국(BS)까지 전송한다. 이 계층에서의 데이터 필터링 범위는 집계된 데이터를 처리하기 때문에 일반적으로 $\delta * CW_{11}$ 으로 줄여서 필터링한다. CW_{11} 은 클러스터 헤드 필터링 허용 범위에 대한 가중치로서 실험값은 0.2로 설정한다. 또한 송신 거리에 따른 클러스터 헤드의 집계 데이터 필터링 범위(δ_c)를 설정한다.



(a) 1계층 데이터 전송 및 필터링



(b) 2계층 데이터 전송 및 필터링

그림 1. 클러스터 계층에 따른 데이터 전송 및 필터링

2.1 1계층(클러스터 멤버 계층) 필터링

1계층 필터링은 CM에서 CH로 데이터를 전송할 때의 데이터 필터링이다[7]. 센서 노드가 ‘수면 상태’일 경우는 일정 시간 동안 무조건 필터링을 허용하고, 그 외의 경우 특정 노드 i 에서 필터링 되는 데이터 필터링 허용 범위는 식 (2.1)의 아래 부분 식과 같다. CM 계층에서 센서 노드

$$E_{Tx} = \begin{cases} l * E_{elec} + l * \epsilon_{fs} * D^2 & : D \leq D_0 \\ l * E_{elec} + l * \epsilon_{mp} * D^4 & : D > D_0 \end{cases} \quad (2.7)$$

이 때, E_{elec} 는 무선 전자 에너지로서 50 nJ/bit, ϵ_{fs} 는 자유 공간 모델 무선 증폭 에너지로서 10 pJ/bit/m², ϵ_{mp} 는 다중 경로 페이딩 채널 모델 무선 증폭 에너지로서 0.0013 pJ/bit/m⁴이다.

이와 같이 송신 거리가 교차 거리를 초과할 때에는 에너지 소모량이 많아지므로 이를 줄이기 위해 CH 노드의 송신 거리에 따라 필터링 허용 범위(δ)를 식 (2.8)과 같이 적응적으로 조정한다. 단, δ_c 가 δ 보다 커지는 경우는 δ 값으로 대체한다. CW_{r1} 및 CW_{r2} 는 CH 필터링 허용 범위에 대한 가중치로서 실험값은 0.2와 0.33으로 설정한다. 이렇게 실험값을 지정한 이유는 전체 센서 노드 중 CH의 비율이 보통 0.05이므로 그 비율과 집계된 데이터라는 점을 감안해서 일반적인 CH인 경우는 δ 값의 0.2 배, 에너지 소모량이 많이 사용될 것으로 보이는 경우는 δ 값의 0.33배를 지정한 것이다.

$$\delta_c = \begin{cases} \delta * CW_{r1} & : D \leq D_0 \\ \delta * CW_{r2} * \frac{D}{D_0} & : D > D_0 \end{cases} \quad (2.8)$$

식 (2.6)의 교차 거리 D_0 는 센서 네트워크의 구축 환경에 따라 그 거리가 정해진다. 그러므로 BS에서 사용자 질의를 센서 노드로 전파할 때 D_0 등의 필터링 관련 데이터가 각 노드로 전달된다. 센서 노드 중에서 CH로 선출된 노드는 송신 거리가 교차 거리를 초과할 때의 에너지 소모량을 줄이기 위한 필터링의 허용 범위를 적응적으로 조정한다. 이를 위해 CM에서 보낸 데이터를 집계할 뿐 아니라 집계된 데이터를 BS로 보내는 지 여부를 식 (2.8) 및 (2.9)의 알고리즘에 따라 판단한다. 이 때 CH 노드 i 에서 BS로 보내는 데이터에 대한 필터링 허용 범위는 식 (2.9)와 같다.

$$-SVP_i * \delta_c \leq SVP_i - SV_i \leq SVP_i * \delta_c \quad (2.9)$$

이 식에서 SV_i 는 CH 노드 i 의 현재 집계한 값이고, SVP_i 는 CH i 의 이전에 집계된 값이다.

