

# 무선 ad hoc 네트워크를 위한 향상된 방송 알고리즘

정회원 김관웅\*, 배성환\*\*, 종신회원 김대익\*\*\*

## An Enhanced Broadcasting Algorithm in Wireless Ad hoc Networks

Kwan-woong Kim\*, Sung-hwan Bae\*\* *Regular Members*, Dae-ik Kim\*\*\* *Lifelong Member*

### 요약

다중 홉 무선 ad hoc 네트워크에서 방송은 경로 탐색과 주소 설정 등 많은 응용 작업들을 지원해 주는 기본적인 동작이다. 플로딩을 이용한 방송은 네트워크상에서 방송 폭풍 문제라고 언급되는 중복성, 경쟁, 충돌문제 등을 야기한다. 무선 ad hoc 네트워크를 위한 여러 가지 방송 기법들은 단순 플로딩 기법 보다 우수한 성능을 얻기 위해 제안되었다. 재방송 실행 유무를 결정하는 방법은 다양한 토폴로지 상에서 패킷의 도착율과 효율성 사이에 딜레마를 갖는다. 본 논문에서는 패킷의 도착을 저하 없이, 필요 없는 재방송 패킷들을 줄여서 효율성을 높이기 위한 향상된 방송 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안한 기법이 기존의 기법들 보다 우수한 도착율과 효율성을 제공함을 보인다.

**Key Words** : MANETs, Broadcasting, Routing Protocol, AODV

### ABSTRACT

In a multi-hop wireless ad hoc network, broadcasting is an elementary operation to support route discovery, address resolution and other application tasks. Broadcasting by flooding may cause serious redundancy, contention, and collision in the network, which is referred to as the broadcast storm problem. Many broadcasting schemes have been proposed to give better performance than simple flooding in wireless ad hoc network. How to decide whether re-broadcast or not also poses a dilemma between reachability and efficiency under different host densities. In this paper, we propose enhanced broadcasting schemes, which can reduce re-broadcast packets without loss of reachability. Simulation results show that proposed schemes can offer better reachability as well as efficiency as compared to other previous schemes.

### I. 서론

무선 ad hoc 네트워크(MANET: Mobile Ad hoc Network)는 스스로 구성되어 지면서 동적으로 변화되는 멀티 홉 네트워크이다<sup>1,2</sup>. 또한 ad hoc 네트워크상의 모든 무선 노드들은 기존의 통신 인프

라(기지국, AP) 또는 중앙 제어장치를 통하지 않고 서로 통신할 수 있다. 따라서 임시 구성용 네트워크나 지진, 태풍, 테러 등에 의한 재해/재난 복구 또는 구조와 전쟁터와 같은 군사용 네트워크, 그리고 LAN(Local Area Network)에서 블루투스, HomeRF 등에 적용할 수 있다.

\* 원광대학교 전기전자정보공학부 (watchbear@wonkwang.ac.kr)

\*\* 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과 (shbae@hanlyo.ac.kr)

\*\*\* 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 (dacik@chonnam.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-04-195, 접수일자 : 2008년 4월 29일, 최종논문접수일자 : 2008년 9월 17일

방송(Broadcasting)은 MANET에서 경로 탐색, 주소 설정, 그리고 다른 응용 작업 등을 수행하는데 널리 쓰이는 방법이다. 노드는 제한된 전송영역을 갖기 때문에, 각 무선 노드는 목적지에 정보를 전송하기 위해 라우터로써 동작한다. MANET의 방송을 위해 기존에 여러 가지 기법들이 소개되었다. 가장 단순한 방송 기법이 플로딩(flooding)이다<sup>31</sup>. 이 방법은 각 무선 호스트가 새로운 패킷을 받게 되면 그 패킷을 다른 노드로 재방송(re-broadcast)하며, 이미 리코딩한 적이 있는 패킷은 버리게 된다. 임의의 패킷을 처음으로 수신한 모든 노드들은 그 패킷을 재방송하기 때문에 재방송 패킷의 개수는  $N-1$ 이 된다. 여기서  $N$ 은 MANET의 무선 노드의 개수이다.

