

MANET에서의 부하 균등화를 위한

Proactive 인터넷 게이트웨이 발견 기법들+

김영민[○] 안상현 유현 이재훈*

서울시립대학교, * 동국대학교

{bihole[○], ahn, finalyu}@venus.uos.ac.kr, jaehwoon@dongguk.edu

Proactive Internet Gateway Discovery Mechanisms

for Load-Balancing in MANET

Youngmin Kim[○] Sanghyun Ahn, Hyun Yu, Jaehwoon Lee*

University of Seoul, * Dongguk University

요 약

이동 애드 혹 네트워크(Mobile Ad Hoc Network; MANET)는 인프라 없이 빠른 구성이 가능한 네트워크이다. 하지만, 긴급 상황과 같은 특수한 경우가 아닌 일상생활에서 사용 가능한 네트워크로 발전하기 위해서는 MANET과 인터넷의 연결이 꼭 필요하다. 인터넷 노드와 MANET 노드 간의 통신을 가능하게 만드는 것은 인터넷과 MANET을 중계하는 인터넷 게이트웨이를 통해서이다. 고장 강내(fault tolerance)를 지원하고 대역폭을 늘리기 위해 다중 인터넷 게이트웨이들을 MANET에 배치하여 사용할 수 있다. 다중 게이트웨이들 간의 부하를 잘 분배한다면 네트워크 성능 향상을 얻을 수 있으므로, MANET 내에 여러 개의 인터넷 게이트웨이가 존재할 경우 이들 간의 부하 균등화는 중요한 이슈이다. 본 연구에서는 노드들의 이동이 빈번하고 인터넷 게이트웨이들이 고정되어 있는 MANET 환경에서의 부하 균등화 인터넷 게이트웨이 발견 기법들을 제안한다. 기존에 제안된 부하 균등화 기법들로 Shortest Path (SP), Minimum Load Index (MLI), Running Variance Metric (RVM) 기법들을 소개하고 각 기법들에 대한 시뮬레이션 결과를 제공한다. 시뮬레이션을 통해 이들 기법을 분석하여 문제점을 찾아내고 이를 수정 및 보완하여 새로운 기법들을 제안하며, 새로운 기법들의 성능이 기존 기법들에 비하여 향상되었음을 보인다.

1. 서 론

MANET은 기지국과 같은 인프라를 요구하지 않는 멀티 홉 무선 네트워크이다. 이동 노드들 간의 데이터 교환을 위해 MANET을 이용하면 낮은 비용으로 제한된 범위의 네트워크를 구성할 수 있다. MANET의 통신 범위와 활용도를 높이기 위해 인터넷 게이트웨이(Internet Gateway; IGW)를 이용하여 MANET을 인터넷과 연동시킬 수 있다. 그림 1에서는 본 논문에서 고려하고 있는 멀티 홉 액세스 망의 예로써 MANET과 인터넷을 연결하기 위해 위치가 고정되어 있는 여러 개의 IGW들을 보여준다. 본 논문에서 MANET 노드들은 이동이 가능하며, IGW들이 각각 다른 prefix 정보를 MANET 내로 전송하는 구조를 가정한다.

MANET내에 연결 가능한 둘 이상의 IGW가 있으면 한 IGW가 동작을 멈추더라도 다른 IGW를 이용하여 인터넷 연결을 할 수 있으며, 여러 IGW들을 고르게 이용하면 인터넷 노드와 통신하는 대역폭도 늘릴 수 있다. 이렇게

다중 IGW들 간의 부하를 잘 분배하는 경우 네트워크 성능 향상을 얻을 수 있으므로, MANET 내에 여러 개의 IGW들이 존재할 경우 이들 간의 부하 균등화는 중요한 이슈이다. 그러므로 본 연구에서는 다중 IGW들을 가진 MANET을 가정하며, 기존에 제안된 부하 균등화 기법들을 소개하고 그들 간의 성능을 분석한다. 기존 방법들에서는 MN과 IGW 사이의 홉 수, IGW의 부하, IGW 광고(IGW Advertisement; IGWADV) 메시지의 전달 간격 등의 메트릭을 독립적으로 이용하지만, 본 논문에서는 이 메트릭들을 상호 보완적으로 이용하여 성능을 개선하고

