

무선 센서 네트워크에서 클러스터 그룹 모델을 이용한 에너지 절약 방안

김진수^{1*}

¹동명대학교 항만물류학부

An Energy Saving Method Using Cluster Group Model in Wireless Sensor Networks

Jin-Su Kim^{1*}

¹Division of Port & Logistics, TongMyong University

요 약 무선 센서 네트워크에서 클러스터링 기법은 클러스터를 형성하여 데이터를 통합한 후 한 번에 전송해서 에너지를 효율적으로 사용하는 기법이다. 클러스터 그룹 모델은 클러스터링에 기반을 두지만 이전의 기법과 달리 클러스터 헤드에 집중된 에너지 과부하를 클러스터 그룹 헤드와 클러스터 헤드로 분산시켜서 전체 에너지 소모량을 줄인다. 본 논문에서는 이러한 클러스터 그룹 모델에서 에너지 소모 모델의 임계값에 따라 최적의 클러스터 그룹 수와 클러스터 수를 구하고 이를 이용하여 센서 네트워크 전체 에너지 소모량을 최소화하고 네트워크 수명을 최대화한다. 실험을 통하여 제안된 클러스터 그룹 모델이 이전의 클러스터링 기법보다 네트워크 에너지 효율이 향상되었음을 보였다.

Abstract Clustering method in wireless sensor network is the technique that forms the cluster to aggregate the data and transmit them at the same time that they can use the energy efficiently. Even though cluster group model is based on clustering, it differs from previous method that reducing the total energy consumption by separating energy overload to cluster group head and cluster head. In this thesis, I calculate the optimal cluster group number and cluster number in this kind of cluster group model according to threshold of energy consumption model. By using that I can minimize the total energy consumption in sensor network and maximize the network lifetime. I also show that proposed cluster group model is better than previous clustering method at the point of network energy efficiency.

Key Words : Wireless Sensor Networks, Clustering Method, Network Lifetime, Cluster Group Model, Threshold of Energy Consumption Model

1. 서론

무선 송신에 소비되는 에너지양을 줄이기 위한 대표적인 방법 중 하나가 클러스터링이다. 무선 센서 네트워크 상에서 클러스터링이란 센서들을 클러스터로 나누어 각 클러스터에서 클러스터 헤드(CH : Cluster Head)로 지정된 센서만이 기지국(BS; Base Station)과 통신하도록 하는 방식을 의미한다. 이 때 클러스터 내에 속한 센서들은 기지국이 아닌 클러스터 헤드에게 센싱된 정보를 보내게 되고, 클러스터 헤드는 클러스터 멤버(CM : Cluster

Member 즉, Non-Cluster Head)로부터 데이터를 수집(data aggregation)하고 이를 모아 그것을 다른 클러스터 또는 기지국으로 전달하는 역할을 한다. 무선 전송에 소비되는 에너지양은 데이터 송신 거리(임계값)에 따라 거리의 제곱 또는 4제곱에 비례하기 때문에 센서와 기지국 사이의 거리가 먼 일반적인 무선 센서 네트워크에서 모든 센서가 기지국과 직접 통신하는 방식 보다는 클러스터링을 통해 선출된 일부의 센서(클러스터 헤드)가 기지국과 통신하는 방식이 에너지 소비 측면에서 매우 효율적일 수 있다[1].

*교신저자 : 김진수(kjs8543@tu.ac.kr)

