

향상된 성능을 갖는 Directed Diffusion 알고리즘의 개발

Development of Directed Diffusion Algorithm with Enhanced Performance

김시환, 한윤종, 김성호
군산대학교 전자정보공학부

Si-Hwan Kim, Yun-Jong Han, Sung-Ho Kim
School of Electronics & Information Engineering, Kunsan National Univ
E-mail : sihwan@gmail.com

요 약

센서 네트워크는 다수의 센서 노드들이 싱크(sink) 노드와 데이터 중심(Data centric) 기반으로 통신을 하게 되는데 이때 사용되는 라우팅 알고리즘 중 한 가지가 Directed Diffusion이다. Directed Diffusion은 싱크(sink)의 named data 질의 방송(diffuse)에 기반을 둔 라우팅 프로토콜(protocol)로 다수의 소스 노드와 다수의 싱크 노드의 상황에서도 효율적으로 동작한다는 점과 각각의 질의에 의한 라우팅 경로 중에 aggregation과 caching을 수행할 수 있다는 장점을 갖는다. 그러나 강화된 gradient 패스를 얻기 위해 요구되는 부담이 크다는 단점을 갖는다. 따라서 본 연구에서는 interest 패킷에 hop-count를 도입하여 gradient가 과도하게 설정되는 것을 제한함으로써 에너지 사용 효율을 높일 수 있는 개선된 Directed Diffusion 알고리즘을 제시한다. 또한 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 유용성 확인을 확인하고자 한다.

1. 서론

가까운 미래에, 향상된 마이크로프로세서의 성능, 메모리, 무선 기술로 무선 통신에 사용되는 노드는 작고 저렴해질 것이다. 이러한 무선 노드에 센싱 능력을 부가한 장치를 사용하여 광범위한 지역을 효과적으로 모니터링 할 수 있게 하는 센서 네트워크 기술이 최근 각광을 받고 있다. 이러한 센서 네트워크는 정보 취득에 획기적인 향상을 가져오며 자연재해를 감시하는 환경 감시, 건강관리, 군 작전지역에서 군사적인 목적으로 널리 사용될 수 있다. 특히, 최근에는 유비쿼터스 홈 네트워킹 등에 적용되어 인간에게 보다 편리한 세상을 열어주게 될 것으로 기대 된다. 센서 네트워크는 이동성(mobility)을 갖는 다수의 센서노드들로 구성되기 때문에 네트워크 토폴로지가 자주 변경된다는 특징과 한정된 배터리 전원으로 효율적으로 구동되어야 한다는 특징을 갖

는다. 따라서 시스템 설계시 일부 노드들의 고장으로 인하여 전체 네트워크의 영향을 최소화함과 동시에 저전력 설계가 필수적으로 요구된다. 특히 저전력 설계와 관련하여 센서 네트워크의 센서 노드는 센싱뿐 아니라 중계 기능까지도 하게 되므로 전원의 부족으로 인해 작동하지 못하게 된다면 전체 네트워크의 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 센서 노드와 관련된 하드웨어, 프로토콜, 운영체제 등의 설계시에는 반드시 저전력 기술이 채택되어야 하며 이를 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 저전력 프로토콜에 대한 연구는 Physical 계층이나 Mac 계층뿐 아니라 네트워크 계층에서도 고려되어야 한다. 특히 네트워크층에서 처리되는 라우팅 프로토콜은 가장 활발히 연구되는 분야이다. 저전력 라우팅 프로토콜로는 다음 설명하는 몇 가지 라우팅 프로토콜을 들 수 있다[1]. 센서 네트워크의 라우팅 프로

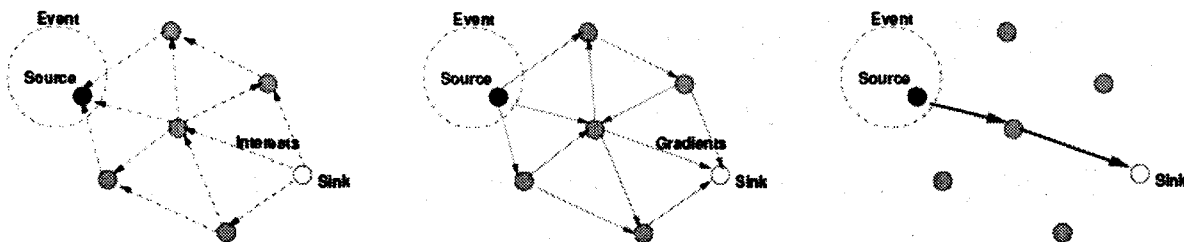


그림 1 : interest 메시지에 의해 gradient가 설정되는 모습[4]

토콜은 크게 data centric, 위치 기반 라우팅, 클러스터 기반 라우팅으로 분류될 수 있다. 또한 구조적으로 분류하면 Flat 모델과 hierarchical 모델로 분류할 수 있으며 data centric은 Flat 구조의 센서 네트워크에서 주로 사용된다.

