

논문 2005-42TC-9-2

애드 혹 네트워크에서 지역 밀집도에 적응적인 확률적 플러딩 기법

(An Adaptive Flooding Scheme based on local density for Ad hoc Networks)

김 정 삼*, 류 정 필**, 한 기 준***

(Kim Jeong-sahm, Ryu Jeoung-pil, and Han Ki-jun)

요 약

애드 혹 네트워크에서 브로드캐스트 서비스는 페이징 및 경로 탐색 절차 등에서 사용되는 가장 기초적이며 중요한 기능 중의 하나이다. 모든 노드들이 브로드캐스트를 수행하는 블라인드 플러딩은 노드들의 중복되는 전파범위로 인하여 동일한 패킷의 중복 수신이 많아지고, 특히 밀집도가 높은 지역에 있는 노드들은 과도한 브로드캐스트 패킷의 송수신으로 인하여 실질적인 데이터 전송에 많은 지장을 초래하게 되어 종국에는 브로드캐스트 스톱 문제에 봉착하게 된다. 본 논문에서는 브로드캐스트 스톱의 영향을 줄이기 위하여 동적인 확률을 이용한 브로드캐스트 기법을 제안한다. 노드는 1홉 및 2홉 내의 이웃 노드 밀집도에 근거하여 브로드캐스트 확률을 계산하고 이 확률에 따라 각 노드는 브로드캐스트 수행 여부를 결정한다. 본 논문에서는 모의실험을 통하여 제안 기법의 성능을 검증하였다.

Abstract

In ad hoc networks, many applications use the broadcast service that is elementary operation to support various important functions such as route discovery procedure. This paper presents several adaptive probabilistic broadcast schemes base on local information to alleviate the broadcast storm problem for wireless ad hoc network. Our schemes dynamically determine the rebroadcast probability at each node based on the neighbor information within two-hop span. Simulation results are presented, which show our schemes have a better performance over the deterministic flooding approach.

Keywords : ad hoc network, flooding, broadcast storm, probabilistic broadcast

I. 서 론

애드 혹 네트워크는 고정된 기반 망의 도움 없이 구성된 자율적이고 독립적인 무선 이동 노드들의 집합이

며 그들만의 네트워크이다. 기반 네트워크의 도움 없이 통신이 이루어지는 애드 혹 네트워크의 특성상 노드 상호간의 통신은 직접적이거나 중간 노드들의 도움으로 상호간의 통신이 이루어진다. 또한, 네트워크 토폴로지가 동적으로 변하기 때문에 기존 유선 네트워크에서 사용되는 라우팅 기법을 변경 없이 적용하기에는 많은 어려움이 있다.

플러딩은 패킷을 네트워크 전체로 브로드캐스팅 하기 위한 패킷 전달방식으로 애드 혹 네트워크에서 제공

* 평생회원, 영남이공대학 컴퓨터정보기술계열
(Yeungnam College of Science & Technology,
Division of Computer Technology)

** 정회원, *** 평생회원, 경북대학교 컴퓨터공학과
(Kyoungbuk National University, Dept. of
Computer Engineering)

접수일자: 2005년3월7일, 수정완료일: 2005년9월6일

되어야 할 기본적인 서비스이며, 플러딩의 효율적인 사용이 네트워크의 전반적인 성능에 지대한 영향을 미친다^{[2],[3]}. 특히, 애드 혹 네트워크에서 플러딩을 수행하였을 경우 중첩되는 전파범위로 인하여 동일한 패킷의 중복 수신이 불가피하게 된다. 이러한 중복 패킷을 과도하게 수신하게 되면 불필요한 패킷을 송수신하기 위해 노드 상호간의 무선 매체 점유를 위한 경쟁과 그로 인한 패킷 충돌을 유발시키는 원인이 된다. 결국, 동일한 패킷의 중복 송/수신으로 인하여 네트워크 전반적인 성능 저하를 초래하게 된다. 이러한 현상을 브로드캐스트 스톰(Broadcast Storm)이라 한다^{[1],[15]}. 따라서 플러딩을 위해서 중간 노드들이 브로드캐스트를 수행할 때 자신이 브로드캐스트를 수행할 것인가를 결정하는 것은 상당히 중요한 연구주제이다. 이러한 브로드캐스트 스톰을 줄이기 위한 기법들은 현재까지 상당히 활발하게 연구되어 지고 있다^{[4],[5],[6],[7],[8]}.

