

DWDS 기반의 링크 계층 라우팅을 통한 메쉬 네트워크 구현

준회원 윤 미 경*, 정회원 양 승 철*, 종신회원 김 중 덕*°

Mesh Network Implementation using DWDS-based Link Layer Routing

Mi-kyung Yoon* *Associate Member*, Seung-chur Yang* *Regular Member*,
Jong-deok Kim*° *Lifelong Member*

요 약

무선 메쉬 네트워크는 기존 무선랜에 비해 낮은 구축비용으로 네트워크 구성이 용이한 무선 백본 네트워크 기술이다. 대부분의 기존 무선 메쉬 관련 연구는 실제 구현 보다는 시뮬레이션을 통해 성능을 평가하였다. 구현 연구들도 존재하지만 링크 구성 유연성이나 다중 채널 등 링크 특성 활용 등의 측면에서 한계가 있다. 그 결과 무선 메쉬의 장점인 망 구성 유연성이 떨어지고 다중 홉 상황에서 성능이 악화되는 문제가 발생한다. 본 논문은 동적 링크 구성을 지원하며 다중 채널 등을 효과적으로 활용할 수 있는 리눅스 기반의 링크 계층 무선 메쉬 라우팅 시스템인 WBMR의 설계 및 구현에 대해 소개한다. 우리는 동적 링크 구성을 위해 무선랜 동작 모드의 하나인 WDS를, 링크 계층 라우팅을 위해 기존 리눅스 브릿지 모듈을 활용하고 변경하는 접근을 택했다. 실험을 통한 성능 평가 결과 WBMR은 빠르고 자율적인 망 구성을 지원하며 링크 특성 반영이 어려운 기존 접근법에 비해 다중 홉 환경에서 데이터 전송률을 크게 향상 시켰다.

Key Words : Mesh Network, WDS, Bridge, WBMR

ABSTRACT

WMN(Wireless Mesh Network) is an wireless backbone network technology that is an easily configurable network in the low cost compared to the wireless LAN(Local Area Network). Most of the previous researches have evaluated their algorithms by the simulations rather than by the implementation. There exist some implementation papers, however, they have the limitations of the flexibility on the link establishment and the link quality utilization. Consequently, the benefit of the WMN - configuration flexibility is degraded and the performance deterioration occurs in the multi-hop wireless environment. In this paper, we introduce a Linux-based link layer Wireless Mesh Routing System - WBMR. The design and implementation of WBMR provides the dynamic link establishment and the effective multi-channel usage. We have modified the nrooft the original WLAN operation for the dynamic link establishment, and the Linux bridge for the link layer routing. The result of performance evaluation verifies that our WBMR supports fast self-configuration and increases data transmission throughput compared to the other researches of the wireless multi-hop environment.

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

* 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신 연구실 (mobile@pusan.ac.kr) (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2009-09-388, 접수일자 : 2009년 9월 3일, 최종논문접수일자 : 2010년 2월 9일

I. 서 론

유선 백본 기반의 기존 무선랜은 서비스를 제공하는 액세스 포인트(Access Point)가 유선 백본망에 연결되어 있기 때문에 넓은 범위의 서비스 지원이 어렵고, 네트워크를 확장하는 비용도 만만치 않다. 이를 해결하기 위한 기술로 무선 백본을 활용하는 무선 메쉬가 있다. 무선 메쉬는 유선 백본 기반의 기존 무선랜 보다 설치가 용이하고 비용이 저렴하며 무선 다중 홉 지원을 통해 서비스 범위를 쉽게 확대할 수 있다.

무선 메쉬는 MANET(Mobile Adhoc Network)등 그동안 많은 연구가 이루어진 무선 다중 홉 기술의 하나이다. 우리는 최근 무선 메쉬가 주목 받는 이유가 새로운 이론적 문제 보다는 그 실용적 가치 때문이라고 생각한다. 또 시뮬레이션 등을 활용한 이론적 연구에서 나아가 제안한 프로토콜 등을 실현하는 실구현 기술에 대한 요구가 높은 것으로 평가하고 있다.

우리는 자체 무선 메쉬 노드 시스템을 구현하여 네트워크를 구성하고 실험한 기존 연구들에 대해 조사하였다. 그 결과 무선 링크 구성 방식, 라우팅 계층 및 프로토콜 등 구조 및 성능에 큰 영향을 끼치는 접근법들을 기준으로 이들을 구분할 수 있었다.

무선 무선 링크를 정적으로 구성하는지 동적으로 구성하는지를 기준으로 기존 시스템들을 구분할 수 있다. 물론 자율적이며 유연한 무선 메쉬 구성을 위해서는 동적 링크 구성이 필요함은 자명하다. 그런데 흥미로운 점은 이 구분에 결정적 영향을 미치는 것이 구현에서 사용한 무선랜 동작 모드라는 점이다. 정적으로 링크를 구성하는 시스템들의 경우 동작 모드로 WDS를 사용하며 동적으로 링크를 구성하는 시스템들의 경우 Adhoc 모드를 사용한다. WDS 모드는 관리 프레임이 없어 Adhoc 모드에 비해 부하가 낮지만 사용자가 상대 노드를 수동으로 등록해야 하는 문제가 있다. 무선랜 동작 모드에 대해서는 2장에서 다시 소개한다.

