

# 혼잡분산을 고려한 IEEE 802.11 Access Point 선택정책

이광교\*, 최창열\*

\*강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

e-mail:sicaf@kangwon.ac.kr

## Implementation of Access Point Selection Policy for Congestion Relief in IEEE 802.11 WLANs

Kwang-Gyo Lee\*, Chang-Yeol Choi\*

\*Dept. of Computer and Communications Engineering

Kangwon National University

### 요 약

무선LAN 환경에서는 대체로 AP(Access Point)의 신호세기만으로 사용할 AP를 선택하므로, 모바일 노드 사용이 한 영역으로 집중되면 특정 AP에 혼잡이 초래되어 전체 네트워크의 사용 효율이 저하된다. 본 논문에서는 각 AP의 부하 정보를 이용해 핫스팟의 혼잡을 분산시키고 AP의 데이터 전송속도를 최대한 보장하는 AP 선택 정책을 제안하고 이를 응용하는 시스템을 구현하였다. 실측 데이터를 적용하여 시험한 결과, AP의 혼잡이 분산되고 네트워크 사용 효율이 기존 방식보다 우수함을 확인하였다.

### 1. 서론

인구가 밀집된 관공서, 학교, 병원에 IEEE 802.11 무선 랜 인프라가 구축되고 모바일 기기의 사용이 보편화되면서 사람들은 어디서나 인터넷에 쉽게 접근할 수 있다. 이를 위해 많은 AP가 설치되면서 모바일 기기 사용자들은 여러 AP를 동시에 탐지하게 된다. 무선 인터넷 사용자의 요구 대역폭이 점점 증가하면서 탐지된 여러 AP들 중에 데이터 전송속도를 최대로 보장하는 AP를 선택하는 것이 중요해 졌다[2]. 특정 AP의 최대 데이터 전송률은 전송 거리와 그 AP의 부하에 영향을 받으므로 데이터 전송속도를 최대로 보장하기 위해서는 두 가지를 항상 고려해야 한다[7]. 하지만 대부분의 연구는 신호세기만을 이용하여 가장 가까운 AP를 선택하므로 모바일 노드가 밀집되면 특정 AP에 혼잡이 생겨 전체 네트워크의 사용 효율이 저하된다. 한편 신호세기는 낮지만 부하가 적은 AP를 선택하여 데이터 전송률을 높이기도 한다[1].

Ekici 등 [1]은 최적 AP를 선택하기 위해 신호세기, 이용 가능한 AP, AP 부하를 함께 고려하였다. 이 기법은 연결된 노드들에게 MSDU(Mac service Data Unit) 프레임을 한번 씩 모두 전달되는데 걸리는 지연시간을 AP 부하로 한다. 하지만 이 지연시간은 각 노드의 연결속도를 알아야 하고 AP에 연결되는 노드수의 변화와 각 노드의 네트워크 이용률에 따라 달라지기 때문에 항상 상황에 맞는 AP 부하를 계산하기가 매우 어렵다. 따라서 모바일 노드가 802.11 네트워크 모니터링 서버로부터 각 AP의 부하 정보를 획득, 동적인 무선 네트워크의 상태 설정을 자동으로 수행하여 최적 AP 선택 비용을 줄이고, 항상 최적의 무선

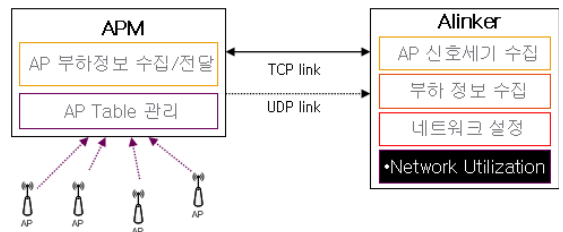
환경을 보장하는 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 AP 혼잡을 분산시켜 네트워크 사용 효율을 개선하는 AP 선택 정책을 제안하고 실제 정책이 적용된 시스템을 구현한다. 제안하는 AP 선택 정책은 AP의 최대 데이터 전송속도가 보장되는 최소 신호세기를 구해 선택 우선지역을 구하고, 로컬 네트워크 모니터링을 통해 핫스팟의 혼잡을 분산하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 혼잡 분산을 위한 최적의 AP 선택 정책을 설계하고 3장에서는 시스템 구현과 시험을 한다. 4장에서는 시험 결과를 토대로 성능 평가를 하고 5장에서 결론을 맺는다.