플러딩을 최소화 할 수 있는 가장 단순한 접근 방법 중에 하나가 확률적 접근 방법이다. 이 기법에서는 확률 P 값에 의하여 각각의 노드가 브로드캐스트를 수행할 것인가를 결정한다. [1],[15]의 논문에서 네트워크를 구성하는 모든 노드가 고정적인 확률을 사용한 확률적 기법을 제안하였다. 이러한 고정적인 확률적 접근 방법에서 확률이 비교적 높게 설정된다면, 패킷의 중복도(동일한 패킷의 중복 수신 빈도)는 굉장히 높아지게 되며, 다소 낮게 확률 값이 정해지면 도착율(송신 노드에서 전송된 패킷이 목적지 노드에 도착하는 정도)에서 낮은 성능을 보이게 된다. 본 논문에서는 애드 혹 네트워크에서 도착율을 수용 가능한 정도로 유지하면서 패킷 중복도를 최대한 줄일 수 있는 동적인 확률 기반의 브로드캐스트 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 완전히 분산된 환경 즉, 노드 각각이 자신의 지역 정보를 이용하여 그에 적응적으로 변화하는 확률 값을 결정한다.

논문의 구성은 아래와 같다. II장에서는 플러딩을 위하여 제안된 브로드캐스트에 관련된 여러 가지 기법들에 대하여 살펴보고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 기법에 대하여 서술한다. IV장에서는 성능 평가를 위하여 수행한 실험과 결과에 대해서 분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 본 론

1. 관련 연구

본 장에서는 플러딩을 위하여 제안된 여러 가지 브로드캐스트 기법들에 대하여 살펴보고자 한다^{[8],[16]}. 플러딩의 가장 기본적인 형태인 블라인드 플러딩(blind flooding)은 브로드캐스트 패킷을 수신한 노드가 이를 다시 이웃 노드에게 브로드캐스트 하는 방식이다. 그림 1은 각 노드가 블라인드 플러딩을 수행할 경우 동일한 패킷의 중복 수신 정도를 나타낸다. 노드 W 의 경우는 A, B, C, D, E 와 F 노드의 이웃 노드가 된다. 따라서 노드 W 는 동일한 브로드캐스트 패킷을 자신의 이웃 노드 개수만큼 수신하게 된다.

확률 기반 플러딩 방식은 동일한 브로드캐스트 패킷을 중복 수신한 횟수가 커질수록 해당 브로드캐스트 패킷을 다시 플러딩하여 얻을 수 있는 효과는 급격히 감소한다는 사실에 기반하고 있다. 확률적 방식에서는 노드가 브로드캐스트 패킷을 처음으로 수신할 경우 기준 확률 P 에 기반하여 플러딩 여부를 결정한다. $P = 1$ 인 경우는 블라인드 플러딩에 해당된다^{[1],[15]}.

이웃 정보에 기반한 방식은 Self-Pruning, Dominant-Pruning(DP)과 Multipoint Relay(MPR) 등의 방식이 있다. 위의 기법들은 1-홉 또는 2-홉 거리에 위치한 이웃 노드의 정보를 이용하여 브로드캐스트 패킷의 플러딩 횟수를 최소화하고자 하는 기법이다. 대부분의 방식이 2-홉 이웃 노드 정보를 이용하여 MCDS(Minimal Connected Dominant Set)에 근사한 CDS(Connected Dominant Set)를 계산하고, CDS에 포함된 노드(포워드 노드)들을 통해서 브로드캐스트 패킷을 플러딩 한다.

Self-Pruning 방식^{[6], [13], [14], [17]}에서는 2-홉 이웃 노드의 토폴로지 정보를 이용하여 플러딩을 수행한다. 모든 노드는 HELLO 메시지의 주기적인 브로드캐스트를 통해 자신과 2-홉 거리에 있는 이웃 노드에 대한 리스트를 관리한다. 이웃 노드가 송신하는 이웃 노드(2홉 이웃) 정보와 자신의 이웃 정보를 비교하여 동일하면 패킷 전달을 취소하는 방법이다.

