

센서 네트워크에서의 클러스터 기반 라우팅 프로토콜 기법

남춘성^o 김승홍 박수민 김경민 신용태
송실대학교

{namgun99^o, liontail, smpark, kmkim, shin}@cherry.ssu.ac.kr

Routing Protocol Technique based on Cluster in Wireless Sensor Networks

ChoonSung Nam^o SeungHong Kim SooMin Park KyungMin Kim YongTae Shin
Department of Computer Science, Soongsil University

요 약

센서 네트워크를 구성하는 각 노드는 크기가 작고, 배터리 용량도 제한되어 있기 때문에 오랜 시간 노드가 활동하기 위해서는 노드의 에너지 소모를 줄이는 것이 중요하다. 센서 노드들의 에너지 소비 감소를 위해서 센서 네트워크에서는 에너지 효율적인 라우팅을 통해 에너지를 소비를 줄이는 방법이 연구되었다. 그 중에서 클러스터링 기법은 센서 노드가 클러스터를 형성하고, 그 주체가 되는 클러스터 헤드와 통신함으로써 전체적인 센서 노드의 에너지 소비를 줄이고, 센서 노드의 에너지 소모를 분산하는 기법이다. 그러나 클러스터 생성 후 클러스터 내에서 센서 노드들이 직접 클러스터 헤드와 통신한다거나, 플러딩을 하는 방식으로 통신했을 때, 각각의 센서 노드들은 에너지 소비를 낭비한다. 이때 중요시 생각해야 할 것은 클러스터를 형성한 후, 클러스터 내에서 라우팅을 어떻게 하느냐가 클러스터 내에 있는 센서 노드들의 에너지 소비 분배를 효율적으로 할 수 있게 하는 가이다. 이에 본 논문은 초기 랜덤하게 뿌려진 센서 노들이 클러스터 헤드를 선정할 후, 클러스터 헤드로부터 클러스터를 형성하면서 생기는 정보를 바탕으로 클러스터 헤드로의 효율적인 라우팅 프로토콜을 하는 방법을 제안한다.

1. 서 론

무선 센서 네트워크는 특정 현상을 감지할 다수의 센서 노드들이 넓은 지역에 랜덤으로 배치되어 구성되는 무선 네트워크이다. 센서 노드들의 하드웨어들은 열악한 자연 환경에 대한 강한 저항력을 가져야 하고, 이동성을 위해 작고 가벼워야 한다. 또한 다수의 센서 노드들이 필요하기 때문에 비용 측면에서 매우 저렴하게 생산 될 수 있어야만 한다. 무엇보다도 센서 노드는 낮은 전력에서 지속적으로 동작하는 것이 중요하다. 이러한 하드웨어에서 운용 될 운영체제 역시 매우 제한된 계산 능력과 한정된 메모리 자원을 효율적으로 이용하면서 여러 개의 하드웨어 모듈을 통합적으로 관리하여 에너지 자원을 보존할 수 있는 능력을 요구한다.[1][2]

무선 센서 네트워크를 위한 요소 기술 중 하나로 네트워크 프로토콜 또한 요구된다. 하지만 센서 네트워크가 전통적인 무선 네트워크와는 다른 특성을 보이기 때문에 이러한 점을 파악하고 프로토콜 설계에 반영하는 것이 중요하다. 무엇보다도 무선 센서 네트워크에서 센서 노드가 가지는 한정적인 에너지 자원에 대한 효율적인 활용이다. 이는 무선 센서 네트워크에서 네트워크 분리 현상이나 고립, 단절 현상 등이 발생했을 경우 통신하는데 어려움을 겪기 때문이다.[3] 이러한 무선 센서 네트워크를 위해 기존 연구에서는 토폴로지 정보 취득, 복잡한 전달 경로 설정 알고리즘 수행에 필요한 에너지를 줄 일 수 있는 플러딩 기반의 네트워크 프로토콜을 제안했다. 혹은 간단한 절차를 통해 데이터를 퍼뜨릴 수 있는 프로토콜들을 제안하였다.