플로딩 기법의 이러한 동작 특성으로 인해, 각 노드에 재방송을 제한하지 않으면 패킷 중복(redundancy), 채널 경쟁(contention), 패킷/채널 충돌(collision)이 발생된다. 이러한 현상을 방송 폭풍(broadcasting storm) 문제라고 한다<sup>31</sup>. 중복성은 하나의 노드가 두개 이상의 주변 노드들로부터 동일한 패킷을 받는 경우를 의미한다. 채널 경쟁은 다수의 노드들이 수신한 패킷을 동시에 재방송 할 때 발생하는 문제이며, 이로 인해 패킷/채널의 충돌율이 증가하게 된다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 패킷을 받는 각 노드에서 재방송 동작 유무를 결정해야 할 것이다. MANET을 위한 방송 기법의 가장 중요한 점은 패킷의 도착율(reachability)을 최대화하면서 패킷 중복성을 최소화시키는 것이다.

본 논문에서는 패킷의 홉 카운트(hop count) 정보와 거리 기반 기법을 이용한 새로운 방송 기법을 제안한다. 각 노드에서 새로운 패킷을 받게 되면, 노드들은 그 패킷을 재방송하기 위해 RAD(Random Assessment Delay) 타이머를 초기화한다. 한 노드에서 재방송 여부는 주변의 이웃노드들로부터 전송된 재방송 패킷의 개수를 카운트하여 결정된다. II장에서 기존에 제안된 방송 알고리즘에 대한 설명과 장단점을 살펴보고, III장에서는 제안한 알고리즘을 설명한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통한 성능 평가 결과를 논의하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

최근 MANET 상에서 효율적인 방송 기법을 찾기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 방송

기법에서 해결해야 할 가장 중요한 사항은 패킷의 전달 지연시간을 줄이고 도착율은 높이면서 재방송 패킷의 개수를 최소화시키는 것이다. 많은 양의 재방송 패킷을 전송한다면 높은 도착율을 보장할 수 있지만, IEEE 802.11 프로토콜은 신뢰성이 결여된 전송을 하기 때문에 네트워크 수율을 감소시키고 긴 패킷 지연시간과 높은 충돌을 야기한다<sup>16</sup>. 반면에, 재방송 패킷의 개수를 줄일 경우에는 요구되는 대역폭을 줄일 수 있고 네트워크 수율을 높일 수 있으며 패킷 지연시간을 줄일 수 있다.

그러나 너무 적은 재방송 패킷을 보낼 경우에는 재방송 체인(chain)이 끊어지게 되어 어떤 노드들은 방송 패킷을 받지 못하는 문제가 발생된다. 따라서 도착율이 저하된다. 방송 기법은 플로딩 기법, 확률적 기법, 카운터 기반 기법, 거리 기반 기법, 위치 기반 기법, 그리고 이웃 지식 기반 기법으로 분류 된다<sup>3,5</sup>. 가장 단순한 플로딩 기법은 각 무선 노드가 처음으로 수신한 방송 패킷을 재방송하고 다음에 참조하기 위해 그 패킷을 저장한다. 모든 무선 노드가 임의의 패킷을 한 번씩 재방송 해주기 때문에  $N$ 이 네트워크상의 전체 노드 개수이고, 네트워크가 분할되지 않는 경우에 재방송 되는 패킷의 총 개수는  $N-1$ 이 된다.

그러나 대부분의 경우에 많은 재방송 패킷이 중복 되어 채널 대역폭을 낭비하게 된다. 이러한 중복 패킷에 대한 재방송을 줄이기 위해 확률적 기법과 결정론적 기법이 제안되었다. 확률적 기법은 방송 패킷을 수신한 모든 무선 노드들이 미리 정해진 확률  $p$ 에 따라 그 패킷을 재방송 한다<sup>31</sup>. 따라서 재방송 되는 패킷의 전체 개수는  $pN$ 이 된다. [6]에서는 적절한  $p$ 를 찾기 위한 최적화 방안이 연구되었다.

