

---

# 무선 네트워크에서 최소전력 브로드캐스트를 위한 탐욕 알고리즘

이동호 · 장길웅

한국해양대학교

## A Greedy Algorithm for Minimum Power Broadcast in Wireless Networks

Dong-ho Lee · Kil-woong Jang

Korea Maritime and Ocean University

E-mail : fullrock@naver.com · jangkw@hhu.ac.kr

### 요 약

유선 네트워크와 달리 무선 네트워크 환경에서의 브로드캐스팅은 단일 전송으로 다수의 노드들에게 데이터를 한 번에 송신할 수 있다. 즉, 무선 네트워크에서 특정 노드의 전방향적 브로드캐스팅은 인접한 모든 노드들에게 동시에 도달한다. 본 논문에서는 무선 네트워크에서 브로드캐스팅 시 전체 송신 전력을 최소화하는 최소 전력 브로드캐스팅 문제를 해결하기 위한 탐욕 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 각 노드간의 거리로 구성된 거리 행렬과 인접 노드의 수를 갖는 인접 행렬을 이용한다. 데이터를 수신한 노드 중 인접 노드를 가장 많이 가지고 있는 노드가 우선적으로 데이터를 전송한다. 제안된 알고리즘의 성능평가는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 네트워크상의 모든 노드로 브로드캐스팅 시 소요되는 송신 전력 관점에서 랜덤 방식과 비교하며, 실험 결과에서 제안된 알고리즘은 랜덤 방식보다 성능이 우수함을 보인다.

### ABSTRACT

Unlike wired networks, broadcasting in wireless networks can transmit data at once to several nodes with a single transmission. For omnidirectional broadcast to a node in wireless networks, all adjacent nodes receive the data at the same time. In this paper, we propose a greedy algorithm to solve the minimum power broadcasting problem of minimizing the total transmit power on broadcasting in wireless networks. We apply two matrices to the proposed algorithm: one is a distance matrix that represents the distance between each node, the other is an adjacency matrix having the number of adjacency nodes. Among the nodes that receive the data, a node that has the greatest number of the adjacent node transmits data to neighbor preferential. We compare the performance of the proposed algorithm with random method through computer simulation in terms of transmitting power of nodes. Experiment results show that the proposed algorithm outperforms better than the random method.

### 키워드

Greedy algorithm, wireless networks, power, broadcast

## I. 서론

무선 네트워크에서 최소 전력 브로드캐스트 문제는 최근에도 활발하게 연구되고 있는 주제이다. 최소 전력 브로드캐스트 문제는 특정 소스 노드에서 다른 모든 노드로의 통신 시 전체 송신 전력을 최소화 할 수 있도록 고려하는 것을 의미한다. 소스 노드와 나머지 노드와의 통신 방법은 직접 전송하거나 호핑 방식을 이용한다. 단일 전송으로 하나의 노드와 통신할 수 있는 유선 네트워크와는 달리, 무선 네트워크에서는 한 번의 전송으로 다수의 노드들에게 데이터를 송신할 수 있다. 그림 1은 무선 브로드캐스트를 나타내는 것이다. 노드  $i$ 에서 노드  $j$ 로의 송신 시 노드  $j$ 보다 노드  $i$ 에 더 가까이 위치한 노드들은 노드  $j$ 에 관한 묵시적 전송을 받을 수 있다. 즉, 노드  $j$ 로의 송신 전력만으로 통신 범위 내에 있는 모든 노드들에게 데이터를 보낼 수 있다. 이것이 무선 브로드캐스트의 이점이다[1].

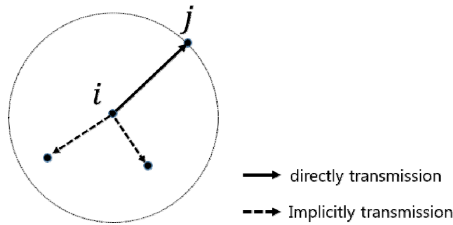


그림 1. 무선 브로드캐스트

Wieselthier *et al*[2]은 무선 네트워크의 최소 전력 트리를 구성하는 BIP 알고리즘을 제안 하였다. 이 알고리즘에서는 네트워크상의 모든 노드가 포함될 때 까지 수신 노드들로부터 거리가 가장 가까운 노드들이 트리에 추가된다. BIP 알고리즘의 주 목적은 소스 노드로부터 최소 에너지 브로드캐스트 트리를 형성하는 것이다. 최소 전력 브로드캐스트 문제를 해결하기 위해 제안된 다른 방법으로는 Stojmenovic *et al*[3]이 제안한 내부 노드 기반의 브로드캐스트 방법과, Marks *at al* [4]가 제안 한 “생존 보조 정리”를 이용한 진화적 접근 방법이 있다.

브로드캐스트 시 묵시적으로 수신 받는 노드가 많을수록 송신 전력 효율이 높아질 것이다. 본 논문에서는 송신 노드의 전송 반경 안에 있는 노드들의 이웃 노드들의 개수에 따라 전송 우선순위를 부여하는 탐욕 알고리즘을 제안한다.

