

싱크 노드 위치에 따른 무선 네트워크 생존성 성능 분석

송지혜, 빈경민, 김수민, 김준수*
한국공학대학교

wisdom9289@tukorea.ac.kr, been1996@tukorea.ac.kr, suminkim@tukorea.ac.kr, *junsukim@tukorea.ac.kr

Impact of Sink Node Location on Lifetime of Wireless Sensor Network

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

요약

다중 홉 무선 센서 네트워크의 수명은 네트워크의 센서 노드들 중 가장 첫 번째의 노드의 수명이 다하는 시점에 의해 결정된다. 각각의 센서 노드들은 데이터 중계에 참여하며 싱크 노드 인근의 노드들은 잦은 데이터 중계로 인한 에너지의 고갈로 에너지 홀(energy hole) 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 네트워크 영역을 링으로 나눠 전송 방식을 달리하여 네트워크 수명을 연장하는 중계 경로 알고리즘과 SWIPT(simultaneous wireless information and power transfer)를 이용한 에너지 하베스팅 방식이 제안된 바 있다. 그러나 기존의 연구는 센서 노드 분포에 따라 네트워크의 수명이 큰 폭으로 변화할 수 있는 부분을 고려하지 않았다. 본 논문에서는 센서 노드의 분포에 따른 네트워크 수명을 비교하고, 이를 해결하기 위해 최적의 싱크 위치 탐색의 필요성을 제안한다.

I. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)는 분산된 각각의 센서 노드에서 수집한 데이터를 전달하는 역할을 수행하여 에너지의 효율을 높여 준다. 센서 네트워크에서는 하나의 싱크 노드가 전달된 데이터들을 수집하며, 다중 홉 환경에서 이러한 다대일 무선 네트워크는 싱크 인근에 에너지 홀 문제가 발생하게 된다. 이는 싱크 인근의 노드들이 협력 중계에 빈번히 참여하기 때문에 발생하는 문제로 타 노드에 비해 더 많은 에너지를 소비하여 노드의 수명이 빠르게 줄어든다. 센서 노드들은 배터리로 동작하기 때문에 네트워크 수명이 제한적이며, 이러한 네트워크의 중요한 고려 사항은 노드의 에너지 절약이다. 각각의 메시지 전송마다 에너지가 소모되기 때문에 에너지 절약 라우팅 알고리즘을 통해 네트워크의 수명을 늘려야 한다. 네트워크의 수명을 늘리기 위한 기존의 에너지 절약 라우팅 알고리즘은 네트워크 영역을 두 개의 링으로 나누고 데이터 전송 경로를 서로 다르게 적용하여 자주 사용되는 노드의 path loss의 영향을 줄여 네트워크의 수명을 연장했다[1]. 협력 중계의 참여가 적은 외곽 노드들의 잔여 에너지는 에너지 하베스팅 방법인 SWIPT(simultaneous wireless information and power transfer)의 PS(power splitting)을 이용하여 네트워크의 수명이 연장됨을 확인했다[2],[3]. 또한, 네트워크 영역에 따라 SWIPT 에너지 전송 확률을 조절하여 네트워크의 수명을 연장시킬 수 있음을 확인했다[4]. 이 외에도 네트워크의 센서 노드의 배치에 따라 노드들의 수명에 영향을 끼치는 경우가 발생한다. 시뮬레이션을 통해 성능을 비교하고, 네트워크의 수명을 연장시킬 방법을 모색한다.

II. 싱크 노드의 위치에 따른 성능 분석

본 논문은 한 개의 싱크 노드와 다수 개의 센서 노드로 이루어진 다대일 무선 센서 네트워크를 고려한다. 센서 노드들은 각각 측정된 센싱 데이터

를 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 싱크와 가까운 순서로 한 차례씩 자신의 데이터를 전송하는 round robin 방식을 사용하며, 또한 SWIPT는 잔여 에너지가 높은 노드에서 사용된다. 에너지 홀이 만들어지는 노드에 데이터를 전송할 때 SWIPT 에너지를 같이 전송한다.

싱크 노드를 중심으로 세 부분으로 나누고, 첫 번째 링을 기준으로 데이터 전송 경로를 서로 다르게 적용한다. 또한 두 번째 링은 전송하는 SWIPT 에너지에 확률을 부여해 일정 확률마다 에너지를 전송하고, 세 번째 링에서는 매 전송마다 데이터와 함께 SWIPT 에너지를 전송한다. 첫 번째 링의 크기는 기존 연구 결과인 [3]에서 가장 성능이 우수한 전체 네트워크 반지름 크기 R의 0.4 만큼의 크기를 가지고, 나머지 링의 크기는 남은 길이인 R의 0.6만큼의 크기를 반으로 나눈다. 또한 path loss 모델과 SWIPT에 사용되는 에너지인 추가 전송전력도 기존의 연구 결과를 기반으로 한다.

시뮬레이션에서의 네트워크 규격은 60m×60m로 설정한다. 싱크 노드는 네트워크 정중앙에 위치한다. 100개의 센서 노드를 분포하며, 센서 노드의 최대 전송 거리는 10m로 설정한다. 네트워크의 각 노드는 0.05J의 에너지를 가지고 시뮬레이션을 시작하며, 노드의 번호는 싱크 노드와 가까운 순서부터 부여한다. 시뮬레이션은 각각 30번씩 진행하며, 각각의 홉 수마다 싱크를 제외한 노드는 무작위로 재배치된다. 시뮬레이션에 사용한 전송 대역폭은 0.1MHz이며 각각의 타임 슬롯은 100ms로 설정한다. 네트워크의 지속시간은 FDL(First Death Lifetime)을 기준으로 삼는다. 네트워크의 수명은 네트워크의 수명이 다할 때까지 전송된 패킷의 개수로 결정하며, 이를 lifetime throughput이라고 한다.

