

802.11망에서 최적의 AP 검색 기법

이대원[†]

요 약

이동 통신 및 인터넷 기술의 발달과 보급화로 인하여 이동 기기(MH: Mobile Host)의 지속적이고 빠른 네트워크 연결은 필수적인 요소로 대두되고 있다. 일반적으로 무선 기기 사용자는 새로운 무선 영역에 진입할때 사용 가능한 여러 네트워크중 하나의 네트워크를 선택한다. 하지만 네트워크의 선택의 기준은 AP(Access Point)의 SSID(SubSystem IDentification)와 신호세기(Signal Strength)뿐이다. 이 두 가지 정보는 최적의 네트워크를 선택하기에는 충분한 정보는 되지 못한다. 따라서 최적의 AP의 선택을 위하여 더 많은 정보를 제공되어야 한다. 본 논문에서는 기존의 정보에 추가적으로 MH의 상태, 네트워크의 용량 및 부하, 그리고 네트워크 계층정보를 3계층 메시징인 라우터 광고 메시지(router advertisement message)를 사용하여 제공한다. 또한 이러한 정보를 기반으로 검색된 여러 AP중 자동적으로 최적의 AP를 선택하는 결정 엔진(DE: Decision Engine)을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안하는 DE을 사용함으로써 MH측면에서는 무선 연결 시간 증가, 전원 소비 감소, 신호 부하 감소함을 증명하였다. 그리고 네트워크 측면에서는 AP와 라우터에서 부하 분산과 효율적인 네트워크 토폴로지가 제공됨을 증명하였다.

주제어 : Access Point, SSS(Strongest Signal Strength), 라우터 광고 메시지, 부하 분산

An Optimal AP Discovery Method in 802.11 Network

Daewon Lee[†]

ABSTRACT

With the development of mobile communications and Internet technology, there is a strong need to provide seamless and fast connectivity for roaming devices. Generally, the mobile host (MH) may have several available networks when entering a new wireless area. However, the standard of decision for user's internet connection is provided only the subsystem identification (SSID) and signal strength of access point (AP). These two standards could not enough to decide optimal AP to the MH. Therefore, to decide the optimal AP, more information is needed. In this paper, we present additional information such as status of MH, capacity, current load, and depth of network hierarchy, by router advertisement message at layer 3. Also, we proposed decision engine (DE) on the MH that analyzes APs and decides the optimal AP automatically by AP's status information. For the MH, wireless connection period is increased, the power consumption is decreased, and the signaling overhead is reduced. For AP and router, the load balancing is provided and the network topology can also be more efficient.

Keywords : Access Point, SSS(Strongest Signal Strength), Router Advertisement Message, Load Balancing

[†] 종신회원: 서경대학교 조교수 (교신저자)

논문접수: 2012년 09월 07일, 심사완료: 2012년 09월 10일, 게재확정: 2012년 09월 14일

1. 서론

이동 통신과 인터넷 기술의 발전으로 무선망 사용이 지속적으로 증가하였으며 802.11 무선 네트워크는 가장 일반적인 무선 액세스 네트워크로 사용되었다. WiFi 칩셋이 기본적으로 장착되어 있는 스마트폰의 등장으로 802.11 무선 네트워크는 무선 AP 또는 WiFi-Zone 이라는 이름으로 일반인들에게도 널리 알려지게 되었다. 접속 방식에 따라 두 개의 다른 방식으로 802.11 네트워크에 접속할 수 있다. MH(Mobile Host)는 모바일 라우터 (MR: Mobile Router)로 자발적인 네트워크를 형성 (ad-hoc 모드) 할 수 있고 또는 직접 AP(Access Point) 연결되어 네트워크를 사용 (Infrastructure 모드) 할 수 있다[1]. 두 모드에서는 사용자에게 802.11의 기본 기능인 셀 내부 및 셀 간 이동성을 제공한다. MH의 접속 지역이 현재 범위를 벗어나 이동하면, MH를 신속하게 발견하고 새로운 네트워크에 다시 연결해야 한다. 이 과정은 핸드오프(handoff)로 잘 알려져 있다. MH는 모드에 따라서 각각의 작업을 수행한다. 인프라 모드에서는 새로운 AP를 찾는 작업을 수행하고 ad-hoc 모드에서는 MR가 새로운 서비스를 발견하고, 멀티 홉 프로토콜(multi-hop protocol)을 사용하는 경우 라우팅 상태까지 관리해야 한다.