Dominant-Pruning(DP) 방식^{[10],[17]}은 브로드캐스트 패킷을 송신하는 노드가 이를 수신한 이웃 노드에서의 플러딩 여부를 결정하는 기법을 사용한다. 패킷을 포워드할 수 있는 1-홉 이웃 노드의 리스트는 포워드 리스트(forward list)로서 브로드캐스트 패킷에 포함된다. 임의의 노드가 이웃 노드로부터 브로드캐스트 패킷을 수신하고, 그 노드의 주소가 포워드 리스트에 포함되어 있을 경우 해당 브로드캐스트 패킷을 다시 플러딩 할 수

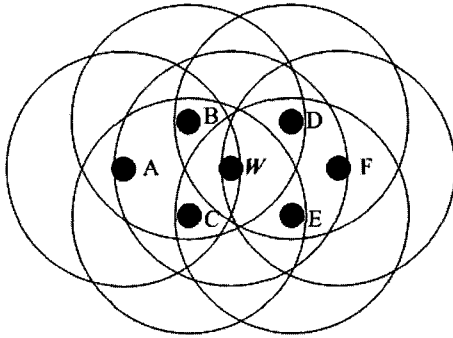


그림 1. 브로드캐스트 패킷의 중복수신
Fig. 1. Duplicate reception of broadcast packet.

있다. 플러딩을 수행하기 전에 노드는 자신의 2-홉 노드를 모두 커버할 수 있는 최소의 포워드 리스트를 계산하여 브로드캐스트 패킷의 헤더에 포함시킨다.

Multipoint Relay(MPR)방식^{[5],[17]}은 모든 2-홉 이웃 노드를 커버할 수 있는 1-홉 이웃 노드의 집합을 MPR Set이라고 하며, MPR Set에 속하는 노드를 MPR 이라고 한다. 최소수의 노드로 구성된 MPR 그룹을 계산하고 MPR 그룹에 속한 노드들이 브로드캐스팅을 수행함으로써 플러딩 오버헤드를 최소화하고자 하는 기법이다.

2. 확률적 플러딩 기법

[1], [15]에서는 아주 낮은 브로드캐스트 패킷의 도착율을 나타낸다. 브로드캐스트 패킷의 도착율이란 목적지 노드의 브로드캐스트 패킷 수신율이라 정의한다. 본 장에서는 브로드캐스트 패킷의 중복성을 최대한 줄이고, 도착율을 만족할 만한 수준으로 유지할 수 있는 지역 밀집도에 기반한 동적인 방송 확률 기법을 제안한다.

그림 2는 제안하는 기법에서 최적의 브로드캐스트 확률을 선택할 수 있는 추상적인 모델을 보여주고 있다. 제안하는 기법은 플러딩을 사용하지 않고 각각의 단말이 자신의 지역 밀집도를 고려하여 도착율 유지하면서 브로드캐스트 패킷의 중복을 최소한으로 줄일 수 있는 브로드캐스트 확률을 만드는 것이다. 추상적 모델에서 보듯이 모든 노드들이 확률 1.0으로 브로드캐스트를 수행할 경우, 도착율 100%를 충분히 만족시키지만 이에 따른 네트워크의 오버헤드는 지수적 형태로 증가할 것이다. 각 노드들이 랜덤한 방식으로 배치되기 때문에 네트워크 전체적으로 동일한 방송 확률 값을 적용시키는 것은 브로드캐스트 패킷이 목적지에 도착하지 못할 가능성을 내재하고 있다. 브로드캐스트 패킷의 도

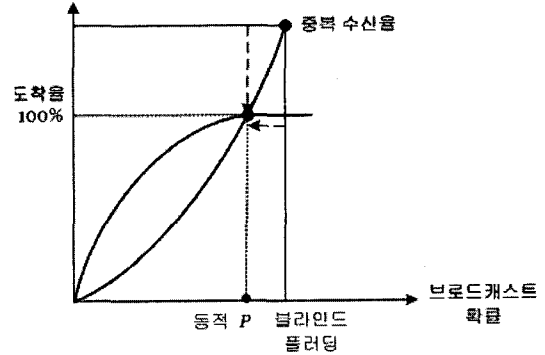


그림 2. 도착율과 중복 수신율의 추상적 모델
Fig. 2. The conceptual model of the reachability between the packet redundancy.

