

# 무선 센서 네트워크상에서 Directed Diffusion 개선을 위한 효율적인 데이터 전달 방법<sup>1)</sup>

이정은, 김종훈, 최지술, 김종완, 김기천<sup>2)</sup>

건국대학교 정보통신대학원 컴퓨터공학과

e-mail: { i1004091, jhkim81, jisool, wany, kckim }@konkuk.ac.kr

## An Efficient Data Transfer Scheme for Improved Directed Diffusion in Wireless Sensor Networks

Jung-Eun Lee, Jong-hun kim, Ji-sool Choe,  
Jong-Wan Kim, Kee-cheon Kim

Dept of Computer Engineering, Kon-Kuk University

### 요 약

최근 원하는 정보를 수집하기 위한 무선 센서 네트워크(WSN) 사용이 증가하고 있으며, 이때 여러 개의 작은 센서들이 배터리의 용량에 한정되어 있기 때문에 가장 우선적으로 고려해야 할 부분은 에너지 효율성이다.

Directed Diffusion(DD)은 데이터 중심 기반 라우팅 알고리즘으로 싱크는 모든 센서 노드에게 인터레스트(Interest)를 전송(Flooding)하면 Interest를 받은 노드들은 경사(Gradient)를 만들어서 그 경로들 중 최적화 경로를 강화(Reinforce)한다. 이 경로는 센서 네트워크 전체적으로 볼 때는 에너지를 최소화 하지만, 매 Flooding시 에너지 고갈과 시간 낭비의 문제점이 나타난다.

본 논문에서는 DD의 문제점을 개선하여 싱크가 Interest를 Flooding할 때 마다 여러 번의 Flooding으로 노드의 에너지 고갈과 시간 낭비가 심각해지는 것을 방지하기 위해 중간노드가 Interest를 기억하도록 Middle-Interest Node(MIN)를 두어 데이터를 전달하는 새로운 기법을 제안한다.

본 기법의 성능은 DD와 제안기법인 MIN에 대한 수학적 분석에 기반 하여 측정하였다.

Key Words : Directed Diffusion, Wireless Sensor Network, Data Centric, Energy Efficient

### 1. 서론

무선 센서 네트워크는 사람이 접근하기 어려운 곳에, 쉽게 충전이나 교체될 수 없다고 가정된 센서 노드들이 악조건의 환경에 조밀하게 배치되어 있다.

이런 까닭에 무선 센서 네트워크는 에너지에 대한 제약이 있으므로 많은 연구들은 에너지 효율을 향상시키는 중점을 두고 있다.

정보를 수집하기 위한 통신기능은 매우 중요하며 전력소

비의 대부분을 차지하고 있어, 현재의 센서 네트워크의 수명 연장과 트래픽을 줄이기 위한 무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜이 많이 제시되고 있다.

이중 데이터 중심 라우팅 프로토콜은 각 소스가 싱크에게 독립적으로 정보를 전송하는 주소기반 라우팅과는 달리 노드가 데이터의 수신을 원할 때 주문형(On-Demand) 방식 즉 요청 메시지의 데이터를 네트워크로 전송하는 것으로 무선 센서 네트워크는 데이터 중심 라우팅 프로토콜을 가지면서 소스들이 싱크로 데이터를 보내는 과정에 여러 개의 소스에서 오는 데이터들에 대해 노드들이 데이터 내용을 확인하며 라우팅을 한다.

이중 Directed Diffusion(DD)은 무선 센서 네트워크를 위한 데이터 중심 기반 라우팅 알고리즘으로 싱크의 Interest에 기초를 두며 질의에 부합한 Interest를 센서 노

1) 본 연구는 서울시 산학연 협력사업 - 서울시 산학연 협력사업(CR070019)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

2) 교신저자

드들에게 Flooding하고 노드들은 질의에 부합하는 데이터를 전송하기 위한 경사(Gradient)가 설정된다. 데이터는 다중 경로를 통해 요청 노드로 전송되면 여러 경로를 통해서 수신된 정보를 이용하여 가장 먼저 도착한 경로를 최적 경로로 강화(Reinforcement)하여 강화된 경로를 통해 데이터 전송이 이루어진다. 하지만 DD는 센서 네트워크 전체적으로 볼 때는 에너지를 최소화하지만, 매 Flooding시 에너지 고갈과 시간 낭비가 나타난다.

DD의 단점을 개선한 라우팅 알고리즘이 Middle-Interest Node(MIN)으로써, 싱크의 메시지와 주변의 경로를 기억하였다가 싱크가 다시 Flooding시 다시 질의하지 않도록 Interest를 기억하는 기법이다.

