

MANET에서 이격 비율과 노드 밀집도에 기반한 동적 확률을 적용한 브로드캐스팅 기법

김재수[†]

요약

브로드캐스팅은 한 노드가 모든 노드들에게 패킷을 전달하는 과정으로, 모바일 애드 hoc 네트워크(MANET)에서 경로 탐색과 제어 정보 메시지 전송과 같은 서비스를 위하여 많이 사용되는 기본 작업이다. 본 논문에서는 MANET에서 송수신 노드 사이의 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 동적으로 재전송 확률 값을 구하는 브로드캐스팅 기법을 제안한다. 이격 비율은 송수신 노드사이의 거리와 무선 전파의 전달 거리에 대한 비율을 계산하며, 노드 밀집도는 1-홉 단위의 이웃 노드의 수를 계산한다. 패킷을 수신한 노드는 송신 노드로부터의 이격 비율과 자신의 노드 밀집도를 고려하여 재전송 확률을 결정하는데, 송신자에 가까운 노드와 노드 밀집도가 높은 노드는 낮은 재전송 확률 값을 부여하여 패킷의 조기 소멸을 통해 재전송 패킷의 수를 줄이도록 한다. 플러딩 기법과 고정된 확률 값 기법과의 성능 비교를 통하여 제안 기법이 다른 방법보다 우수한 성능을 보여주었는데, 제안 기법은 플러딩에 비하여 30% 이상의 패킷 전송을 감소시킬 수 있었으며, 96%에 가까운 패킷의 도착율을 보여주었다.

Dynamically Adjusted Probabilistic Broadcasting Mechanism based on Distance Ratio and Node Density for MANETs

Kim, Jae Soo[†]

ABSTRACT

As broadcasting is the process that a node sends a packet to all nodes in the network. it is basic process used for discovering of a routes to a node and disseminating of control information message in Mobile Ad hoc NETWORK (MANET). In this paper, we propose dynamically adjusted probabilistic mechanism based on distance ratio and node density for broadcasting in MANETs. The distance ratio can be calculated as the ratio of the radio strength length to the distance from sender of a node, and node density can be get from 1-hop nodes of neighbours. A mobile node receiving broadcast packets determines the probability of rebroadcasting considering distance ratio and node density of itself. Rebroadcast probability will be set as low value to a node which is located in nearby area of sender and has high 1-hop node density, So it reduces packets transmission caused by the early die-out of rebroadcast packets. Compared with the simple flooding and fixed probabilistic flooding by simulation, our approach shows better performances results. Proposed algorithm can reduce the rebroadcast packet delivery more than 30% without scanting reachability, where as it shows up to 96% reachability compared with flooding.

Key words: 모바일 애드 hoc 네트워크(Mobile Ad-Hoc Network, MANET), 애드 hoc 라우팅(Ad Hoc Routing), 브로드캐스팅(Broadcasting), 확률적 브로드캐스팅(Probabilistic Broadcasting), 애드 hoc 브로드캐스팅(Ad Hoc Broadcasting)

※ 교신저자(Corresponding Author): 김재수, 주소: 경북 상주시 가장동 386번지 5호관 314호(742-711), 전화: 054) 530-1293, FAX: 054) 530-1299, E-mail: kjs@knu.ac.kr
접수일: 2013년 7월 18일, 수정일: 2013년 8월 21일
완료일: 2013년 8월 29일

[†] 경북대학교 과학기술대학 컴퓨터정보학부
※ 이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.
※ 본 연구는 경북대학교 상주캠퍼스 산학협력중심대학성 과활용사업으로 수행된 연구결과임.

1. 서 론

Mobile Ad hoc Network(MANET)는 이동하는 단말기들이 무선 링크로 연결되어 자체적으로 네트워크의 인프라를 구성해 나가지만 시간에 따라 네트워크 토폴로지가 변화하는 특징을 갖는다. MANET에서는 단말기의 무선 전송 거리와, 채널 사용도, 제한된 배터리 용량 등으로 인하여 한 이동 노드가 목적 노드와 단일 홉(Hop) 형태로 직접 통신을 할 수가 없다. 따라서 노드의 이동이 빈번한 MANET에서 라우팅과 같이 기존 유선 네트워크에서 사용되는 기법을 수정하지 않고 그대로 적용하기는 곤란하다. MANET에서 송신 노드와 목적 노드 간의 통신은 두 노드가 바로 인접해 있는 경우는 직접 이루어지지만, 송신 거리를 벗어나 있는 목적 노드와 통신하기 위해서는 중간 노드들의 도움이 필수적이다. 이 경우에 송신 노드가 보낸 패킷은 몇 개의 중간 노드들을 거쳐 목적 노드까지 전달되는 다중 홉 형태가 발생한다. MANET에서는 이동 노드들이 수시로 이동하기 때문에 중간 노드에서 링크가 끊어져서 경로를 재설정하여야 하는 일이 자주 발생하게 된다. 이것은 종단 노드 간의 패킷 전송지연을 초래하며, 네트워크의 패킷 전송율을 감소시키며, 라우팅 프로토콜의 전체적인 오버헤드를 증가시키게 된다[1,2].

송신 노드와 목적 노드 사이의 경로 설정을 위한 라우팅 오버헤드를 줄이는 것은 MANET에서 매우 중요한 문제 중의 하나이다. 경로 설정 요구가 발생하였을 때 경로를 탐색하는 요구발생 경로탐색 프로토콜(On Demand Routing Protocol)에서는 목적 노드까지의 경로를 탐색하기 위하여 플러딩(Flooding) 기법을 많이 이용한다. MANET을 위해 제안된 라우팅 프로토콜인 Ad hoc On demand Distance Vector(AODV)에서는 경로 탐색을 위하여 송신 노드는 Route Request(RREQ) 패킷을 플러딩으로 네트워크에 내보내며, 이 RREQ 패킷을 받은 중간 노드들은 다시 RREQ 패킷을 플러딩으로 네트워크에 내보내게 된다. MANET에서 플러딩을 수행하였을 경우 각 이동 노드들은 중첩되는 전파범위로 인하여 불가피하게 동일한 RREQ 패킷을 중복으로 수신하게 된다. 이렇게 중간 노드들이 패킷을 과도하게 중복으로 수신하게 되면 재전송하는 패킷 수는 기하급수적으로 증가하게 되어 불필요한 패킷이 난무하여 수 많은

패킷 충돌을 유발시키며 네트워크 전체적인 성능 저하를 초래하게 된다. 이러한 현상을 브로드캐스트 폭풍(Broadcast Storm) 현상이라고 한다. MANET에서 전체 노드로 브로드캐스팅하기 위해서 중간 노드들이 패킷의 재전송을 수행할 때 자신이 재전송을 할 것인가를 결정하는 것은 상당히 중요한 문제로 MANET의 전체적인 성능에 커다란 영향을 미치고 있다[3,4].

