

U-Office 환경을 위한 무선 메쉬 네트워크 테스트베드 기술 동향 및 구현 사례

송태원, 김원중, 김태윤, 백상현
고려대학교

요약

무선 메쉬 네트워크는 자가 구성(Self-organizing), 자가 회복(Self-healing)등의 특징으로 인해 u-Office 환경을 구축함에 있어 핵심 기술로 여겨지고 있다. 본 논문에서는 무선 메쉬 네트워크의 기술 동향을 파악하고 또한 무선랜 라우터를 위한 비실시간 리눅스 기반의 오픈 소스 운영체제인 OpenWrt와 소프트웨어적으로 네트워크를 컨트롤하는 기술인 Openflow 를 기반으로 한 무선 메쉬 네트워크 테스트베드의 구축 사례와 실측 사례를 서술한다.

I. 서론

인터넷 기술의 비약적인 발전으로 인해 기존의 사무실 근무에서 벗어난 스마트 오피스, 즉 u-Office 시대가 도래하고 있다. 이를 위해서는 넓은 구역을 쉽게 커버할 수 있으며 채널 오류나 단말의 전력 손실에 대해 강건하고 또한 신뢰성 있는 연결성을 보장할 수 있는 기반 네트워크가 필수적으로 요구된다. 무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network)는 위 조건을 만족할 수 있는 네트워크이므로 u-Office 환경을 구축함에 있어 적합한 핵심 기술로 여겨지고 있다.

메쉬 네트워크는 네트워크 상의 각 단말이 독립적인 라우터로 존재하는 네트워크를 말한다. 이 단말들은 서로 그물처럼 연결되어 있기 때문에 기존 경로의 연결이 끊어지더라도 다른 경로의 연결을 통해 통신을 할 수 있다. 메쉬 네트워크가 무선에 적용되면 이것을 무선 메쉬 네트워크라고 한다. 무선 메쉬 네트워크는 네트워크 확장을 용이하게 하고 경제적 비용을 절감할 수 있는 네트워크기술이다. 이 네트워크는 높은 확장성과 비용 효율을 제공하기 때문에, 고속 유비쿼터스 무선 인터넷의 채용을 쉽게 사용할 수 있어 u-Office 환경 구성에 용이하다. 하지만 현재 무선 메쉬 네트워크를 이용한 다양한 분야의 연구와 표준화 작업이 진행 중이지만, 실제 환경에 구현한 예를 찾기 힘들다. 따라서 오픈 소스 기반인 OpenWrt와 Openflow를 이용하여 실제 환경에서의 무선 메쉬 네트워크의 테스트 베드를 구성하였고 비디오 스트리밍을 테스트 베드에 구현하여 그 성능을

평가하였으며 무선 채널 실측 자료를 확보함으로써 향후 대규모 u-Office 무선 메쉬 네트워크를 구축함에 있어 유용한 자료가 될 수 있도록 하였다.

II. 무선 메쉬 네트워크 기술 동향

앞서 서술한 대로 무선 메쉬 네트워크는 u-Office 환경을 구축함에 있어 적합한 핵심 기술로 여겨지고 있다. 인프라 기반 무선 네트워크는 유선망 구축에 따른 비용 및 구축에 드는 시간을 필요로 하지만 무선 메쉬 네트워크는 기존 인프라 기반 통신망 대비 시간과 비용 경감 효과로 인해 특히 u-Office 환경에 적합하다. 무선 메쉬 네트워크는 현재 통신 인프라가 열악한 국가를 중심으로 확산되고 있으며 긴급상황 통신망, 경찰/소방등의 공공 통신에 널리 활용되고 있다. 주로 넓은 지역을 커버하는 형태의 서비스를 제공하고 있으며 u-Office 환경뿐만 아니라 u-City 구축이나 유선 통신망의 대체제로도 널리 활용되고 있는 추세이다.

무선 메쉬 네트워크는 무선 애드혹 네트워크의 일종이며 무선 메쉬 네트워크는 메쉬 AP와 메쉬 스테이션, 메쉬 포탈로 구성된다. 위의 분류는 반드시 물리적으로 분리되는 것이 아니라 논리적으로 분류되므로 하나의 물리적 기기가 메쉬 스테이션임과 동시에 메쉬 AP와 메쉬 포탈의 역할도 수행할 수 있다. 메쉬 스테이션은 메쉬 AP와 체결되고 메쉬 AP는 다른 메쉬 AP를 통하거나 혹은 one-hop으로 메쉬 포탈과 연결되어 인터넷 백본망에 연결된다. 상기 서술한 무선 메쉬 네트워크의 구조를 간단하게 나타내면 <그림 1>과 같다.