본 논문의 구성을 다음과 같다.

제 2절에서는 기존의 라우팅 알고리즘 중 데이터 중심의 가장 대표적인 방법인 Directed Diffusion(DD)에 대해서 알아보고 제 3절에서는 제안된 Middle-Interest Node(MIN) 알고리즘에 대해 설명한다.

제 4절은 이를 시뮬레이션을 통해 확인하며 마지막 절은 결론을 내린다.

2. 관련 연구

본 장에서는 무선 센서 네트워크를 위한 기존 연구인 데이터 중심 기반 라우팅 알고리즘 Directed Diffusion 동작 방식[4,6]에 대해서 언급한다.

데이터 중심 라우팅 프로토콜은 배터리에 의존적이며 대량으로 배치된 많은 노드들의 특정 노드를 구분하기 위해 등장한 방법으로 Directed Diffusion(DD)은 데이터 중심의 가장 대표적인 방법이다.

DD는 첫째 그림 1(a)와 같이 싱크가 망 전체의 센서 노드들에서 Interest를 Flooding한다.

Interest는 해당 응용에 대한 속성과 값의 쌍으로 구성되는 질의를 나타낸다.

둘째 단계로써 그림 1(b)와 같이 이를 수신한 센서 노드들은 그 Interest를 보내온 노드의 방향으로 경사(Gradient)를 설정한다.

이 Gradient는 나중에 센싱 데이터를 전송 시 받은 전송을 정보 수집을 향하여 할 수 있도록 한다.

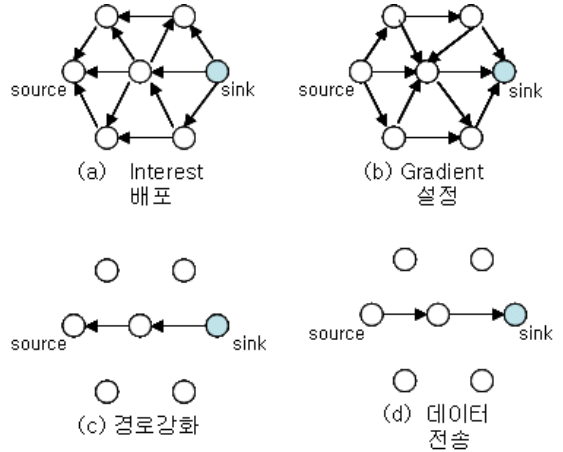
세 번째 단계로써 그림 1(c)와 같이 데이터는 다중 경로를 통해 요청 노드로 전송되면 여러 경로를 통해서 수신된 정보를 이용하여 가장 먼저 도착한 경로를 최적 경로로 강화(Reinforcement)하여 강화된 경로를 통해 데이터 전송이 이루어진다. 이 최적 경로는 가장 빠른 경로를 의미한다.

따라서 3단계를 거치면서 그림 1(d)와 같이 정보를 센서 노드가 교환 하는 것[3]이다.

하지만 DD는 무선 센서 네트워크 전체적으로 볼 때는 에너지를 최소화 하지만, 매 Flooding시 에너지 고갈과 시

간 낭비가 나타난다.

따라서 본 논문에서는 Flooding시 중간노드가 Interest를 기억하는 알고리즘을 설명하고자 한다. 이에 대한 구체적인 내용은 3절에 설명한다.



(그림 1) Directed Diffusion

3. 제안

본 논문에서 제시하는 프로토콜은 수시로 변하는 센서[2]와는 달리 지뢰의 위치 파악과 같이 변화가 적은 센서를 감지한다는 가정 하에 동작한다. 또한 각 노드의 대기 시간이나 전송 지연 시간 등은 모두 동일하다고 가정한다.

본 논문에서는 싱크가 Interest를 Flooding 시마다 여러 번의 Flooding으로 노드의 에너지 고갈과 시간 낭비가 심각해지는 것을 방지하기 위해 중간 노드가 Interest를 기억하는 Middle-Interest Node(MIN)을 제안한다.

MIN은 그림 2(a)와 같이 싱크가 망 전체의 센서 노드들에서 Interest를 Flooding하면 그림 2(b)와 같이 이를 수신한 센서들이 Interest를 보내온 방향으로 경사(Gradient)를 설정한다. 그 후 세 번째 단계 그림 2(c)에서 보여 지듯이 가장 빠른 경로를 강화(Reinforcement)하여 그림 2(d)처럼 데이터 전송[7]이 이루어진다.