802.11에서는 2 계층 핸드오프에 초점을 맞추고 있다 [2][3][4][5][6]. MH가 파워업 하거나 새로운 셀에 진입 할 때, MH는 현재 환경인 무선 주파수, 주변접속지, 가용서비스등을 검색해야 한다. 일반적으로, MH는 접속 가능한 여러 AP를 찾을 수 있다. MH의 사용자는 사용자의 인터넷 연결을 위하여 AP 이름(SSID: SubSystem Identification) 및 신호 강도만을 가지고 하나의 AP를 결정하여 사용한다.

본 논문에서는, 우리는 3 계층 핸드오프 [7][8][9][10][11]에 초점을 두고 추가 정보(: 상태와 부하[8][12])를 사용하여 최적의 AP를 결정하는 알고리즘을 제안한다. 그리고 이러한 부가적인 정보를 수집하기 위하여 라우터 광고 메시지(router advertisement message)를 확장한다.

접속 가능한 AP를 검색하고 최적의 AP를 결정

하기 위하여 제안하는 알고리즘을 적용한 DE (Decision Engine)을 제안한다. DE에 의하여 핸드 오프한 MH는 자동적으로 최적의 AP에 연결되게 된다. 그리고 제안하는 알고리즘은 AP와 라우터 간의 부하 분산을 제공하며 네트워크 토폴로지를 보다 효과적으로 할 수 있다.

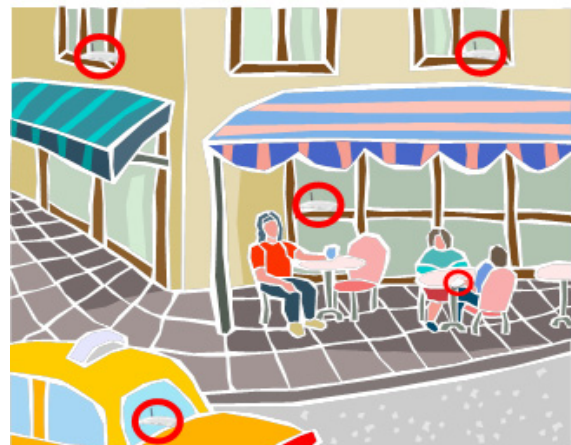
본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 문제 정의와 관련 연구로 구성된다. 3장에서는 추가 정보의 필요성에 대하여 논의한다. 본 논문에서 제안하는 AP 검색 알고리즘을 4장에서 제안한다. 그리고 5장에서는 제안하는 알고리즘을 구현을 통하여 분석한다. 최종적으로 6장에서 본 논문의 결론과 향후 연구에 대하여 설명한다.

2. 배경

2.1 문제 정의

요즘 802.11 무선 LAN AP는 널리 사용되고 있다. 또한, 임의의 지역에서 MH들의 지속적으로 네트워킹을 위하여 휴대용 무선 AP(ex. WiFi egg) 역시 널리 사용되고 있다. 일반적으로 도시 지역에서는 여러 AP들이 검색된다. 검색된 여러 AP중 하나의 AP를 선택하는 일은 중요한 문제이다. 그림 1의 예를 살펴보면 사용자는 5개의 AP (카페의 AP, 2개의 건물의 AP, 다른 사용자의 휴대용 AP, 심지어는 차량의 AP)를 검색할 수 있다. 여기서의 사용자의 고민은 “어떤 AP의 서비스가 최고 품질을 제공할 것인가?” 이다.

일반적으로 정책은 암호화 되어 있지 않고 단



<그림 1> 다수의 AP의 예

지 신호가 센 AP를 선택한다. 이 방식은 SSS(Strongest Signal Strength)로 불리며 일반적으로 대부분의 사용자가 사용하는 AP 선택 방법이다. 그러나 SSS 정책은 실제 발생할 수 있는 다른 요소를 완전히 무시한 정책이다. 예를 들어, 가장 강한 신호지만 실제 인터넷에는 접속하지 못하는 경우, 많은 사용자가 사용하여 속도가 매우 느린 경우, 또는 유료 서비스인 경우등 다양한 문제가 발생할 수 있다.