카운터 기반 기법은 무선 노드가 RAD 동안 수신한 동일 패킷의 개수를 카운트하여 재방송 여부를 결정한다. 즉, 한 노드가 임계치  $C_{th}$ 보다 많은 개수의 동일한 패킷을 수신하면 그 패킷을 재방송 하지 않는다. [4, 8]에서 임계치  $C_{th}$ 가 3 또는 4인 경우 단순 플로딩 기법보다 도착율을 높이면서 중복 패킷의 개수를 줄일 수 있음을 보였다. 거리 기반 기법은 송신 노드로부터 일정거리 이상 떨어져 있는 수신 노드들만 패킷을 재방송 한다. 거리 정보는 신호세기를 측정하거나 GPS(Global Positioning System)와 같은 부가적인 장치를 사용하여 얻는다<sup>11</sup>.

위치 기반 기법은 수신기가 커버하고 있는 새로운 영역이 미리 정해 놓은 임계치보다 클 경우에만 패킷을 재방송 한다. 이 기법 또한 각 무선 노드의 위치 정보가 요구되므로 거리 기반 기법과 같이 위치 정보 제공 장치가 필요하다. 이러한 이유로 거리 기반 기법과 위치 기반 기법을 영역 기반 기법이라고 부르기도 한다<sup>3)</sup>.

이웃 지식 기반 기법은 정확한 이웃 정보를 기반으로 하여 패킷의 재방송을 결정한다<sup>9,10)</sup>. 이 기법은 이웃 정보를 수집하기 위해 이웃 간에 HELLO 메시지를 주기적으로 교환한다. [9]에서 제안한 기법은 HELLO 메시지를 이용하여 각 노드에서 1-홉 이웃 리스트를 작성한다. 현재 노드의 이웃 리스트는 모든 방송 패킷에 첨부된다. 패킷이 현재 노드의 이웃들로 전달되면 각 이웃노드는 자신의 이웃 리스트와 패킷에 첨부된 리스트를 비교하여 자신의 모든 이웃들이 패킷에 첨부된 리스트에 포함이 되어 있으면 재방송 하지 않는다.

[10]에서는 HELLO 메시지를 이용하여 각 노드에서 2-홉 이웃 리스트를 작성하는 SBA(Scalable Broadcast Algorithm)를 제안하였다. 이웃 지식 기반 기법은 재방송 개수를 거의 최적화 할 수 있지만, HELLO 메시지 자체가 채널 내역폭을 점유하고, HELLO 메시지 전송이 방송기법을 사용하기 때문에 충돌확률을 높이므로 전체적으로는 성능이 저하되는 문제점이 있다.

### III. 제안한 방송 기법

거리 기반 기법을 이용하여 방송 폭풍 문제를 해결할 수 있지만, 네트워크의 동적 토폴로지 때문에 패킷이 도달되지 않을 가능성이 잠재해 있다. 이 기법의 가장 큰 단점은 낮은 노드 밀도(sparses) 네트워크에서 전송범위 외부에 존재하는 노드들이 방송 패킷을 수신하기 어렵다는 것이다. 재방송을 최적화하기 위한 원칙은 다음과 같다<sup>15,7)</sup>.

첫 번째로는 많은 양의 재방송 패킷은 충돌율을 증가시키기 때문에 재방송 패킷은 네트워크 토폴로지에 따라 최소화 되어야 한다. 두 번째로, 효율성을 높이기 위해 다른 노드들보다 더 큰 커버리지를 갖는 노드는 패킷을 재방송 할 기회를 더 가져야 한다.

그림 1은 간단한 ad hoc 네트워크 예를 보여준다. 노드 S는 방송 패킷의 원 소스이고, 이웃 노드 N1-N5는 동시에 노드 S로부터 방송 패킷을 받는

