

지향성 안테나 기반 Directed Diffusion¹⁾

김금란*, 김상경*, 김창화*, 박찬정*

*강릉대학교 컴퓨터공학과

e-mail:orange0420@hanmail.net, {skkim98, kch, cjpark}@kangnung.ac.kr

Directional Antennas Based Directed Diffusion

Geum-Lan Kim*, Sangkyung Kim, Changhwa Kim, Chanjung Park

*Dept of Computer Engineering, Kangnung National University

요 약

무선 센서 네트워크 라우팅 프로토콜에서의 경로탐색에서 중복 브로드캐스트 메시지에 의한 비용이 증가되고, 많은 노드들이 동시에 통신을 시도하기 때문에 많은 충돌이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 Directed Diffusion 라우팅 방법에 지향성 안테나를 도입하여 채널 이용율을 높여 통신에서의 충돌을 줄이고 네트워크 구성 및 유지 시 사용될 flooding의 범위와 노드간의 통신 시 불필요한 방향으로의 통신을 최소화하여 중복되는 브로드캐스트 메시지 수를 줄일 수 있는 라우팅 방법을 제안한다.

1. 서론

무선 센서 네트워크에서의 각 노드는 주변 환경을 감지할 수 있는 센서, 감지된 데이터를 처리할 수 있는 연산 장치 그리고 노드들 간 통신을 위한 통신장치로 이루어진다. 무선 센서 네트워크는 각 노드들이 독자적으로 네트워크를 구성하여 주변 상황을 감지하고 감지된 데이터를 목적지에 전달하는 것을 목적으로 하며 감지한 데이터를 목적지로 전달하기 위해 라우팅 프로토콜을 사용한다[1].

데이터 전송 시 라우팅 프로토콜에서 목적지까지의 경로를 알고 있을 경우 해당 경로를 통해 데이터를 전달하게 된다. 하지만 목적지까지의 경로를 알지 못한다면 해당 경로를 탐색해야만 한다[2]. 일반적인 경로탐색은 목적지까지의 경로를 알고자하는 노드가 주변노드들에게 브로드캐스트 하는 것으로 시작된다. 만일 목적지 노드가 전송범위 내에 있지 않다면 데이터를 수신한 모든 노드들 또한 해당 데이터를 브로드캐스트 하는 방법으로 목적지까지의 경로를 탐색하게 된다. 이때 중복 브로드캐스트 메시지 발생으로 인한 비용 증가, 여러 노드들이 동시에 통신을 시도할 때 발생하는 충돌에 따른 채널 효율성 등을 고려해야 한다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 지향성 안테나를 이용하는 방안을 고려할 필요가 있다.

지향성 안테나를 이용하면 통신에서 공간 분할 다중화(Space Division Multiplexing)기법이 적용가능하다[3]. 공간 분할 다중화 기법은 주파수 효율을 증가 시키며, 경로 탐색에 있어 중복되는 브로드캐스트 메시지 수를 줄일 수

있다. 그러므로 중복 브로드캐스트 메시지에 대한 비용과 통신에서의 충돌률을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 Directed Diffusion 라우팅 방법에 지향성 안테나를 도입하여 채널 이용율을 높여 통신에서의 충돌을 줄이고 네트워크 구성 시 사용될 flooding의 범위와 불필요한 방향에 대한 경로 탐색을 최소화 하여 브로드캐스트 메시지 수를 줄일 수 있는 라우팅 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 1절 서론에 이어, 2절에서는 본 논문에 기반이 되는 Directed Diffusion과 지향성 안테나에 대하여 살펴보고, 3절에서는 본 논문에서 제안하는 지향성 기반 Directed Diffusion에 대하여 기술하고, 마지막으로 4절에서는 논문의 결론 및 검토로 끝맺는다.

2. 관련연구

본 장에서는 Directed Diffusion과 지향성 안테나의 개념과 방식에 대하여 소개한다.

