
무선 분산 시스템을 이용한 멀티 인터페이스 무선 메쉬 네트워크 테스트베드

윤미경* · 양승철* · 김종덕*

*부산대학교

Multi-interface Wireless Mesh Network Testbed using Wireless Distribution System

Mi-kyung Yoon* · Seung-chur Yang* · Jong-deok Kim*

*Pusan National University

E-mail : mimong23@pusan.ac.kr

요 약

무선 메쉬 네트워크는 네트워크 구성의 용이성과 비용적인 장점으로 각광받고 있는 무선 백본 네트워크 기술이다. 최근 상용화된 제품이 출시되고 있지만, 대부분의 기존 연구 기술은 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였다. 본 논문에서는 실제 상황을 고려하여 무선 메쉬 네트워크 테스트베드를 구축하였다. 본 테스트 베드는 무선 분산 시스템(Wireless Distribution System)과 브릿지를 응용하여 멀티 채널 멀티 인터페이스와 동적인 위치기반 라우팅 프로토콜을 지원한다. 위치기반 라우팅 프로토콜은 링크 채널 변화와 물리적 거리를 고려한 메트릭을 이용하여 무선 간섭에 강하게 설계하였다. 그리고 메쉬 클라이언트들은 중앙 집중 주소 관리 서버를 통해 주소를 할당 받아 통신하며, 간이 망 네트워크 관리 프로토콜을 통해 망을 관리하도록 설계 및 구현하였다.

ABSTRACT

Wireless Mesh Network(WMN) is wireless backbone networks technique which has ease of network configuration and cost of advantage. Recently, WNM released a new product, but most of existing research and technology analysis the performance through the simulation. This paper build the wireless mesh network testbed for actual situation. Testbed supports multi-channel multi-interface using bridge, the Wireless Distribution System and dynamic location-based routing protocol. This routing protocol strongly design against wireless interference using metric for link channel change and real distance. Then, the address of mesh clients assigned by the centralized address management server. Mesh clients is designed and implemented to manage network through Simple Network Management Protocol.

키워드

무선 메쉬 네트워크, 무선 분산 시스템, 브릿지, 위치기반 라우팅, 테스트베드

1. 서 론

이동 단말이 주로 사용하게 되는 무선 네트워크는 넓은 범위의 서비스 지원을 위한 네트워크

확장의 어려움이 존재한다. 이를 해결하기 위해 최근 많은 연구가 되고 있는 기술이 무선 메쉬 네트워크이다. 무선 메쉬 네트워크는 확장성과 구축이 용하여 이동 단말에 넓은 범위의 지속적인 서비스가 가능하다.

최근 무선 메쉬 네트워크 관련 많은 연구가 진행되고 있는데, 대부분의 연구들이 메쉬 네트워크를 직접 구축하기 보다는 시뮬레이션을 통

* “이 논문 또는 저서는 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임” (지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

표 1 무선 메쉬 네트워크 구현 관련 연구

이름	라우팅 프로토콜		인터페이스-채널	테스트베드 규모	특징
	방법	메트릭			
L3 WMN [1]	OLSRv2	Hop count	MISC	1 x 0.6 (km) 55 nodes	Rate-switch control
IEEE802.11s Mesh Point [2]	HWMP (static link)	Airtime	SISC	Portal 1 MAP 3, STA 1	Single Static link
davis [3]	Layer 2 routing (Static link)	-	MIMC, MISC, SISC	4 nodes	Centralized QoS Management
MeshCluster [4]	AODV-ST	ETT	MISC	Gateway 1 MAP 3, MP1	Mobile IP MobileNAT
kaist [5]	Modified OLSR	ETX	MISC	5 nodes	Handoff
SCATS [6]	Static routing	-	MIMC	7 nodes	Traffic Control OpenVPN, ssh
UCSB Mesh-Net [7]	AODV	Hop count	MISC	30 nodes	NTP(Network Time Protocol)

한 성능을 분석하는 것이 대부분이다. 그리고 무선 메쉬 네트워크를 구현한 연구들도 단일 채널 단일 인터페이스 기반으로 구축하였다. 단일 채널 단일 인터페이스 기반 메쉬 네트워크는 주변 노드들의 통신으로 인한 간섭 때문에 End-to-End 처리량이 떨어지고, 동시에 여러 개의 서비스를 처리하기 어렵다.

