

Zigbee환경에서 효율적인 Cluster Header 선출 기법

(An Efficient Cluster Header Election Technique in Zigbee Environments)

이 주 현 [†] 이 경 화 [†]
(Joohyun Lee) (Kyunghwa Lee)

이 준 복 [†] 신 용 태 ^{**}
(Junbok Lee) (Yongtae Shin)

요 약 현재, Zigbee환경에서 센서 노드는 자원 제약적인 특성 때문에 효율성을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.[1] 계층적 구조를 가지는 클러스터링 기법은 정보의 중복 전달 방지와 네트워크 확장 용이성을 제공한다.[2] 그러나 클러스터 헤더 선출 시 오버헤드 발생하며 잘못된 클러스터 헤더 선출은 자원을 효율적으로 사용할 수 없다는 한계가 있다.

본 논문에서는 계층적 클러스터링 기법에서 노드의 위치나 에너지 정보를 싱크노드에서 알고 있는 중앙 처리식을 활용하여 거리와 노드의 밀도를 기반으로 하는 클러스터 헤더의 선출기법을 제안하고자 한다.

키워드 : Zigbee, 센서네트워크, 센서네트워크 라우팅

Abstract Since sensor nodes have restriction of using resources in Zigbee network, number of study on improving efficiency is currently ongoing[1]. Clustering mechanism based on hierarchy structure provides a

* 이 논문은 2009 한국컴퓨터종합학술대회에서 'Zigbee환경에서 효율적인 Cluster Header 선출기법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 학생회원 : 송실대학교 컴퓨터학과
jhlee@cherry.ssu.ac.kr
khlee@cherry.ssu.ac.kr
jblee@cherry.ssu.ac.kr

^{**} 종신회원 : 송실대학교 컴퓨터학과 교수
shin@ssu.ac.kr

논문접수 : 2009년 8월 14일
심사완료 : 2009년 12월 9일

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 컷 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제3호(2010.3)

prevention of duplicated information and a facility of a network expansion[2]. however overheads can occurs when the cluster header is elected and the election of a incorrect cluster header causes to use resources inefficiently.

In this paper, we propose that the cluster header election mechanism using distances between nodes and density of nodes in accordance with the operation of the central processing system in which the sync nodes are having information of location and energy with respect to general nodes based on hierachy clustering mechanism.

Key words : Zibee, sensor network, sensor routing

1. 서 론

IEEE 802.15 Working Group의 WPAN은 10m 이내의 근거리에서 기기 간의 무선 통신을 지원하는 기술이다[3]. WPAN은 짧은 통신거리, 저전력 등의 특징을 가지고 컴퓨터, 주변기기, 휴대폰, 가전제품 등을 무선으로 연결하여 기기 간의 통신을 지원함으로써 다양한 응용 서비스를 지원한다[4].

Zigbee는 이러한 WPAN의 국제 표준인 IEEE 802.15.4를 기반으로 하는 저속 근거리 무선통신의 국제 표준 스펙이다. Zigbee단말기는 코디네이터의 비컨 전송을 통해 네트워크를 구성하며 구성된 네트워크에서는 MAC 계층에서의 CSMA-CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 알고리즘을 통해 서로 간의 충돌을 피하며 통신을 할 수 있다.

수 없이 많은 노드가 분포되어 있는 센서 네트워크에서 에너지 고갈로 인한 노드의 교환이나 충전은 사실상 불가능하다. 따라서 에너지 문제를 해결하기 위해 물리적으로 근접한 노드들을 하나의 클러스터로 묶는 클러스터링 기법을 도입하는 추세이다. 클러스터링 기법은 헤더를 두어 센서 필드(field)를 계층적으로 관리하는 방식이다. 최근, 에너지 효율성을 고려한 다양한 클러스터 헤더의 선출기법이 연구되고 있다.

본 논문에서는 에너지 효율을 고려한 클러스터 헤더 선출 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 센서 필드 내에서 노드들의 밀도와 거리정보를 이용하여 클러스터 헤더를 선출한다.

본 논문의 2장에서는 관련연구로서 기존에 제안되어 온 헤더 선출 기법을 살펴본다, 3장에서는 제안하는 헤더 선출 기법 메커니즘을 제시한다. 4장에서는 제안하는 기법에 대해 성능평가를 수행한다. 끝으로 결론 및 향후 연구 방안을 제시한다.