무선 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜은 크게 평면 라우팅 프로토콜과 계층적 라우팅 프로토콜로 나누어진다. 무

선 센서 네트워크에서 인접 노드 간에 중복 메시지 전달, 중복 센싱된 데이터 또한 그로인한 에너지 소비를 고려했을 때, 클러스터 기반의 계층적 라우팅은 보다 효율적인 라우팅 프로토콜이라 할 수 있다. 계층적 라우팅은 전체 네트워크를 부분 부분으로 나누어서 관리하기 때문에, 클러스터 단위로 에너지를 분배할 수 있고, 노드의 에너지 분산을 하는데 효율적이다.[4]

따라서 본 논문에서는 클러스터 헤드를 선정 후, 클러스터 헤드로부터 클러스터를 형성하면서 얻을 수 있는 데이터를 이용하여 클러스터 헤드로의 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안한다. 본 논문은 2장에서 전통적인 라우팅 기법인 플러딩과 센서 네트워크에서 확장성과 안정성을 목적으로 고안된 Direct Diffusion 그리고 클러스터 기반 프로토콜인 LEACH 대한 관련연구를 소개한다. 3장에서는 클러스터 헤드 선정 후 클러스터를 형성하는데 필요한 데이터를 사용하여, 클러스터 헤드로 향하는 방향성에 대해서 설명한다. 또한 이러한 방향성을 가지고 각 노드들이 클러스터 헤드로 데이터가 전달되는 과정을 기술 할 것이다.

2. 관련 연구

2.1 플러딩(Flooding)

플러딩은 무선 센서 네트워크에서 사용되어지는 고전적인 라우팅 기술이다. 플러딩은 패킷을 받는 노드가 종착 노드가 아니거나 혹은 패킷의 최대 홉 수에 도달하지 못 하였을 경우, 자신의 모든 이웃노드들에게 반복하여 패킷을 전달하는 기술이다. 플러딩은 간단한 위상 정보

를 바탕으로 하기 때문에, 복잡한 전달경로를 설정하기 위한 알고리즘을 사용하지 않아도 된다. 그러나 플러딩은 무선 센서 네트워크에서 사용하기 위해서는 3가지의 문제점을 가지고 있다.

- ① 중복 메시지 : 메시지를 보내는 노드(송신노드)는 자신의 센싱 범위에 있는 모든 노드들에게 메시지를 전달할 수 있다. 그러므로 송신노드로부터 메시지를 수신한 노드들(수신노드)은 같은 메시지를 이웃노드들에게 다시 송신한다. 결국, 같은 중복된 메시지를 이웃 노드 개수만큼 노드들은 수신하게 된다.
- ② 중복 센싱 : 일정한 지역을 감지하는 센서노드들은 두 센싱 범위가 겹칠 가능성이 있다. 이 때 플러딩은 자신의 정보를 이웃노드들에게 브로드캐스트를 하기 때문에, 중복된 영역에 대한 정보가 사용자에게 전달 될 수 있다.
- ③ 에너지 효율성 : 플러딩을 하는 노드들은 자신의 에너지 상태를 고려한 활동을 할 수 없다. 무선 센서 네트워크 환경에서 에너지 관리는 매우 중요한 부분으로 노드가 에너지 상태를 조절할 필요가 있지만, 플러딩은 이러한 조절을 할 수 없는 단점을 가진다.

2.2 Direct Diffusion[5]

Direct Diffusion은 싱크의 질의를 통해 데이터 중심적으로 라우팅 기법이다. 이는 특정 지역의 현상에 대한 감지 정보를 임의의 노드로 전송할 수 있는 확장성과 안정성을 목적으로 고안된 프로토콜이다. Direct Diffusion에서 질의는 속성과 값으로 이루어지는 Interest를 사용한다. Interest는 싱크에서 시작하여 센서 네트워크 전체로 퍼지고, 질의에 부합되는 데이터를 가진 노드들에 의해 Gradient가 생성된다. Gradient는 감지 정보가 전달 될 수 있는 방향성을 가진 벡터를 의미한다. 데이터는 다중 경로를 통해 싱크로 전달되어지는데, 전송 경로 중 품질이 좋은 경로가 Reinforcement 되어, 강화된 경로를 통해 데이터가 전송된다. 소스 노드가 데이터가 전달되는 Gradient 중 가장 낮은 빈도로 빠르게 데이터가 전달되는 Gradient를 선택해 요청 주기를 높이는 메시지를 보낸다. 이는 하나의 전달 경로를 설정하는 효과를 볼 수 있다.

2.3 LEACH[6]

LEACH는 클러스터링 기반 라우팅 기법으로, 클러스터 헤드가 클러스터 멤버로부터 노드들로부터 데이터를 수집하고, 데이터를 통합하여 직접 싱크로 전달하는 라우팅 기법이다. 이는 모든 센서 노드들의 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위해, 클러스터 헤드를 랜덤으로 선택한다. 각 라운드는 클러스터를 구성하는 setup 단계와 여러 개의 TDMA 프레임에 갖는 steady-state 단계로 이루어진다. LEACH는 클러스터 내부에서 TDMA를 사용하여 노드간 간섭을 피하고, 클러스터간의 간섭을 피하기 위해, 각 클러스터들이 서로 다른 확산 코드를 사용하는 방법을 채택한다.