1, 2계층 필터링을 이용하여 데이터를 송신하면 에너지 소모량은 1계층 필터링만을 이용하여 데이터를 송신할 때보다 적은 양의 에너지를 소모한다. 이는 3장의 실험 결과에서 그 내역을 확인할 수 있다.

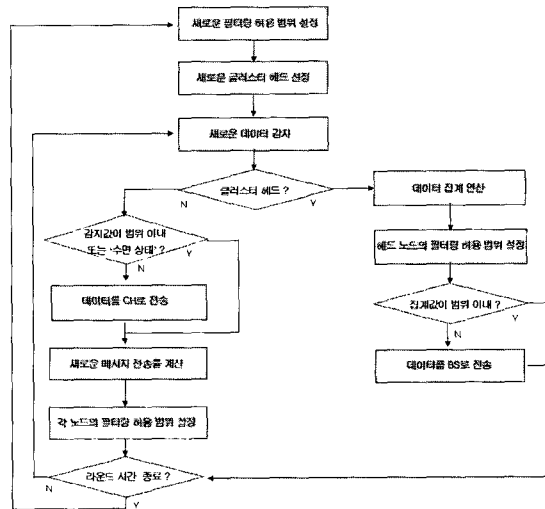


그림 2. 계층적 필터링 알고리즘(순서도)