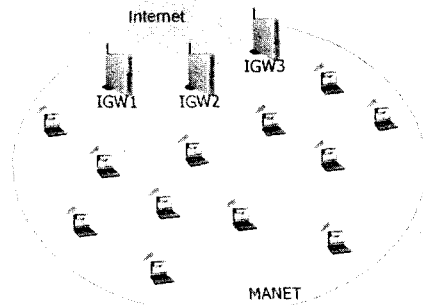


그림 1. 멀티 홉 액세스 망

+ 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천기반기술 개발사업의 지원에 의한 것임.

그 결과를 비교 분석하였다. 또한 다중 IGW를 이용하는 환경에서 MN과 IGW간의 경로 설정을 위한 제어 메시지의 오버헤드를 줄이기 위한 기법을 제안한다. 본 논문에서 지향하는 부하 균등화의 목적은 IGW를 통해 인터넷 노드와 통신하는 MANET 노드(MN)들의 전송률의 합을 최대로 하는 것이며 성능 분석에서는 전송률에 주안점을 둘 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 3절과 4절에서의 성능 분석에 사용한 시뮬레이션 모델을 기술한다. 3절에서는 부하 균등화 문제를 해결하기 위한 기존 연구들을 설명하고 그들 간의 성능 분석을 수행한다. 4절에서는 기존 연구들의 문제점을 분석하고 이를 개선하여 기존 연구들과 성능을 분석하며, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 시뮬레이션 모델

다중 IGW를 갖는 MANET에서 인터넷 노드와 통신할 때 특정 IGW에게 트래픽이 집중되지 않도록 부하를 균등하게 하는 방법들의 성능을 분석하기 위해 ns-2.28[1]를 이용한다. 노드들이 MANET에 균일하게 분포되어 있고 랜덤 확률로 통신하는 경우 특정 IGW로 트래픽이 집중되는 현상이 발생하지 않고 부하 균등화 기능이 필요하지 않게 된다. 따라서 본 논문에서는 부하 균등화로 인한 이득을 얻을 수 있도록 특정 IGW 가까이 트래픽을 발생시키는 노드들을 더 많이 배치시키는 형태로 시뮬레이션 망을 구성한다. MANET 라우팅 프로토콜로는 AODV[2]를 이용한다.

시뮬레이션에 사용하는 무선 인터페이스는 IEEE 802.11이며 150m의 전파 범위와 2Mbps의 대역폭을 갖도록 설정한다. 총 96개의 이동 노드들을 1300 x 700 m² 인 사각형에 임의로 배치하며, 이 사각형을 세로로 나누어 두 개의 IGW를 왼쪽과 오른쪽 사각형의 중앙에 둔다 (그림 2 참조). 시뮬레이션에서 각 IGW들은 1초마다 한 번씩 IGWADV를 전송한다. 총 트래픽 부하를 다르게 하기 위해 인터넷 노드와 통신하는 노드의 수는 총 15, 21개로 두 종류를 실험하며, IGW 부하들 간의 불균형을 만들기 위해 그림 2의 Area A와 Area B에 그 수를 다르게 배치한다. 15개의 전송 노드를 사용하는 망에서는 Area A에 10개, Area B에 5개를 배치하며, 21개의 전송 노드를 사용하는 망에서는 Area A에 14개를 Area B에는 7개를 배치한다. 트래픽을 전송하는 MN들은 15kbps의 CBR 트래픽을 인터넷 노드에게 전송하며, 각 패킷의 크기는 210 bytes이다. 본 시뮬레이션에서 모든 노드들은 IGW를 통하여 인터넷 노드와 통신하며 MN들 간의 통신은 고려하지 않는다.

