

# WiFi 통신의 신호 간 간섭 분석을 통한 간섭 최소화 방안 제안

## 초록

스마트 기기의 급격한 보급과 함께 WiFi 통신이 빠르게 확산되며 WiFi 신호 간 간섭 문제가 커지고 있다. 본 논문에서는 802.11n 통신의 대역폭 분배 방법과 신호 간 채널 간격, 간이 반사판의 설치에 따른 통신 성능을 분석하였으며 지하철의 WiFi 통신망 구축 상태를 살펴보았다. 그 결과 다수의 신호가 존재하는 경우 대역폭을 채널 단위로 분배하는 방식의 효율성이 크지 않음을 보였다. 또한 반사판 설치 시 신호 간 간섭 감소를 통해 신호 간의 물리적인 간섭의 존재를 보였다. 마지막으로 통신사의 WiFi 신호의 채널 배치가 최적화되지 않아 간섭 문제가 더욱 크다는 점을 관찰했다. 이를 통해 WiFi 통신망이 더욱 조밀해질 경우를 대비한 자율적인 규약 등 앞으로의 WiFi 통신망의 구축 방안을 제안하였다.

## I. 서론

2009년 아이폰의 국내 출시 후 스마트 폰과 태블릿 PC 등 스마트 기기들이 보급되며 WiFi 통신망 역시 급속도로 구축되고 있다. 통신사들은 경쟁적으로 지하철, 카페 등을 거점으로 WiFi Zone을 구축하고 있으며 스마트 기기를 사용하는 가정, 직장에서 무선 공유기 기반의 WiFi 통신망을 구축하고 있다. 2012년 현재 국내 통신 3사가 구축한 WiFi Zone의 수는 140만 개 이상으로 추정되며[1] 개인 사용자가 구축한 국소 WiFi 통신망까지 포함할 경우 200만개가 넘을 것이다. 이처럼 WiFi 통신망이 급속도로 조밀해지며 WiFi 신호 간 간섭으로 인한 문제가 심각해지고 있다. 특히 통신사에서 구축한 WiFi Zone은 그 영역이 중복되는 경우가 대부분임에도 불구하고 신호 사이 채널 배치의 최적화가 되어 있지 않아 간섭으로 인한 성능 저하를 더욱 심각하게 한다. 통신사의 WiFi 신호 간 간섭 문제가 제기된 후 간섭을 최소화하는 방향으로 WiFi Zone 구축을 진행한다고 했지만 실질적인 개선은 거의 없다.

이처럼 WiFi 신호 간 간섭으로 인한 문제가 더욱 커지는 상황에서 간섭 문제를 최소화하는 방안에 대한 연구는 매우 부족한 상황이다. WiFi 통신 규격 차원에서 신호 간 간섭을 비교하는 등의 연구는 있었지만 실제적인 상황에서의 WiFi 간섭 문제를 최소화하는

연구는 진행되지 않았다. 기업체 차원에서 WiFi 신호 간 간섭 문제에 대한 연구가 진행된 경우는 몇몇 사례가 있는 것으로 보이나 그 데이터를 외부에 공개하지 않는 등 실질적으로는 도움이 되지 않는다.

따라서 본 논문에서는 WiFi 신호 간 간섭 문제를 현재까지와는 다른 측면에서 분석하려고 한다. 먼저 WiFi 신호의 수가 급증한 상황에서도 채널 단위의 대역폭 분배 방법이 유효한지 채널 본딩을 활용해 살펴볼 것이다. 우리나라의 경우 WiFi 통신은 2.4Ghz 대역에서 13개 채널을 갖는데 한 지점에 영향을 미치는 WiFi 신호의 수가 많아 한 채널을 다수의 WiFi 신호가 존재하는 경우에는 채널 단위의 대역폭 분배 방법을 재검토 할 필요성이 있다. 둘째로 WiFi 신호 간의 물리적인 간섭을 분석할 것이다. 802.11n 통신의 경우 채널은 5Mhz 간격으로 위치하며 각 채널의 대역폭은 20Mhz이다. 이로부터 정부 기관과 연구소에서는 각각의 신호가 4개 채널 이상만 떨어져 있어 각 채널이 갖는 대역폭이 직접적으로 겹치지 않는다면 간섭이 일어나지 않는다는 가이드라인을 제공하고 있다.[2] 하지만 전파와 같은 파동의 경우 주파수가 정확히 일치하지 않는 상황에서도 간섭이 발생할 수 있다. 셋째로 2개의 AP 사이에 알루미늄 간이 반사판을 설치해 간섭의 최소화 정도를 분석할 것이다. 마지막으로 지하철의 플랫폼과 전동차에 설치된 WiFi AP의 수와 통신 성능을 알아보며 현재 통신사들의 WiFi Zone 구축 상태를 조사할 것이다.