### 2. 시스템 설계

전체 시스템은 그림 1과 같이 구성된다. APM(AP Monitor)은 각 AP에 연결된 노드 수와 부하 정보를 수집하여 가입된 모바일 노드들에게 정보를 제공하고, Alinker는 제공 받은 정보에 근거하여 네트워크 환경을 동적으로 설정한다.

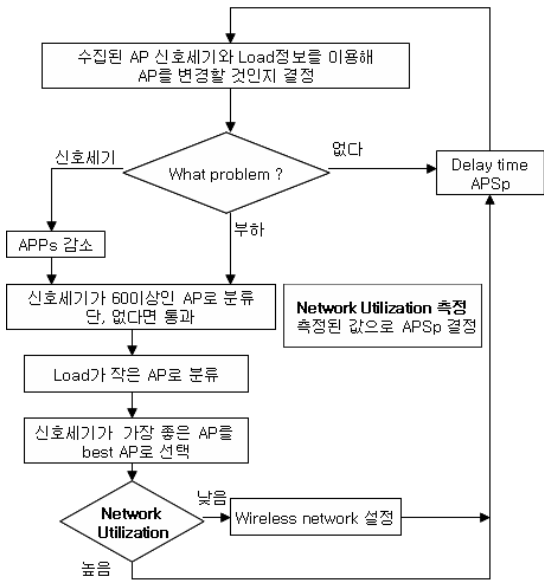


(그림 1) 전체 시스템 구성

## 2.1 네트워크 환경의 자동설정 : Alinker

Alinker는 신호세기와 AP 부하 정보에 근거하여, 최적의 AP를 선택하여 네트워크 환경을 자동으로 설정한다. 로컬 네트워크 이용률 감시모듈은 이용률의 크기에 따라 AP 탐색 주기와 AP 혼잡 정도에 따라 전이 여부를 결정하며, 로컬 시스템에서 동작 중인 프로세스를 주기적으로 감시해 인터넷 사용여부를 판단한다. 인터넷을 사용하지 않으면 WNIC의 txpower를 off시켜 전력소모를 줄인다.

### 2.1.1 최적 AP의 선택



(그림 2) 최적 AP의 선택

최적의 AP는 그림 2와 같이 선택된다. 먼저 AP의 신호세기를 APSp(AP Search period) 간격으로 측정하고 APM으로부터 비동기적으로 부하 정보를 수신한다. 연결 AP의 신호세기와 부하를 검사하여 둘 중 하나라도 문제가 있으면 다른 AP로 전이한다. 만약 신호세기가 급격히 떨어지면 모바일 노드가 이동 중인 것으로 판단해 APSp를 감소시켜 다음 AP로 전이하는 동안에 발생할 수 있는 연결실패 시간을 줄인다.

탐지되는 여러 AP는 신호세기와 부하를 기준으로 분류한다. 신호세기는 Linux 환경의 'iwconfig command'로 계산되는 Link Quality 값을 따른다. 802.11 환경의 신호세기는 주변 가구나 벽 등으로 발생하는 다중경로전파 특성, 채널간섭으로 일정하지 않기 때문에 높은 신호세기들의 작은 차이를 비교하는 것은 무의미하다[3, 7]. 본 논문에서는 AP의 데이터 전송속도를 최대로 보장하는 최소 신호세기를 실측을 통해 결정하고, 이보다 큰 AP들을 우선 분류하여 사용 가능한 데이터 전송속도를 우선 고려한다. 그 다음 부하가 가장 작은 AP를 선택한다. 부하가 같으면 신호세기가 큰 것을 'best AP'로 최종 선택한다. 높은 신호세기보다 데이터 전송속도와 AP 부하를 먼저 고려함으로써 혼잡한 AP를 피하면서 먼 거리에 따른 데이터 손실을

줄여 전체 네트워크 사용 효율을 향상시킨다.