2.1 Directed Diffusion

Directed Diffusion은 데이터 중심 라우팅 프로토콜의 대표적인 기법이다. 이 방식은 에너지를 절약하기 위해 불필요한 전송을 줄이고자 네이밍 스킴(Naming Scheme)을 사용하여 데이터를 전파시키는 방식이다. 네이밍 스킴은 속성-값의 쌍으로 구성된다. 싱크 노드와 소스노드 간에 경로로 구성되며, 전파 또는 수집 과정은 모두 위치정보를 기반으로 한다. 또한 대표적인 IP 기반 네트워크로서 센서 노드는 자신만의 host ID가 요구된다. Directed Diffusion은 Interest, Gradient, 데이터 메시지, Reinforcement 4가지 항목으로 구성된다[4].

기본 동작방식은 처음 싱크 노드가 질의에 해당하는

1) 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 2008년도 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0801-0044)

Interest를 네트워크 전체에 flooding한다. Interest를 받은 센서 노드는 이웃 노드들에 대한 테이블을 유지하면서, 패킷이 전달될 이웃 노드들에게 flooding한다. 각 센서 노드는 Interest를 모두 수신한 후 자신이 Interest를 수신한 방향으로 Gradient를 설정하게 된다. 해당하는 질의를 만족하는 데이터를 가진 노드는 소스 노드가 되어 설정된 다중의 Gradient 방향으로 데이터를 전송한다. 데이터를 받은 싱크 노드는 불필요한 데이터 전송을 방지하기 위해 특정한 Gradient를 강화(reinforcement)하게 되며, 소스 노드는 강화된 경로를 통해 데이터를 전송할 수 있게 된다 [4].

Directed Diffusion의 장점은 항상 최단 거리를 이용하여 데이터를 전송하기 때문에 지연이 작다는 것과 링크 실패가 있어도 대체 경로로 전송할 수 있다는 것이다. 또한 데이터 중심 방식이기 때문에 모든 통신이 이웃 간의 상호작용으로 이루어지며, 각 노드들의 데이터 모음과 캐싱, 센싱이 가능하다. 캐싱은 에너지 효율과 지연의 관점에서 굉장한 장점이 된다. 하지만, 단점으로는 최단거리로만 데이터를 전송하기 때문에 최단 경로상의 노드와 그렇지 않은 노드 간의 에너지 소모량 차이가 너무 많다는 것이다. 또한 주기적인 데이터 전송이 필요한 응용 분야에서는 경로 정보를 알려주는데 부가적인 부하가 발생하기 때문에 부적합하다. flooding을 기반으로 통신을 하게됨으로 노드간의 불필요한 방향으로의 통신이 많아지게 되며, 이에 따른 브로드캐스팅 중복 메시지가 많이 발생하게 되며, 또한 무수히 많은 라우팅 경로가 설정되게 된다. 이로인해 노드들의 수명이 짧아 질 수 있다.

2.2 지향성 안테나(Directed antenna)

지향성 안테나를 이용하는 경우에는 전방향 안테나를 사용하는 경우보다 더 먼 거리 까지 신호 도달이 가능하며, 신호 전송 거리가 늘어나므로 목적지까지의 라우팅 경로의 홉 수를 줄일 수 있다. 또한 특정 방향으로의 신호 요소들만을 사용하기 때문에 전방향 안테나를 사용하는 경우에 비해 주파수 공간을 보다 효과적으로 이용할 수 있고, 이웃한 노드들 간의 신호간섭을 줄여 동시 통신 가능 노드의 수를 높일 수 있다[3].

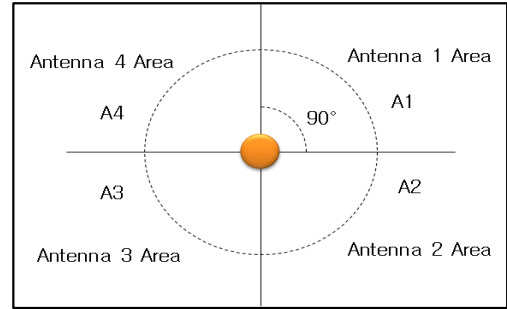
3. 제안한 지향성 안테나 기반 Directed Diffusion

본 장에서는 제안하는 지향성 안테나 기반 Directed Diffusion에 대한 개요와 경로구성 절차, 예시를 통한 경로구성 방법에 대하여 소개한다.

