

# 센서 네트워크에서 멀티패스 라우팅 알고리즘의 시뮬레이션

정원도\*, 김기형\*\*, 손영호\*\*\*

## The Simulation of a Multipath Routing Algorithm in Sensor Networks

Won-do Jung\*, Ki-Hyung Kim\*\*, Young-Ho Sohn\*\*\*

### Abstract

The sensor network consists of sensor nodes which communicate wirelessly. It requires energy-efficient routing protocols. We measure requirements in routing protocols by using simulation techniques. In this paper, we propose a random routing algorithm and evaluate it by simulation.

**Key Words:** sensor networks, random routing, local repair

\* 영남대학교 컴퓨터 공학과

\*\* 아주대학교 정보및컴퓨터공학부

\*\*\* 영남대학교 컴퓨터 공학과

## 1. 서론

센서 네트워크에서는 무선 통신 기능을 가지고 있는 센서 노드들이 수집한 이벤트에 대한 정보를 네트워크를 통해서 전달하는 형태를 가지고 있다. 이러한 네트워크 형태를 가지고 있는 센서 네트워크에서는 기존의 무선 랜에서 사용하고 있는 라우팅 프로토콜이 아닌 새로운 형태의 라우팅 프로토콜을 필요로 하고 있다.

최근에는 이러한 센서 네트워크에 적합한 많은 라우팅 프로토콜들이 제안되고 있다. 또한 기존의 무선 네트워크에서 사용되는 라우팅 프로토콜들을 센서 네트워크에서 사용하기 위해서 기존의 애드혹 라우팅 프로토콜 알고리즘들을 변형하여 사용하거나 새로운 라우팅 알고리즘들을 고안하여 사용하고 있다.

센서 네트워크를 이루는 센서 노드들은 상당히 제한적인 자원들을 가지고 있으며, 따라서 이러한 노드들이 라우팅을 하기 위해서 사용 가능한 자원도 적다. 이에 따라 이러한 환경에 맞는 라우팅 프로토콜을 이용하여 통신을 지원하여야 한다.

기본적으로 센서 네트워크에서 사용되는 노드들은 일회용이며, 이러한 노드들은 한번 사용되고 나면 다시 사용되지 않는다 따라서 간단히 사용이 가능하며, 비용이 적게 드는 라우팅 알고리즘이 필요하며 최소한의 에너지를 사용하는 것이 필요하다. 따라서 라우팅 프로토콜 알고리즘을 고안하는데 있어서 이러한 것을 고려해야한다.

또한 에너지의 사용량만이 아니라 네트워크 전체가 오랫동안 라우팅을 하고 데이터들을 네트워크를 통해서 전달하고 통신하는 것을 지원해야 한다. 따라서 하나의 노드가 에너지를 빨리 소모하는 것을 막는 것만이 아니라 전체적인 노드들의 에너지 소모가 적도록 할 수가 있어야 한다.

따라서 본문에서는 이러한 라우팅 프로토콜들의 요구사항을 만족하기 위한 랜덤 라우팅 프로토콜에 대해서 제안하고 이 라우팅 프로토콜에 대한 시뮬레이션을 한다.

## 2. 센서 네트워크의 특징

센서 네트워크를 구성하는 센서 노드들은 센서 기능을 가진 부분과 무선 데이터 통신을 위한 네트워크 기능 부분으로 구성되어 있다. 이러한 구조를 가진 센서 노드들은 제한적인 무선 통신이 가능하지만 그 기능이 일반적인 무선 노드들에 비해서 많이 부족하다.

또한 센서 노드는 에너지를 재충전을 하거나 배터리의 교환을 하지 않는다. 따라서 초기에 주어진 에너지를 기반으로 무선 네트워크를 통한 데이터전송이 오랫동안 가능해야 한다. 그리고 기본적인 센서 기능을 지속적으로 작동시켜야 하기 때문에 최대한 에너지의 소모를 줄일 수가 있는 방법으로 라우팅 프로토콜이 제안되어야 한다.

센서 노드들은 기존의 무선 네트워크를 구성하고 사용한 노드들에 비해서 특수한 환경을 가지고 제한적인 자원을 활용하여야만 한다. 따라서 센서 노드들은 사용가능한 자원을 최대한 사용하고 데이터를 전달하기 위한 라우팅 경로를 유지해야 한다.