그림 2에서 계층적 필터링은 알고리즘 시작 초기에 필터링 허용 범위(δ)를 설정한다. 사용자가 입력한 질의를 받은 센서 노드는 일정 시간마다 새로운 데이터를 감지한다. 센서 노드가 CH인지 여부에 따라 다른 알고리즘이 수행된다. 첫째 경우는 센서 노드가 CH가 아닌 경우이다. 현재 감지한 데이터와 이전에 감지된 데이터를 비교해서 필터링 허용 범위(δ) 이내가 아니면, 감지한 데이터를 CH로 보낸다. 또한 메시지 전송률(MR_i)을 다시 계산하고, 각 센서의 필터링 허용 범위를 메시지 전송률을 이용하여 다시 설정한다. 필터링 허용 범위(δ) 이내이거나 센서 노드가 '수면 상태'이면 감지한 데이터를 CH로 보내지 않는다. 위와 같은 과정이 계속 반복되면서 라운드 시간을 체크하여 새로운 라운드 시간이 되면 메시지 전송률과 가중치(w)를 이용하여 전체 센서 노드에 대한 새로운 필터링 허용 범위(δ)를 생성한다. 둘째 경우는 센서 노드가 CH인 경우이다. 먼저 클러스터의 데이터를 집계한다. 이때, 각 센서 노드의 데이터 중 필터링 허용 범위로 인해 보내지 않은 경우는 이전 데이터를 현재 데이터와 동일한 것으로 간주한다. 또한 CH 노드의 필터링 허용 범위를 다시 설정한다. 현재 집계된 데이터와 이전에 집계한 데이터를 비교해서 CH의 필터링 허용 범위(δ) 이내이면, 집계된 데이터를 BS로 보내고, 그렇지 않으면 다시 새로운 데이터를 감지한다. 그에 대한 세부 의사 코드 알고리즘은 그림 3과 같다. 이 알고리즘에서 보는 바와 같이 송신 거리가 교차 거리를 초과할 때의 에너지 소모량을 줄이기 위한 필터링의 허용 범위를 적응적으로 조정하기 위해 CH에서 관련 데이터를 수집하고, 또한 집계된 데이터를 BS로 보내는 지 여부는 CH가 알고리즘에 따라 판단한다.

```

Hierarchical-Filtering(N, NT, RT,  $\delta$ )
{
while (NT) { // N: 전체 노드수, NT: 네트워크 수명
for (i=1; i  $\leq$  N; i++)
 $\delta$ [i] =  $\delta$ ; //  $\delta$ : 필터링 허용율

select-CH(); // 클러스터 헤드 선정
while (RT) { // RT: 라운드 시간
100: V[i] = sensing value;
if (N[i] == CH) { // 노드가 CH인 경우
for (j=1; j  $\leq$  m; j++) // m: 클러스터에 소속된 노드수
SV[j] = SV[j] + V[i]; // CM의 값을 집계

// CW1, CW2: 클러스터 헤드 필터링 허용 범위 가중치
//  $\delta$ c: 클러스터 헤드 노드의 필터링 허용범위(율)
if (D  $\leq$  Dc) // D: CH에서 BS까지의 거리
 $\delta$ c[i] =  $\delta$  * CW1; // Dc: 교차 거리
else
 $\delta$ c[i] =  $\delta$  * CW2 * D / Dc;

if ( $\delta$ c[i] >  $\delta$ )
 $\delta$ c[i] =  $\delta$ ;
V1 = SVP[i] - SV[i]; // V1, SVP1, SVP2: 임시 기억공간
SVP1 = -SVP[i] *  $\delta$ c[i];
SVP2 = SVP[i] *  $\delta$ c[i];

// 집계값이 필터링 범위 이내
if (V1  $\geq$  SVP1) and (V1  $\leq$  SVP2)
goto 100;
else {
SVP[i] = SV[i]; // 집계값 저장
SendToBS (SV[i]); // 집계값을 BS로 전송
goto 100;
}
}
else { // 노드가 CM인 경우
V2 = VP[i] - V[i]; // V2, VP1, VP2: 임시 기억공간
VP1 = -VP[i] *  $\delta$ i;
VP2 = VP[i] *  $\delta$ i;
MT[i] = MT[i] + 1;

if (NS[i] == '수면상태'
MS[i] = MS[i] + 1; // MS[i]는 노드 i가 수면상태
일 때 송신하지 않은 데이터 건수
CM-sleep() // 일정시간 동안 sleep
else {
if (V2  $\geq$  VP1) and (V2  $\leq$  VP2) {
VP[i] = V[i]; // 데이터 감지값 저장
SendToCH (V[i]); // 데이터 감지값을 CH로 전송
NS[i] == '멤버상태'
M[i] = M[i] + 1;
}
else {
if (NS[i] == '멤버상태'
NS[i] == '미전송 멤버상태'
else {
NS[i] == '수면상태'
MS[i] = MS[i] + 1;
CM-sleep() // 일정시간 동안 sleep
}
}
}

MR[i] = M[i] / MT[i]; // 새로운 메시지 전송률 계산
NSR[i] = MS[i] / MT[i]; // NSR[i]은 노드 i의 수면상태
가 되는 비율
if (MR[i]  $\leq$  Lr) // 각 센서의 필터링 허용범위 설정
 $\delta$ [i] =  $\delta$ [i] - (MR[i] + NSR[i]) *  $\omega$ ;
else { // Lr(Hr): 메시지 전송 비율 하한값(상한값)
if (MR[i]  $\geq$  Hr)
 $\delta$ [i] =  $\delta$ [i] + (MR[i] + NSR[i]) *  $\omega$ ;
}
}
}
}
for (i=1; i  $\leq$  N; i++)
S6 = S6 +  $\delta$ [i]; // S6: 임시 기억공간
    
```

```

 $\delta$  = S6 / N; // 전체 노드의 필터링 허용범위 설정
}
    
```

그림 3. 계층적 필터링 의사 코드 알고리즘

3. 실험 및 분석

3.1 실험 환경

본 논문에서 제안한 기법의 성능을 분석하기 위하여 시뮬레이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 실험도구로는 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 성능을 평가하였다. 성능평가 매개변수에는 시간에 따른 에너지량과 데이터 전송량, 그리고 네트워크의 수명을 LEACH, 1계층 필터링, 1,2계층 필터링 및 참고 문헌[7]의 필터링 기법과 비교 분석하였다.

