

센서 네트워크에 적용 가능한 수정된 Flooding 알고리즘 개발

Design of Modified Flooding Algorithm Applicable to Sensor Network

김성호 · 김시환

Sung-Ho Kim and Si-Hwan Kim

군산대학교 전자정보 공학부

요 약

무선 Ad-Hoc 망은 기존의 인프라 스트럭처의 지원 없이 이동 단말들 간의 통신만으로 동작하는 네트워크로 기존 유선망과는 다른 형태의 통신 프로토콜이 요구된다. 이중 많은 통신 프로토콜에서 Flooding 알고리즘이 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 이러한 Flooding 알고리즘은 패킷 전송 노드의 수에 따른 에너지 소비등과 같은 문제점을 갖는다. 이에 본 연구에서는 기존 Flooding 알고리즘을 개선할 수 있는 새로운 형태의 알고리즘을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 제안된 알고리즘이 기존 Flooding 알고리즘에 비해 성능을 크게 향상시킴을 보인다.

키워드 : 센서네트워크, Ad Hoc 네트워크, 라우팅 프로토콜, Flooding 알고리즘

Abstract

Wireless Ad-Hoc network which doesn't utilize any established infrastructure requires different communication protocols. Among them, Flooding algorithm is generally used in wireless Ad-Hoc network for packet transmission. However, Flooding algorithm has many drawbacks such as energy consumption according to the increase of nodes. Therefore, a modified flooding algorithm which can effectively overcome the aforementioned drawbacks is proposed in this paper. The performance of the proposed scheme is shown by various simulation studies.

Key Words : Sensor Network, Ad Hoc Network, Routing Protocol, Flooding Algorithm

1. 서 론

최근 들어 물리적 공간과 전자적 공간을 융합한 유비쿼터스란 개념이 널리 사용되고 있다. 유비쿼터스 공간이란 모든 물리공간에 컴퓨터를 집어넣음으로써 사람과 컴퓨터뿐만 아니라 사람과 사물, 사물과 사물이 모두 유 무선으로 연결되어 서로 대화하고 알아서 스스로의 행동을 결정할 수 있는 환경을 의미한다. 이러한 유비쿼터스 환경의 구체적 구현으로, 최근 급속히 발전되고 있는 무선통신기술과 반도체 설계 기술을 이용한 저가격, 저 전력의 다양한 센서 노드들에 기반 한 센서 네트워크를 들 수 있다[1].

센서네트워크는 기본적으로 계측 및 무선통신 기능이 탑재된 다수의 센서노드들로 구성된다. 이러한 센서노드들은 자체적으로 네트워크를 형성하는 것이 가능하며 이로 인해 측정된 정보를 자체적으로 형성된 망을 통해 인터넷과 같은 기간망으로 전달할 수 있어 광범위한 지역의 생태 모니터링, 지진 감시 및 군사용 등에 폭넓게 적용되고 있다[2].

무선 ad hoc 망은 미리 설치된 유선망에 기반해 동작하는 기존의 셀룰러망 등과 달리 이동 단말들 간의 통신만으로 동작하는 망이다. Ad hoc 망은 유선 기반망을 필요로 하지 않

으므로 빠른 시간에 적은 비용으로 구축할 수 있어 유선망 구축이 어렵거나 짧은 시간에 망을 구축할 필요가 있는 인명 구조, 전쟁 등의 상황에 많이 사용되고 있으며 packet radio network이라는 이름으로 80년대에 군사적인 목적으로 연구가 이루어진 바가 있다. 최근에는 센서 네트워크에 대한 관심이 높아지면서 이에 대한 연구가 다시 활발해지고 있다.

Flooding 알고리즘은 ad hoc 망에서 매우 자주 사용되는 방법으로 소스로부터의 메시지를 네트워크의 모든 노드들에게 전달하는 방법을 의미한다. Flooding 기법은 AODV 나 DSR 등의 라우팅 프로토콜에서 최초의 라우팅 정보를 알리기 위해 routing request 패킷을 망에 전송할 때 사용되고 있다. 또한 복잡한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 사용하는 대신 flooding을 사용하면 멀티캐스트 프로토콜을 쉽게 구현할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한 Directed Diffusion 과 같은 query 기반 센서 네트워크 모니터링 시스템에서 query를 네트워크에 dissemination할 때 flooding은 중요한 역할을 한다. 그러나 이러한 flooding의 중요성에도 불구하고 ad hoc 망에서의 flooding에 관한 본격적인 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 현재 제안된 모든 ad hoc 망 라우팅 프로토콜들은 blind flooding과 같은 간단한 flooding 기법만을 사용하고 있어 flooding을 위한 부담이 매우 크다[11].