착율을 가능한 100%로 유지키시면서 동시에 브로드캐스트 오버헤드를 줄일 수 있도록 하기 위해서 노드의 밀도가 높은 지역에서는 브로드캐스트를 수행하는 노드를 줄일 필요가 있으며, 밀도가 낮은 지역에서는 상대적으로 브로드캐스트 확률을 높일 필요가 있다. 이를 위해서는 네트워크 전체에 브로드캐스트 확률 값을 고정시키는 것 보다 각각의 노드들이 자신의 지역 밀집도에 적응적인 브로드캐스트 확률 값을 찾는 것이 바람직할 것이다.

본 장에서 제안하는 지역 밀집도에 적응적인 브로드캐스트 확률 기법에서는 각 노드는 2-홉 내의 이웃 노드 정보에 기반하여 자신의 브로드캐스트 여부를 결정한다. 2-홉 내의 이웃 정보는 HELLO 패킷을 상호 교환함으로써 얻을 수 있는 것으로 가정한다. 본 논문에서 제안하는 기법을 위하여 사용되는 파라미터는 다음과 같다.

- S_W = 노드 W의 1-홉 이웃의 집합
- S_W^2 = 노드 W의 2-홉 이웃의 집합
- $U_{X,K}$ = 노드 W의 1-홉 이웃 X_k 를 통해서만 도달 가능한 2-홉 이웃의 집합($k=1,2,3,\dots,n$)
- $N(\cdot)$ = 각 집합의 노드 수

임의의 노드 W가 최초로 브로드캐스트 패킷을 수신하였을 경우, 노드 W는 아래의 세 가지 중 한 가지 방식으로 자신의 브로드캐스트 확률을 결정한다.

첫 번째 확률 계산 방식은 임의의 노드 W의 1-홉 이웃 노드의 역수와 특정 1-홉 이웃 노드를 거쳐야만 도달할 수 있는 2-홉 이웃들의 합과의 곱으로 계산된다.

표 1. 노드 W 의 브로드캐스트 확률 값
Table 1. Broadcast probability at node W .

| | |
|------|--|
| 버전 1 | $P_W = \frac{1}{N(S_W)} \cdot \sum_{k=1}^{N(S_W)} N(U_{W, X_k})$ |
| 버전 2 | $P_W = \frac{N(S_W)}{N(S_W) + N(\bigcup_{X_i \in S_W} S_W^2)}$ |
| 버전 3 | $P_W = \frac{N(\bigcup_{X_i \in S_W} S_W^2)}{N(S_W) + N(\bigcup_{X_i \in S_W} S_W^2)}$ |

이는 1-홉 이웃의 역수로 방송 확률을 계산한다면 브로드캐스트 확률은 비슷한 확률 값을 가지는 가능성이 높아진다. 따라서 임의의 노드가 브로드캐스트 해야만 하는 중요성을 나타내는 것으로 임의의 노드 자신만이 가지는 2-홉 이웃의 수를 확률 계산에 계수로서 삼입한 것이다. 두 번째 확률 계산 방식은 임의의 노드 W 의 2-홉 이웃 노드 수 중에서 1-홉 이웃 노드가 차지하는 비율 확률 값으로 사용하였다. 2-홉 노드 수와 1-홉 노드 수를 계산 할 때 이웃 노드들에 중복하여 소속되는 노드는 한번으로 제한하여야 한다. 세 번째 확률 계산 방식은 노드 W 의 2-홉 이웃 노드 수 중에서 2-홉 이웃 노드가 차지하는 비율 확률 값으로 사용하였다. 두 번째 방식과 마찬가지로, 2-홉 노드 수와 1-홉 노드 수를 계산 할 때 이웃 노드들에 중복하여 소속되는 노드는 한번으로 제한하여야 한다. 그림 3은 제안하는 기법에 적용된 예제를 보여주는 그림이다.