접수일 10년 11월 02일

수정일 10년 11월 29일

계재확정일 10년 12월 17일

클러스터링에 대해서는 다양한 연구가 이루어지고 있다. 여명호외[2]에서는 클러스터 헤드의 에너지 소모를 분산할 수 있는 새로운 클러스터링 기법 즉, 클러스터를 수집과 전송을 위한 두 계층으로 분리하여 에너지 효율을 높인다. 김병희외[3]에서는 두 랜덤변수의 결합 확률 분포가 주어진 경우 두 변수의 상호 정보량을 최대한 보존하면서 한 변수를 압축하는 기법인 정보병목(information bottleneck)기법 기반의 이중 클러스터링에 의한, 유전자 발현 데이터의 계층적 병합방식 클러스터링 기법을 제안한다. 김종기외[4]에서는 클러스터 방식에서 주기적으로 일어나는 클러스터 구성 부분을 효율화하여 에너지 소모량을 줄이는 방법을 제안하였다. 이 방식은 클러스터의 구성에 있어서 밀도를 고려한 노드가 배치될 영역을 균등 분할하여 클러스터 내의 센서 노드수를 거의 일정하게 하고, 클러스터의 중앙 근처에 헤드 노드의 선정함으로써 에너지 소모를 줄이는 방식이다. 김일환외[5]에서는 무선 센서 네트워크의 다양한 응용 환경 및 상/하향 트래픽 스트림의 특성에 따라 유연하게 적용할 수 있는 새로운 매체접근제어 프로토콜을 제안한다. 이 방식은 다양한 클러스터링 방식에 의하여 구축된 다 계층 네트워크에서 N계층의 개별적인 통신이 가능한 구조를 제공한다.

일반적으로 무선 센서 네트워크에 적용되는 클러스터링 알고리즘으로는 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[6]가 있다. LEACH는 클러스터 기반 라우팅 기법으로 네트워크 수명을 연장하기 위하여 클러스터링을 사용하는 애플리케이션 특유의 데이터 전달 프로토콜이다. 그러나 이 알고리즘은 클러스터 헤드(CH : Cluster Head)에 에너지 소모가 집중되어 네트워크 수명을 단축시키는 단점이 있다.

클러스터 그룹 모델[7]은 CH에 집중된 에너지 소비를 클러스터 그룹 헤드(Cluster Group Head: CGH)와 CH로 분산시켜서 전체 에너지 소모량을 줄인다. LEACH와 다르게 CH가 아닌 클러스터 그룹의 CGH가 기지국으로 데이터를 전송한다. CH는 CGH의 보조 역할을 한다. 보통 CH는 클러스터의 중심부에 위치하지만 CGH는 지역 클러스터의 외곽에 위치할 가능성이 많으므로 CH를 같이 이용한다면 노드에 대한 부하 불균형을 줄일 수 있는 효과가 있다.

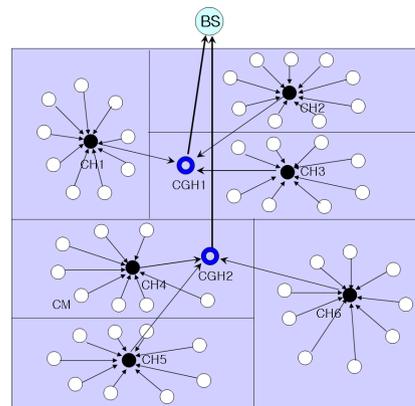
본 논문에서는 이러한 클러스터 그룹 모델에서 에너지 소모 모델의 임계값에 따라 최적의 클러스터 그룹 수와 최적의 클러스터 수를 구하고 이를 이용하여 센서 네트워크 전체 에너지 소모량을 최소화하고 네트워크 수명을 최대화한다.

2. 클러스터 그룹 모델

2.1 클러스터 그룹 모델 개요

클러스터에는 하나의 CH와 여러 개의 CM이 존재하고, CM의 데이터를 CH에 병합하여 그 데이터를 클러스터 그룹 헤드(CGH; Cluster Group Head)에 보낸다. 즉, 클러스터 그룹에는 하나의 CGH와 여러 개의 CH가 존재하고, CH의 데이터를 CGH에 병합하여 그 데이터를 기지국에 보낸다. 클러스터 그룹 모델에서 기지국과의 통신하는 방법은 그림 1과 같다.