본 논문은 ad hoc 망의 일종인 센서 네트워크 상황하에서 적용 가능한 개선된 flooding 방법인 RFF (Restricted Forward Flooding)을 제안하고자 한다. 제안된 flooding 기법은 query dissemination과 같은 일정한 노드에서 네트워크에 정보를 전파하는 경우에서 사용되도록 설계되었다. 제

접수일자 : 2006년 10월 26일

완료일자 : 2007년 2월 7일

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

안된 기법을 사용함으로써 포워딩을 최대한 억제하여 기존의 blind flooding 기법과 동작효과는 같으면서도 에너지 절약적으로 센서 네트워크 어플리케이션을 운용할 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RFF 기법을 적용하기 위한 query 기반 센서 네트워크 어플리케이션에 대해 설명하고 기 개발된 blind flooding 기법의 문제점에 대해 기술하며 3장에서는 본 연구에서 제안된 RFF (Restricted Forward Flooding) 기법에 대해 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션 고찰을 통한 제안된 기법의 성능 향상에 대해 기술하며 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 쿼리 기반 어플리케이션에서의 Flooding 기법의 문제점

센서 네트워크는 센싱 기능과 네트워킹 기능을 갖는 센서 노드들로 구성된 네트워크로 각 센서 노드들에서 수집된 센서 값을 원격의 베이스 노드(싱크 노드)에서 모아 상황을 분석하거나 물체를 추적 하는 등의 일을 수행하는데 사용되고 있다. 따라서 센서 노드에서 수집된 데이터를 효율적으로 베이스 노드에 전달하는 것이 센서 네트워크의 주요 관건이다. 일반적으로 센서 노드에서 베이스 노드로의 데이터 전달엔 다음과 같은 네 가지의 방법이 있다.

- 지속적 전달 방식
- 이벤트 기반 전달 방식
- query 기반 전달 방식
- hybrid 전달 방식

지속적인 전달 방식(LEACH[3-4])은 센서 노드가 일정 시간 간격으로 베이스 노드에 데이터를 전달하는 방식으로 가장 구현하기 쉬운 방법이지만 무조건적으로 데이터를 전달하려 하기 때문에 센서 노드에서 베이스 노드로 데이터를 전달하는 과정 중 에너지 소모가 많다는 단점을 갖는다.

이벤트 기반 전달 방식(TEEN[5]) 과 query 기반 전달 방식(Directed Diffusion[6-7], Rumor Routing[8], SPIN[9])은 어떤 이벤트가 발생하거나 query 가 만족되었을 때 베이스 노드에게 결과를 보고하는 방식이다. 이벤트 기반 전달 방식의 미리 정의되어 있는 이벤트 상황하에서만 데이터를 전달하기 때문에 유동적으로 네트워크를 설계하기 어렵다는 문제점을 갖는다. 일부 센서 네트워크 어플리케이션은 지속적인 전달 방식, 이벤트 기반 전달 방식, query 기반 전달 방식을 섞어 hybrid 모델(APTEEN[10])을 사용하기도 한다.

query 기반 전달 방식은 베이스 노드에서 만들어진 query 를 각각의 센서 노드에 전달하고 센서 노드는 query 를 해석하여 데이터를 베이스 노드에 전달한다. 상황에 따른 query 의 전달만으로 유동적으로 센서 노드의 운용이 가능하기 때문에 많은 센서 네트워크 어플리케이션에서 query 기반 데이터 전달 방식을 사용한다. query 기반 전달 방식은 query dissemination 과 data collection 2가지의 동작으로 나눌 수 있다. query dissemination 은 베이스 노드나 소스 노드에서 query를 네트워크에 있는 모든 노드에 배포 시키는 것을 의미한다. 또한 센서 노드는 전달 받은 query를 기반으로 센싱된 데이터가 query를 만족할 때만 query를 배포시킨 베이스 노드에 데이터를 전달하며 이 과정을 data collection 이라 한다. data collection 과정 중에는 어플리케이션에 적당한 라우팅 프로토콜을 사용할 수 있지만 query dissemination

과정에서는 flooding 알고리즘만을 사용한다. Flooding 알고리즘이 사용되는 이유는 query를 네트워크의 모든 노드에 배포하기 위한 적절한 대안이 없기 때문이다. 그러나 flooding 은 많은 문제점을 갖고 있기 때문에 빈번한 query dissemination 은 네트워크의 수명을 감소하게 된다.

2.1 Flooding 기법의 문제점

Flooding 은 각각의 노드가 수신 받은 데이터를 다시 송신하는 기법이다. 이 수신 받은 데이터를 다시 송신하는 것을 포워딩(forwarding)이라 부른다. 매우 간단한 방법이기 때문에 ad hoc 망에서 자주 사용되는 방법이다. 그러나 flooding은 받은 데이터를 다시 포워딩 시키는 단순한 알고리즘만을 갖고 있기 때문에 broadcast storm problem 이라 부르는 문제를 갖는다[11]. 다음은 broadcast storm problem 을 나열한 것이다.

Redundant rebroadcasts : flooding 에서 센서 노드는 수신된 메시지를 주변 노드로 broadcasting 하게 되는데 이때 주변 노드에 이미 같은 메시지를 수신한 후인 상황이라도 flooding 엔 이점을 고려할 수 있는 방법이 없다. 이와 같은 중복된 broadcast 는 필요 없는 에너지 자원을 소모하게 된다. 그림 1을 예로 들면 (A) 메시지는 D 노드로 2번 전송되게 된다.

