

비균일하게 분포된 무선 센서 네트워크에서 클러스터링 기법에 따른 동작수명 평가

송지혜, 빈경민, 김수민, 김준수*
한국공학대학교

E-mail : {wisdom9289, been1996, suminkim, *junsukim}@tukorea.ac.kr

Evaluation of the Lifetime According to Clustering Techniques in Non-uniformly Distributed Wireless Sensor Network

Jihye Song, Gyoungmin Been, Su Min Kim, Junsu Kim*
Tech University of Korea

요약

다중 홉 무선 센서 네트워크의 각 센서 노드는 협력 중계 전송에 참여한다. 기존 센서 네트워크에는 빈번한 협력 중계로 인한 에너지 홀 문제로 인해 싱크 인근의 노드에서 네트워크의 수명이 단축된다. 이 문제를 해결하기 위해 ring-based routing(RBR) 알고리즘과 에너지 하베스팅 기술을 융합한 ring-based routing simultaneous wireless information and power transfer(RBR-SWIPT) 기법이 제안된 바 있다[1]. 본 연구에서는 K-means 클러스터링 기법을 이용하여 하나의 환경 내에 싱크 노드 개수에 따른 네트워크의 수명의 변화를 관찰하고자 한다. 이 경우, 싱크 노드의 개수가 늘어나면 날수록 네트워크의 수명이 연장되나, 일정 개수 이상의 싱크 노드를 둘 경우, 수명은 더이상 증가하지 않는다.

I. 서론

무선 센서 네트워크는 분산된 센서 노드에 수집한 데이터를 전달하여 에너지의 효율을 높인다. 센서 네트워크에서는 하나의 싱크 노드가 전달된 데이터들을 수집하며, 다중 홉 환경에서 이러한 다대일 무선 네트워크는 싱크 인근에서 에너지 홀 문제가 발생하게 된다. 이는 싱크 인근의 노드들이 협력 중계에 빈번히 참여하기에 발생하는 문제로 타 노드보다 더 많은 에너지를 소비하여 노드의 수명이 빠르게 줄어든다. 센서 노드는 배터리로 동작하며 각각의 메시지 전송마다 에너지가 소모되기 때문에 에너지 절약 라우팅 알고리즘을 통한 네트워크의 수명 연장이 필요하다.

네트워크의 수명을 늘리기 위한 기존의 에너지 절약 라우팅 알고리즘은 네트워크 영역을 두 개의 링으로 나누고 데이터 전송 경로를 서로 다르게 적용하여 네트워크의 수명을 연장했다[2]. 협력 중계의 참여가 적은 외각 노드들의 잔여 에너지는 에너지 하베스팅 중 하나인 simultaneous wireless information and power transfer(SWIPT)를 이용하여 네트워크의 수명이 연장됨을 확인했다[3]. 또한, 네트워크 영역에 따라 SWIPT 에너지 전송 확률을 조절하여 네트워크의 수명을 연장할 수 있음을 확인했다[1]. 네트워크의 센서 노드의 배치에 따라 노드의 수명에 영향을 끼칠 수 있음을 [4]에서 확인했고, 이때 싱크 노드의 위치를 변화시켜 수명을 연장할 수 있다. [5]에서 2점 밀집 배치 환경에서 두 개의 클러스터로 존재할 경우, 밀집된 구역 사이의 지점을 싱크 노드로 삼으면 이 또한 수명이 연장됨을 확인하였다. 더 나아가 이 논문에서는 센서 노드가 다지점 밀집 배치된 상황에서 나뉜 구역의 개수에 따라 싱크 노드의 개수를 달리하여 네트워크의 수명 변화를 관찰하고자 한다.

II. 시스템 모델

무선 센서 네트워크에서 센서 노드들은 각각 측정된 센싱 데이터를 네트워크 중앙의 싱크 노드로 전송한다. 각각의 노드들은 배터리의 전력으로 데이터 센싱과 전송을 수행한다. 한 개의 센서 노드의 데이터 전송 거리는 매우 제한적이기 때문에 싱크 노드 주변의 센서 노드들을 제외한 나머지 노드들은 싱크 노드까지 위치한 다른 노드들의 협력 중계 전송을 통해 데이터를 전송한다. 또한 모든 센서 노드들은 싱크 노드와 가까운 순서로 한 차례씩 자신의 데이터를 전송하는 Round Robin 방식을 사용하며, 이러한 과정에서 싱크 노드 인근의 센서 노드는 다른 노드에 비해 더 자주 협력 중계에 참여한다. 이로 인해 해당 노드에서 더 많은 전력 소비가 발생하여 에너지 홀 문제가 발생한다.

