

메세지 수신 성공률을 이용한 클러스터 기반 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜[†]

장유진[○] 장재우^{*}

전북대학교 컴퓨터공학과, 영상정보신기술연구소^{*}

yjjang@dblab.chonbuk.ac.kr, jwchang@chonbuk.ac.kr

Cluster-based Energy-Efficient Routing Protocol using Message Success Rate

Youjin Jang[○] Jaewoo Chang^{*}

Department of Computer engineering, Chonbuk National University,

Center for Advanced Image and Information Technology^{*}

1. 메세지 수신 성공률을 이용한 클러스터 기반 에너지 효율적인 라우팅 기법

무선 센서 네트워크에서 사용되는 센서 노드는 한정된 에너지 자원을 지니고 있기 때문에, 효율적인 라우팅 기법을 통해 통신 에너지를 감소시키는 것이 중요하다[1]. 이를 위해 다양한 클러스터 기반 라우팅 프로토콜이 제안되었다[2]. 그러나 기존 클러스터 기반 기법은 임의의 헤더 선출로 인하여 일부 클러스터에 노드가 편중되는 문제점이 발생하고, 실제 응용 환경에서의 통신 범위를 고려하지 않기 때문에 라우팅 경로의 신뢰도가 저하된다. 또한, 헤더 선정을 위해 싱크 노드로 모든 센서 노드 정보를 전송하기 때문에 데이터 전송 오버헤드가 증가한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 메세지 수신 성공률을 이용한 클러스터 기반 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 기법은 첫째, 클러스터 노드 편중도 해결을 위해, 노드의 밀집도 및 연결성을 이용하여 클러스터 헤더를 선정하고, 노드 편중이 발생한 클러스터에 대해 분할 및 병합을 수행하여 편중도를 해결한다. 둘째, 라우팅 경로의 신뢰도 향상을 위하여, 실제 환경에 적용 가능한 메세지 수신 성공률을 기반으로 데이터 전송 경로를 설정한다. 마지막으로 데이터 전송 오버헤드의 감소를 위해 모든 센서 노드는 이웃 노드 정보만을 이용하여 헤더 선정 및 클러스터 구성 작업을 수행한다. 메세지 수신 성공률을 이용한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 알고리즘은 크게 네트워크 정보 생성 단계, 클러스터 헤더 선정 단계, 클러스터 구성 단계, 클러스터 관리의 4단계로 구성되며 다음과 같다.

수행단계 1. 네트워크 정보 생성

각 센서 노드는 이웃 노드 중에서 메세지 수신 성공률이 높고 싱크 노드 방향에 존재하는 노드를 부모 노드로 선택하여 싱크 노드로 연결되는 초기 경로를 구성한다. 초기 경로와 인접한 이웃 노드 간의 통신을 통하여 네트워크 정보를 생성한다. 이 때, 각 노드는 이웃 노드들의 메세지 수신 성공률, 싱크 노드까지의 홉 수, 자신의 부모 노드 및 자식 노드 아이디를 저장한다.

수행단계 2. 클러스터 헤더 선정 단계

LEACH의 실험[3]에 따라, 최적의 클러스터 헤더 수를 5%, 클러스터 멤버 수를 전체 노드의 20%를 목표로 한다. 클러스터 헤더 선정을 위한 고려사항은 노드의 밀집도가 높아야 하고 메세지 수신 성공률이 높아 연결 신뢰성이 좋아야 한다. 아울러, 최하위나 최상층에 헤더가 편중되지 않고, 네트워크의 중심에 위치하기 위해 홉 수를 고려해야 한다. 클러스터 헤더 선정을 위한 가중치는 식 (1)과 같다. α , β , γ 는 클러스터 헤더 선정을 위한 임계값으로, α , β , γ 의 합은 1이다. $initialNeighborCount$ 는 이웃 노드 수, $NeighborMsgSuccRate$ 는 이웃 노드의 메세지 수신 성공률, $HopCount$ 는 싱크 노드로부터의 홉 수이다.