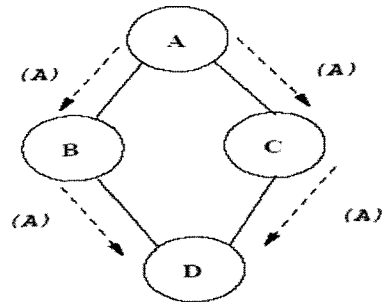


그림 1. flooding 알고리즘에서의 중복 broadcast 문제.
Fig. 1. A Problem of redundant broadcasting in flooding algorithm.

contention : 센서 노드가 메시지를 broadcast 하게 되면 주변의 모든 노드는 동시에 broadcast 하려고 하기 때문에 채널을 사용하기 위해 경쟁이 일어나게 된다. 이것은 무선 MAC 프로토콜이 collision 방지를 위해 CSMA/CA 기법을 사용하기 때문이다.

collision : collision 방지를 위해 CSMA/CA 기법이 사용되고 있다고 하더라도 ad-hoc 네트워크의 특성상 채널 중복을 원천적으로 방지할 수 있는 방법은 없다. 더군다나 rebroadcast 로 일어나는 채널 중복의 확률은 더 높다 할 수 있다. 그림 1을 예로 들어 B 노드와 C 노드는 서로 연결되어 있지 않기 때문에 carrier sensing 과정 중에 서로의 패킷을 발견하지 못한다. 때문에 B 노드와 C 노드에서 송신된 패킷에 의해 D 노드에서 collision 이 발생할 수 있다.

Flooding 알고리즘은 앞서 언급한 단점에도 불구하고 아직까지도 일반적으로 사용되고 있다. 특히, query 메시지를 네트워크의 모든 노드에 일괄 전송하거나 최초의 라우팅 정

보를 알아내기 위해 routing request 메시지(AODV나 DSR 등의 라우팅 프로토콜의 경우)를 네트워크에 배포 (dissemination)할 때 flooding 기법이 사용되어야만 한다. 이러한 flooding 기법을 사용하기 위해 몇몇 연구자들은 flooding 기법에서 broadcast storm을 피하기 위한 몇 가지 방법을 제안한 바 있다[12]. 제안된 기법 대부분은 최적 flooding 트리 및 flooding 과정 중의 패킷 송신 횟수의 저감에 관한 것들이다.

2.2 Flooding 트리

그림 2는 기존 flooding 트리와 최적 flooding 트리를 비교한 것으로 그림 2(a)는 모든 노드가 송신 노드로 선택되고 있다. 이와 달리 그림 2(b)와 같은 최적 flooding 트리에서 모든 노드에 데이터가 전달될 수 있게 하는 최소의 송신 노드로 선택되어 있다. 때문에 그림 2(a)는 25번의 broadcast가 발생하지만 그림 2(b)는 12번의 broadcast로 네트워크의 모든 노드가 소스 노드로부터의 데이터를 수신하게 된다. 따라서 효율적인 flooding을 위해서는 최소의 송신 노드를 선택함으로써 broadcast를 억제하는 것이 바람직하다.

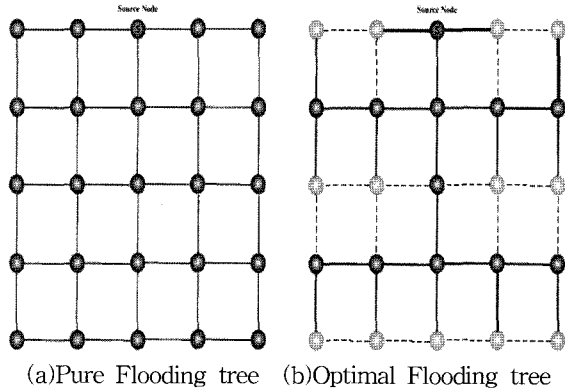


그림 2. Flooding 트리
Fig. 2. Flooding Tree

3. 제안된 RFF(Restricted Forward Flooding) 알고리즘

일반적으로 AODV나 DSR 라우팅 프로토콜에서는 최초의 라우팅 정보를 알아내기 위해 베이스노드(싱크노드)에서 routing request 메시지를 지속적으로 flooding하게 되며 이 경우 단순한 flooding 기법을 사용한다면 앞서 언급한 여러 문제가 발생하게 된다. 이에 본 연구에서는 다음의 사항을 고려하여 기존 flooding 기법의 문제점을 해결한 RFF(Restricted Forward Flooding) 알고리즘을 제안하고자 한다.

Energy efficiency : 기존 flooding 기법보다 에너지 효율적이어야만 한다.

