

# 메쉬 네트워크를 활용한 무선 네트워크망 설계에 관한 연구

최용석\*, 노정규\*\* 정회원

## A Study on Design of Wireless Networks using Mesh Networks

Yong-Seok Choi\*, and Jung-Kyu Rho\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 한 도시(원주시)를 대상으로 안정적이면서 높은 경제 절감 효과를 얻을 수 있는 광대역 무선 Smart-city형 네트워크 커버리지를 제안하고자 한다. 이를 위하여 해당 지역에 대한 사전 지리적 조사를 실시하고 환경에 적합한 장비를 선택하여 네트워크 망의 추가 및 복구가 쉬운 무선 메쉬 네트워크망을 설계하였고 시뮬레이션을 통해 기존에 구축되어 있는 네트워크망과 그 성능을 비교, 평가하고 고찰하였다. 본 논문이 추구하는 목표는 연구를 통해 무선 메쉬 네트워크의 경비 절감 효과 및 우수한 성능을 평가 받고 이를 활용하여 그린 IT의 기초가 될 수 있는 미래지향적 도심 통합 네트워크를 제안하는데 있다.

**Key Words :** Mesh Network, Wireless Network, Smart-city, Point-to-point, Green IT

### ABSTRACT

In this paper, broadband wireless smart city network coverage was implemented targeting a city (Wonju) using the wireless mesh network. Through this, we could provide wireless network that can easily add network and be repaired easily and have high economic effect. In order to implement broadband wireless smart city network coverage, wireless mesh network has been designed through pre-survey of the region and appropriate selecting of equipment. In addition, the designed network is examined, evaluated and compared with existing network though simulation. The aim of this paper is to prove high cost saving effect of wireless mesh network and its superior performance and to suggest future oriented integrated network of Green IT though research.

## I. 서 론

무선랜 기술은 유선망과는 독립적으로 다양한 광대역 네트워크와 단말로 구성되는 미래 유비쿼터스 네트워크를 위한 기본 기술로서 주목 받고 있으며 현재 QoS 기술과 무선 고속 전송 기술에 있어서 많은 발전을 이루고 있다. 멀티홉 무선 네트워크에서는 두 노드 사이의 정보를 중계해주는 중간 노드가 존재하며, 중간 노드를 통해서 두 노드 사이의 통신이 이루어진다. 최근 몇 년 동안, 멀티홉 무선 네트워크 이동 적응망(Mobile Ad Hoc networks)에서의 연구가 특히 많이 이루어졌다. 이동 적응망이란 기존의 네트워크와 같이 네트워크 인프라가 구축된 상태에서 통신을 수행하는 것이 아니라 인프라가 존재하지 않는 환경에서 각 노드들이 라우터로 동작하여 상호간의 라우팅을 통해 서로가 통신하는 형태의 네트워크를 말한다. 이러한 이동 적응망을 활성화시키기

위해서는 기존의 유선 인프라 스펙트럼과 공존하면서 적은 비용으로 무선 네트워크를 확장할 수 있는 새로운 개념의 네트워크가 필요한데 그 중심에 메쉬 네트워크가 있다[1].

무선랜 기술 중 무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network)는 기본 RF 기술을 사용하여 무선 커버리지 문제와 처리속도, 비용 등의 문제를 해결하고 무선 이동성을 제공하는 4세대 기술로 인정받고 있다. 메쉬 네트워킹은 다양한 장소 및 어려운 환경에서도 저비용으로 무선 액세스를 제공하며 높은 전송률을 보장하여 응급 서비스가 필요한 경우에도 municipal 무선 광대역 네트워크를 단시간에 구축할 수 있으며 최소한의 이동성을 유지하면서 무선 메쉬 네트워크의 백본 네트워크를 구성하는 메쉬 라우터와 라우터에 접속하여 원하는 통신 서비스를 제공 받는 메쉬 클라이언트 노드를 구성할 수 있는 멀티홉 무선 통신이다. 무선 메쉬 네트워크는 다양한 상상력으로 무선랜 네트워크의 커버 영역을 확

\*상지대학교 컴퓨터정보공학부 (cys0736@daum.net)