플러딩 기법에서 발생하는 브로드캐스트 폭풍 문제를 해결하기 위해 다양한 방법이 제시되고 있다 [5,6,7,8,9]. Sze-Yao Ni 등은 [6]의 논문에서 MANET에서 패킷의 브로드캐스팅을 위해 확률에 근거한(Probability-based) 전송방법, 중복 패킷의 수에 근거한(Counter-based) 전송방법, 송수신 노드의 거리에 근거한(Distance-based) 전송방법, 이동 노드의 위치에 근거한(Location-based) 전송방법, 소집단 클러스터에 근거한(Cluster-based) 전송방법으로 나누어 플러딩 문제점의 해결책을 제시하였다. 그 중 가장 단순한 방법 중의 하나가 확률적 접근 방법으로, MANET에서 패킷을 수신한 각 노드는 미리 정해진 확률 p 값에 의하여 패킷의 재전송 여부를 결정하게 된다. 이 때 재전송할 확률 값을 비교적 높게 설정하면 동일한 패킷을 수신하게 되는 빈도가 많아져 패킷의 중복 수신이 많아지게 되며, 재전송할 확률 값을 비교적 낮게 설정하면 중간 노드들이 패킷을 재전송하지 않는 경우가 많아져 패킷이 목적 노드까지 도착하는 도착 비율이 낮아 전체적인 성능이 떨어지게 된다[6].

고정된 확률 값에 의한 확률적 접근 방법의 문제점을 극복하기 위하여 다양한 방법들이 제시되고 있다. Cartingy와 Simplot는 [7]에서 브로드캐스트 패킷을 수신한 이동 노드가 패킷을 재전송함으로써 얻을 수 있는 추가 확장 영역과 주위의 이동 노드의 수와 같은 주변의 환경에 따라 재전송 확률 값을 계산하여 이 확률 값에 따라 패킷을 재전송하는 방법을 제시하고 있으며, Zhang 과 Dharma는 [8]에서 이동 노드가 이웃 노드들로부터 받는 중복 패킷의 수를 계산하여 이에 따라 동적으로 재전송 확률 값을 부여하는 기법을 제시하고 있으며, Yassein 과 Papanastasiou는 [9]에서 이동 노드가 주위의 이동 노드들과 Hello 메시지를 주고 받음으로써 주위의 이동 노드의 수를 계산하여 재전송 확률 값을 부여하는 방법을

제시하고 있다. 이 밖에도 많은 연구에서 이동 노드의 주변 환경을 고려한 브로드캐스트 패킷의 확률적 재전송 기법이 제시되고 있지만 각 이동 노드에게 최적의 재전송 확률 값을 부여하는 것은 여전히 불가능한 문제로 남아 있다.

본 논문에서는 송수신 노드 사이의 이격 비율과 노드의 밀집도와 같은 이동 노드의 주변 환경을 고려하여 브로드캐스트 패킷의 재전송 확률 값을 부여하는 브로드캐스팅 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 먼저 브로드캐스팅에 참여하는 노드의 위치 정보를 이용하여 송수신 노드까지의 거리(d)와 이동 노드의 무선 전파 거리(r)를 바탕으로 이격 비율(d/r)을 구하고, 네트워크에서 평균 이동 노드의 수에 대하여 수신 노드 주위의 노드 밀집도를 구한다. 그리고 패킷의 재전송 확률 값은 높은 값, 중간 값, 낮은 값의 세 단계 그룹으로 나누며, 각 이동 노드는 송수신 노드 사이의 이격 비율과 노드의 밀집도에 따라 세 가지 그룹으로 나누어 해당 그룹의 범위에 있는 확률 값을 적응적으로 부여하는 확률적 브로드캐스팅 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 기법은 브로드캐스트 패킷의 재전송에 관여하는 이동 노드의 수를 줄이면서 전체 노드로 전송되는 패킷의 전송 비율을 수용 가능한 정도로 유지할 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MANET의 브로드캐스팅 기법 중에서 확률적 접근 방법을 중심으로 관련된 연구 내용들을 살펴보고, 3장에서는 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 재전송 확률 값을 차별나게 부여하는 브로드캐스팅 기법에 대하여 자세히 서술한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 기법의 성능 평가를 위하여 수행한 시뮬레이션의 결과에 대해서 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

MANET에서 브로드캐스트 폭풍 문제를 최소화하고 네트워크의 효율성을 증대시키기 위한 다양한 연구가 진행되어져 왔는데, 이 방법들은 중복 수신한 동일한 패킷을 브로드캐스트로 여러 번 재전송하게 되면 얻을 수 있는 효과는 급격히 감소한다는 사실을 기반으로 하고 있다. MANET에서 처음 제안된 확률적 플러딩 기법은 Z. J. Haas 등이 [5]에서 제안된 가십(Gossip)에 근거한 경로 탐색 접근 방법으로, 송

신 노드가 목적 노드까지의 경로 탐색을 위해 *RREQ* 패킷을 수신한 중간 노들은 미리 정해진 확률 값인 p 의 확률로 패킷의 전달을 계속할 것인지 여부를 결정해 나가는 방법이다. 이 방법은 노드 주위에 이웃 노드들이 적으면 가십을 통해 패킷을 이웃으로 전파시킬 확률이 줄어들어 목적 노드까지 전파되지 못하는 경우가 자주 발생한다. 이를 해결하기 위하여 초기 h 홉 이내에 있는 노드들은 $p=1$ 의 확률로 가십을 전파하며, 이후에는 $p<1$ 의 확률로 가십을 전파하도록 한다. 그 결과 단순 플러딩에 비하여 35%의 패킷 오버헤드를 줄일 수 있었으며, *AODV* 라우팅 프로토콜에 적용한 결과 종단 간 전송 지연과 전송율을 크게 개선하였다[5].

Sze-Yao Ni 등은 [6]에서 중복 패킷의 수에 근거한 확률적 브로드캐스트 패킷 전송 방법을 제시하였는데, 이동 노드가 브로드캐스트 패킷을 처음으로 수신할 경우 기준 확률 p 를 기반으로 패킷의 재전송 여부를 결정한다. 그리고 임의의 지연시간 동안 중복으로 수신하게 되는 동일 패킷의 수(c)를 계산하여 패킷의 재전송 여부를 결정하게 되는데, 미리 정의된 수 만큼의 중복 패킷을 수신하지 못하면 자신의 영역 내에 패킷을 수신하지 못한 노드가 있는 것으로 간주하고 패킷을 재전송한다. 송수신 노드의 거리에 근거한 전송방법은 이동 노드가 패킷을 송신한 노드까지의 거리(d)를 계산하여 패킷의 재전송 여부를 결정하게 되는데, 수신 노드와 송신 노드 사이의 거리가 미리 정의된 거리보다 크면 패킷을 재전송하고 그 거리보다 작으면 패킷을 재전송하지 않는다. $p=1$ 인 경우는 일반적인 플러딩에 해당된다[6].

Cartingy와 Simplot는 [7]에서 브로드캐스트 패킷을 수신한 이동 노드가 패킷을 재전송함으로써 얻을 수 있는 추가 확장 영역과 주위의 이동 노드의 수와 같은 주변의 환경을 반영하여 재전송 확률 값을 계산하고 이 확률 값에 따라 패킷을 재전송하는 방법을 제안하고 있다. 추가 확장 영역의 계산은 브로드캐스트 패킷을 수신한 노드가 송신 노드와의 거리를 이용하여 계산하는데, 송신 노드의 커버 영역에 대하여 수신 노드의 추가 확장 영역에 대한 비율을 계산한다. 이렇게 구한 추가 확장 영역 비율 값과 이웃 노드의 수를 파악하여 이 두 가지 조건을 반영하여 브로드캐스트 패킷의 재전송 확률 값을 구하도록 알고리즘을 확장하였다. 아울러 브로드캐스트 패킷의 높은

도착율을 달성하기 위한 효율성 변수값으로 k 를 도입하여 재전송 확률 값을 결정하도록 제시하고 있으며, 알고리즘의 효율성을 위하여 패킷의 도착율과 절약된 재전송 패킷의 수에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다. 이 기법의 시뮬레이션 결과는 이웃 노드의 수와 효율성 변수값 k 에 따라 성능에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다[7].