Overhead : 네트워크 패킷에 오버헤드가 적어야 한다. flooding 기법은 라우팅 프로토콜을 위한 특별한 메시지 데이터가 필요 없다. 이러한 특징을 살려 추가적인 메시지 데이터가 아예 없거나 적어야만 한다. 또한 flooding 은 메시지의 네트워크 전파 속도가 가장 빠른 기법이다. 네트워크 전파 속도는 특정한 어플리케이션에서 중요할 수 있으므로 전파 속도를 지연시켜서는 안 된다.

Easiness: 구현이 쉬어야만 한다. 복잡한 구현은 포팅을 용이하지 못하게 하고 사용할 수 있는 메모리의 양을 감소시킨다.

Scalability : 센서 네트워크 특성상 사용되는 노드의 수에는 제한이 없다. 그러므로 대규모의 토폴로지가 되어도 성능에 영향이 없어야 한다.

3.1 제안된 기법의 동작 원리

본 연구에서 제안한 RFF 기법은 포워딩 받는 이웃 노드를 선점하는 것을 모티브로 두고 설계 되었다. 즉, 패킷을 포워딩하는 노드와 포워딩 받는 노드가 있다고 할 때 포워딩 받는 노드는 오직 하나의 노드로부터만 포워딩을 받도록 함으로써 불필요한 포워딩을 효율적으로 제거하고자 하였다. 포워딩에 참여하는 노드는 되도록이면 많은 노드를 선점하도록 동작하고 포워딩이 필요하지 않은 노드는 포워딩을 스스로 포기하도록 한다.

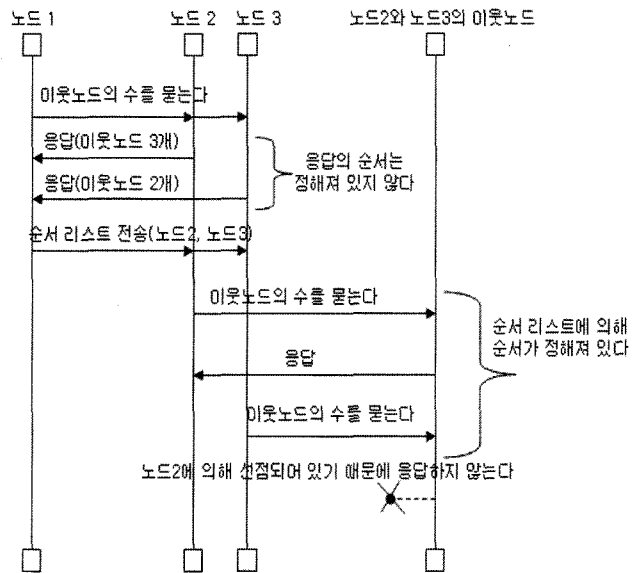


그림 3. RFF의 노드 선점 동작도
Fig. 3. Sequence of RFF algorithm

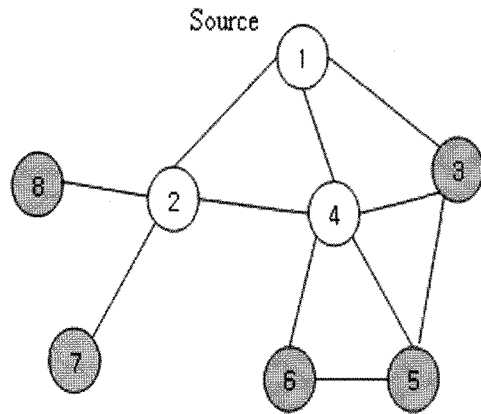


그림 4. 제안된 RFF의 동작 원리
Fig. 4. Operating scheme of the proposed RFF algorithm

그림 3은 RFF에서 포워딩 받는 노드를 선점하는 과정을 보여주고 있다. 먼저 하나의 노드가 되도록 많은 노드를 선점하기 위해 이웃노드의 수를 묻는다. 그림에서 노드 2는 3개의 이웃 노드가 있다고 응답하고 노드 3은 2개의 이웃 노드가 있다고 응답하였다. 그러므로 노드 1은 노드 2 -> 노드 3 과 같은 순서 리스트를 만들어 브로드 캐스팅 한다. 순서 리스트를 수신 받은 노드는 순서 리스트에 명시된 순서에 의해 노드 2가 먼저 주변 이웃 노드들에게 이웃노드의 수를 묻게 된다. 이웃 노드의 수를 묻는 것은 노드를 선점하는 역할도 병행한다. 즉 이웃 노드의 수를 묻는 것에 대해 응답은 오로지 한번만 이루어진다. 따라서 노드 3이 이웃 노드의 수를 묻게 되도 응답을 받을 수 없게 되므로 노드 3은 포워딩 노드로서 제외된다.