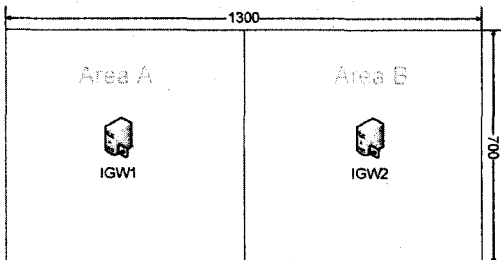


그림 2. 시뮬레이션을 위한 네트워크

의 불균형을 만들기 위해 그림 2의 Area A와 Area B에 그 수를 다르게 배치한다. 15개의 전송 노드를 사용하는 망에서는 Area A에 10개, Area B에 5개를 배치하며, 21개의 전송 노드를 사용하는 망에서는 Area A에 14개를 Area B에는 7개를 배치한다. 트래픽을 전송하는 MN들은 15kbps의 CBR 트래픽을 인터넷 노드에게 전송하며, 각 패킷의 크기는 210 bytes이다. 본 시뮬레이션에서 모든 노드들은 IGW를 통하여 인터넷 노드와 통신하며 MN들 간의 통신은 고려하지 않는다.

노드들의 이동 모델로는 random waypoint model을 이용한다. 시뮬레이션에서 사용하는 노드 이동 속도는 20 ~ 40 m/s 사이의 임의의 값을 선택하며 pause time은 0, 20, 60, 120, 200, 300, 500 초를 이용하여 각각 실험하였다. 총 시뮬레이션 시간은 500초이며, 500초의 pause time은 모든 MN들이 이동하지 않는 환경에 대한 시뮬레이션이며, 0초의 pause time은 모든 노드들이 항상 이동하는 환경에 대한 시뮬레이션이다. 총 5 종류의 이동 시나리오를 생성하여 각 시뮬레이션 결과들의 평균을 최종 결과물로 제시한다.

부하 균등화를 위한 각 기법들의 성능을 비교하기 위해 packet delivery ratio (PDR) 를 이용한다. PDR은 모든 인터넷 노드들이 MN들에게서 수신한 데이터 패킷의 총량을 모든 MN들이 인터넷 노드에게 보낸 데이터 패킷의 총량으로 나눈 값이다.

3. 기존 부하 균등화 알고리즘들

본 연구에서는 MN의 이동이 빈번한 망에서 낮은 제어 트래픽으로 빠르게 새로운 IGW를 발견할 수 있도록 proactive 게이트웨이 발견 기법을 사용하므로 IGW들은 주기적으로 IGWADV 메시지를 전송한다. 다중 IGW를 갖는 MANET 환경에서 모든 IGW들이 주기적인 IGWADV를 전체 MANET으로 전송할 경우 IGW의 수에 따라 IGWADV 메시지의 양이 증가하게 된다. IGW의 수가 증가하더라도 IGWADV 메시지의 수를 고정된 양으로 제한시키기 위해 proactive 게이트웨이 발견 기법을 사용하면서도 IGWADV의 전달 범위를 제한할 수 있는 방법이 제안되었다 [3]. [3]에서는 DIGW를 설정하고 있는 MN에서 DIGW와 다른 IGW로부터 IGWADV 메시지를 수신한 노드들은 더 이상 IGWADV 메시지를 전달하지 않는다. 한 IGW로부터만 IGWADV를 수신한 노드는 이를 DIGW로 설정하고 둘 이상의 IGW로부터 IGWADV를 수신한 노드들은 가장 적합한 하나의 IGW를 DIGW로 선택한다. 이러한 방식을 이용할 경우 IGW들은 자신을 DIGW로 선택한 주변 MN들로 구성된 영역을 형성하며, 이 영역들 사이에 경계를 형성하게 된다.

[3]에서는 경계를 형성하는 DIGW 선택 기법으로

Shortest Path (SP) 기법과 Minimum Load Index (MLI) 기법을 제안한다. 이 두 기법들은 IGW의 주기적인 광고 메시지 전달을 전제로 한다. SP 기법은 IGW에서 MN까지의 홑 수가 가장 작은 IGW를 DIGW로 선택한다. MN에서 IGW와 MN 사이의 홑 수를 측정할 수 있도록 하기 위해서 IGWADV 메시지에 홑 수를 저장할 수 있는 필드가 있어야 한다. MLI 기법에서는 IGWADV 메시지에 IGW의 부하 정보를 포함하며 부하가 가장 작은 IGW를 DIGW로 선택한다. MLI의 동작 방식은 다음과 같다:

