

IEEE 802.11s 기반 무선랜 메쉬 네트워크 구현 및 성능 평가*

이성희^o 정우성 고영배

아주대학교 정보통신전문대학원

sunghee@ajou.ac.kr, woosung@uns.ajou.ac.kr, youngko@ajou.ac.kr

Implementation and Performance Evaluation of the IEEE 802.11s based WLAN Mesh Networks

Sung-Hee Lee^o, Woo-Sung Jung, and Young-Bae Ko

Graduate School of Information and Communication, Ajou University

1. 서론

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network)는 멀티 홉 통신을 바탕으로 높은 확장성과 경제성을 제공함으로써 차세대 통신망 기술로 주목 받고 있다[1]. WLAN (Wireless Local Area Network) 표준에 메쉬 네트워킹 기술을 도입하고자 IEEE 802.11s 태스크 그룹이 활동 중이며 2009년 말을 목표로 현재 표준안 작업이 진행되고 있다[2]. 이러한 WLAN 기반 메쉬 네트워크의 가장 큰 특징은 이웃 노드 탐색 및 링크 관리, 경로 설정 등의 기능이 링크 계층(Layer 2)에서 동작한다는 것이다. MIT의 Roofnet 프로젝트[3]와 UIUC의 Net-X 프로젝트[4] 등, 지금까지 국내외에서 여러 메쉬 테스트베드 연구가 있어 왔지만, 대부분이 특정 표준안에 의거하지 않고 독자적인 구현방식을 취하고 있기 때문에 WLAN 메쉬 네트워크의 특성을 반영하지 못하는 한계가 있다.

본 논문에서는 802.11s 표준안에 기반을 둔 WVM (WLAN Virtual Mesh) 구현 아키텍처를 제시하고 이를 실제 테스트베드 상에서 구현함으로써 WLAN 기반의 메쉬 네트워크 성능을 분석하였다. 또한 실험 결과를 통해, 제안하는 아키텍처가 멀티 인터페이스를 효과적으로 지원할 수 있음을 보인다.

2. 본론

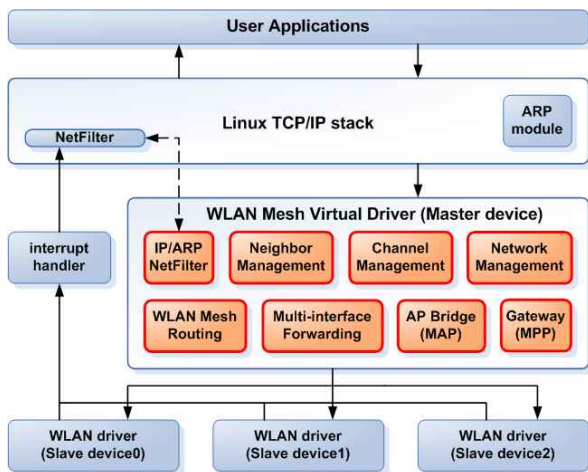
본 논문에서 제시하는 WVM (WLAN Virtual Mesh) 아키텍처는 리눅스 커널 상에서 “가상 드라이버 구조”를 취하고 있다. 이는 상위 네트워크 계층에서 구체적인 인터페이스의 개수를 고려할 필요 없이 효과적으로 멀티 인터페이스를 운용할 수 있는 장점이 있다.

[그림 1]은 WVM 가상 드라이버가 리눅스 네트워크 스택과 어떻게 상호작용 하는가를 보여준다. WVM 모듈은 논리적으로 리눅스의 TCP/IP 스택과 실제 무선 인터페이스의 디바이스 드라이버 사이에 위치하며 가상 링크 계층으로써 동작한다. WVM 모듈은 리눅스의 이더넷 본딩(Ethernet Bonding) 드라이버와 같이 하위 다수의 WLAN 인터페이스를 슬레이브 (Slave)로 갖는 마스터(Master) 인터페이스가 된다. 상위 네트워크 계층으로부터 내려온 패킷은 슬레이브 인터페이스로는 직접 전달되지 않으며 반드시 마스터인 WVM 모듈을 통하게 된다. 이와 같은 구조를 통해 슬레이브로써 존재하는 실제 무선 인터페이스를 상위 네트워크 계층으로부터 숨기고 투명성을 제공할 수 있으며, 커널에 독립적으로 멀티 인터페이스를 지원하는 것이 가능하다.