RFF 알고리즘의 동작원리를 그림 4와 같은 경우에 적용하면 다음과 같다. ①번 노드는 ②, ③, ④번 노드의 이웃 노드 수를 고려하여 결합강도(해당노드와 연결된 노드의 수)가 높은 순서 즉, ④, ②, ③과 같은 순서 리스트를 만들고 이를 주변 노드에 전송한다. 리스트를 전송받은 노드는 리스트에 명시된 순서로 주변 노드를 포워딩할 노드로 선점하게 된다. 따라서 ④번 노드는 ⑤, ⑥번 노드를, ②번 노드는 ⑦, ⑧번 노드를 포워딩할 노드로 선택한다. 이때 ③번 노드는 어떠한 노드도 포워딩할 노드로 선점하지 못했기 때문에 포워딩을 하지 않게 된다. 마찬가지로 ⑤, ⑥, ⑦번 노드 또한 포워딩을 하지 않게 되어 3개의 송신 노드만으로도 flooding이 완성되게 된다.

3.2 제안된 RFF 기법에서 사용되는 메시지 및 이의 기능

RFF 기법의 셋업 과정에서 SSTA(SetupSTArt), SREQ(SetupREQuest), SREP(SetupREPlay), SORL(SetupORderList) 등의 메시지가 사용된다. 이외의 메시지는 flooding 과 관련된 데이터로 간주된다.

1. RFF 초기화 메시지 (SSTA)

SSTA는 REF의 초기화시에 필요로 되는 메시지로 노드의 분산·설치 후에 주변 노드들의 정보를 얻기 위해 브로드캐스팅 되는 메시지이다. 또한 노드의 선점권을 취소시키는 역할도 수행한다. SSTA의 메시지 구조는 다음과 같다.

표 1. SSTA 메시지 구조.
Table 1. SSTA message structure.

Field	Description
type	message type
source	source node id

2. 이웃 노드 수 요청 메시지(SREQ)

SREQ는 인근 노드들로부터의 SREP 메시지를 요구하는 메시지이다. SREQ 메시지를 받은 노드는 메시지를 송신한 노드에게 선점권을 주고 SSTA 메시지를 받아 선점권을 소거하기 전까지 SREQ 메시지에 대해 더 이상 응답하지 않는다. SREQ 메시지 역시 SREP 메시지의 요구만을 수행하기 때문에 구조가 간단하다.

표 2. SREQ 메시지 구조.
Table 2. SREQ message structure.

Field	Description
type	message type
source	source node id

3. 이웃 노드 수 응답 메시지(SREP)

SREQ 메시지에 대한 응답 메시지로 노드 자신의 이웃노드와의 연결된 수(결합강도)를 전달하는데 사용되는 메시지이다. 임의의 노드는 SREQ 메시지를 송신한 후 일정시간 동안 주변의 노드들로부터 SREP 메시지의 수신을 기다리며 수신된 SREP 메시지들은 노드 내부에 저장된다. 규정된 시간이 지나면 수신된 SREP 메시지들을 이웃노드의 수(결합강도)가 큰 순서로 정렬한다. 그리고 정렬된 SREP 메시지를 SORL 메시지로 만들어 주변 노드로 브로드캐스팅 한다. 만약 SREQ 메시지의 송신후 일정시간이 지나도 어떠한 노드로부터도 SREP 메시지를 받지 못할 경우 그 노드는 더 이상의 포워딩은 포기한다. SREP 메시지의 구조를 나타내면 다음과 같다.

표 3. SREP 메시지 구조.
Table 3. SREP message structure.

Field	Description
type	message type
source	source node id
target	target node id
neighbors	number of linked nodes

4. 순서 리스트 메시지(SORL)

앞서 언급한 바와 같이 해당 노드에서 SREQ 메시지의 송신 후, 일정 시간동안 주변 노드들로부터 수신된 SREP 메시지들은 결합강도의 순으로 정렬되고 다음과 같은 SORL 메시지의 형태로 가공되어 주변노드들로 브로드캐스팅 된다.

표 4. SORL 메시지 구조.
Table 4. SORL message structure.

Field	Description
source	source node id
node(1)	정렬된 순서의 첫 번째 노드 id
delay(1)	노드(1)의 메시지를 수신 후 지연 시간
.	.
.	.
node(n)	정렬된 순서의 마지막 노드 id
delay(n)	노드(n)의 메시지를 수신 후 지연 시간

SORL 메시지를 받은 노드들은 SORL 메시지에 정렬된 순서대로 다시 SREQ 메시지를 송신하게 되며 이로 인해 결

함강도가 높은 순서로 정보의 포워딩이 수행된다.

3.3 제안된 RFF 기법의 동작 메커니즘

RFF 기법은 각 노드들의 포워딩 여부를 결정하는 즉, flooding 트리를 만드는 셋업 과정과 포워딩하도록 결정된 노드들의 flooding 과정으로 나눌 수 있다. flooding 과정은 포워딩을 하지 않는 노드가 있다는 점을 제외하곤 기존의 방법과 동일하다. 제안된 RFF 알고리즘의 플로우차트를 나타내면 다음과 같다.