에너지 홀 문제를 해결하고 네트워크 수명을 연장하기 위해 등장한 ring-based routing(RBR)은 네트워크 영역을 싱크 노드를 중심으로 두 개의 링으로 나눈다. 그림 1의 (a)와 같이 외부 링과 내부 링으로 나누는데, 외부 링은 경로 손실을 줄이기 위해 최소 홉 전송을 수행하고, 내부 링의 센서 노드는 데이터 전송 시 에너지 소비를 줄이기 위해 최다 홉 전송을 한다[2].

또한 외부 링의 잉여 에너지를 활용하여 네트워크의 수명을 연장하기 위해 도입된 ring-based routing simultaneous wireless information and power transfer(RBR-SWIPT) 기법은 에너지 하베스팅 기법인 SWIPT를 네트워크에 통합하고 남은 에너지를 활용한다[1]. 그림 1의 (b)에서 볼 수 있듯이 에너지가 남은 외부 링은 에너지에 확률을 부여해 일정 확률마다 에너지를 전송하고, 에너지가 부족한 내부 링에서는 매 전송마다 데이

터와 함께 SWIPT 에너지를 전송하여 배터리를 충전한다. 내부 링과 외부 링의 구분은 기존 연구 결과인 [3]에서 가장 성능이 우수한 전체 네트워크 반지름 크기 R의 0.4 만큼의 위치로 삼는다.

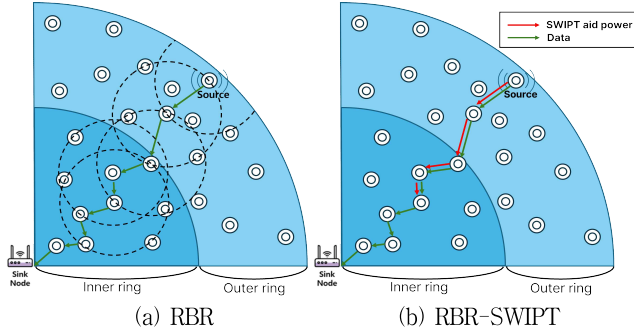


그림 1. Ring based routing(RBR) 기법[1].

시뮬레이션에서의 네트워크 규격은 60m×60m로 설정한다. 100개의 센서 노드를 분포하며, 센서 노드의 최대 전송 거리는 10m로 설정한다. 네트워크의 각 노드는 0.05J의 에너지를 가지고 시뮬레이션을 시작한다. 시뮬레이션은 각각 30번씩 진행하며, 각각의 횟수마다 센서 노드는 재배치된다. 시뮬레이션에 사용한 전송 대역폭은 0.1MHz이며 각각의 타임 슬롯은 100ms로 설정한다. 네트워크의 수명은 100개의 센서 노드 중 하나의 수명이 다하는 시점인 First Death Lifetime(FDL)을 기준으로 한다.

III. 다지점 밀집 배치에서 싱크 노드의 배치에 따른 성능 비교

센서 노드는 다지점 밀집 배치를 진행한다. 아래의 그림 2는 5지점 밀집 배치를 고려하여 비균일하게 100개의 센서 노드를 배치한 형태이다. 각각의 점은 센서 노드를 나타내며, 빨간 네모는 싱크 노드의 위치를 나타낸다. 싱크 노드는 두 가지의 경우로 나뉘어 두는데, 첫 번째는 그림 2의 (a)에서처럼 하나의 싱크 노드를 [5]에서의 싱크 노드 탐색 방식을 사용하여 하나의 싱크 노드를 배치한다. 싱크 노드는 100개의 센서 노드가 수집한 데이터를 RBR-SWIPT를 통하여 모두 수집한다. 두 번째는 K-means 클러스터링을 사용하여 2~7개의 구역을 만들고, 각각의 구역마다 하나의 싱크 노드를 각각 둔다. 이에 대한 예시로, 그림 2의 (b)는 5개의 구역으로 나누고 5개의 싱크 노드를 둔다. 해당 싱크 노드는 정해진 구역에서의 데이터만을 RBR-SWIPT를 통해 전송받는다. 이 연구에서는 동일한 센서 노드 배치 상황에서 싱크 노드의 개수에 따라 변화하는 네트워크의 수명을 관찰한다.