그렇기 때문에 동시에 여러 서비스를 처리 할 수 있는 멀티 채널 멀티 인터페이스 기반의 무선 메쉬 네트워크에 대한 연구가 필요하다. 멀티 채널 멀티 인터페이스를 사용 하는 경우 목적지로의 데이터 전송 시 채널 스위칭에 따른 End-to-End 딜레이는 증가 할 수 있지만, 전체 네트워크 관점에서는 다른 채널을 사용하는 인접한 링크인 경우 동시에 데이터 전송이 가능하므로 데이터 처리량을 증가 시킬 수 있다.

본 논문에서는 실제 환경에 적용 가능한 무선 메쉬 네트워크의 테스트베드를 구축을 위해, 멀티 인터페이스를 가지는 노드를 사용하고 채널 간섭이 적은 채널을 할당하여 전체 네트워크의 데이터 처리율이 높은 테스트베드를 구축하려 한다. 그리고 WDS-Bridging 방법을 사용하여 네트워크를 구성하는 노드들 간의 관리 프레임들 줄임으로써 데이터 전송 처리율을 높여 하였다. 또한 멀티 채널로 인한 기존 라우팅 적용의 어려움을 해결하기 위해 WBMR (WDS-Bridging Mesh Routing) 프로토콜을 설계 및 구현하여 구축하고자 하는 테스트베드에 적합한 동적인 라우팅을 제공하려 한다.

II. 관련연구

기존 무선 메쉬 네트워크를 구현한 연구 중 본 논문에서 이야기 하려하는 내용과 비슷한 접근 방식을 가지는 연구들이 몇 가지 있다. 본 연

구에서 사용하는 WDS-Bridging 방식을 이용하여 무선 메쉬 네트워크를 구축한 연구들은 대부분 단일 채널 단일 인터페이스 기반의 노드들이 링크를 정적으로 생성하여 네트워크를 구성하였다.

표 1은 무선 메쉬 네트워크를 구현한 기존의 연구들을 정리한 표이다. 표 1에서 볼 수 있듯이 대부분의 메쉬 네트워크 구현 연구들이 단일 채널을 사용하고, 멀티 채널을 사용하더라도 정적인 라우팅을 수행한다.

III. WBMR (WDS-Bridging Mesh Routing)

WDS-Bridging 방법을 이용하여 구성된 노드들이 무선 메쉬 네트워크를 구축하기 위해서는 데이터 전송 경로 설정을 위한 라우팅 프로토콜이 필요하다. 또한 기존의 무선 애드혹 라우팅 프로토콜들은 멀티 채널을 고려하지 않은 것이 대부분이어서 WDS-Bridging을 사용하였을 경우 브릿지의 포워딩 메커니즘으로 인해 브로드캐스트 패킷이 증가하는 문제가 생긴다. 멀티 채널인 경우 각 채널로 브로드캐스트 패킷을 전송하는 데 브릿지는 받은 패킷을 다른 인터페이스 즉 다른 채널로 플러딩 하기 때문에 동일한 브로드캐스트 패킷을 두 번 전송하는 일이 발생한다.

