# 개선된 Directed Diffusion 알고리즘의 개발

이성표*, 강동민**, 정태명*
*성균관대학교 컴퓨터공학과
**성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과
e-mail: entropy@skku.edu, dmkang@imtl.skku.ac.kr, tmchung@ece.skku.ac.kr

# Development of improved Directed Diffusion Algorithm

Sung-Phyo Lee*, Dong-Min Kang**, Tai-Myoung Chung*
*Dept of Computer Engineering, Sungkyunkwan University
**Dept of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

무선 센서 네트워크에서 통신하는 센서노드들은 여러 제약사항이 따른다. 이 중 가장 중요한 요소는 네트워크의 생존기간과 직접 관련된 센서노드의 전력이다. 따라서 센서노드의 전력을 효율적으로 사용할 수 있는 라우팅 기법에 관한 연구가 중요한 과제로 자리 잡았다. 자주 쓰이는 라우팅 기법인 DD(Directed Diffusion) 알고리즘은 질의기반 알고리즘으로서 최적경로 설정을 통한 효율적 데이터 전송이 가능하다는 장점이 있는 반면, 자주 쓰이는 경로의 전력 소비가 크다는 단점이 존재한다. 본 논문에서는 센서노드의 전력량 반영 및 gradient의 가중치 설정, 기존 경로 재사용을 통한 개선된 알고리즘을 제안한다. 또한 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 성능을 검증하였다.

## 1. 서론

무선 센서 네트워크는 주변 환경의 데이터를 수집할 수 있는 다수의 센서노드들로 구성되며, 각각의 센서노드는 수집한 데이터를 Base Station(BS)에 전달하는 역할을 수행한다. 통신은 무선 환경에서 이루어지게 되며, 센서노드의 특성상 전력의 재충전이 어렵기 때문에 센서노드의 생존기간은 배터리의 전력 잔량과 일치하는 특징이 있다.

효율적인 사용을 위해선 센서노드들의 생존기간을 최대한 연장할 수 있도록 데이터전송과 연관된 라우팅 알고리즘을 에너지 효율성에 비중을 두어 설계하여야 한다.

DD 알고리즘은 데이터 전송시 최적경로를 선택하여 소비전력을 최소화 할 수 있다[2]. 하지만 이 경우 자주 쓰이는 경로상의 센서노드들은 전력이 빠르게 고갈되기 때문에 네트워크 전체의 수명이 짧아지는 단점이 있으며, 또한 네트워크 망이 양분화 될 수 있다.

본 논문에서는 이러한 단점들을 보완할 수 있는 개선된 DD 알고리즘을 제안한다. 개선된 DD 알고리즘은 각각의 센서노드가 가지고 있는 gradient에 가중치를 부여하고, 이를 센서노드의 에너지 등급과 계산하여 기존보다 효율적인 경로를 설정한다. 또한 기존 경로의 재사용을 통해 새 경로 설정시 필요한 에너지의 소비를 절약한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 DD 알고리즘의 동작과정 및 문제점에 대하여 알아보고, 3장에서는 개선된 DD 라우팅 알고리즘의 동작과정에 대해 설명한다. 4장에서는 개선된 DD 알고리즘의 성능평가를 수행하며, 5장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 DD 알고리즘

DD알고리즘은 크게 세 가지 단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계는 싱크노드가 원하는 정보에 대한 interest를 센서 네트워크 내 전체 노드들에게 전달하는 과정이다.

두 번째 단계는 interest를 전달받은 노드가 송신노드에 대한 gradient를 설정하면서 이루어진다. 송신된 interest는 관련 센서노드에게 전해지고, 이를 통해 해당 센서노드로부터 싱크노드까지의 여러 경로가 설정된다.

세 번째 단계는 reinforcement를 하는 단계이다. 데이터를 수집한 노드가 여러 경로를 통해 싱크노드로 데이터를 전송하면, 싱크노드는 가장 먼저 도착한 데이터의 경로를 선택, 해당 경로를 reinforcement하게 된다.

이 후 센서노드와 싱크노드간 reinforcement된 최적의 경로만이 두 노드간 데이터 전송을 담당하게 되고, 그 외 경로는 쓰이지 않는다. 이러한 방법을 통해 DD는 에너지 효율적인 라우팅 알고리즘을 구현한다.

### 2.2 DD 알고리즘의 제한점

DD알고리즘은 전력이 제한된 환경에서 몇몇 문제점을 노출한다. 첫 번째는 reinforcement된 경로상의 노드들이 일반적인 노드보다 더 많은 전력을 소비하게 되는 점이다. 이는 해당 노드들의 빠른 기능저하를 야기한다.

두 번째는 양분화이다. 기존 경로의 에너지가 고갈된다면 그 경로를 중심으로 센서노드간 정보전달에 장애가 발생하며 무선 센서 네트워크의 생존 시간이 짧아지게 된다.

## 3 개선된 DD 알고리즘

이 장에서는 DD 알고리즘의 개선을 통하여 기존의 문제점을 극복할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 추가된 두

가지 수치에 대한 관계식을 통해 센서노드들의 에너지 소비를 효율적으로 분배할 수 있도록 하였다.

또한 reinforcement된 경로 상 센서노드의 정보를 주변 노드가 알게 하여 주변 노드가 데이터 전송을 요구할 시 인접 reinforcement된 경로를 바로 이용할 수 있게 하였다.

### 3.1 개선된 DD 알고리즘의 절차

처음 reinforcement까지는 기존의 절차를 수행한다. 이후 reinforcement 경로 상 센서노드는 에너지 감소시 일정 단계마다 에너지 정보를 인접 노드에게만 broadcast한다.