센서 네트워크는 기존의 무선 네트워크인 애드혹 네트워크의 구조를 바탕으로 하고 있다. 애드혹 네트워크는 AP가 없는 네트워크 구조로 모든 노드들이 데이터를 전달하기 위한 라우팅 경로를 설정해야 한다. 이러한 라우팅 경로를 설정하기 위해서 여러 가지 방법들이 제안되어 사용되어지고 있다.

또한 애드혹 네트워크는 센서 네트워크의 기반이 되는 네트워크 형태이다. 이 네트워크 형태는 유선 기반이 없이 무선 네트워크로 이루어진 센서 노드들을 연결시키는 기본적인 방법이 된다. 따라서 기본적으로 애드혹 네트워크에서 사용된 라우팅 방식은 센서 네트워크에서도 사용이 가능하다.

이중에서 대표적인 것이 AODV이며, 이것은 노드의 필요에 따라서 라우팅 경로를 설정하는 방식으로 동작하는 형태의 라우팅 프로토콜이다.

### 3. 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜

센서 네트워크에서 요구되는 라우팅 프로토콜의 성능은 기본적으로 에너지의 소모가 적고 오랫동안 데이터를 전달할 수가 있어야 한다. 이러한 목적을 가지고 라우팅 프로토콜이 설계되어야 하며, 데이터를 효과적으로 전달하는 것보다는 에너지를 적게 사용하는 것에 좀 더 목적을 두어야 한다.

그러나 기존의 센서 네트워크에서 사용되어진 라우팅 프로토콜은 에너지의 효과적인 사용보다는 데이터를 효과적으로 수집하는 것에 중점을 두고 만들어진 면이 있다. 특히 directed diffusion의 경우 에너지에 대한 사용을 고려보다는 데이터를 수집하기 위한 방법에 좀 더 중점을 두고 개발되어진 라우팅 프로토콜이다.

현재 센서 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜중에서 가장 많이 알려진 프로토콜로 directed diffusion이 있다. 이 라우팅 프로토콜은 데이터 중심의 라우팅 프로토콜이다. 그래서 노드와 직접 연결을 하는 것이 아니라 노드가 원하는 데이터를 중심으로 연결을 만드는 라우팅 프로토콜이다.

Directed diffusion은 interest라는 데이터를 원하는 조건을 알리는 질의로 사용한다. 이 질의 데이터에는 sink 노드가 필요로 하는 데이터의 조건이 포함하고 있다. 각 노드들은 이 interest를 받으면 자신이 발생시키는 데이터가 조건에 적합한지 확인하고 적합한 경우에 데이터를 sink 노드를 향해서 전달한다.

Interest가 전체 네트워크에 전달되는 방법은 sink 노드가 발생시킨 interest 메시지를 모든 노드들이 받아서는 다시 브로드캐스트를 하면서 전체 네트워크에 있는 노드들이 모두 이 메시지를 받게 된다는 것에 있다. 즉 모든 노드들이 interest를 받으면 이 메시지를 다시 브로드캐스트하면서 자꾸 퍼지게 되는 것이다. 그래서 모든 네트워크의 노드들이 이를 듣게 된다.

Gradient는 interest를 플러딩하면서 설정되거나 혹은 데이터를 발생시킬 센서 노드가 데이터를 전달할 라우팅 경로를 탐색하기 위해서

데이터를 보내는 과정에서 설정된다. 이 Gradient값은 결정되면 이 값으로 설정된 라우팅 경로로만 데이터들이 전달되는 경향이 생기게 된다. 그리고 그렇게 되면 데이터를 전달하는 노드만이 에너지를 소모하게 되어 전체 네트워크가 빨리 죽게 되는 것이다.

Directed diffusion에서는 interest와 gradient를 이용한 라우팅 경로 설정 방식을 이용해서 데이터를 전달한다. 그래서 데이터를 얻기 위해서 노드들의 위치를 알 필요는 없다. 대신 interest를 플러딩시키는 것으로 sink 노드가 원하는 데이터를 발생시키는 노드로의 경로를 설정하게 되는 것이다.

### 4. 멀티 패스를 이용한 랜덤 라우팅

센서 네트워크에서 최대의 과제는 에너지의 소모를 최소화하는 것이다. 에너지의 소모를 최소화하게 되면 노드들이 오랫동안 데이터를 전송하는 것이 가능하기 때문이다. 따라서 라우팅 프로토콜에서는 에너지에 대한 고려가 필수적이다.