2. 관련연구

최근, 센서 네트워크에서는 에너지 효율성을 고려한

다양한 방법이 제시되고 있다.

그 중 대표적인 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)프로토콜은 노드 간의 에너지 소모를 균등하게 하기 위해 확률을 기반으로 하여 헤더를 선출하는 방법이다. LEACH에서는 클러스터가 재구성되고 이를 기반으로 한 통신이 이뤄지기까지를 라운드로 정의하였다[5]. 적절한 헤더를 선출하기 위한 임계값은 다음과 같이 결정된다.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - P * (r \bmod \frac{1}{p})} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서 P 는 전체 노드들 중에서 선출되는 클러스터 헤더의 비율, r 은 현재 라운드, G 는 $\frac{1}{p}$ 라운드 동안 헤더로 선출되지 않은 노드들의 집합이다. LEACH는 클러스터 형태에 대한 고려 없이 노드 간의 확률적인 방법에 의하여 노드들이 $1/p$ 라운드 동안 공평하게 클러스터 헤더로 선출됨을 보장한다. 그러나 확률적인 방법에 의한 클러스터 헤더의 선정은 에너지를 효율적으로 사용할 수 없다는 한계가 있다.

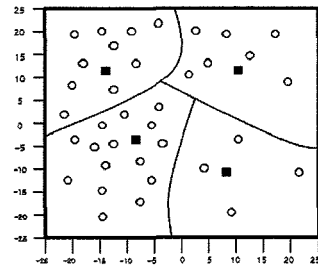
이러한 LEACH의 문제를 해결하기 위해 LEACH-C(LEACH-Centralized)가 제안되었다. LEACH-C프로토콜은 클러스터 헤더의 결정권을 BS(Base Station)에게 넘김으로써 헤더 결정에 따른 에너지 소모를 줄이는 방법이다[6]. BS에서는 헤더 결정을 위해 각 노드들의 위치와 에너지 정보를 확인하여 효율적인 네트워크 구성을 위한 클러스터 헤더를 결정한다. 그러나 LEACH-C는 위치와 에너지 정보 확인을 위한 부가적인 오버헤드가 발생하고 라운드마다 BS와 통신을 하기 위한 에너지 손실률이 매우 크다.

HEED(Hybrid, Energy-Efficient Approach)프로토콜은 노드 자신의 잔여 에너지가 많으면 헤더로 선출될 확률이 높아지는 방식이다[8]. 임의의 노드가 클러스터 헤더로 선출될 확률 값은 다음과 같다[7].

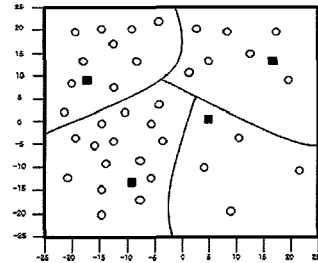
$$CH_{prob} = C_{prob} \times \frac{E_{residual}}{E_{MAX}} \quad (2)$$

식 (2)에서 C_{prob} 는 전체 노드의 클러스터 헤더 비율, E_{max} 는 최대 에너지양, $E_{residual}$ 는 임의의 노드의 잔여 에너지양이다. HEED는 노드 자신의 잔여 에너지가 많으면 헤더로 선출될 확률이 높아진다. 그러나 클러스터 헤더가 네트워크에 고루 분포되지 않을 경우 헤더에서 거리가 먼 노드는 효율이 떨어지게 되는 한계를 지닌다.

그림 1에서 (a)처럼 대체로 균등하게 클러스터 헤더가 분포된 경우 노드 간의 에너지 소비가 적절한 균형을 이룰 수 있지만 (b)와 같이 헤더에서 떨어져 있는



(a) 균등한 클러스터 헤더의 구성



(b) 불균등한 클러스터 헤더의 구성

■ 클러스터 헤더
○ End Node

그림 1 클러스터 헤더의 구성 시나리오

노드의 경우 에너지 효율성이 떨어지게 되어 Dead노드가 될 여지가 크다.

제안하는 클러스터 헤더 선정 기법은 초기 클러스터 헤더의 반경을 Group으로 나눈 뒤 Group 안의 노드 밀도로 클러스터 헤더를 선출 하여 기존의 클러스터링 기법보다 높은 에너지 효율성을 보여 주고자 한다.

