

무선 메쉬 네트워크 장비의 실험적인 성능 검증

준회원 이 옥 환*, 정회원 김 성 관*, 준회원 이 희 영*, 종신회원 최 성 현*

Empirical Evaluation of Wireless Mesh Network Equipments

Okhwan Lee* *Associate Member*, Seongkwan Kim* *Regular Member*,
Heeyoung Lee* *Associate Member*, Sunghyun Choi* *Lifelong Member*

요 약

최근, 무선랜 기술의 사용확대와 가격경쟁력을 바탕으로 이를 활용한 WMN (Wireless Mesh Network)은 새로운 백본 네트워크 기술로서 각광받고 있다. WMN은 기존 유선 백본에 비해 설치의 용이성, 비용적인 장점, 쉬운 유지 보수 등의 장점을 지니고 있는 반면, broadcast 전송의 특성에 따른 단점을 지니고 있으며, 라우팅, 채널 할당 등 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 현재 WMN을 구성하기 위해 널리 사용되고 있는 Soekris사의 net4826 보드를 사용하여, WMN을 구성을 위해 필요한 다양한 성능적 특성을 실험을 통해 분석하였다. 실험에는 하드웨어적 분석을 위해 노트북과 Soekris 보드에 하나 이상의 무선랜 카드를 사용했으며, 소프트웨어적 분석을 위해 다양한 버전의 패킷 발생기, 라우팅 프로토콜 등을 사용하였다. 이를 통해, WMN을 구성하기 위해 사용되는 Soekris 보드와 사용 소프트웨어의 성능적인 한계를 밝히고, WMN 구성을 위한 지침을 제시한다.

Key Words : Wireless Mesh Network, Soekris, Equipment

ABSTRACT

As a backbone network, wireless mesh network (WMN) aims to provide reliable high throughput network connectivity to wireless users. Recent research has focused on routing and channel allocation to increase the capacity of wireless mesh backbones. Wireless mesh networking is an attractive solution for home, community, and enterprise networks as it is a self-configuring, instantly deployable, and lowcost networking system. In this paper, we empirically evaluate and analyze charateristic of WMN to establish WMN testbed by measurement. We use laptops and net4826 Soekris board widely used. Soekris boards are equipped with one network interface card (NIC) or above in our measurements. We also use paket generator, routing demon tools and so on. Throughout this measurements, we show limitation of Soekris board and software we use, and suggest guideline to establish WMN.

1. 서 론

WMN(Wireless Mesh Network) 기술은 설치의 용이성과 적은 설치비용 때문에 기존의 유선 백본 네트워크(backbone network)을 대체할 것으로 기대되고 있는 새로운 무선 네트워크 개념으로서, 최근

학계와 산업계를 통해 많은 연구가 이루어지고 있다^{[1]-[8]}.

WMN에서는 네트워크에 참여하는 모든 노드간의 통신이 무선 매체를 통해 이루어짐을 가정하며, 대부분의 경우 노드의 이동성과 전력소비는 연구의 논점에서 제외된다. 대신, 종단간 throughput 성능을 높여

* 서울대학교 전기공학부 멀티미디어 무선통신망 연구실 (lohee, skim, hylee}@mwsl.snu.ac.kr, schoi@snu.ac.kr)
논문번호 : KICS2008-07-297, 접수일자 : 2008년 7월 2일, 최종논문접수일자 : 2008년 8월 11일

백본망으로서의 역할을 최대화시키는 것을 주된 목표로 삼는다. 이를 위해 다중 채널 [9] 및 다중 무선 인터페이스를 사용하는 방법론이 제안되었다.