무선 메쉬 네트워크의 특징점으로는 크게 두 가지를 들 수 있다. 첫째는 자가 구성(Self-organizing)으로 메쉬 AP나 메쉬 클라이언트가 네트워크망으로 신규등록되는 경우 중앙 컨트롤러의 개입 없이 자체적으로 라우팅/포워딩 경로를 형성할 수 있는 능력을 의미한다. 둘째는 자가 회복(Self-healing)으로 전력 손실 등을 인해 네트워크망으로부터 이탈하는 경우 자체적으로 라우팅/포워딩 경로를 재조정할 수 있는 능력을 의미한다.

본 논문에서는 먼저 무선 메쉬 네트워크의 표준화 동향에 대해 살펴보고 이어 무선 메쉬 네트워크를 구축하는데 있어 필수적인 요소 기술들을 살펴본다. 다음으로는 무선랜 라우터를 위

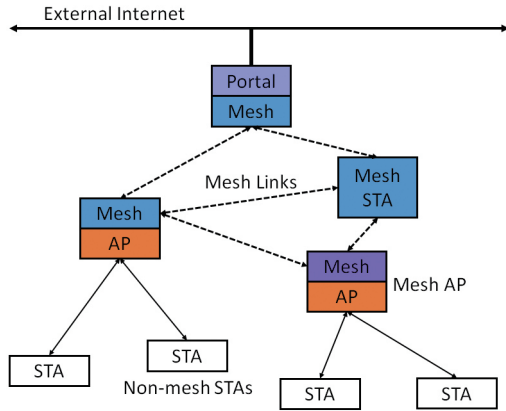


그림 1. 무선 메쉬 네트워크

한 비실시간 리눅스 기반의 오픈 소스 운영체제인 OpenWrt를 기반으로 한 무선 메쉬 네트워크 테스트베드의 구축 사례와 실측 사례 및 응용에 대해 살펴본다.

1. 무선 메쉬 네트워크 표준화 동향

무선 메쉬 네트워크의 기술들은 대부분 애드혹 네트워크(Ad Hoc Network)를 기반으로 하고 있으며 인터넷 백본망에 연결되어 있는 게이트웨이의 존재를 가정하고 있다. 따라서 본 논문에서는 무선 메쉬 네트워크만의 표준화 동향 및 기술 뿐만 아니라 애드혹 네트워크를 포함하여 서술한다.

a) IEEE 802.11s [1]

IEEE 802.11s는 비허가대역에서의 근거리 무선통신(Wireless Local Area Network, WLAN)을 위한 표준 기술이다. IEEE 802.11s는 IEEE 802.11와 호환되는 무선 메쉬 네트워크 표준인데, 이는 기존 IEEE 802.11의 무선랜 표준을 확장하여 멀티홉 통신을 가능하게끔 무선 메쉬 네트워크를 구성할 수 있게 하는 것을 그 목표로 한다. IEEE 802.11s 표준은 고정 유선 네트워크에 의존하지 않고, 무선회선만을 이용하여 네트워크를 구축할 수 있다. 또한 중계 기능을 가진 무선랜 기기가 무선 단말, 무선 중계기등과 직접 통신망을 구축하고 있기 때문에 유비쿼터스 네트워크 구축이 가능하게 된다. IEEE 802.11s 표준 기술은 무선랜 기술을 기반으로 하여 멀티 홉 지원, 통신 커버리지 확장, 메쉬 네트워크의 처리율 증가, 신뢰할 수 있는 성능 제공, 효율적인 전력 관리, 보안성 제공, 이전 기술과의 호환성 제공 등을 목표로 하고 있다. 이러한 IEEE 802.11s 표준을 사용하면 사업자 측면에서는 기존의 설치된 무선랜 기기를 이용하여 메쉬 기능이 가능한 소프트웨어만을 탑재하여 무선랜 서비스 영역을 확장할 수 있고, 휴대 이동 통신 등의 분야에 저렴한 비용으로 음영 지역을 커버할 수 있다. 그리고 사용자 측면에서는 항상 연속적이고 끊김 없는 통신 서비스를 보장받을 수 있다. 그리고 이러한 무선 메쉬 기술을 이용하여 다양한 서비스와 응용프로그램을 구성할 수 있는데 특히 유비쿼터스, ITS, 텔레

매틱스, 재난통신 등에 유용하게 사용될 수 있다.