Zhang과 Dharma는 [8]에서 중복 패킷의 수에 근거한 접근 방법과 확률적 접근 방법을 혼합한 동적인 확률적 기법을 제시하였는데, 이 방법은 이동 노드가 브로드캐스트 패킷을 수신하면 일정 시간(t) 동안 이웃 노드로부터 수신하는 중복패킷의 수(c)를 계산하여 c 값에 따라 재전송 확률 값 p 를 동적으로 결정하도록 한다. 하지만 이 방법에서 제시하는 중복패킷의 수는 이웃에 있는 이동 노드의 수를 정확하게 나타내지 못하고 있다. 왜냐하면 몇몇 이웃 노드들은 t 시간 동안 수시로 이동하여 중복으로 수신한 패킷의 수는 이동 노드의 수와 일치하지 않기 때문이다[8].

Yassein과 Papanastasiou는 [9]에서 MANET 전체의 평균 이웃 노드 수(n)를 고려하여 이동 노드가 주위의 이동 노드들과 Hello 메시지를 주고받음으로써 주위의 이동 노드의 수(n)를 계산하여 재전송 확률 값 p 를 부여하는 방법을 제시하고 있다. 이 방법에서 브로드캐스트 패킷을 수신한 이동 노드는 자신 주위의 이동 노드 수(n)를 계산하여 네트워크 전체의 평균 이웃 노드 수(n) 보다 작으면 이동 노드는 저밀집 지역에 위치하고 있어 높은 재전송 확률 값 p_1 을 부여하며 n 이 n' 보다 크면 낮은 재전송 확률 값 p_2 를 부여하는 방법을 제시하고 있다[9].

Abdulai 등은 [10]에서 AODV 라우팅 프로토콜의 경로 탐색 부분에 확률적 브로드캐스팅 방법을 적용하는 방법을 제안하였다. 경로 탐색에서 미리 정해진 확률 값 p 에 따라 RREQ 패킷을 재전송하도록 수정하였으며, 패킷의 재전송 확률 값 p 를 변화시켜 가면서 AODV 라우팅 프로토콜의 성능을 분석하였다. 분석 결과는 적절한 p 를 설정하는 것이 프로토콜의 성능에 커다란 영향을 미치게 되는데, 밀집 지역에서는 p 값이 0.5일 때 최고의 성능을 보여주었으며, 비밀집 지역에서는 p 값이 0.7일 때 최고의 성능을 보여주었다. 아울러 최적의 p 는 네트워크 트래픽의 양과, 네트워크 이동 노드의 분산 정도, 노드의 이동 속도 등에 의하여 커다란 영향을 받는 것을 보여주었다

[10].

Kim 등은 [11]에서 패킷을 수신한 노드가 패킷을 재전송하여 얻을 수 있는 추가 확장 영역을 근거로 이기심(Selfishness) 개념을 적용한 확률적 브로드캐스팅 기법을 제안하였다. 이 방법은 송신 노드에 가까이 있는 노드는 추가 확장 영역이 넓지 않아 패킷을 재전송하지 않도록 하여 다른 노드에 비하여 이기적인 노드로 분류하였다. 그리고 알고리즘의 효율성을 위하여 이웃 노드의 수를 고려하여 패킷의 재전송 확률값을 부여하도록 하였다. 패킷을 수신한 노드가 재전송으로 얻을 수 있는 추가 확장 영역이 송신 노드 전과 영역의 41% 이하이면 이웃 노드의 수가 평균 이상이면 굉장히 높은 이기적 노드로 분류하여 패킷을 폐기하여 재전송을 못하도록 하였다. 그리고 추가 확장 영역이 41% 이상이면 이웃 노드의 수가 평균 이하이면 높은 재전송 확률 값을 부여하여 패킷의 도착율을 높이도록 하였다. 플러딩 기법과 비교한 이 기법의 시뮬레이션 결과는 목적 노드에서 높은 도착율을 유지하면서도 재전송 패킷의 수를 감소시켜 중복 패킷의 충돌 문제를 크게 감소시켰다[11].

한편, 브로드캐스트 패킷을 전송하는 이동 노드가 이웃 노드들에 대한 정보를 가지고 있으면 보다 영리하게 패킷의 재전송 여부를 판단할 수 있다. 이동 노드는 주기적으로 이웃 노드들과 "Hello" 메시지를 교환함으로써 이동 노드의 다양한 정보를 알 수 있는데, 이러한 이웃 노드의 정보를 브로드캐스팅에 이용하는 기법을 이웃 노드 정보 기반 브로드캐스팅 (Neighbor Knowledge based Broadcasting) 기법이라고 한다. 이 방식은 이동 노드가 브로드캐스트 패킷을 재전송하기 전에 "Hello" 메시지를 주고받음으로서 지역 밀집도를 비롯하여 이웃 노드에 대한 다양한 정보를 수집하여 보관하고 있다. 이렇게 "Hello" 메시지를 통하여 수집된 1-홉 또는 2-홉 거리에 위치한 이웃 노드의 정보를 이용하여 브로드캐스트 패킷의 재전송 여부를 결정함으로써 플러딩 횟수를 최소화하고자 하는 기법이다[12,13].

이처럼 이상에서 제안된 기법들은 모두 브로드캐스트 전송을 위해 불필요한 재전송 패킷을 줄이는 것이 그 목적이다. 이동 노드가 패킷을 수신하게 되면 미리 정해진 확률 값인 p 의 확률로 패킷을 재송하게 되는데, 재전송 확률 값 p 를 너무 작게 설정하면 몇몇 노드들은 모든 패킷을 수신하지 못하는 경우가

발생하여 목적 노드까지 패킷의 전송 비율이 매우 낮아지게 되며, 반면에 p 를 너무 크게 설정하면 각 노드에서 불필요한 패킷이 난무하여 패킷의 충돌이 무수히 발생하게 되며 무선 주파수 채널을 낭비하게 될 것이다[14]. 네트워크 형상이 빈번하게 변하는 MANET에서 높은 도착율과 우수한 성능을 달성하기 위해서는, 각 노드에서 재전송 확률을 적절하게 조절할 필요가 있다. 본 논문에서는 MANET에서 패킷의 도착율을 유지하면서 브로드캐스트 패킷의 중복을 최소한으로 줄일 수 있는 방법으로 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 적절한 재전송 확률 값을 부여하는 확률적 브로드캐스팅 기법을 제안한다.

3. 이격 비율과 노드 밀집도에 기반한 동적 확률 적용 브로드캐스팅 기법

브로드캐스트 패킷을 전달할 확률 값을 설정하는 것은 매우 중요한 문제이다. 높은 확률 값은 전달 패킷을 많이 발생시켜 목적 노드까지 패킷의 전달을 보장하지만, 낮은 확률 값은 전달 패킷을 많이 폐기시키게 되어 패킷의 전달을 일찍 소멸시키게 된다 [15]. 본 논문에서는 브로드캐스트 패킷의 중복성을 최대한 줄이고, 높은 도착율을 유지할 수 있는 브로드캐스팅 기법으로 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 그룹을 설정하여 각 그룹별로 차등적인 재전송 확률 값을 부여하는 "이격 비율과 노드 밀집도에 기반한 확률적 브로드캐스팅 기법"을 제안한다.