적용한 라우팅 계층 및 프로토콜 역시 구분의 중요한 기준이다. 사실 AODV, OLSR, DSDV를 비롯하여 수많은 무선 다중 홉 프로토콜 연구 결과가 있다. 시뮬레이션 등을 통해 이들의 특성 및 성능에 대한 평가를 수행한 결과도 상당하다. 다만 이들을 무선 메쉬 라우팅 프로토콜로 실제 적용하는 구체적인 방법은 다양할 수 있다. 예를 들어 AODV를 3계층, 즉 IP 계층에서 구현할 수도 있고 2계층, 즉

링크 계층에서 구현할 수도 있다. 그런데 조사한 대부분의 무선 메쉬 연구들은 자체적으로 프로토콜을 구현하기 보다는 기존 프로토콜 패키지를 사용하였다. 그런데 대부분의 라우팅 프로토콜 패키지는 IP를 이용하는 3계층 프로토콜이다. 그 결과 해당 연구들은 다중 채널 등과 같은 링크 계층의 특성을 잘 반영하지 못하여 다중 홉 환경에서 성능이 악화되는 한계가 있다.

우리는 기존 무선 메쉬 구현 연구들에 대한 분석을 바탕으로 동적 링크 구성을 지원하며 다중 채널 등을 효과적으로 활용할 수 있는 리눅스 기반의 링크 계층 무선 메쉬 라우팅 시스템인 WBMR(WDS-Bridging Mesh Routing Protocol)을 개발하였다. 우리는 동적 링크 구성을 위해 WDS 모드를 기반으로 DWDS라는 구성을 무선랜 동작 모드를 개발하였다. 이를 이용해 우리는 낮은 부하로도 빠르고 유연한 동적 링크 구성이 가능하도록 하였다. 동작다중 채널 등을 효과적으로 활용할 수 있도록 링크 계층 라우팅 프로토콜을 자체적으로 개발하였다. 개발한 라우팅 모듈은 리눅스 브릿지 모듈을 확장하는 형태로 개발하여 기존 리눅스 네트워크 시스템과의 정합이 안정적이고 용이하도록 하였다. WBMR은 부하의 경감을 위해 BNM(Bridge Neighbor Management)이라는 이웃 탐색 및 라우팅 정보 교환을 동시에 지원하는 메시지의 주기적 전파를 기본 골격으로 한다.

WBMR의 성능을 비교 평가하기 위해 여러 기존 구현 연구에서 사용한 Adhoc 모드, OLSR 프로토콜을 사용하여 시스템을 구성하였다. 망 구성 능력과 데이터 전송 속도를 기준으로 두 시스템을 비교하였다. 즉 빠르고 유연한 망 구성 능력의 비교를 위해 동일한 환경 및 구성에서 초기 망이 구성되기 까지 걸리는 시간을 비교하였다. 다중 홉 경로의 데이터 전송 속도도 비교하였다. 다만 WBMR은 다중 채널을 활용하여 성능을 높이는 것을 특징으로 하는데 비교 대상인 기존 방법은 Adhoc 모드를 통해 링크를 구성하는 까닭에 단일 채널만으로 네트워크를 구성하여야 한다. 그래서 WBMR에 대해서만 다중 채널 구성을 추가하여 실험하였다. 실험 결과 초기 망 구성 시간, 데이터 전송 속도에서 WBMR이 기존 방법에 비해 우수한 성능을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 기존 메쉬 네트워크 구현 연구들을 비교 분석한다. 4장에서는 WBMR의 기본 특성과 접근 방법 등의 설계 내용, 5장에서

는 하드웨어, 소프트웨어 등 WBMR 시스템 구현 내용을 설명한다. 6장에서는 실험을 통해 WBMR과 기존 방법의 성능을 비교 분석한다. 7장에서는 논문의 결론을 맺고 향후 연구 방향을 소개한다.

II. 관련 연구

2.1 무선 메쉬 네트워크

무선 메쉬 네트워크는 애드혹 네트워크 기술에 비해 실제 환경에 구축이 쉽고 실용적인 기술로 IEEE 802.11s로 표준화 작업 중에 있다. 그리고 애드혹 네트워크와 달리 유선 백본에 연결하여 네트워크를 사용하는 단말들에게 인터넷에 접속할 수 있는 인프라스트럭처도 제공한다.

무선 메쉬 네트워크는 그림 1과 같이 메쉬 포탈 포인트(MPP), 메쉬 포인트(MP), 메쉬 액세스 포인트(MAP)와 서비스를 받는 단말(STA)로 구성 된다. 메쉬 포인트들은 메쉬 액세스 포인트나 다른 메쉬 포인트로 데이터를 중계해주는 역할을 하며, 메쉬

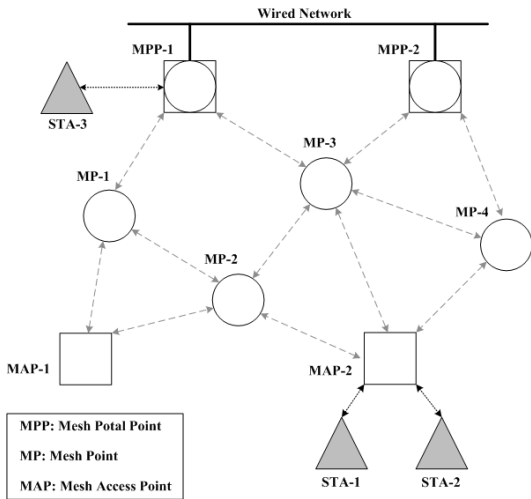


그림 1. 무선 메쉬 네트워크 구조

백본 망을 구성한다. 메쉬 액세스 포인트는 메쉬 포인트의 기능에 추가적으로 이동 단말에 웹 서비스나 다양한 멀티미디어 서비스를 제공해주는 역할을 한다. 메쉬 포탈 포인트는 기본적으로 메쉬 액세스 포인트의 역할을 하고 유선 백본망에 연결되어 있어 메쉬 네트워크 전체의 외부 망으로의 접근을 위한 게이트웨이(gateway) 역할을 한다.