SPIN(Sensor Protocol for Information via Negotiation)은 데이터를 취득한 센서 노드가 주변 노드에게 ADV 메시지를 브로드 캐스트하고 필요한 데이터라고 판단한 주변 노드가 REQ 메시지를 응답하는 Data-Centric 기반의 라우팅 프로토콜중 가장 먼저 제안된 알고리즘이다[2]. Rumor Routing은 Directed Diffusion 이 가지고 있는 Interest 메시지에 의한 오버헤드를 줄이기 위해서 제안된 알고리즘이다[3]. 하지만 Rumor Routing은 네트워크의 규모가 작은 경우에만 효과를 볼 수 있다. 이밖에도 위치 정보를 이용하는 LAR(Location Aware Routing), GPCR(Greedy Perimeter Stateless Routing), 네트워크의 센서노드를 클러스터로 관리하는 LEACH 등을 저 전력 센서 네트워크 라우팅 프로토콜이라 할 수 있다.

본 연구에서는 Directed Diffusion의 data propagation시에 발생하는 문제를 해결하기 위해 hop-count를 사용한 개선된 data propagation 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 제안된 기법의 유용성을 확인하고자 한다.

2. Directed Diffusion

Directed Diffusion은 Data-Centric 라우팅 프로토콜이다[4-5]. Data-Centric 라우팅 프로토콜은 싱크 노드가 데이터를 얻고자 할 때 네트워크에 원하는 데이터를 요구하는 On-Demand 방식으로 네트워크가 동작한다. Data-Centric 라우팅 프로토콜에서는 source는 데이터를 보내기만 하고 sink는 이러한 데이터를 받고 또한 데이터를 요구하는 기능을 수행한다. Directed Diffusion에서는 interest - data propagation - reinforcement 와 같은 과정으로 라우팅 경로가 결정된다.

2.1 Directed Diffusion의 기본 동작

sink는 아래와 같이 속성과 값의 쌍으로 이루어진 interest 메시지를 발생한다.

```

type = big-animal // 동물을 발견
interval = 1s // 1s 마다 데이터를 보고
timestamp = 10:30:20 // 메시지 발생 시간
expiresAt = 10:40:20 // 메시지 소멸 시간
    
```

위와 같은 interest 메시지를 수신 받은 센서 노드는 interest 메시지를 송신한 노드에 대해 gradient를 설정하며 이과정은 그림 1과 같다. 설정된 gradient는 data propagation 과정 중에 싱크 노드를 찾는 루트로 사용된다. 센서 노드는 interest를 expiresAt에 명시된 시간 동안 저장해 두었다가 big-animal을 만족시키는 센싱 값을 얻었을 때 interval로 설정된 1s 마다 interest 과정 중 설정되었던 gradient를 통해 싱크 노드로 data를 전송하게 된다. data를 전달 받은 sink는 가장 빠르게 도착한 노드에게 reinforce를 설정한다. 이러한 방식으로 source까지 reinforce가 설정된 후 source로부터 sink로 reinforce된 노드를 경유하여 데이터가 전송 된다.

2.2 Data Propagation시의 문제점

Directed diffusion에도 몇 가지 단점을 존재하는데 다음 그림 2에서 볼 수 있듯이 B 노드나 C 노드는 이벤트가 발생한 A 노드와 싱크 노드의 통신을 위해 전혀 관련 없는 노드임에도 불구하고 interest-gradient-reinforce 과정에 참여하여 에너지를 소비한다. 이와 더불어 interest 메시지를 받은 노드는 interest 메시지를 송신한 모든 노드들에 대해 gradient를 설정하고 data propagation 과정 중에 이 gradient를 따라서 data를 전송하게 되는데 설정된 gradient중 싱크 노드와 반대 되는 방향으로의 gradient가 설정될 수 있다. 이러한 싱크노드와의 역 방향에 있는 gradient를 통해 전송되는 데이터를 수신 받는 노드나 송신하는 노드는 데이터가 전송되기 이전에는 필요 없는 데이터로 판단할 수 있는 근거가