3.1 이격 비율에 기반한 확률적 브로드캐스트 기법

그림 1은 송신 노드 A 로부터 패킷을 수신한 노드 B 가 패킷을 재전송할 때 노드 B 가 추가로 확대할 수 있는 영역과 노드 B 로부터 패킷을 수신한 노드 C 가 추가로 확대해 나갈 수 있는 영역을 표시하고 있다. 이격 비율에 기반한 확률적 브로드캐스트 기법은 송신 노드(A)의 전파 신호 거리(r) 내에 있는 노드 중에서 노드 A 로부터 멀리 떨어진 노드들이 A 의 주변 노드들 보다 높은 재전송 확률 값을 가지고 패킷을 재전송하도록 함으로써 전송 영역을 넓혀 나가는 것이다[15].

그림 1에서 노드 A 와 노드 B 의 전송 영역을 각각 S_A , S_B 라고 하면 노드 B 가 패킷을 재전송함으로써 추가로 확대되는 영역은 $S_B - S_A$ 영역으로 S_{B-A} 로

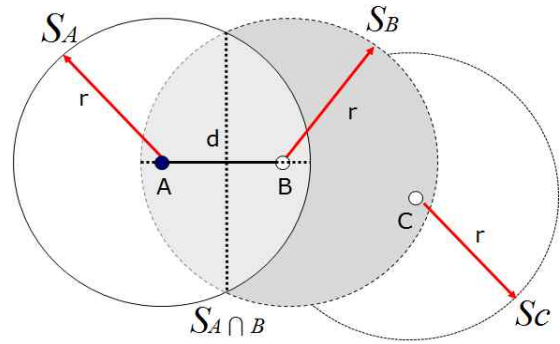


그림 1. MANET에서 이격 비율 계산 모델

표시하면 $S_{B-A} = S_B - S_{A \cap B}$ 가 된다. 이렇게 노드 B 가 패킷을 재전송하여 전송 범위를 추가로 확장할 수 있는 영역을 ACA (Additional Coverage Area)라 정의한다. 그림 1에서 S_A 와 S_B 의 반지름을 r 이라고 하고 노드 A 와 노드 B 사이의 거리를 d 라고 할 때, 노드 A 로부터 패킷을 받은 노드 B 가 패킷을 재전송함으로써 추가로 확장할 수 있는 영역인 S_{B-A} , 즉 $ACA(B)$ 는 수식 (1)과 같이 구할 수 있으며, d 값은 수식 (2)와 같이 구할 수 있다. 여기서 c 는 전파 신호 속도, f 는 전파 신호의 주파수, w_s 는 전송 신호 전력, w_r 는 수신 신호 전력을 나타낸다.

$$ACA(B) = S_{B-A} = S_B - S_{A \cap B} = \pi r^2 - 4 \int_{d/2}^r \sqrt{r^2 - x^2} dx \quad (1)$$

$$d = \frac{c \sqrt{\frac{w_s}{w_r}}}{4\pi f} \quad (2)$$

그림 1과 수식 (1)에서 알 수 있듯이 $d = r$ 일 때 추가 확장 영역 S_{B-A} 는 최대가 되기 때문에, r 거리 근처에 있는 노드가 패킷을 재전송하는 것이 보다 효율적이다. 연구에 의하면 d 와 r 의 거리 비율이 1.0일 때, 즉, $d=r$ 일 때 B 영역의 41%는 송신 노드에 의해 커버되었으며, 재전송을 통하여 확장할 수 있는 최대 영역은 B 영역의 나머지 61% 정도가 커버된다. 반면 d 와 r 의 거리 비율이 0일 때, 즉, $d=0$ 일 때 재전송을 통하여 확장할 수 있는 영역은 최소가 되며 그 영역은 0이 된다.

본 논문에서는 이동 노드의 전파 세기 거리(r)에 대한 송신 노드로부터의 거리(d) 비율, 즉 d/r 을 두 노드 사이의 이격 비율(Distance Ratio)이라고 정의하며, 이격 비율에 따라 재전송 확률 값을 단계적으로 배정하는 방법을 제안한다. 임의의 노드가 처음으로 브로드캐스트 패킷을 수신하게 되면 자신의 r

과 d 를 구하여 두 노드의 이격 비율, $D = d/r$ 을 계산한 다음, 이 이격 비율에 따라 패킷의 재전송 확률을 동적으로 부여한다. 각 이동 노드는 이 이격 비율을 기반으로 패킷 전송 확률을 조정하는데, 송신 노드로부터 멀리 떨어진, 즉 이격 비율이 큰 노드가 높은 우선 순위로 패킷을 재전송하는 것이 보다 효율적이다.

3.2 노드의 밀집도에 근거한 확률적 브로드캐스팅 알고리즘

MANET에서 각 노드는 임의로 움직이기 때문에 네트워크 형상은 수시로 변하게 된다. 아울러 각 노드의 주위에 있는 이웃 노드의 수도 적을 때도 있고 많을 때도 있게 된다. 본 논문에서는 이웃 노드의 수, 즉 밀집도에 따라 재전송 확률 값을 다르게 배정하는 방법을 제안한다. 한 노드의 이웃 노드 밀집도 계산은 한 홉 단위의 이웃 노드와 매 초당 "Hello" 패킷을 주고받음으로서 정보를 구할 수 있다. 각 노드는 이웃 노드 리스트에 자신과 한 홉 단위로 이웃하고 있는 노드의 ID를 기록하여 밀집도를 구할 수 있다. 이렇게 구한 밀집도를 바탕으로 재전송 확률 값을 동적으로 배정하게 되는데, 밀집도가 높은 지역에서는 재전송 확률 값을 낮게 배정하며, 밀집도가 낮은 지역에서는 재전송 확률 값을 높게 배정한다.

MANET에서 이웃 노드의 밀집도를 구하기 위하여 단위시간(j) 내에서는 네트워크 형상의 변화가 없는 것으로 가정하며, 단위시간 동안의 단일 홉 거리의 평균 이웃 노드 수를 구한다. MANET에 존재하는 모든 이동 노드의 수를 N 이라고 하고, 이동 노드 i 에 대한 이웃 노드의 수를 n_i 라고 할 때, 모든 이동 노드에 대한 이웃 노드 수의 평균을 n_{avg} 라고 하면 n_{avg} 값은 수식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$n_{avg} = \frac{1}{S} \sum_{j=1}^S \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i \tag{3}$$

여기서 S 는 평균 값을 계산하기 위한 연속되는 단위시간의 수를 말하는데, 연속 단위시간 동안 받는 RREQ 패킷을 카운트하여 평균 값을 구한다. 이동 노드 i 에 대한 평균 이웃 노드의 개수인 n_{avg} 값은 노드의 밀집도에 근거한 확률적 브로드캐스팅 알고리즘에서 노드 밀집도에 대한 임계값(Threshold)으로 사용한다. 만약 노드 i 의 이웃 노드 수가 n_{avg} 보다 크면 노드 밀집도 높은 지역에 위치한 것으로 간주하

여 재전송 확률 값 p_t 를 낮게 배정하며, 반대로 이웃 노드 수가 n_{avg} 보다 작으면 노드 밀집도 낮은 지역에 위치한 것으로 간주하여 재전송 확률 값 p_t 를 높게 배정한다.