본 논문에서 제안하는 라우팅 방법인 WBMR 프로토콜은 WDS-Bridging 사용으로 인해 발생하는 문제를 해결하고 멀티 채널을 사용하는 노드를 위한 최적의 데이터 전송 경로를 찾을 수 있다. 그리고 멀티 채널을 사용으로 인해 발생 가능한 브로드캐스트 문제를 방지하기 위해 데이터 전송 시마다 브로드캐스트 패킷으로 경로를 탐색하는 on-demand 방식을 사용하지 않고, 네트워크 전체의 정보를 테이블로 유지하는 table-driven 방식을 사용하였다. 네트워크의 정보를 테이블로 관리하기 때문에 무선 메쉬 네트워크의 토폴로지가 변하여도 주기적으로 라우팅

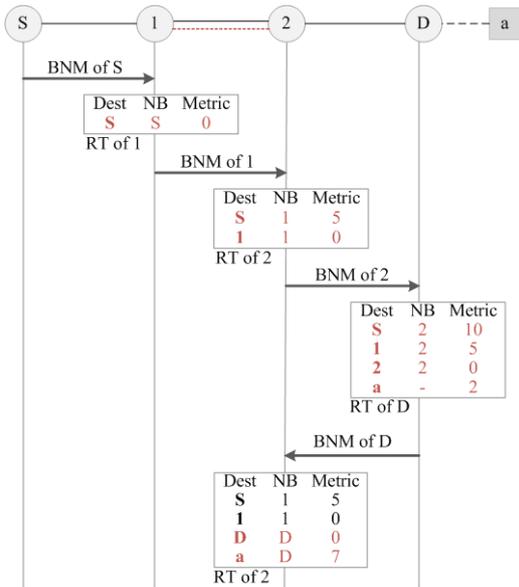


그림 1 WBMR 프로토콜 동작

테이블이 업데이트되기 때문에 경로 선택에 어려움이 없다.

WBMR 프로토콜은 orthogonal 채널로 구성된 네트워크에서 목적지까지 경로의 채널 변화를 경로 선택을 위한 주요 메트릭으로 사용하고, 그 외에 위치정보, 링크 품질을 가중하여 가장 좋은 경로를 결정하도록 한다.

그림 1은 WBMR 프로토콜이 동작함에 따라 유지되는 라우팅 테이블을 나타낸 것이다. WBMR 프로토콜은 주변 메쉬 노드를 탐색하고 정보를 수집하는 이웃탐색(neighbor discovery)과 경로 탐색(route advertisement) 그리고 데이터 전송을 위한 경로 결정(route selection) 단계로 나누어진다.

3.1. 이웃 탐색 (Neighbor Discovery)

WDS-Bridging 방법의 특성인 링크를 맺을 상대방의 정보를 미리 알아야 통신이 가능한 문제를 해결하기 위해 주변 노드 정보를 수집하기 위한 이웃 탐색 단계를 수행한다. WBMR에서 이웃 탐색은 노드 자신의 정보와 자신이 가지고 있는 이웃들의 정보를 주기적으로 브로드캐스트하여 전체 네트워크의 정보를 유지하는 역할을 한다. 자신과 1-hop 관계인 이웃들에게만 알려줌으로써 브로드캐스트 패킷으로 인해 발생하는 문제점을 없앨 수 있다.

주기적으로 브로드캐스트 하는 패킷은 BNM(Bridge Neighbor Management) 프레임으로 전송하는 노드 자신의 정보와 자신이 유지하고 있는 이웃 노드의 정보를 보낸다. 노드의 상황에 따라 이웃 노드 정보를 보내지 않을 수도 있고, 이동 단말에 서비스를 제공하는 노드인 MAP와 MAPP는 붙어있는 단말의 정보를 전송할 수 있다.

3.2. 경로 탐색 (Route Advertisement)

WBMR 프로토콜은 경로를 선택하는 기준인 라우팅 메트릭을 네트워크를 구성하는 노드 간의 링크에 weight를 주는 WCETT(Weighted Cumulative Expected Transmission Time)을 기반으로 한다.[8] 멀티 채널의 특징을 반영하기 위해 채널 변화를 기본 값으로 하고, 그 외에 부가적으로 위치 정보나 링크 품질 값 등을 더하여 더 좋은 경로를 선택할 수 있다.