이 모델은 목적은 에너지를 모두 소모한 센서 노드가 처음 발생하는데 걸리는 시간을 최대화하고 지리적으로 CH의 위치가 클러스터의 중심부에서 가까운 곳을 택하여 CM 즉, 클러스터에서 CH가 아닌 노드(Non-Cluster Node)가 CH에 데이터를 송신할 때 에너지 소비를 줄이는데 있다. 또한 데이터 전송에 소비되는 에너지를 최소화하기 위해 CGH의 위치가 기지국으로부터 멀수록 CGH로 선출되는 빈도를 낮춘다. 즉, CGH의 위치는 각 CH의 위치, 기지국의 위치 및 에너지 잔량에 연계하여 그 위치를 정함으로써 특정 센서의 에너지가 급격하게 소모되지 않도록 한다[7].



[그림 1] 클러스터 그룹 모델에서 기지국(BS)과의 통신

2.2 클러스터 그룹 모델에서의 에너지 소모량

클러스터링 모델에서의 에너지 소모량은 송신기와 수신기 사이의 거리에 따라 자유 공간 모델(free space channel model; d^2 power loss)과 다중 경로 모델(multipath fading channel model; d^4 power loss)이 사용된다[8].

송신 에너지는 다음 수식과 같고, 그에 사용되는 파라미터는 [표 1]과 같다.

[표 1] 에너지 소모량 계산에 필요한 파라미터

파라미터	내용
k	클러스터의 수
k _{opt}	최적 클러스터의 수
m	클러스터 그룹의 수
m _{opt}	최적 클러스터 그룹의 수
N	노드의 수
M	네트워크 크기(M * M)
d _{toCH}	CM에서 CH까지의 거리
d _{toCGH}	CH에서 CGH까지의 거리
d _{toBS}	CH에서 BS까지의 거리
l	데이터를 송수신할 때의 메시지 길이(bit)
ε _{fs}	자유 공간 모델 상수. 10 pJ/bit/m ²
ε _{mp}	다중 경로 모델 상수. 0.0013 pJ/bit/m ⁴
E _{elec}	데이터 송수신 에너지. 50 nJ/bit
E _{DA}	데이터 병합 에너지. 5 nJ/bit/signal
E _{CM}	CM의 사용 에너지
E _{CH}	CH의 사용 에너지
E _{CGH}	CGH의 사용 에너지

$$E_{Tx}(l, d) = E_{Tx-elec}(l) + E_{Tx-amp}(l, d) \quad (1)$$

$$= l E_{elec} + l \epsilon_{fs} d^2, \quad (d < d_0)$$

$$l E_{elec} + l \epsilon_{mp} d^4, \quad (d \geq d_0)$$

E_{Tx}는 송신에 필요한 전체 에너지, E_{Tx-elec}는 송신 전력, E_{Tx-amp}는 송신 증폭 에너지이고, d는 송수신 거리, d₀는 송신 증폭 임계값이다.

수신 에너지는 다음 수식과 같다.

$$E_{Rx}(l) = E_{Rx-elec}(l) = l E_{elec} \quad (2)$$

E_{Rx}는 수신에 필요한 전체 에너지, E_{Rx-elec}는 수신 전력이다.

CM 및 CH에서의 에너지 소모량은 임계값에 따라서 두 가지 경우로 나누어 생각할 수 있다.

첫째, CM에서 CH까지 및 CH에서 CGH까지의 에너지 소모 모델을 자유 공간 모델(d < d₀인 경우)로 간주한 경우는 다음과 같은 수식을 적용한다.

$$E_{CM1} = l E_{elec} + l \epsilon_{fs} d_{toCH}^2 \quad (3)$$

$$E_{CH1} = l E_{elec} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) + l E_{DA} \left(\frac{N}{k} \right) + l E_{elec} + l \epsilon_{fs} d_{toCGH}^2 \quad (4)$$

둘째, CM에서 CH까지 및 CH에서 CGH까지의 에너지 소모 모델을 다중 경로 모델(d ≥ d₀인 경우)로 간주한 경우는 다음과 같은 수식을 적용한다.