사실, AP의 대역폭과 지연 시간은 ISP(예 : 케이블 모뎀, DSL 등)의 종류에 따라 다르게 결정된다. 따라서, 사용자는 네트워크에 접속하기 위하여 여러 AP를 변경해가며 접속을 시도해야 한다. 따라서 이런 이유로 SSS 정책은 신뢰적이지 못하다. 또한 이 작업 사용자 구동이 아니라 자동으로 이루어져야 한다.

최적의 AP를 자동으로 검색하기 위하여 몇 가지 고려 사항이 존재한다.

첫째, 얼마나 “오랜 기간 서비스가 가능한가?”이다. AP의 고정 AP인지 휴대 AP인지를 구분해야 한다. 둘째, “안정적인 대역폭을 가지고 있는가?”이다. AP의 최대 대역폭과 현재 사용량에 대한 분석이 필요하다. 최적의 AP를 선택하기 위해서는 최소한 이 두 가지 정보가 필요하다.

2.2 관련 연구

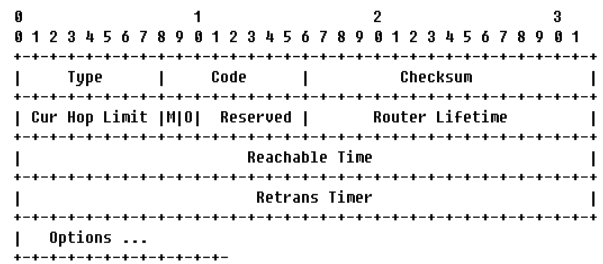
대부분의 802.11 검색 기법에서는 2계층 핸드오프 검색 지연(scanning latency)에 초점을 맞추고 있다. 전체 검색으로 인한 지연(full scanning latency)을 단축하는 한 가지 단순한 방법으로 선택 검색 기법(selective scanning)은 각각의 AP 검색 대신 하나의 서브넷을 검색하는 기법이다. 또 다른 방법은 스캔 타이머의 값(MinCT 및 MaxCT)를 줄이는데 중점을 두고 있다[2]. 소프트 핸드오프기법[4]과 주기적 검색 기법(periodic scanning)[5]은 검색 주기를 다수의 하위 주기로 분할함으로 검색을 향상 시키는 방안을 제안하였다. 이러한 2 계층 지연 기반 기법에서 MH는 데이터 전송과 검색 2가지를 다 수행해야한다. MH는 채널 정보와 SSID만을 가지고 가용 AP들의 목록을 구축한다.

이 방법들은 MH의 네트워크 단절 시간의 최소화를 위하여 지연을 줄이는데 초점을 맞추고 있다. 하지만 이렇게 선택된 AP들이 실제 최적의 AP라는 확신은 할 수 없다.

최적의 AP를 연결하려면, 2.1장에서 논의한 추가 정보들이 필요하다. 이 추가 정보는 계층 2 프로브 신호로 수집 및 제공 할 수 없다. 이러한 정보를 수집하기 위해, 본 논문에서는 3 계층의 라우터 광고 메시지에 초점을 맞추었다. 라우터 광고 메시지는 IPv6의 neighbor discovery protocol에서 메시지 형식 중 하나다[7]. Neighbor discovery protocol은 address resolution protocol(ARP), ICMP router discovery (RDISC), ICMP redirect (ICMPv4)등의 IPv4 프로토콜과 함께 사용 가능하다.

라우터 광고 메시지는 라우터가 주기적으로 전체 네트워크에 라우터의 가용유무를 전송하는 메시지이다. 라우터 광고 메시지는 prefix를 사용하여 동일 링크의 같은 주소 사용 또는 주소 할당 등을 관리한다.

더 많은 정보를 수집하기 위해, 우리는 라우터 광고 메시지에 중점을 두고 있다. 그림 2는 라우터 광고 메시지 포맷[7]을 보여준다.