IEEE 802.11s의 표준은 메쉬 네트워크 내부의 AP와 외부의 단말의 구성 모두에 관여하며 라우팅 프로토콜은 능동적(Proactive) 프로토콜과 수동적(Reactive) 프로토콜을 병합한 프로토콜인 Hybrid Wireless Mesh Protocol(HWMP)을 사용한다. 두 단말 사이의 라우팅 경로를 결정하기 위한 메트릭으로는 Airtime routing metric을 사용하는데 이는 프레임 크기와 전송 속도, 그리고 링크 오류율을 인수로 하는 함수로 이루어져 있다. 아래 식에서 O 는 임의의 상수, B_t 는 프레임 크기를 나타내며 r 은 전송 속도, e_f 는 링크의 오류율을 의미한다.

$$c = \left[O + \frac{B_t}{r} \right] * \frac{1}{1 - e_f}$$

IEEE 802.11 무선랜 표준은 물리 계층과 링크 계층만을 대상으로 하고 있으므로 무선 메쉬 네트워크를 위한 라우팅은 맥 주소(MAC address)를 통해 수행한다. IEEE 802.11s의 보안은 같은 무선랜 표준중 하나인 IEEE 802.11i[2]로 지원된다. 그리고 IEEE 802.11s는 IEEE 802.11 프레임과 완벽히 호환되어 작동한다. 메쉬 컨트롤 프레임과 메쉬 출발지/목적지와 같은 정보는 IEEE 802.11의 body 프레임 내에 포함된다. IEEE 802.11s 프레임 포맷은 <그림 2>와 같이 나타날 수 있다.

b) OLSR

OLSR은 능동적 혹은 테이블 기반(Table-driven) 애드혹 라우팅 프로토콜이다. 본 라우팅 프로토콜은 수동적 프로토콜과는 달리 경로 설정을 위한 시간이 적게 필요하다는 장점이 있으나 주기적으로 라우팅 테이블을 업데이트해야 하므로 많은 오버헤드가 발생한다는 단점이 있다. OLSR은 IEEE 802.11s의 HWMP와는 달리 메쉬 네트워크 내부의 구성에만 관여하며 라우팅 경로 결정을 위한 메트릭은 Expected Transmission Count(ETX)를 사용한다. 아래 식에서 d_f 는 정경로의 링크 전송 성공률을, d_r 은 역경로의 링크 전송 성공률을 의미한다.

$$ETX = \frac{1}{d_f * d_r}$$

OLSR 라우팅은 IP 주소를 통해 수행되며 IEEE 802.11s와는 달리 Denial of Service(DoS) 공격에 취약한 것이 단점이다.

c) IEEE 802.15.5 [3]

IEEE 802.15.5는 IEEE 802.11과는 달리 비허가대역에서 단거리 무선통신(Wireless Personal Area Network, WPAN)을 목적으로 하는 표준 기술이다. IEEE 802.15.4 기반의 저속 통신과 IEEE 802.15.3 기반의 고속 통신을 제공하기 위한 두 부분으로 나뉘어져 있으며 물리 계층과 링크 계층의 기술적 차이로 인해 고속 통신 부분과 저속 통신 부분이 독립적으로 운용된다 [4].

