

와이파이 속도 극대화 애플리케이션

유규상¹, 최민석¹, 장백철^{1*}
¹상명대학교 미디어 소프트웨어학과

WiSMax : Wifi Speed Maximization Application

Kyu-Sang Ryu¹, Min-Seok Choi¹, Beakcheol Jang^{1*}

¹Department of Media Software, Sangmyung University

요약 오늘날, 사용자들은 스마트 폰, 태블릿 등의 장치를 사용하여 항상 인터넷 서비스를 즐길 수 있다. 이러한 일을 일어날 수 있도록 하는 기술 중 하나가 Wifi이다. 그러나 휴대용 무선기기 사용자 들은 속도가 느려지거나 연결이 안정적이지 않다고 자주 생각하게 된다. 반면에, 휴대용 무선기기 사용자들은 사용 가능한 여러 개의 다른 무선 Wifi Access Point (엑세스 포인트)가 종종 존재 하는 것을 본다. 본 논문에서는 여러 Wifi 액세스 포인트 중 가장 좋은 Wifi 액세스 포인트로 연결을 주기적으로 변경하는 WiSMax라는 애플리케이션을 제안한다. WiSMax는 AP스캐닝을 통하여 기기 주변 AP의 메타정보를 비교하며 AP의 세기 값을 계산하여 실시간 세기의 변화를 보여주며 T주기마다 가장 적합한 AP를 n개 추천한다. 추천된 AP들 중 가장 좋은 신호의 AP를 추천하여 연결하는 방식으로 진행된다. 실험 결과 WiSMax는 기존 AP연결 알고리즘에 비해 평균 대략 15% 가량 다운로드가 빠르며, 신호의 세기 역시 평균 5dBm 높아 사용자에게 고속 인터넷 연결을 제공하는 것을 보여준다.

Abstract One of technologies that make it possible for users to enjoy always-on Internet service using potable devices does be Wifi. However, users frequently feel its connection is not stable or its speed becomes slow. On the other hand, users see multiple available Wifi access points exist often. In this paper, we present a smartphone application, called to WiSMax, that periodically changes its Wifi connection to the best one among available Wifi access points to maximize its speed. Experimental results show that WiSMax presents faster Internet connection than IEEE802.11 as much as about fifteen percent and higher signal strength than IEEE802.11 as much as about five dBm.

Key Words : High-speed Internet connection, Internet service, Wifi, Access point

1. 서론

오늘날 현대인들은 스마트폰이나 태블릿과 같은 휴대용 기기를 사용하여 언제 어디서나 인터넷에 접속 한다. Naver와 Google과 같은 인터넷 포털에 접속하여 뉴스나 정보를 검색하고, 카카오톡, 라인과 같은 SNS에 접속하여 메시지를 주고받는다. 메일서버에 접속하여 메일을 주고받고, 온라인 게임이나, 음악 사이트, 동영상 사이트에 접속하여 다양한 엔터테인먼트도 즐긴다. 인터넷 뱅킹에 접속하여, 입출금을 수행하고, 인터넷 마켓에 접속

하여, 장도 본다. 이러한 것들을 가능하게 하는 기술 중의 하나가 와이파이(Wifi) 통신이다. Wifi 기술은 액세스 포인트 (Access Point (AP))와 같은 인프라를 포함하여 무선랜 (Wireless Local Area Network (WLAN))이라고도 불린다 [1]. Wifi AP를 인터넷에 연결하여 설치하고, 휴대용 기기들은 Wifi AP를 통해 인터넷에 접속하게 된다. Wifi는 표준 WLAN의 규격인 IEEE802.11을 따르고, IEEE802.11은 a, b, g, n 등 여러 규격을 제공한다. 이러한 Wifi 통신은 다음과 같은 큰 장점이 있다. 첫째 데이터 전송 속도가 빠르다는 것이다 (b: 11Mbps, a,

본 연구는 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음.