2.2 무선랜 동작 모드

무선랜 표준인 IEEE 802.11에서는 동작 모드를 Infrastructure 모드와 Adhoc 모드로 구분하고 있다. Infrastructure 모드는 보통 AP 모드라고 하며 단말들에 서비스를 제공하는 기능을 한다. Adhoc 모드는 노드들 간에 peer-to-peer 링크를 구성하여 노드 간 통신이 가능하게 동작한다²⁾.

표준에 정의되어 있는 동작모드 외에 랜카드 드라이버에 따라 여러 가지 모드가 존재할 수 있다. 무선 네트워크 구현 시 많이 사용되는 Madwifi 드라이버의 동작모드 중에는 WDS모드가 존재한다³⁾. 이 동작모드는 링크의 상대편 하드웨어 주소를 정적으로 입력해주어야 하는 단점이 있다. 그러나 Adhoc 모드에 비해 링크 구성을 위한 관리 프레임이 없기 때문에 네트워크 부하를 줄일 수 있는 장점이 있다. 우리는 앞서 말한 단점을 없애고 장점만을 가지는 DWDS(Dynamic WDS)모드를 구현하여 메쉬 네트워크 구현에 사용하였다.

표 1과 같이 무선랜 동작 모드에 따라 802.11 프레임의 주소 형식이 달라지는데, Adhoc 모드는 3 address를 사용하고 WDS모드는 4 address를 사용한다. 링크 계층의 특성을 잘 반영하기 위한 2계층 라우팅은 4 address가 필요하기 때문에, WDS모드를 사용하였다.

2.3 브릿지 (Bridge)

브릿지는 IEEE 802.1d 표준에서 정의되는 기술로 여러 개의 네트워크 세그먼트로 분리되어 있는

표 1. 무선랜 동작 모드 별 802.11 프레임 주소 형식. RA(Receiver Address): 수신주소, TA(Transmitter Address): 송신주소, DA(Destination Address): 목적지주소, SA(Source Address): 소스주소, BSSID(Basic Service Set Identification), N/A(Not Available)

Mode	To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
Adhoc	0	0	RA=DA	TA=SA	BSSID	N/A
LAN access	0	1	RA=DA	TA=BSSID	SA	N/A
LAN access	1	0	RA=BSSID	TA=SA	DA	N/A
WDS	1	1	RA	TA	DA	SA

디바이스를 하나의 논리적인 네트워크로 보이게 하는 기능을 한다^[4]. 브릿지는 노드로 들어오는 패킷들은 브릿지 포워딩 테이블인 FDB(Forwarding Database)에 따라 처리한다.

브릿지를 이용하면 여러 개의 무선 인터페이스의 관리가 용이하며, 각 인터페이스에 IP주소를 할당해야하는 Adhoc 모드 구성과 달리 브릿지를 사용하면 브릿지 인터페이스에만 IP주소를 할당하는 이점도 가진다. 또한 브릿지의 FDB를 확장하여 라우팅 테이블로 사용하고, FDB 관리 기능을 통해 라우팅 테이블을 쉽게 관리할 수 있다.

III. 메쉬 네트워크 구현 연구 분석

메쉬 네트워크 구현은 메쉬 노드 간 무선 링크 구성 방법과 데이터 전송을 위한 경로 결정을 위한 라우팅 프로토콜에 따라 구분할 수 있다. 링크 구성 방법은 앞서 설명한 무선랜 동작 모드에 따라 달라지고, 라우팅 방법은 AODV, OLSR, DSDV 등 여러 가지 무선 다중 홉 프로토콜 중에서 선택할 수 있다. 그러나 어떤 라우팅 프로토콜을 선택하는가 보다는 라우팅 프로토콜이 동작하는 계층의 구분이 더 중요하다 할 수 있다.

기존 메쉬 네트워크를 구현한 연구를 살펴보면 메쉬 네트워크 구현을 위해 사용한 방법을 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 무선 링크를 구성하는 무선랜 동작모드로 Adhoc 모드를 사용하고, 기존에 3계층으로 구현되어 있는 라우팅 프로토콜 패킷지를 사용 하였다^{[5],[8],[9],[10],[12]}, 방법은 Adhoc 모드로 인해 동적인 링크 구성이 가능하고 구현되어 있는 라우팅 프로토콜 패키지 사용으로 인해 메

쉬 네트워크의 구현이 용이하 라우팅 프로토콜 패키지사와 라우팅의 관리 패킷들로 인한 토폴 패키지 [9],하고, 3계층 라우팅은 2계층 라우팅에 비해 노드 간 링크 계층의 특성을 반영하지 못하여 다중 홉 환경의 메쉬 네트워크의 데이터 전송 속도를 떨어뜨릴 수 있다.