테스트베드를 이용한 WMN 기술에 대한 연구는 무선과 다중 홉이 갖는 예상치 못한 다양한 현상을 관찰하고 이에 대한 이유를 정확하게 분석하기 위해 널리 시도되고 있다. 본 논문에서는 최근 WMN 테스트베드 구축을 위해 가장 널리 사용되고 있는 것으로 알려진 Soekris 보드를 사용하여 다중 채널, 다중 홉 환경의 WMN을 구축하기 위해 고려되어야 할 사항들을 실험을 통해 확인한다. 먼저, 노트북과 Soekris 보드를 비교하여 Soekris 보드에서 사용할 때 발생 가능한 성능적 한계를 기술한다. 또한, 다양한 종류의 라우팅 프로토콜과 패킷 발생기를 Soekris 보드 상에서 동작시킴으로써 해당 소프트웨어가 성능에 제약이 있는 Soekris 보드에 어떤 영향을 줄 수 있는지에 대해 실제로 throughput 성능 측정을 통해 살펴보았다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성된다. II절은 실험에 사용된 장비들의 종류 및 특성과 향후 구축될 WMN 테스트베드의 개략적인 계획을 서술한다. III절과 IV절에서는 각각 단일 인터페이스, 단일 채널 (SISC: Single Interface, Single Channel) 환경, 다중 인터페이스, 다중 채널 (MIMC: Multi-Interface, Multi-Channel) 환경에서의 실험 결과를 기술한다. V절에서는 다양한 동적 라우팅 프로토콜을 사용하여 다중 홉 환경에서 얻어지는 종단간 throughput 성능을 살펴봄, VI절에서는 결론과 함께 향후 연구 계획을 소개한다.

II. 실험 장비의 종류와 특성

2.1 하드웨어의 구성

WMN노드에는 Soekris 사의 net4826-50 장비가 메인보드로서 사용된다. 사용되는 Soekris 보드는 통신 실험에 최적화된 장비로서 266 MHz의 CPU와 128 MB의 메모리를 지원한다. 무선 통신을 위해 IEEE 802.11a/b/g 를 지원하는 Atheros AR5004 chipset이 장착되어 있는 mini-PCI 형태의 무선랜 카드를 사용한다. 이 장비에는 최대 두 개의 무선랜 카드를 장착할 수 있으며, 이를 사용하여 MIMC 환경을 구성할 수 있다. 안테나로는 3 dBi 이득을 가지는 5 GHz 용 무지향성 안테나를 사용한다.

Soekris 보드가 가지는 성능적인 한계를 살펴보기 위해 상대적으로 연산 성능이 우수한 장비를 사용하

여 결과 값을 비교하였다. 이를 위해 세 대의 노트북 컴퓨터 (IBM X31, X32, X40)와 두 개의 CISCO AIR-CB21AG-W-K9 무선랜 카드를 사용하였다. 해당 CISCO 무선랜카드 역시 IEEE 802.11a/b/g 모드가 사용 가능한 Atheros chipset (AR5002)을 사용한다. 특별한 언급이 없다면 노드들은 서로 Carrier sensing을 할 수 있고 충분히 가까운 거리에 위치한다.

2.2 소프트웨어의 구성

Soekris 보드를 구동시키기 위해 Debian 계열의 Voyage 리눅스 (version 0.3.1)이 사용되었다. Atheros 칩셋 기반의 무선랜 카드는 MadWifi 리눅스 커널 디바이스 드라이버 (version 0.9.4)를 사용하여 제어를 한다. Throughput 측정을 위한 패킷 발생기로서 Iperf를 사용했으며, 2.0.2와 1.7의 두 가지 버전을 사용하였다.

III. 단일 인터페이스, 단일 채널 실험(SISC)

먼저 WMN 노드에 하나의 무선랜 인터페이스를 사용하고 동일한 채널을 할당하여, SISC 환경에서의 성능을 분석하였다. 단일 홉 과 다중 홉 환경에서 Soekris 보드를 사용했을 때 얻을 수 있는 최대의 throughput 성능을 측정하였고, 종단간 throughput 성능의 변화 추이를 관찰하였다.