3.1 개요

본 논문에서는 Directed Diffusion 라우팅 방법을 이용하여 채널 이용률을 높여 통신에서의 충돌을 줄이고 네트워크 구성 시 사용될 flooding의 범위와 불필요한 방향에 대한 경로 탐색을 최소화하여 브로드캐스트 메시지 수를 줄이기 위해 각 노드에 지향성 안테나를 도입하여 동서남

북 네 방향으로 송수신이 가능하도록 설치하여 사용하는 것으로 가정한다. 각 노드별 안테나 식별 번호는 (그림1)과 같이 배치되며, 빔의 폭은 90°로 중첩되지 않게 고정하여 전방향 360°로 coverage를 갖도록 하고, 전송범위는 모두 동일한 범위를 갖도록 한다.



(그림 1) 안테나 식별 번호

모든 노드들은 자신의 고유 아이디를 갖고, 항상 모든 안테나는 수신을 위하여 "on"상태를 유지하며, 단 메시지 송신시에는 사용하지 않는 안테나를 "off"할 수 있다고 가정 한다. 노드들 간의 통신 시 모든 노드들은 자신의 캐쉬에 Interest 테이블과 Gradient 테이블이 정보를 갖게 되며, Interest 테이블에는 데이터를 수신한 이웃 노드들에 대한 정보로 Node ID와 Antenna ID를 쌍으로 갖게 된다. 또한 Gradient 테이블에는 Interest 테이블에 저장되어있는 여러 레코드 중 Gradient로 설정된 하나의 레코드정보와 Interest 정보를 갖게 된다. Gradient 테이블의 구조는 (그림2)와 같으며, Node ID에는 수신 노드 ID, Antenna ID에는 안테나 식별 번호가 들어가게 되고, Interest Infor에는 Interest 정보가 들어가게 된다.

Node ID	Antenna ID	Interest Infor

(그림 2) Gradient 정보

각 테이블에 수신 안테나 번호를 저장하는 이유는 다음과 같다.

첫 번째는 처음 Interest에 해당하는 소스 노드를 찾기 위하여 flooding 시 채널 효율성을 높이고, 중복되는 브로드캐스트 메시지를 줄이기 위해 자신이 메시지를 수신한 방향의 안테나를 제외하고 다른 세 방향의 안테나만을 사용하게 된다. 이때 각 노드 별 수신 안테나 식별 번호를 알기위해 Node ID와 Antenna ID가 쌍으로 저장되어있는 Interest 테이블 정보를 참조하게 된다.

두 번째는 경로 강화 후 데이터 전송 시 모든 방향으로 메시지를 보내는 것이 아니라 강화된 경로에 있는 노드 방향으로만 메시지를 송신하기 위하여 수신한 방향의 안테나 정보가 필요하게 되며 이 정보를 이용하여 하나의 안테나만을 사용함으로써 불필요한 방향에 있는 노드의 수신을 막을 수 있으며, 수신 가능한 노드들의 공간적 범위 또한 1/4로 줄일 수 있게 된다.

또한 경로가 강화되어 라우팅 경로가 설정되게 되면 라우팅 시 하나의 안테나만을 사용하게 됨으로 채널 간섭이

없는 다른 방향에 있는 노드들끼리의 통신이 가능하게 됨으로써 채널 이용율을 높일 수 있고, 통신에서의 충돌을 줄일 수 있게 된다.