3.3 이격 비율과 노드 밀집도를 기반으로 동적 확률을 적용한 브로드캐스팅 기법

이격 비율과 노드 밀집도에 기반한 확률적 브로드캐스트 기법에서는 수신 노드가 송신 노드와의 이격 비율과 수신 노드 주위의 노드 밀집도에 따라 세 개의 그룹으로 나누어 이들 그룹에 대하여 각자 다른 확률 값을 부여한다. 이격 비율이 작고 노드 밀집도가 높은 노드는 송신자로부터 가까이 위치해 있고 주위에 이웃 노드들이 많아서 굳이 자신이 패킷을 재전송할 필요가 없다. 이 경우는 낮은 재전송 확률 값을 부여한다. 반면에 이격 비율이 크고 노드 밀집도가 낮은 노드는 송신자로부터 멀리 위치해 있고 주위에 이웃 노드들이 적어서 반드시 패킷을 재전송할 필요가 높은 재전송 확률 값을 부여한다. 또 다른 경우로 이격 비율과 노드 밀집도가 앞의 두 가지 경우의 사이에 해당하는 경우는 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 중간 정도의 재전송 확률 값을 부여한다.

그림 2는 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 재전송 확률 값의 변화를 나타낸다. 이격 비율이 작고 노드 밀집도가 높은 노드는 낮은 재전송 확률 값 그룹 $G1$ 에 속하게 되며 p_1 범위의 재전송 확률 값을 부여한다. 이격 비율이 크고 노드 밀집도가 낮은 노드는 높은 재전송 확률 값 그룹 $G3$ 에 속하게 되며 p_3 범위의 재전송 확률 값을 부여한다. 그리고 이격 비율과 노

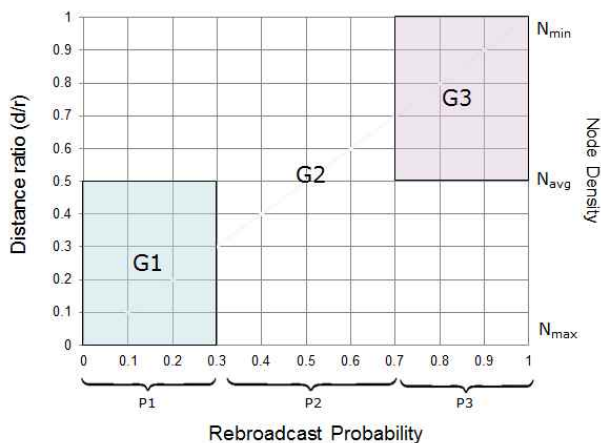


그림 2. 이격 비율과 노드 밀집도에 따른 재전송 확률 값 모델

드 밀집도가 중간인 경우는 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 중간 정도의 재전송 확률 값 그룹 $G2$ 에 속하게 되며, p_2 범위의 재전송 확률 값을 부여한다.

이처럼 MANET에서 이동 노드의 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 각 노드에 대하여 재전송 확률 값, p_t 를 구하는데, 각 그룹별 재전송 확률 값(p_t)은 수식 (4)와 같다. MANET에서 이동 노드가 패킷을 수신하게 되면 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 재전송 확률 값을 계산하는데, 수식 (4)에서 그 조건에 따라 $G1$, $G2$, $G3$ 그룹 중의 하나에 속하게 되며, 각 그룹별로 배정된 범위 내의 재전송 확률 값을 부여한다. 즉, 조건에 맞는 그룹에 따라 p_1 , p_2 , p_3 범위에 속한 확률 값을 부여한다.

$$p_t = p(d, n) = \begin{cases} p_3 & \text{for } G3 (n \leq n_{avg} \text{ and } d/r > D_{avg}) \\ p_2 & \text{for } G2 (n \leq n_{avg} \text{ or } d/r \leq D_{avg}) \\ p_1 & \text{for } G1 (n > n_{avg} \text{ and } d/r \leq D_{avg}) \end{cases} \quad (4)$$

수식 (4)에서 사용된 각 기호에 대한 정의는 다음과 같다.

- p_t : 노드 i 의 재전송 확률 값
- d : 노드 i 의 패킷 송수신 노드 사이의 거리
- r : 노드 i 의 전파 거리
- n : 노드 i 주위의 단일 홉 거리에 존재하는 이웃 노드의 수
- n_{avg} : 전체 네트워크에서 각 노드의 평균 이웃 노드 수
- $G1$, $G2$, $G3$: 재전송 확률 값 그룹
- D_{avg} : 평균 이격 비율

본 논문에서 제안한 이격 비율과 노드 밀집도에 기반한 확률적 브로드캐스팅 알고리즘의 동작 과정은 그림 3과 같다. 브로드캐스트 패킷을 수신한 노드는 메시지 ID를 조사하여 처음 수신한 패킷이면 이격 비율(D)과 노드 밀집도를 계산하여 재전송 확률 값(p_t)을 결정할 그룹을 설정한다. 수식 (4)에서 구한 조건에 따라 이격 비율과 노드 밀집도가 $G1$ 그룹에 속하면 낮은 재전송 확률 값인 p_1 범위에 속하는 값을 부여하며, $G3$ 그룹에 속하면 높은 재전송 확률 값인 p_3 범위에 속하는 값을 부여한다. 그리고 $G2$ 그룹에 속하면 중간 재전송 확률 값인 p_2 범위에 속하는 값을 부여한다. 그리고 처음 수신한 패킷이 아

Proposed Probabilistic Broadcasting :

```

On receiving a RREQ packet m at node i;
Set  $n_{avg}$  as average number neighbor of a node in MANET;
Set  $D_{avg}$  as average distance ratio( $D=d/r$ ) in MANET;
Get the distance( $d$ ) from sender and average radius( $r$ ) of radio;
If m is received for the first time then
    Get the number of neighbor n for the node i that receives m;
    Get D of a node n;
    If  $n > n_{avg}$  and  $D \leq D_{avg}$  then
        // Node n is in low rebroadcast probability group //
        Set rebroadcast probability  $p_t$  such that  $p_t \subseteq p_1$ ;
    End_if
    If  $n \leq n_{avg}$  and  $D > D_{avg}$  then
        // Node n is in high rebroadcast probability group //
        Set rebroadcast probability  $p_t$  such that  $p_t \subseteq p_3$ ;
    End_if
    If  $n \leq n_{avg}$  or  $D \leq D_{avg}$  then
        // Node n is in medium rebroadcast probability group //
        Set rebroadcast probability  $p_t$  such that  $p_t \subseteq p_2$ ;
    End_if
    Rebroadcast the packet m with probability  $p_t$ .
Else
    Drop RREQ packet m.
End_if

```

그림 3. 제안한 확률적 브로드캐스팅 알고리즘

니면 이전에 처리가 이루어졌으므로 폐기한다.