3. 클러스터 기반 라우팅 프로토콜

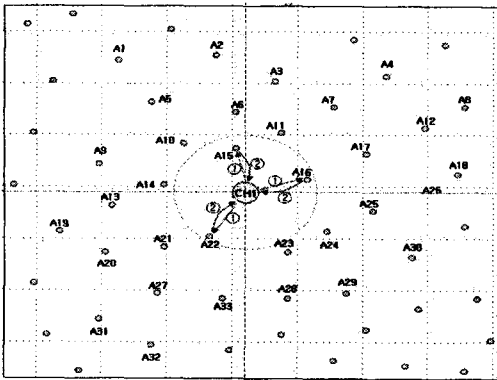
LEACH[6]는 클러스터 헤드를 랜덤으로 설정하여, 클러스터 헤드가 자신이 클러스터 헤드인 것을 전체 노드로 브로드캐스트 한다. 그래서 각각의 클러스터를 형성한다. 형성된 클러스터 내에서 클러스터 헤드의 통신은 플러딩 혹은 헤드의 직접적인 통신을 한다. 플러딩은 에너지 소모를 중요시하는 센서 네트워크에 적용하기에 중복 메시지, 중복 센싱, 에너지 효율성 측면에서 단점을 가지고 있고, 클러스터 헤드의 통신은 센싱 에너지 소비 값이 거리의 제곱에 비례하므로 비 효율적인 면을 갖는다. 따라서 본 논문은 클러스터 형성 과정에서 클러스터헤드 아이디(CH_{ID}), 송신 노드 아이디(SN_{ID}), 홉 카운트(Hop_{cnt}) 값을 이용하여 클러스터 기반 라우팅 프로토콜을 제안한다.

3.1 클러스터 헤드 기반 클러스터 형성

클러스터 헤드는 LEACH[6]에서와 같이 싱크 노드에 의해 랜덤으로 정해진다. 이때, 클러스터 헤드로 선정된 노드는 싱크로부터 클러스터 헤드 아이디(CH_{ID})를 부여 받는다. 선정된 클러스터 헤드는 자신이 클러스터 헤드라는 것을 ADV 메시지를 통해 주위 노드에게 알려 클러스터를 형성해야 한다. ADV 메시지를 수신한 노드는 자신의 노드 정보를 수정하여, ADV 메시지에 대한 응답으로 REP 메시지를 보냄으로써, 클러스터를 형성한다.[5]

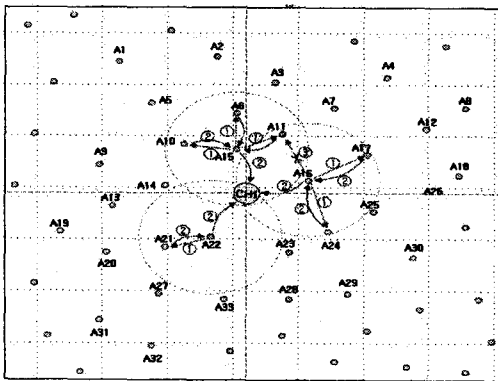
이때 ADV 메시지 데이터, 각 센서 노드 데이터, REP 메시지는 다음과 같다.

- ① ADV 메시지 데이터
 - 클러스터 헤드 아이디(CH_{ID}) : 클러스터 헤드로 선정된 노드의 고유 아이디. 다른 클러스터 헤드와 구별되는 데이터.
 - 송신자 노드 아이디(SN_{ID}) : ADV 메시지를 송신한 노드의 아이디. 메시지를 보낸 노드로 ADV 메시지를 응답하기 위한 데이터.
 - 홉 카운트(Hop_{cnt}) : 송신자 노드의 홉 카운트 값. 클러스터 헤드로의 방향성을 나타내기 위한 데이터.
- ② 각 센서 노드 데이터
 - 자신이 속한 클러스터 헤드 아이디(My_CH_{ID}) : 자신이 속한 클러스터 헤드 아이디.
 - 목적지 노드 아이디(DN_{ID}) : 정보를 보내야 될 노드 아이디.
 - 홉 카운트(Hop_{cnt}) : 자신의 홉카운트 값.
- ③ REP 메시지 데이터
 - 응답할 노드 아이디(RN_{ID}) : ADV 메시지 응답할 노드 아이디. 각 센서 노드 데이터의 DN_{ID} 와 같음.
 - 홉 카운트(Hop_{cnt}) : 자신의 홉카운트 값.