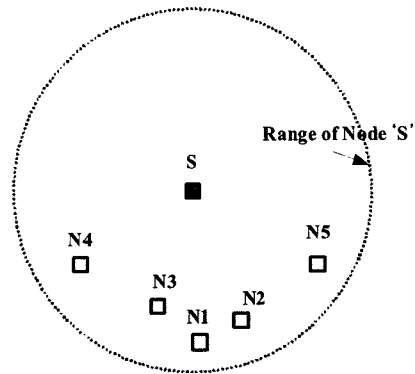


그림 1. 간단한 ad hoc 네트워크 토폴로지 예

다. 회색 원 내에 있는 노드 N1, N2, N3이 서로 근접해 있기 때문에 세 노드에 대한 대부분의 커버리지는 서로 중첩된다. N1이 패킷을 재방송 하고 두 노드 N2, N3이 재방송 하는 것을 차단한다면 충돌 확률을 줄일 수 있다. 반면에 N4, N5 노드들은 N1에서 멀리 떨어져 있기 때문에 N4와 N5는 패킷을 재방송해야 한다. 따라서 최상의 재방송 방법은 세 노드 N1, N4, N5는 패킷을 재방송 하고, 나머지 노드들은 재방송을 차단시키는 것이다.

제안한 방송 알고리즘의 원리는 재방송영역(RA: Re-broadcasting Area)내의 노드 중 한 노드가 재방송하면 다른 노드들은 재방송 패킷을 수신하고, 재방송을 억제하도록 하는데 있다. 또한 재방송 패킷의 도달범위를 높이기 위해 방송메시지의 송신 노드로부터 가장 멀리 떨어진 노드가 재방송할 수 있는 기회를 높이는데 있다. 이를 위해 제안한 기법의 동작 원칙은 다음과 같다.

- 1) 방송 효율성을 위해 RA내 노드들 중 하나 노드가 선택되어 패킷을 재방송한다.
- 2) 보다 넓은 커버리지를 갖는 노드들에 패킷을 재방송할 기회를 좀 더 제공한다.
- 3) 재전송을 위해 대기 중인 노드들은 재방송 메시지를 받으면, 수신 신호의 세기로 노드의 거리를 측정해서 노드의 위치가 재방송영역 내에 존재하면 재방송을 취소한다.

임의의 노드에서 수신한 방송 패킷의 상태에 따라 다음과 같이 두 가지 경우로 나누어 재방송 동작을 정의하였다.

경우 1 : 한 노드가 첫 방송 패킷을 수신했을 경우, 재방송을 위해 패킷을 버퍼에 저장하고

HCO값을 패킷의 홉 카운트로 설정한다. 여기서 HCO는 각 패킷별 홉 카운트 초기 값이다. 또 재방송을 위해 노드는 지연시간  $t$ 를 갖는 재방송 타이머를 설정한다. 지연시간  $t$ 는 송신 노드의 거리를 기반으로 계산되며, 지연시간의 상한  $T_{upper}$ 와 하한  $T_{lower}$ 는 식 (1), (2)과 같이 정의된다. 여기서 송신노드와의 거리는 수신된 패킷의 수신신호로 계산할 수 있다<sup>[11]</sup>.

$$T_{upper} = \begin{cases} T_{max} \times \left(1 - \frac{d}{r}\right) & \text{when } d > d_{th}, \\ T_{max} & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1)$$

$$T_{lower} = \begin{cases} 0 & \text{when } d > d_{th}, \\ T_{max} \times \left(1 - \frac{d_{th}}{r}\right) & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{지연시간 } t = \text{random}(T_{lower}, T_{upper}) \quad (3)$$

여기에서  $d$ 는 송신 노드 거리,  $d_{th}$ 는 RA의 반경,  $r$ 은 전송 범위,  $T_{max}$ 는 최대 지연시간이다. 지연시간  $t$ 는 Tlower와 Tupper 구간의 임의의 값으로 설정된다. 거리  $d$ 에 따라 지연시간의 범위가 결정되므로,  $d$ 가  $d_{th}$ 보다 클 경우에는  $[0, T_{max}(1-d/r)]$  사이 값을 갖게 되며,  $d$ 가  $d_{th}$ 보다 작을 경우에는  $[T_{max}(1-d_{th}/r), T_{max}]$  사이 값을 갖게 된다. 따라서 거리  $d$ 가  $d_{th}$ 보다 작은 경우, 지연시간은 동일한 구간에서 선택되며,  $d$ 가  $d_{th}$ 보다 클 경우는 거리가 멀수록 확률적으로 더 짧은 지연시간을 가지게 되어 패킷을 재방송 할 기회를 더 갖게 된다.