4. 실험 및 평가

본 절에서는 본 논문에서 제안한 이격 비율과 노드 밀집도에 기반한 확률적 브로드캐스팅 기법의 성능 평가에 대하여 기술한다. 성능 평가를 위하여 MANET에서 송신 노드에서 멀리 떨어진 목적 노드까지의 경로 설정을 위하여 전체 노드들에게 브로드캐스팅 기법을 적용한다고 가정하였으며, 성능 평가는 모든 노드에게 패킷을 재전송하는 과정에서 절약되는 패킷의 비율과 브로드캐스트 패킷의 도착 비율, 브로드캐스트 패킷을 전달하는데 걸리는 패킷의 중단 간 지연 시간, 패킷이 모든 노드에 도달하는 과정에서 발생하는 패킷의 충돌 비율에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 단순 플러딩 기법(Flooding)과 고정 확률 값 브로드캐스팅 기법(Fixed Probability), 이기적 확률 값 브로드캐스팅 기법(Selfish Probability) [11], 그리고 본 논문의 제안 기법(Proposed)에 대하여 실시하여 성능을 서로 비교하였다

시뮬레이션은 애드 혹 네트워크 시뮬레이터인 Glomosim을 사용하였으며, 모든 이동 노드는 임의의 방향과 속도로 움직인다고 가정한다. 네트워크 영역의 크기는 1km X 1km로 설정하였으며 시뮬레이

표 1. 시뮬레이션을 위한 MANET 환경 변수 값

Parameter	Values
Topological areas	1000×1000 m
Number of nodes	150 nodes
Network bandwidth	2 Mbps
Transmission radius	250 m
Nodes' speed	5 m/sec
Traffic load	10, 20, 30, 40, 50 connections
Pause time	0.5 ms
Geometrical model	Random node distribution
Network traffic	Constant bit rate
Mobility model	Random way point
Number of trials	30 trials

선에 사용된 MANET 환경 설정을 위한 입력 변수 값은 표 1과 같다.

시뮬레이션에서 고정된 확률 값 접근 방법에서는 재전송 확률 값을 0.7로 설정하여 시뮬레이션을 실시하였다. 그 이유는 [9]의 논문에서 실험을 통하여 고정된 확률 값 접근 방법에서는 재전송 확률 값을 0.7로 설정하였을 때 가장 좋은 성능을 나타내었다. 본 논문에서 제안한

기법의 시뮬레이션에서는 송수신 노드 사이의 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 $G1, G2, G3$ 세 그룹으로 나누어 시뮬레이션을 실시하였으며, 각 그룹에 대하여 재전송 확률 값 p_t 는 각각 $p_1 : 0.0 \sim 0.3, p_2 : 0.4 \sim 0.7, p_3 : 0.7 \sim 1.0$ 로 설정하였다.

4.1 재전송 절약 비율(Saved ReBroadcast : SRB)

플러딩에서 이동 노드가 패킷을 수신하면 자신의 모든 이웃 노드들에게 패킷을 그대로 재전송한다. 전체 이동 노드의 수가 N 이라면, 송신 노드에서 목적 노드까지 경로 설정을 위하여 $N-1$ 개 노드에서 재전송이 이루어지며, 네트워크 전체로는 $\sum(N-1)$ 번의 재전송이 발생한다. 고정 값 확률적 브로드캐스트 기법에서는 정해진 확률 값 p_t 에 따라 패킷의 재전송 여부를 결정하기 때문에 노드의 평균 재전송 수는 $\sum(N-1)*p_t$ 번이 되어 재전송 노드 수를 줄일 수 있다. MANET에서 메시지를 전달하는 노드의 수를 n_s , 브로드캐스트 패킷을 받은 노드의 수를 n_b 라고 하면 재전송 절약 비율(Saved ReBroadcast :

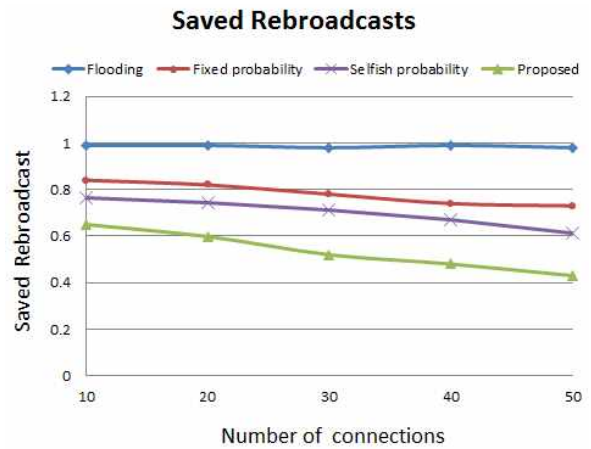


그림 4. 재전송 절약 비율

SRB)는 $SRB = (n_b - n_s) / n_b$ 과 같이 정의할 수 있다. 그림 4는 MANET에서 전체 노드에게 브로드캐스트 패킷을 전송하는 과정에서 패킷을 재전송하지 않으므로 발생하는 재전송 절약 비율에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

그림 4에서 고정값 확률적 방법과 이기적 확률 값 브로드캐스팅 기법, 제안 기법은 $(1 - p_t)$ 의 확률로 브로드캐스트 패킷의 재전송에 참여하지 않기 때문에 플러딩에 비하여 재전송에 참여하는 노드 비율을 절약할 수 있다. 더욱이 연결(Connection) 요청의 수가 많아지면 본 논문의 제안 기법이 재전송에서 발생하는 절약 비율이 더 크게 나타났다. 시뮬레이션의 결과를 통해 알 수 있듯이 브로드캐스팅을 위해 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 적용적으로 패킷의 재전송 확률 값을 조절함으로써 패킷의 재전송에 참여하게 되는 노드의 수를 줄일 수 있어, 본 논문에서 제안한 기법은 플러딩에 비하여 최대 60%에 가까운 재전송 절약 비율 성능 향상을 얻을 수 있으며 이기적 확률 값 브로드캐스팅 기법보다는 15% 이상의 성능 향상을 얻을 수 있었다.

4.2 패킷 도착 비율 (Packet delivery ratio : PDR)

MANET에서 송신 노드가 수신 노드 간의 경로를 설정하거나 특정 노드를 호출하는 경우에 브로드캐스트 방법을 많이 이용하는데, 송수신 노드 사이에 브로드캐스트 패킷의 도착 비율은 매우 중요한 사항이다. MANET에서 브로드캐스트 패킷의 전달은 송신 노드에서 출발하여 여러 중간 노드를 거쳐 최종 목적 노드까지 도착하게 된다. 패킷 도착 비율

(Packet Delivery Ratio : PDR)은 송신 노드로부터 받아야 하는 전체 패킷의 수에 대하여 패킷이 거처 가는 중간 노드와 최종 목적 노드까지 각 노드에 수신되는 패킷 수의 비율로 정의한다. 네트워크에서 전체 이동 노드의 수를 N , i 번째 노드가 받은 전체 패킷의 수를 $n_p(i)$, 송신자로부터 받은 전체 패킷의 수를 n_p 라고 할 때, PDR 은 수식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$PDR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{n_p(i)}{N_p} \quad (5)$$

그림 5는 송신 노드가 전체 노드에게 브로드캐스트 연결 요청을 시작한 다음 일정 시간이 지난 후에 노드에서 받은 패킷의 수, 즉 패킷 도착 비율에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 즉, 송신 노드에서 브로드캐스트 연결(Connection) 요청 수에 따른 패킷 도착 비율을 나타내고 있다. 그림 5에서 알 수 있듯이 플러딩이 95% 이상의 패킷 도착 비율을 나타내어 세 방법 중에서 가장 우수한 것으로 나타났다. 본 논문에서 제안한 방법은 평균 90% 이상의 패킷 도착 비율을 나타내고 있으며, Connection 수가 30인 경우는 96% 이상의 패킷 도착 비율을 나타내고 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 기법은 MANET 환경에서 플러딩 기법의 패킷 도착 비율에 근접하는 성능을 가지면서 고정 확률 값 방법보다 20% 이상 성능 향상을 나타내는 것을 알 수 있다.