$$E_{CM2} = l E_{elec} + l \epsilon_{mp} d_{toCH}^4 \quad (5)$$

$$E_{CH2} = l E_{elec} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) + l E_{DA} \left(\frac{N}{k} \right) + l E_{elec} + l \epsilon_{mp} d_{toCGH}^4 \quad (6)$$

CGH에서의 에너지 소모량은 다음 수식과 같다.

$$E_{CGH} = l E_{elec} \left(\frac{k}{m} \right) + l E_{DA} \left(\frac{k}{m} \right) + l E_{elec} + l \epsilon_{mp} d_{toBS}^4 \quad (7)$$

2.3 최적 클러스터 그룹 및 클러스터 수를 위한 수식 모델

CM으로부터 CH까지의 예상 거리의 곱은 $\frac{1}{2\pi} \frac{M^2}{k}$ 이므로 하나의 클러스터 멤버의 에너지 소비량은 다음과 같다[1].

$$E_{CM1} = l E_{elec} + l \epsilon_{fs} \frac{1}{2\pi} \frac{M^2}{k} \quad (d_{toCH} < d_0) \quad (8)$$

$$E_{CM2} = l E_{elec} + l \epsilon_{mp} \frac{1}{4\pi^2} \frac{M^4}{k^2} \quad (d_{toCH} \geq d_0) \quad (9)$$

위의 수식 (8), (9)를 구분하는 기준인 CM에서 CH까지의 거리인 d_{toCH} 값은 센서 네트워크의 크기(M)와 클러스터의 개수(k)가 결정되면 구할 수 있다. 또한 d₀ 값은 두 에너지 소모 모델을 이용하여 그 값을 구할 수 있다.

m개의 클러스터로 이루어진 하나의 클러스터 그룹은 반지름이 $r = \frac{M}{\sqrt{\pi m}}$ 인 원이고 ρ(r, θ)은 r과 θ에 대하여 상수이다.

CH로부터 CGH까지의 예상 거리의 곱은 다음 수식과 같다.

$$\text{Exp}[d_{toCGH}^2] = \rho \int_{\theta=0}^{2\pi} \int_{r=0}^{\frac{M}{\sqrt{\pi m}}} r^3 dr d\theta = \frac{\rho}{2\pi} \frac{M^4}{m^2} \quad (10)$$

CH의 밀도가 클러스터 그룹 면적 전체에서 균등하다고 가정하면 $\rho = (1/(M^2/m))$

$$\text{Exp}[d_{toCGH}^2] = \frac{1}{2\pi} \frac{M^2}{m} \quad (11)$$

따라서 수식 (4), (6)과 (11)을 이용하면 하나의 CH에서의 에너지 소비량은 다음 수식과 같다.

$$E_{CH1} = l E_{elec} \left(\frac{N}{k} \right) + l E_{DA} \left(\frac{N}{k} \right) + l \epsilon_{fs} \frac{1}{2\pi} \frac{M^2}{m} \quad (d_{toCGH} < d_0) \quad (12)$$

$$E_{CH2} = l E_{elec} \left(\frac{N}{k} \right) + l E_{DA} \left(\frac{N}{k} \right) + l \epsilon_{mp} \frac{1}{4\pi^2} \frac{M^4}{m^2} \quad (d_{toCGH} \geq d_0) \quad (13)$$

CH에서 CGH까지의 에너지 소모 모델을 다중 경로 모델로 간주한 경우 한 프레임 동안의 전체 에너지 소모량은 다음과 같은 수식을 적용한다. 단, CH에서 CGH까지의 거리(d_{toCGH})가 임계값(d_0)보다 작을 경우는 거의 없으므로 크다고 간주한다. 그리고 CGH에서 BS까지의 거리 또한 d_0 보다 작은 경우는 거의 없으므로 크다고 간주한다.