3. 제안하는 헤더 선출 기법

본 논문에서 제안하는 클러스터 헤더 선출 기법은 지역적으로 분포된 노드의 밀도에 따라 헤더를 선출한다. 노드 밀도에 대한 위치 정보는 각 노드들에게 제공받는다. 최초 선출된 클러스터 헤더는 멤버노드의 위치 정보를 가진다. 클러스터 헤더 변경 시 최초 클러스터 헤더는 다음 클러스터 헤더에게 위치 정보를 인계한다. 각 노드들은 위치정보가 변경되었을 때만 클러스터 헤더에게 알림으로써 오버헤드를 방지한다. 클러스터 헤더의 선출은 각 노드의 위치정보를 기반으로 하여 노드의 밀도에 따라 선출한다.

그림 2는 2장에서 제시한 프로토콜에 따라 선정된 클러스터 헤더에 대한 시나리오이다. 모든 노드의 데이터 전송 크기는 동일하고, 통신 중 저항 값은 일정하다. 다만 통신 거리에 따라서만 잔여 에너지양이 달라진다고 가정한다.

<Scenario 1>은 최초 클러스터 헤더의 반경(R) 내에

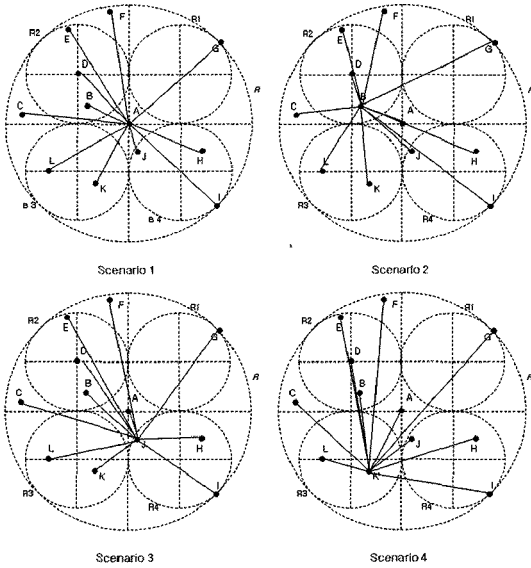


그림 2 헤더 선출 시나리오

서 멤버의 위치 정보를 기반으로 Local Group을 형성한 것을 보여준다.

<Scenario 2>는 제안하는 방식에 의해 선출된 클러스터 헤더에 대한 시나리오이다.

<Scenario 3>은 최단 통신거리로 잔여 에너지양이 많은 노드를 클러스터 헤더로 선출한 HEED프로토콜에 대한 시나리오이다.

<Scenario 4>는 확률적인 방법으로 클러스터 헤더를 선출할 경우 나올 수 있는 LEACH에 대한 시나리오이다.

제안하는 방식에 의한 클러스터 헤더 선출 메커니즘은 그림 3과 같다.

첫째, Grouping Phase는 최초 클러스터 헤더의 네트워크 반경을 나누어 Grouping한다. 둘째, Grouping Comparison Phase는 Group의 멤버노드 수를 비교하여 멤버노드가 가장 많은 Group을 선출한다. 셋째, Node

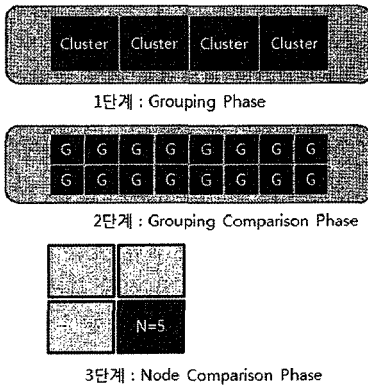


그림 3 헤더 선출 메커니즘

Comparison Phase는 선출된 Group에서 이전 헤더와 가장 인접한 노드를 클러스터 헤더로 선출한다.

노드의 수를 비교하기 위해 필요한 노드의 위치 정보는 위도와 경도를 이용해 나타낸다.

$$Node_{id} = Node(N_{latitude}, N_{longitude}) \quad (3)$$

식 (3)에서 $N_{latitude}$ 는 위도를, $N_{longitude}$ 는 경도를 나타내는 값으로 각 노드들의 고유ID로 사용할 수 있다. 최초의 헤더는 자신의 위치 정보ID와 반경을 이용하여 Local Group을 형성한다.