3.1 SISC를 사용한 단일 홉 환경에서의 성능 측정

3.1.1 Soekris 보드와 Iperf 패킷 발생기의 성능한계
 무선 한대의 Soekris 보드와 한대의 노트북 컴퓨터를 사용한 무선 링크에서 throughput 성능을 측정하였다. IEEE 802.11 DCF (Distributed Coordination Function) MAC (Medium Access Control) 환경에서 MAC계층에서의 payload, 즉 MAC Service Data Unit (MSDU)의 크기가 1000 byte 라 가정할 때, 이론적인 최대 단일 홉 throughput 성능은 24.3 Mbps 이다.

최초 실험에서는 Iperf의 최신 버전을 사용했으며 (version 2.0.2), 사용한 입력 변수는 다음과 같다: 전송대역폭 = 100 Mbps, CBR (Constant Bit Rate) 패킷 크기 = 1000 bytes, 측정 시간 = 10 seconds. 하지만, 확인된 throughput 측정값은 15 Mbps 정도였다. 이는 앞서 언급한 이론적인 성능에 크게 못 미치는 값이다. 원인을 분석하기 위해 전송

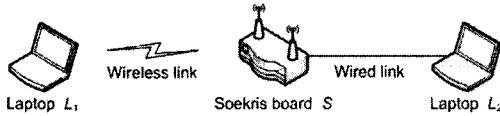


그림 1. Soekris보드를 통한 노트북간 통신

대역을 조절하며 측정했다. 실험결과, 전송대역을 크게 할수록 더 적은 throughput 성능이 얻어짐을 확인하였다. 우리는 이로부터 두 가지 가설을 세웠다. 첫째, 사용하는 Soekris 보드의 연산능력의 한계, 즉 하드웨어상의 문제; 둘째, 사용하는 소프트웨어, 즉 Iperf, 또는 MadWifi 드라이버의 문제.

먼저, 첫 번째 가설을 확인하기 위해 그림 1과 같은 토폴로지를 구성했다. 그림에서 표현된 바와 같이 응용 프로그램인 Iperf는 L1과 L2에서 각각 client와 server로서 실행되고 Soekris 보드 S는 relay 역할만 하고 L2에서 받은 패킷으로 throughput 성능을 한다. 실험 결과, L2에서 측정된 성능은 20 Mbps 정도였으며, 이는 비록 이론적인 미치지 못하지만, 기존에 측정된 결과에 비해 크게 향상된 결과였다. 결론적으로, Iperf client를 Soekris 보드에서 동작시킬 때, 전송대역을 증가시키기에 따라 단위시간당 처리해야 할 정보량이 증가하며, 이를 Soekris 보드가 적절하게 처리해주지 못함을 확인할 수 있었다.

두 번째 가설 중 MadWifi 드라이버 등의 무선랜 카드의 오동작 유무를 확인하기 위해 유선환경에서 Soekris보드와 노트북간의 throughput을 측정하였다. 실험 결과, 유선환경임에도 throughput 성능이 최대 값에 크게 미치지 못하였다. 이를 Iperf의 문제로 판단하여, Iperf 버전을 최신 버전인 2.0.2이 아닌 구 버전인 1.7을 사용하여 재실험을 실시했다. 결과는 이론 값에 근접한 20 Mbps 정도의 throughput 성능을 얻을 수 있었다. 흥미로운 점은 2.0.2 버전에서 확인되었던 전송대역에 따라 다르게 측정된 throughput 결과와는 달리, 1.7 버전의 Iperf는 비록 전송대역을 높게 설정하더라도 실제 사용이 가능한 무선 대역폭에 가까운 값으로 조정이 됨을 확인할 수 있었다. 예를 들어, 100 Mbps로 전송대역 값을 설정했을 때, 실제 Iperf client가 사용하는 전송대역 값은 20 Mbps를 약간 상회하는 값이었다. 이러한 특징 때문에 Iperf client를 Soekris 보드 상에서 실행하더라도 높은 전송대역 때문에 발생하는 성능저하는 발견되지 않았다.