\*\*서경대학교 컴퓨터학과 (jkrho@skuniv.ac.kr), 교신저자 : 노정규

접수일자 : 2014년 1월 24일, 수정완료일자 : 2014년 3월 10일, 최종 게재 확정일자 : 2014년 3월 11일

장하여 기업 및 홈 네트워크 구축에 적용되고 있다. 무선 메쉬 네트워크는 베이스 스테이션의 도움 없이 근거리의 단말들을 무선 연결하여 구성되고 단말이 전송한 데이터는 멀티-홉 무선 네트워크 구성을 통하여 여러 무선 단말들을 거쳐서 목적지에 도착시키므로 망 구축의 비용 절감 효과가 뛰어나며 직선화된 짧은 통신 거리를 확보함으로써 고속의 데이터 전송 속도를 가진다. 또한 주파수 재사용으로 인하여 네트워크의 전송 용량 확대, 자동화된 네트워크 구성 및 경로 복구 매커니즘으로 인한 네트워크 유지의 안정성 등의 특징은 갖으며 필요한 구성요소들이 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜, IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜에 따라 이루어져 설치가 간편하다는 이점 또한 가진다[2].

최근 인터넷 및 각종 통신 기술의 발전으로 모든 정보 통신망이 TCP/IP기반으로 변화해 가고 있으며 2009년 802.11 표준이 확정되면서 다중입출력(MIMO) 기술 적용 등으로 최고 600 Mbps에 달하는 초고속 통신이 가능해 졌다. IEEE에서는 현재 802.11 보다 2배 이상 높은 기가비트급의 속도를 지원하는 VHT 규격의 표준화를 진행하고 있는 실정이다[3]. 이러한 고속 통신 기술의 발전에 발맞추어 도시 전체를 커버할 수 있는 빠르고 신뢰성 있는 무선 네트워크망의 구축이 필요하다. 무선 메쉬 네트워크가 적용되는 네트워크는 WiFi, 애드혹 네트워크, 무선 센서네트워크 등 여러 가지 경우가 있고 이에 대한 표준으로 IEEE 802.11의 표준 기반의 무선랜 기술들이 주로 적용되며 최근 IEEE 802.16과 같은 WiMAX 나 IEEE 802.15.4의 WPAN(Wireless Personal Area Network)에서도 메쉬 네트워크 구조를 적용하고 있다[4].

본 논문에서는 이러한 무선 메쉬 네트워크의 이점을 적용하여 도시 전체의 네트워크 통신망을 메쉬 라우터로 제어하는 무선 네트워크를 설계한다.

## II. 무선 메쉬 네트워크 구조

다양한 종류의 무선망들이 더 나은 서비스를 제공하기 위해 다음 세대로 진화함에 따라, 최근에는 주요 기술의 하나로 무선 메쉬 네트워크가 등장하였다. 무선 메쉬 네트워크는, 노드들이 메쉬 라우터와 메쉬 클라이언트를 구성하고 각 노드들은 호스트로서 동작하면서 동시에 라우터로서도 동작하여 목적지 노드가 소스 노드의 직접적인 무선 전송 범위 내에 있지 않은 경우에도 패킷을 전달할 수 있도록 중간 노드들이 패킷을 전달해 주는 역할을 한다. 무선 메쉬 네트워크는 동적으로 자가 조직되고 자가 구성되어 애드혹 네트워크를 구성하는 것처럼 네트워크 내의 노드들이 서로 자발적으로 메쉬 연결을 설정하여 관리한다. 이러한 특징은 무선 메쉬 네트워크에 저비용으로 간단하게 네트워크를 설치, 관리하고 신뢰성 있는 서비스를 제공하는 등의 많은 이점을 제공한다[5][7] [8]. 데스크탑, 랩탑, PDA, 포켓PC, 전화기와 같은

전통적인 노드들에 무선 네트워크 인터페이스 카드(NIC)가 장착된 경우, 이들은 무선 메쉬 라우터에 직접 연결될 수 있고 무선 NIC 카드가 없는 경우는 인터넷을 통해 무선 메쉬 라우터에 연결되어 무선 메쉬 네트워크에 접속할 수가 있다. 그러므로 무선 메쉬 네트워크는 사용자가 언제든지 네트워크에 접속할 수 있게 하는 좋은 방법이 된다. 또한 메쉬 라우터에 포함된 게이트웨이/브릿지 기능은 무선 메쉬 네트워크가 다양한 기존의 네트워크(셀룰러망, WiMAX 등)들과 연동되는 것을 가능하게 한다. 따라서 무선 메쉬 네트워크와의 연동은 기존의 네트워크의 사용자들에게 기존의 네트워크만으로는 제공할 수 없었던 더 풍부한 네트워크 서비스를 제공할 수 있게 한다[5][6][7].