*Corresponding Author : Beakcheol Jang (Sangmyung University)

Tel: +82-2-781-7568 email: bjang@smu.ac.kr

Received November 19, 2014

Revised (1st February 27, 2015, 2nd May 6, 2015)

Accepted May 7, 2015

Published May 31, 2015

g: 54Mbps, n: 150 ~ 600Mbps) [2]. 둘째 AP의 설치가 수월하고, 설치하는데 드는 비용이 저렴하다. 이러한 장점으로 Wifi의 보급이 폭발적으로 증가해 왔으며, 그 결과 사람들은 집과 직장은 물론 카페, 버스나 지하철과 같은 대중교통, 음식점 등에서 편리하게 무선 통신을 사용할 수 있게 되었다 [3, 4]. 하지만 사용자들이 가까운 거리를 움직이거나 한 자리에 머물러 있더라도 빈번히 인터넷 접속이 불안정하거나, 속도가 느려지는 것을 느낀다.

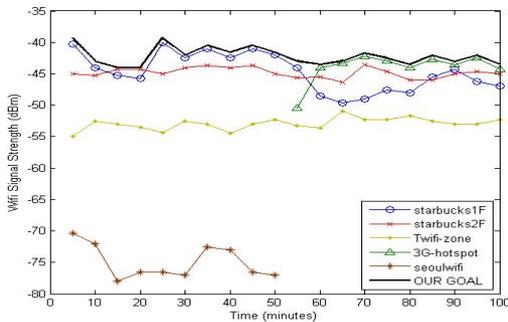


Fig. 1. Starbucks Wifi strength measurement analysis

문제 정의(Problem Statement): Wifi AP의 설치가 쉽고, 그 가격이 저렴하기 때문에, 누구든 Wifi AP를 쉽게 설치할 수 있다. 그러므로 휴대용 무선기기 사용자들은 흔히 자신의 휴대폰에서 접속 가능한 여러 개의 Wifi AP가 있음을 확인할 수 있다. Fig. 1은 2014년 2월 15일 명동 스타벅스 커피숍에서 움직이지 않고, 스마트폰으로 검색한 Wifi AP들의 signal strength를 보여 준다. 5개의 사용 가능한 Wifi AP가 있고, AP들의 신호의 세기는 시간이 지남에 따라 변한다. 처음에는 "starbucks1F"의 신호가 강하지만, "starbucks2F"가 강할 때가 있고, "3G-hotspot"이 강할 때도 있다. "starbucks1F"의 신호는 "starbucks2F"의 신호 보다 그 변화의 폭이 크다. 이는 사용자 수의 차이, AP와 단말기 간의 거리의 차이, 장애물 등의 요인으로 들 수 있다. 이러한 요인들에 의해 위의 실험은 시간에 따라 가장 강한 신호를 가진 Wifi AP가 다르다는 것을 명확히 보여 준다. 이렇듯 여러 가지 요인에 따라 Wifi의 신호의 세기는 강하기도하고, 약해지기도 한다. 하지만 현재 스마트폰의 Wifi 연결 알고리즘은 처음 연결된 AP의 신호의 세기 값이 '0'이 되어야만 다른 AP를 찾기 시작한다. 이러한 이유 때문에 대용 무선기기 사용자들은 처음 연결된 AP 신호의 세기가

약해졌음에도 불구하고 계속 그 AP를 사용하게 되므로 인터넷 접속이 불안정하거나 속도가 느려지게 되어, 불편함을 느끼게 되는 것이다. 만약 사용 가능한 Wifi AP들의 신호를 주기적으로 확인하여, 가장 강한 신호를 가진 Wifi AP로 연결을 바꿔줄 수 있다면, Wifi의 속도를 극대화 할 수 있을 것이다. 즉 이러한 알고리즘을 가진 Wifi AP 연결 애플리케이션을 개발하여 사용한다면, 그림 1과 같은 환경에서 굵은색 선인 "our goal"로 표시했듯이 사용자는 가장 신호가 강한 AP와의 연결을 항상 갖게 되어 최적의 Wifi AP 연결 속도를 보장 받을 수 있을 것으로 기대 된다.