3.1.2 다양한 조합의 단일 홉 성능 측정

다양한 Soekris보드와 노트북의 조합을 이용하여 Iperf client와 server 간의 단일 홉 throughput 성능을 Iperf 1.7 버전을 사용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 1과 같다. 각 결과는 20회의 반복 실험을 통해 얻은 평균 값이다 (이후 표현되는 실험 결과값은 특별히 지정하지 않는 한 모두 20회의 반복 실험을 통해 얻어진 평균값을 의미한다). 노트북 - 노트북의 조합을 사용할 때 가장 높은 성능을 보여주며, 그리고 Soekris 보드를 사용할수록 throughput이 낮게 측정됨을 확인할 수 있다. 이는 사용 가능한 무선 대역폭이 22 Mbps가 넘음에도 불구하고 사용되는 컴퓨팅 보드의 성능 한계에 따르는 것으로 분석된다. 특히, Soekris 보드와 노트북의 조합에서 Soekris보드에서 Iperf client를 동작시켰을 때, 더 낮은 성능을 보여준다. 이는 Iperf server를 동작시킬 때 보다 client를 동작시킬 때 필요한 resource가 더 많음을 나타낸다. 결론적으로 Soekris 간 통신을 가정할 때, 20 Mbps 정도가 throughput 성능의 최대값임을 확인되었다.

표 1. Iperf client - server 간 throughput 성능 비교

Client-Server	Client-Server Average Throughput(Mpps)
노트북-노트북	22.10
노트북-Soekris	21.98
Soekris-노트북	21.78
Soekris-Soekris	20.08

3.2 SISC를 사용한 단일 홉 환경에서의 성능 측정

노트북 간의 연결에 비해서 Soekris 보드간의 연결에서의 결과값이 다소 적게 나왔던 것을 참고하여, 다중 홉 실험에서는 Soekris 보드에서 Iperf client/server를 직접 사용하지 않았다. 즉, 그림 2와 같이 Iperf client/server를 구동시키기 위해 두 대의 노트북을 사용하였으며, 토폴로지는 체인 형태로 구성하였다. Sn은 n번째 Soekris 보드를 나타내며, 통 (n - 1) 개의 다중 무선 홉이 사용됨을 의미한다.

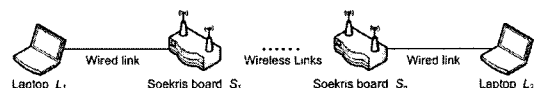


그림 2. SISC 환경의 다중 홉 체인 토폴로지 실험

표 2. SISC 환경의 다중 홉 토폴로지에서 측정된 평균 throughput 성능 변화

Hop	1	2	3	4	5	6	7
Average Throughput (Mbps)	22.76	12.67	8.60	6.31	4.97	4.12	3.18

표 2는 SISC 환경에서 홉 수의 증가에 따른 평균 throughput의 성능 변화를 보여준다. 모든 실험에서 Soekris 보드들은 충분히 가까운 위치에서 통신에 참여하며, 모두 같은 채널을 사용하기 때문에, 항상 서로의 패킷 전송을 인지할 수 있다. 따라서, 홉 수 증가에 따르는 throughput의 감소는, 단일 홉에서 측정된 결과를 해당 홉 수로 나눈 값과 근접함을 확인할 수 있다.

IV. 다중 인터페이스, 다중 채널 실험(MIMC)

본 절에서는 Soekris 보드에 두 개의 무선랜 인터페이스를 사용하고 각각에 다른 채널을 할당하여, 종단간 성능을 향상시키는 방법에 대해 살펴본다. 먼저, 인접 채널간의 간섭 정도를 살펴본 뒤, MIMC 환경에서 채널 할당을 위한 지표를 제시한다. 이를 기반으로 설정된 채널과 다중 홉 네트워크에서의 종단간 성능을 측정한다.