경우 2 : 한 노드가 중복된 패킷을 수신했을 경우 그 노드는 새롭게 받은 패킷의 홉 카운트와 HCO를 비교한다. 이고, 홉 카운트 정보는 DSR(Dynamic Source Routing)과 AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector) 등과 같은 프로토콜에서는 라우팅 제어 패킷의 헤더로부터 얻을 수 있고, IP (Internet Protocol)는 헤더의 TTL (Time To Live)로부터 알 수 있다.

수신 패킷의 홉 카운트가 HCO보다 크고 송신 노드의 거리가  $d_{th}$ 보다 짧은 경우에는 그 패킷은 주어진 면적 RA 내에 재방송 된 것이다.

일반적으로 홉 카운트가 작은 패킷이 먼저 전송되는 경향이 있으며, 동일한 패킷의 홉 카운트가 다르다는 사실은 홉 카운트가 큰 패킷은 근처 노드에서 재방송했음을 의미한다. 따라서 그 노드는 해당 방송 패킷을 재전송하지 않는다. RA의 반경  $d_{th}$ 는 중복성과 도착율에 직접적인 영향을 끼친다. 즉,  $d_{th}$ 가 작으면 중복성과 도착율이 증가하게 되고, 반대로  $d_{th}$ 가 클 경우에는 중복성과 도착율이 감소하게 된다. 따라서 중복성은 작게 하고 도착율을 높이기 위한  $d_{th}$ 을 결정해야 한다.  $d_{th}$ 의 최적치는 무선 노드의 전송범위  $r$ 에 영향을 받으며, 도착율과 중복성을 고려한 시뮬레이션을 통해 0.4~0.6 $r$ 일 때 가장 좋은 성능을 보였다.

제안한 방송 알고리즘은 다음과 같으며, 그림 2는 제안한 기법의 재방송 알고리즘의 상세 동작을 보여주고 있다. 노드 S가 메시지를 최초로 방송하면 전송 범위내의 모든 노드는 메시지를 수신하고, N1~N3은 받은 메시지를 재방송한다. N4는 S로부터 받은 메시지와 동일한 메시지를 N1~N3로부터 또다시 받을 수 있는데, N4의 이웃 노드에서 보낸 중복메시지의 홉카운트는 S에서 보낸 원래 메시지보다 1 크다. 따라서 N4는 이웃에서 보낸 메시지가 재방송 되었다고 판단하고 재전송을 취소한다.

### Notation

- Tmax : the maximum delay time
- Tupper : upper bound of delay time
- Tlower : lower bound of delay time
- Range : transmission range of node
- Dth : Radius of re-broadcasting area
- HC : hop count of packet
- HCO : initial value of HC
- Rb\_count : re-broadcast packet count;

### Procedure Recv(packet)

```

If (!lookup(packet)) { // unseen packet
    Rb_count = 0;
    HC0 = HC of packet
    /* set HCO to hop count of newly arrived packet */
    dist = distance of sender
    
```

```

if (dist > Dth) {
    Tupper = Tmax*(1-dist/range);
    Tlower = 0;
} else {
    Tupper = Tmax;
    Tlower = Tmax*(1-Dth/range);
}
delay_time = random(Tlower, Tupper);
Schedule(delay_time, relay(packet));
}
Else { // duplicated packet
/* neighbor which close to me re-broadcasts
packet */
If(distance of packet < Dth) {
    If (HC of packet > HC0)
        Rb_count ++;
    Else if (HC of packet < HC0)
/* this packet was relayed */
        Cancel relay;
Else do nothing;
}
}
End Procedure

Procedure relay(packet)
If (rb_count > 0) drop packet /* Stop
re-broadcasting packet, if # of re-broadcast
packets > 0 */
Else forward packet
End Procedure
    
```