다른 접근방법은 무선 링크 구성을 위한 무선랜 동작모드로 WDS모드를 사용하고, 라우팅은 2계층에서 수행한 연구들이 있다^[6,7]. 이 방법은 관리 프레임이 없는 WDS모드를 사용한 장점이 있지만 링크를 동적으로 구성하지 못하고, 2계층 라우팅을 사용하였지만 정적인 라우팅으로 네트워크의 환경에 적절한 대응의 어렵다.

IV. 메쉬 네트워크 구현 접근법

4.1 동적 링크 구성

본 논문에서는 기존의 정적으로 링크를 구성하는 WDS모드를 수정하여 동적으로 링크 구성하는 DWDS모드를 사용 하였다. 기존의 정적으로 입력된 링크의 패킷만 받게 하지 않고, 무선랜 디바이스 드라이버로 들어오는 패킷은 모두 받게 수정하였다. WDMR에서는 라우팅 테이블을 참고하여 목적지에 대한 이웃 노드 주소를 4 address 중 수신 주소에 넣어 전송하게 하였다. 이러한 방법으로 WDS모드에서 라우팅 테이블을 참고하여 동적으로 링크를 구성할 수 있는 것이다.

4.2 동적 라우팅

본 논문에서 사용한 라우팅 방법은 2계층 기반의 MAC 라우팅으로 최대한 동작의 부하를 줄이는 방향으로 WDMR을 설계 및 구현하였다. 기존 3계층

표 2. 기존 메쉬 네트워크 구현 연구 비교

구현 연구	구현 접근법			메쉬 링크		테스트베드 규모
	라우팅 계층	라우팅 방법	링크 구성	구성	채널	
Layer 3 WMN [5]	Layer 3	OLSR	Adhoc	Dynamic	SC	55 nodes
Pisa Univ. [6]	Layer 2	HWMP	WDS	Static	SC	4 nodes
Davis Univ. [7]	Layer 2	Static	WDS	Static	SC	4 nodes
MeshCluster [8]	Layer 3	AODV	Adhoc	Dynamic	SC	-
Wisemesh [9]	Layer 3	OLSR	Adhoc	Dynamic	SC	70 nodes
SWARM [10]	Layer 3	OLSR	Adhoc	Dynamic	SC	3 nodes
SCATS [11]	Layer 2	Static	Adhoc	Static	MC	8 nodes
UCSB MeshNet [12]	Layer 3	AODV	Adhoc	Dynamic	SC	30 nodes

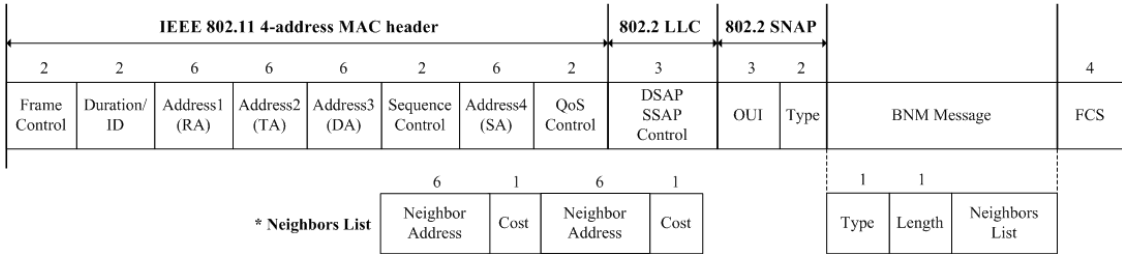


그림 2. BNM(Bridge Neighbor Management) Frame

라우팅 프로토콜은 동작을 위한 여러 가지 관리 패킷이 존재 하여 네트워크 성능을 저하시키므로, WBMR에서는 BNM 메시지로 하나로 라우팅에 필요한 정보를 처리 하였다.

WBMR은 BNM 메시지 하나로 동적 무선 링크 구성과 동적 라우팅을 동시에 해결하는 방법이라 할 수 있다. WBMR은 MAC 기반의 2계층 라우팅으로 테이블 드리븐 방식을 사용하고, 브릿지의 테이블을 이용하여 라우팅 테이블을 구성한다. BNM 메시지로 라우팅 테이블에 저장되는 목적지 MAC으로의 경로를 관리할 수 있다.

4.2.1 BNM 메시지

BNM 메시지는 WBMR 동작에 필요한 노드들의 정보를 주변 노드에 전송하는 역할을 한다. 메시지 하나로 이웃 탐색과 경로 탐색 및 관리까지 해결할 수 있다. BNM 메시지는 그림 2의 구조를 가지는 WBMR의 관리 프레임으로 기본적인 802.11의 데이터 프레임에 보내는 노드 자신의 정보와 가지고 있는 이웃 노드의 정보를 담아 보내게 된다. BNM 메시지는 메시지를 보내는 노드 타입, 보내는 데이터 크기, 이웃 노드 리스트(Neighbor List)로 구성된다. 노드 타입은 MAPP, MAP, MP, STA으로 정의되어 있고, 이웃 노드 리스트는 노드가 가진 이웃의 MAC 주소와 그에 해당하는 메트릭 값을 포함한다.