방법과 공헌 (Approach and Contribution): 이 논문은 Wifi의 속도를 극대화 하는 WiSMax 라고 불리는 스마트폰 애플리케이션을 선사 한다. Wifi의 속도를 극대화하기 위해, WiSMax는 스마트폰으로부터 사용가능한 AP들의 신호를 주기적으로 확인하여, 현재 연결 중인 AP의 세기보다 더 강한 AP가 있으면, 그 AP로 스마트폰의 Wifi 연결을 바꿔 준다. 실험 결과는 WiSMax를 실행 중인 휴대폰이 WiSMax가 없는 휴대폰 보다 더 빠르고 안정적인 Wifi 속도를 제공 한다는 것을 잘 보여 준다.

이 논문의 나머지는 다음과 같이 구성 된다. 2장에서 우리는 스마트폰에 설치된 Wifi 연결 알고리즘에 대해 기술하고, 기존의 Wifi 신호 세기에 관한 휴대폰 애플리케이션들과 연구들을 분석 한다. 3장에서는 WiSMax라고 불리는, 우리가 개발한 Wifi 연결 속도를 극대화하는 애플리케이션의 알고리즘과 구현 방법을 기술 한다. 4장에서 우리는 WiSMax를 적용한 실험 결과를 기술한다. 마지막으로 5장에서 논문의 결론을 맺는다.

2. 배경

본 장에서는 현재 스마트폰에서 사용되는 AP접속 방식과 그 방식의 문제점을 기술하고, AP 세기 정보 관련 연구들을 조사 및 분석하여, 문제점을 해결하기 위해 필요한 주요 기능들을 탐구한다.

2.1 IEEE 802.11의 Wifi 연결 알고리즘

기존 스마트폰의 AP 접속 방식은 실시간으로 AP 스캐닝을 통하여 현재 연결되어있는 AP의 메타정보를 가져와 신호의 세기가 0이 되어서 완전히 연결이 끊어지

Table 1. Wifi strength measurements application performance analysis

	Wifi list	Wifi Signal strength measurements	Recommendations and connection	Refresh
BENCHBEE	X	○	X	X
inSSIDer	○	○	△ (Recommendation ○, Connection X)	○
Wifi analyzer	○	○	△ (Recommendation ○, Connection X)	X
Wifi & Mobile Network Speed	○	○	X	X
Wifi Signal Analyzer Administrator	○	○	△ (Recommendation ○, Connection X)	X

면, AP스캐닝을 통하여 가장 세기가 강한 AP를 선택한다. 이렇듯 기존 AP 접속 방식은 점차 약해진 AP의 세기가 0이 되고 나서야 다시 AP스캐닝을 통하여 AP를 찾아 연결하기 때문에, 신호의 세기가 0이 되기 전에는 신호의 세기가 약해져 좋지 않은 AP가 되었다 하더라도 계속하여 연결하는 문제점이 있다.

2.2 관련연구

Wifi의 측정 속도와 연결 상태를 확인하고자 사용하는 애플리케이션으로 대표적인 것은 BENCHBEE [5], inSSIDer [6], Wifi analyzer [7], Wifi & Mobile Network Speed [8] 와 와이파이 신호 분석기 관리자 [9]가 있다. 이 애플리케이션들을 Wifi 리스트, Wifi 신호 세기 측정, 추천 및 연결, 새로고침 순의 중점 이슈로 살펴본다.

- **Wifi 리스트** : 사용자 주변 연결가능한 모든 Wifi를 리스트화하여 보여줄 수 있는지에 대해 확인한다.
- **Wifi 신호 세기 측정** : Wifi Channel 별로 각각 신호의 세기를 측정할 수 있는지에 대해 확인한다.
- **추천 및 연결** : 가장 좋은 Wifi Channel 추천 및 연결이 가능한지에 대해 확인한다.
- **새로고침** : 애플리케이션 실행 시 Wifi를 검색하여 연결된 뒤, 사용자가 이동하여 Wifi 범위를 벗어난 경우, 새로 측정해야하는 어려움이 있기 때문에 새로고침 기능의 유/무를 확인한다.

