

이종 무선 메쉬 네트워크 설계 및 성능평가*

김태우,곽정남, *강남희, 김영한
승실대학교 정보통신전자공학부, *다산네트웍스
e-mail : {twkim, muxxc1, nalnal, yhkim}@dca.ssu.ac.kr

Design and Evaluation of Hybrid Wireless Mesh Networks

Tae-Woo Kim, Jung-Nam Kwak, Nam-He Kang, Young-Han Kim
School of Information and Communication Engineering
Soongsil University

Abstract

In this paper we design and evaluate Hybrid Wireless Mesh Networks on IEEE 802.11-based network. So we analysis the CWMNs and BWMNs to integrate them. The CWMNs of Ad hoc Mode cannot be directly connected to the BWMNs of Infrastructure Mode because they have different frame types.

We propose the new effective HWMNs scheme using DYMO than OLSR protocol for the inter-operability and the mobility

I. 서론

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Networks, WMN)는 무선 인프라를 형성하는 BWMNs(Backbone Wireless Mesh Networks), 그리고 가변적인 임시 망 구조를 가지는 CWMNs(Client Wireless Mesh Networks), 이 두 개의 네트워크가 이동성을 가지며 결합된 HWMNs(Hybrid Wireless Mesh Networks)로

구분된다[1].

현재 무선-메쉬 네트워크들은 서로 독립된 네트워크 범주로 산업계, 학계, 그리고 표준화 단체에서 연구 및 개발되고 있는 상태이다. 실제 IETF의 MANET[2] 작업 그룹은 CWMNs에 속하는 다양한 멀티 홉 라우팅 프로토콜들을 표준으로 제안하고 있고, 반면에 IEEE 802.11s[3] 작업그룹은 BWMNs의 특성을 가지는 ESS(Extended Service Set) 기반의 무선 메쉬 네트워크 기술들을 표준으로 제안하고 있다.

그러나 인터넷과 연결되는 전체 무선 네트워크의 구조적 관점에서 보면, 이 두 부류는 어느 하나의 네트워크 특성으로 단일화 되지 않는다. 각각의 무선 메쉬 네트워크들은 서로 다른 토폴로지 특성과 그것에 최적화된 서비스들을 지원하기 때문에 필연적으로 혼재된 HWMNs를 형성할 수밖에 없다.

따라서 이종 무선 메쉬 네트워크들이 혼재하면서 발생하는 상호 연동성 또는 상호 운영성의 문제들은 반드시 해결해야 할 선행과제로 남는다. 특히 각 네트워크를 구성하는 임의의 노드(Node)들이 이종 무선 네트워크로 이동 시에도 연결의 연속성 지원 문제는 HWMNs의 핵심 난제이다.

본 논문은 먼저 MANET으로 잘 알려진 CWMNs과 일반 인터넷 액세스 네트워크 사이에서 이동성 지원에 관한 기존 연구[4]를 망이 확장되는 상호 연동성의 관점에서 재분석한다. 마찬가지로 기존의 BWMNs에 관한 연구[5]도 네트워크 계층에서 상호 연동을 중심으로 재분석한다. 그 후에 이 분석된 자료를 근거로 무

* 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크 원천 기반 기술 개발사업의 지원에 의한 것임

선 메쉬 네트워크가 HWMNs을 형성 시에도 상호 연동성 및 이동성을 제공하는 최적의 설계를 제안한다. 그리고 시뮬레이션을 통해 네트워크 계층에서 패킷 전송을 위한 OLSR(Optimized Link State Routing)[6] 및 DYMO(DYNAMIC MANET On-demand)[7] 프로토콜의 비교 성능분석을 한다.

II. 관련 연구

2.1 CWMNs

CWMNs 범주에 속하는 대표적인 것이 MANTE이다. 그림 1.은 게이트웨이(GW)를 통한 MANET과 일반 인터넷 액세스 네트워크의 결합구조를 도시하고 있다[4].

이 네트워크 구조에서 게이트웨이는 IEEE 802.11의 Ad hoc Mode 환경을 지원하여 MANET과 상호 연결을 가능케 한다. 그리고 네트워크 계층에서 패킷의 송수신을 위하여 애드 혹 링크(Ad hoc link)에는 OLSR 프로토콜이 동작하고, 유선 링크(Wired link)에는 인터넷의 계층적 라우팅 프로토콜이 동작한다. 또한 MANET을 구성하는 이동 노드들은 MDM(Mode Detection Mechanism)이라는 모듈이 적재되어 있어서 자신이 어떤 무선 환경에 위치하는지 스스로 검출한다. 결국 이 네트워크 구조는 임의의 이동노드가 MANET에 연결될 때 또는 MANET의 이동 노드가 일반 액세스 네트워크에 이동할 때도 잘 알려진 노드의 이동성(Mobile IP)을 지원한다.