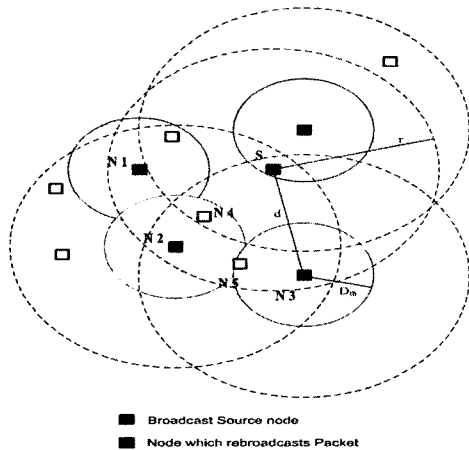


그림 2. 제안한 기법의 재방송 동작

## IV. 성능 평가

### 4.1 시뮬레이션 구성

제안한 방송 기법의 성능은 단순 플로딩(Flooding), 확률 기반(PB), 카운터 기반(CB), 그리고 거리 기반(DB) 기법들과 비교하였다. 시뮬레이션을 위해 NS2 시뮬레이터를 사용하였으며, 네트워크 모델은 노드 밀집 효과를 조사하기 위해 1.0km×1.0km 영역에 40-120 무선 노드로 구성하였다.

노드들의 초기 위치는 무작위로 선택하였고, 노드 쌍 또한 CBR/UDP(Constant Bit Rate/User Datagram Protocol) 트래픽을 발생시키기 위해 무작위로 선택하였다. 채널 폭은 2Mbps로 설정하였다. 각 노드는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜을 사용하였고, 채널 모델은 무선 채널/무선 물리 전송 모델을 이용하였다. 라디오 전송 모델로 Two Ray Ground 모델을 사용하였으며, 무선 노드의 전송 범위와 간섭 범위는 250m과 550m로 설정하였다. 트래픽 소스는 CBR이고, 방송 패킷을 위해 무작위로 5 노드를 선택하였다.

UDP 패킷은 64 바이트로 설정하였다. 각 실험에서 시뮬레이션 시간은 200 초로 정하였고, 바이어스 된 무작위 숫자가 발생하는 것을 피하기 위해 동일 구성 조건에서 10번의 시뮬레이션을 수행하였다. PB의 릴레이 확률은 0.6으로, CB의 카운터 임계치는 3으로, DB와 제안한 기법에서  $d_{th}$ 는 167 m ( $0.67 \times$ 전송 범위)로 설정하였다. 또한 제안한 알고리즘 및 CB, DB의 최대 지연시간  $T_{max}$ 는 32 msec로 설정하였다. 이러한 시뮬레이션 환경은 각 알고리즘을 제안한 논문들을 참조하여 얻었다.

실험의 성능 평가 항목은 다음과 같다.

- 도착율 :  $m/n$ , 여기에서  $m$ 은 방송 패킷을 수신한 무선 노드의 개수이고  $n$ 은 직접 또는 간접적으로 도착 가능한 무선 노드의 개수이다.
- 절약된 재방송 비율(Saved re-broadcast rate) :  $(m-t)/m$ , 여기에서  $t$ 는 패킷을 실질적으로 재방송한 노드의 개수이다.
- 충돌에 의한 패킷 손실(Lost packets by collision) : 충돌 때문에 손실된 패킷의 개수

### 4.2 시뮬레이션 결과

그림 3은 5가지 기법에 대한 노드 개수에 따른 도착율을 보여주고 있다. 40 노드인 경우 DB가 가장 낮은 도착율을 보였는데, 거리 임계치 내의

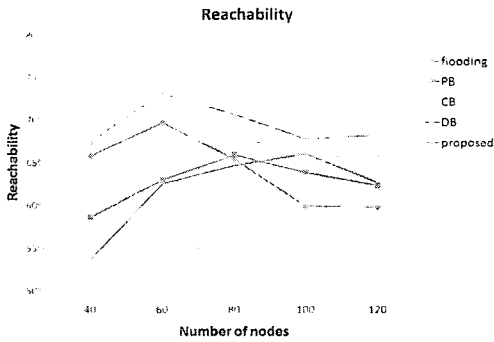


그림 3. 도착율 비교 그래프

노드들이 패킷을 재방송하는 것을 방해했기 때문이다. 따라서 이와 같은 낮은 노드 밀도 네트워크 상에서 방송패킷이 모든 노드에 전달되기 어렵다. 60과 80 노드인 경우에는 모든 기법들이 가장 좋은 도착율을 보였다. 100이 넘는 노드를 갖는 네트워크에서는 높은 충돌율로 인해 도착율이 감소하였다.