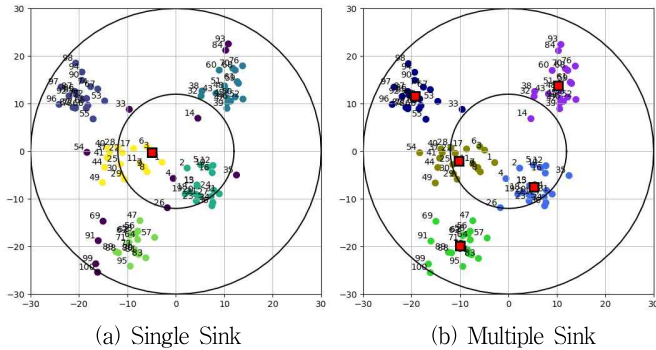


그림 2. 네트워크 모델.

그림 2를 바탕으로 각각의 싱크 노드의 개수에 따른 네트워크의 수명의 평균을 나타낸 그래프는 아래 그림 3에 있다. 다지점 밀집 배치 상황에서 단 하나의 싱크 노드를 가지고 있는 경우는 여러 개의 싱크 노드를 두고 있는 상황보다 수명이 짧음을 확인할 수 있다. 싱크 노드의 개수를 늘릴 때마다 네트워크의 수명이 연장된다. 또한, 5점 밀집 배치 상황에서 싱크 노드가 5개 이상인 경우, 싱크 노드를 늘린다고 해서 네트워크 수명이 더

증가하지 않음을 확인할 수 있다. 싱크 노드가 여럿 존재할 때, 각각의 싱크 노드의 데이터를 한데 모아야 하는 점을 고려할 때, 이 경우에는 5개의 싱크 노드를 둘 때가 가장 효율적임을 확인할 수 있다. 또한 [5]의 방식으로의 네트워크의 수명은 그림 3의 주황색의 그래프에서 나타나는데 이보다 같은 개수의 싱크 노드의 개수를 둔 K-means에서 수명이 더 좋아짐을 확인할 수 있다.

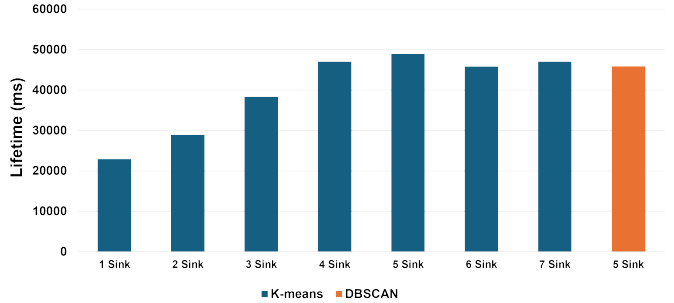


그림 3. 5점 밀집 배치에서 싱크 노드 개수에 따른 네트워크 수명.

IV. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 다지점 노드 밀집 배치 상황에서 싱크 노드의 개수에 따라 네트워크 수명의 변화에 대해서 관찰했다. 다지점 밀집 배치 상황에서는 하나의 싱크 노드만을 두고 데이터를 수집하는 것보다 싱크 노드의 개수가 늘수록 네트워크의 수명이 증가했다. 그렇지만 밀집 배치된 개수 이상의 싱크 노드를 둔 경우에는 수명의 차이가 크게 나지 않음을 확인할 수 있었다. 각각의 싱크 노드에서 데이터를 수집한 이후에 수집한 데이터를 한곳으로 모으는 과정은 고려하지 않았기 때문에 이 점을 고려한 연구는 추후에 진행하려 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 학·석사연계 ICT핵심인재양성사업과 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2024-RS-2022-00156326, 2021R1A2C1013150)

참고 문헌

- [1] G. Been, S. M. Kim and J. Kim, "Probabilistic SWIPT-Based Cooperation Relay for Lifetime Extension of Wireless Sensor Network," in Proc. KICS Summer Conf., Jun. 2023.
- [2] G. Been, S. M. Kim and J. Kim, "Data Routing Protocol for Lifetime Extension of Wireless Sensor Network," in Proc. KICS Winter Conf., Feb. 2023.
- [3] G. Been, S. M. Kim and J. Kim, "SWIPT-Based Routing Protocol for Lifetime Extension of Wireless Sensor Networks," in Proc. IEEE ICUFN Conf., Jul. 2023.
- [4] J. Song, G. Been, S. M. Kim and J. Kim, "Analysis of Wireless Sensor Network Lifetime Extension Performance by Sink Node Location," in Proc. KICS Winter Conf., Feb. 2024.
- [5] J. Song, G. Been, S. M. Kim and J. Kim, "Machine Learning based Sink Node Positioning for Lifetime Extension of Multihop Wireless Sensor Network," in Proc. IEEE ICUFN Conf., Jul. 2024.