4.3 WBMR

4.3.1 이웃 탐색

WBMR에서는 이웃 탐색 과정에 의해 노드 자신의 정보와 자신이 가지고 있는 이웃들의 정보를 넣은 BNM 브로드캐스트 패킷을 주기적으로 전송한다. BNM 메시지를 받은 노드들은 이웃 정보 리스트를 테이블로 저장하고, 최종적으로 각 노드들은 네트워크의 모든 노드에 대한 정보를 지속적으로 유지한다. BNM 메시지는 브로드캐스트로 전송되지

만 각 노드들이 플러딩 하지 않게 하여 BNM 메시지로 인한 브로드캐스트 스톱 문제는 발생하지 않는다.

MP인 경우 여러 인터페이스로 BNM을 동시에 전송하는데, 이 때 전송되는 정보는 인터페이스에 따라 다르게 전송을 한다. 노드 간에 인터페이스의 수에 따라 여러 개의 링크가 존재 할 수 있기 때문에 링크의 구분을 위해 전송하는 메트릭 값을 달리 해줄 필요가 있다.

4.3.2 경로 탐색 및 관리

경로 탐색은 라우팅이 데이터 전송을 위한 경로를 결정하는 과정이다. 주변 노드가 자신의 정보와 경로 선택을 위한 정보를 보내면 정보를 이용하여 메트릭 값을 결정하고 최적의 경로를 선택한다.

WBMR의 메트릭은 경로의 채널 변화 비용에 노드 간 링크의 상태 값을 더한 값이다. 경로의 채널 변화 비용은 최종 목적지까지의 경로가 최대한 단일 채널로 구성되지 않게 하여 데이터 전송 시 인접 링크 간 간섭을 줄이기 위해 반영하였다. 노드 간 링크의 상태 값은 거리가 먼 1홉의 불안정한 링크 보다 짧은 거리로 구성된 다중 홉 링크를 선택하기 위한 값으로, 링크의 신호세기 값을 사용하였다.

WBMR은 경로 관리를 위해 그림 3과 같이 수신한 BNM을 통해 기존의 브릿지 테이블을 확장한 라우팅 테이블을 유지하는데, 네트워크 내의 목적지 노드 MAC주소, 엔트리의 로컬 여부, 경로 관리를 위한 ageing timer, 데이터 전송을 위한 링크의 이웃 MAC주소, 라우팅 메트릭 값으로 구성된다. 그리고 라우팅 테이블에 최적의 경로를 유지하기 위해 문제가 발생한 노드와의 링크로 데이터를 전송하지 않기 위한 기능이 필요하다. 이를 위해 WBMR에서는 라우팅 테이블의 각 엔트리에는 ageing timer가 동작하고, 이를 이용하여 엔트리를 삭제 할 수 있다. 그리고 환경에 따라 WBMR의 설정 값인 ageing timer나 BNM 전송 주기를 변경하

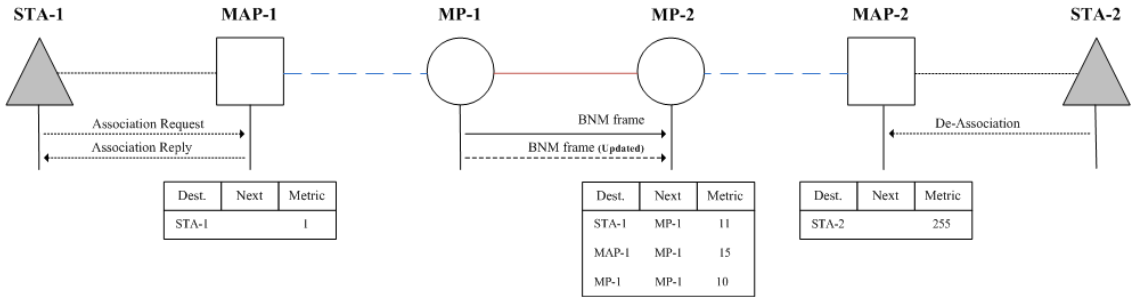


그림 3. WBMR 프로토콜 동작 과정

여 라우팅 테이블 갱신주기의 조절이 가능하다.

4.3.3 이동 단말 관리

무선 메시 네트워크에서는 서비스를 제공받는 이동 단말에 대한 이동성 관리도 중요한데, WBMR에서는 STA의 정보도 각 노드의 라우팅 테이블로 관리하여 다른 메시지 교환 없이 STA으로의 데이터 전송 경로 선택이 용이하다.

그림 3과 같이 이동하는 STA이 단말에 접속하여 Association Request 패킷을 전송하면 MAP는 STA의 정보를 자신의 라우팅 테이블에 등록하고, 주기적으로 전송되는 BNM에 의해 모든 노드가 데이터 전송 경로를 생성할 수 있다. STA의 핸드오프가 발생할 경우 새로운 라우팅 경로가 동일한 방법으로 라우팅 테이블에 갱신하게 하였다. STA은 주기적으로 BNM을 보내지 못하기 때문에 ageing timer를 동작하지 않게 하여 라우팅 테이블에서 삭제되지 않게 하였다. 단 핸드오프가 발생한 경우에는 삭제가 가능하게 구현하여 라우팅 테이블을 효율적으로 관리하게 하였다.