## II. 네트워크 모델 설정

본 논문에서는 위치가 고정된  $N$ 개의 노드들로 구성된 무선 네트워크를 이용한다. 각 노드들은 동일한 송신 반경을 가지고 있다. 신호 수신, 데

이터 처리 활동에 관련된 에너지 소비는 없다고 가정하며, 송신 전력은 실제로 데이터를 주고받는 노드들의 유클리드 거리에 비례한다. 각 노드들은 다른 노드들에게 데이터를 전송하는 중계 노드의 역할을 수행할 수 있다. 네트워크에 존재하는 모든 노드들에게 데이터를 송신하는 것을 목적이므로, 각 노드들의 송신 반경 안에 적어도 하나의 노드가 존재한다.

노드  $i$ 에서 노드  $j$  까지 유클리드 거리를  $r_{ij}$ 라고 정의하면, 노드  $i$ 에서의 송신 전력( $P_i$ )은  $r_{ij}^\alpha$ 에 비례한다[1]. 거리 이외의 에너지 손실이 없다고 가정할 때, 최소 전력 브로드캐스트는 다음과 같은 전송 에너지  $P_t$ 를 최소화 하는 것이다.

$$P_t = \min \sum P_i$$

## III. 제안된 알고리즘

제안된 알고리즘의 기본 원리는 다음과 같다. 송신 노드의 전송 반경 내에 있는 노드를 찾고, 거리가 가장 먼 노드로의 브로드캐스트를 수행 한다. 그 다음 수신 노드들의 이웃 노드를 탐색하여 데이터를 수신 받지 않은 노드가 가장 많은 노드를 중계 노드로 결정하는 것이다. 노드  $i$ 의 통신 반경 안에 있는 연결되지 않은 상태의 노드들의 집합을 이웃 노드( $N_i$ )라고 정의한다. 그림 2에서 1번 노드가 송신 노드라고 할 때, 전송 반경 내에 있는 노드는 2, 3번 노드이고, 거리가 더 먼 3번 노드로의 브로드캐스트를 실시한다. 수신 노드는 직접 수신을 받는 3번과 묵시적 수신을 받는 2번 노드이며,  $N_2=3, N_3=2$  이므로 2번 노드가 송신 우선순위를 갖는다.

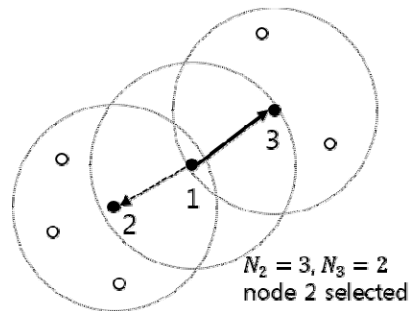


그림 2. 제안된 알고리즘의 브로드캐스트

송신 전력은 송신 거리에 비례하기 때문에, 각 노드들의 거리를 파악하는 것이 중요하다.  $N$ -node 네트워크에서 각 노드 간의 거리를 나타내는  $N \times N$  행렬을 거리 행렬이라고 가정한다. 거리 행렬의  $(i, j)$ 는 노드  $i$ 와  $j$ 의 유클리드 거리

를 나타낸다. 즉, 노드  $i$ 가  $j$ 로 송신할 때 필요한 전력량이라고 정의한다.

무선 네트워크에서 각 노드의 전송은 하나 이상의 노드에게 전달된다. 소스 노드에서 수신 노드로의 전송 시, 무선 브로드캐스트의 이점에 의한 묵시적 전송을 받을 수 있는 노드들의 개수를 나타내는 또 다른  $N \times N$  행렬을 이웃 노드라고 정의한다. 이웃 노드의  $(i, j)$ 는 노드  $i$ 에서  $j$ 로의 전송 시  $i$ 의 이웃 노드의 개수이다. 거리 행렬은 항상 대칭이지만, 이웃 행렬은 항상 대칭이라고 할 수 없다. 전송을 시작하는 노드에 따라 묵시적으로 전송받는 노드들이 각각 다르기 때문이다 [1].

제안된 알고리즘의 작동 순서는 다음과 같다. 고정된 위치의  $N$ -node 네트워크가 구성되면, 노드들의 거리 행렬과 이웃 행렬을 각각 구한 뒤에, 전송을 시작할 소스 노드를 선택한다. 브로드캐스트 효율을 높이기 위해서 노드의 송신 범위 내에서 가장 거리가 먼 노드를 선택하여 브로드캐스트를 실시한다. 수신 노드의 이웃 노드를 탐색하여 가장 많은 이웃 노드를 가지고 있는 수신 노드에게 전송 우선순위를 부여하며, 전송이 끝날 때 마다 수신을 받은 이웃 노드들은 이웃 행렬에서 제거한다. 우선순위를 받은 노드는 송신이 가능한 가장 먼 노드로의 브로드캐스트를 수행한다. 수신 노드의 이웃 노드들이 모두 연결되어 이웃 노드가 더 이상 존재 하지 않을 때까지 위의 알고리즘을 반복한다. 만약 이웃 노드의 개수가 같은 수신 노드들이 존재할 경우에는 임의의 노드를 선택한다.