<그림 2> 라우터 광고 메시지 포맷

3. 확장된 라우터 광고 메시지

3.1 AP 상태 정보의 필요성

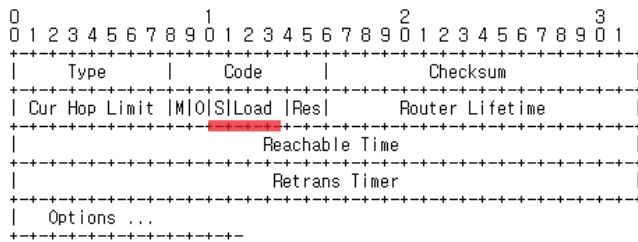
2 계층 핸드오프에서 새로운 AP에 접근하기 위하여 AP는 SSID와 인증만을 제공한다. 그러나 2 계층에서 제공하는 이 정보들은 최적의 AP를 결정하기에는 너무 부족하다. 본 논문에서는, 최적의 AP 선택을 위하여 3 계층 핸드오프 방법을 사용한다. 다음 2가지 정보는 최적의 AP를 결정하기 위해 필요한 최소한의 정보이다. 우선, AP의

상태가 필요하다. 현재, 많은 휴대용 AP들이 존재한다. 예를 들어, WiFi-egg, 차량용 휴대 AP, 테더링 서비스등을 들 수 있다. 이러한 휴대용 AP들은 현 위치의 임시 AP이며 MH의 이동이 발생하지 않아도 휴대 AP의 특성상 임시적인 존재이다. 둘째, AP의 부하 정보가 필요하다. 여러 MH들이 하나의 AP를 공통으로 사용한다면 MH가 일정 개수 이상이 된다면 전송 속도는 현저히 떨어질 것이다.

3.2 라우터 광고 메시지 확장

본 논문에서는 최적의 AP를 결정하기 위해 섹션 3.1에서 소개한 2개의 정보를 수집하기 위하여 라우터 광고 메시지를 확장한다. 확장된 라우터 광고 메시지에 대한 추가 속성은 다음과 같다.

- Status: AP 상태 (stationary/portable)
- Load : AP의 현재 부하



<그림 3> 확장된 라우터 광고 메시지 포맷

그림 3은 확장된 라우터 광고 메시지의 형식을 보여준다. 무선 링크 signaling 부하는 매우 중요한 문제이기 때문에 보류 필드를 최소 비트를 확장하였다. 표 1은 확장 요소 속성을 보여준다.

<표 1> 확장 요소 속성

요소	최소	최대	Bit
Status	0: stationary	1: portable	1
Load	0: less than 1 Mbps 1: 1Mbps to 6 Mbps 2: 6Mbps to 12 Mbps 7: more than 100Mbps		3

4. 최적의 AP 검색 알고리즘

4장에서는 최적의 AP를 결정하기 위해

DE(decision Engine)을 제안한다. DE는 라우터 광고 메시지에 포함된 정보를 분석하여 최적의 AP를 선택한다. 표 2는 DE의 AP 발견 알고리즘을 보여준다.

<표 2> DE의 AP 발견 알고리즘

```
NeighborList neighborList;
when receiving a icmp packet m {
    if (testChecksum(m)) {
        sendNAck(m);
        continue;
    }
    if (m.type==134)
        /*router advertisement message*/
        {
            NeighborItem n = extractNeighborItem(m);
            if (neighborList.isExists(n))
                neighborList.updateAlive(n);
            neighborList.offer(n);
        }
}
when tick from timer_interval_1000ms {
    for (neighborItem item : neighborList) {
        if (item.testStale())
            neighborList.remove(item);
    }
}

/*For Active state.
Priority: status > signal > load */

predicator predIdle : BinaryComparator {
    bool operator ()
    ( NeighborItem l, NeighborItem r )
    {
        if (l.status < r.status) return true;
        if (l.status > r.status) return false;
        if (l.signal > r.signal) return true;
        if (l.signal < r.signal) return false;
        if (l.loadRatio < r.loadRatio) return true;
        if (l.loadRatio > r.loadRatio) return false;
        return false;
    }
}

/*For Idle state.
Priority: status > signal > load

predicator predActive : BinaryComparator {
    bool operator ()
    ( NeighborItem l, NeighborItem r )
    {
        if (l.status < r.status) return true;
        if (l.status > r.status) return false;
        if (l.loadRatio < r.loadRatio) return true;
        if (l.loadRatio > r.loadRatio) return false;
        if (l.signal > r.signal) return true;
        if (l.signal < r.signal) return false;
        return false;
    }
}

/*reconnection phase
when the link is down {
    scanning();
    if (neighborList.isEmpty()) {
        queue retrying after 5 secs.
        return;
    }
}
```

```

    predicator p = null;
    if the node is in moving mode
        p = predMoving;
    else
        p = predNotMoving;
    qsort(neighborList, p);
    if the user wants to selecting automatically
        setupAccessRouter
        (neighborList.head().target Address);
    else
        updateAPListUI
        (filterBandwidth(neighborList, threshold));
}
    
```