라우팅 시 라우팅 테이블에는 강화된 경로에 대한 받은 노드의 ID와 안테나 정보를 저장하게 된다. 모든 노드에는 각 노드 별 Interest 테이블과 Gradient 테이블이 존재하며 각 테이블에 저장되는 정보는 경로 강화 전 발생되는 정보들로서 받은 노드 ID, 모든 수신 노드의 안테나 정보, Interest Data 정보, 경로 정보 등이 저장된다. 노드들 간의 네트워크 절차와 구설 절차 예는 3.1절과 3.2절을 통해 볼 수 있다.

3.2 경로 구성 절차

네트워크 구성은 Directed Diffusion에서 사용되는 4단계를 통해 보여진다.

[단계 1] 싱크노드가 질의에 해당하는 Interest를 네트워크 전체에 flooding한다.

① 초기 네트워크 구성 시 Interest에 부합하는 노드 또는 이벤트 발생 노드의 위치와 노드 정보를 알 수 없으므로 시작노드(Sink 노드)는 부합하는 노드를 찾기 위해 모든 안테나를 사용하여 Interest를 flooding한다.

② 시작노드로부터 Interest를 받은 노드들은 중복 메시지 수신을 최소화하기 위하여 자신이 수신한 안테나를 제외하고 나머지 방향의 안테나를 사용하여 이웃노드들에게 Interest를 flooding하기 위하여 Interest 테이블 정보를 참조하게 된다.

③ Interest를 수신한 노드가 이웃 노드들에게 flooding하기 전 중복되는 Interest를 수신하였다면 이 노드는 Interest를 수신한 두 방향 안테나 모두를 제외하고 나머지 방향의 안테나만을 이용하여 Interest를 flooding한다.

[단계2] 여러 노드 경로중 하나를 선택하여 Gradient를 설정한다.

④ 처음 Gradient 설정은 자신에게 가장 먼저 Interest를 배포한 노드이면서 에너지 잔량이 a%이상인 노드를 선택하여 Gradient를 설정한다.

⑤ 만약 위와 같은 조건을 만족하는 노드가 없을시 일정시간 동안 대기 후 받은 노드들 중 상대적으로 에너지 잔량이 가장 높은 노드를 선택하여 Gradient를 설정한다.

[단계3] source 노드가 sink 노드로 데이터를 전송

⑥ 해당 Interest(질의)를 만족하는 데이터를 가진 노드는 소스 노드가 되어 설정된 다중의 Gradient방향으로 시작노드(sink 노드)로 데이터를 전송한다.

[단계4] 데이터를 받은 싱크 노드의 경로 강화(Reinforcement) 방법

⑦ 여러 경로 중 데이터가 가장 먼저 도착한 경로를 선택하여 경로를 강화한다.

⑧ 이 때 sink 노드는 장애 발생(노드 이동, 에너지 고갈 등)으로 인해 강화된 경로를 사용할 수 없을 경우를 대비해서 일정시간 동안 수신된 경로를 예비 경로로 캐쉬

에 저장해 둔다.

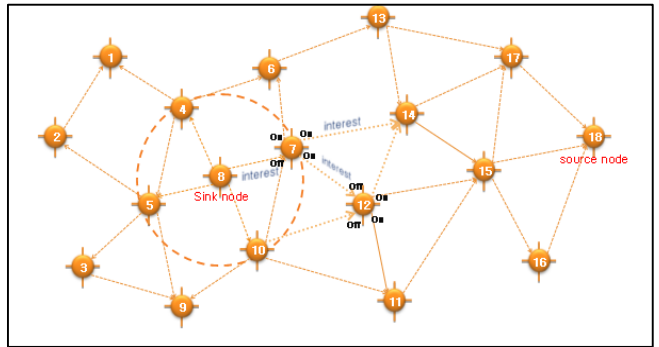
⑨ 강화된 경로를 통해 데이터를 전송 시 노드들은 자신의 Gradient 테이블에 저장되어있는 데이터 수신 방향의 안테나(1개의 안테나)를 통해서 데이터를 전송한다.