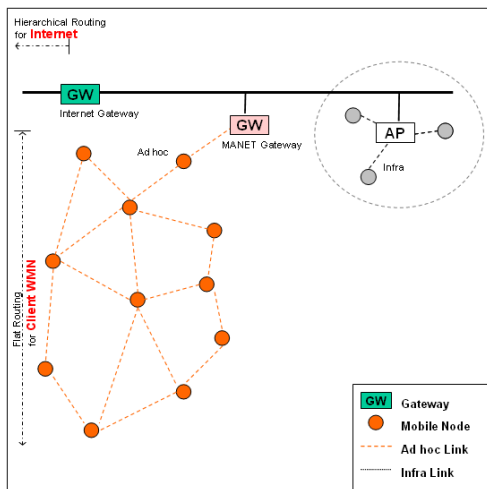


그림 1. CWMNs Architecture

그러나 이 네트워크 구조는 사용자의 이동 노드에 무선 환경을 스스로 검출할 수 있도록 추가기능을 적재 시켜야 하는 실효성 문제가 있다. 또한 Ad hoc

Mode와 Infrastructure Mode의 무선 환경이 공존할 때 이동노드의 MDM은 심각한 Ping Pong 현상을 발생 시킨다.

2.2 BWMNs

IEEE 802.11s의 무선 메쉬 네트워크는 AP(Access Point)의 무선 분산 시스템(Wireless Distribution System, WDS)이 근간이 된 ESS 기반의 L2(Layer 2) 해법이다. 이것은 L3(Layer 3) 기반의 CWMNs과 상호 연동을 할 수 없는 구조이다. 그러므로 BWMNs 역시 새로운 L3 기반인 네트워크 계층에서의 해법이 필요하다.

그림 2.는 일반적인 AP(Access Point)에 패킷 라우팅 기능을 추가 시킨 MR(Mesh Router)들을 WDS(Wireless Distribution System) 링크로 연결한 BWMNs를 도시하고 있다[5].

이 네트워크 구조에서 MR은 AP로서의 기능도 병행하여 한 홉 거리의 MS(Mobile Station)들에게 이전과 변화 없는 Infrastructure Mode의 접속 서비스를 제공한다. 즉, 사용자 단말인 MS들에게 어떠한 기능 추가도 요구하지 않는다. 또한 네트워크 계층에서 패킷의 송수신을 위하여 MR의 WDS 링크로 OLSR 프로토콜이 동작한다. 그리고 MS가 하나의 MR에서 또 다른 MR로 이동 중에 발생하는 L2 Trigger를 전체 MANET의 라우팅 테이블을 업데이트 시키는 기법으로 MS의 이동성을 제공한다.

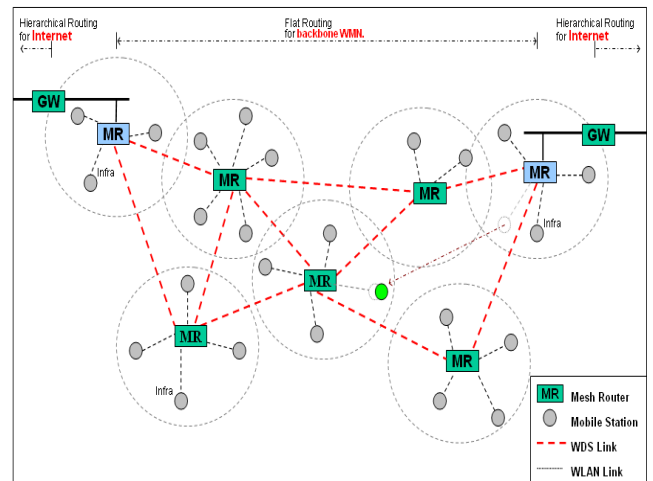


그림 2. BWMNs Architecture

그러나 이 네트워크 구조는 규모가 커지면 토폴로지 또는 MS의 링크 변화 빈도수가 급격히 증가한다. 다시 말해 MANET의 모든 노드들의 라우팅 테이블

을 빈도수에 따라서 재설정해야 하는 심각한 네트워크 부하가 발생한다.

III. 이중 무선 메쉬 네트워크 설계

본 논문에서는 이전에 상호 연동 시 발생하는 CWMNs 및 BWMNs 구조적 문제를 해결하는 설계를 제안한다.