V. WBMR 및 메시 노드 구현

구축하려 하는 무선 메시 네트워크는 이동 단말에 서비스 제공과 메시 네트워크를 하는 MAP, MAP의 역할에 유선 게이트웨이 역할을 하는 MAPP, MAP에서 발생하는 트래픽을 릴레이 해주는 MP로 구성된다. 3가지 노드 모두 다중 채널 멀티 인터페이스를 사용한다. MAPP는 그림 4에서 Ethernet과 NAT가 추가되고 무선랜 인터페이스는 각각 AP와 WDS모드로 구성하였다. MAP는 NAT 기능은 없으며 무선랜 인터페이스는 AP와 WDS모드로 구성하였다. MP는 무선랜 인터페이스를 둘 다 WDS모드로 구성하였다.

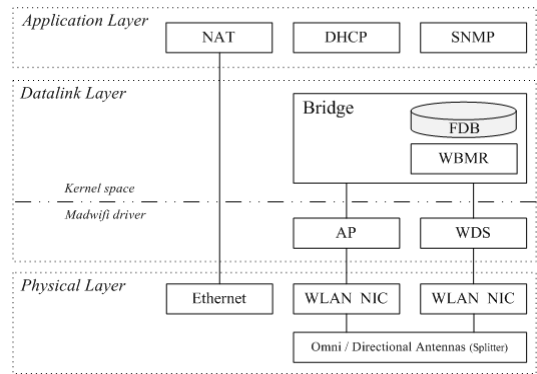


그림 4. WBMR 사용하여 메시 노드 구성

5.1 하드웨어

Alix(AMD Geode LX based system boards) 임베디드 보드에 피라미드 리눅스를 설치하여 구현한 라우팅인 WBMR을 비롯한 소프트웨어와 어플리케이션 서비스가 동작하게 하였고, 테스트베드 구성한 환경에 따른 불안정한 링크의 퀄리티를 높이기 위한 지향성 안테나, 기본적인 통신을 위한 무지향성 안테나를 사용하였다. 그리고 위치정보 수신을 위한 GPS(Global Positioning System)와 네트워크를 구성하는 링크를 위한 Atheros 무선랜 카드를 메시 노드 당 2개씩 사용하였다.

5.2 소프트웨어

Linux 커널에서 제공하고 있는 Bridge와 오픈 무선랜 디바이스 드라이버 소스인 Madwifi의 WDS 동작 부분을 수정하여 동적 링크 구성과 동적 라우팅을 위한 WBMR을 구현하였다. 그리고 GPS로 부터 받는 위치정보 처리를 위한 위치관리(Location management) 서비스, 이동 단말에 서비스를 제공하기 위해서 필요한 IP할당을 위한 DHCP (Dynamic host Configuration Protocol)를 사용하였다. 더 다양한 서비스 지원을 위해 유선 게이트웨이 역할을 하

는 MAPP에 NAT(Network Address Translation)를 사용하여 웹 서비스가 가능하게 하였고, 무선 메쉬 네트워크 전체를 관리하기 위해 SNMP (Simple Network Management Protocol)를 사용 하였다.

VI. 실험 및 분석

6.1 실험 방법

본 연구에서 사용한 WBMR의 검증을 위해 WBMR을 사용하는 방법과 기존 연구들 중 Adhoc 모드로 OLSR 라우팅을 사용하는 방법 별 네트워크 구성시간과 노드 간 지연시간, 홉 별 데이터 전송 속도를 비교하였다.

실험 환경은 그림 5와 같이 MAP 2개와 MP 2 개를 실내에서 일정 간격으로 두어 네트워크를 구성하였다. 메쉬 링크의 다중 채널 구성은 802.11a의 채널 64와 157을 사용하였고, 단일 채널 구성은 802.11a의 채널 64만 사용하였다. STA이 서비스를 받는 채널은 802.11g의 채널 1을 사용하여 실험 환경을 구성하였다. 구성된 환경에서 대역폭 측정 프로그램인 iperf를 이용하여 UDP 데이터를 일정 시간 전송하여 초당 대역폭을 측정하였다.

6.2 실험 결과 분석

6.2.1 메쉬 네트워크 구성 시간 비교

네트워크 구성 시간은 MAP-1이 동작하고 있는 상태에서 추가 MP-1과 MP-2 노드서 추가 기 시 가 여 각 노드로 데이터 전송이 가능해지는 시점 까지의 시간을 측정하였다. 구성 시간에는 메쉬 노 드의 운영체제서 부팅되는 시간도 포함한다.

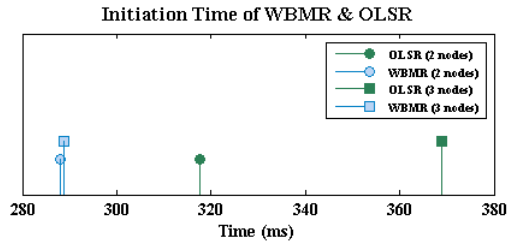


그림 6. WBMR과 OLSR 네트워크 구성 시간

그림 6의 그래프에 나타나듯이 WBMR을 이용하여 네트워크를 구성할 경우 노드 수에 관계없이 데이터 통신까지 28초의 시간이 걸렸다. Adhoc 모드로 OLSR을 사용한 경우에는 데이터 통신까지 노드 수가 2개 일 때 32초가량 걸렸고 3개 인 경우에는 더 증가하여 36초의 시간이 소요됨을 볼 수 있었다.