많은 노드들이 같은 패킷에 대한 릴레이를 계속 시도하기 때문에 충돌율이 증가하였고, 그림 5에서와 같이 많은 패킷이 손실되는 결과를 가져왔다. 결과적으로 다양한 실험 조건에서 제안한 기법이 기존의 기법들에 비해 높은 도착율을 보였다. 성능이 향상된 이유는 재방송 결정 방법이 로컬 영역에서 홉 카운트와 제한된 재방송을 이용하여 다른 기법들에 비해 효율적으로 재방송하였기 때문이다.

그림 4는 절약된 재방송 비율을 보여주고 있고 그림 5는 충돌에 의한 손실 패킷을 도시하고 있다. 단순 플로딩 기법은 방송 패킷을 수신한 노드의 개수와 패킷을 실질적으로 재방송한 노드의 개수가 같으므로 그림 4와 같이 모든 실험 조건에서 절약된 재방송 비율이 0%를 보이고 있다. 또한 패

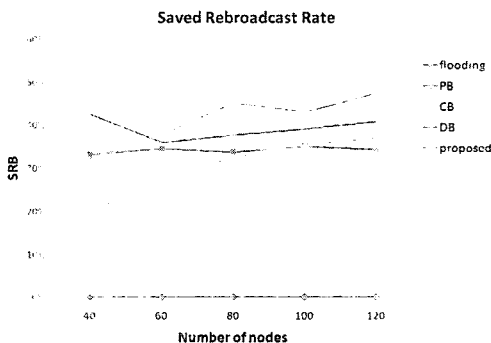


그림 4. 절약된 재방송 비교 그래프

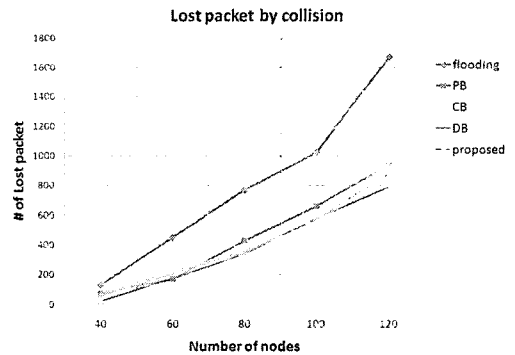


그림 5. 충돌에 의한 손실 패킷 비교 그래프

킷을 받은 노드들이 모두 재방송을 하기 때문에 많은 충돌이 발생하여 다른 기법에 비해 노드의 개수가 증가할수록 손실된 패킷이 많아짐을 그림 5에서 확인할 수 있다.

그림 4에서 제한한 알고리즘의 그래프 추이를 보면, 낮은 노드 밀도(노드수가 40일 경우)에서는 절약된 재방송 비율이 PB와 DB 기법보다 낮게 나오는데, 이는 RA 내의 노드 수가 적기 때문에 재방송 패킷수가 많아지기 때문이다. 따라서 그림 3과 비교하면 낮은 밀도에서도 가장 좋은 도착율을 보임을 알 수 있다. 그림 3과 그림 4를 비교하면 제안한 알고리즘이 노드밀도에 따라 재방송 패킷수를 조절함으로써 일정 수준이상의 도착율을 유지시켜 줌을 알 수 있다. 그림 5에서 충돌에 의한 손실된 패킷수를 살펴보면, 재전송이 가장 많이 일어난 플러딩 방식이 가장 높고, 제한된 알고리즘의 경우, 노드 밀도가 높아질수록 기존 기법에 비해 향상됨을 알 수 있다.

시뮬레이션 결과 제안한 방송 기법이 기존의 기법에 비해 도착율과 효율성에 있어서 20~30%의 향상된 결과를 보여줌을 확인하였다.