$M \times M$ 크기의 영역을 가지는 전체 네트워크를 고려할 경우 네트워크의 넓이는 다음과 같다.

$$M^2 = \pi R^2 \quad (R = \frac{M}{2}) \quad (4)$$

식 (4)와 같은 넓이를 가지는 네트워크를 통해 반경 R은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \frac{M}{\sqrt{\pi}} \quad (5)$$

식 (5)와 같이 구해진 반경 R을 이용해 Local Group의 구역을 설정한다. 이 때 R값을 양분하여 Local Group의 반경이 겹쳐지지 않도록 한다.

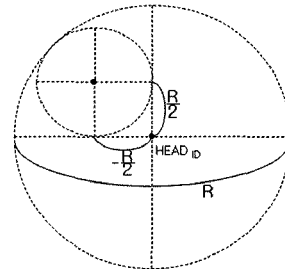


그림 4 헤더 반경 내 Local Group 설정

그림 4와 같이 최초 헤더의 위치 값에서 반경 R을 양분한 Local Group의 중심을 설정한다. 중심점은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{local} = Head_{id} \pm \frac{M}{2\sqrt{\pi}} \quad (6)$$

식 (6)에서 R_{local} 은 Local Group의 중심 값, $Head_{id}$ 는 클러스터 헤더의 위치정보 상수 값이다.

Grouping과정을 거친 후에는 각 Group 내에서의 노드 수를 비교한다. 가장 많은 노드를 갖는 Group의 노드 중 클러스터 헤더가 선출된다.

그림 5는 위 과정을 통해 클러스터 헤더를 선출하는 절차를 도식화한 것이다. 헤더가 선출될 그룹이 선정되면 그룹 안에서 기존의 헤더와 가장 근접한 거리에 있는 노드는 다음 헤더가 된다.

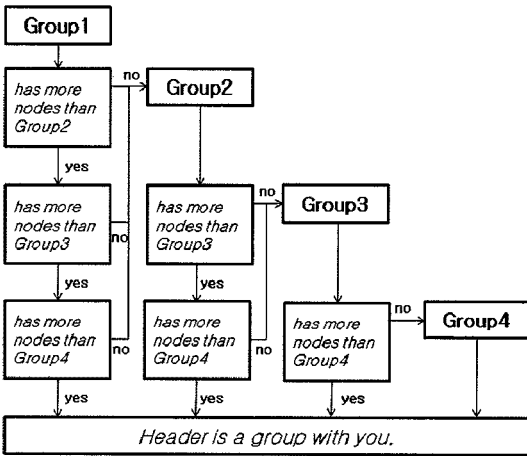


그림 5 헤더가 선출될 그룹 구성 절차

4. 성능평가

성능평가는 앞서 설명한 그림 2의 시나리오와 같이 분포된 센서 네트워크를 기준으로 한다. 통신 중 저가값은 일정하며 통신 거리에 따라서만 잔여 에너지양이 달라진다는 가정은 동일하다. 표 1은 그림 2와 같이 분포된 센서 네트워크에서 데이터 송수신 크기를 1bit라고 가정했을 경우 클러스터 헤더의 위치에 따른 전체 네트워크 통신비용을 계산한 결과다.

표 1을 통해 제안하는 기법이 LEACH과 HEED에 비해 에너지 소비가 작음을 확인할 수 있다. 또한 에너지 소비량의 평균도 작게 나타난다.

시나리오 안의 네트워크 총에너지를 30,000J로 가정할 경우 통신횟수 증가에 따른 통신 에너지 소모량을 시뮬레이션 한 결과는 다음과 같다.