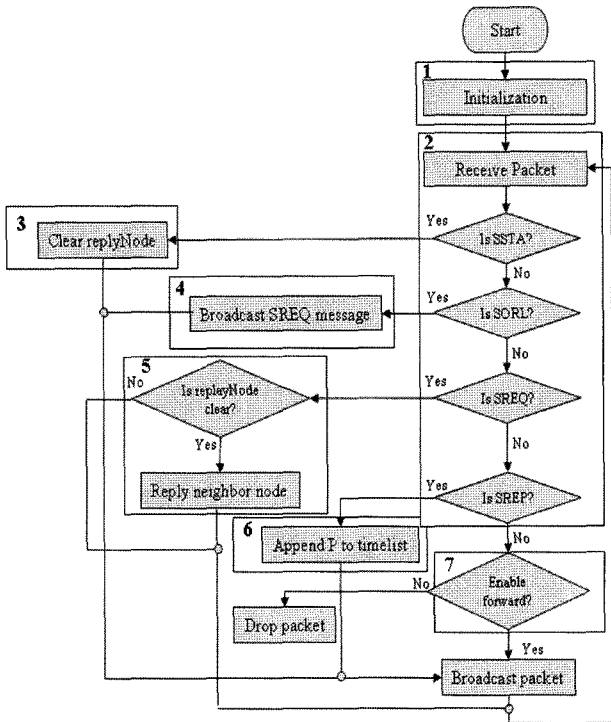


그림 5. 제안된 RFF 알고리즘의 플로우차트
Fig. 5. Flowchart of the proposed RFF algorithm

상기 RFF 알고리즘의 구체적인 동작은 다음과 같다.

① 초기화 과정

RFF가 실행되기 전의 초기화 과정으로 각 노드에는 다음과 같은 형태의 변수들이 존재한다.

표 5. RFF 알고리즘에서 사용되는 변수
Table. 5. Variables used for RFF algorithm

Notation	Description
forwardable	related with forwarding boolean variable
replyNode	preemptive node
neighbors	neighbor node list
P	receive packet
orderlist	the list that is sorted into quantity of neighbor node

초기화 과정은 상태 변수 forwardable을 true로 하고 노드의 주소를 담은 변수 replyNode를 자신의 주소로 초기화한다. 그리고 리스트 변수 neighbors를 초기화 한다.

①의 초기화 과정이 성공적으로 수행되면 그림 4에 표기된 다음과 같은 과정이 순차적으로 수행되며 이의 구체적 동작은 다음과 같다.

② 메시지 해석 과정

주변의 노드들로부터 수신 받은 패킷의 type 정보를 사용하여 수신된 메시지의 종류를 구분하며 메시지의 종류에 따라 다음과 같은 규정된 과정을 수행한다.

③ 노드의 연결정보 취득을 위한 메시지 수신 과정

이 프로세스는 RFF 기법이 시작되기 전에 수행되는 것으로 각 노드에 연결된 이웃노드의 수를 감지하기 위해 전송되는 메시지의 처리 과정

④ SORL 메시지 수신 패킷 P가 SORL 메시지이면 패킷 P에 기록된 자신의 지연 시간만큼 기다린 후 SREQ 메시지를 broadcast 하고 일정시간동안 SREQ 메시지에 대한 응답인 SREP 메시지를 기다린다. SORL 메시지에는 주변 노드의 수로 정렬된 orderlist 라고 하는 각각의 노드의 지연시간이 기록되어 있다. 그래서 노드들은 순서대로 SREQ 메시지를 broadcast하게 되고 SREQ 메시지를 받은 노드는 가장 먼저 송신한 노드에게만 SREP 메시지를 응답한다. 이로써 flooding 트리의 일부분이 완성된다. 노드는 일정시간을 기다리는 동안 SREP 메시지를 수신 받으면 order list에 기록하고 기다리는 시간이 끝이 났을 때 orderlist를 SREP 메시지의 필드 neighbors로 정렬 시킨 후 다시 SORL 메시지를 broadcast 한다. 이때 SREP 메시지를 한번 도 수신 받지 않는다면 자신이 포워딩해야 할 노드가 없다고 판단하고 상태 변수 forwardable 을 false 로 셋팅한다.

⑤ SREQ 메시지 수신 패킷 P가 SREQ 메시지이면 replyNode 를 검사 후, 자신의 주소라면(초기화 되어 있다면) P의 필드 source 로 replyNode를 셋팅한다. 그리고 source 노드로 SREP 메시지를 송신한다.

⑥ SREP 메시지 수신 패킷 P가 SREP 메시지이면 상태 변수 forwardable을 true 로 셋팅하고 orderlist에 SREP 메시지의 source 와 neighbors를 하나의 요소로 추가한다, 일정시간 경과 후 order list는 neighbors의 큰 순서대로 정렬되어 SORL 메시지와 같이 전송된다.

⑦ 일반 데이터 메시지 수신 상태 변수 forwardable 이 true이면 포워딩하고 그렇지 않으면 패킷 P를 버린다.

상기의 과정이 성공적으로 수행된다면 각 노드내에 존재하는 forwardable 변수가 true 또는 false로 셋팅되며 이를 기반으로 그림 6과 같은 RFF flooding 트리를 구할 수 있게 된다.