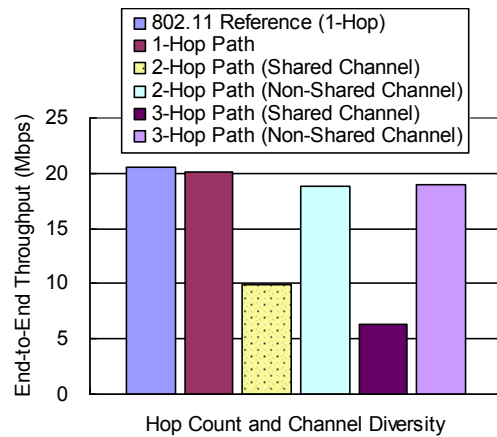
WVM 모듈 내부는 기능에 따라 8가지 컴포넌트로 구성되어 있다. 중요 부분을 살펴보면 다음과 같다.

(1) **IP/ARP NetFilter:** 리눅스 커널의 구조상 네트워크 인터페이스로부터 받은 모든 패킷은 마스터 모듈로 중계되지 않고 직접 상위 네트워크 계층으로 이동한다. 그렇지만 받은 패킷을 멀티 홉으로 중계하기 위해서는 패킷을 WVM 모듈로 가져와야하므로, NetFilter를 사용하여 패킷을 가로채게 하였다.

* 본 연구는 2007학년도 아주대학교 교내연구비 지원 및 2006년도 과학기술부의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2006-000-10556-0)



[그림 1] WVM (WLAN Virtual Mesh) 아키텍처



[그림 2] FTP Throughput

(2) 이웃 관리 (Neighbor Management): WLAN 메쉬 네트워킹 기능을 가진 단말을 검색하고 이웃 단말과 연결된 각각의 링크를 테이블로 관리한다.

(3) WLAN 메쉬 라우팅: 패킷의 목적지 MAC 주소를 바탕으로 멀티 홉 경로를 결정한다. 이를 위해 모듈 내부에 MAC 주소를 기준으로 하는 별도의 라우팅 테이블을 가지고 있다. 802.11s 표준안에 정의된 HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol)를 기준으로 On-demand 모드와 Proactive tree building 모드를 모두 구현하였다.

WLAN 메쉬 네트워크의 성능 평가를 위하여 WVM 설계를 테스트베드 상에 구현하였으며, 3개의 802.11g WLAN 카드를 장착한 9개의 메쉬 단말을 설치하였다. [그림 2]는 멀티 채널을 사용할 때 FTP 처리량을 측정된 결과이다. 이 때, 경로 선택에 따라 중간 홉의 링크가 동일한 채널을 사용할 수도 있고 서로 다른 채널을 사용할 수도 있다. Shared Channel은 동일한 채널을 사용하는 링크들로 경로가 구성된 경우를 의미하며, Non-Shared Channel은 서로 독립적인 채널을 사용하는 링크들로 경로가 구성된 경우이다. 결과에서 알 수 있듯이, Non-Shared Channel Path의 경우 홉이 증가하더라도 처리량이 거의 감소하지 않는다. 이는 경로를 구성하는 링크 사이에 동시 전송이 가능하므로 공간 재사용(Spatial Reuse) 효과가 커지기 때문이다. 결과적으로 경로상 홉 수가 증가하더라도 서로 다른 채널을 사용할 수 있게 된다면 성능 저하를 최대한 막을 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 안타깝게도 실제 경로가 선택되는 결과는 이와 같은 Non-Shared Channel 특성을 잘 반영하지 못한다. 이는 802.11s 표준안에서 기본으로 사용하는 Airtime link metric이 링크의 속도와 에리올 만을 반영하기 때문이다.

3. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11s 표준안에 기반을 둔 WLAN 메쉬 망 구현을 위해, WVM 아키텍처를 제안하고 이를 테스트베드 상에 구현하여 성능 평가를 시도하였다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 멀티 채널의 활용을 통해 멀티 홉 데이터 전송 시 성능 저하를 최소화 할 수 있지만, 현재 802.11s 표준안의 경로 선택 방법은 채널 다양성을 고려하지 못하는 한계가 있다. 따라서 이와 같은 채널 다양성을 고려한 라우팅 메트릭에 대한 연구를 추후 연구로 진행할 예정이다.

참고 자료

[1] I. Akyildiz, X. Wang, and W. Wang, "Wireless Mesh Networks: A Survey," Elsevier Computer Networks, 2005.
 [2] IEEE P802.11s™/D2.0, "Amendment: ESS Mesh Networking," Mar. 2008.
 [3] MIT Roofnet Project, <http://pdos.csail.mit.edu/roofnet/>
 [4] Net-X Project, <http://www.crhc.uiuc.edu/wireless/netx.html>