Table 1은 앞서 사용자들이 대표적으로 사용하고 있는 애플리케이션들을 중점 이슈들로 분석한 표이다. 분석결과 BENCHBEE 애플리케이션은 현재 연결된 Wifi의 신호 세기만 측정하는 애플리케이션이기 때문에 주변

연결 가능한 모든 Wifi 리스트를 보여주지 못하지만, BENCHBEE를 제외한 나머지 애플리케이션에서는 주변 Wifi 리스트를 보여준다. 또한 모든 애플리케이션에서 Wifi 신호 세기 측정이 가능하고, inSSIDer, Wifi analyzer, 와이파이 신호 분석기 관리자에서는 측정된 Wifi 신호 세기로 가장 좋은 Wifi channel을 추천을 해주는 기능이 있다. 또한 Wifi 신호의 세기에 따라 연결이 가능하거나 연결이 되지 않을 경우에 대비한 새로고침 기능이 inSSIDer 애플리케이션에서만 가능하였다.

우리는 앞서 살펴본 애플리케이션들과는 다르게, 우리의 애플리케이션은 주변 Wifi 리스트들을 보여주고 각각의 AP의 신호 세기를 주기적으로 측정한다. 측정 결과를 바탕으로 현재 사용자에게 최적의 Wifi 채널을 추천하고 자동으로 그 연결을 변경한다.

3. 디자인

본 장은 WiSMax라 불리는 최적의 Wifi 연결을 보장하는 우리의 애플리케이션의 알고리즘을 설명한다. 본문에서 문제점으로 지적한 현재 AP연결 알고리즘은 연결된 AP의 신호 값이 0이 될 때까지 계속하여 연결되어있는 것이다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 사용자의 위치에서 주변 AP에 대한 메타정보를 수집하여 통계를 내는 방법을 사용한다. 이 후 주기 T 마다 세기가 강한 AP를 추천하여 연결가능 하도록 한다. 두 단계를 거쳐 이루어지는 알고리즘을 나누어 설명한다.

3.1 기기 주변 AP들의 세기 평균 비교

첫 번째, 주변 AP들의 평균 세기 비교는 AP스캐닝을 통하여 기기 주변 AP의 메타정보를 가져오며 시작된다.

AP의 메타정보 중 이름 과 세기를 가져와서 비교하며 해당 AP의 세기 값을 계산한다. 계속적인 AP스캐닝을 하여 검출된 정보를 가지고 현재 실시간 세기의 변화를 볼 수 있게 한다. 또한 해당 AP의 평균값을 시간의 흐름에 따라 실시간으로 계산하여 주변 AP의 세기와 평균 세기 모두 비교해 볼 수 있게 한다.

Fig. 2에서 AP스캐닝을 실시하였을 때 가장 세기가 센 5개의 AP들의 세기들을 1초 마다 스캐닝하여 화면에 보여준다. 처음 시작할 때 얻어진 5개의 AP들에 해당하는 세기를 시간에 따라 스캐닝 할 때 마다 더한다. 각각의 AP들의 누적 된 세기를 T로 나누어 평균을 계산한다. T마다 평균세기를 비교하여 신호의 세기가 좋은 순서로 저장하여 놓는다. T 이후 부터는 다시 새로운 5개의 AP들의 정보를 가져와서 진행하게 된다.

3.2 주기적인 AP 추천 및 연결기능

두 번째 알고리즘은, 3.1에서 저장된 AP들 각각의 평균세기들 중 주기적으로 가장 좋은 신호를 가진 AP를 추천하여 연결한다. AP 스캐닝을 하여 T 동안 AP들의 세기 정보를 모으게 된다. 이 알고리즘을 통해, 주기를 지정하고 지정된 시간에 AP를 변경하면 주변 AP들 중 가장 안정적인 AP와 연결 가능하다.