WBMR에 비해 Adhoc 모드로 OLSR을 사용한 경우 통신까지 시간이 걸리는 이유는 OLSR이 데이터 전송 경로를 찾는 데 걸리는 시간과 Adhoc 모드를 사용하여 링크를 구성하는 시간 때문이라 볼 수 있다.

6.2.2 홉 별 TTL 비교

노드 간 TTL 값은 ping 프로그램을 이용하여 두 노드 사이의 TTL 값을 측정하였다. 1홉 거리의 MAP-1에서 Mp-1까지와 2홉 거리의 MAP-1에서 MP-2까지 실험하였다. 그림 7과 8은 각 실험 시 측정된 TTL 값을 그래프로 나타낸 것이다. Adhoc 모드로 OLSR을 사용한 경우가 WBMR 사용한 것 보다 1홉의 평균 TTL 값이 0.4ms로 WBMR의 0.7ms보다 짧지만 간혹 TTL 값이 증가하는 것을 볼 수 있다. 2홉 거리에서는 두 방법의 평균 TTL

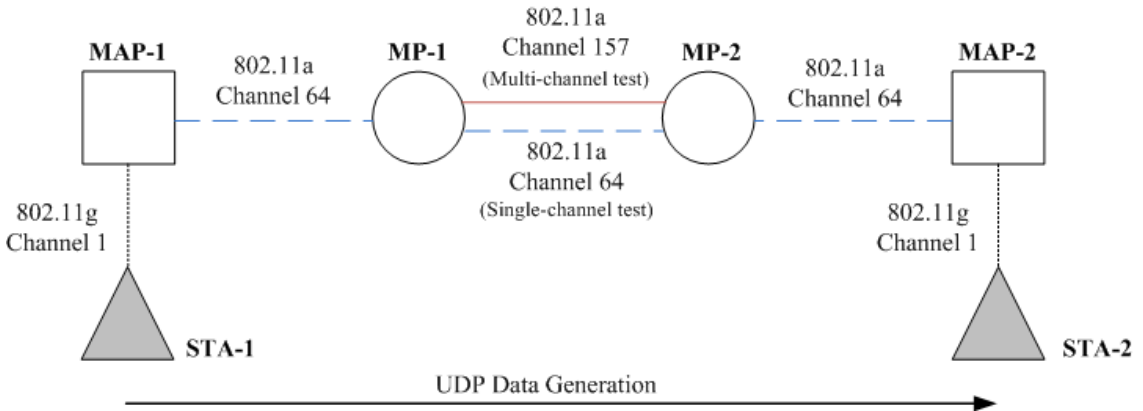


그림 5. 실내 실험 환경

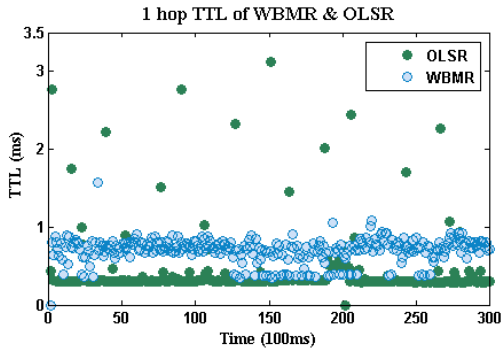


그림 7. 1홉 거리의 노드 간 TTL 측정

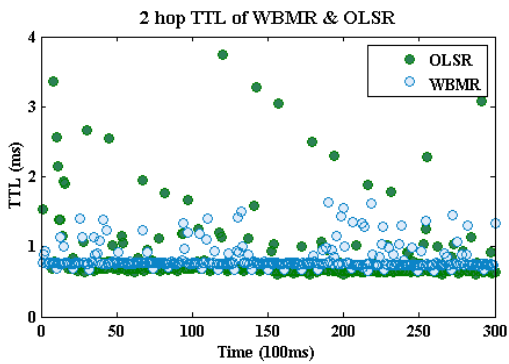


그림 8. 2홉 거리의 노드 간 TTL 측정

값이 0.8ms로 비슷하지만 여전히 OLSR 사용 시 TTL 값이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이 값들은 OLSR이 주기적으로 라우팅 경로를 재탐색하는데 걸리는 시간에 의한 지연으로 추측할 수 있다.

WBMR은 홉이 증가하여도 TTL값이 크게 증가하지 않는데 비해 OLSR은 홉이 증가하였을 때 2 배로 증가함을 알 수 있다.

6.2.3 데이터 전송 홉 별 비교

데이터를 전송하는 노드의 홉 간격을 증가시키면서 WBMR 방법을 사용하였을 때 다중 채널 구성과 단일 채널 구성 시 데이터 전송 속도를 측정하였다. 그리고 Adhoc 모드로 OLSR을 사용한 경우에는 다중 채널 구성을 하여 데이터 전송 속도를 측정된 결과를 그래프로 비교하였다.