4.1 인접 채널간 간섭

본 논문에서는 OFDM 기반의 802.11a 표준을 PHY 기술로 사용하고 있지만, 실제 망의 효과적인 채널 할당을 위해 사용된 무선랜 장비에서 인접 채널간에 간섭 확인 하였다.

그림 3과 같이 노트북 두 대와 한 대의 Soekris 보드를 사용하여 2 홉 무선 네트워크를 구성하고 무선 링크 중 하나를 5 GHz 대역의 채널 중 가장 낮은 주파수 대역인 36번 채널로 고정, 다른 한 링크에 36번을 제외한 다른 가용한 채널을 할당한다. 그림 3에 표현된 X 는 해당 가변 채널 번호를 나타낸다. 또한, 안테나 간의 거리에 따른 간섭 효과를 관찰하기 위해 안테나 간 거리인 d 를 변화시키며 실험을 실시한다. 간섭효과를 표현하는 수단으로

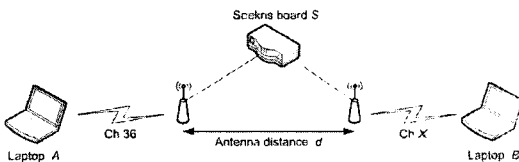


그림 3. 인접 채널간 간섭효과 측정 환경

Throughput degradation by adjacent channel setup via Soekris board S₁

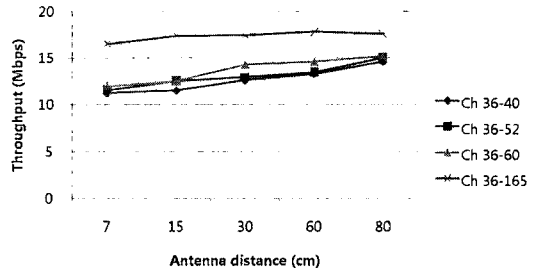


그림 4. S₁을 사용한 인접 채널간 간섭효과 측정

Throughput degradation by adjacent channel setup via Soekris board S₂

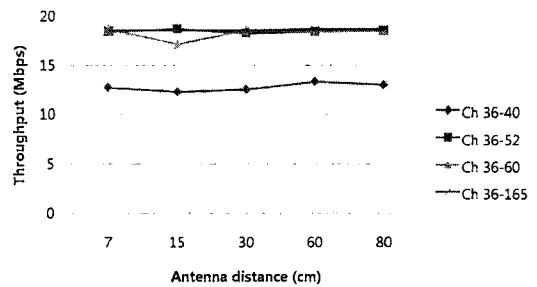


그림 5. S₂를 사용한 인접 채널간 간섭효과 측정

써 측정된 종단간 throughput, 즉 2 홉 throughput 성능을 사용한다.

그림 4는 S₁로 명명한 Soekris 보드를 사용하여 종단간 throughput 성능을 측정된 결과이다. 일반적으로 채널간 간격이 멀어질수록, 안테나간 거리가 멀어질수록 채널간 간섭이 적으며, 그 결과 더 높은 throughput 성능을 얻을 수 있다. 최대 성능은 36번, 165번 채널을 각 무선 링크에 할당했을 때 관찰할 수 있으며, 이는 대략 17 Mbps 정도를 나타내고 있다. 채널간격 별 성능을 안테나간 거리에 대해 평균을 구하면, Ch 36-165의 경우, 17.37 Mbps, Ch 36-60의 경우, 13.74 Mbps, Ch 36-52의 경우, 13.14 Mbps, Ch 36-40의 경우, 12.68 Mbps로 나타나며, 최대 성능을 보여주고 있는 Ch 36-165 경우는 다른 세 가지의 경우의 성능 대비, 각각 36.96% (Ch 36-40), 32.2% (Ch 36-52), 26.41% (Ch 36-60)의 성능 이득이 있음을 확인할 수 있다. 따라서, OFDM 방식을 사용할지라도, 인접 채널간 간격이 가까울수록 간섭을 더 크게 받을 수 있다는 점이다.