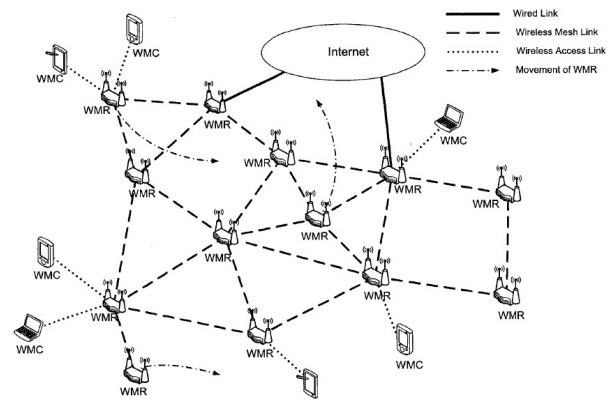


그림 1. 무선 메쉬 네트워크

무선 메쉬 네트워크는 메쉬 라우터와 메쉬 클라이언트의 두 가지 종류의 노드로 구성됨에 따라 전통적인 무선 라우터로서 게이트웨이/라우터를 위한 라우팅 기능보다 메쉬 네트워크를 지원하는 부가적인 라우팅 기능을 더 가진다. 메쉬 네트워킹의 융통성을 향상시키기 위해서 메쉬 라우터는 다양한 종류의 무선 액세스 기술을 지원하도록 여러 무선 인터페이스가 장착된다. 기존의 무선 라우터와 비교하여 무선 메쉬 라우터는 멀티-홉 통신을 통해서 낮은 전송 파워로도 동등한 커버리지를 갖는다. 더불어 메쉬 라우터에서 MAC 프로토콜은 멀티-홉 메쉬 환경에서 더 나은 확장성을 보여준다. 이런 차이에도 불구하고 메쉬 라우터와 기존의 무선 라우터는 유사한 하드웨어 플랫폼을 기반으로 제작된다. 메쉬 라우터는 전용의 컴퓨터 시스템을 기반으로 구성되며 메쉬 클라이언트는 메쉬 네트워킹에 필요한 기능을 포함하고 라우터로서도 동작할 수 있다. 또한 메쉬 클라이언트는 하나의 무선 인터페이스만을 가지므로 메쉬 클라이언트에 대한 하드웨어 플랫폼이나 소프트웨어 구조는 메쉬 라우터 보다 훨씬 더 단순하다. 노트북 컴퓨터나 데스크탑 PC, PDA, IP phone, RFID 리더기, 빌딩 자동화 제어 시스템 등 다양한 장치가 메쉬 클라이언트화 되는 것이 가능하다. 그림 1은 무선 메쉬 네트워크의 전체적인 구조를 보여준다[9][10].

### Ⅲ. 무선 메쉬 네트워크망 설계

#### 1. 무선 메쉬 네트워크망 설계 선행 연구

##### 1.1 기점 실제 조사

광대역의 무선 메쉬 네트워크를 설치하기 위해서는 실제 메쉬 라우터가 위치될 현장의 전파지향방향 장애물을 조사하고 가시거리 내 장애물의 우회 방향등을 고려해야하는데 이를 위해 사전 현장조사를 실시하여야만 한다. 실험을 적용하기 위한 도시로 현재 혁신도시 건설이 진행 중인 원주시를 선택하였으며 그림 2는 해당 시 전체의 무선 메쉬 네트워크 망 커버리지 라우터의 설치 지점을 정하기 위한 현장 조사 지점을 나타낸다. 소형 원은 각 구역에 설치될 안테나의 최소 전파 전달 거리의 반경을 보여주고 대형 원은 최대 전파 전달 거리의 반경을 나타내는 것이다.