- i) DIGW가 설정되어 있지 않은 MN에서 새로운 IGWADV를 수신하였을 경우 해당 IGW를 DIGW로 설정하고 IGWADV 메시지를 다음 홑으로 재전송한다.
- ii) DIGW를 설정하고 있는 MN에서 DIGW로부터의 IGWADV를 수신하였을 경우 부하 정보를 갱신하고 IGWADV 메시지를 다음 홑으로 재전송한다.
- iii) MN이 DIGW로 선택한 IGW를 g 라 하고 MN의 DIGW 외의 다른 IGW를 g' 라 할 때, DIGW(g)를 설정하고 있는 MN에서 DIGW와 다른 IGW(g')로부터 IGWADV를 수신하는 경우 다음 두 조건을 만족하면 g' 의 IGWADV를 이용하여 DIGW를 변경한다. DIGW의 변경 여부와 관계없이 IGWADV 메시지를 재전송하지 않는다.

- g 를 DIGW로 결정하고 사용한 시간이 일정 시간 (t) 이상인가?

$$- L_{g'} + \frac{T_n}{C_{g'}} + \Delta \leq L_g - \frac{T_n}{C_g}$$

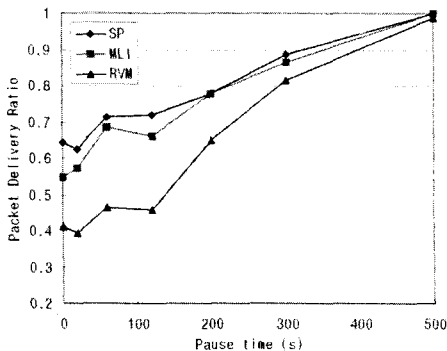
L_g 는 IGW g 의 부하이며, C_g 는 IGW g 의 대역폭이고, T_n 은 MN n 과 통신하는 인터넷 노드 사이의 트래픽 양을 의미한다. 이 조건에 의해 DIGW를 선택한 후 일정 시간(t) 동안 DIGW를 변경하지 않고, Δ 를 이용하여 부하 정보의 미세한 차이에 의해서도 DIGW를 변경하지 않도록 한다. 또한

IGWADV 메시지를 재전송하지 않으므로 해서 많은 수의 MN들이 한꺼번에 DIGW를 변경하지 않도록 한다.

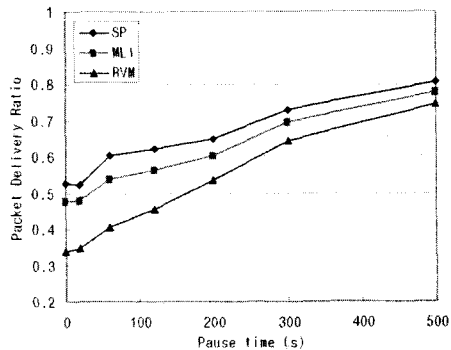
[4]에서는 DIGW를 선택하는 메트릭으로 IGW에서 주기적으로 전송하는 IGWADV 메시지들이 MN에 도착하는 간격의 차이를 이용하는 Running Variance Metric (RVM) 기법을 제안하고 있다. RVM 기법에서는 IGWADV를 주기적으로 전송하지만 전달 범위를 제한하지 않고 전체 MANET으로 전송한다. MN에서는 IGWADV 메시지 수신 간격의 분산(RVM)이 가장 작은 IGW를 DIGW로 결정한다. 각 노드들은 IGWADV를 수신할 때마다 (IGW, upstream neighbor, RVM) 값을 저장하며, 같은 IGW에 의해서 전송된 IGWADV 메시지들이 다른 경로를 통해 전송되었을 경우 RVM 값이 가장 작은 IGWADV 메시지를 전달한다.