모바일 노드가 이동 중이면 무조건 'best AP'로 전이를 시도하지만, 정지한 경우에는 네트워크 이용률에 따라 전이 여부를 결정한다. 즉, 연결 AP가 혼잡 상태에 있을 때 네트워크 이용률이 혼잡 분산의 기준이 되는데 이것은 다음 절에서 설명한다.

### 2.1.2 AP 정보 수집

각 AP의 정보로서, APSp 값을 주기로 신호세기를 측정하고, AP 부하 정보는 모바일 노드가 새 AP와 연결 후 APM에 가입하면서 수신하고 이후에도 계속 부하가 변할 때 그 값들을 APM으로부터 수신한다. 가입은 TCP link를 사용해 연결의 정확성을 보장하고, 이후에 APM으로부터 비동기적으로 수신하는 부하 정보는 UDP link를 사용해 빈번한 소켓 생성에 따른 부하를 줄인다.

### 2.1.3 네트워크 이용률 모니터링

Alinker는 스스로 주변 AP 정보를 수집하고 모바일 노드의 네트워크 상황에 따라 최적의 AP를 선택, 설정한다. 상황을 판단하는 기준으로 네트워크 이용률(Network Utilization)에 따라 APSp와 연결된 AP에 혼잡이 발생하면 다른 AP로 전이 여부를 결정한다.

APSp는 작을수록 모바일 노드의 동적 상황에 빨리 대처할 수 있지만 정적 상황에서는 불필요한 전력소비가 발생한다. APSp가 클수록 전력소비는 작아지지만 상황 변화에 대처가 느려져 다음 AP로 전이할 때 까지 연결실패 시간이 증가되어 사용자가 불편해 진다. Alinker는 노드의 위치가 정적일 때와 동적일 때의 두 가지 APSp 값을 결정하여, 네트워크 이용률이 작으면 정적인 경우를, 크면 동적인 경우를 적용해 상황에 맞게 APSp를 조절하여 적정 AP 탐주기기를 찾는다.

AP가 혼잡해지면 네트워크 이용률에 따라 혼잡 분산을 결정한다. 각 노드가 네트워크 이용률을 검사하여, 단순히 웹서비스를 이용하는 경우보다 작을 때 다른 AP로 전이한다. 네트워크 이용률이 큰 노드가 작은 노드보다 전이에 따른 인터넷 연결실패 비용이 크며 큰 노드가 전이되면 또 다른 AP의 혼잡을 야기하기 때문이다.

## 2.2 APM(AP Monitor)

APM은 AP의 부하 정보, 연결된 노드 수, 연결된 노드들의 IP 주소를 기록하고 부하의 변동 내역을 비동기적으로 알린다.

모바일 노드는 Alinker를 이용해 새 AP와 연결하면서 APM 가입을 요청한다. TCP link로 AP의 MAC 주소와 노드의 IP 주소를 전달받아 가입을 처리하며, 이 가입정보는 AP의 가변적 부하 정보를 UDP link로 가입된 노드에게 알릴 때 사용된다.

각 AP의 부하는 SNMP를 지원하는 AP의 무선영역 송수신 데이터양을 주기적으로 측정해 결정한다.

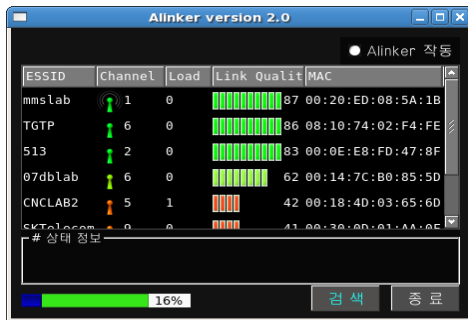
### 3. 구현 및 시험

Linux용 C++ 개발 toolkit인 QT 3.3.7[8]로 시스템을 구현하였다. APM과 Alinker의 사용자 인터페이스는 QT Designer를 사용했다.