인접한 채널간의 간섭을 예상했으나, 실험 결과가

예상보다 다소 부정적으로 측정되었다고 판단하여 또 다른 Soekris 보드를 사용하여 같은 실험을 반복하였다.

그림 5는 다른 Soekris 보드 S2를 사용하여 측정된 결과이다. 앞서 S1을 사용했을 때의 결과와는 다소 다른 성향을 나타내고 있다. 먼저 Ch 36-40의 경우를 제외하면, 대부분의 경우 18 Mbps 이상의 throughput 성능을 나타내고 있다. 이는 앞선 S1기반의 결과와는 상이한 내용이다. 이에 더하여, Ch 36-40의 경우에서도 안테나간 거리가 증가함에 따라 throughput 성능이 달라지는 추이가 뚜렷하게 나타나지 않는다. 결론적으로 사용한 하드웨어에 따라 측정되는 간섭의 영향이 다름을 확인할 수 있었다. 하지만, 여전히 평균적으로 최대 성능을 나타내고 있는 경우인 Ch 36-165의 조합에 비해 Ch 36-40의 경우는 45.16%의 성능 저하를 보여주고 있다.

4.2 MIMC를 사용한 다중 홉 환경에서의 성능 측정

SISC 환경에서는 하나의 WMN 노드가 무선 채널을 점유하고 있는 동안에 인접한 다른 노드들은 채널에 접근할 수 없다. 이 때문에, SISC 환경에서 종단간 throughput 성능 향상을 이루는데 한계가 있다. 본 실험에서는 각 Soekris 보드에 두 개의 무선랜 카드를 장착하고 다른 채널을 할당하여, MIMC 환경을 구성하였다. 실험방법은 SISC에서의 실험과 동일하게 체인 토폴로지에서의 종단간 성능 측정이다. 앞선 실험 결과를 토대로, 사용한 채널은 간섭을 최소화시키기 위해 인접한 채널의 사용을 피했으며 종단간 홉 수에 따라서 36, 48, 64, 149번 채널을 사용하였다. Iperf 를 사용한 측정 결과는 표 3과 같다.

단일 홉 환경에서 Soekris 보드의 최대 throughput 성능이 표 2와 같이 22.76 Mbps 정도임을 감안하면, 표 3의 2 홉 성능인 19.10 Mbps는 최대치 대비 19.2% 정도 적은 성능이다. 이와 유사하게, 인접 채널간 간섭 실험에서의 최대값을 나타내는 그림 5에서의 최대 성능 역시 18.75 Mbps 였다.

표 3. MIMC 환경의 다중 홉 토폴로지에서 측정된 평균 throughput 성능 변화

Hop	2	3	4
Channels	36, 48	36, 48, 64	36, 48, 64, 149
Average throughput(Mbps)	19.10	18.66	18.18

표 3의 3, 4 홉의 경우 단일 홉 대비 각각 22.0, 25.2%의 성능 저하를 관찰할 수 있다. 이와 같은 성능 저하는 역시 Soekris 보드의 연산 능력의 한계에 따른 것으로 분석되며, 종단간 홉 수가 증가할수록 이러한 성능적인 제약이 조금씩 증가함을 살펴볼 수 있다.

V. 다중 인터페이스, 다중 채널 실험(MIMC)

실제적인 네트워크 환경에서 앞선 실험에서 고려된 바와 같은 라우팅 테이블의 수동 설정은 사용되기 어렵기 때문에, 사용하는 WMN의 특성을 고려하여 적절한 형태의 라우팅 프로토콜을 정하는 것이 중요하다. 본 절에서는 실험을 통해 검증한 두 가지의 라우팅 프로토콜과 이의 검증 결과를 소개한다.