$$E_{total1} = m \left(\frac{N}{k} E_{CM1} + \frac{k}{m} E_{CH2} + E_{CGH} \right) \quad (d_{toCH} < d_0) \quad (14)$$

$$= I \{ E_{elec} \left(\frac{mN}{k} + N + k + m \right) + E_{DA} (N + k) + \epsilon_{fs} \left(\frac{m}{2\pi} \frac{NM^2}{k^2} \right) + \epsilon_{mp} \left(\frac{kM^4}{4\pi^2 m^2} \right) + m \epsilon_{mp} d_{toBS}^4 \}$$

$$E_{total1}' = m \left(\frac{N}{k} E_{CM2} + \frac{k}{m} E_{CH2} + E_{CGH} \right) \quad (d_{toCH} \geq d_0) \quad (15)$$

$$= I \{ E_{elec} \left(\frac{mN}{k} + N + k + m \right) + E_{DA} (N + k) + \epsilon_{mp} \left(\frac{mNM^4}{4\pi^2 k^3} + \frac{kM^4}{4\pi^2 m^2} \right) + m \epsilon_{mp} d_{toBS}^4 \}$$

k의 유사값을 추출하기 위해서 클러스터 그룹 수와 클러스터 수가 같다고 가정했을 때, 한 프레임에 대한 전체 에너지 소모량은 다음 수식과 같다.

$$E_{total2} = I \{ E_{elec} (2N) + E_{DA} (N) + \epsilon_{fs} \left(\frac{NM^2}{2\pi k} \right) + k \epsilon_{mp} d_{toBS}^4 \} \quad (d_{toCH} < d_0) \quad (16)$$

$$E_{total2}' = I \{ E_{elec} (2N) + E_{DA} (N) + \epsilon_{mp} \left(\frac{NM^4}{4\pi^2 k^2} \right) + k \epsilon_{mp} d_{toBS}^4 \} \quad (d_{toCH} \geq d_0) \quad (17)$$

E_{total2} 및 E_{total2}' 를 k로 미분해서 그 값을 0으로 두어 k를 계산하면

$$k = \frac{M\sqrt{N}}{\sqrt{2\pi}} \frac{\sqrt{\epsilon_{fs}}}{\sqrt{\epsilon_{mp} d_{toBS}^4}} \quad (d_{toCH} < d_0) \quad (18)$$

$$k' = \sqrt[3]{\frac{NM^4}{2\pi^2 d_{toBS}^4}} \quad (d_{toCH} \geq d_0) \quad (19)$$

수식 (14), (15) 및 k(k') 값을 이용하여 E_{total1} 과 E_{total1}' 를 m으로 미분해서 그 값을 0으로 두어 m_{opt} 와 m_{opt}' 를 계산한다. 단, m_{opt} 와 m_{opt}' 의 값이 1보다 작을 때는 1로 처리한다.

$$m_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\epsilon_{mp} \left(\frac{kM^4}{2\pi^2} \right)}{E_{elec} \left(\frac{N}{k} + 1 \right) + \epsilon_{fs} \left(\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{NM^2}{k^2} \right) + \epsilon_{mp} d_{toBS}^4}} \quad (d_{toCH} < d_0) \quad (20)$$

$$m_{opt}' = \sqrt[3]{\frac{\epsilon_{mp} \left(\frac{kM^4}{2\pi^2} \right)}{E_{elec} \left(\frac{N}{k} + 1 \right) + \epsilon_{mp} \left(\frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{NM^4}{k^3} \right) + \epsilon_{mp} d_{toBS}^4}} \quad (d_{toCH} \geq d_0) \quad (21)$$

수식 (14), (15) 및 m_{opt} (m_{opt}') 값을 이용하여 E_{total1} 과 E_{total1}' 를 k로 미분해서 그 값을 0으로 두어 k_{opt} 와 k_{opt}' 를 계산한다.