라우팅 메트릭 값은 BNM 프레임의 이웃 정보에 포함되는 정보로 BNM 프레임이 전송될 때 브로드캐스트 하는 인터페이스별로 계산된다. 이웃 정보를 BNM에 넣어 보낼 때 이전 데이터를 받았던 채널과 다른 채널로 BNM을 전송할 때에는 낮은 weight 값을 더하고, 동일한 채널로 다시 전송할 때는 높은 weight 값을 주어 채널 변화가 많을수록 메트릭 값이 낮아지게 된다.

BNM 프레임을 받은 노드는 자신의 라우팅 테이블을 업데이트 한다. 각 노드가 유지하는 라우팅 테이블은 네트워크의 모든 노드들로 가기 위한 이웃 노드의 정보를 가지고 있는데, BNM 프레임에 포함되어 있는 이웃 리스트를 참고하여 업데이트하거나 추가한다. 라우팅 테이블은 목적지 mac 주소, 목적지로 가기 위한 이웃 노드 mac 주소, 라우팅 메트릭, 이웃 노드로 가기 위한 브릿지 포트 번호 등을 가진다.

3.3. 경로 결정 (Route Decision)

각 노드는 BNM 프레임 이웃 리스트들의 목적지에 대한 라우팅 메트릭 값을 자신의 라우팅 테이블과 비교하여 새로 추가하거나 더 작은 메트릭 값을 가지는 정보가 있으면 테이블을 업데이트 한다. 라우팅 메트릭 값이 가장 작은 이웃 노드만 라우팅 테이블에 기록함으로써 목적지까지의 최적의 경로를 유지 할 수 있다.

데이터 전송 시에는 BNM 프레임에 의해 주기적으로 업데이트 되는 라우팅 테이블을 참고하여 데이터를 전송할 목적지 mac 주소에 따른 이웃 노드로 데이터를 전송한다. 라우팅 테이블은 하나의 목적지당 하나의 이웃 정보만 저장하기 때문에 데이터 전송 시 추가적인 계산이 필요 없이 전송이 가능하다.

IV. 메쉬 테스트베드

구축하려 하는 무선 메쉬 네트워크는 이동 단말에 서비스 제공과 메쉬 네트워킹을 하는 MAP(Mesh Access Point), MAP의 역할에 유선 게이트웨이 역할을 하는 MAPP(Mesh Access Portal Point), MAP에서 발생하는 트래픽을 릴레이 해주는 MP(Mesh Point)로 구성된다. 3가지 노드 모두 멀티 채널 멀티 인터페이스이며 MAP는 HostAP 인터페이스와 WDS 인터페이스, MAPP는 MAP에 Ethernet 인터페이스를 추가한

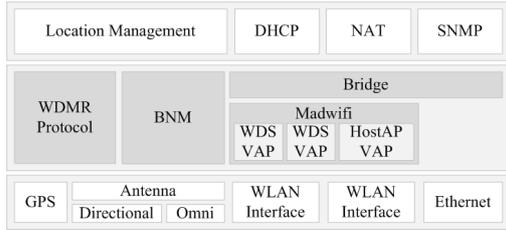


그림 2 테스트베드 구성

구조이며, MP는 WDS 인터페이스 두 개를 가진다.

4.1. 하드웨어

Alix(AMD LX based system boards) 임베디드 보드에 OS를 설치하여 구현한 라우팅 프로토콜을 비롯한 소프트웨어와 어플리케이션 서비스가 동작하게 하였고, 불안정한 링크의 품질을 높이기 위한 지향성 안테나, 기본적인 통신을 위한 무지향성 안테나를 사용하였다. 그리고 위치 정보 수신을 위한 GPS(Global Positioning System)와 네트워크를 구성하는 링크를 위한 Atheros 무선랜 카드를 노드 당 2개씩 사용하였다.

