

## WSN에서 퍼지이론기반 에너지 효율적인 백업 클러스터 헤드 선출방법

김태완, 전성민, 이성호, 박희만, 이연우, 정민아, 이성로

목포대학교

srlee@mokpo.ac.kr

### An Energy Efficient Election Method of Backup Cluster Heads Using Fuzzy Logic in Wireless Sensor Networks

Taewan Kim, Seongmin Jeon, Lee Seong Ho, Huiman Park, Yeonwoo Lee, Min-a Jung, Seong Ro Lee

Mokpo National University

#### 요 약

클러스터 기반 라우팅 방법에서 클러스터 헤드에 고장이 발생하면, 전달되지 못하는 센서 데이터가 존재한다. 이를 해결하기 위해 각 클러스터마다 백업 클러스터 헤드를 지정함으로써 원래의 클러스터 헤드에 고장이 발생했을 때 백업 클러스터 헤드가 그 역할을 대신하도록 하는 방법이 연구되고 있다. 백업 클러스터 헤드를 이용한 방법에서는 어떤 노드를 백업 클러스터 헤드로 선출하느냐에 따라 무선센서네트워크의 성능이 좌우된다. 따라서, 본 논문에서는 무선센서네트워크의 에너지 효율성을 높이기 위해 퍼지를 이용하여 각 클러스터의 백업 클러스터 헤드를 선출하는 방법을 제안한다.

#### 1. 서론

최근 센서 및 무선통신기술의 발전으로 저전력, 저비용, 초소형의 센서노들이 개발되고, 이에 힘입어 애드-혹 통신에 기반을 둔 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]. 무선 센서 네트워크는 사용 목적에 따라 센서노드를 광범위하게 또는 지역적으로 배치함으로써 과학적, 군사적, 의학적, 상업적 용도 등 다양한 분야에 적용되고 있다.

무선 센서 네트워크에서 센서노드들은 사전에 결정된 형태 없이 센싱영역 내에 무작위로 배치되며, 배치된 위치에 고정되어 있거나 이동하는 형태를 가질 수도 있다. 또한, 데이터 전송을 위해 무선통신을 사용하기 때문에, 전송속도 및 대역폭이 유선 통신에 비하여 제한적이고, 보안에 취약한 경향이 있다. 뿐만 아니라, 에너지가 제한적이며, 신뢰할 수 없는 노드를 갖는 특징이 있다. 그래서, 무선 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜은 최소의 에너지 소비로 경로실패에 대해 최대의 강건함을 달성하는 목표를 갖고 있다.

에너지 효율성을 높이기 위해, 무선센서네트워크에서 클러스터 기반 라우팅 방법이 연구되고 있다. 클러스터 기반 라우팅 방법은 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서노드들이 클러스터를 구성하고 선출된 클러스터 헤드가 클러스터 내의 센서노드들로부터 데이터를 받아서 병합한 다음, 기지국으로 데이터를 전달하는 방법이다. 클러스터 기반 라우팅 방법에 대한 연구 중에서 대표적인 것이 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)이다 [2,3,4]. LEACH는 확률적인 랜덤 방식으로 클러스터 헤

드를 주기적으로 선정하는 클러스터 기반 라우팅 프로토콜이다. 확률적인 랜덤 방식으로 클러스터 헤드를 선출하다 보니, 클러스터 구성이 비효율적일 때가 있다. 이러한 점을 극복하기 위해, 기지국이 센서노드의 에너지 보유량을 고려하여 클러스터 헤드를 결정하는 LEACH-C (Centralized) 프로토콜이 제안되었다 [2,3,4].

클러스터 기반 라우팅 방법에서 클러스터 헤드에 고장이 발생한다면, 해당 클러스터의 데이터는 기지국으로 전달할 수 없어 데이터 신뢰성에 문제가 생긴다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 저자는 LEACH-C 기반의 무선센서네트워크에서 각 클러스터마다 백업 클러스터 헤드를 지정함으로써 원래의 클러스터 헤드에 고장이 발생하더라도 백업 클러스터 헤드를 이용하여 데이터 전달할 수 있는 방법을 제안하였다 [5]. 백업 클러스터 헤드를 이용한 방법에서는 어떤 노드를 백업 클러스터 헤드로 선출하느냐에 따라 무선센서네트워크의 성능이 좌우된다. 본 논문에서는 무선센서네트워크의 에너지 효율성을 높이기 위해 퍼지를 이용하여 각 클러스터의 백업 클러스터 헤드를 선출하는 방법을 제안한다.

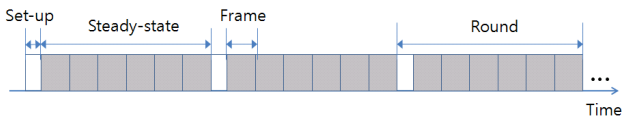
이후의 논문 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련된 연구를 살펴보고, 3장에서는 퍼지를 이용하여 백업 클러스터 헤드를 선출하는 방법에 대해 서술한다. 마지막으로, 4장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 LEACH

LEACH는 무선 센서 네트워크에서 노드들 사이에 에너지 부하를 균등하게 분배하는 자동 재구성 클러스터 기반의 프로토콜이다. LEACH에서는 클러스터를 구성하고 이를 기반으로 데이터 통신이 이루어지는 시간 구간을 라운드로 정의한다. 다음 그림 1은 LEACH 작동과 관련된 타임라인을 보여준다.