$$k_{opt} = \sqrt[3]{-\frac{d}{2a} + \sqrt{\left(\frac{d}{2a}\right)^2 + \left(\frac{c}{3a}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{d}{2a} - \sqrt{\left(\frac{d}{2a}\right)^2 + \left(\frac{c}{3a}\right)^3}} \quad (d_{toCH} < d_0) \quad (22)$$

$$a = E_{elec} + E_{DA} + \epsilon_{mp} \frac{1}{4\pi^2} \frac{M^4}{m^2}$$

$$c = -E_{elec} (mN) \quad d = -\epsilon_{fs} \frac{mNM^2}{\pi}$$

$$k_{opt}' = \sqrt{\frac{\left(-\frac{c}{a}\right) + \sqrt{\left(\frac{c}{a}\right)^2 - \left(\frac{4e}{a}\right)}}{2}} \quad (d_{toCH} \geq d_0) \quad (23)$$

$$a = -E_{elec} + E_{DA} + \epsilon_{mp} \frac{1}{4\pi^2} \frac{M^4}{m^2}$$

$$c = -E_{elec} (mN) \quad e = -\epsilon_{mp} \frac{3mNM^4}{4\pi^2}$$

3. 수식 모델에 의한 에너지 소모량 분석

실험 환경 파라미터는 표 1과 같고 메시지 길이(I)는 4,000 비트이다.

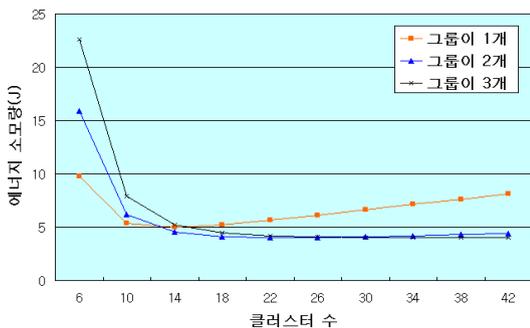
센서 네트워크 변화에 따른 최적 클러스터 개수와 한 프레임당 사용되는 총 에너지 소모량은 표 2와 같다.

[표 2] 센서 네트워크 변화에 따른 최적 클러스터 개수와 한 프레임당 사용되는 총 에너지 소모량

네트워크 크기 (m * m)	노드수	클러스터 그룹수	클러스터 수	제안된 방법의 에너지 소모량(J)	LEACH 에너지 소모량(J)
1,000	1,000	2	13	1.45	4.97
	10,000	2	22	4.03	14.00
	20,000	2	28	6.59	21.62
	30,000	2	33	9.06	28.36
	40,000	2	36	11.48	35.00
2,000	5,000	2	40	13.88	41.35
	10,000	2	19	24.71	126.50
	50,000	3	46	41.30	289.05
	100,000	3	55	55.40	379.70
	150,000	3	61	68.57	449.58
3,000	200,000	3	66	81.31	509.48
	250,000	3	70	93.78	563.31
	10,000	2	22	133.84	797.70
	100,000	3	54	186.53	1751.58
	200,000	3	64	225.26	2237.99
4,000	300,000	3	71	258.64	2591.65
	400,000	3	76	289.53	2881.71
	500,000	3	81	318.96	3133.21

제안된 방법은 네트워크 크기가 커질수록 클러스터의 수가 서서히 증가하면서 에너지 소모량도 서서히 증가를 한다. 그러나 LEACH는 네트워크 크기가 커질수록 클러스터의 수가 일정하지 않고 에너지 소모량도 급격히 증가하는 양상을 띤다. 이는 제안된 방법이 클러스터에 대한 그룹을 관리하기 때문에 네트워크의 규모가 커질 때 그 효율성이 좋아진 것으로 보인다.

센서 네트워크의 크기(M)가 1000m x 1000m이고 센서 네트워크 노드 수(N)가 10,000일 때 최적 클러스터 및 클러스터 그룹 수 추정 그래프는 다음 그림과 같다. 이 때 클러스터 헤드에서 기지국까지의 거리는 500m로 한다.