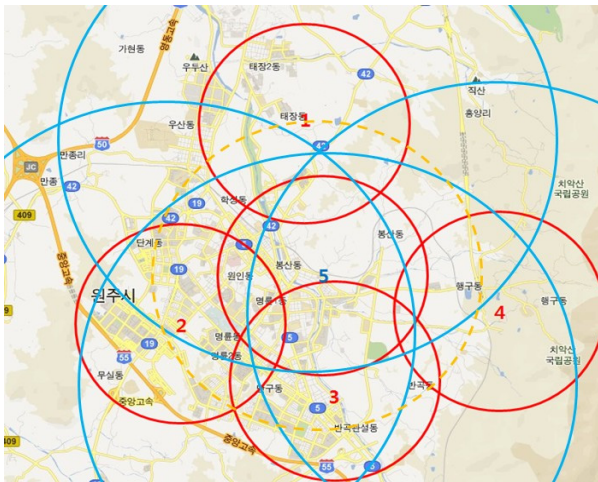


그림 2. 해당 시 라우터 설치 기점 실제 조사

##### 1.2 퍼포먼스 분석

향후 네트워크의 확장을 고려한 무선 메쉬 네트워크 장비 규격 설정을 위해 설치 지점에 들어가는 무선 메쉬 라우터 장치의 퍼포먼스 량을 분석하여 전체적인 망구성 형태를 결정하였다. 표 1은 퍼포먼스 분석을 계산한 값이다.

표 1. 퍼포먼스 분석 값

구역	수량	최적 퍼포먼스
제1구역(태장 지구)	1	166 Mbps
제2구역(무실 지구)	1	122 Mbps
제3구역(관설 지구)	1	125 Mbps
제4구역(행구 지구)	1	178 Mbps
제5구역(단구 지구)	1	127 Mbps
합계	5	718 Mbps

최적 퍼포먼스는 각 구역에서 데이터의 전송률이 최적일

때의 전송 속도를 측정된 것으로 실 퍼포먼스 합계는 718Mbps이며, 유효율을 30% 적용 시 최대 933.4Mbps 이상의 전체적인 퍼포먼스 량이 생성되어야만 확장성이 용이하다. 또한 각 지역의 향후 무선 메쉬 네트워크의 확장성을 고려하였을 때 메쉬 노드의 퍼포먼스는 각 200Mbps 이상의 제품이 사용되어야 한다.

NMS 및 컨트롤러는 해당 시 전체의 무선 메쉬 네트워크를 통합 관제하기 위한 장비로 설치 장소는 원주 시청으로 지정하였으며 대용량 퍼포먼스가 필요함으로 라우터와 액세스 포인트를 Firetide사의 제품으로 구성하기 위해 관제를 위한 장비 또한 동사의 HotView와 WLAN Controller FWC 2000을 사용하였다. 그림 3은 NMS 및 컨트롤러 매니지먼트 소프트웨어의 실제 구현 모습이다.

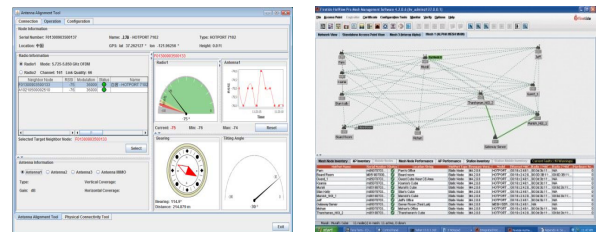


그림 3. NMS 및 컨트롤러 매니지먼트 소프트웨어

##### 1.3 망구성 형태

무선 메쉬 네트워크망은 일반적으로 장거리일 경우 선형 (Linear) 또는 링(Ring) 구조로 설계할 수 있다. 중요도가 높고 망 생존성을 확보하기 위해서는 가급적 링구조로 설계하는 것이 바람직하나 링구조로 설계 시 릴레이션 포인트에 설치되는 장비 수량이 선형 구조 보다 많아 설계 및 장비 설치 비용이 상승된다.

본 논문에서 구축할 네트워크 망은 원주시 전체를 커버리지 영역으로 구축할 Main Structure이고 최소의 비용으로 최대의 효과를 가지기 위해 선형 구조를 이용하여 무선 메쉬 네트워크 망을 구성한다. 그림 4는 해당 시를 중심으로 한 선형 무선 메쉬 네트워크 망의 구성도를 보여준다.