d) IEEE 802.16d/j

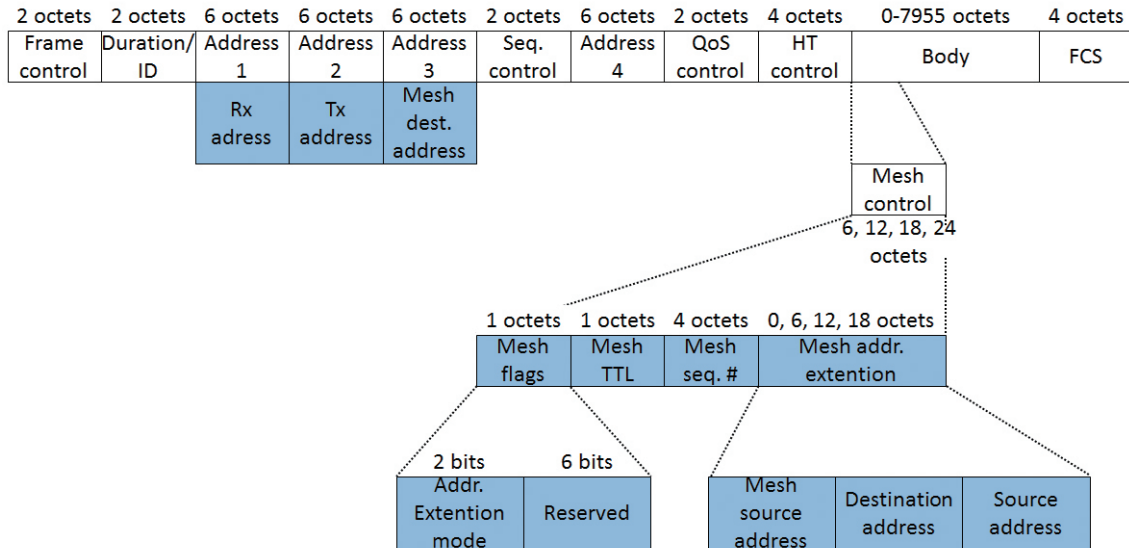


그림 2. IEEE 802.11s 프레임 포맷

IEEE 802.16은 흔히 WiMax로 대표되는 인가대역에서의 장거리 무선통신(Wireless Metropolitan Area Network, WMAN)을 목적으로 하는 표준기술이다. IEEE 802.16d는 무선 메쉬 기술, IEEE 802.11j는 멀티 홉 라우팅에 대한 기술을 다루고 있다. IEEE 802.16d의 메쉬 모드는 Orthogonal Frequency Division Multiplexing(OFDM) 기반의 Time Division Multiple Access(TDMA) 기술로 구성되어 있는데, 상기 메쉬 모드는 무선 메쉬 네트워크와는 달리 반드시 정해진 지국을 통해 상대 단말로 데이터가 전달된다는 점에서 무선 메쉬 네트워크나 애드혹 네트워크와는 차이가 있다.

2. 무선 메쉬 네트워크 핵심 요소 기술

무선 메쉬 네트워크를 구성함에 있어 필수적인 요소 기술에는 자신의 단말의 존재나 상태를 다른 단말에게 알려주는 링크 계층 기술, 무선랜 기반의 라우팅/포워딩 기술, 그리고 IEEE 802.11e와 같은 표준의 적용을 통한 QoS 제공, IEEE 802.11i와 같은 표준의 적용을 통한 보안 기능, 네트워크 내의 단말의 전파 세기 조정, 채널 조정을 통한 네트워크 상태 감시 등이 있다. 아래에서 각 네트워크 계층 별로 무선 메쉬 네트워크를 형성하는데 있어 핵심적인 요소 기술들을 서술하였다.

세부적으로 설명하자면 물리계층 기술로는 다중 안테나 시스템을 사용하여 송수신 이득을 높이고, 여러 사용자와 동시에 통신이 가능하게 할 수 있다. 또한 다중 라디오를 사용하는 방법이 있다. 이 경우 각 라디오 모듈을 어느 주위 노드와 통신하는데 할당하는 지를 집중형 혹은 분산형 알고리즘으로 결정하는 것이 주요 기술이 될 수 있다. 이 외에도 송수신 전력 조절을 통해서 주위 노드간의 연결성을 보장하면서도 전력 손실을 최소화하는 기술 또한 주요한 문제이다.

링크 계층에서는 무선 네트워크에 존재하는 다수의 채널과 위에서 설명한 다중 라디오를 어떻게 효율적으로 할당하고 스케줄링하느냐 하는 문제를 들 수 있다.

네트워크 계층에서는 기존의 홉 수(hop count)를 기반으로 하는 라우팅이 메쉬 네트워크 환경에 적절치 않기 때문에 각 무선 링크를 어떻게 정량화하는가가 중요하다. Round-trip time(RTT)나 Expected retransmission count(ETX) 등을 무선 메쉬 네트워크에 적합하게 변형하여 적절한 메트릭을 정의하여 사용한다면 무선 메쉬 네트워크의 처리율을 높이고 딜레이 또한 최소화할 수 있는 라우팅 경로를 형성할 수 있을 것이다.

그 밖에 다중 경로 라우팅(multi-path routing), 부하 조절(load balancing), 등이 주요한 핵심 요소 기술로 간주된다. 나아가 QoS보장문제, 멀티캐스팅, 이동성 지원, 지향성 안테나 지원 문제 등이 향후 무선 메쉬 네트워크의 성능을 향상시키기 위해 연구되어야 하는 주제라고 볼 수 있다.

Ⅲ. OpenWrt 기반 무선 메쉬 네트워크 테스트베드 구축 사례

1. 테스트베드 구축 환경

오픈 소스 기반인 OpenWrt[5]와 Openflow[6]를 이용하여 실제 환경에서의 무선 메쉬 네트워크의 테스트베드를 구성하였다. Openflow의 컨트롤러는 자바 기반 오픈소스 컨트롤러 프로젝트인 Floodlight[7]를 사용하였다.

OpenWrt는 무선랜 라우터를 위해 2004년부터 시작된 오픈 소스 기반의 임베디드 디바이스의 리눅스 배포판이다.