표 1 시나리오들의 1회 통신비용 비교

Protocol	최초 헤더	PROPOSED	LEACH	HEED	LEACH
A	0	9.8	26.2	6.3	14.3
B	9.4	0	31.7	14.8	17.1
C	23	14.1	49.2	26.2	20.5
D	14.8	7.2	31.5	21.4	24.3
E	23.3	16.4	33.1	30	33.5
F	24.3	20.6	25	30.5	37.1
G	26.2	31.7	0	29.2	40.3
H	17	26.9	23.3	14	24
I	26.2	35.6	35	20.8	26.4
J	6.3	14.8	29.2	0	11.4
K	14.3	17.1	40.3	11.4	0
L	19.7	16.1	45.8	19.4	10.4

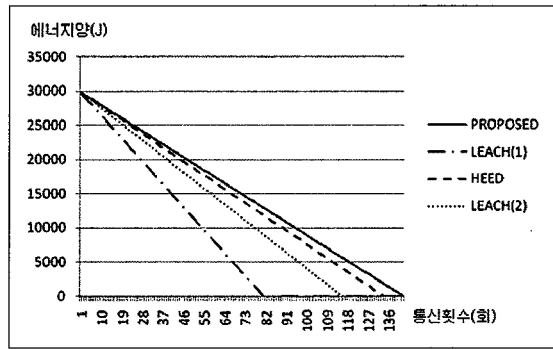


그림 6 시간에 따른 에너지 소모량

표 2 비교 분석

	특징	단점	제안기법
LEACH	확률에 기반한 헤더 선출	헤더 선출 잘못되면 효율성 떨어짐	Grouping으로 헤더 후보 가이드라인 제안
LEACH-C	BS를 통한 헤더 선출	부가적 오버헤드 발생	별도의 BS 설치/운영 안함
HEED	노드의 잔여 에너지양으로 헤더 선출	전체 네트워크의 효율성 저고 연립	밀도에 의한 헤더 선출은 전체 네트워크 효율성 저고

그림 6과 같이 LEACH(1)과 LEACH(2)는 각각 81회, 115회, HEED는 133회까지 네트워크를 유지함을 볼 수 있다. 제안하는 기법은 142회까지 네트워크를 유지한 후 DEAD노드가 된다. 동일한 네트워크 에너지와 데이터 크기로 시뮬레이션 한 결과 제안하는 기법이 LEACH의 18.88%, HEED의 6.29%만큼 오랜 시간동안 네트워크를 유지한다는 것을 알 수 있다. 표 2는 제안하는 기법과 기존 기법을 비교 분석한 내용이다.

5. 결론

LEACH, HEED와 같이 계층적인 네트워크를 구성하는 클러스터링 방식에서는 헤더의 선출이 전체 네트워크 운용 성능에 영향을 미치는 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 Grouping과정을 통해 노드의 밀도를 파악하고 기존 클러스터 헤더와 가장 인접한 노드를 다음 클러스터 헤더로 선출하는 기법을 제안하였다. Grouping과정으로 LEACH의 불균형적인 헤더선출에 의한 효율성을 고려하였고 노드밀도에 의한 헤더 선출을 통해 HEED의 잔여에너지 헤더선출에 대한 효율성을 개선하였다. 이를 통해 제안하는 기법은 노드의 생존시간에서 LEACH, HEED와의 비교해 우수한 성능을 보였다.

향후에는 제안 기법을 이용하여 헤더를 선출할 때 다음 라운드에 선출될 헤더에 대한 이주과정에 대하여 보완할 예정이다. 또한 Grouping과정의 다양성을 고려하여 전체 메커니즘의 완성도를 높이고 성능평가를 통해 우수성을 입증하겠다.

참 고 문 헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A survey on Sensor Networks," *IEEE Communication Magazine*, vol.40, no.8, pp.102-114, Aug. 2002.
- [2] Estrin, D, Girod, L, Pottie, G, and Srivastava, M, "Instrumenting the World with Wireless Sensor Networks," *Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol.4, pp.2033-2036, May. 2001.
- [3] Edgar H, Callaway, Jr, "Wireless Sensor Networks: architectures and protocol," *AUERBACH*, Aug. 2003.
- [4] IEEE Standard Part 15.4:Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPAN), *IEEE*, Sep. 2003.
- [5] Heinzelman, W, Chandrakasan, A and Balakrishnan, H, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *System Sciences*, vol.2, pp.10-19, Jan. 2000.
- [6] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communication*, vol.1, no.4, Oct. 2002.
- [7] O. Younis, and S. Fahmy, "HEED: a Hybrid, Energy-efficient, Distributed Clustering Approach for Ad Hoc Sensor Networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol.3, no.4, pp.366-379, Oct. 2004.