5.1 DSDV on Click modular router

라우팅 프로토콜을 선택하기에 앞서, 리눅스 환경에서 임의의 실험적인 라우팅 프로토콜의 보다 빠른 구성 및 동작을 위해 제안된 Click modular router에 대한 사용을 고려하였다. Click (1.5.0 version)의 최신 배포 버전에는 잘 알려진 DSDV (Destination-Sequenced Distance Vector) 라우팅 프로토콜이 적용되어 있으며, 본 실험에서는 Click 환경의 DSDV를 사용하여, 성능을 분석하였다.

표 4는 이에 대한 결과를 나타낸다. Soekris 보드에서의 측정값이 큰 폭으로 떨어졌으며 심지어 노트북간의 실험결과도 Click을 사용하지 않을 때 (22.10 Mbps) 보다 7.5% 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 유선으로 연결하여 Click을 실행했을 때에도 표 5와 같이 측정값이 크게 떨어지는 것

표 4. Click - DSDV를 이용한 단일 홉 성능 측정

Server-Client	CBR rate (Mbps)	Throughput (Mbps)
Laptop-Laptop	100	20.55
Soekris-Laptop	100	3.35
	50	3.50
	10	7.69
	8.5	8.40
Laptop-Soekris	100	4.53
	10	4.52
Soekris-Soekri	100	4.49
	10	4.51
	6	4.52
	5	4.53

표 5. Click 실행 전후의 유선 측정값 비교

Server-Client	Wired throughput (Mbps)	With Click (Mbps)
Soekris-Soekris	39.5	5.02
Soekris-Laptop	43.4	5.22
Laptop-Soekris	42.7	4.82

을 볼 수 있었다.

Click의 실행파일의 용량을 살펴본 결과 대략 14 Mbytes 정도의 크기였으며, 이는 Soekris보드의 전체 메모리 용량이 128 Mbytes인 점을 고려할 때 단일 프로그램으로서 매우 큰 용량이었다.

이상의 실험 및 관찰을 통해, Click은 자체적인 큰 부하 때문에 Soekris 보드에서의 사용이 용이하지 않음을 확인하였다.

5.2 Optimized Link State Routing(OLSR)프로토콜

OLSR은 DSDV와 더불어 가장 많이 사용되는 라우팅 프로토콜 중의 하나이다. 앞서 고려된 Click과 달리 OLSR 프로토콜의 동작에 사용되는 리눅스 데몬인olsrd는 178 KBytes정도의 작은 용량으로도 동작이 가능하며, 지정된 interface를 모니터링하며 작성한 라우팅 테이블을 리눅스 커널의 라우팅 테이블에 직접 써넣어주는 간단하면서도 강력한 방식의 프로그램이다.

우리는 olsrd를 사용하여, 기존의 고정 라우팅을 통해 확인했던 단일 또는 다중 홉 throughput성능을 표 6, 7과 같이 얻을 수 있었다.

그림 6은 단일-다중 채널, 고정-가변 라우팅 (즉, OLSR)을 사용하여 측정된 결과를 비교한 그래프이다. 표시된 바와 같이 고정-가변 라우팅의 결과가 거의 일치함을 확인할 수 있기 때문에, Soekris 보드에서 olsrd의 사용이 매우 적절함을 알 수 있다. 또한, MIMC 환경의 결과는 고정 또는 가변 라우팅에서 모두 2 홉에서부터의 성능 저하를 보여주고 있으며, 이는 앞선 결론에 대한 또 다른 검증이라 할 수 있다.

표 6. OLSR을 이용한 단일 홉 성능 측정

Hop	1	2	3	4	5	6	7
Average throughput (Mbps)	22.58	12.16	8.66	6.57	5.21	4.25	3.48

표 7. OLSR을 이용한 다중 홉 성능 측정

Hop	2	3	4
Channels	36,48	36,48,64	36,48,64,149
Average throughput (Mbps)	19.10	18.9	18.2