Alinker는 APSp에 따라 주기적으로 주변 AP 신호세기를 측정하는 모듈, APM에 가입 및 부하정보를 수신하는 모듈, 네트워크 이용률을 감시하는 모듈, 선택된 'best AP'를 네트워크에 적용하는 모듈로 구성한다. APM은 모바일 노드의 가입을 처리하고 기록하는 모듈과 주기적으로 각 AP의 부하 정보를 수집 및 전달을 하는 모듈로 구성한다. Alinker는 부하 정보를 받기위해 UDP link의 서버가 되고, APM은 모바일 노드의 가입처리를 하기위해 TCP link의 서버가 된다.

AP는 SNMP를 지원하는 Netgear사의 WG-102를 사용했고, AP 부하는 Linux open source인 net-snmp-5.4.1[9]을 설치하여 아래와 같이 계산하였다.

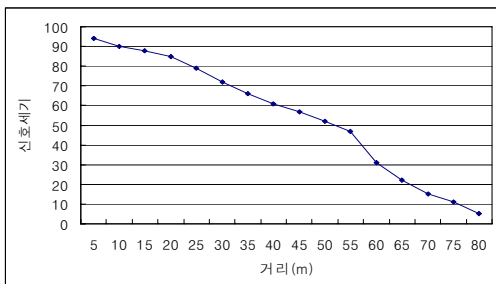
```
Tx=> snmpget -v1 -c public .1.3.6.1.4.1.4526.4.3.4.2.1.11.1
Rx=> snmpget -v1 -c public .1.3.6.1.4.1.4526.4.3.4.2.1.10.1
```



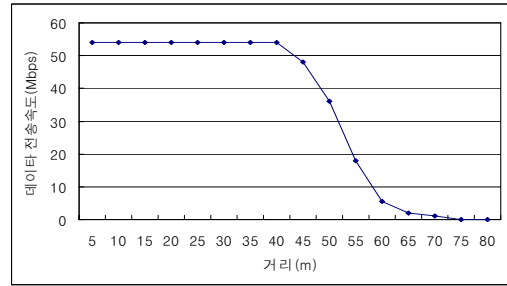
(그림 3) Alinker Interface 화면

그림 3은 Alinker의 실행 화면으로서, 검색된 각 AP의 ESSID, 채널, 부하, 신호세기, MAC 주소를 표시해주며, 네트워크 이용률은 시스템 명령어 'netstat -I[interface]'를 이용해 수집하여 표시한다.

시험은 다른 AP 선택 정책들인 SSF(Strong Signal first), LLF(Least Loaded AP first), Alinker를 동일한 시나리오에 적용해 비교했다. 각 정책은 시나리오에서 각 모바일 노드의 AP를 결정하고, 전체 네트워크 이용률을 계산하기 위해 거리별 신호세기와 500KB/s 속도로 데이터 전송시 거리별 최대 데이터 전송속도 변화량을 실외를 기준으로 실측한 결과를 이용했다.



(그림 4) 거리별 신호세기의 변화



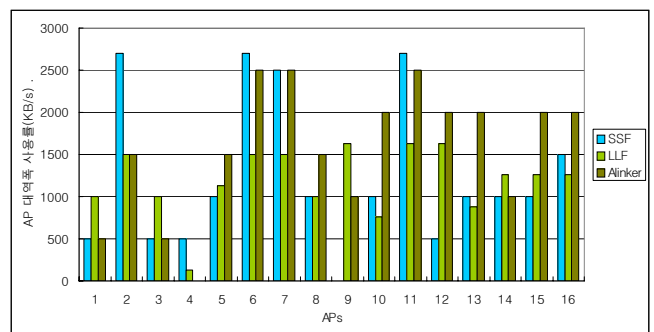
(그림 5) 거리별 데이터 전송속도

그림 4와 그림 5는 실측한 결과를 나타낸다. 실측 결과를 보면 신호세기 60, 거리 40m까지는 802.11g의 최대 데이터 전송속도인 54Mbps가 보장되는 것을 알 수 있으며, 이 값을 Alinker의 AP 선택 우선지역으로 정하고 정책에 적용한다.