3.1 성능 분석

본 절에서는 2절에서 제시한 시뮬레이션 환경을 기반으로 SP, MLI, RVM 기법을 비교한다. Pause time을 변경하면서 세 기법들의 PDR을 측정한 그림 3에서 SP 기법의 PDR이 모든 이동 빈도에 대해 MLI나 RVM 기법보다 높은 결과를 얻었다. 15개의 source들을 이용한 그림 3 (a)에서는 MN들이 고정된 환경에서 100%에 가까운 PDR을 보이므로 망의 트래픽 부하가 심하지 않은 것을 알 수 있으며 이러한 상황에서는 SP와 MLI 간의 격차가 크지 않았다. 그러나 21개의 소스들을 이용한 그림 3 (b)에서는 MN들이 고정된 환경에서도 최대 80% 정도만 목적지까지 패킷을 전송하는 혼잡 상황을 나타낸다. 트래픽을 원활히 전송할 수 있는 상황에서는 IGW 부하들 간의 균형을 맞추기 위해 더 멀리 있는 IGW를 DIGW로 선택하는 MLI 기법을 이용하더라도 트래픽을 잘 전송할 수 있다. 그러나 그림 3 (b)와 같은 혼잡 상황에서 우회 경로를 이용하는 MLI 기법은 SP 기법보다 더 낮은 PDR



(a) 15 sources



(b) 21 sources

그림 3. MN들의 노드 이동 빈도별 SP, MLI, RVM 기법의 packet delivery ratio 비교

을 보인다. 시뮬레이션에서 MLI 기법의 Δ 값은 15kbps/2Mbps를 사용한다.

RVM 기법은 IGWADV를 전체 MANET으로 전송하므로 가장 낮은 PDR을 보인다. 특히 SP와 MLI 기법은 각각 IGW에서 MN까지의 홉 수와 IGW의 부하를 메트릭으로 이용하므로 MN들의 이동이 빈번한 상황에서도 빠른 시간 내에 최적의 DIGW를 선택할 수 있다. 그러나 RVM 기법은 이런 상황에서 IGWADV 메시지 손실로 인해 메트릭 값의 변화가 심하기 때문에 최적의 DIGW를 선택할 수 없으며, 부하를 균등하게 분배하지 못한다. 시뮬레이션에서 RVM 기법의 α 값은 0.3을 이용했다.

4. 기존 기법들의 개선

본 절에서는 3절에서 소개한 기법들을 개선하여 기존 방법과의 성능을 비교한다. MLI 기법의 문제점은 부하가 낮은 IGW를 DIGW로 선택하므로 인해 더 먼 거리에 있는 IGW라 할지라도 더 낮은 부하를 가지면 이 IGW를 DIGW로 선택한다는 것이다. 이러한 방법으로 IGW간의 부하 차이는 줄일 수 있을지라도 MN들이 필요 이상으로 더 긴 경로를 선택하여 전송률이 낮아진다. 본 논문에서 지향하는 부하 균등화의 목적은 IGW를 통해 인터넷 노드와 통신하는 MN들의 총 전송률을 최대로 하는 것이다. 따라서 MLI를 개선하여 MN에서 DIGW를 결정하기 위해 부하 정보와 함께 MN과 IGW 사이의 홉 수를 고려하는 SMN-HL (Selection of DIGW by a MN considering both Hop count and IGW's traffic Load) 기법과 RVM을 수정한 HRVM (Hop Count and Running Variance Metric) 기법을 제안한다. SMN-HL 기법에서는 각 IGW별로 다음과 같은 메트릭(M_g)을 이용하며, M_g 값이 가장 작은 IGW g 를 DIGW로 선택한다:

$$M_g = W \cdot H_g + L_g$$

W 는 H_g 의 가중치이며, H_g 는 IGW g 로부터 MN까지의 홉 수이고, L_g 는 IGW g 의 트래픽 부하이다.