또한 신뢰성이 있는 데이터 전달도 요구된다. 전달되는 데이터가 신뢰도가 낮다면 에너지를 사용하여 전달하여 오히려 에너지의 소모만 시킬 수가 있기 때문이다. 따라서 라우팅 프로토콜에서 에너지의 소모와 함께 전달되는 데이터의 신뢰성에 대해서도 고려해야만 한다. 그러나 데이터를 전달하는 과정에서 신뢰성을 너무 중요시하면 에너지의 소모가 심해질 수가 있으므로 이의 적절한 균형이 필요하다.

랜덤 라우팅 방식은 이러한 두 가지 문제를 동시에 만족시키기 위해서 고려된 것으로 directed diffusion 방식을 기반으로 AODV의 형태로 고안되었다.

이 라우팅 프로토콜은 directed diffusion에서와 같이 interest를 네트워크에 플러딩하여 sink 노드가 원하는 데이터에 대해서 전체 네트워크의 노드들에게 알리고 있다. 그리고 이 과정에서 전체 경로중에서 가장 가까운 경로를 찾기 위해서 흡수를 사용하고 있다.

그러나 directed diffusion과는 달리 interest

를 플러딩하는 과정에 각 노드들은 자신의 이웃 노드들중에서 sink 노드를 향한 이웃 노드 두 개에 대해서 라우팅 경로를 설정한다. 그리고 설정된 라우팅 경로들 중에서 데이터를 전달할 때에는 이 중에서 하나만을 선택해서 데이터를 전달한다. 그 이유는 하나의 라우팅 경로만 사용할 경우에 발생한 에너지의 소모를 고려하여서 이다.

그리고 데이터 전달을 위한 라우팅 경로를 선택하는 방법으로는 랜덤함수를 이용해서 선택하고 있다. 그래서 모든 데이터들은 전달되는 경우에 이전에 전달된 노드로 다시 전달되기 보다는 다른 노드로 선택될 가능성이 있게 된다.

데이터를 전달하는 과정은 노드들이 데이터를 받게 되면 자신이 가지고 있는 두 개의 라우팅 경로중에서 랜덤하게 하나를 선택한다. 그리고 선택된 라우팅 경로를 통해서 데이터를 이웃 노드에게 전달하는 것이다. 또한 라우팅 경로를 통해서 데이터를 전달할 때에는 이미 흡수가 고려되어 있기 때문에 모든 데이터는 전달되면서 한 흡씩 sink 노드와 가깝게 된다.

랜덤 라우팅 프로토콜의 경로 설정과정은 그림 1의 (a)와 (b)에서 보여주고 있다. 그림 1에서와 같이 네트워크에서 라우팅 경로를 설정하고 데이터를 보내면 실질적으로 다양한 경로를 가지고 데이터를 보내는 것이 된다. 또한 AODV를 이용할 경우에 나타날 라우팅 경로에 대해서 (c)에서 보여주고 있다. AODV의 경우 라우팅 경로가 하나뿐이기 때문에 랜덤 라우팅에 비해서 데이터 전달의 신뢰성이 떨어진다. 따라서 제안된 라우팅 알고리즘은 AODV에 비해서 데이터 전달의 신뢰성이 높아진다.

랜덤 라우팅에서 라우팅 경로는 두 개가 존재한다. 따라서 하나의 경로에서 장애가 발생하더라도 나머지 하나의 경로를 통해서 데이터를 전달하는 것이 가능하다. 따라서 데이터를 안정적으로 전달할 가능성이 높아지게 된다.