제안시스템의 성능은 [1]과 비슷하게, 크기 200m×200m인 전시회장에 40m 간격으로 배치된 16개의 AP와 임의 분포된 모바일 노드 50개를 사용하여 평가한다. 그림 7은 SSF와 Alinker가 각각 적용된 시험 시나리오를 나타낸다. 각 모바일 노드는 500KB/s로 데이터를 전송한다고 가정할 때, 각 AP의 최대 데이터 송신 대역폭은 실측한 결과인 2.7MB/s로 하며, 노드들 사이의 간섭에 따른 데이터 전송속도 저하는 무시한다.

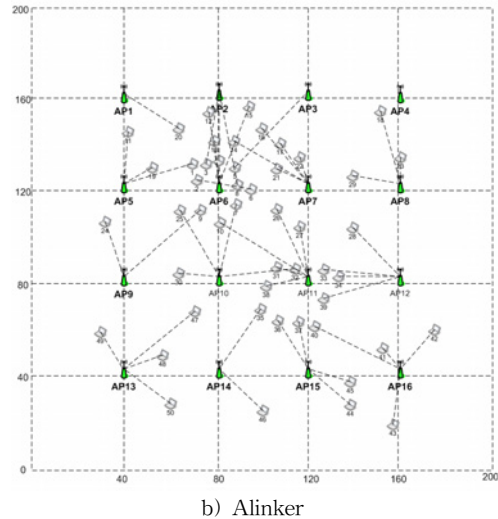
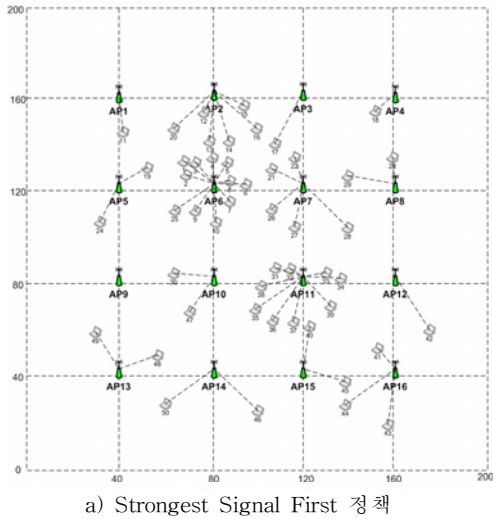
### 4. 성능 평가

그림 6은 AP-2, AP-6, AP-7, AP-11에 모바일 노드가 밀집되었다고 가정했을 때 AP 선택 정책별 각 AP의 부하를 보인다. SSF는 가장 가까운 AP를 우선하기 때문에 모바일 노드가 밀집한 세 AP에 과부하가 발생하지만, LLF에서는 가장 작은 부하가 걸린 AP를 우선하기 때문에 모든 AP에 비교적 고르게 부하가 분산되었다. 하지만 SSF는 몇몇 AP의 과부하로, LLF는 AP와의 거리가 멀어



(그림 6) 802.11g에서 3가지 AP 선택방식별 각 AP의 부하

발생하는 데이터 전송속도 저하에 따라 전체 네트워크 이용률이 떨어졌다. Alinker는 데이터 전송속도가 최대로 보장되는 선택 우선지역에서 작은 부하가 걸린 AP를 선택하기 때문에 SSF와 같은 특정 AP의 과부하를 과하면서 LLF와 같이 모든 AP의 부하가 고르게 나타났다. 전체 네