두 번째는 에너지 정보에 대한 등급부여 단계이다. 에너지 정보를 받은 인접 노드들은 자신의 목록에 해당 노드의 정보가 있는지 확인, 에너지 등급 필드에 단계별 등급을 부여한다. 본 논문에서의 등급부여는 <표 1>과 같다.

<표 1> 본 논문에서 가정한 에너지 등급필드 설정

| 구분 | 80% | 60% | 40% | 20% | 10% | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 등급 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 1 |

<표 1>에서 에너지 정보는 못 받았지만 해당 노드의 정보가 존재 시 에너지가 100%라 가정하고 1로 설정하였다.

세 번째는 gradient 가중치와 에너지 등급 정보의 비교 단계이다. gradient 가중치는 다음 기준에 따라 설정한다.

① reinforcement경로상 노드의 가중치는 5로 설정한다.
② 그 외 가중치는 각 interest 종류별로 센서노드에 일찍 추가된 순서에 따라 차례대로 4, 3, 2로 설정한다.
③ 기준 1과 2에 해당하지 않는 가중치는 1로 설정한다.

에너지 등급과 gradient가중치를 이용한 식 (1)을 통해 센서노드의 데이터를 수신할 노드를 구한다.

$$N_R = \text{gradient 가중치} / \text{에너지 등급} \quad (1)$$

$N_R$은 데이터를 수신하는 노드를 의미하며, 기존경로를 포함한 경로 중 가장 높은 $N_R$를 선택하게 된다.

네 번째는 다중 reinforcement단계이다. BS는 새로운 경로에서 데이터를 받으면 그 경로도 추가로 reinforcement 하게 된다. 새 경로 추가 시, 데이터를 보낸 센서노드는 새 경로에 해당하는 노드의 gradient 가중치를 5로 변경한다.

### 3.2 기존 reinforcement된 경로의 이용

DD알고리즘은 reinforcement되지 않은 경우 근처에 기존 경로가 있을지라도 새 경로를 설정한다. 제안하는 알고리즘은 경로의 재사용을 통해 에너지 효율을 높이고자 한다.

먼저 인접한 기존 경로를 확인한다. 기존 경로 상 센서노드가 자신의 에너지 등급을 broadcast할 때 인접노드들은 이를 에너지 등급필드를 기록하고, 또한 reinforcement 확인필드에 기존 경로 상의 노드라고 표시한다.

다음은 데이터 전송시 기존 경로상의 노드에 데이터를 전달하는 단계이다. 데이터 센싱한 센서 노드는 목록에서 reinforcement된 인접 센서노드 중 하나에 데이터를 전송, 이미 존재하는 reinforcement된 경로를 이용할 수 있다.

세 번째는 제안된 알고리즘을 적용하는 단계이다. 선택한 경로 상 센서노드의 $N_R$값이 다른 노드의 $N_R$값보다 작을 시 제안된 알고리즘대로 새로운 경로를 선택하게 된다.

위의 3단계를 통해 데이터를 센싱한 센서노드는 기존 reinforcement된 경로를 쉽게 이용할 수 있다. 그러나 센서노드의 주변에 reinforcement된 경로가 존재하지 않을 시에는 기존대로 새 경로를 지정한다.

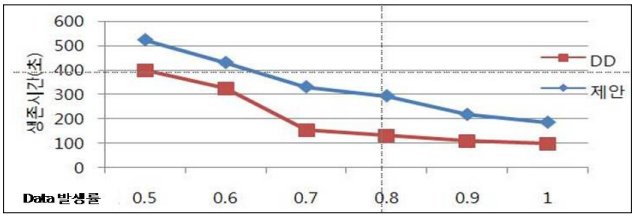
## 4. 실험 및 평가

시뮬레이션은 NS-2로 구현되었으며 DD 알고리즘과 제안한 알고리즘의 네트워크 생존시간을 비교하였다. 실험에 사용된 파라미터는 <표 2>와 같다.

<표 2> 시뮬레이션 파라미터

| 파라미터 | 값 | 파라미터 | 값 |
|---|---|---|---|
| 초기에너지 | 30J | 노드정보 크기 | 2KB |
| interest 크기 | 2 KB | 데이터 크기 | 8KB |
| Tx power | 0.66 mW | Rx power | 0.395mW |
| idle power | 0.03 mW | 필드 크기 | 800x800m |

### 4.1 시뮬레이션 결과 분석




(그림 1) 제안된 알고리즘 생존시간 분석

(그림 1)은 생존 시간에 대해 DD 알고리즘과 개선된 알고리즘을 비교한 결과이다. 개선된 알고리즘은 에너지를 고르게 소비하기 때문에 DD 알고리즘보다 네트워크 생존시간이 길어지고 에너지 효율이 증가함을 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크의 양분화 방지 및 네트워크 생존시간 연장을 위해 에너지를 균등하게 사용하는 개선된 DD알고리즘을 제안하였다. 이 기법은 에너지 등급과 gradient 가중치를 설정하여 전체 네트워크의 생존시간을 늘려준다. 또한 기존 경로 재사용을 통해 새로운 경로의 reinforcement를 위한 에너지 사용을 감소시켰다.

향후 연구로 에너지 등급 필드 변경을 통한 상황별 성능 향상 방안을 모색하고, 이를 통해 보다 향상된 센서 네트워크 라우팅 알고리즘에 대한 연구를 진행할 것이다.

## 참고문헌

[1] I.F Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communication Magazine, Vol.40, pp.102-114, Aug, 2002.

[2] C. Intanagonwiwat R. Govindan, D. Estrin. J. Heidemann, and F. Silva, "Directed diffusion for wireless sensor networking," Ieee/Acm Transactions on Networking, Vol.11, No.1, pp.2-16, Feb. 2003.