4. 시뮬레이션 고찰

3장에서 제안한 RFF의 성능 검토를 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 가로 100, 세로 100 크기의 정사각형 안에 n개의 노드들이 임의의 좌표에 위치하는 상황을 가정하였다. 각 노드는 자신과의 거리가 r이하인 모든 노드

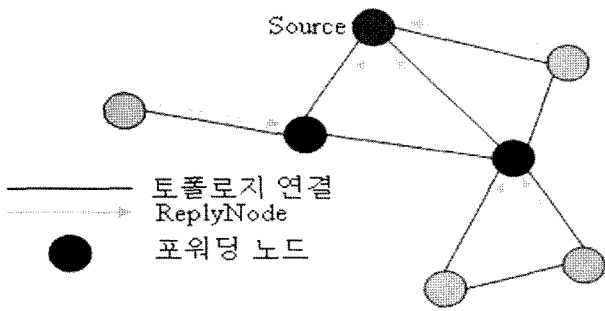


그림 6. RFF 알고리즘으로부터 도출된 Flooding 트리
 Fig. 6. Flooding tree derived from RFF algorithm

와 통신을 수행할 수 있다. 망의 크기와 연결성이 flooding의 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 r 과 n 을 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 토폴로지의 모양이 성능에 영향을 미칠 수 있기 때문에 각각의 실험마다 토폴로지를 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 7은 노드 개수가 50개일 때 기존의 blind flooding과 RFF 방법의 패킷 전달 노드의 개수를 측정해 기록한 그래프이다. X축은 r (통신 범위)의 값을 나타내며 Y축은 flooding을 위해 필요한 평균 전송 횟수를 나타낸다. r 의 값이 작을 때에는 노드들끼리 연결되지 않아 기존의 blind flooding 방법을 쓰더라도 패킷 전달 노드 횟수에 차이가 나지 않는다. 그러나 r 의 값이 증가함에 따라 RFF 방법이 전송 횟수가 현저하게 줄어드는 것을 볼 수 있다.

그림 8은 노드의 개수를 100개로 증가시킨 경우의 패킷 전달 노드 개수를 측정해 기록한 그래프이다. 이 경우도 노드의 개수가 50개인 경우와 비슷한 양상을 나타낸다. 그러나 여전히 r 의 값이 커질수록 RFF 방법이 성능 향상이 있음을 볼 수 있다.

그림 9는 노드의 개수를 150개로 한 경우의 패킷 전달 노드 개수를 측정해 기록한 그래프이다. 그림에서 볼 수 있듯이 r 의 값이 작을 때부터 성능에 차이가 있음을 볼 수 있다.

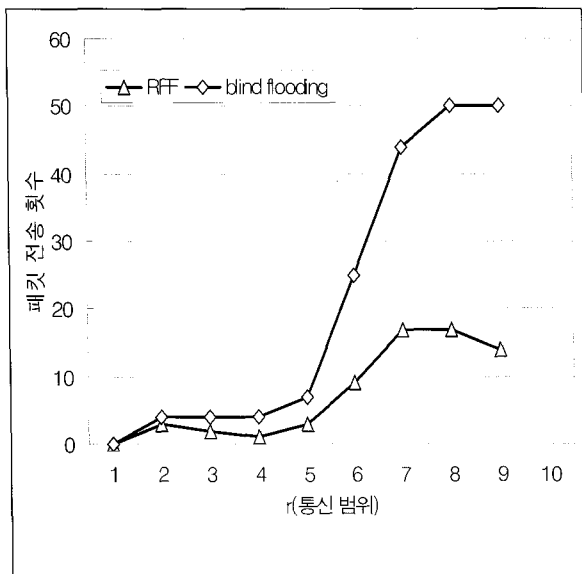


그림 7. 50개의 노드로 이루어진 망에서의 패킷 수신 횟수
 Fig. 7. number of received packet in case of sensor network composed of 50 nodes

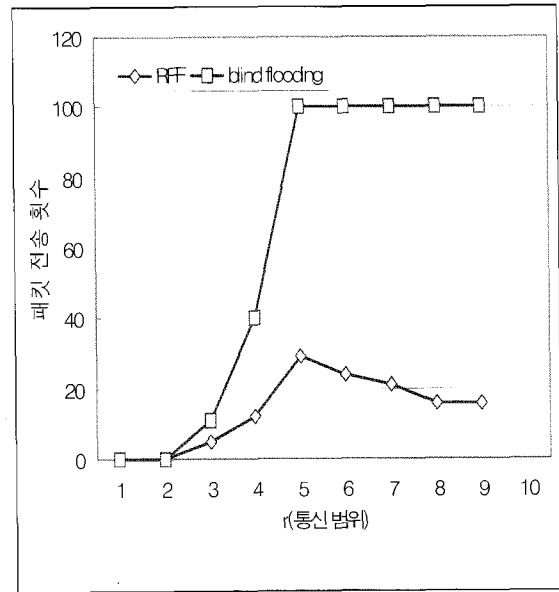


그림 8. 100개의 노드로 이루어진 망에서의 패킷 수신 횟수
 Fig. 8. Number of received packet in case of sensor network composed of 100 nodes