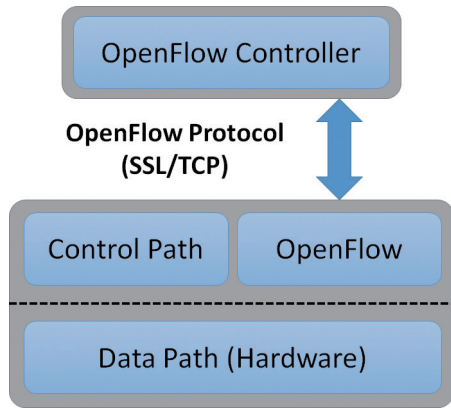


그림 3. OpenFlow 구조

OpenWrt는 무선랜 라우터에 필요한 리눅스의 기능들을 패키지 형태로 제공함으로써 사용자들에게 편의를 제공한다. OpenWrt는 일반 게이트웨이 장비에 내장된 펌웨어가 제공하는 여러 기능들, 예를 들면 DHCP 서비스나 WEP, WPA, WPA2와 같은 무선 보안 기능들을 기본적으로 내장하여 제공한다. 또한 이런 기본적인 기능 이외에 기본 펌웨어에서 제공하지 않는 무선 메쉬 네트워크의 기능들을 추가로 제공한다. OpenWrt에서는 임베디드 기기 응용을 패키지 수준에서 쉽게 지원해주는 패키지 관리 툴과 프로그램의 직접 개발을 지원하는 개발환경 툴을 제공하고 있다. 그리고 특정 응용을 위해 펌웨어를 처음부터 코드 수준에서 직접 개발할 필요 없이 필요한 패키지를 추가하거나 또는 기본 시스템에 포함되어 있지만 불필요한 패키지를 삭제할 수도 있다.

그리고 시스템이 안정적이며 뛰어난 패키지 관리 및 쉬운 개발 환경 툴을 제공하고, 문서화 및 커뮤니티 지원이 잘 되어 있는 장점이 있다. 따라서 다양한 응용을 쉽게 구축할 수 있고 이는 u-Office 환경을 다양하고 쉽게 구축할 수 있음을 의미한다.

Openflow는 기존 라우터나 스위치의 하드웨어적인 네트워크 컨트롤이 아닌 소프트웨어적으로 네트워크를 컨트롤하는 기술, 즉 Software-defined network (SDN)을 컨트롤할 수 있는 기술이다. Openflow는 기존에 네트워크 관리자가 네트워크를 컨트롤하는 방식이 아닌, 사용자가 직접 필요한 서비스를 올리고 사용할 수 있는 방식으로 전환된다는 목적이 있다. 논리적으로 중앙 집중화된 제어 기능을 통해 하드웨어적 제어가 아닌 소프트웨어적 제어를 통해 네트워크 관리가 용이하다.

Openflow의 특징은 인프라의 하드웨어와 관계없이 사용자가 각종 트래픽 흐름을 정의할 수 있고, 부하 밸런싱이나 접근 컨트롤을 어떻게 정의할 것인지도 프로그래밍할 수 있도록 인터페이스를 제공한다.

〈그림 3〉은 Openflow의 구성을 나타낸다. Control Path는 소프트웨어 방식으로 동작 (예를 들면, 라우팅 경로 연산, QoS 지원 등)하고, Data path는 하드웨어 방식으로 동작 (예를 들

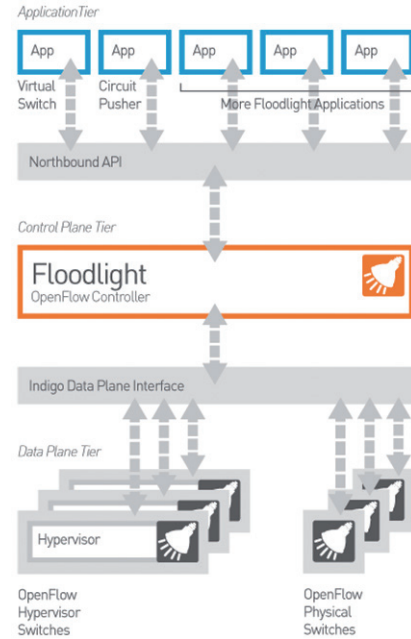


그림 4. Floodlight 구조

면, 데이터 패킷 전송)한다. Openflow는 이중 소프트웨어로 동작하는 Control Path 영역을 컨트롤러에게 전달하는 역할을 한다. Openflow를 사용하면 중앙의 컨트롤러를 사용하여 모든 스위치의 관리가 가능해지기 때문에 장비의 구성 뿐만 아니라 관리 측면에서도 효율적인데 이는 관리자가 임의로 트래픽을 제어할 수 있기 때문이다. 현재 구글 등의 기업에서 데이터 센터를 관리하기 위하여 Openflow를 사용하고 있다. 본 연구에서는 OpenWrt와 Openflow를 결합하여 소프트웨어를 이용하여 트래픽을 중앙집중식으로 관리/제어할 수 있도록 하였다.

Floodlight는 자바를 기반으로 만들어진 오픈 소스 Openflow 컨트롤러 프로젝트의 이름이다. Floodlight를 통해 다수의 스위치, 라우터, 가상 스위치, 그리고 AP들을 Openflow 표준에 따라 관리할 수 있게 된다. Floodlight는 아래 그림과 같이 노스바운드 API를 통해 이미 형성된 Floodlight 앱들과 통신할 수 있고, 사우스바운드 API를 통해 Data plane에 존재하는 Openflow 물리 스위치와 통신할 수 있다. 〈그림 4〉는 상기 설명한 Floodlight의 동작 원리를 간략하게 그림으로 나타낸 것이다.