그림 9는 대역폭 측정을 위한 클라이언트 노드와 서버 노드 사이의 간격을 1홉부터 5홉까지 늘려가며 50초 동안 50Mbps를 전송하였을 때 데이터 전송 속도를 측정된 그래프이다. 2홉까지는 다중 채널

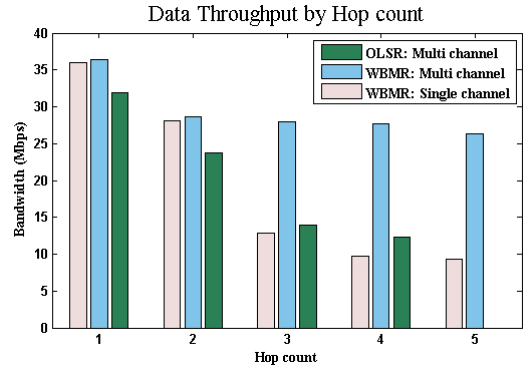


그림 9. 데이터 전송 홉 수에 따른 데이터 처리율

구성과 단일 채널 구성이 비슷한 데이터 전송 속도를 보였지만 3홉부터는 메쉬 링크의 채널 간섭 때문에 단일 채널 구성의 데이터 전송 속도가 반 이상 떨어짐을 볼 수 있다.

그리고 Adhoc 모드로 OLSR의 실험 결과 홉이 증가하였을 때 다중 채널 구성임에도 본 논문에서 사용한 WBMR에 비해 데이터 전송 속도가 50% 가까이 떨어짐을 확인할 수 있다.

VII. 결 론

본 논문에서는 기존의 Adhoc 모드를 사용하고, 애드혹 라우팅프로토콜을 이용하여 구현한 메쉬 네트워크연구의 취약점인 라우팅의 링크 특성 반영의 어려움을 해결하고 네트워크 부하를 줄이기 위해 WDS모드와 브릿지 기반의 WBMR을 제안하고 구현하였다.

WBMR은 다중 채널의 장점을 부각시키고 링크의 특성을 반영하여 라우팅 경로를 결정하는 방법이다. 이 방법은 무선랜 동작 모드 중 WDS모드로 링크를 구성하고, 브릿지를 이용하여 멀티 인터페이스를 관리한다. WDS모드의 단점인 정적인 링크 설정을 동적으로 구성하게 하고, 브릿지의 테이블관리를 이용하여 라우팅을 구현하였다. WBMR의 라우팅에 다중 채널 링크의 특성을 반영한 것과, 네트워크의 부하를 감소를 통해 데이터 전송 속도가 증가하였음을 실험을 통해 확인하였다.

향후 WBMR에서 메쉬 네트워크를 통해 서비스를 받는 이동 단말의 이동성을 관리하는 STA 관리 기능을 더 보완할 계획이며, 단말의 핸드오프 과정의 지연을 줄이는 연구가 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

[1] OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)
http://olsr.org/

[2] IEEE Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications

[3] Madwifi 무선랜 디바이스 드라이버
http://madwifi.org/

[4] 802.1D Media Access Control (MAC) Bridges

[5] K. Mase , Y. Owada , H. Okada, and T. Imai, "A testbed-based approach to develop layer 3 wireless mesh network protocols," *Tridentcom 2008*, No.30, March 2008.

[6] R.G. Garroppo, S. Giordano, D. Iacono, and L. Tavanti, "On the development of a IEEE 802.11s Mesh Point prototype," *Tridentcom 2008*, No.2, March 2008.

[7] D. Gupta, J. LeBrun, P. Mohapatra, and C-N. Chuah, "WDS-Based Layer 2 Routing for Wireless Mesh Networks," *WiNTECH 2006*, pp.99-100, September 2006.

[8] 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*, September 2005.

[9] Heecheol Song, Bong Chan Kim, Jae Young Lee, and Hwang Soo Lee, "IEEE 802.11-based Wireless Mesh Network Testbed," *Mobile and Wireless Communications Summit*, pp.1-5, July 2007.

[10] S. Das, K. Papagiannaki, S. Banerjee, and Y. C. Tay, "SWARM: Self-organization of Community Wireless Mesh Networks," *ACM CoNEXT 2007*, No.53, December 2007.

[11] K. Lan, Z. Wang, M. Hassan, T. Moor, R. Berriman, L. Libman, M. Ott, B. Landfeldt, and Z. Zaidi, "Experiences in Deploying a Wireless Mesh Network Testbed for Traffic Control," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Vol.37, pp.17-28, October 2007.

[12] H. Lundgren, K. Ramachandran, E. Belding-Royer, K. Almeroth, M. Benny, A. Hewatt, A. Touma, and A. Jardosh,

"Experiences from the Design, Deployment and Usage of the UCSB MeshNet Testbed," *Wireless Communications IEEE*, Vol.13, pp.18-29, April 2006.

윤 미 경 (Mi-kyung Yoon)

준회원



2008년 2월 부산대학교 전자
전기정보컴퓨터공학부
2008년 3월~현재 부산대학교
컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 무선통신, 라우팅

양 승 철 (Seung-Chur Yang)

정회원



2006년 2월 부산가톨릭대학교
컴퓨터정보공학
2008년 8월 부산대학교 컴퓨터
공학과 석사
2008년 9월~현재 부산대학교
컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 무선통신, 라우팅

김 종 덕 (Jong-Deok Kim)

종신회원



1994년 2월 서울대학교 계산통
계학과
1996년 2월 서울대학교 전산과
학과 석사
2003년 2월 서울대학교 컴퓨터
공학과 박사
2004년 2월~현재 부산대학교
정보컴퓨터공학부 조교수

<관심분야> 무선통신, 라우팅