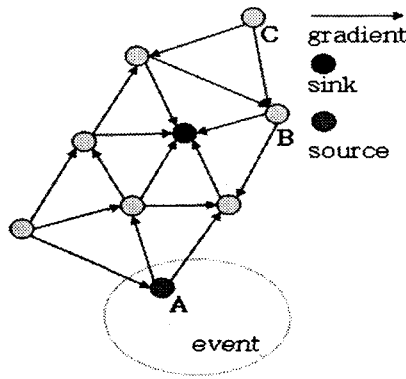


그림 2. Directed diffusion 알고리즘의 문제점

없다. 결과적으로 수신 노드는 데이터를 완전하게 받은 후에 이 패킷이 필요 없다고 판단하고 패기하게 된다. 이에 본 논문에서는 interest 메시지에 의해 gradient를 설정하고 gradient를 사용한 data propagation 과정을 hop-count를 사용해 억제 한다.

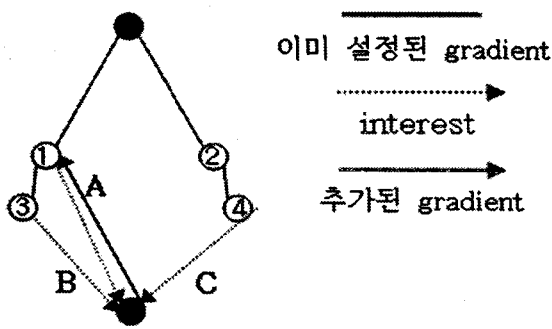


그림 3. interest 메시지에 대해 hop-count를 사용하여 gradient를 설정

2.3 hop-count를 사용한 interest-gradient 설정

interest 메시지 헤더에 hop-count를 추가함으로써 interest 메시지를 받은 노드는 규정된 hop-count내의 것을 합당한 interest로 판단하고 그 이외의 interest 메시지는 무시한다. 이렇게 되면 sink 노드에서 센서 노드까지 최단 경로로만 연결되기 때문에 센서 노드는 자연스럽게 최단 경로 gradient 만을 갖게 된다. 이 때문에 필요 없는 싱크 노드와의 역방향으로의 데이터 전송을 미연에 방지할 수 있게 된다. 지금까지 설명된 과정을 그림 3에서 보여주고 있다. 싱크에서 interest 메시지를 브로드 캐스팅 했을 때 노드 1은 interest 메시지를 받아서 새로운 메시지라고 판단하면 hop-count를 증가시키고 주변 노드들에게 포워딩 하게 된다. 포워딩된 메시지는 다시 이웃해 있는 노드 3과 소스 노드에게 까지 전달된다. 메시지를 받은 노드 3과 소스 노드는

각각 노드 1에게 gradient를 설정하고 또 다시 메시지를 포워딩하게 되는데 이때 노드 3에서 포워딩된 메시지가 다시 소스노드에 전달된다. 소스 노드는 이 메시지에 대하여 이미 캐시에 저장되어 있는 interest 메시지이기 때문에 hop-count를 조사하여 현재 설정된 gradient의 hop-count 보다 크다면 메시지를 버리게 된다. 이 과정은 같은 방식으로 노드 1에서도 동일하게 일어난다. 이와 같은 방법으로 경로 B와 경로 C는 3개의 hop이기 때문에 경로 A의 2개의 hop에 의해 무시되어 진다. 결국 소스 노드는 노드 1과 노드 2에 대해 두 개의 gradient 만을 가지게 된다. 이와 같이 최단 경로로만 gradient 가 연결되기 때문에 data propagation 과정에서 발생하는 통신 과정이 줄어들게 된다.

3. 모의실험

제안된 알고리즘의 유용성 확인을 위해 본 연구에서는 네트워크 모의실험에 많이 사용되는 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 상황은 표1과 같으며 일정한 공간 안에 30 개의 노드를 임의적으로 배치하고 특정 초기 에너지에 따라서 전체 노드의 에너지가 소모되어 네트워크가 동작하지 않을 때까지의 시간을 시뮬레이션 하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
초기 에너지	1.5 J
Tx power	0.660 J
Rx power	0.395 J
idle power	0.035 J
field dimension	800m x 800m
interest size	36 byte
event size	64 byte

기존의 알고리즘과 hop-count를 사용한 알고리즘의 모든 파라미터를 동일하게 설정하고 두 알고리즘의 차이를 비교하였다.

3.2 모의실험 결과

그림4는 시간 경과에 따른 네트워크에 참여하는 노드의 평균 잔존 에너지를 보여 준다. 시뮬레이션의 후반부까지 기존 알고리즘이 평균 에너지가 높음을 볼 수 있는데 이는 네트워크에 참여 하는 노드의 수가 상대적으로 많음으로 생기는 결과이다. 많은 노드가 네트워크에 참여하기 때문에 평균 에너지 수치는 높지만 실제적으로 소모한 에너지의 양이 늘어나게 된다.