SMN-HL 기법에서 IGWADV 메시지 전달 여부와 DIGW 결정 방법은 3절에서 언급한 MLI 기법의 i), ii) 과정과 같다. 그러나 MLI 기법의 iii) 과정인 DIGW(g)를 설정하고 있는 MN에서 DIGW와 다른 IGW(g')로부터 IGWADV를 수신하였을 경우에는 다음 조건을 만족하는지 검사하여 참이면 DIGW를 변경한다:

$$-M_{g'} + \frac{T_n}{C_{g'}} + \Delta \leq M_g - \frac{T_n}{C_g}$$

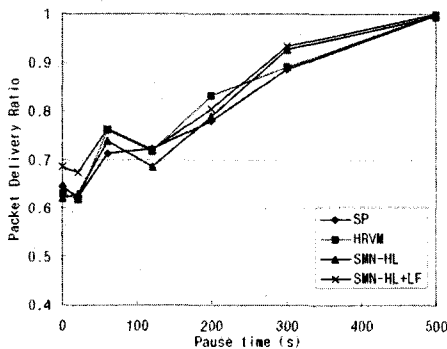
M_g 는 IGW g 의 메트릭 값을 나타내고 C_g 는 IGW g 의 대역폭이며 T_n 은 MN n 에서 IGW를 통해 인터넷 노드와 송수신하는 모든 세션들의 트래픽 요구량을 나타낸다.

RVM 기법을 개선하기 위해 본 연구에서는 DIGW를 설정하고 있는 MN에서 DIGW와 다른 IGW로부터 IGWADV 메시지를 수신한 노드들로 하여금 더 이상 IGWADV 메시지를 전달하지 않도록 수정한다. 또한, 3.1 절에서의 실험 결과와 같이 노드의 이동이 빈번한 상황에서 IGWADV 메시지 손실로 인해 RVM 값은 변화폭이 더 커지며, 망의 부하를 분배하기 위해 적절한 IGW를 선택하지 못하는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 MN과 IGW 사이의 홉 수(H)와 MN에서 수신되는 IGWADV 메시지 간격들의 분산(V_n)과의 곱을 메트릭(HRVM)으로 사용한다:

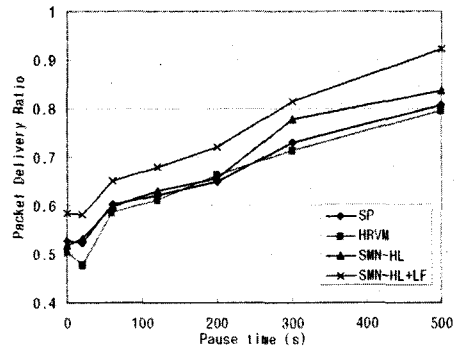
$$M_g = H \cdot V_n$$

새로 제안된 HRVM 기법은 IGWADV 메시지 손실로 인해 변화 폭이 클 수 있는 RVM 메트릭에 비교적 변화폭이 작은 H 를 가중치로 사용하므로 빈번한 IGW 변경을 방지하고 MN에서 가까운 IGW를 선택할 확률을 높일 수 있다.

MN과 인터넷 노드 사이의 통신을 위해서는 MN과



(a) 15 sources



(b) 21 sources

그림 4. MN들의 노드 이동 빈도별 부하 균등화 기법들의 packet delivery ratio 비교

DIGW 사이의 경로 설정이 이루어져야 한다. 기존 인터넷 연결 기법들에서는 라우팅 제어 메시지를 전체 MANET으로 전송하여 경로를 설정하지만, IGW들마다 MN들로 구성된 자신의 영역을 갖는 망에서는 각 영역 내의 MN들이 같은 prefix를 갖기 때문에 라우팅 제어 메시지의 전달을 같은 prefix를 갖는 영역으로 제한할 수 있다. 즉 인터넷 연결을 위한 경로 설정을 위해서 라우팅 제어 메시지의 originator와 같은 prefix를 갖는 MN들만 라우팅 제어 메시지를 전달하는 기법(Limited Forwarding; LF)을 제안한다. 이 기법은 IGWADV의 전달 영역을 제한하는 모든 IGW 발견 기법들과 함께 사용할 수 있다. 시뮬레이션을 통해 이 기법의 성능 향상 효과를 보인다.