$$Weight = \alpha * InitialNeighborCount + \beta * \sum (NeighborMsgSuccRate) + \gamma * HopCount \dots\dots(1)$$

수행단계 3. 클러스터 구성

클러스터 구성 알고리즘은 크게 초기 클러스터 구성, 노드 편중 클러스터 분할, 그리고 클러스터 병합의 세 단계로 구성된다. 첫째, 초기 클러스터 구성에서는 자식 노드가 존재하지 않는 라우팅 경로의 최하위 단에서부터 탐색을 시작하여 클러스터 제한 멤버수를 만족할 때까지 상위 노드로 확장하여 클러스터를 구성한다. 발생하는 잔여 노드들은 헤더와의 홉 수 차이 및 클러스터 멤버 수를 고려하여 클러스터를 선택한다. 둘째, 노드 편중 클러스터 분할 단계에서 클러스터 내의 멤버 수가 임계값 δ 이상일 경우, 클러스터를 분할하고, 클러스터 헤더와의 홉 차이 및 라우팅 경로 유사도를 이용하여 새로운 클러스터 헤더를 선정한다. 식 (2)는 클러스터 분할 시, 새로운 클러스터 헤더 선정을 위한 가중치를 나타낸다. α_1 , β_1 , γ_1 는 새로운 클러스터 헤더 선정을 위한 임계값이고, $HopDiff$ 는 기존

[†] 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

헤더 노드와의 홉 수 차이를 나타낸다.

$$Weight = \alpha_1 * InitialNeighborCount + \beta_1 * \sum (NeighborMsgSuccRate) + \gamma_1 * HopDiff \dots\dots(2)$$

마지막으로, 클러스터 병합 단계에서는 클러스터 멤버 수가 ϵ 이하일 경우, 클러스터를 인접한 클러스터에 병합한다. 이때 각 클러스터 헤더들 사이의 홉 차이 및 라우팅 경로 유사도를 이용하여 병합 후보 집합을 선정하고 멤버 노드 수를 비교하여 최적의 클러스터와 병합을 수행한다. 식 (3)은 클러스터 병합 시, 병합 후보 클러스터 선정 가중치를 나타낸다. α_1 , β_1 는 병합 후 클러스터 헤더 선정을 위한 임계값이고, α_1 , β_1 의 합은 1이다. HopDiffbetweenCH는 클러스터 헤더 간의 홉 수 차이이고, Similarity_{path}는 라우팅 경로 유사도를 나타낸다.

$$Weight = \alpha_2 * HopDiff_{betweenCH} + \beta_2 * Similarity_{path} \dots\dots(3)$$

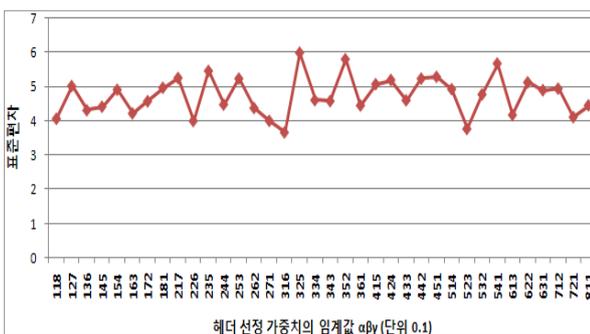
수행단계 4. 클러스터 관리

클러스터 헤더를 주기적으로 교체하고, 에너지 소모가 적은 센서 노드를 클러스터 헤더로 선정함으로써 에너지 효율성을 높인다. 또한, 일정 비율 이상의 헤더 노드 에너지 잔여량이 임계값 이하일 경우 전체 클러스터를 재구성함으로써 장애 발생 시 복구를 지원한다. 마지막으로 클러스터 재구성시, 최적의 클러스터 멤버수를 만족하지 못하는 클러스터에 대한 분할 및 병합을 수행하여 재분배를 수행한다