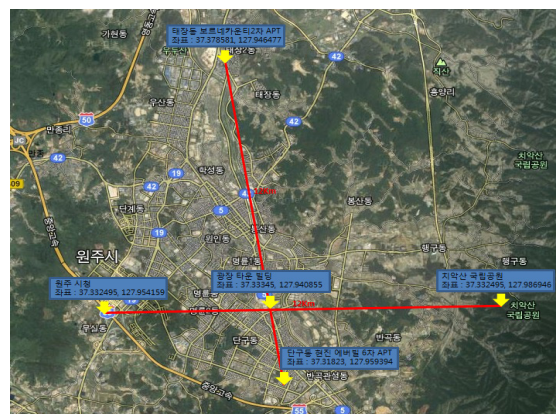


그림 4. 해당 시 중심의 선형 무선 메쉬 네트워크 망 구성도

## 2. 장거리 무선 메쉬 네트워크망 설계용 안테나

장거리 전송을 위한 무선 메쉬 네트워크에서 가장 중요한 것이 바로 안테나의 제원이다. 무선 메쉬 안테나에는 크게 주파수별로 2.4GHz 안테나와 5GHz 대역의 안테나 두 가지로 나뉘고 다시 각각의 안테나는 지향성 안테나와 무지향성 안테나로 나뉘게 되는데, 무선 통신 지역의 커버리지 구축형태에 따라 선택하게 된다. 다음 그림 5은 안테나의 종류별 전송 거리를 나타낸 것이다.

장거리 전송용 MESH Antenna	중거리 cover용 MESH Antenna			AP
Parabolic Antenna	Sector Antenna	Patch Antenna	Omni Antenna	Omni Antenna
10~20Km 전송용	1Km, 90° 이상Cover	1~10Km, 20~40° cover	400~500m, 360° cover용	80~100m, 360° cover용
5GHz	5GHz	5GHz	5GHz	2.4GHz

그림 5. Mesh Antenna의 장치별 전송 거리

그림 5에서 보는 것과 같이 안테나 선정 시 최우선으로 생각해야 하는 부분이 바로 전송 거리이다.

본 논문에서는 해당 지역을 4방위로 크로스 연결되는 무선 메쉬 네트워크를 이용한 통신을 위해 약 12Km 정도 떨어진 곳과 무선 메쉬 통신이 가능해야 함으로 Parabolic Antenna (지향성 안테나)를 선택해야 한다. 이때 중요한 파라미터는, 안테나 이득 Gain 값으로 약 20dBi의 안테나 이득을 사용하게 될 경우, 54Mbps data rate를 유지할 수 있는 전송 거리는 자유 공간 손실 값을 계산하여 분석하면, 약 20Km가 됨을 확인하였다.

그림 6는 주파수별 전송출력과 안테나 이득 값에 따른 전송 거리를 계산한 것이다.