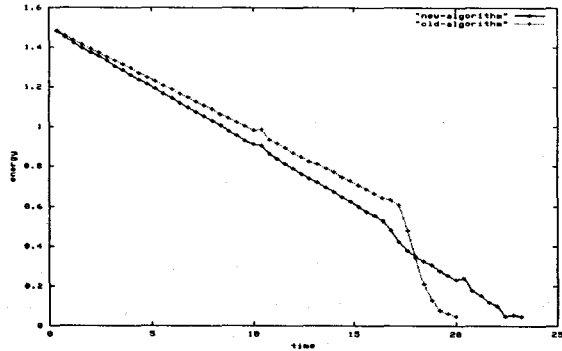


그림 4. 시간 경과에 따른 평균 에너지 잔존량

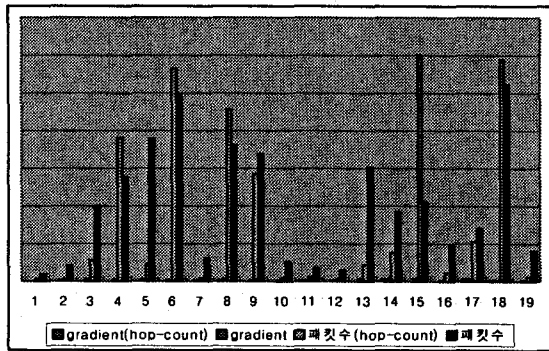


그림 5. gradient 와 송수신 패킷 비교

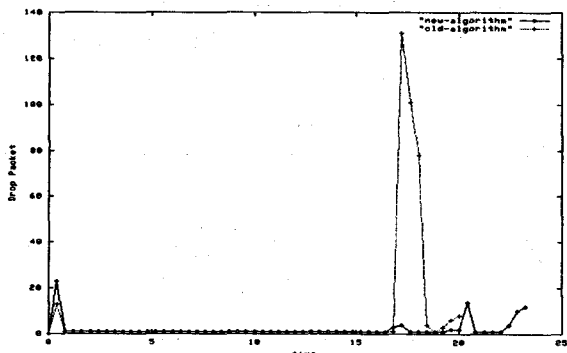


그림 6. 시간 경과에 따른 Drop 패킷의 수

그림 5는 각 노드의 gradient와 송수신 패킷을 hop-count를 사용한 알고리즘과 비교한 것이다. 그림에서 보듯이 적은 gradient 수로 인하여 송수신 패킷의 수에 차이가 남을 확인할 수 있다. 또한 그림 6은 시간 경과에 따른 충돌(Collision)로 발생하는 패킷의 Drop수를 측정 한 그래프 이다. 마지막으로 기존 알고리즘은 20.04s동안 동작하였고 hop-count를 사용한 알고리즘은 24.12s동안 동작하였다. 이와 같은 결과로 hop-count를 사용한 Directed Diffusion이 에너지 효율이 우수함을 확인 하였다.

4. 결론

본 연구에서는 Directed Diffusion 라우팅 프로

토콜시 발생하게 되는 과도한 오버헤드 문제를 hop-count를 도입하여 해결하고자 하였다. 제안된 기법은 hop-count를 사용하여 과도한 gradient의 설정을 억제하기 때문에 sink로의 gradient 방향으로만 데이터 통신을 시도하게 된다. 따라서 데이터가 sink의 역방향으로 전송되는 것을 막을 수 있어 필요한 노드들만을 네트워크에 참여시키기 때문에 쓸모없는 에너지 손실을 방지 할 수 있다는 특징을 갖는다.

본 연구는 산업자원부 지정 군산대학교 새만금환경연구센터의 지원에 의한 것입니다.

5. 참고문헌

- [1] 김재현, 김석규, 이재용, "무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율을 고려한 MAC/라우팅 프로토콜", 2005년 7월 전자공학회지 제32권 제7호.
- [2] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks," in the *Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99)*, Seattle, WA, August 1999.
- [3] D. Braginsky, D. Estrin, "Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks," in Proc. ACM WSNA 2002, Sep. 2002, pp. 22-29.
- [4] C. Intanagonwiwat, R. Govindan and D. Estrin, "Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks", in the *Proceedings of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'00)*, Boston, MA, August 2000.
- [5] Chalermek Intanagonwiwat, John Heidemann, et al., "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.11, No.1, February 2003.