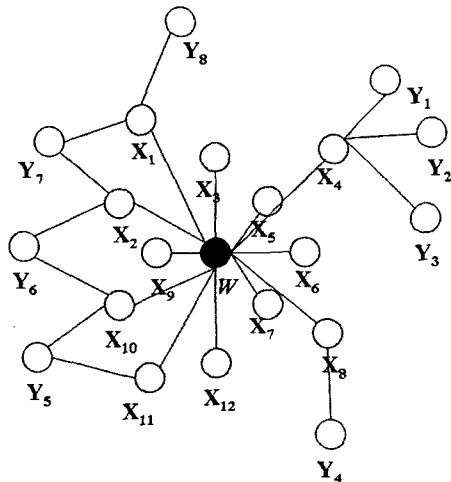


그림 3. 제안 기법의 예제
Fig. 3. Example for proposed scheme.

표 2. 예제의 결과
Table 2. The results of the proposed scheme.

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| $S_W = \{X_1, X_2, \dots, X_{12}\}$ | $N(S_W) = 12$ |
| $S_W^2 = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_8\}$ | $N(S_W^2) = 8$ |
| $U_{W, X_1} = \{Y_8\}$ | $N(U_{W, X_1}) = 1$ |
| $U_{W, X_4} = \{Y_1, Y_2, Y_3\}$ | $N(U_{W, X_4}) = 3$ |
| $U_{W, X_8} = \{Y_4\}$ | $N(U_{W, X_8}) = 1$ |
| 버전 1 | $P_W = \frac{1}{12} \times 5 = 0.416$ |
| 버전 2 | $P_W = \frac{12}{20} = 0.6$ |
| 버전 3 | $P_W = \frac{8}{20} = 0.4$ |

그림 3에서 구한 노드 W 의 세 가지 확률 값은 다음 표 2와 같다.

III. 시뮬레이션 및 결과 고찰

1. 시뮬레이션 환경

제안한 기법의 성능 평가를 위하여 이산 사건 시뮬레이션을 수행하였다. 노드의 배치를 위한 20x20 크기의 사각형을 맵(map)이라 정의하였고 노드들은 맵 상에서 랜덤하게 배치시켰다. 각 노드의 전파 범위는 동일한 값을 부여하였으며, 그 크기는 5로 정하였다. 그리고 맵에 배치되는 전체 노드의 수를 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200개로 증가시키면서 실험하였으며, 노드들의 배치는 랜덤 방식을 채택하였다. 브로드캐스트 패킷을 생성하고 최초로 발생시키는 노드를 송신 노드, 최종적으로 수신하는 수신 노드 역시 생성되는 각각의 패킷마다 랜덤하게 선택하였다. 송신 노드로부터 발생한 패킷이 수신 노드에 도착할 때까지 패킷을 브로드캐스트 하였다. 토폴로지를 1,000회 변경시키면서 실험을 수행하였고, 각 토폴로지마다 1,000개의 패킷을 생성하여 결과를 도출하였다.

실험의 과정에서 몇 가지 가정을 아래와 같이 정의하였다^[5].

- 네트워크 내에서는 완벽한 대칭 링크만 존재한다.

- 네트워크 내에는 브로드캐스트 패킷 이외의 트래픽은 없는 것으로 가정하였다.
- 각 노드는 항상 1-홉과 2-홉 이웃 정보를 유지한다. 이를 위하여, 각 노드들이 HELLO 패킷 내부에 이웃 노드의 정보를 패킷에 실어서 상호 교환하는 것으로 가정한다.
- 노드들의 이동성은 없는 것으로 가정하였고, 무선 링크의 에러에 독립적인 것으로 가정하였다. 성능 평가 기준은 아래 두 가지 요소로 하였다 [1],[5].
- 도착율: r/s, r은 목적지 노드들이 브로드캐스트 패킷을 수신한 수이며, s는 송신 노드들이 브로드캐스트 패킷을 송신한 수이다.
- 중복 패킷 수 :

$$OH = \frac{\sum_{k=1}^N D_{W_k}}{N}$$

노드 W_k 에서 수신된 중복 패킷의 수이고 N 은 네트워크 전체 노드의 수이다. 즉, 전체 노드들이 평균적으로 수신하는 중복 패킷의 수이다.