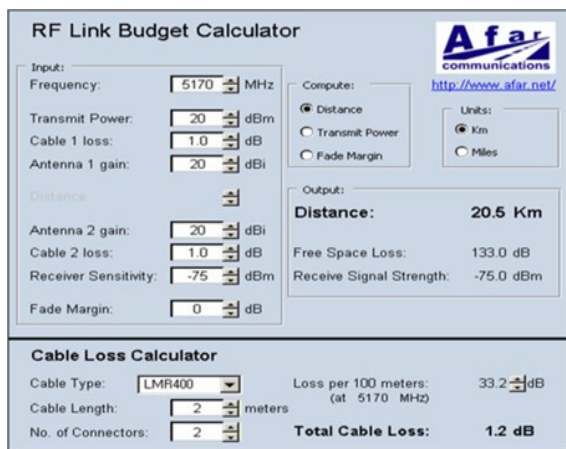


그림 6. 주파수별 전송출력과 안테나 이득에 따른 전송 거리

## 3. 장거리 무선 메쉬 네트워크망 설계용 노드

장거리 통신을 구현하기 위해서 고려해야 할 점으로는 전

송 거리, 트래픽의 최적화, 견고한 신뢰성 등이 있다. 이를 위하여 최대 400Mbps까지 Throughput이 지원되며 Hop당 0.9 ms의 지연 시간의 퍼포먼스를 구현하며, MESH node당 1,000 VoIP call이 지원 가능한 HotPort 7000 Wireless Mesh node를 채택하였다. HotPort 7000 Wireless Mesh node는 내장된 간섭 수용 기능, 지능형 라우팅, end-to-end QoS 기능 등으로 무선 메쉬 네트워크에 더욱 견고해진 신뢰성을 보장하며 Spectrum analysis, network capacity planning과 antenna alignment tool 등이 지원되어 쉽게 무선망을 구현할 수 있고, 2.4/4.9/5GHz를 Dual radio에 환경에 맞게 설정할 수 있으며 실내 및 옥외 환경에서 최대 1,000대의 시스템을 하나의 망에서 관리할 수 있는 유연성과 확장성이 있다. HotPort 7000 Wireless Mesh node는 multi-point to multi-point 망 구성을 가능케 함으로써 네트워크에서 물리적인 링크 절단 등의 장애 환경에 대비하여 보다 높은 신뢰성을 제공하며 장애 환경에서 즉각적인 traffic의 우회 경로를 생성하는 mesh routing을 보여 준다. 그림 7은 메쉬 노드와 액세스의 연결을 보여주는 것이다.

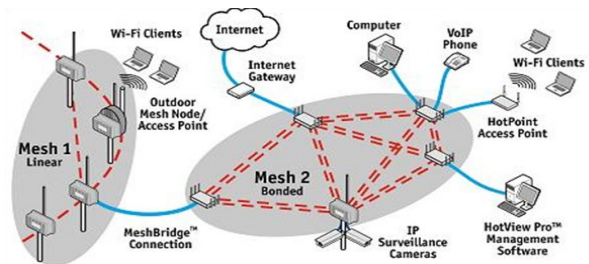


그림 7. 메쉬 노드와 액세스의 연결

## 4. 무선 메쉬 네트워크 장비 설계 내역

해당 시 중심으로 선형 무선 링크 구성도를 기준하여 무선 메쉬 노드, AP, 안테나 수를 결정하고 설계하였으며 표 2는 각 구역의 무선 메쉬 설치 장비 내역을 보여준다.

표 2. 무선 메쉬 네트워크 설치 장비 내역

지역	장비	단위	수량
제1지역	5GHz Antenna(지향성)	대	1
	Mesh Node		1
	Mesh AP		1
제2지역	5GHz Antenna(지향성)	대	1
	Mesh Node		1
	NMS & Controller		1
	Mesh AP		1
제3지역	5GHz Antenna(지향성)	대	1
	Mesh Node		1
	Mesh AP		1
제4지역	5GHz Antenna(지향성)	대	1
	Mesh Node		1
	Mesh AP		1
제5지역	5GHz Antenna(무지향성)	대	1
	Mesh Node		1
	Mesh AP		1

### IV. 무선 메쉬 네트워크 성능 테스트

본 논문에서 제안된 무선 메쉬 네트워크와 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크의 시뮬레이션 결과를 비교, 검토한다. 그림 8은 각각의 네트워크에서 중계 노드인 싱크 노드와 메쉬 코디네이터의 홉 카운트 증가에 따른 전송 지연을 보여준다. IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크는 전송지연이 비교적 높고, 홉 카운트가 증가할 때 전송 지연 변화량이 급격히 높은 것을 보여준다. 반면 무선 메쉬 네트워크는 전송지연이 낮고, 홉 카운트가 증가하여도 전송 지연 변화량이 완만하게 나타났다.