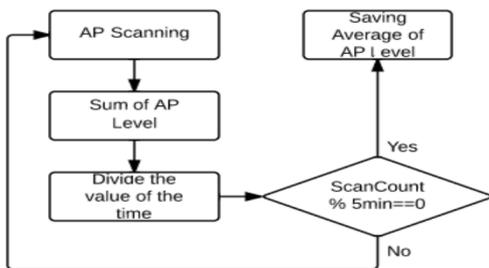


Fig. 2. The average strength of the distributed peripheral device to the AP

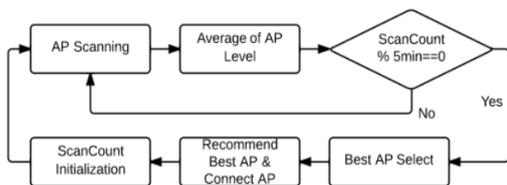


Fig. 3. When the specified time, AP recommend and connect

Fig. 3은 T 동안 실시간으로 주변의 AP를 스캐닝 하여 AP 세기의 평균을 계산하게 된다. T가 되지 않았을 경우 계속하여 스캐닝을 실시하여 평균을 계산하게 된다. T가 되었을 경우 저장된 AP 세기의 평균 중 가장 강한 세기의 AP를 찾는다. 찾은 AP를 추천하며 연결 가능하도록 한다.

스캐닝 시간정보를 초기화 하여 다시 AP 스캐닝을 실시한다.

본 논문에서는 T를 5분으로 하여 진행하지만, AP추천연결주기가 감소하면, 변화하는 네트워크의 상황에 보다 실시간으로 반응할 수 있다. 때문에 이 알고리즘을 통해 Wifi 신호의 세기가 0이 되지 않더라도 사용자에게 최상의 Wifi 채널을 자동으로 추천 및 연결을 가능하다.

4. 성능분석

4.1 실험환경

성능테스트를 위하여 대용 무선기기 사용자들이 흔히 Wifi를 사용하는 장소인 명동 스타벅스 커피숍에서 테스트를 진행하였다. 랩탑 MacBook Pro 두 대에 알FTP 프로그램을 사용하여 Wifi 채널의 다운로드 속도를 측정하였고, SAMSUNG GALAXY Note 3에 WiSMax의 데모 애플리케이션을 사용하여 Wifi 채널의 신호 세기를 측정하였다. 테스트 방법은 똑같은 크기의 1G 용량의 파일을 다운로드 하는 조건으로 WiSMax를 사용한 경우와 기존 IEEE802.11기반 AP 접속방식을 사용하였을 경우에 대하여 각각 다운로드 속도의 변화 및 신호 세기의 변화를 측정하였다. 이와 같은 실험을 3회 반복하여 진행했다.

4.2 실험결과

본 실험에 앞서 Wifi의 신호의 세기가 약해지는 이유에 대해 알아보고자 가장 큰 원인으로 손꼽 히는 두 가지 요인인 AP와 사용자 간의 거리차이, AP와 거리는 동일하나 층별의 차이에 대한 실험을 진행하였다. 두 가지 실험으로 Wifi의 신호 세기가 약해지는 원인에 대해 파악하고, 본 실험인 WiSMax를 사용한 경우와 기존 IEEE802.11기반 AP 접속방식을 사용한 경우에 대한 각각의 다운로드 속도 및 신호 세기의 변화에 대한 실험을 진행한다.