이후 그림 2(f)처럼 싱크가 다시 Interest를 Flooding하면 이미 알고 있는 정보를 요청하는 메시지임을 알게 되고 MIN이후 노드에서 소스까지의 최단 경로를 그림 2(e)처럼 기억하고 있기 때문에 노드에서 소스까지 메시지를 다시 전달하지 않고 그림 2(g)처럼 저장했던 정보를 바로 전달하는 것이다.

MIN의 직전 노드들은 자신의 이웃에 대한 정보만을 유지하고 있으나 MIN은 싱크의 매 Flooding시 Interest메시

지를 저장하고 경사를 설정하면서 메시지를 전달한다.

또한 MIN은 MIN이후 노드로부터 소스까지의 최단 경로 (즉 빠른 경로)를 기억한다.

즉 MIN은 싱크의 메시지와 주변의 경로를 기억하였다가 싱크가 다시 Flooding시 MIN이후 다시 각 노드에게 질의 하지 않도록 자신의 중단간의 빠른 경로를 바로 선택하여 전송하는 매커니즘인 것이다.

제안 알고리즘에서는 싱크에서 소스까지의 경로 전송시간을 수식 1과 같이 계산한다.

수식 1은 Directed Diffusion의 총 경로시간으로 전송 소스에서 중간노드로의 소요될 것으로 기대되는 시간과 중간 노드에서 싱크까지 소요될 것으로 기대되는 시간의 합을 추정하는 값이다.

$$DD_t = \frac{\sum_{i=1}^n t(K_i)}{A} + \frac{\sum_{i=1}^n t(P_i)}{B} \quad \text{수식 (1)}$$

$DD_t$  : Directed Diffusion의 총 경로시간

$\frac{\sum_{i=1}^n t(K_i)}{A}$  : 소스에서 중간 노드까지의 경로시간

$\frac{\sum_{i=1}^n t(P_i)}{B}$  : 중간 노드에서 싱크까지의 경로시간

**A** : 소스에서 중간노드까지의 최적 노드 수

**B** : 중간노드에서 싱크까지의 최적 노드 수

제 수식 1에 의하여 경로 전송 시간을 계산하는 것은 센서 네트워크의 기본인 노드들이 싱크에서 소스까지 경로 전송시간을 나타내는 것에 기반 한다. 또한 대기시간, 지연시간, 에러율 등은 모두 동일하다고 기반 한다.

이러한 방법으로 제안한 MIN의 경로 전송시간은 결국 소스에서 중간노드를 제외(기억하고 있으므로), 중간노드에서 싱크까지의 경로시간

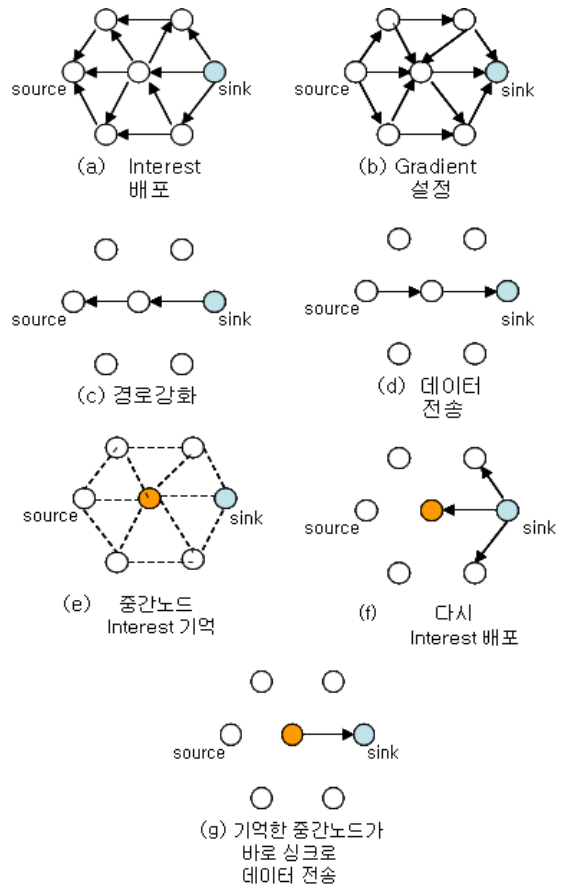
$$MMN_t = \frac{\sum_{i=1}^n t(P_i)}{B} \quad \text{수식 (2)}$$

임을 추정하게 된다.