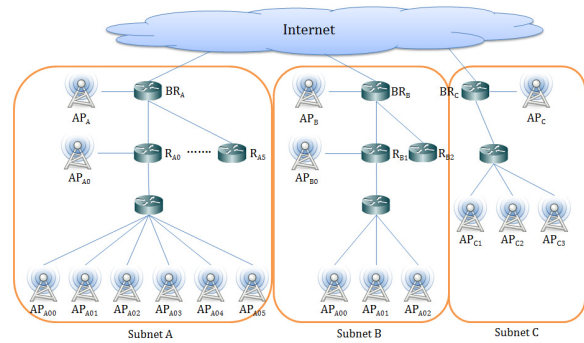
제안하는 최적의 AP 발견 알고리즘은 세 부분으로 구성되어 있다. 첫 번째 부분은 라우터 광고 메시지를 받아 주변 라우터 정보를 수집하는 과정이다. 두 번째 부분은 active상태와 idle상태로 분류하여 수집된 정보를 기반으로 적합한 AP를 우선순위 기반으로 선정하는 과정이다. 세 번째 부분은 MH가 사용중인 AP와 연결이 끊어지면 동작하는 부분으로 유도(solicitation) 메시지 브로드캐스팅함으로 새로운 AP에 연결하는 결정을 내리는 부분이다.

5. 실험

5.1 시뮬레이션 구조

5장에서 제안하는 최적의 AP 검색 알고리즘 프로세스의 성능을 평가하고 802.11 검색 프로세스와 비교했다. 성능을 평가하기 위해, 우리는 JAVA기반 시뮬레이터를 개발하였다. DE는 각각의 MH에 구현되어 있다. 시뮬레이션에서는 각각의 MH는 임의의 이동성을 기반으로 움직이며 이동 패턴을 추적하는 기능이 있다. 구현한 시뮬레이터를 기반으로 다양한 경우를 효과적으로 비교하였다. 그림 4는 시뮬레이션 구조를 보여준다.

시뮬레이터는 3개의 서브넷으로 구성되어 있으며 각 서브넷은 경계 라우터(BR: Border Router)를 통하여 백본에 연결되어 있다. 각각의 서브넷은 계층으로 구성되어 있다. 서브넷 A는 3계층으로 구성되며 1계층 경계 라우터에는 1개의 AP와 4개의 라우터로 연결되어 있으며 2계층 라우터에는 각 라우터마다 1개의 AP와 1개의 하위 라우터로 연결되어 있다. 3계층 라우터에는 각 6개씩 도



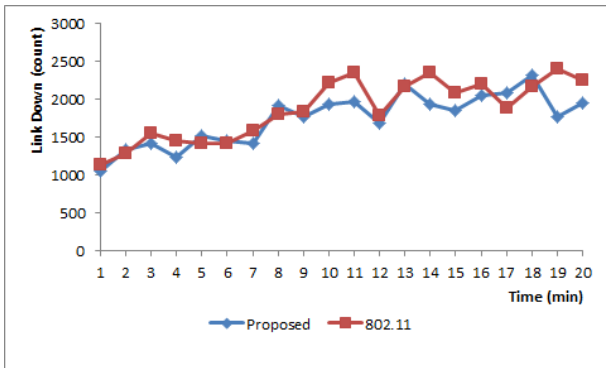
<그림 4> 시뮬레이션 구조

합 24개의 AP로 구성되어 있다. 서브넷 B는 3계층으로 구성되며 1계층 경계 라우터에는 1개의 AP와 2개의 라우터로 연결되어 있으며 2계층 라우터에는 각 라우터마다 1개의 AP와 1개의 하위 라우터로 연결되어 있다. 3계층 라우터에는 각 3개씩 도합 6개의 AP로 구성되어 있다. 서브넷 C는 2계층으로 구성되며 1계층 경계 라우터에는 1개의 AP와 1개의 라우터로 연결되어 있으며 2계층 라우터에는 3개의 AP로 구성되어 있다.