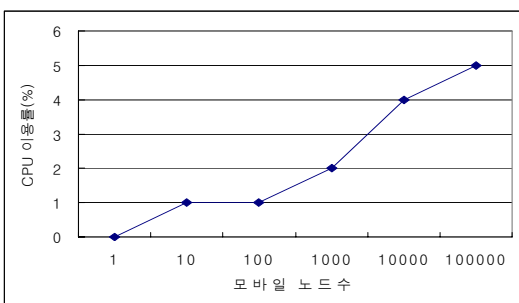
(그림 7) 16개 AP와 50개 노드로 구성된 환경에서 SSF와 Alinker의 AP 연결 시나리오

트위크 이용률은 SSF와 LLF는 각각 80%와 76%이지만 Alinker는 100%를 보였다.

Alinker와 APM이 시스템에 미치는 영향을 확인하기 위해 각각의 CPU 이용률을 측정했다. Alinker가 주기적으로 정보를 수집할 때의 CPU 이용률은 최대 3%로서, 운영체제가 Idle 상태일 때의 CPU 이용률 2~3%인 것과 같이 부하가 작게 나타났다.

APM이 Alinker에 변동된 부하 정보를 UDP link를 이용해 전달할 때의 CPU 이용률은 그림 8과 같다. UDP의 특성상 노드수가 크게 증가해도 CPU 이용률은 매우 작았다.

SNMP를 통해 한번 질의에 사용하는 CPU 이용률은 평균 4.5%였고 연속된 질의의 수가 증가할수록 부하도 비례하게 증가하였다. APM은 질의당 1초씩의 시간차를 뒤서 부하를 피하였다.



(그림 8) APM이 CPU에 미치는 부하

## 5. 결론

본 논문에서는 각 AP의 부하 정보를 이용해 핫스팟의 혼잡을 분산시키고 AP의 데이터 전송속도를 최대한 보장하는 AP 선택 정책을 제안하였고, 이를 응용하는 시스템을 구현하였다. AP의 부하 정보를 수집하기 위해 802.11 네트워크 모니터링 서버와 서버로부터 획득한 AP의 부하 정보를 이용해 최적의 AP를 선택, 설정하는 자동 네트워크 설정 시스템을 설계 및 구현해 항상 모바일 노드에 최적의 무선 환경을 보장하였다. 실측 데이터를 적용하여 시

험한 결과, AP의 혼잡이 분산되고 네트워크 사용 효율이 기존 방식보다 우수함을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] Ozgur Ekici and Abbas Yongacoglu, "A Novel Association Algorithm for Congestion Relief in IEEE 802.11 WLANs" in IWCMC'06, July 2006.
- [2] Anthony J. Nicholson, Yatin Chawathe, Mike Y. Chen, Brian D. Noble, David Wetherall, "Improved Access Point Selection" in MobiSys'06, June 2006.
- [3] Vivek Mhatre, Konstantina Papagiannaki, "Using Smart Triggers for Improved User performance in 802.11 Wireless Networks" in MobiSys'06, June 2006.
- [4] Jeongjoon Lee, Catherine Rosenberg, Edwin K.P.Chong, "Energy Efficient Schedulers in Wireless Network:Design and Optimization" in WiOpt'04, March 2004.
- [5] Yiqiang Chen, Qiang Yang and Jie Yin, "Power-Efficient Access-Point Selection for Indoor Location Estimation," in IEEECS, May 2006.
- [6] Robert Akl and Sangtae Park, "Optimal Access Point Selection and Traffic Allocation in IEEE 802.11 Networks" in WMSCI, May 2005.
- [7] Eduard Garcia, Lluís Faixó, Rafael Vidal and Josep Paradells, "Inter-Access Point Communications for Distributed Resource Management in 802.11 Networks" in WMASH, September 2006.
- [8] QT-CODE LESS. CREATE MORE.D. <http://www.trolltech.com/qt/>.
- [9] net-snmp-5.4.1, <http://www.net-snmp.org/>.