#### IV. 성능 평가

본 논문에서는 제안된 알고리즘과 랜덤 방식으로 전송 우선순위를 부여하는 브로드캐스트 방식을 동일한 조건에서 비교하였다.  $100 \times 100$  크기를 가진 2차원 네트워크에서 각각 100, 200, 300개의 노드를 네트워크의 임의의 위치에 배치하여 동일한 소스 노드에서 브로드캐스트를 수행하였다. 전송 에너지  $P_t$ 는 전송에 참여한 모든 노드의 전송 거리의 합으로 계산하였다. 이때, 경로 손실률  $\alpha$ 는 1로 설정하고, 최소 전송 반경은 각각 20, 25, 30으로 지정하였다.

그림 3, 4, 5는 동일한 네트워크 크기에서 노드의 개수, 노드의 통신 반경에 따른 전송 에너지를 나타낸 것이다. 그림에서 제안된 알고리즘이 랜덤 방식에 비해 성능이 우수함을 볼 수 있다. 이것은 제안된 알고리즘이 연결되지 않은 이웃 노드를 가장 많이 가지고 있는 노드를 우선적으로 선택하여 한 번에 많은 노드들과 통신함으로써 랜덤 방식의 브로드캐스트에 비해 낮은 전송 에너지를 소비함을 알 수 있다. 또한 노드의 통신 반경이 클수록 더 많은 노드와 통신할 수 있는 최적의 노드에게 브로드캐스트 우선순위를 부여하기 때

문에 에너지 소비가 감소함을 보여준다.

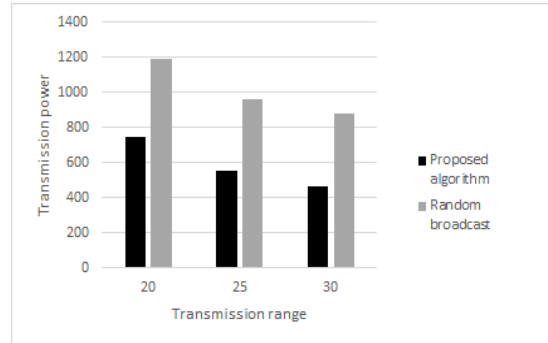


그림 3. 전송 에너지(N=100)

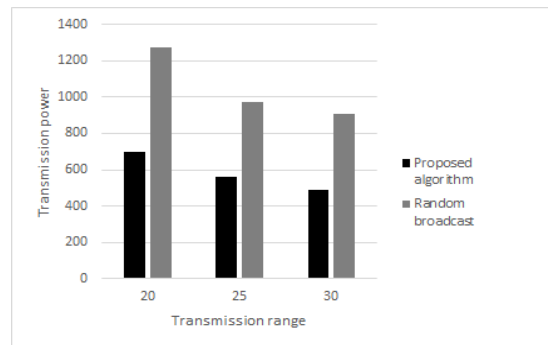


그림 4. 전송 에너지(N=200)

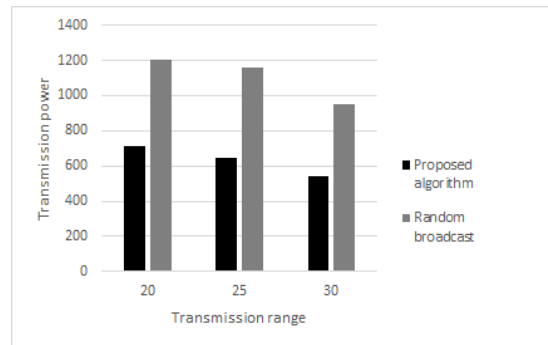


그림 5. 전송 에너지(N=300)

#### V. 결 론

본 논문에서는 한 번의 전송으로 다수의 노드에게 데이터를 보낼 수 있는 무선 브로드캐스트의 특성을 이용하여, 최소 전력 브로드캐스트 문제를 위한 탐욕 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 노드들의 통신 범위 안에 있는 노드들을 탐색하여 가장 많은 이웃 노드를 가지고 있는 노드에게 브로드캐스트 우선순위를 부여함으로써 전

송 에너지 효율을 높이며, 성능 평가에서 제안된 알고리즘이 랜덤 방식보다 전송 에너지 측면에서 효율적임을 알 수 있었다.

### 참고문헌

[1] Das, Amal K, et al. "Minimum power broadcast trees for wireless networks: integer programming formulations." INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Vol. 2. IEEE, 2003.

[2] Wieselthier, Jeffrey E., Gam D. Nguyen, and Anthony Ephremides. "On the construction of energy-efficient broadcast and multicast trees in wireless networks." INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE. Vol. 2. IEEE, 2000.

[3] Stojmenovic, Ivan, Mahtab Seddigh, and Jovisa Zunic. "Internal nodes based broadcasting in wireless networks." System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on. IEEE, 2001

[4] Marks, Robert J., et al. "Minimum power broadcast trees for wireless networks: optimizing using the viability lemma." Circuits and Systems, 2002. ISCAS 2002. IEEE International Symposium on. Vol. 1. IEEE, 2002.