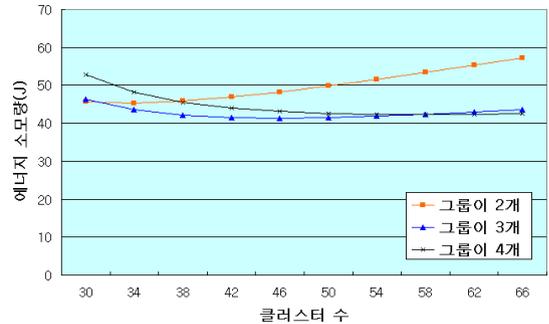


[그림 2] M가 1000m x 1000m이고 N가 10,000일 때 최적 클러스터 및 클러스터 그룹 수 추정 그래프

수식 모델을 통해서 최적의 에너지를 소모하는 것이 클러스터 그룹이 2개이고, 클러스터 수가 22개인데 거의 일치하는 것으로 보인다. 또는 클러스터 그룹이 3개이고,

클러스터 수가 26개인 경우에도 에너지 소모량이 양호한 것으로 볼 수 있다. 다만 에너지 소모량이 비슷한 경우 클러스터 수 또는 클러스터 그룹 수를 많게 하는 것이 특정 센서 노드에 편중된 에너지 소모량을 줄일 수 있으므로 전체 네트워크의 수명을 연장시킬 수 있다. 이러한 점은 제안된 수식 모델을 보완해야 할 점으로 볼 수 있다.

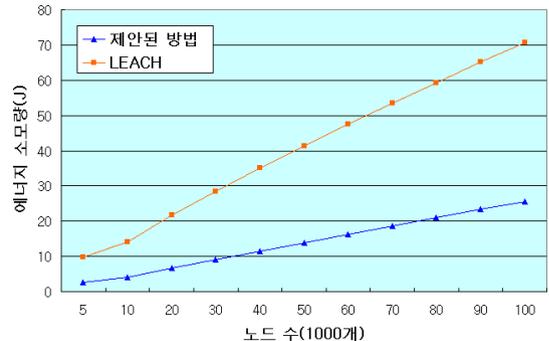
센서 네트워크의 크기(M)가 2000m x 2000m이고 센서 네트워크 노드 수(N)가 50,000일 때 최적 클러스터 및 클러스터 그룹 수 추정 그래프는 다음 그림과 같다. 이 때 클러스터 헤드에서 기지국까지의 거리는 1000m로 한다.



[그림 3] M가 2000m x 2000m이고 N가 50,000일 때 최적 클러스터 및 클러스터 그룹 수 추정 그래프

수식 모델을 통해서 최적의 에너지를 소모하는 것이 클러스터 그룹이 3개이고, 클러스터 수가 46개인데 거의 일치하는 것으로 보인다. 이 역시 클러스터 그룹이 4개인 경우에도 에너지 소모량이 양호한 것이 나타나므로 최적 클러스터링을 도출할 때 수식 모델에서 계산된 그룹 수와 비슷한 그룹 수도 비교 검토하여 최적의 클러스터링을 도출하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

센서 네트워크의 크기(M)가 1000m x 1000m일 때 제안된 방법과 LEACH의 총 에너지 소모량 비교 그래프는 다음 그림과 같다.



[그림 4] M이 1000m x 1000m일 때 제안된 방법과 LEACH의 총 에너지 소모량 비교 그래프

LEACH와 에너지 소모량을 비교해 보면 LEACH가 제안된 방법보다 200% ~ 300% 더 에너지를 소모한다. 이는 클러스터를 그룹으로 묶은 것이 효과가 큰 것으로 보인다. 그러나 이는 순수하게 전체 에너지 소모량을 기준한 것으로 네트워크의 전체 수명이 이처럼 효율이 좋다고 단정 지을 수 없다. 그러나 네트워크 수명이 100% 이상 단축될 것으로 보인다.