2. 시뮬레이션 결과

그림 4와 5는 고정적으로 브로드캐스트 확률 값을 지정한 기법의 실험 결과를 각각 보여주는 그림이다. 고정 확률 값 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 그리고 1.0에 대하여 실험을 수행하였다. 네트워크에 노드의 밀집도가 높은 경우는 브로드캐스트 확률 값이 낮더라도 높은 도착율을 얻을 수 있다. 그러나 노드의 밀집도가 낮을수록 만족할 만한 도착율을 얻기 위해서는 높은 브로드캐스트 확률 값을 요구한다. 이러한 결과는 직관적으로 얻을 수 있는 결과이며, 밀집도가 높을수록 방송확률은 떨어지지만 고정된 확률 값을 각각의 노드가 가지기 때문에 1-홉 이웃 노드 중에서 브로드캐스트를 수행하는 노드가 충분히 존재한다는 의미이다. 그림 4에서 막대그래프는 중복 패킷 수의 결과를 나타낸다. 고정 확률 값이 증가할수록 중복 패킷 수는 지수적으로 증가하는 추세를 볼 수 있으며 이는 전체 노드 수가 증가함에 따라 이웃 노드 수도 증가하기 때문이다. 또한, 고정 확률 값이 1을 가지는 노드는 블라인드 폴러딩을 수행하는 것을 의미하는 것이며, 이때에 동일한 패킷의 중복 수신은 자신의 이웃 노드 수만큼 수신하게 된다.

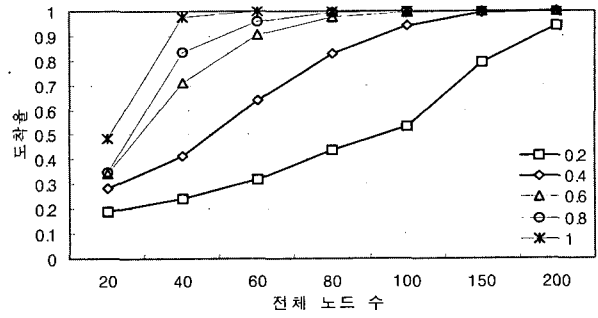


그림 4. 고정확률 기법의 도착율
Fig. 4. The reachability of the deterministic scheme.

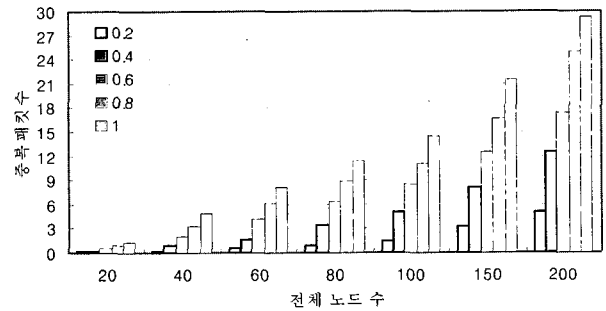


그림 5. 고정 확률 기법의 중복 패킷 수
Fig. 5. The redundancy of the deterministic scheme.

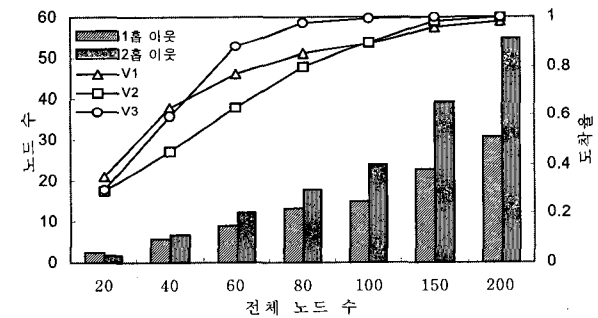


그림 6. 지역 밀집도 및 동적 확률 값의 도착율
Fig. 6. Local density and the reachability of the proposed scheme.

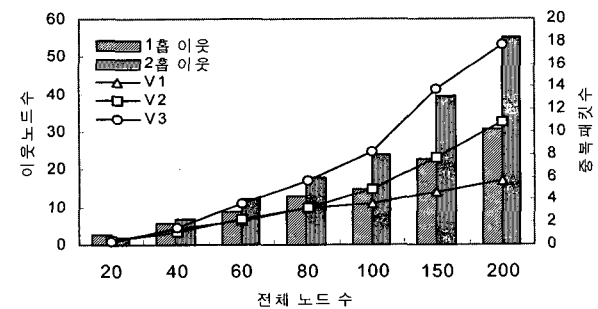


그림 7. 지역 밀집도 및 동적 확률 값의 중복패킷 수
Fig. 7. Local density and the packet redundancy of the proposed scheme.