2. 테스트베드 실측 사례 및 응용

무선 메쉬 네트워크의 주요 핵심 기법의 타당성 검증을 위해서는 테스트베드의 구축이 필수적이다. 무선 메쉬 네트워크를 제공하고 있는 많은 상용 솔루션 (아루바 네트워크 [8], 파이어타이드 [9] 등)이 존재한다. 이러한 상용 솔루션의 경우 안정적이나 오픈 소스가 아니므로 수정/확장이 어렵고 구축하는데 큰 비용 문제가 발생한다. OpenWrt와 Openflow와 같은 오픈 소스 기반 테스트베드를 구축한다면 오픈 소스로 인해 넓은 확장



그림 5. 무선 메쉬 AP

성을 기대할 수 있고 메쉬 AP와 메쉬 스테이션만으로도 무선 메쉬 네트워크 테스트베드를 구축할 수 있어 경제적이다.

a) OpenWrt 기반 무선 메쉬 노드 설정

본 테스트베드 구축 사례에서는 <그림 5>와 같이 무선 메쉬 스테이션 (TP-Link사의 TL-WR1043ND)에 기성 랩탑을 활용하여 무선 라우터/AP를 Openflow 스위치로 만들어주는 Pantou [10] 펌웨어를 설치하였다. 무선 메쉬 노드의 CPU는 Atheros AR9132 모델로 램은 32MB이다. Pantou 펌웨어에서는 Openwrt를 기반으로 하여, 최상단에 openflow를 구동한다. Pantou 소스의 변경이 필요하지 않으므로, TL-WR1043ND 모델에 맞춰 빌드 된 기성 펌웨어 bin 파일을 플래싱하였다.

b) Openflow 컨트롤러 설정

본 TL-WR1043ND 모델은 1개의 WAN 포트와 4개의 LAN 포트가 이루어져 있는데, 아래의 세팅을 통해 LAN 포트들 Openflow 가능한 포트가 만들 수 있다. 무선 메쉬 노드 내의 /etc/config/network 파일의 수정을 통해 4개의 LAN 포트들이 독립된 인터페이스로 인식되어 Openflow에서 사용할 수 있게 된다. 그리고 /etc/config/openflow 파일을 수정하면 각각의 포트가 Openflow switch로 동작할 수 있게 된다.

c) 무선 메쉬 라우팅 프로토콜 설정

무선 메쉬 라우팅 프로토콜은 IEEE 802.11s에서 지원하는 HWMP로 메쉬 네트워크를 구축하였다. OLSR은 메쉬 네트워크 내부의 구성에만 관여하나 HWMP는 메쉬 네트워크 내부의 AP와 외부의 단말 모두의 구성을 지원할 수 있다. 또한 OLSR은 IP 주소 기반 라우팅 프로토콜이나, HWMP는 MAC 주소 기반 라우팅이다. IEEE 802.11s은 MAC과 PHY 계층을 대상으로 하는 표준이기 때문이다.

d) 무선 채널 특성 측정

오픈 소스 기반인 OpenWrt와 Openflow를 이용하여 실제 환경에서의 무선 메쉬 네트워크의 테스트 베드를 중앙대학교 공과대학 건물에 구성하였고 비디오 스트리밍을 테스트베드에 구현하여 그 성능을 평가하였다. 무선 채널 실측 자료를 확보함