[그림 1] 클러스터 헤드 기반 클러스터 형성-1

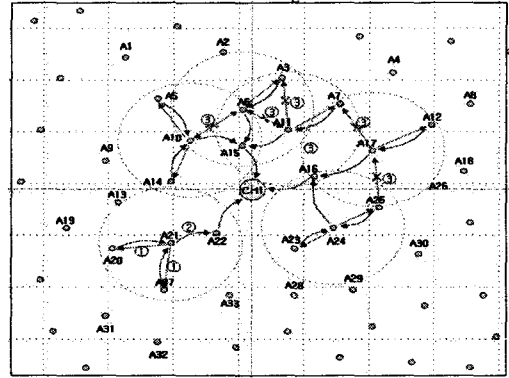
[그림 1]과 같이 클러스터 헤드 CH_1 는 자신과 한 홉 거리인 노드 A15, A16, A22에게 ①과 같이 ADV 메시지($CH_1, CH_1, 0$)를 보낸다. 메시지를 수신한 노드들은 ADV 메시지의 CH_{ID} 를 자신이 속한 클러스터 헤드 아이디인 CH_1 로, 송신자 노드를 자신의 DeN 인 CH_1 로, 그리고 자신의 Hop_{cnt} 값을 수신한 Hop_{cnt} 값 0에 1을 더해 1로 설정한다. ADV 메시지에 대한 응답으로 각각의 노드들은 ②와 같이 REP 메시지($CH_1, 1$)를 전달한다. REP 메시지의 응답노드인 클러스터 헤드 CH_1 이 이 메시지를 수신한다. 이러한 방법으로 센서 노드가 클러스터 헤드로의 방향성을 갖는다.



[그림 2] 클러스터 헤드 기반 클러스터 형성-2

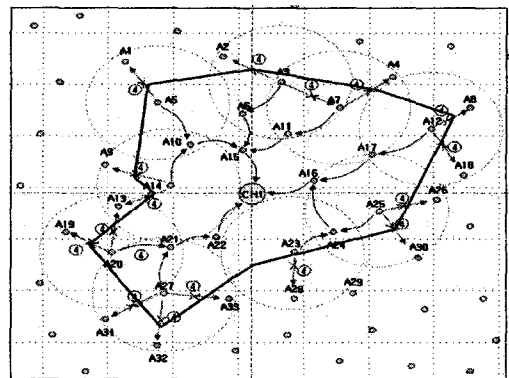
[그림 2]에서는 노드 A15, A16, A22가 ADV 메시지를 다시 이웃 노드로 전달하는 과정을 보여준다. A15는 이웃노드인 A10, A6, A11로 ADV 메시지를 재전송한다. 이때, [그림 2]의 ③과 같이 ADV 메시지는 ($CH_1, A15, 1$)의 값을 전달한다. 그리고 이 메시지를 수신한 A10, A6, A11는 [그림 1]에서 ADV 메시지를 수신한 A15, A16, A22와 같이 자신의 센서 노드 정보를 설정한다. 또한 ②와 같이 REP 메시지(A15, 2)를 A15로 전달한다. 이때, 수신한 A15는 홉 카운트(Hop_{cnt})값이 0인지

를 판단한다. 만약, 홉 카운트(Hop_{cnt})값이 0이 아니면, 이 노드는 중간노드로서의 역할을 한다는 것을 뜻하므로, 다시 한번 ②와 같이 REP 메시지($CH_1, 1$)를 송신한다. 마지막으로 클러스터 헤드는 이 값을 수신하여, 자신이 가지는 클러스터 내 노드를 알 수 있다.



[그림 3] 클러스터 헤드 기반 클러스터 형성-3

[그림 3]에서는 ADV 메시지를 전송하는 3번째 단계를 보여준다. 그림에서 ③은 센서 노드들간의 경향 혹은 이미 ADV 메시지를 받은 노드들 때문에 메시지 전송이 이루어지지 않음을 보여준다. A10의 경우 A5, A14로는 ADV 메시지가 전달될 수 있으나, A6의 경우는 A15가 전달할 ADV 메시지를 통해 A6와 같은 홉 카운트 값을 가진다. 그러므로 두 노드는 동일한 수준의 노드라 판별되므로, 서로간에 ADV 메시지 전달은 이루어지지 않는다. A6와 A11이 동시에 ADV 메시지를 전달한다 하더라도 먼저 도착한 쪽이 A3를 자신의 경로로 가져올 수 있다. 위 그림에서는 A6가 A11보다 가까우므로 먼저 A3를 선정한다.