각 라운드는 클러스터를 구성하는 Set-up 단계와 실제 통신이 이루어지는 Steady-state 단계로 구성된다. 다시 Set-up 단계는 새로 선출된 클러스터 헤드가 자신이 클러스터 헤드임을 알리는 Advertisement 단계, 이 헤드를 기반으로 클러스터가 구성되는 Cluster Set-up 단계, 그리고 클러스터 헤드가 클러스터에 속하는 노드들이 데이터를 보낼 순서를 결정하는 Scheduling Creation 단계로 구성된다.



[그림 1.] LEACH 작동을 보여주는 타임라인

### 2.2 LEACH-C

LEACH에서 발생하는 클러스터 불균형 문제를 해결하기 위해 LEACH-C에서 클러스터 구성은 기지국 주도로 이루어진다. 즉, 각 노드는 자신의 위치정보와 잔여 에너지 정보를 기지국에 알리고, 기지국은 이 정보를 다른 모든 노드들에게 알려줌으로써 최적의 클러스터를 구성하는 것이 가능하도록 제안하였다.

하지만, LEACH-C는 클러스터 헤드를 선정할 때 식 (1)과 같이 클러스터 내의 멤버 노드들 간의 최소거리 합만 고려하였다.

$$dist = \sum_{i=1}^{C_i(m)} d(i)_{toCH} \quad (1)$$

식 (2)에서 기지국까지의 데이터 전송 거리(dist)는 클러스터 안에 있는 노드간의 거리의 합( $\sum_{i=1}^{C_i(m)} d(i)_{toCH}$ )이다.

LEACH-C에서 클러스터 헤드 선정방법은 클러스터 헤드와 각 노드간의 거리의 합이 최소가 되는 노드를 클러스터 헤드로 선정하는 것이다.

## III. 퍼지론을 이용한 백업 클러스터 헤드 선출 방법

본 장에서는 기존에 백업 클러스터 헤드와 클러스터에 속하는 각 노드간의 거리의 합이 최소가 되는 노드를 백업 클러스터 헤드로 선출하는 방식을 개선하여 퍼지론을 이

용한 방법을 제안한다.

### 3.1 퍼지제어 모델 구성

퍼지제어 모델은 퍼지화 모듈, 퍼지 규칙, 퍼지 추론엔진, 역퍼지화 모듈로 구성되어 있다. 처리과정은 다음 4단계로 이루어진다. 먼저, 입력변수의 퍼지화가 진행된다. 입력변수는 클러스터헤드와의 근접도, 잔존 에너지량, 클러스터 중심에서 가까운 정도로 구성된다. 입력변수의 값이 어느 퍼지규칙 집합에 해당하는가를 결정한다. 해당하는 퍼지 규칙에서 결론부를 도출하고 이를 대응하는 멤버쉽 함수에 적용한다. 다음으로, 규칙의 출력값을 결합하는 과정이 진행된다. 마지막으로, 결합된 출력값으로 단일 결론을 제시한다. 위와 같은 퍼지제어 모델을 이용하여 가장 최적의 백업 클러스터 헤드를 결정한다.

### 3.2 전문가 지식 표현

전문가 지식은 3개의 디스크립터에 의하여 표현된다. 첫 번째 디스크립터는 클러스터헤드와의 근접도이다. 이는 클러스터헤드에 얼마나 가까이에 있는가 하는 것이다. 두 번째는 잔존 에너지량이다. 현재 노드에 에너지가 얼마나 남아있는가를 나타낸다. 마지막은 클러스터 중심에서 가까운 정도로, 이는 클러스터 내에서 얼마나 중심에 가까이 있는가를 의미한다. 중심에 가까울수록 클러스터 내에서 효과적으로 데이터를 수집할 수 있기 때문이다.

클러스터헤드와의 근접도 및 잔존 에너지량은 높음, 중간, 낮음의 3단계로 구분한다. 클러스터 중심에서 가까운 정도는 가까움, 보통, 멀의 3단계로 구분된다. 노드가 백업 클러스터 헤드로 선출된 가능성을 나타내는 결과는 매우 작음, 작음, 다소 작음, 중간, 다소 큼, 큼, 매우 큼으로 나누어진다. 그래서, 3개의 디스크립터가 갖는 각각의 경우의 수에 따라 27개의 규칙이 결정되고, 이러한 규칙으로 구성된 퍼지 규칙베이스에 의하여 백업 클러스터 헤드가 선출된다.

## IV. 결론

본 논문에서는 데이터 전달의 신뢰성을 높이기 위해 백업 클러스터 헤드를 이용하는 무선센서네트워크에서 퍼지론을 적용하여 백업 클러스터 헤드를 선출하는 방법을 제안하였다. 기존의 방법은 백업 클러스터 헤드와 각 노드간의 거리의 합이 최소가 되는 노드를 백업 클러스터 헤드로 선출하였으나, 좀 더 최적의 노드가 백업 클러스터 헤드로 선출되도록 하기 위해 퍼지규칙을 정의하고 백업 클러스터 헤드 선출에 적용하였다. 향후에는 제안한 방법에 따른 시스템을 구현하고 기존 방법과의 비교실험을 통해 제안한 방법의 우수성을 증명한다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2011-0022980)

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0029321)

## 참 고 문 헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp.102-114, Aug. 2002.
- [2] Wendi Beth Heinzelman, "Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks," PhD thesis, Jun. 2000, MIT.
- [3] W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp.660-670, Oct. 2002.
- [4] J. N. Al-Karaki, A. E. Kamal, "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Wireless Communications, Vol. 11, Issue 6, pp.6-28, Dec. 2004.
- [5] 이성호, 배진수, 조지우, 정민아, 김용근, 정준영, 김원주, 김동진, 이성로, "무선 센서 네트워크에서 백업 클러스터 헤드를 이용한 라우팅 방법," 한국정보처리학회 제 36회 추계학술발표대회, pp.278-280, 2011년 11월.