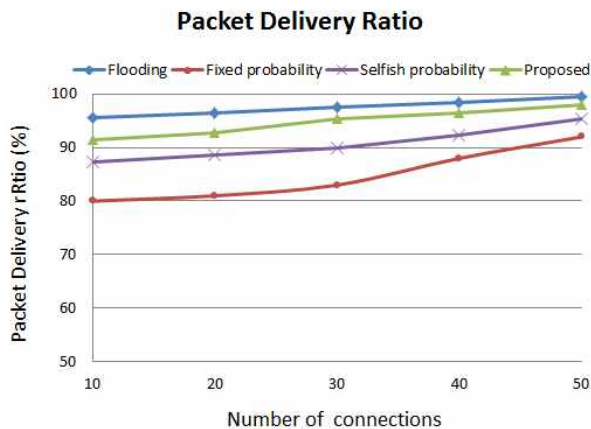


그림 5. 패킷 도착 비율

4.3 종단 간 전송 지연(End-to-end Delay : EED)

종단 간 전송 지연(End-to-end Delay : EED)은 송신 노드에서 출발한 데이터 패킷이 목적 노드에

성공적으로 도착할 때까지의 시간 차이로 정의한다. MANET에서 RREQ 패킷을 받은 이동 노드의 집합을 R 이라고 할 때, 집합 R 에 포함된 이동 노드의 수를 $|R|$ 로 표시할 수 있다. 송신 노드로부터 노드 i 에 전달되는 패킷의 전송 지연시간을 d_i 라고 하면, 종단 간 전송지연시간(EED)는 수식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$EED = \sum_{i \in R} d_i / |R| \quad (6)$$

그림 6은 네 가지 브로드캐스트 기법에 대한 종단 간 전송 지연에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 송수신 노드 간의 연결을 설정하기 위해 RREQ 패킷의 발생이 증가하면 전체적인 지연시간은 증가하게 된다. 그 이유는 패킷의 폭주로 인하여 중복 패킷의 처리 시간과, 무선 채널 경쟁을 위한 지연 시간, 확률적 재전송 처리를 위해 소요시간, 단일 홉 이웃 노드의 밀집도를 계산하기 위한 지연시간 등으로 인하여 종단 간 전송 지연이 증가하게 된다. 그림 6에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안 한 기법이 플러딩과 고정값 확률적 기법에 비하여 각각 15%와 10% 정도의 성능 향상이 이루어졌다. 이는 송신 노드에서 목적 노드까지 연결(Connection) 요청의 수에 따라 브로드캐스팅을 위해 패킷의 전달에 참여하는 평균 노드 수가 줄어 종단 간 전송 지연 시간의 감소를 가져온 것으로 분석된다.

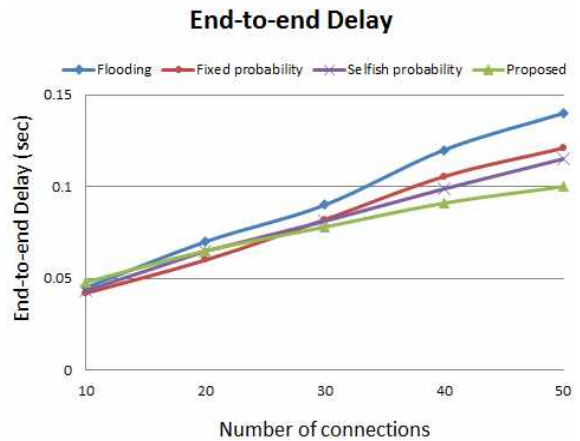


그림 6. 종단 간 전송 지연 시간

4.4 평균 충돌 비율 (Average Collision Rate : ACR)

패킷의 평균 충돌 비율은 시뮬레이션의 단위 시간

동안 패킷의 충돌로 인하여 폐기한 패킷의 수로 정의한다. 예를 들어 노드 A로부터 패킷을 받은 노드 B와 C가 동시에 패킷을 노드 D에 전송하게 되었을 때 노드 D에서 동일한 패킷을 중복으로 수신하게 되어 패킷의 충돌이 발생하게 되는데, 이 때 노드 D가 수신한 전체 패킷의 수에 대하여 충돌이 발생한 패킷의 수의 비율을 패킷의 평균 충돌 비율(Average Collision Ratio : ACR)로 정의한다. 단위 시간 동안의 패킷의 평균 충돌 비율 ACR은 수식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$ACR = \frac{\text{Number of collision packets}}{\text{Number of collision packets} + \text{Number of noncollision packets}} \quad (7)$$

위 네 가지 브로드캐스트 기법에 대하여 패킷의 평균 충돌 비율에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 7에 나타나고 있다. 단순 플러딩에서는 이동 노드가 패킷을 수신하면 자신의 모든 이웃 노드들에게 패킷을 그대로 재전송하여 패킷의 평균 충돌 비율이 많아지지만, 확률적 브로드캐스팅 기법에서는 배정받은 확률에 따라 패킷을 재전송하기 때문에 패킷의 평균 충돌 비율이 적어지게 된다. 그림 7에서 보는 바와 같이 본 논문의 제안 기법은 단순 플러딩 기법에 비하여 45% 정도의 개선과 이기적 확률 값 브로드캐스팅 기법에 비하여 10% 정도의 성능 개선을 가져왔다. 이는 연결 요청 수가 많아지면 단순 플러딩의 경우에는 패킷의 충돌이 급속하게 증가하는 반면에 이기적 확률 값 브로드캐스팅과 제안 기법은 이웃 노드의 수와 이격 비율에 따른 확률 값에 따라 패킷의 전달에 참여하는 노드 수가 줄어 평균 충돌 비율의 감소한 것으로 분석된다.

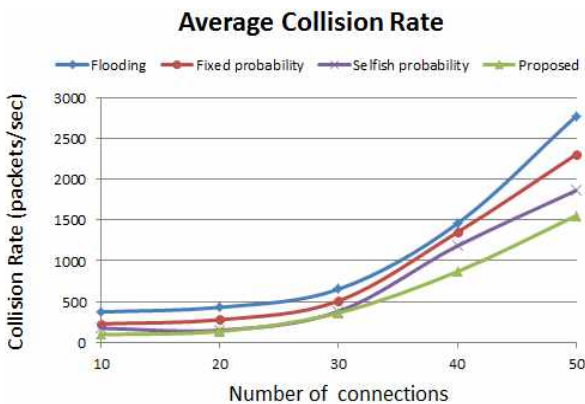


그림 7. 패킷의 평균 충돌 비율

5. 결 론

MANET에서 브로드캐스트 방식으로 패킷을 전송할 때 망 전체 영역에서 중복되는 패킷을 계속 전송해 나가는 것은 네트워크의 성능을 저하시킬 뿐만 아니라 귀중한 무선 자원도 같이 낭비하게 된다. MANET에서 경로 탐색, 또는 특정 노드에의 제어 메시지 전송 등과 같은 업무에서 발생하는 브로드캐스트 패킷 폭풍 현상을 해결하기 위하여 본 논문에서는 송수신 노드의 이격 비율과 노드의 밀집도에 따라 패킷의 재전송 확률값을 단계적으로 부여하여 패킷을 전송하는 브로드캐스팅 기법을 제안하였다. 플러딩 기법은 재전송 패킷 폭주 현상을 초래하지만 브로드캐스트 패킷이 모든 노드에게 전달할 가능성이 아주 높은 기법이다. 하지만 확률적 접근 방법은 확률에 따라 패킷을 폐기함으로써 패킷 폭주 현상은 줄어들지만 플러딩에 비해 낮은 패킷 전달 비율을 나타낸다.