## V. 결론

재방송 제약조건을 적용하지 않은 단순 플로딩 기법은 패킷의 과도한 중복과 채널 경쟁, 그리고 높은 충돌율을 발생시킨다. 본 논문에서는 MANET에서 방송 폭풍 문제를 줄일 수 있는 새로운 방송 기법을 제안하였다. 패킷의 도착율을 향상시키고 중복성을 줄이기 위해, 재방송은 중복된 패킷의 홉 카운트와 수신 신호 세기를 비교하여 결정되어진다. 성능 평가를 위해 NS2 네트워크 시뮬레이터를 사용하였으며, 다양한 노드 밀집 조건

에 따라 기존 기법들과 비교하였다. 시뮬레이션 결과에서 제안한 기법이 기존의 기법들에 비해 노드의 밀집도가 높을수록 성능 향상율이 높았으며, 기존의 기법에 비해 20~30% 향상된 도착율과 절약된 방송 비율을 보였고, 또한 낮은 충돌율을 나타냈다. 앞으로의 과제는 제안한 기법을 위한 최적의 거리 임계치를 결정하는 방법과 수학적 해석 방안을 연구하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] C. E. Perkins, Ad Hoc Networking, Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, USA, Jan. 2001.

[2] <http://www.ietf.org/>, IETF MANET Working Group.

[3] S.Y. Ni, Y.C. Tseng, Y.S. Chen, and J.P. Sheu, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network," *Proceedings of the 1999 Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, New York, pp.151-162, Aug. 1999.

[4] Z. Haas, J. Halpern, and L. Li, "Gossip-based ad hoc routing," *Proceedings of the IEEE INFOCOM*, New York, 2002.

[5] B. Williams and T. Camp, "Comparison of broadcasting techniques for mobile ad hoc networks," *Proceedings of the ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, pp.194-205, 2002.

[6] LAN MAN Standards Committee of the IEEE CS, IEEE Std 802.11-1997, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Nov. 1997.

[7] R. Gandhi, S. Parthasarathy, and A. Mishra, "Minimizing broadcast latency and redundancy in ad hoc networks," *Proceedings of the Fourth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, pp.222-232, Jun. 2003.

[8] Y. Tseng, S. Ni, and E. Shih, "Adaptive approaches to relieving broadcast storms in a wireless multihop mobile ad hoc network,"

*IEEE Trans. Comput.*, Vol.52, No.5, pp.545-557, May 2003.

[9] W. Peng, X. Lu, and Poster, "On the reduction of broadcast redundancy in Mobile ad hoc networks," *Proceedings of the First ACM International Symposium on Mobile Ad hoc Networking and Computing*, Boston, pp.129-130, 2000.

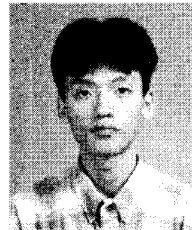
[10] H. Lim and C. Kim, "Multicast tree construction and flooding in wireless ad hoc networks," *Proceedings of the ACM International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems*, Boston, pp.61-68, 2000.

[11] J. B. Anderson, T.S. Rappaport, and S. Yoshida. "Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels," *IEEE Communication Magazine*, Vol.33, No.1, pp.42-49, Jan. 1995.

[12] Network Simulator: NS2.29 available via website <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

김 관 응 (Kwan-woong Kim)

정회원



2002년 8월 전북대학교 전자공학  
학과(공학박사)  
2004년 9월~2005년 8월 Post-doc.  
Univ. of Haute Alsace  
2006년 3월~현재 원광대학교  
전기전자정보공학부 연구원  
<관심분야> 트래픽제어, Ad-hoc  
네트워크

배 성 환 (Sung-hwan Bae)

정회원



2000년 2월 전북대학교 전자공학  
학과(공학박사)  
20006년 3월~현재 한려대학교  
멀티미디어정보통신공학과  
교수  
<관심분야> ASIC 테스트, 통신  
시스템 설계

김 대 익 (Dae-ik Kim)

총신회원



1996년 8월 전북대학교 전자공  
학과(공학박사)

2006년 7월~2007년 6월 미국  
오레건 주립대학 교환 교수

2002년 9월~현재 전남대학교  
전기전자통신컴퓨터공학부  
교수

<관심분야> 저전력 VLSI 설계, Ad hoc 네트워크