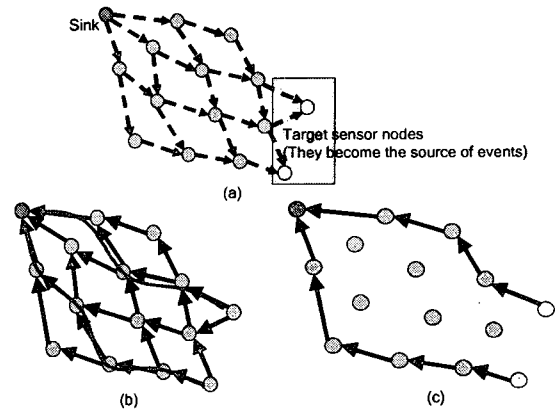


그림 1 라우팅 경로의 발견

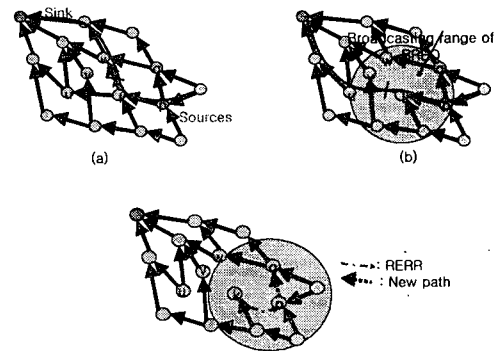


그림 2 라우팅 경로의 복구

또한 랜덤 라우팅에서 노드가 데이터를 전달하는 과정에서 라우팅 경로에 장애가 발생하면 이를 신속히 복구하기 위해서 자신의 주위 노드들에게 sink를 향한 라우팅 경로를 요청하게 되고 그림 2에서처럼 이를 신속히 복구하여 사용하게 된다.

이러한 라우팅 프로토콜의 특성은 센서 네트워크에서 센서 노드들이 에너지를 최대한 적게 소모하면서 데이터를 전달하는 것이 가능하도록 한다. 기존의 라우팅 프로토콜들을 이용하는 것에 비해서 에너지의 소모와 데이터 전달의 안정성을 높이므로 센서 네트워크의 활용도를 높인다.

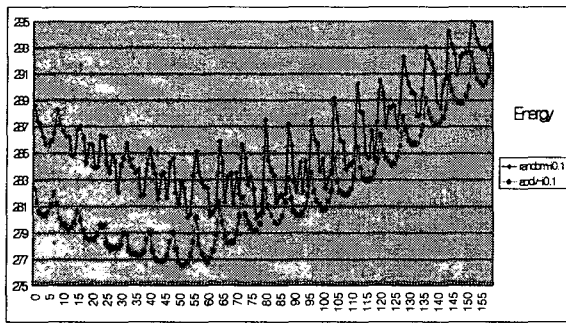


그림 3 각 노드당 남아있는 에너지

그림 3의 경우 각 노드들의 남아있는 에너지에 대한 결과를 보여주고 있는데 보는 바와 같이 거의 모든 노드들이 AODV에 비해서 많은 에너지를 남기고 있다. 이러한 결과는 기존의 AODV를 사용하는 것에 비해서 제안된 랜덤 라우팅이 좀더 효율적임을 보여준다. 또한 데이터가 전달되는 값도 랜덤 라우팅의 경우 그림 4에서와 같이 AODV를 이용한 경우에 비해서 더욱 효과적으로 데이터를 전달하고 있음을 보여주고 있다.

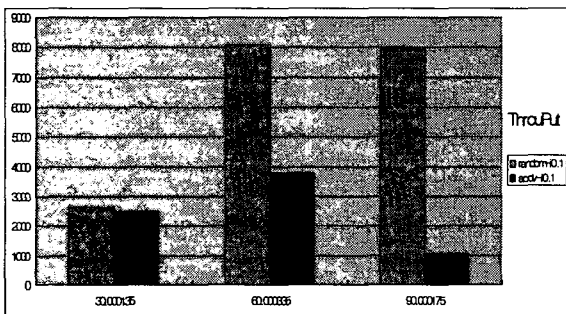


그림 4 전체 네트워크의 throughput

## 5. 결론

본 논문에서는 센서네트워크에서 멀티패스 라우팅 및 효율적인 지역경로복구기법을 이용해 효율적인 패킷전송을 하는 기법을 제안하고 이를 위한 시뮬레이션 기법을 제안하였다.

## 참고문헌

- [1] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Belding-Royer, and Samir Das. "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing." IETF RFC 3561
- [2] Intanagonwiwat, C., Govindan, R., Estrin, D., Heidemann, J., Silva, F., "Directed diffusion for wireless sensor networking"

Networking, IEEE/ACM Transactions on , Volume: 11

[3] Neha Jain, Madathil, D.K., Agrawal, D.P., "Exploiting multi path routing to achieve service differentiation in sensor networks" The 11th IEEE International Conference on Networks(ICON2003), 2003, pp. 681 - 686.