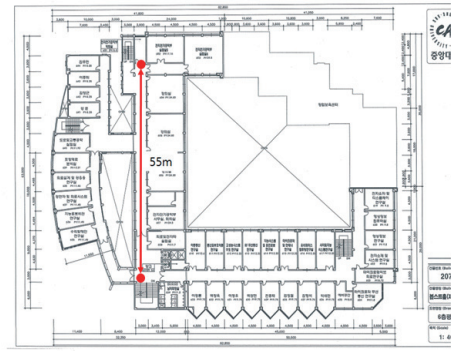


그림 6. LoS 환경

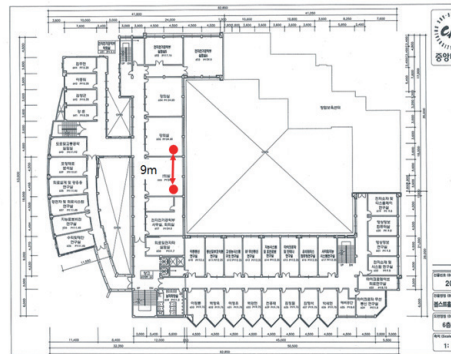


그림 7. 벽 하나를 사이에 둔 Non-LoS 환경

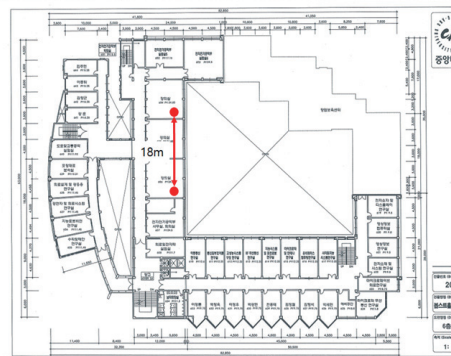


그림 8. 벽 둘을 사이에 둔 Non-LoS 환경

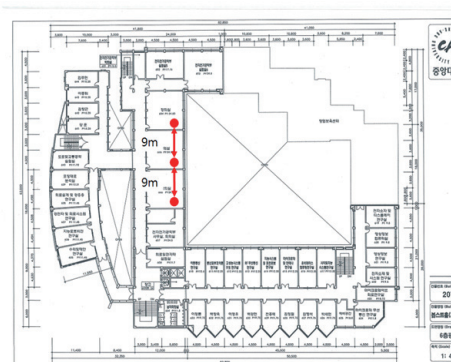


그림 9. Two-hop Non-LoS 환경

으로서 향후 대규모 u-Office 무선 메시 네트워크를 구축함에 있어 유용한 자료가 될 수 있다. 실제 u-Office 네트워크 구축을 위해 LoS (Line-of-Sight)와 Non-LoS 환경에서 RTT (Round Trip Time)와 처리율을 측정하였다. RTT는 유닉스 내부 명령어인 'ping'명령어를 사용하여 측정하였고, 처리율은 'iperf' [11] 툴을 사용하였다. 아래는 배치된 메시 AP의 위치를 나타낸다.

RTT는 <그림 6>~<그림 9>와 같이 LoS환경, 벽 하나를 둔 환경, 벽 둘을 둔 환경을 고려하였다. 송신 출력은 17dBm과 20dBm의 경우에 대해 측정하였다. 측정된 결과는 아래와 같다. LoS가 보장된 환경에서는 17dBm과 20dBm 각 경우가 거의 동일한 RTT를 나타내었다. 안테나의 출력이 일정 수준 이상이 보장된다면 굳이 과도한 출력이 필요없다는 것을 알 수 있다. 본 결과를 토대로 대규모 u-Office에서 무선 메시 AP를 배치하는 경우에 대해 AP간 LoS가 보장된다면 송신 출력을 낮추는 것이 오히려 공간재활용성 측면에서 이로울 수 있다.

벽 하나를 사이에 둔 환경의 경우, 20dBm의 경우가 17dBm의 경우 대비 중앙값이 더 큰 것을 관찰할 수 있다. 벽 둘을 사이에 둔 환경의 경우 강의실의 벽으로 인한 전파 감쇄가 극심하여 많은 수의 ping 데이터가 손실됨을 관찰할 수 있었다. 향후 대규모 u-Office 환경을 구축하게 될 경우 최소한 벽 하나를 두가 하나 이상의 AP가 설치되어야 함을 관찰할 수 있다. 이상의 결과는 <그림 10>으로 확인할 수 있다.

e) 무선 메시 네트워크 테스트베드 구성

u-Office 환경 구성을 위한 Openflow/OpenWrt 기반의 소규모 무선 메시 네트워크 테스트베드를 중앙대학교 공과대학 건물에 구축하였다. 6층과 7층에 각각 설치하였으며, 미디어 서버는 7층 공동기초실험실4, 704호에 설치하였으며 607호에 설치된 단말이 704, 705, 706, 604, 605, 606호에 설치된 메시 AP를 통해 미디어 서버에 접근한다. 상세한 설치 도면과 테스트베드 사진은 아래 <그림 11>과 <그림 12>와 같다.

설치된 Floodlight 대시보드를 통해 각 메시 AP들이 어떻게 무선 메시 네트워크를 형성하고 있고, 각 무선 AP에 어떤 단말이 접속하고 있는지를 알 수 있다. IEEE 802.11s를 무선 메시 네트워크의 프로토콜로 사용했으므로 각 메시 AP가 MAC 주소