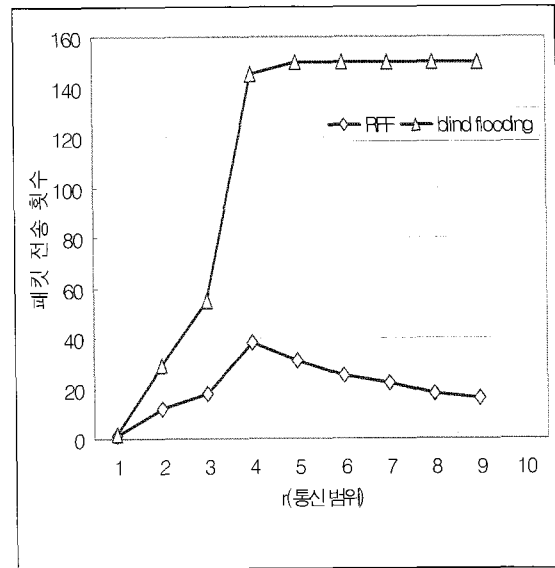


그림 9. 150개의 노드로 이루어진 망에서의 패킷 수신 횟수
 Fig. 9. Number of received packet in case of sensor network composed of 150 nodes

위 시뮬레이션 결과로부터 토폴로지의 연결도가 조밀해질수록 기존 blind flooding 보다 논문에서 제안한 RFF 방법이 더 적은 수의 패킷 전송을 수행하기 때문에 에너지 소비 성능이 우수함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서 패킷을 포워딩하는 노드와 포워딩 받는 노드가 있을 경우, 포워딩 받는 노드가 오직 하나의 노드로부터만 포워딩을 받도록 함으로써 불필요한 포워딩을 효율적으로

제거할 수 있는 RFF 알고리즘을 제안하고 다양한 시뮬레이션 고찰을 통해 제안된 기법의 유용성을 확인하였다. 특히, 제안된 RFF 알고리즘에 의해 구성되는 flooding 트리는 중복된 패킷 메시지의 전송을 상당히 줄일 수 있어 효과적인 전송 에너지의 최적화를 도모할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] 김재현, 김석규, 이재용, "무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율을 고려한 MAC/라우팅 프로토콜", 2005년 7월 전자공학회지 제32권 제7호.

[2] K. Akkaya, and M. Younis, "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks". Ad Hoc Networks, 2005

[3] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", 33rd International Conference on System Sciences(HICSS), January 2000.

[4] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application Specific Protocol Architecture for Wirelss Microsensor Networks", IEEE Transactions on Wireless Communication, October 2002.

[5] A. Manjeshwar and D.P. Agrawal, "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 1st International Workshop Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, pp.2009-2015, Apr. 2001.

[6] C. Intanagonwiwat, R.Govindan, and D. Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication", ACM MobiCOM'00, August 2000.

[7] C. Intanagonwiwat, R.Govindan, D. Estrin, J. Heidemann, and F. Silva, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking", IEEE/ACM Transactions on Networking, February 2003.

[8] D. Braginsky and D. Estrin, "Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks," Proceedings of the 1st Workshop Sensor Networks and Applications, pp.1-12, Oct. 2002.

[9] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Negotiation-based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, pp.169-185, Aug. 1999.

[10] A. Manjeshwar and D.P. Agrawal, "APTEEN: a hybrid protocol for efficient routing and comprehensive information retrieval in wireless sensor networks," Proceedings of the international Parallel and Distributed Processing Symposium, pp.195-202, Apr. 2002.

[11] S.-Y. Ni, Y.-C. Tseng, Y.-S. Chen, and J.-P. Sheu "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network," in proc. of ACM Mobicom '99, Aug. 1999.

[12] Young-Bae Ko, Jong-Mu Choi, and Jai-Hoon Kim, "A New Directional Flooding Protocol for Wireless Sensor Networks", Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3090 (Proc. of ICOIN 2004), pp. 93-102 : Sep. 2004

저 자 소 개



김성호(Sung-Ho Kim)

1984년 : 고려대학교 공과대학 학사
 1986년 : 고려대학교 대학원 석사
 1991년 : 고려대학교 대학원 박사
 1995~1996년 : JAPAN HIROSHIMA UNIVERSITY, POST-DOC.
 1997~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수

관심분야 : 고장진단, 공장자동화, 임베디드 시스템 설계, 센서 네트워크

Phone : 063-469-4704
 Fax : 063-469-4704
 E-mail : shkim@kunsan.ac.kr



김시환(Si-Hwan Kim)

2004년 : 군산대학교 전자정보공학부 졸업.
 2005년~현재 : 동 대학원 전자정보공학부 석사과정

관심분야 : 임베디드 시스템 설계, 미들웨어 설계, 센서 네트워크 설계

Phone : 063-468-8937
 Fax : 063-468-8937
 E-mail : voider@gmail.com