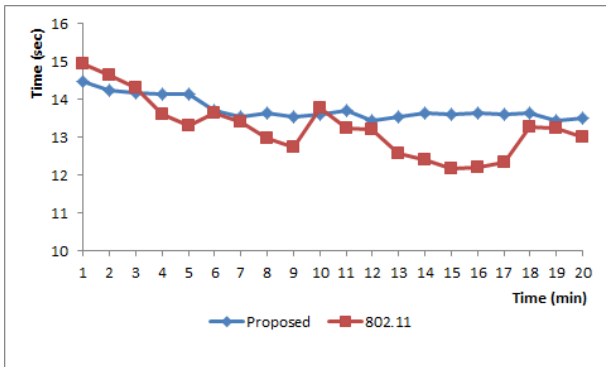
실험에 있어서 2종류의 MH를 생성하였다. 한 종류는 MR(:Mobile Router) 기능도 함께 수행하며 다른 종류는 MH의 기능만을 수행한다. 이 시뮬레이션에서는, 70개의 MR과 150개의 MH가 생성되었다. 각각의 모바일 장치는 초기 위치는 무작위로 설정되어있으며 무작위 이동성을 가지고 있다. 또한 모바일 사용자의 트래픽 패턴을 고려하여 3%정도의 MH는 해비 유저로 분류하여 보다 많은 부하를 발생시키고 10%정도의 MH는 라이트 유저로 분류하여 보다 적은 부하를 발생시켰다.

5.2 실험 결과 및 분석

첫 번째 실험에서, 본 논문에서 제안하는 DE기반 검색 기법과 802.11 검색 기법간의 연결 끊김 현상을 비교하였다. 그림 5는 20분 시점까지의 연결 끊김 횟수를 보여준다. 두 개의 검색 기법은 거의 비슷한 성능을 보여준다. 20분동안 누적 연결 끊김 횟수는: 제안기법 = 34827, 802.11 = 37383 (1.07% 성능향상).

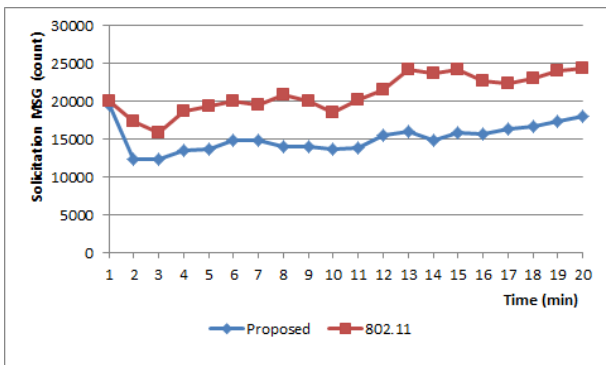


<그림 5> 20분동안 연결 끊김 횟수



<그림 6> 20분동안 평균 연결시간

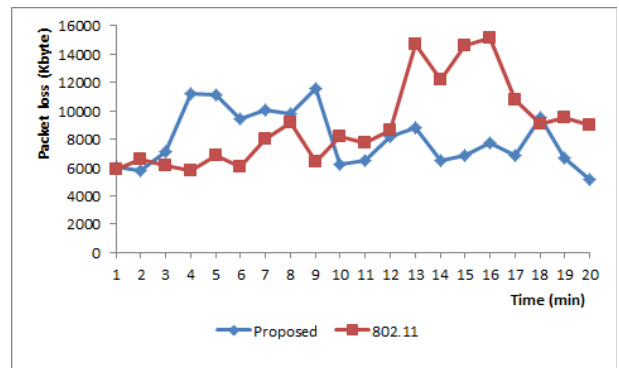
그림 6은 20분동안 평균 연결시간을 보여준다. 분까지 연결의 평균 기간을 보여준다. 제안하는 프로세스가 802.11보다 약간 오래 연결되어 있음을 보인다. 20분간 총평균 연결 기간 분에 연결의 총 평균 기간 : = 13.74secs 802.11을 제안 = 13.24sec (0.5초 차이 거의 동일).



<그림 7> 20분동안 유도 메시지 발생 횟수

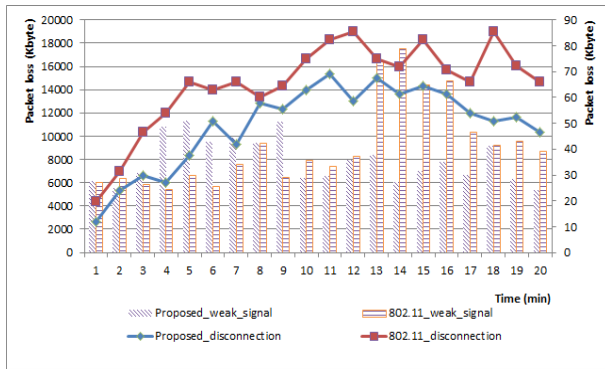
그림 7은 MH가 20분동안 발생시킨 유도 메시지의 수를 보여준다. 초기 상태인 1분 이내의 시간동안은 두 개의 검색 기법이 동일함을 보인다.