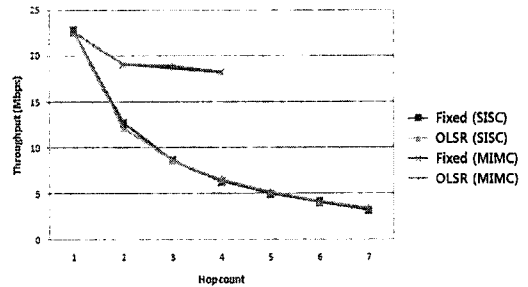


그림 6. 단일-다중 채널, 고정-가변 라우팅 프로토콜의 중단 간 throughput 성능 비교

VI. 결 론

서울대학교 (Seoul National University: SNU) 관악 캠퍼스 내에 위치한 두 곳의 멀티미디어 무선통신망 연구실 (Multimedia & Wireless Networking Lab.: MWNL)을 연결하는 백본망으로서의 무선 메쉬 네트워크 테스트베드 (SNU MWNL Mesh: SM-Mesh)가 구성될 예정이다. SM-Mesh는 총 7개의 Soekris 메쉬 라우터로써 구성되며, 각 노드 마다 두 개의 무선랜 카드, 그리고 설치 위치를 고려하여 장착된 안테나로서 구성된다. 현재, 본 논문에서 기술된 사전 연구의 결과를 바탕으로 각 노드의 설치가 완료되었으며, 옥외 설치 형태는 그림 7과 같다.

참 고 문 헌

- [1] I. F. Akyildiz, X. Wang, and W. Wang, "Wireless Mesh Networks: A Survey," Computer Networks Journal, Vol.47, pp.445-487, 2005.
- [2] R. Bruno, M. Conti, and E. Gregori, "Mesh Networks: Commodity Multihop Ad Hoc Networks," IEEE Comm. Mag., Vol.43, No.3, pp.123-131, Mar. 2005.

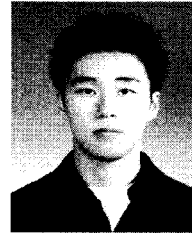
- [3] Seattle Wireless, Available:
<http://www.seattlewireless.net/>
- [4] MIT Roofnet, Available:
<http://pdos.csail.mit.edu/roofnet/>
- [5] MSR: Self-Organizing Neighborhood Wireless Mesh Networks, Available:
<http://research.microsoft.com/mesh/>
- [6] Mesh Dynamics, Available:
<http://www.meshdynamics.com/>
- [7] Tropos Networks, Available:
<http://www.tropos.com/>
- [8] Champaign-Urbana Community Wireless Network, Available: <http://www.cuwireless.net/>
- [9] P. Kyasanur, J. So, C. Chereddi, and N. H. Vaidya, "Multi-Channel Mesh Networks: Challenges and Protocols," IEEE Wireless Comm., Vol.13, No.2, pp.30-36, Apr. 2006.

김 성 관 (Seongkwan Kim) 정회원



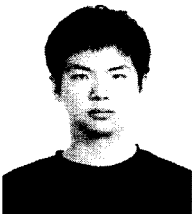
2000년 2월 고려대학교 전자공학과(학사)
2002년 2월 고려대학교 전자컴퓨터 공학과(석사)
2004년 3월~현재 서울대학교 전기공학부 박사과정
<관심분야> 무선통신망

이 희 영 (Heeyoung Lee) 준회원



2007년 8월 서울대학교 전기공학부(학사)
<관심분야> 무선통신망

이 옥 환 (Okhwan Lee) 준회원



2006년 2월 서울대학교 전기공학부(학사)
2007년 3월~현재 서울대학교 전기공학부 석사과정
<관심분야> 무선통신망

최 성 현 (Sunghyun Choi) 종신회원



1992년 2월 한국과학기술원 전기전자공학과(학사)
1994년 2월 한국과학기술원 전기전자공학과(석사)
1999년 9월 미시간대학교 전기컴퓨터공학과(박사)
1999년 9월~2002년 8월 미국 필

립스 연구소 선임연구원
2002년 9월~현재 서울대학교 전기공학부 부교수
<관심분야> 무선통신망, 이동통신망