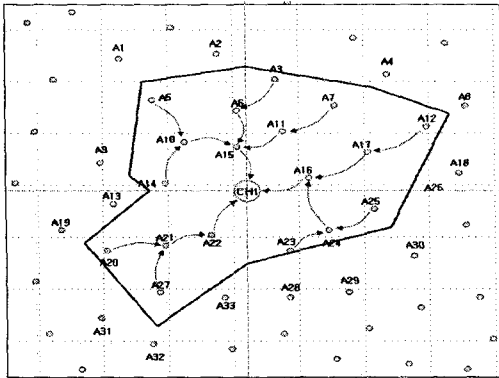


[그림 4] 클러스터 헤드 기반 클러스터 형성-4

ADV 메시지를 확장한 센서노드들은 다른 CH_{ID} 를 가지는 센서 노드와 만나게 된다. [그림 4]의 ④에서 A31, A32, A33은 A27이 보낸 ADV 메시지를 수신하지 않는

다. 이는 A31, A32, A33이 갖는 클러스터 헤드가 다르므로 이 메시지를 수신하지 않는 것이다. 이 부분이 클러스터와 클러스터 간의 경계를 이루게 되어, 위 그림과 같이 CH1의 클러스터를 형성한다.

3.2 클러스터 헤드로의 라우팅



[그림 5] 클러스터 헤드로의 경로

3.1에서 랜덤으로 선택된 클러스터 헤드를 바탕으로 클러스터를 형성하였다. 클러스터 헤드 CH1는 자신에게 속한 각각의 노드 데이터를 바탕으로 자신을 향하는 노드 경로를 가상으로 설정한다. CH1 노드가 비록 자신과 한 홉 차이인 노드만을 알지만, 각각의 노드도 이와 같은 수준의 정보만으로 서로 연결되어 있음을 알 수 있다. 그러므로 이벤트가 발생한 노드는 위에 가상으로 설정된 노드 경로를 따라 CH1로 데이터를 전달 할 수 있다.

4. 결론

논문에서는 초기 랜덤하게 뿌려진 센서 노드들 중에서 랜덤하게 클러스터 헤드를 선출하고, 그 선출된 클러스터 헤드를 기준으로 클러스터를 형성한다. 그리고 형성된 클러스터 내에서 클러스터 헤드를 향한 방향성을 가진 데이터를 바탕으로 에너지 효율적인 라우팅 기법에 대해서 알아보았다. 이는 클러스터 헤드가 자신의 클러스터 내에 있는 모든 센서 노드를 관리하기 보다는 각각의 센서 노드가 가진 데이터를 이용하여 클러스터 헤드 자신에게 데이터를 전달하기 위한 경로를 설정한다는 데 이점을 가지고 있다. 이러한 방법은 클러스터 헤드에 대한 에너지 소비를 줄일 수 있고, 지정된 경로를 따라 데이터가 전달되기 때문에, 최단거리의 전송이 가능하다. 이는 시간에 민감한 데이터에 대해서 장점을 가진다. 하지만 지정된 경로만을 이용하기 때문에 한 경로가 사용이 가능하지 않을 경우, 이를 위한 대체 경로를 찾는 방법도 논의 되어야 할 것이다. 또한 기존의 라우팅 기법에서 제시한 에너지 효율적인 면을 성능평가를 통해서 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

[1] 서유화, 성수련, 전진영, 신용태, "센서네트워크 환경에서 라우팅 프로토콜에 관한 연구," 추계학술발표논문집 3권, 한국정보과학회, 2004 10.
 [2] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh SanKarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, vol.40, No.8, pp.102-114, August 2002
 [3] Sohrabi K., Gao J.m Ailawadhi V., Pottie G.J., "Protocols for self-organization of a wireless sensor network," Personal Communications IEEE, Vol. 7 Issue 5 pp. 16-27, October 2000.
 [4] 배정숙, 김성희, "무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜" ITFIND Mailzine, 132호
 [5] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, John Heidemann and Fabio Silva, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Network", IEEE/ACM Transactions On Networking, Vol. 11, No. 1, FEBRUARY 2003
 [6] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocols for wireless microsensor networks," in Proceedings of the Hawaii International Conference on Systems Sciences, Jan. 2000.