그 이유는 모든 MH들은 초기 상태에서 네트워크를 찾을 유도 메시지를 보내기 때문이다. 그림 7에서 제안된 발견 과정은 802.11 발견 과정 30% 정도 적은 유도 메시지를 보냈다. 20분동안 유도 메시지의 총 개수는 : = 302,872, 802.11 = 420,563이다. MH는 연결이 끊겼을 때 유도 메시지를 새로운 AP을 찾는 데 사용한다. 유도 메시지는 MH의 상태를 idle 에서 active로 변환 시키기에 signaling 부하 뿐만 아니라 배터리 소모도 발생시킨다. 이 실험의 결과는 30%정도의 배터리 수명증가와 signaling 부하가 약 30% 감소되는 것을 의미한다. 이는 본 연구의 첫 번째 중요한 결과다.



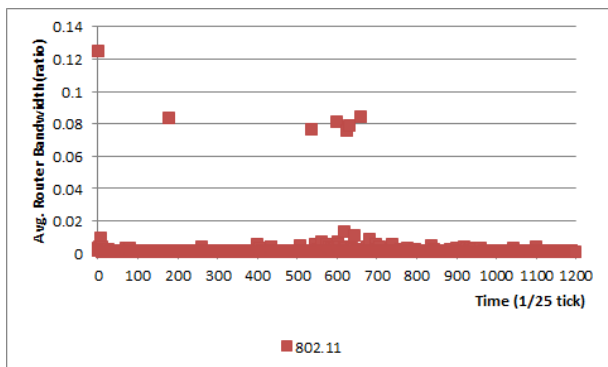
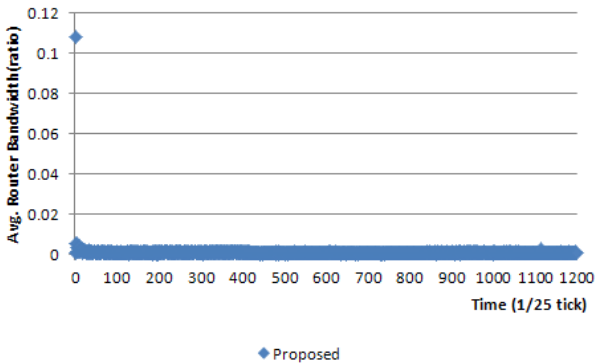
<그림 8> 20분동안 패킷 손실

그림 8은 20동안 발생한 패킷 손실을 보여준다. 두 검색 기법 모두 802.11의 probe scanning 방법을 사용하였으며 제안하는 검색 기법이 802.11의 기법보다 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. 20분동안 총 패킷 손실 : 제안 = 160927Kbytes 802.11 = 180193Kbytes (2.3 % 증가). 20분동안 20Mbytes 정도의 데이터가 손실되었다. 이는 본 연구의 두 번째 중요한 결과다.



<그림 9> 20분동안 패킷 손실 세부 분석

그림 9는 20분동안 발생한 패킷손실을 구체적으로 보여준다. 패킷 손실의 구체적인 이유는 약한 신호와 연결 끊김이다. 20 분의 총 패킷 손실: Proposed_weak_signal = 159,847 Kbytes, 802.11_weak_signal = 184,192.5Kbytes (3.6% 증가), Proposed_disconnection = 909Kbytes, 802.11_분리 = 1,282.5 Kbytes (8.52%증가).