4.2. 소프트웨어

Linux 커널에서 제공하고 있는 Bridge 소스와 오픈 무선랜 드라이버 소스인 Madwifi를 수정하여 라우팅 프로토콜이 동작하게 하였고, GPS로부터 받는 위치정보 처리를 위한 위치관리(Location management) 서비스, 이동 단말에 서비스를 제공하기 위해서 필요한 IP할당은 DHCP(Dynamic host Configuration Protocol)를 이용하여 해결하였다. 그리고 더 다양한 서비스 지원을 위해 유선 게이트웨이 역할을 하는 MAPP에 NAT(Network Address Translation)를 사용하여 유선 백본 네트워크에 접근 가능하게 하였고, 무선 메쉬 네트워크 전체를 관리하기 위해 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 사용하였다.

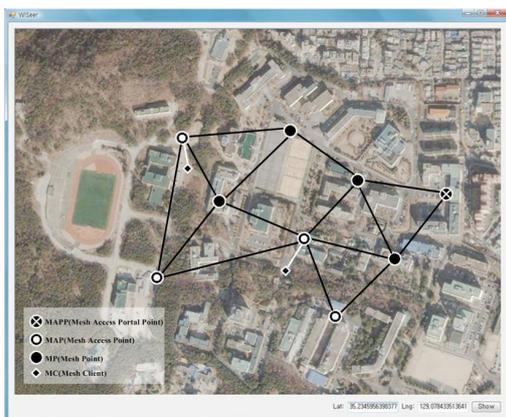


그림 3 실제 구축한 테스트베드

VI. 결 론

본 논문에서는 멀티 채널 멀티 인터페이스에 적합한 라우팅 프로토콜을 설계 및 구현하고, 실제 부산대 캠퍼스에 그림 3과 같이 무선 메쉬 네트워크를 구축하였다. MAPP 1, MAP 4, MP 4개로 구성하였으며, 장애물에 의해 링크가 불안정한 구간은 지향성 안테나를 사용하여 링크의 안정성을 높였다.

실제 환경에 맞게 구축한 테스트베드를 이용하여 MC(Mesh client)에 제공되는 통신 서비스의 품질과 성능 분석을 위한 실험이 진행 중이며, 향후 관련된 논문을 작성할 계획이다.

참고문헌

- [1] K. Mase , Y. Owada , H. Okada , T. Imai, "A testbed-based approach to develop layer 3 wireless mesh network protocols," Tridentcom 2008.
- [2] R. G. Garroppo, S. Giordano, D. Iacono, L. Tavanti, "Notes on implementing a IEEE 802.11s Mesh Point," Fourth EuroFGI Workshop on Wireless and Mobility.
- [3] D. Gupta, J. LeBrun, P. Mohapatra, C-N. Chuah, "A WDS-based Layer-2 Routing Scheme for Wireless Mesh Networks," WiNTECH 2006.
- [4] K. Ramachandran, M. Buddhikot, G. Chandranmenon, S. Miller, E. Belding-Royer, and K. Almeroth, "On the Design and Implementation of Infrastructure Mesh Network," WiMesh 2005.
- [5] Heecheol Song, Bong Chan Kim, Jae Young Lee, Hwang Soo Lee, "IEEE 802.11-based Wireless Mesh Network Testbed," Mobile and Wireless Communications Summit, 2007. 16th IST.
- [6] K. Lan, Z. Wang, M. Hassan, T. Moor, R. Berriman, L. Libman, M. Ott, B. Landfeldt, Z. Zaidi, "Experiences in Deploying a Wireless Mesh Network Testbed for Traffic Control," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, ACM, New York, 2007.
- [7] H. Lundgren, K. Ramachandran, E. Belding-Royer, K. Almeroth, M. Benny, A. Hewatt, A. Touma, A. Jardosh, "Experiences from the Design, Deployment and Usage of the UCSB MeshNet Testbed," Wireless Communications, IEEE.
- [8] R. Draves, J. Padhye, B. Zill, "Routing in Multi-Radio, Multi-Hop Wireless Mesh Networks," MobiCom 2004.