수식(1),(2)를 통해서 제안 알고리즘이 매 Flooding시 노드들로 보내지는 것을 무시할 수 있으므로 원래의 경로 전송시간을 줄일 수 있으며 중복되는 데이터를 무시함으로써 시간을 줄이는 결과를 나타낼 수 있다.

따라서 이는 제안 알고리즘이 본래의 DD나 다른 알고리즘보다 더 에러 상황을 선택하거나 혹은 전송 정확도를 낮춘다는 가능성도 배제 할 수 없다.

하지만 이런 가능성이 있더라도 이는 매 Flooding시 Interest가 노드들로 보내지는 것을 막아 중복되는 데이터를 줄여 준다는 것을 나타낸다.



(그림 2) 제안 알고리즘 MIN

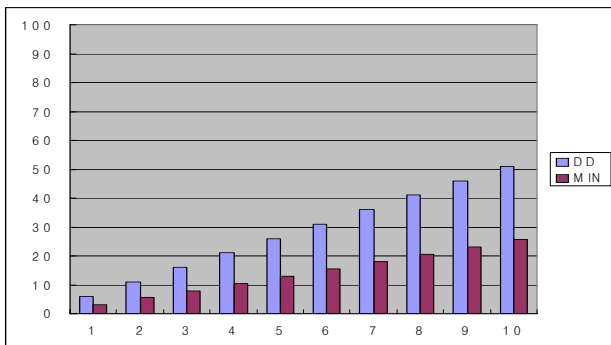
#### 4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 지연시간이나 에러율을 고려하는 것이 아닌 변화가 적은 센서를 감지한다는 가정 하에 싱크가 Data를 받게 되는 최단 경로의 시간 변화를 수식기반으로 분석한 것[1]이다.

본 절에서 비교 대상은 추정된 DD의 총 경로시간과 비교 분석한다.

이상의 결과에서 보듯이 MIN의 경로시간은 DD의 경로 시간에 비해서 줄었음을 알 수 있다.

에러율이나 지연시간 등을 고려하지 않았을 때 거의 2배 가까이 시간이 줄었음을 확인할 수 있다. 따라서 MIN은 매 Flooding을 줄임으로써 노드의 에너지 고갈과 시간 낭비가 줄어들음을 추정할 수 있다.



(그림 3) DD와 MIN의 경로시간 비교

## 5. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 Directed Diffusion(DD)가 Interest를 싱크가 노드로 Flooding 시 매 번 보내야 하는 것을 보완하는 기법을 제안하였다.

기존 DD는 매 Flooding을 해야 한다는 반면에 제안한 Middle-Interest Node(MIN)은 중간 노드가 Interest를 기억함으로써 수시로 변화는 센서와는 달리 지리의 위치 파악과 같이 변화가 적은 센서를 감지하는데 효율적이며 기존의 DD와는 달리 전달의 에너지 소비가 줄어 연장된 수명의 네트워크가 된다는 사실을 나타내고 있다.

앞으로 제안한 프로토콜이 무선 센서 네트워크에서 구현 및 활용화를 위해서 이론 제안에 멈추지 않고 보다 실용적인 내용을 기반으로 한 연구를 수행할 것이다.

## 참고문헌

- [1] Jae-Won Choi, Kwang-Hui Lee, "A Reliable Transfer Mechanism in Wireless Sensor Network." in Proc. of 2005 IEEE ConSoc Summer Conference, Vol. 28, No. 1, pp. 305-308, Busan, Korea, June 23-24, 2005.
- [2] Jae-Won Choi, Kwang-Hui Lee, "A Reliable Date Transfer Mechanism Using Directed Diffusion in

Wireless Sensor Network," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 43-TC, No. 8, pp. 77-83, Aug. 2006.

[3] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci Georgia Institute of Technology, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communicatoin Magazine, August, 2002

[4] C. Intanagonwivat, R. Govindan, and Deborah Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks," MobiCom, 2000.

[5] An kyung Hwang, Jae yong Lee, Byung chul Kim Design and Performance Evaluation of Maximum Remaining Energy Constrained Directed Diffusion Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks pp. 995~1003

[6] C. Intanagonwivat, R. Govindan and D. Estrin, "Directed Diffusion for wireless sensor networks", IEEE/ACM Transactions, Vol. 11, pp. 2-16, Feb. 2003.

[7] R.C Shah and J.M. Rabaey, "Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks", IEEE WCNC 2002, Vol. 1, pp. 350-355, Mar 2002.