4. 결론

본 논문에서는 기존에 제안된 계층적 클러스터링 기법에서 클러스터 헤드에 집중된 에너지 과부하를 줄이기 위하여 클러스터 그룹을 이용하였다. 클러스터 그룹 모델은 이전의 기법과 달리 클러스터 헤드에 집중된 에너지 과부하를 클러스터 그룹 헤드와 클러스터 헤드로 분산시켜서 전체 에너지 소모량을 줄인다. 본 논문에서는 이러한 클러스터 그룹 모델에서 에너지 소모 모델의 임계값에 따라 최적의 클러스터 그룹 수와 클러스터 수를 구하고 이를 이용하여 센서 네트워크 전체 에너지 소모량을 최소화하고 네트워크 수명을 최대화한다.

클러스터 그룹 모델에서는 LEACH[6]와 다르게 CH가 아닌 클러스터 그룹의 CGH가 기지국으로 데이터를 전송한다. CH는 CGH의 보조 역할을 한다. 보통 CH는 클러스터의 중심부에 위치하지만 CGH는 지역 클러스터의 외곽에 위치할 가능성이 많으므로 CH를 같이 이용한다면 노드에 대한 부하 불균형을 줄일 수 있는 효과가 있다.

성능 평가를 위해 센서 네트워크 크기별 에너지 소모량, 노드 수별 에너지 소모량, 클러스터 수별 에너지 소모량, LEACH와의 에너지 소모량 비교 등의 실험을 하였다. 표 1과 같은 제한된 환경의 실험 결과에서 제안된 클러스터링 방법은 LEACH에 비해 네트워크 크기가 커지고 센서 노드 수가 많아질수록 에너지 효율이 2 ~ 3배 높아지는 것을 알 수 있었다.

또한 본 논문에서는 동적 네트워크 등의 다양한 특성을 고려하지 않고 정적인 네트워크의 전체 에너지 소모량만을 고려하여 최적의 클러스터 그룹 수 및 클러스터 수를 지정하였다. 이러한 네트워크의 여러 요인을 포함하여 네트워크 수명을 최적화시키는 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] 김진수, “센서 네트워크에서 에너지 소모 모델의 임계값을 고려한 클러스터링 기법”, 한국산학기술학회논문지, 제11권 제10호, 2010.

[2] 여명호, 김유미, 유재수, “무선 센서 네트워크를 위한 에너지 효율적인 이중 레이어 분산 클러스터링 기법”, 정보과학회논문지 데이터베이스, 제35권 제1호, pp. 84-95, 2008.

[3] 김병희, 황규백, 장정호, 장병탁, “정보병목기법에 기반한 유전자 발현 데이터의 이중 클러스터링”, 한국정보과학회 2003년도 봄 학술발표논문집, 제30권 제1호(B), pp.362-364, 2003

[4] 김종기, 김용원, “무선 센서 네트워크에서 클러스터의 분할을 이용한 에너지 효율적 클러스터링”, 인터넷정보학회논문지, 제9권 제4호, pp. 43-50, 2008.

[5] 김일환, 장기석, 강충구, “무선 센서 네트워크를 위한 이중 계층 진화적 매체접근제어 프로토콜 설계”, 한국통신학회논문지, Vol.31 NO.7A, pp.709-716, 2007.

[6] W. B. Heinzelman, "Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 1, NO. 4, pp.660-670, Oct, 2002.

[7] 김진수, “무선 센서 네트워크에서 유전 알고리즘 기반의 에너지 효율적인 클러스터링”, 한국산학기술학회논문지, 제11권 제5호, pp.1661-1669, 2010.

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

김진수(Jin-Su Kim)

[정회원]



- 1982년 2월 : 영남대학교 전기공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 숭실대학교 정보산업학과 (이학석사)
- 2007년 6월 : 영남대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1992년 8월 : 정보처리 기술사
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 향만물류학부 교수

<관심분야>

데이터베이스, 센서 네트워크, 소프트웨어 공학