3.3 예시를 통한 경로 구성 절차

간단한 예를 통해 네트워크 구성 절차를 살펴본다. 노드들의 배치는 (그림3)과 같다고 가정하고 각 노드별 네트워크 구성 절차를 살펴본다.

[단계1] 질의에 해당하는 Interest flooding 단계

① 싱크노드인 8번 노드는 질의에 해당하는 Interest를 한홉으로 전달가능한 범위에 있는 모든 방향의 노드들(4, 5, 7, 10)에게 flooding한다.



(그림 3) Interest 전파 과정

flooding 후 수신받은 노드들은 아래와 같은 Interest 테이블을 유지하게 된다.

Node 4		Node 5	
Node ID	Antenna ID	Node ID	Antenna ID
8	A4	8	A3

시작 노드로부터 Interest를 받은 노드들은 중복 메시지 수신을 최소화하기 위하여 자신이 수신한 안테나를 제외하고 나머지 방향의 안테나를 사용하여 이웃노드들에게 Interest를 flooding한다.

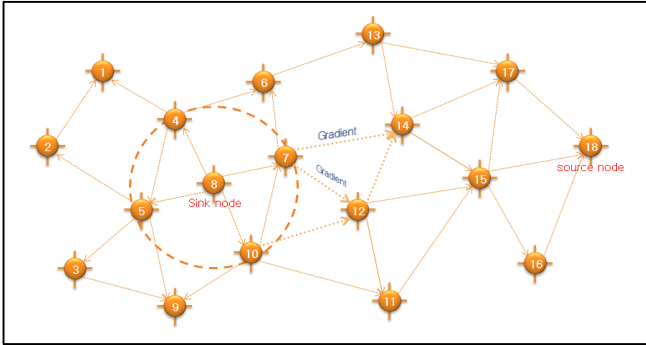
② 이때 하나의 노드로부터 Interest를 수신한 경우는 수신한 하나의 안테나만을 차단하고 나머지 3개의 안테나를 이용하여 flooding을 하게 된다. 만일 이웃노드에게 flooding하기 전에 2개의 노드로부터 같은 Interest를 수신한 경우에는 그림3에서 12번 노드와 같이 7, 10번 두 노드로부터 수신한 경우 수신한 2개의 안테나를 모두 차단하고 나머지 2개의 안테나를 이용하여 flooding하여 중복메시지를 최소화 할 수있으며, 또한 flooding의 범위를 최소 1/4에서 최대 3/4가량 줄일 수 있게 된다. flooding 후 수신한 Interest 메시지는 캐쉬 정보를 확인하여 만일 중복메시지인 경우는 폐기하게 된다.

[단계2] 여러 노드로부터 수신한 경로중 하나를 선택하여 Gradient를 설정한다.

④ 처음 Gradient 설정은 자신에게 가장 먼저 Interest를 배포한 노드이면서 에너지 잔량이 a%이상인 노드를 선택하여 Gradient를 설정한다.

㉔ 만약 위와 같은 조건을 만족하는 노드가 없을시 일정시간 동안 대기 후 받은 노드들 중 상대적으로 에너지 잔량이 가장 높은 노드를 선택하여 Gradient를 설정한다.

(그림3)의 12번 노드를 예로 들어보면 12번 노드는 7번 10번 노드로부터 Interest를 수신하게 된다. 12번 노드는 이 두 경로중 하나의 경로를 선택하여 Gradient를 설정하게 된다. 이때 12번 노드는 두 노드 중 먼저 도착한 노드의 경로이면서 에너지 잔량이 a%이상인 노드를 선택하게 되며, 만일 두 노드 모두 이 조건을 만족하지 않는다면 두 노드 중 에너지 잔량이 더 높은 노드를 선택하여 Gradient를 설정한다.



(그림 4) Gradient 설정

이때 각 노드별 Gradient 테이블의 예는 아래와 같다.