본 논문에서는 고정된 확률적 접근 방법의 이러한 문제점을 해결하기 위하여 패킷 재전송 확률 값을 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 단계적으로 그룹을 만들어 해당 그룹에 맞는 재전송 확률값을 부여함으로써 패킷의 충돌을 줄이고 재전송에 참여하는 노드 수를 줄이면서 패킷의 도착 비율은 단순 플러딩 기법에 가깝도록 하였다. 브로드캐스트 패킷을 수신한 노드는 이격 비율과 노드 밀집도를 계산하여 재전송 확률 값(p_i)을 결정할 그룹을 설정한다. 본 논문에서 제시한 조건에 따라 이격 비율이 작고 노드 밀집도가 높은 노드는 낮은 재전송 확률 값 그룹 G_1 에 속하게 되며 p_1 범위의 재전송 확률 값을 부여한다. 이격 비율이 크고 노드 밀집도가 낮은 노드는 높은 재전송 확률 값 그룹 G_3 에 속하게 되며 p_3 범위의 재전송 확률 값을 부여한다. 그리고 이격 비율과 노드 밀집도가 중간인 경우는 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 중간 정도의 재전송 확률 값 그룹 G_2 에 속하게 되며, p_2 범위의 재전송 확률 값을 부여한다. 그 결과 각 이동 노드는 이격 비율과 노드 밀집도에 따라 패킷의 재전송 우선순위를 결정할 수 있어 불필요한 재전송을 최소화하게 되며, 결과적으로 망 전체 영역에 대한 패킷의 전달 성능을 감소시키지 않으면서도 불필요한 패킷 전송에 따르는 오버헤드를 줄이는 장점을 가질 수 있게 되었다.

MANET에서는 노드들이 끊임없이 이동하기 때

문에 한번 설정된 경로가 끊어지는 빈번하게 발생하며 브로드캐스팅 전송 범위가 달라짐에 따라 경로의 지속성이 낮은 특징을 가지게 된다. 노드의 이동성을 분석하는 것은 그 자체가 중요한 연구 분야 중의 하나이며 연구 범위도 굉장히 넓어지게 된다. 향후 연구 과제로는 라우팅 경로의 가변성과 노드의 이동성이 경로의 지속성(Lifetime)에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하며 아울러 다양한 환경에서 보다 정확한 재전송 확률 값을 산출할 수 있는 수학적 모델 개발이 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Jae-Soo Kim, and Jeong-Hong Kim, "Distance Based Dynamic Probabilistic Broadcasting in Ad Hoc Wireless Networks," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 8, No. 12, pp. 1613-1622, 2005.
- [2] J.S. Kim, Q. Zhang, and D.P. Agrawal, "Probabilistic Broadcasting Based on Coverage Area and Neighbour Confirmation in Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. IEEE Global Telecommunications Conference Workshops*, pp. 96-101, 2004.
- [3] N. Karthikeyan, V. Palanisamy, and K. Duraiswamy, "Performance Comparison of Broadcasting Methods in Mobile Ad Hoc Network," *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, Vol. 2, No. 2, pp. 47-58, 2009.
- [4] B. Williams and T. Camp, "Comparison of Broadcasting Techniques for Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. of the 3rd ACM international Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing*, pp. 194-205, 2002.
- [5] Zygmunt J. Haas, Joseph Y. Halpern, and Li Li, "Gossip-based Ad Hoc Routing," *Journal of IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 14, No. 3, pp. 479-491, 2006.
- [6] Sze-Yao Ni, Yu-Vhee Tseng, Yuh-Shyan Chen, and Jang-Ping Sheu, "Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network," *Wireless Networks*, Vol. 8, pp. 153-167, 2002.
- [7] J. Cartigny and D. Simplot, "Border Node Retransmission based Probabilistic Broadcast Protocols in Ad-Hoc Networks," *Telecommunication Systems*, Vol. 22, No. 1-4, pp. 189-204, 2003.
- [8] Q. Zhang and D.P. Agrawal, "Dynamic Probabilistic Broadcasting in Mobile Ad Hoc Networks", *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol. 65, Issue 2, pp. 220-233, 2005.
- [9] M. Bani-Yassein, M. Ould-Khaoua, L.M. Mackenzie, and S. Papanastasiou, "Performance Analysis of Adjusted Probabilistic Broadcasting in Mobile Ad Hoc Networks," *International Journal of Wireless Information Networks*, Vol. 13, No. 2, pp. 127-140, 2006.
- [10] Jamal-Deen Abdulai, Mohamed Ould-Khaoua, and Lewis M. Mackenzie, "Adjusted Probabilistic Route Discovery in Mobile Ad Hoc Networks", *Journal of Computers and Electrical Engineering*, Vol. 35 No. 1, pp. 168-182, 2009.
- [11] Jae-Soo Kim and Jeong-Hong Kim, "Probabilistic Broadcasting Based on Selfishness and Additional Coverage in MANETs," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, Vol. 10, No. 4, pp. 329-336, 2012.
- [12] 신재욱, 권혜연, 김웅배, "이동 Ad Hoc 네트워크에서의 Flooding 기술," *전자통신동향분석*, 제18권, 제6호, pp. 8-18, 2003.
- [13] Jie Wu and Fei Dai, "A Generic Broadcast Protocol in Ad Hoc Networks Based on Self Pruning," *Parallel and Distributed Processing Symposium, Proc. International*, 2003.
- [14] Xin Ming Zhang, En Bo Wang, Jing Jing Xia, and Dan Keun Sung, "A Neighbor Coverage-Based Probabilistic Rebroadcast for Reducing Routing Overhead in Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol. 12, No. 3, pp. 424-433, 2013.

- [15] 김정홍, 김재수, “모바일 애드 혹 네트워크에서 이격 비율에 근거한 확률적 브로드캐스트 기법,” 한국컴퓨터정보학회논문지, 제15권, 제12호, pp. 75-84, 2010.
- [16] 김정삼, 류정필, 한기준, “애드혹 네트워크에서 지역 밀집도에 적응적인 확률적 플러딩 기법,” 전자공학회 논문지, 제42권, 제9호, pp. 581-588, 2005년.
- [17] Hussein Al-Bahadili, “Enhancing the Performance of Adjusted Probabilistic Broadcast in MANETs,” *The Mediterranean Journal of Computers and Networks*, Vol. 6, No. 4. pp. 138-144, 2010.



김재수

1985년 2월 경북대학교 공과대학
전자공학과 공학사.
1987년 2월 중앙대학교 대학원
전자계산학과 공학석사.
1999년 8월 경남대학교 대학원 컴
퓨터공학과 공학박사.

1987년 2월~1996년 2월 한국전기연구원(KERI) 선임연
구원
1996년 3월~경북대학교 과학기술대학 컴퓨터정보학부
교수
2003년 7월~2004년 7월 미국 오하이오주 신시내티대학
교 방문교수
관심분야: 컴퓨터 네트워크, 모바일 컴퓨팅, 애드혹 네트
워크, 센서 네트워크