<그림 10> 20분동안 라우터 대역폭 평균 비율

그림 10은 20분동안 라우터 대역폭의 평균 비율을 보여준다. 보다 명확한 분석을 위하여 x축의 단위를 tick단위로 변경하였다. (25 tick = 1 sec, 예. 25 tick x60 x 20 =1,200)

제안한 검색 기법은 initial state를 제외하고

부하가 균일하게 발생하였으나 802.11의 경우 100-200사이 1회, 500-600사이 1회, 600-700 사이 6회 부하가 급격하게 발생하였다. 두 기법의 비교를 통하여 제안하는 기법은 AP와 라우터의 부하 분산과 토폴로지의 확장성을 제공하였다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 새로운 무선 영역에 진입시 최적의 AP를 선택하기위한 문제를 해결하기위하여 연구를 진행하였다. 기존의 802.11에서 사용하는 SSID와 SSS(Strongest Signaling Strength)만을 가진 선택 기법은 다양한 경우에 대하여 고려하지 못하였다. 논 논문에서는 추가적인 고려사항으로 MH의 상태, 각 AP와 라우터의 부하를 고려하였다. 추가된 정보를 수집하기위하여 3계층 라우터 광고 메시지를 확장하였다. 제안한 알고리즘을 자동화 연결을 위한 DE로 구현하여 AP와 라우터 분석을 통하여 최적의 AP를 결정하는 검색 알고리즘을 제안하고 그 과정을 자동화 하였다.

실험 분석에서 제안한 기법은 연결 기간을 증가시킴으로 그 결과 패킷 손실이 2.8% 감소하였다. 특히, 네트워크 단절으로 인한 패킷 손실을 6.52 % 감소하였다. 지속적인 연결로 인하여 각 MH의 유도 메시지의 30%를 감소시킨다. 그 결과는 배터리 수명의 약 30%가 증가되어 제공과 오버 헤드가 신호의 30% 이상이 감소된다. 구현한 시뮬레이터는 매우 많은 자원을 소모하기에 801.11 기본 검색 기법과 비교하게 되었고 대역폭의 추가적인 요소를 추가하지 못하였다. 향후 본 연구를 확장하여 다양한 추가 네트워크 정보를 수집하여 보다 성능이 높은 알고리즘을 제안할 예정이다.

참고 문헌

- [1] RFC 5416: Control and Provisioning of Wireless Access Points (CAPWAP) Protocol Binding for IEEE 802.11. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5416.txt>.
- [2] S. Shin, A. Singh and H. Schulzrinne, (2004). Reducing MAC Layer Handoff

Latency in IEEE 802.11 Wireless LANs. *International Conference on Mobile Computing and Networking*.

[3] H. Velayos and G. Karlsson, (2004). Techniques to reduce the IEEE 802.11b handoff time. *IEEE International IEEE International Conference on Communications*.

[4] Y. Liao and L. Gao, (2006). Practical Schemes for Smooth MAC Layer Handoff in 802.11 Wireless Networks. *World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*. IEEE.

[5] N. Montavont, J. Montavont and T. Noel, (2005). Enhanced schemes for L2 handover in IEEE 802.11 networks and their evaluations. *IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*.

[6] I. Koutsopoulos and L. Tassiulas, (2007). Joint optimal access point selection and channel assignment in wireless networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*.

[7] RFC 4861: Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6). <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4861.txt>.

[8] RFC 5380: Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6). <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5380.txt>.

[9] Surasee Prahmkaew, (2011). Performance Evaluation of Convergence Ad Hoc Networks. *Journal of Convergence, Vol.1, No.1*, pp.101-106.

[10] G. Castignani, A. Arcia, and N. Montavont, (2011). A study of the discovery process in 802.11 networks. *Presented at Mobile Computing and Communications Review*.

[11] Khurram Javed, Umar Saleem, Khalid Hussain, Muhammad Sher, (2011). An Enhanced Technique for Vertical Handover of Multimedia Traffic between WLAN and EVDO. *Journal of Convergence, Vol.1, No.1*, pp.107-112.

[12] Masahiro Hiyama, Elis Kulla, Tetsuya Oda, Makoto Ikeda, Leonard Barolli, (2011). Application of a MANET Testbed for horizontal and vertical scenarios: performance evaluation using delay and jitter metrics. *Human-centric Computing and Information Sciences*.



이 대 원

2001 순천향대학교
전기전자공학부(공학사)

2003 고려대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

2009 고려대학교 컴퓨터교육학과(이학박사)

2009~2011 서경대학교 교양과정부 대우교수

2009~현재 서경대학교 교양과정부 조교수

관심분야: 클라우드 컴퓨팅, 모바일 컴퓨팅, 분산 시스템, 컴퓨터교육, u-러닝

E-Mail: daelee@skuniv.ac.kr