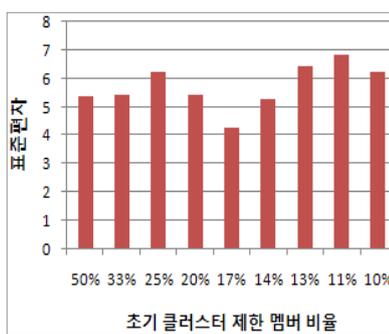
2. 성능평가 및 고찰

제안하는 기법의 성능평가는 Intel Core2 Quad CPU E4500 2.20GHz와 Ram 2GB, Window XP professional 상에서 수행하였다. 정방형의 네트워크 필드 100*100m에서, 센서 노드의 통신 범위는 대표적인 센서 노드인 MicaZ[4]의 실내 평균 통신 거리인 25m로 수행하였고, 총 노드 수 100개에 대해 실험하였다. <그림 1>은 헤더 선정 가중치 임계값에 대한 클러스터 멤버 수의 표준편차이다. 가중치 임계값은 식(1)의 α , β , γ 로 세 개의 임계값에 대한 조합은 전체 36개이다. x축의 세자리 수는 각각 α , β , γ 값을 의미한다. 표준편차가 작을수록 클러스터가 균일하게 분포됨을 의미하며 단위는 0.1이다. 실험 결과 가장 작은 표준편차는 3.6으로 클러스터 헤더 선정 시에 최적의 임계값은 α 는 0.3, β 는 0.1, γ 는 0.6로 각각 설정한다. <그림 2>는 초기 클러스터 제한 멤버 비율에 따른 클러스터 멤버의 표준편차이다. 초기 클러스터를 위한 제한 멤버 비율은 전체노드수/클러스터헤더비율이고, 클러스터 헤더 비율은 2%에서 10%까지 증가시키며 측정하였다. 클러스터 멤버 비율이 17%일 경우, 표준편차가 4.2로 가장 우수한 성능을 나타낸다. <그림 3>은 LEACH와 클러스터 멤버 수의 표준편차를 비교한 것이다. 제안한 기법의 경우 표준편차가 5.7로 나타나는 반면, LEACH의 경우 표준편차가 10.2이다. 그 이유는 LEACH의 경우 임의로 헤더를 선정하여 일부 헤더에 센서 노드가 편중되기 때문이다 그러므로 제안하는 기법의 클러스터가 LEACH에 비해 약 2배의 균일한 분포의 효율성을 보인다.

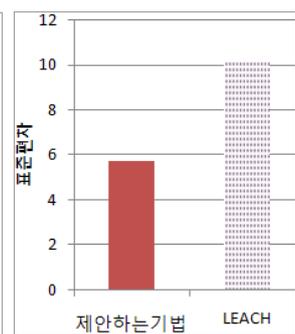
성능평가를 통해, 클러스터 헤더 선정에 사용되는 최적의 가중치의 임계값과 초기 클러스터 구성 시의 최적의 클러스터 멤버 비율을 도출하였다. 아울러 LEACH와의 성능평가를 통해 제안하는 기법의 클러스터가 보다 균일한 분포를 지니고 있음을 보였다.



<그림 1>헤더 선정 가중치 임계값에 대한 클러스터 멤버 수의 표준편차



<그림 2>초기 클러스터 제한 멤버 비율에 따른 클러스터의 표준편차



<그림 3>클러스터 멤버 수의 표준편차

참고 문헌

[1] K. Akkaya and M. Younis, "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks," Ad Hoc Networks, Vol.3 No.5, pp.352-349, 2005.
 [2] A. A. Abbasi, M. Younis, "A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks," Computer Communication, Vol.30 No.14-15, pp.2826-2841, 2007.
 [3] A. Woo, D. E. Culler, "A transmission control scheme for media access in sensor networks," in Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, ACM, pp.221-235, 2001.
 [4] http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICAZ_Datasheet.pdf