실험 시나리오 모델은 100m x 100m 네트워크 크기에 100개의 센서 노드가 무작위로 위치하고 있으며, BS 노드는 (50, 175)에 위치한다. 따라서 선출된 CH와 BS까지는 1홉으로 전송이 가능하다. CH의 수는 라운드 시간마다 동적으로 변하며 한 라운드 시간은 20초로 하였다. 센서 노드가 감지한 데이터의 크기는 500 Byte로 일정하고 전송 메시지의 헤드는 25 Byte이다. BS의 에너지는 50,000J 로서 센서 네트워크에서 가장 오랫동안 살아남을 수 있다. 센서 노드는 최초 2J의 에너지를 가지고 네트워크에 참가하게 되며, 2J을 모두 소모하게 되면 통신에 참가하지 못한다.

3.2 실험 결과 및 분석

1) 에너지 소모량 실험

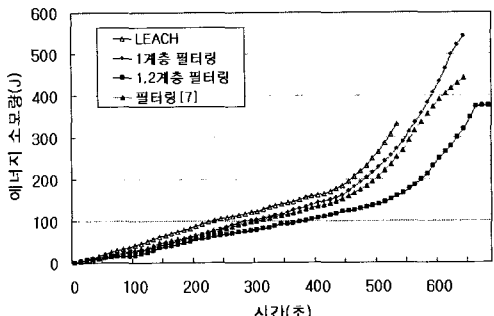


그림 4. 시간에 따른 에너지 소모량

이 실험은 LEACH 알고리즘과 1계층 필터링, 1,2계층 필터링 및 참고 문헌[7]의 알고리즘에 대해 그 성능을 비

교 분석하였다. 1계층 필터링은 메시지 송신 비율(MR) 즉, 필터링 비율이 약 20%인 경우이고, 1,2계층 필터링은 메시지 송신 비율(MR) 즉, 필터링 비율이 약 30%인 경우로서 1계층 및 2계층을 같이 필터링한 경우이다. 그림 4를 보면, 1계층 필터링은 LEACH보다 에너지 소모량이 적은 것을 알 수 있다. 또한 1,2계층 필터링이 1계층 필터링 및 필터링[7] 보다 에너지 소모량이 적은 것은 계층적 필터링 특히 2계층 필터링의 효과가 큰 것임을 알 수 있다. 즉, CH와 BS 사이의 거리에 따라 필터링 범위를 조정하는 것이 에너지 소모량에 영향을 많이 미친다고 볼 수 있다.

표 1. 시간대별 에너지 소모량

Time(s)	LEACH	1계층 필터링	1,2계층 필터링	필터링[7]
100	41.3	27.2	17.2	30.7
200	86.9	64.1	55.8	64.2
300	123.5	104.3	79.2	100.8
400	162.0	143.1	107.3	135.7
530	331.8	272.3	159.5	251.8

표 1에서 실험 시간 530초를 기준으로 1,2계층 필터링은 에너지 소모량이 LEACH에 비해 52%, 필터링[7]보다 37% 감소했음을 알 수 있다. 그림 4의 그래프 마지막에 1계층 필터링 및 1,2계층 필터링이 LEACH보다 에너지 소모량이 많은 것은 생존된 노드수가 많기 때문이다.

2) 데이터 전송량 실험

이 실험은 센서 노드에서 보낸 메시지가 BS에 도달한 데이터 전송량에 대한 것이다.