4.1 성능 분석

H_g 의 가중치인 W 는 시뮬레이션에 의해 노드들의 평균 전송률보다 큰 값을 사용하면 큰 차이 없이 동작하였으며 ([5] 참고), 앞으로의 시뮬레이션에서 W 로는 $2 \cdot \frac{15kbps}{2Mbps}$ 를 이용한다. SP 기법의 메트릭인 IGW에서 MN까지의 홉 수와 MLI 기법의 메트릭인 IGW의 부하를 모두 고려하는 SMN-HL 기법은 그림 3에서 가장 높은 성능을 보인 SP 기법보다 더 좋은 성능을 갖는다 (그림 4 (b)). 그림 4 (a)에서는 트래픽 부하가 심하지 않으므로 모든 기법들이 비슷한 PDR을 보이며, 이동이 심한 환경에서는 메트릭 값이 자주 변경되므로 모든 기법들이 비슷한 PDR을 보인다. 하지만 노드들의 이동이 심하지 않은 환경에서는 SMN-HL 기법이 더 높은 PDR을 보인다. LF 기법을 적용하지 않은 SMN-HL 기법과 적용한 SMN-HL 기법을 비교하면, 트래픽 부하가 낮은 그림 4 (a)에서는 경로 재설정이 거의 이루어지지 않으므로 라우팅 제어 메시지의 전달을 같은 prefix를 갖는 MN으로 제한하더라도 PDR에 큰 차이가 없지만 트래픽 전송 실패율이 높은 그림 4 (b)에서는 LF를 적용한 SMN-HL 기법에서 큰 성능 향상이 있었다. 또한, 그림 3 (b)와 4 (b)를 비교하면 HRVM 기법은 RVM 기법보다 더 좋은 PDR을 갖는다.

5. 결론

MANET과 인터넷을 연결하는 IGW를 이용하여 MANET 내의 MN들은 인터넷 노드와 통신할 수 있다. 여러 개의 IGW를 통하여 인터넷과 연결된 MANET에서 대부분의 통신은 인터넷상의 노드들과 이루어질 것이므로, IGW들 간의 부하를 잘 분배하여 망을 효율적으로 운영해야 한다. 다중 IGW들을 갖는 MANET에서 부하가 집중된 IGW

의 부담을 덜어 주면서 전체 망의 전송률을 높이기 위한 기존 DIGW 발견 기법들로 SP, MLI, RVM 기법을 소개하였다. 이들 기법은 메트릭으로 각각 IGW에서 MN까지의 홉 수, IGW의 부하, IGWADV 메시지의 전송 간격의 분산을 이용한다. 시뮬레이션에서 SP 기법이 단순하면서도 가장 좋은 전송률을 나타냄을 보였다.

본 논문에서는 기존 기법들의 성능을 개선한 두 가지 기법으로 SMN-HL과 HRVM 기법을 제안하였다. DIGW를 결정하기 위한 메트릭으로 SMN-HL 기법은 IGW의 부하 정보와 IGW에서 MN까지의 홉 수를 이용하며, HRVM 기법에서는 MN에서 수신되는 IGWADV 메시지들 간의 시간 차이의 분산과 IGW에서 MN까지의 홉 수와의 곱을 이용한다. 시뮬레이션을 통해 SMN-HL 기법이 HRVM이나 MLI 기법보다 더 좋은 성능을 보이는 것을 확인하였으며, IGWADV 메시지뿐만 아니라 라우팅 제어 메시지의 전달 범위도 제한할 수 있는 LF 기법을 이용하여 SMN-HL 기법의 성능을 더욱 높였다.

참고문헌

- [1] The Network Simulator, NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [2] C. Perkins, E. Royer, and S. Das, "Ad hoc on demand Distance Vector (AODV) routing," RFC 3561, July. 2003.
- [3] C. Huang, H. Lee and Y. Tseng, "A Two-Tier Heterogeneous Mobile Ad Hoc Network Architecture and its Load-Balance Routing Problem", In *Proc. IEEE VTC 2003*, Oct. 2003.
- [4] R. Brännström, C. Åhlund and A. Zaslavsky, "Maintaining Gateway Connectivity in Multi-hop Ad hoc Networks", In *Proc. IEEE WLN 2005*, Nov. 2005.
- [5] Y. Kim, Y. Lim, S. Ahn, H. Yoo, J. Lee and J. Choe, "Load Balancing Mechanisms in the MANET with Multiple Internet Gateways", In *Proc. ICOIN 2006*, Jan. 2006.