- **AP와 사용자 간의 거리차이가 있을 때:** AP와 사용자 간의 거리를 2m일 때, 10m일 때 각각 다운로드 속도의 변화, 신호 세기의 변화를 측정한 결과 Fig. 4와 같은 결과를 보여준다. Fig. 4는 AP와 사용자와의 거리가 2m 일 때가 10m 일 때 같은 1G 파일을 다운로드 하는데 16초 빠르게 다운로드 받아진 것을 볼 수 있다. 또한 신호 세기의 변화 역시 AP와 사용자 간의 거리가 2m일 때가 10m일 때보다 평균적으로 10dBm 좋은 것을 볼 수 있다. 위 실험으로 AP와 사용자 간의 거리가 가까우면 신호의 세기가 강해지고, 신호의 세기가 강해지면 다운로드 속도가 빨라지는 것을 증명하였다. 이를 통해 WiFi 연결 알고리즘이 가까운 AP를 우선적으로 연결하게 되는 것 역시 알 수 있다.
- **AP와 사용자 사이에 장애물이 존재할 때:** 1층과 2층 AP와의 거리는 동일하나 층과 같은 장애물이 존재하는 경우에 대하여 각각 다운로드 속도의 변화, 신호 세기의 변화를 측정한 결과 Fig. 5와 같은 결과를 보여준다. 실험결과 1층 AP를 연결한 후 다운로드 한 것이 2층 AP를 연결한 후 다운로드 한 것 보다 67초 더 빠른 것으로 나타났다. 신호의 세기 역시 1층 AP가 2층 AP보다 평균적으로 20dBm 높게 나타났다. 따라서 Wifi 신호의 세기에 AP와 사용자 사이의 장애물의 존재도 영향을 미치는 것을 볼 수 있다.
- **WiSMax 사용 유/무에 따른 다운로드 속도의 변화:** Fig. 6는 WiSMax를 사용한 경우와 기존 IEEE802.11기반 AP 접속방식을 사용한 경우, 다운로드 속도 및 신호 세기의 변화를 보여준다. WiSMax를 사용한 경우 WiSMax를 사용하지 않은 경우보다 다운로드를 12초 빨리 끝나는 것을 볼 수 있다. 신호의 세기 역시 기존 연결된 Wifi보다 신호의 세기가 좋은 Wifi로 연결된 시점인 42초 이후로는 WiSMax를 사용한 것이 평균적으로 5dBm 높은 것을 볼 수 있다. Fig. 7는 WiSMax의 사용 유/무에 따른 다운로드 속도의 변화를 보여준다. 동일한 크기의 파일 다운로드 받을 때 WiSMax를 사용하면 기존 IEEE802.11기반 AP 접속 방식을 사용하였을 경우보다 평균적으로 17초 빠르게 받아지는 것으로 나타난다. 결과적으로 Fig. 6, Fig. 7의 그래프와 같이, AP를 바꿀 때

신호의 세기 및 다운로드 속도가 거의 0에 가깝게 되는 것을 볼 수 있다. 하지만 전체적인 다운로드 시간, 속도를 확인 하였을 때 AP를 바꾸지 않은 것보다 빠르다는 결과가 보여 진다. 또한 처음 연결된 AP의 연결가능 범위를 벗어나지 않고 연결 가능 범위 안에서 이동을 하였기 때문에, 처음 AP 신호의 세기가 0이 되지 않고, 다른 AP와 연결을 하였다.

5. 결론

Wifi는 설치가 용이하고 그 비용이 저렴하다는 장점 때문에, 광범위하게 설치 및 사용되어 왔다. 본 논문에서 우리는 Wifi의 속도를 극대화하기 위한, 휴대폰 애플리케이션 (WiSMax)을 개발한다. WiSMax는 주기적으로 사용가능한 AP들의 신호세기를 수집하여 가장 좋은 AP를 추천 및 연결함으로써 휴대폰의 Wifi 속도를 향상시킨다. 실험 결과 같은 1G 파일을 다운로드 하는데 AP와 사용자 간의 거리가 2m일 때가 10m 일 때보다 16초 빠르게 다운로드 받고, 신호 세기의 변화 역시 평균 10dBm 높았다. 또한 AP와 사용자 사이에 장애물이 존재할 경우 장애물이 없을 때 67초 더 빠르게 다운로드하며, 신호의 세기 역시 평균 20dBm 높게 나타났다. 마지막 실험으로 WiSMax와 기존 AP 접속방식을 비교하는 실험에서 WiSMax를 사용한 경우 기존 AP 접속방식 보다 12초 빠르게 다운로드 하고, 평균 5dBm 높게 나오는 결과를 얻었다. 이는 WiSMax가 기존 휴대폰에서 사용 중인 Wifi 연결 알고리즘에 비해 더 빠른 속도의 Wifi연결을 제공하는 것을 보여 준다. 이와 같은 결과를 바탕으로 WiSMax와 함께, 사용자들은 최상의 Wifi 연결 환경을 제공받을 수 있을 것으로 믿는다.