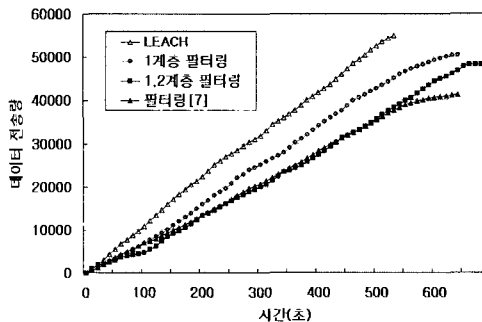


그림 5. 시간에 따른 데이터 전송량

그림 5는 시간 흐름에 따라 LEACH, 1계층 필터링, 1,2계층 필터링 및 필터링[7]에 대한 데이터 전송량을 비교 분석한 도표이다. 그림 5를 보면, 1계층 필터링 및 1,2계층 필터링이 LEACH보다 데이터 전송량이 적은 것을

알 수 있다. 그러나 1계층 필터링 및 1,2계층 필터링은 데이터 전송 내역을 필터링하기 때문에 전송 데이터량은 떨어지나 LEACH보다 오랜 시간 동안 노드가 생존해 있음을 알 수 있다. 이는 메시지를 필터링함과 동시에 센서 노드가 '수면 상태'에 드는 경우가 있기 때문에 생기는 현상이다. 하나 이렇게 데이터 전송량이 줄어들어서 에너지 소모량은 줄어들게 된다. 그러나 CH에서는 이전에 송신된 데이터(저장 데이터)를 기반으로 작업하기 때문에 실제 집계 사용되는 데이터 양은 동일하다. 그래프의 끝부분에 필터링[7]의 데이터 전송량이 줄어든 것은 550초 이후로 네트워크에서 수명이 종료된 센서 노드가 늘어나면서 전체적인 데이터 전송량이 감소하였다. 그러나 1,2계층 필터링의 경우, 전체 네트워크의 수명이 더 연장 되었으므로 전체적인 데이터 전송량이 증가하다가 650초 지점에서 역시 전체적인 데이터 전송량이 감소하였다.

3) 네트워크 수명(lifetime) 실험

그림 6은 시간 흐름에 따라 LEACH, 1계층 필터링, 1,2계층 필터링 및 필터링[7]에 대한 전체 네트워크 생존 노드수를 비교 분석한 도표이고, 표 2는 시간대별 생존 노드수에 대한 도표이다. 1,2계층 필터링은 네트워크 수명이 LEACH에 비해 28%, 필터링[7]보다 6% 연장되었다. 또한 필터링[7]보다 수명 연장폭은 크지 않지만 실험 시간 530초 시점에서 LEACH의 생존 노드수가 16, 필터링[7]이 58인데 비해 1,2계층 필터링은 86이라는 점은 시사하는 바가 크다. 전체적인 에너지 소모량보다 생존 노드수가 많다는 것은 매우 중요하며, 센서 네트워크를 구성하는 노드의 수가 많이 남아 있다는 것은 센서 네트워크 수명이 더욱 연장됨과 동시에 질 좋은 네트워크를 유지한다는 의미를 가진다. 2계층 필터링을 할 때 CH 수가 전체 노드수에 비해서 적음에도 불구하고 네트워크 수명이 늘어난 것은 그 만큼 CH의 에너지 소모량이 많음을 나타내고, 그에 대한 효율을 높이는 것이 매우 중요하다 는 증거로 볼 수 있다.

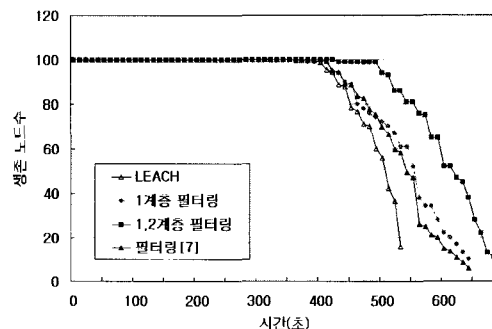


그림 6. 시간에 따른 생존 노드수

표 2. 시간대별 생존 노드수

Time(s)	LEACH	1계층 필터링	1,2계층 필터링	필터링[7]
500	56	72	94	70
530	16	61	86	58
640	0	10	38	6

4. 결론 및 향후 연구 계획

센서 네트워크의 수명은 네트워크를 구성하고 있는 센서 노드들의 수명에 의해 좌우된다. 따라서 본 논문에서는 클러스터링 기반의 센서 네트워크에서 센서 노드들의 전송량을 줄여 에너지를 절약하는 기법을 제안하였다.