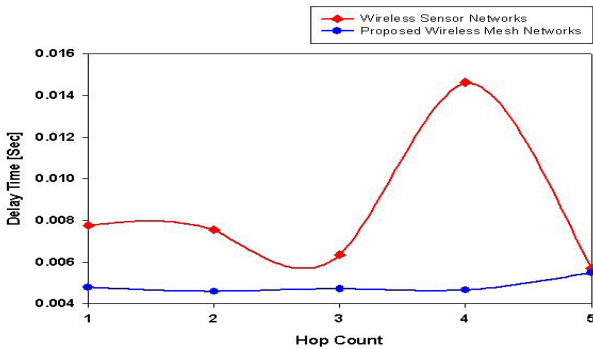


그림 8. 중계 노드의 홉 카운트 증가에 따른 전송 지연

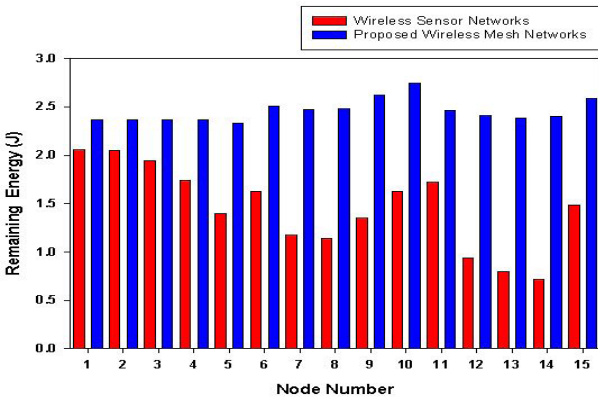


그림 9. 중계 노드의 잔류 에너지

그림 9는 각각의 네트워크에서 중계 노드인 싱크 노드와 메쉬 코디네이터의 잔류 에너지양을 보여준다. IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크는 브로드캐스트 통신을 이용하므로 싱크 노드의 데이터 처리량 및 불필요한 동작이 증가하여 전반적으로 싱크 노드의 에너지 소비량이 많다. 반면 무선 메쉬 네트워크는 point-to-point 통신을 이용하므로 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크에서 싱크 노드보다 에너지 소비량이 작음을 확인할 수 있다.

표 3은 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크와 무선 메쉬 네트워크 비교 시뮬레이션 결과이다.

표 3. 네트워크 비교 시뮬레이션 결과

구분	광케이블 무선 센서 네트워크	무선 메쉬 네트워크
디바이스와 게이트웨이 사이의 평균 전송지연	1.011s	0.228s
중계 노드의 홉 카운트 증가에 따른 전송 지연	8.4ms	4.8ms
패킷 전송률	58.52 %	83.25 %
중계 노드의 평균 드롭 패킷 수	16.9개	3.2개
중계노드의 평균 잔류 에너지양	1.45J	2.46J
디바이스의 평균 잔류 에너지양	1.56J	2.62J

각 네트워크의 디바이스에서 게이트웨이까지 평균 전송 지연은 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크가 무선 메쉬 네트워크보다 5배 높고, 중계 노드의 홉 카운트 증가에 따른 전송 지연은 2배 높은 것으로 나타났다.

중계 노드의 패킷 전송률을 살펴보면 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크에서 싱크 노드의 패킷 전송률은 58.52%로 데이터 처리율이 낮으나, 무선 메쉬 네트워크는 83.25%로 데이터 처리율이 높은 것으로 나타났다. 중계 노드의 평균 드롭 패킷 수는 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크에서 싱크 노드가 16.9개이고, 무선 메쉬 네트워크는 3.2개로 낮게 나타났다. 중계 노드의 잔류 에너지양은 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크가 1.45J이고, 무선 메쉬 네트워크는 2.46J로 메쉬 코디네이터가 에너지 소모가 적었다.

또한 디바이스의 평균 에너지 사용량은 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크는 약 1.56J이고, 무선 메쉬 네트워크는 2.62J로 무선 메쉬 네트워크의 디바이스가 에너지 소모가 적었다. 결론적으로 IEEE 802.15.4 기반의 광케이블 무선 센서 네트워크보다 무선 메쉬네트워크의 에너지 효율이 향상되었음을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 이러한 무선 메쉬 네트워크를 이용해 원주 시 전체를 5GHz 지향성 안테나와 5GHz 무지향성 안테나 및 고출력 라우터와 액세스를 이용하여 광대역 무선 통신망으로 구축하여 실험하였다. 논문에 의해 구현된 광대역 IEEE 802.11a 무선 메쉬 네트워크는 Single Hop Link에서 100 패킷을 보내는데 걸리는 평균 지연 시간은 5MHz 채널에서만 2ms이고, 그 외의 채널에서는 1ms의 지연 시간과 손실률 0%를 보이고 있으며, 데이터의 처리량은 양방향 전송에 비해 단방향 전송 시에 손실률이 적음을 알 수 있고, 채널의 대역이 상승 할수록 점차 손실률이 줄어드는 것을 확인할 수

있다. 또한 Two Hop Link에서 100 패킷을 보내는데 걸리는 평균 지연 시간은 5MHz에서 3ms, 10MHz에서 2ms, 20MHz에서 2ms로 싱글 홉 링크보다는 다소 높았으며 특히, 5MHz에서 최대 지연 시간이 10ms으로 나타났으나 그 외의 10MHz와 20MHz 채널 영역에서는 싱글 홉 링크 지연 시간의 2배를 넘지 않아 광케이블을 이용한 유무선 통합 네트워크 시스템보다 우수한 전송 속도와 안정성을 확인할 수 있다.