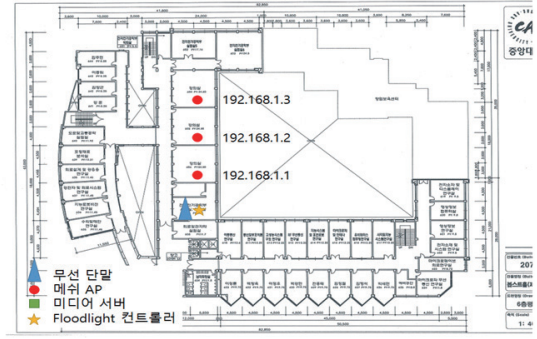


그림 11. 중앙대학교 공과대학 6층 테스트베드 설치 도면

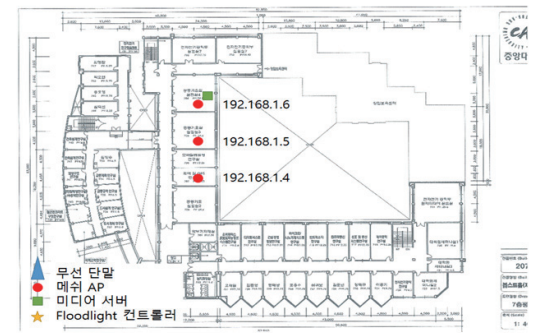


그림 12. 중앙대학교 공과대학 7층 테스트베드 설치 도면

로 구분됨을 볼 수 있고, 각 메시 AP에 연결된 호스트의 IP 주소와 MAC 주소를 관찰할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 u-Office 네트워크 구축을 위한 무선 메시 네트워크 기술 동향 및 무선 메시 네트워크 테스트베드 구현 사례에 대해 알아보았다. 또한 구축된 테스트베드를 활용한 무선 채널 환경 측정 사례를 기술하였다. 무선 메시 네트워크는 u-Office 환경 구축을 위한 핵심 네트워크 기반 기술이므로 무선 메시 네트워크 핵심 요소 기술 동향 파악이 무엇보다 중요하다. 더불어 OpenWrt와 Openflow를 활용한 무선 메시 네트워크 테스트베드 구축과 이를 통한 실측 자료를 활용하여 향후 u-Office 환경을 구축하는데 있어 큰 도움이 될 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 ICT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-H0301-14-1015).

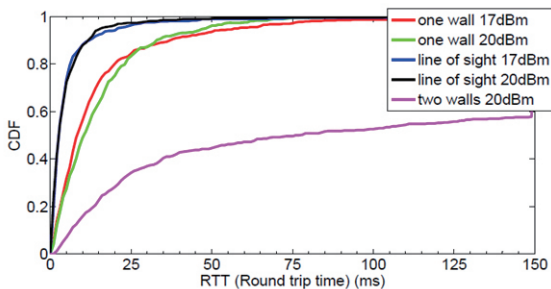


그림 10. 다양한 환경에서의 측정된 RTT

참고 문헌

- [1] IEEE Standard for Information technology-- Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," pp.1-2910, March 2012.
- [2] IEEE Standard for information technology-- Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements--Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Amendment 6: Medium Access Control (MAC) Security Enhancements," pp. 1-190, July 2004.
- [3] IEEE Recommended Practice for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 15.5: Mesh Topology Capability in Wireless Personal Area Networks (WPANs)," pp.1-166, May 2009.
- [4] M. Lee, R. Zhang, C. Zhu, T. Park, C.-S. Shin, Y.-A. Jeon, S.-H. Lee, S.-S. Choi, Y. Liu, S.-W. Park, "Meshing wireless personal area networks: Introducing IEEE 802.15.5," IEEE Communications Magazine, vol.48, no.1, pp.54-61, January 2010.
- [5] OpenWrt, (<https://openwrt.org/>)
- [6] OpenFlow - Enabling Innovation in Your Network, (<http://archive.openflow.org/>)
- [7] Floodlight OpenFlow Controller -Project Floodlight, (<http://www.projectfloodlight.org/floodlight/>)
- [8] Aruba Networks | People move. Networks must follow, (<http://www.arubanetworks.com/>)
- [9] Firetide, Inc. - A Division of UNICOM Global :: Home, (<http://firetide.com/>)
- [10] Pantou : OpenFlow 1.0 for OpenWRT - OpenFlow Wiki, (http://archive.openflow.org/wk/index.php/Pantou:_OpenFlow_1.0_for_OpenWRT)
- [11] Iperf - The TCP/UDP Bandwidth Measurement Tool, (<https://iperf.fr/>)

약 력



송 태 원

2010년 고려대학교 공학사
2010년~현재 고려대학교 석박사통합과정
관심분야: 차세대 무선랜, 지향성 MAC 프로토콜,
무선 메시 네트워크



김 원 중

2010년 고려대학교 공학사
2012년 고려대학교 공학석사
2012년~현재 고려대학교 공학박사과정
관심분야: Next generation WLAN, 모바일
멀티캐스트, software-defined WLAN



김 태 윤

2005년 고려대학교 공학사
2007년 고려대학교 공학석사
2014년~현재 고려대학교 공학박사 과정
2007년~2012년 현대기아자동차그룹
전자개발센터 연구원
관심분야: Sensor Network, MU-MIMO WLAN,
IoT



백 상 헌

2000년 서울대학교 공학사
2005년 서울대학교 공학박사
2007년~2011년 고려대학교 전기전자공학부
조교수
2011년~현재 고려대학교 전기전자공학부 부교수
관심분야: 차세대 무선랜, 미래 인터넷, SDN/NFV,
IoT