3.1 상호 연동 방향

HWMNs의 구조는 IEEE 802.11의 WLAN 기반에서 Ad hoc Mode를 사용하는 CWMNs과 Infrastructure Mode를 사용하는 BWMNs의 상호 연동이다. 따라서 게이트웨이 역할을 하는 MR은 서로 다른 두 개의 무선 환경을 지원한다. 즉, 이중의 링크가 현존하는 상황을 고려하여 MR은 Ad hoc Mode의 프레임과 Infrastructure Mode의 프레임을 독립적으로 처리할 수 있도록 두 개의 서로 다른 물리적 인터페이스를 갖는다. 이것은 CWMNs에서 언급한 이동 노드의 MDM 문제를 해결한다.

네트워크 계층에서 최적 경로를 통한 패킷 송수신은 Proactive Routing 방식과 Reactive Routing 방식으로 나누어지며, 그 대표적인 프로토콜로서 각각 OLSR 및 DYMO가 있다.

아래의 표 1.은 HWMNs의 네트워크 계층에서 패킷을 전송 시 라우팅 프로토콜로서 적용 가능한 경우를 나타낸 것이다.

표 1. HWMNs에서 라우팅 프로토콜

CWMNs	BWMNs	MR(Gateway)
OLSR	OLSR	원활한 연동
DYMO	OLSR	상호 프로토콜 변환처리 요구
OLSR	DYMO	상호 프로토콜 변환처리 요구
DYMO	DYMO	원활한 연동

만약 서로 다른 라우팅 프로토콜을 사용할 경우, 두 프로토콜의 접점인 게이트웨이에서 프로토콜 변환처리를 병행해야 하는 문제가 발생한다. 따라서 효율적인 상호 연동을 위해서 CWMNs 및 BWMNs에 동일한 L3 라우팅 프로토콜을 사용한다.

3.2 상호 연동 설계

그림 3.은 왼쪽 CWMNs과 오른쪽 BWMNs이 게이트웨이 역할을 하는 하나의 MR을 통해 서로 연결된 HWMNs의 구조를 나타내고 있다. 여기서 Ad hoc Mode의 노드와 Infrastructure Mode의 노드는 서로 다른 무선 환경이기 때문에 게이트웨이를 통해 연결된다.

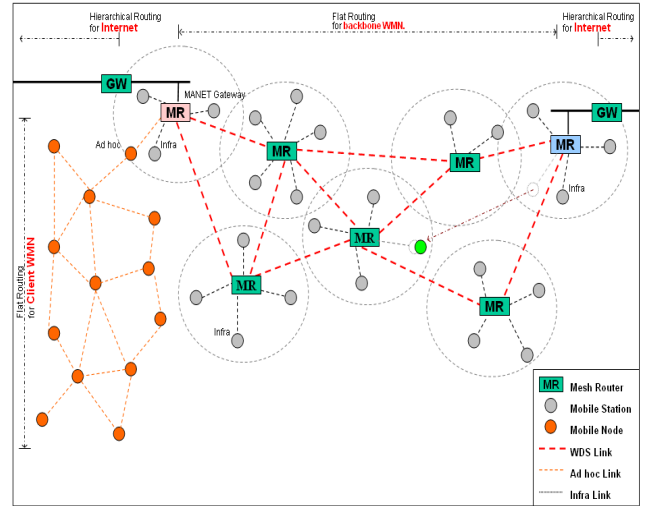


그림 3. HWMNs Architecture

이 전 BWMNs에서 MS의 이동성을 지원하기 위해 서 모든 MR은 MS의 MAC과 IP 주소 정보를 알고 있어야 한다.

그러나 이 HWMNs 구조에서는 DYMO의 RREQ 메시지를 수신할 때 한 홉의 Non-MANET 인터페이스로 목적지 IP에 대한 ARP 절차를 수행하도록 하여 MS의 이동성을 효과적으로 지원한다. 즉, MR은 다른 모든 MR의 Non-MANET 인터페이스에 연결된 MS에 관한 별도의 정보를 관리할 필요가 없다. 필요 시에 새로운 Multi-hop ARP 기법으로 알 수 있다. 이 과정은 Non-MANET 인터페이스가 존재하지 않는 CWMNs에서는 생략되므로 추가되는 네트워크 부하는 전혀 없다.

IV. 성능 분석

그림 3.은 Ad hoc Mode의 CWMNs과 Infrastructure Mode의 BWMNs이 게이트웨이를 통해 집적된 HWMNs 구조이다. 따라서 패킷이 송수신 되는 네트워크 계층 관점에서 이 구조는 하나의 양방향 게이트웨이를 통한 두 MANET의 연동으로 대체될 수 있다.

시뮬레이션은 이와 같은 네트워크 구조에서 실행하고, 또한 HWMNs에서 효율적인 패킷 전송을 위해서 OLSR 및 DYMO 프로토콜의 성능을 비교 분석한다.