하지만 무선 통신에서는 데이터의 전송 및 처리 속도만 빨라진다고 해서 최상의 네트워크망이라고 단언할 수는 없다. 무선 통신은 무선 링크의 특성과 경로 내부 간섭이 네트워크망의 전송율과 종단간 전송지연 특성을 결정하는 중요한 역할을 한다. 경쟁 방식의 링크 특성을 반영하지 않으면 채널 경쟁이 심한 노드로 경로가 설정되고 채널 경쟁으로 인한 대역폭 감소와 전송 충돌로 인한 지연으로 네트워크의 성능이 저하된다. 또한, 경로 내부 간섭을 반영하지 않은 경로 설정은 동일 채널 사용으로 인한 간섭으로 대역폭 감소와 전송지연 증가의 특성을 나타낸다. 이러한 특성들을 잘 반영하여 실제 무선 메쉬 네트워크망을 구축하여야 할 것이다.

본 논문에서 시뮬레이션한 결과를 중심으로 다양한 프로토콜을 실제 환경에서 테스트 해보고 현실적인 문제점을 정확히 판단할 수 있는 테스트베드를 개발하여 무선 네트워크망을 설계한다면 Smart-City를 구축하는 근간인 도시 광대역 무선 네트워크망은 한발 더 Green IT의 현장으로 다가갈 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

[1] R. Bruno, M. Conti and E. Gregori, "Mesh Networks: Commodity Multihop Ad Hoc Networks", IEEE Comm. Mag., Vol. 37, pp. 123-131, March. 2005.

[2] IEEE WG, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Enhancements for Higher Throughput", IEEE 802.11n D7.0, November. 2008.

[3] Meshdynamics.[Online], Available, <http://www.meshdynamics.com/index.html>

[4] 김현재, 김근영, "무선메쉬 네트워크 기술연구 동향분석", 정보통신산업진흥원 pp. 1-3, 2011.

[5] I. F. Akyildiz, X. Wang and W. Wang, "Wireless Mesh Networks: a survey", Computer Networks, Vol. 47, PP. 445-487, Jan. 2006.

[6] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process", SIGOMN Comput. Commun. Rev., Vol.33., No.2, pp. 93-102, 2003.

[7] H. Aoki, H. Takeda, K. Yagyu and A. Yamada, "IEEE 802.11s Wireless LAN Mesh Network Technology", NTT DocoMo Technical Journal, Vol.8, No.2.

[8] W. Steven Conner, J. Kruijs, K. Kim and J. C. Zuniga, IEEE 802.11s Tutorial, Nov. 2006.

[9] H. Aoki, H. Takeda, K. Yagyu and A. Yamada, "IEEE 802.11s Wireless LAN Mesh Network Technology", NTT DocoMo Technical Journal, Vol.8, No.2.

[10] Firetide Wireless Mesh Network, Firetide, pp.7-9, 2008

### 저자

#### 최 용 석(Yong-Seok Choi)

정회원



- 2002년 : 상지대학교 전자계산학과 이학사
- 2007년 : 상지대학교 대학원 컴퓨터정보과 공학석사
- 2012년 : 상지대학교 대학원 컴퓨터정보과 공학박사

- 2007년~현재 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 외래교수
- 2013년~현재 : 인하공업전문대학교 전자통신과 외래교수
- 2012년~현재 : (주)코스모티어 기술연구소 선임연구원
- <관심분야> : Ubiquitous Sensor Network, Mobile Telecommunication, Mesh Network, Satellite Communication, RFID/WSN 설계, 보안 및 응용 등

#### 노 정 규(Jung-Kyu Rho)

정회원



- 1991년 : 서울대학교 계산통계학과 이학사
- 1993년 : 서울대학교 전산학과 이학석사
- 1999년 : 서울대학교 전산학과 이학박사

- 1999년~2002년 : 삼성전자 통신연구소 책임연구원
- 2002년~2005년 : 서경대학교 컴퓨터과학과 전임강사
- 2006년~현재 : 서경대학교 컴퓨터과학과 조교수
- <관심분야> : 소프트웨어설계, 분산시스템, 데이터처리 등