그러나 확률 값 0.2는 네트워크의 노드 수가 많아질 지라도 도착율을 만족시키지 못하기 때문에 논의의 가치가 없을 것 같다. 고정 확률 값 0.4와 0.6의 결과가 제안한 세 가지 기법의 확률 값의 도착율 범위 내에 위치하는 것을 볼 수 있다. 이 결과에서 추론할 수 있는 것은 제안한 기법을 적용하였을 경우, 네트워크 전체의 노드 중에서 0.4~0.6의 확률 값을 가지는 노드가 많다는 것이다. 즉, 확률 0.4와 0.6을 기준으로 하여 골고루 분산되어 있다는 것을 알 수 있다. 이 결과로부터 추론할 수 있는 사실은 전체 노드 수가 80개 보다 많은 경우, 제안한 세 가지 동적인 확률 값을 적용하였을 경우 도착율을 충분히 만족시킬 수 있다는 것이다.

그림 6에서 막대그래프는 전체 네트워크의 노드 수가 증가함에 따른 지역 밀집도를 보여준다. 전체 노드 수가 증가함에 따라 당연히 이웃 노드의 수는 많아지는 추세를 보이거나 버전 1의 확률 값은 점점 낮아지는 추세를 나타내고 있다. 이는 임의의 노드가 브로드캐스트에 참여하지 않더라도 이웃 노드들의 브로드캐스트로 인하여 자신은 브로드캐스트 패킷을 수신할 수 있다는 것을 보여준다.

그림 7은 제안 기법의 중복 패킷 수를 나타내는 결과이다. 이 그래프는 브로드캐스트 패킷의 도착율과 비슷한 결과는 보여준다. 앞서 본 도착율의 결과와 마찬가지로 동적인 확률 값들의 중복 패킷 수는 고정 확률 값 0.4와 0.6 사이의 결과를 보인다. 네트워크의 전체 노드 수가 80개 이상일 경우, 고정 확률 값과 제안한 세 가지 기법의 중복 패킷 수는 상당한 차이를 보이고 있으며, 제안한 기법이 보다 많은 중복 패킷의 수를 줄이고 있을 것을 볼 수 있다.

본 장에서, 고정 확률 값과 이웃 노드 수에 적응적인 동적인 확률 값의 브로드캐스트 패킷의 도착율과 중복 패킷 수의 결과를 분석하였다. 실험의 결과를 통해 우리는 아래와 같은 결과를 도출할 수 있었다. 네트워크 전체적으로 노드의 수가 많아질 경우, 지역 밀집도를 반영하는 동적인 확률 값을 사용하여 브로드캐스트 스톱을 유발하는 근원인 동일한 패킷을 중복 수신하는 오버헤드를 상당히 줄일 수 있다는 것을 알 수 있었다. 결국, 제안한 기법은 III장 서두에 제시한 추상적 모델에 부합한다는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 에드 혹 네트워크에서 지역 밀집도에 기반한 적응적 플러딩 기법을 제안하였다. 실험에 의한 결과를 통하여, 브로드캐스트 스톱을 유발시키는 가능성이 큰 밀집도 높은 네트워크에서 제안한 기법은 도착율을 충분히 만족시키면서 패킷 중복의 오버헤드를 상당히 줄일 수 있다는 것을 알 수 있었다. 향후 과제로서, 패킷 중복 오버헤드와 도착율에 대한 정량적 분석과 노드 이동성을 부여하였을 경우 좀 더 정확하게 지역 밀집도를 파악할 수 있는 연구가 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] Y.-C. Tseng, S.-Y. Ni, Y.-S. Chen, and J.-P. Sheu, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network," *Wireless Networks*, vol. 8, pp. 153 - 167, Mar.-May 2002.
- [2] H. C. Obraczka, K. Tsudik, G. and K. Viswanath, "Flooding for reliable multicast in multi-hop ad hoc networks," *DIALM*, pp. 64.71, 1999.
- [3] J. Jetcheva, Y. Hu, D. Maltz, and D. Johnson, "A simple protocol for multicast and broadcast in mobile ad hoc networks," *Internet Draft: draft-ietf-manet-simple-mbcast-01.txt*, July 2001.
- [4] R. Gandhi, S. Parthasarathy and A. Mishra, "Minimizing Broadcast Latency and Redundancy in Ad Hoc Networks," *MOBIHOC'03*, June 1 - 3, 2003.
- [5] A. Qayyum, L. Viennot, and A. Laouiti, "Multipoint relaying for flooding broadcast messages in mobile wireless networks," *HICSS'02*, Jan 2002.
- [6] W. Peng and X. Lu, "On the reduction of broadcast redundancy in mobile ad hoc networks," *MOBIHOC*, pp. 129 - 130, Aug 2000.
- [7] J. Wu; Fei Dai, "Broadcasting in ad hoc networks based on self-pruning," *INFOCOM*, vol. 3, pp. 2240 - 2250, 30 March - 3 April 2003.
- [8] B. Williams, and T. Camp, "Comparison of broadcasting techniques for mobile ad hoc networks," *MOBIHOC*, *ACM Press*, pp. 194.205, 2002.
- [9] Y. Sasson, D. Cavin, A. Schiper, "Probabilistic broadcast for flooding in wireless mobile ad hoc