노드 분포에 따른 성능 평가를 위해 100개의 센서 노드의 배치를 달리 한다. 총 네 가지의 Case로 분류했으며, Case 1은 기존 연구에서 사용하였던 Uniform으로 배치하는 그림 1의 (a)와 같다. Case 2는 싱크 노드 주위에 센서 노드가 몰려 있는 Gaussian 분포의 상황을 가정하였으며, 분산은 9와 25, 두 가지로 나누었다. 그림 1의 (b)는 분산이 9일 때의 상황이다. 그림 2의 (a)는 이 둘의 네트워크 수명을 나타낸 것으로 센서 노드가 싱크 노드에 가까울수록 네트워크 수명이 더 길어짐을 확인할 수 있다.

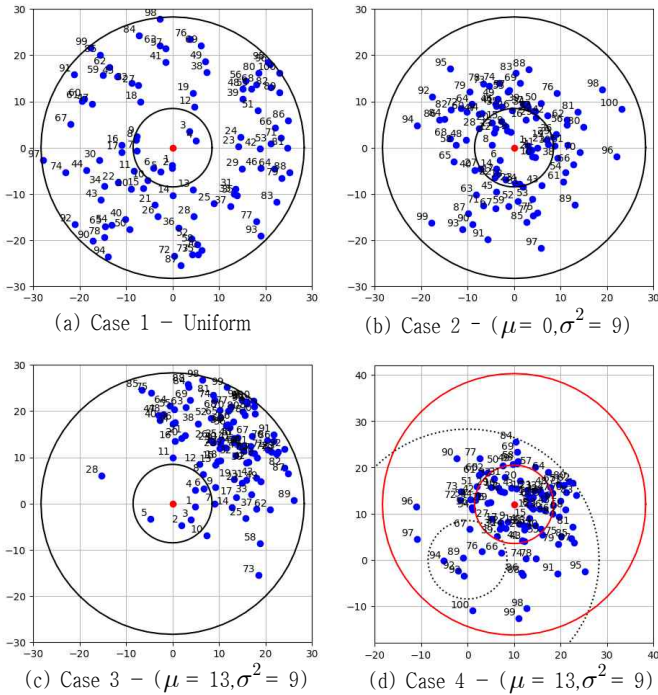


그림 1. 네트워크 모델

이어서 Case 3에서는 네트워크 규격 내의 임의의 한 지점을 중심으로 한 Gaussian 분포를 나타낸 것으로 그림 1의 (c)와 같다. 그림 1의 (d)의 Case 4는 Case 3의 각 센서 노드의 위치 좌표의 histogram을 통해 x, y 각각의 최빈값으로 싱크 노드의 위치를 최적화한 노드 분포이다. 이동한 싱크 노드의 위치에 맞춘 링으로 Case 3의 노드 분포의 평균 수명을 구한다. 이 둘의 네트워크의 수명은 그림 2의 (b)로 나타난다. 싱크 노드의 위치만 이동해도 네트워크 수명이 3배 이상 증가함을 확인할 수 있다.

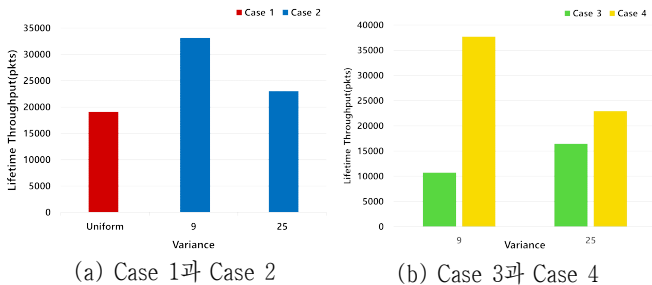


그림 2. 노드 분포에 따른 네트워크 평균 수명

III. 결론

본 논문에서는 노드 배치에 따른 네트워크의 수명을 확인하였다. 센서 노드들이 싱크 노드와 가깝게 많이 배치될수록 네트워크의 수명이 연장됨을 확인할 수 있다. 네트워크 수명이 좋지 않은 상황이더라도 노드 분포를 확인할 수 있으면, 싱크 노드의 위치를 이동하여, 네트워크의 수명을 연장

시킬 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 싱크 노드의 위치를 최적화하기 위한 알고리즘의 필요성을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 ICT혁신인재 4.0 사업과 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2024-RS-2022-00156326, 2021R1A2C1013150)

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] I. Krikidis, S. Timotheou, S. Nikolaou, G. Zheng, D. W. K. Ng and R. Schober, "Simultaneous wireless information and power transfer in modern communication systems," IEEE Communications Magazine, vol. 52, no. 11, pp. 104–110, Nov. 2014.
- [3] G. Been, S. M. Kim and J. Kim, "SWIPT-Based Routing Protocol for Lifetime Extension of Wireless Sensor Networks,"in Proc. IEEE ICUFN, Jul. 2023.
- [4] 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.