4.1 홉 수 증가에 따른 성능분석

게이트웨이를 중심으로 영역이 2500*2500(m)인 두 개의 무선 메쉬 네트워크를 위치시키고, 각 네트워크를 구성하는 이동노드들을 60개 씩 임의대로 배치하였다. 그리고 통신하는 양쪽 두 개의 이동 노드를 게이트웨이로부터 한 홉씩 증가 시키며 OLSR과 DYMO의 패킷 손실을 분석하였다.

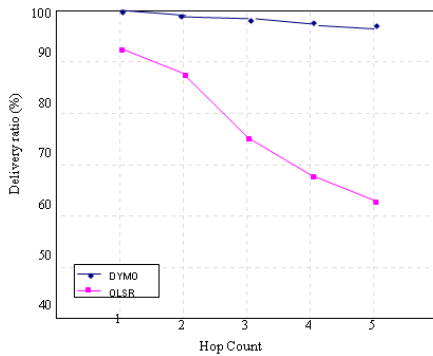


그림 4. 게이트웨이로부터 홉 수 거리 증가에 따른 패킷 전달 비율

위 그래프에서 OLSR은 게이트웨이로부터 홉 수가 증가할수록 통신하는 두 이동 노드 사이의 패킷손실이 증가한다. 이것은 홉 수가 증가하면 네트워크 전체 경로 테이블의 재설정 시간이 증가하는 사실과 일치한다. 반면에 DYMO는 목적지에 대한 경로 요청이 발생할 경우 네트워크의 전체 경로 재설정 없이 목적지까지의 경로만 설정하므로 패킷 손실이 거의 없다.

4.2 노드 수 증가에 따른 성능 분석.

통신 하는 두 이동 노드는 게이트웨이로부터 2 홉 거리에 각각 고정 시켰고, 노드 수를 20개 단위로 100개 까지 각각 증가 시키며 OLSR과 DYMO의 패킷 손실을 분석하였다

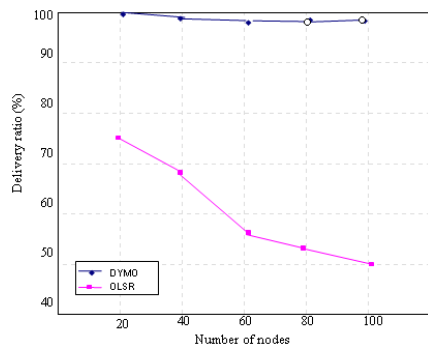


그림 5. 주변 노드 수 증가에 따른 패킷 전달 비율

OLSR인 경우 노드 수가 증가할수록 패킷손실이 급격히 증가한다. 이것은 노드 수가 증가하면 전체 네트워크에 목적지 경로를 찾기 위한 Control Traffic이 급격히 증가하는 사실과 일치한다.

V. 결론

전체 무선 네트워크의 구조는 서로 다른 특성으로 서로 다른 서비스에 최적화된 이종 무선 네트워크들의 혼재된 상태가 될 것이다. 본 논문은 이러한 이종 무선 메쉬 네트워크들을 어떻게 집적 시키야 네트워크의 효율성을 극대화 시키는지 보여준다. 따라서 본 논문은 무선 메쉬 네트워크 설계 시 참고할 하나의 지표를 제공한다.

참고문헌

- [1] Akyildiz, X. Wang, and W. Wang, "Wireless mesh networks: a survey," Computer Networks - Elsevier Science, no. 47, Jan. 2005.
- [2] IETF MANET Working Web Site. Available from: <<http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>>.
- [3] IEEE 802.11 Standard Group Web Site. Available from: <<http://www.ieee802.org/11/>>.
- [4] L. Lamont, M. Wang, L. Villasenor, T. Randhawa, and S. Hardy, "Integrating WLANs & MANETs to the IPv6 based Internet," in IEEE International Conference on Communications, vol. 2, pp. 1090-1095, May 2003.
- [5] Vishnu Navda, Anand Kashyap and Samir R. Das, "Design and Evaluation of iMesh: an Infrastructure-mode Wireless Mesh Network", in Proc. of the 6th IEEE WoWMoM Symposium, Taormina, Italy, June 2005.
- [6] T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet, P. Muhlethaler, A. Qayyum, L. Viennot, "Optimized Link State Routing Protocol", RFC 3626, IETF October 2003.
- [7] I. Chakeres, E. Belding-Royer, UC Santa Barbara. C. Perkins, "Dynamic MANET On-demand (DYMO) Routing", Work in Progress, Internet Draft, MANET Working Group, June 2005.