- networks," *IEEE WCNC'03*, vol. 2, pp. 1124 - 1130, March 2003.
- [10] H. Lim and C. Kim, "Multicast tree construction and flooding in wireless ad hoc networks," *MSWiM*, Aug 2000.
- [11] W. Lou and J. Wu, "On reducing broadcast redundancy in ad hoc wireless networks," *HICSS'03*, vol. 1, pp. 111 - 123, Apr.-June 2002.
- [12] W. Peng and X. Lu, "AHBP: An efficient broadcast protocol for mobile ad hoc networks," *Journal of Science and Technology*, Beijing, China, 2002.
- [13] I. Stojmenovic, M. Seddigh, and J. Zunic, "Dominating sets and neighbor elimination based broadcasting algorithms in wireless networks," *IEEE TPDS*, vol. 13, pp. 14 - 25, Jan. 2002.
- [14] J. Wu and H. Li, "On calculating connected dominating set for efficient routing in ad hoc wireless networks," *DIALM*, pp. 7 - 14, 1999.
- [15] Y.-C. Tseng, S.-Y. Ni; E.-Y. Shih, "Adaptive approaches to relieving broadcast storms in a wireless multihop mobile ad hoc network," *ICDCS'01*, pp. 481 - 488, April 2001.
- [16] C. E. Perkins, Ed., *Ad Hoc Networking*, Addison Wesley, 2001.
- [17] 신재욱, 권혜연, 김응배, "이동 Ad Hoc 네트워크에 서의 Flooding 기술", *전자통신동향분석*, 제18권, 제6호, 2003.

저 자 소 개



김 정 삼(평생회원)
 1987년 경북대학교
 전자공학과(공학사)
 1990년 경북대학교
 컴퓨터공학과(공학석사)
 1998년 경북대학교
 컴퓨터공학과 박사수료

1990년~1995년 국방과학연구소(ADD) 연구원
 1995년~2001년 경북전문대학 컴퓨터정보과
 조교수
 2001년 대구산업정보대학 정보통신 계열
 전임강사
 2002년~현재 영남이공대학 컴퓨터정보기술계열
 조교수

<주관심분야 : Wireless Networks, Ad-hoc
 Networks, Sensor Networks, Wireless MAC
 Protocols, Wireless PAN>



한 기 준(평생회원)
 1979년 서울대학교
 전기공학과(공학사)
 1981년 KAIST 전기 및 전자
 공학과(공학석사)
 1985년 University of Arizona,
 Dept. of ECE (M.S.)

1985년~1987년 University of Arizona, Dept. of
 ECE (Ph.D.)

1981년~1984년 국방과학연구소(ADD) 연구원
 1988년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
 <주관심분야 : Ad-hoc Networks, Wireless
 Personal Area Network, Home Networks,
 Ubiquitous Sensor Network>



류 정 필(정회원)
 1999년 경일대학교
 건축공학과 (공학사)
 2001년 경북대학교
 정보통신학과 (이학석사)
 2003년 경북대학교
 컴퓨터공학과 박사수료

<주관심분야 : Ad-hoc Networks, Ubiquitous
 Sensor Networks, Wireless Personal Area
 Networks>