7번 노드에 대한 Gradient 테이블

Node ID	Antenna ID	Interest Infor
8	A3	

12번 노드에 대한 Gradient 테이블

Node ID	Antenna ID	Interest Infor
7	A4	
10	A3	

14번 노드에 대한 Gradient 테이블

Node ID	Antenna ID	Interest Infor
7	A3	
12	A3	

[단계3] source 노드가 sink 노드로 데이터를 전송

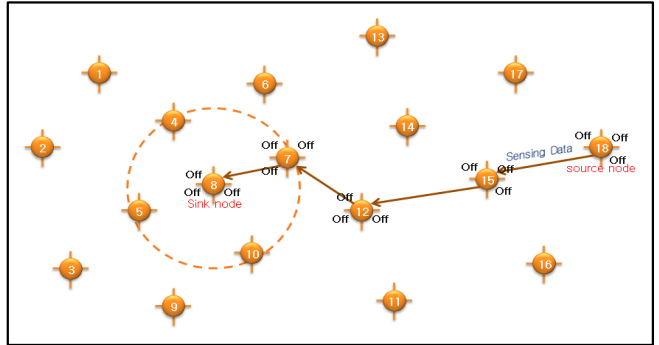
㉕ source노드인 18번 노드는 설정된 다중의 Gradient 방향으로 모든 경로를 통해 데이터를 전송한다.

㉖ 데이터를 받은 sink노드인 8번 노드는 (그림4)와 같은 여러 경로 중 하나의 경로를 선택하여 강화해야 한다. 이때 여러 경로 중 가장 먼저 도착한 경로를 선택하여 강화하게 된다.

[단계4] 강화된 경로를 통해 데이터를 전송 시 (그림5)와 같이 각 노드들은 자신의 Gradient 테이블 정보를 통하여 수신 안테나 정보를 가져오게 되며, 이 안테나 하나만을 활성화하여 데이터를 전송함으로써 불필요한 방향에 있는 노드들의 수신을 막을 수 있다.

또한 8번 노드는 1번 안테나만을 사용하게 됨으로 다른 방향(2, 3, 4번 방향)에 있으면서 채널 간섭을 받지 않는

노드(1, 2, 3, 4, 5, 9, 10노드)들 간의 통신이 가능함으로 채널 효율성을 높일 수 있고, 통신에서의 충돌을 줄일 수 있다.



(그림 5) 강화된 경로를 통한 데이터 전송

4. 결론 및 검토

본 논문에서는 Directed Diffusion 라우팅에 같은 범의 폭을 갖는 4개의 지향성 안테나를 도입하여 센서 노드들 간의 통신 시 채널 이용률을 높여 통신에서의 충돌 발생을 줄이고, 불필요한 방향으로의 통신을 최소화하는 방법을 제안하였다. 만일 노드가 균등하게 배치되었을 경우 수신 안테나를 제외한 나머지 안테나만을 사용하여 flooding을 하게 됨으로 최대 3/4에서 최소 1/4의 범위에 있는 노드들에게만 flooding하게 됨으로 중복되는 브로드캐스트 메시지 수를 줄일 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 강화된 후에는 하나의 안테나만을 사용하게 됨으로 통신에 방해되지 않는 안테나 방향에 있는 노드들 간의 통신을 가능하게 함으로써 채널의 효율성 또한 높일 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] D.Estrin, R. Govindan, J.Heidemann, and s. Kumar. "Next Century Challenges : Scalable Coordination in Sensor Networks." In MOBICM 99, Seattle, Aug. 99.
 [2] R. C. Shah and J. M. Rabaey, "Energy Aware routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks", Proc. ACM/IEEE MOBILECOM 98, Oct 1998
 [3] 차영환, "이동 애드 혹 네트워크에서의 지향성 안테나를 이용한 다중경로 구성", 상지대학교
 [4] Ram Ramanathan, "Ad Hoc Network with Directed Antennas-A Complete System Solution"
 [5] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", in the Proceedings of 6th Annual ACM/IEEE international Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99), Seattle, WA, August 1999