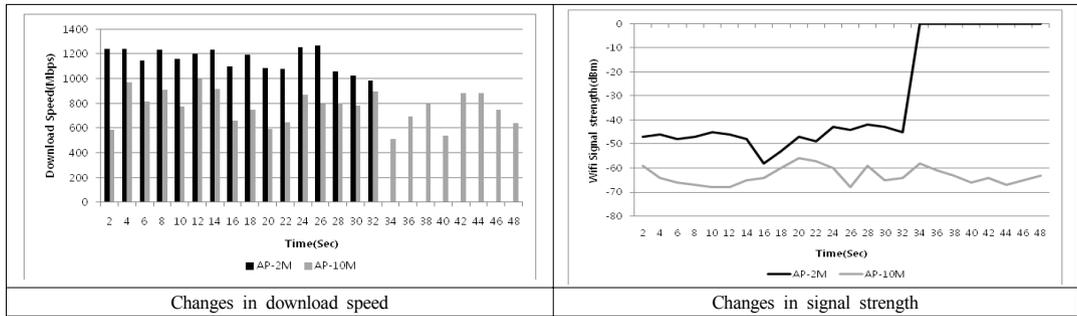


Fig. 4. When WiFi Changes in the AP strength, Changes in download speed and the signal strength

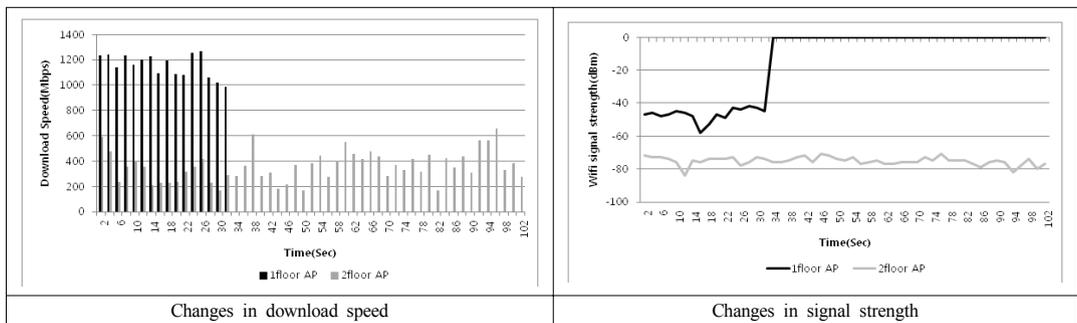


Fig. 5. The same distance to the AP, differences in floor, Changes in download speed and the signal strength

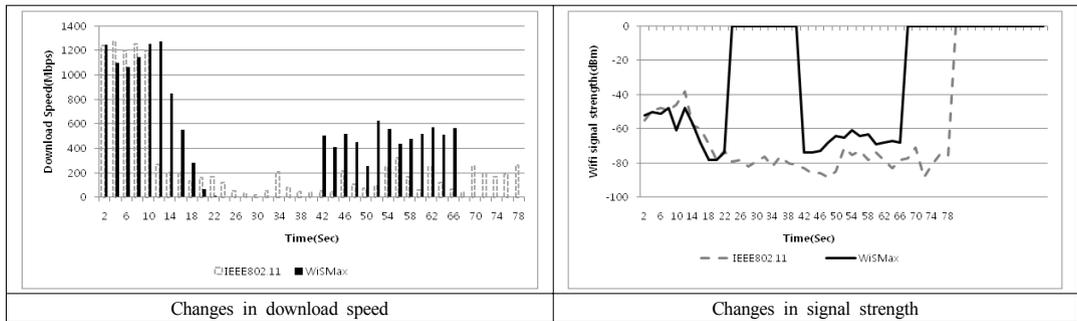


Fig. 6. When WiFi Changes in the AP strength, Changes in download speed and the signal strength