계층적 필터링 기법은 필터링 허용 범위를 계층적으로 조정하여 에너지 효율을 높인다. 제안된 기법은 네트워크의 수명이 LEACH보다 약 28%, 필터링[7]보다 약 6%, 증가하였고, 에너지 소모량은 LEACH에 비해 52%, 필터링[7]보다 37% 감소했음을 실험을 통해 보였다.

제안된 기법이 LEACH 및 필터링[7]에 비해 에너지 소모량이 감소하고 네트워크 수명이 연장된 것은 1계층 필터링에서는 필터링[7]에 비해 센서 노드의 '수면(sleep) 상태'를 효율적으로 관리한 부분에서 그 효율이 좋아진 것이고, 2계층 필터링에서는 클러스터 헤드가 전체 에너지 소모량 중에서 많은 부분을 차지하고 그에 대한 에너지 소모량을 줄이기 위해 클러스터 헤드와 기지국 사이의 거리에 따라 필터링 허용범위를 적응적으로 처리하는 기법이 그 효과가 큰 것임을 실험을 통해 보였다. 이와 같이 제안된 기법은 필터링 기법[5][7] 등이 필터의 폭을 넓혀 필터링을 많이 하는 것에 비해 필터링 효율은 증대시키면서 필터링에 따른 데이터 부정확성을 최소화 줄이는 효과를 가진다.

앞으로 본 연구와 관련하여 센서 네트워크의 수명을 연장하기 위한 라운드 시간의 적응적인 설정과 네트워크의 크기 및 밀도에 따른 에너지 효율적인 클러스터 헤드 선정 알고리즘에 대해 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Ian F. Akyidiz, Weilian Su, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communication Magazine, Vol. 40, 2002

[2] "Wireless Sensors and Integrated Wireless Sensor Networks(Technical Insights)", Frost & Sullivan, 2002.

[3] 박노준, 현동준, 김명호, "센서 네트워크에서 집계연산을 위한 적응적 필터링," 정보과학회 논문지, 데이터베이스 제32권 제4호, pp. 372-382, 2005. 8

[4] Antonios Deligiannakis, Yannis Kotdis, and Nick Roussopoulos, "Hierarchical In-Network Data Aggregation with Quality Guarantees," In Proceedings of EDBT. pp. 658-675. 2004

[5] Chris Olston, Jing Jiang, and Jennifer Widom, "Adaptive Filters for Continuous Queries over Distributed Data Streams," In Proceedings of SIGMOD, pp. 563-574, San Diego, America, 2003

[6] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, Hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE transactions on Wireless communications Vol. 1, no. 4, Oct. 2002

[7] 김진수, 박찬흠, 김종근, 강병욱, "센서 네트워크에서 계층적 필터링을 이용한 에너지 효율적인 데이터 집계연산", 한국 컴퓨터정보학회 논문지, 제12권 제1호, 2007. 3.

[8] T. Rappaport, "Wireless Communications: Principles & Practice," Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1996.

김진수(Jin-Su Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 숭실대학교 정보산업학과 (이학석사)
- 2007년 8월 : 영남대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1984년 8월 ~ 1993년 2월: 쌍용정보통신 시스템연구소 선임연구원, 교육센터 차장
- 1992년 8월 : 정보처리 기술사, 정보처리 기술지도사
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 항만물류학부 교수

<관심분야>

데이터베이스, 센서 네트워크, 소프트웨어 공학