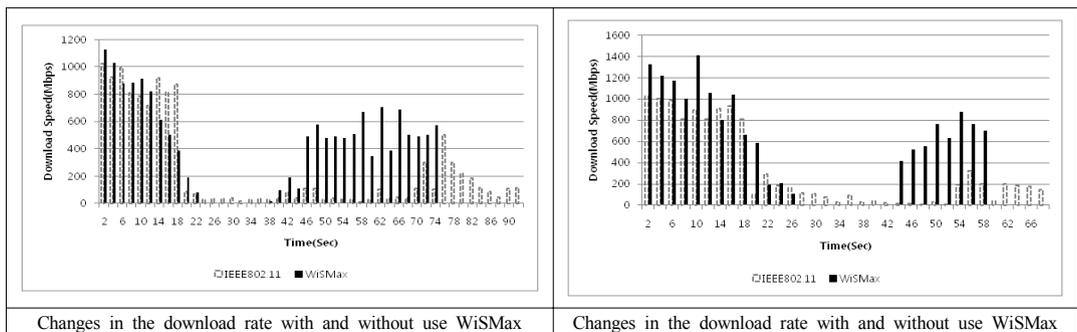


Fig. 7. Changes in the download rate with and without use WiSMax

References

- [1] Jongwoo Hong, Seongho Byeon, Seungil Park, Cheonwoo Park, Sunghyun Choi, "Wifi Direct Communications technology and application", KICS, Information and communication, Vol. 30, No. 6, pp. 7, May 2013.
- [2] Jaegyong Park, "Wifi spread abroad Trends and Implications", KCA, Radio&Broadcasting Communication Journal, Vol.21, Jan. 2010.
- [3] Hojin Kim, "Wifi technology into commercial", TTA Journal, Vol. 147, 2013.
- [4] Trendmonitor, "Related research using wifi", Research Reports, Vol. 2011, No. 7, 2011.
- [5] BENCHBEE, <http://www.benchbee.co.kr/>
- [6] inSSIDer, <http://www.inssider.com/>
- [7] Wifi Analyzer,
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.farproc.wifi.analyzer&hl=ko>
- [8] WiFi Mobile Network Speed,
<https://play.google.com/store/apps/details?id=net.velocity.app>
- [9] WiFi Signal Analyzer Administrator,
<http://podgate.com/android/?ac=view&packageName=com.hala01.wifisignalmeter>

유 규 상(Kyu-Sang Ryu)

[준회원]



- 2015년 2월 : 상명대학교 미디어소프트웨어학과 학사

<관심분야>

컴퓨터 네트워크, 사물 인터넷

최 민 석(Min-Seok Choi)

[준회원]



- 2015년 2월 : 상명대학교 미디어소프트웨어학과 학사
- 2015년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정

<관심분야>

컴퓨터 네트워크, 사물 인터넷, HCI

장 백 철(Beakcheol Jang)

[정회원]



- 2001년 2월 : 연세대학교 컴퓨터과학 학사
- 2002년 8월 : 학국과학기술원 컴퓨터과학 석사
- 2009년 8월 : 노스캐롤라이나주립대학교 컴퓨터과학 박사
- 2009년 9월 ~ 2012년 8월 : LG전자 책임연구원

- 2012년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 미디어소프트웨어학과 조교수

<관심분야>

컴퓨터 네트워크, 무선네트워크, 모바일네트워크, HCI