## II. 이론적 배경

WiFi란 IEEE 802.11 기반의 통신 기술을 뜻한다. 일반적으로 WiFi 통신은 기본적으로 인터넷에 데이터를 전달해 주는 기능을 하는 AP와 노트북이나 스마트폰과 같이 사용자가 서비스를 받는 단말기간의 통신을 일컫는다. 현재 WiFi는 802.11, 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.11n, 802.11ac 규격이 존재한다. 이 중 널리 쓰이고 있는 규격은 802.11b, 802.11g, 802.11n이다. 모두 2.4Ghz 대역에서 작동하는 등 기술적 기반이 유사하기 때문에 호환이 쉽다. 현재 새로이 구축되는 WiFi 통신망은 대부분 802.11n 기반이다. 802.11ac 규격의 경우 올해 초에 첫 신제품이 공개되었다. 802.11ac 규격의 특징은 5.0Ghz 대역에서 작동한다는 것이다.

전 세계적으로 WiFi에는 할당된 대역폭이 한정되어 있기 때문에 대역폭을 채널 단위로 나누어 쓴다. 이런 부분은 각 국가별 규제에 조금씩 차이가 있기 때문에 채널 수가 1, 2 개 정도 차이가 있을 수 있다. 우리나라의 경우 2.4Ghz 대역에서는 1채널의 중심 주파수

2.407Ghz부터 5Mhz씩 증가하며 13개의 채널이 존재한다. 그리고 5.0Ghz 대역에서는 20Mhz 단위로 채널이 존재한다. 802.11b 규격의 경우 DSSS 주파수 변조 방식을 사용한 채널당 22Mhz의 대역폭을 갖는다. 802.11g, 802.11n, 802.11ac 규격은 OFDM 방식을 사용하기 때문에 20Mhz 사용한다. 이처럼 5Mhz 간격으로 채널이 떨어져 있는 것에 비해 22Mhz, 20Mhz 단위로 채널이 존재하는 것이 WiFi 신호 간 간섭의 주원인이다. 802.11ac 규격의 경우 채널의 위치 간격과 채널이 갖는 대역폭이 20Mhz로 동일하기 때문에 신호 간 간섭이 상대적으로 적을 것으로 보인다.

다수의 WiFi 신호가 사용하는 대역폭이 중복될 경우에는 QoS 규약에 의거해 우선순위가 높은 데이터부터 처리한다. 데이터의 우선순위를 지정하고 이를 순차적으로 전송하는 과정에서의 지연이 WiFi 신호 간 간섭에서 가장 큰 비중을 차지한다.

채널 본딩은 대역폭의 여유가 있는 경우 2개 이상의 채널을 사용하는 것이다. 802.11n 규격부터 추가된 기능으로 802.11n 규격에서는 2개 채널을 본딩할 수 있다. 802.11ac 규격에서는 4개 채널까지 본딩이 가능하다. WiFi 통신에서 데이터는 채널 단위로 전송된다. 따라서 연속된 채널을 본딩해 통신을 할 경우 오히려 간섭으로 인한 역효과가 발생할 수 있다. 때문에 802.11n 통신은 4개의 채널을 띄워 본딩을 한다. 802.11ac 제품의 경우 아직 제품이 시중에 공개되지 않아 정확한 부분은 알 수 없지만 중복되는 대역폭이 없으므로 연속한 채널을 사용할 수 있을 것으로 보인다.[3]

### Ⅲ. 실험 방법

WiFi의 채널 본딩 여부에 따른 통신 성능 비교, 신호 간 채널 간격에 따른 통신 성능 비교, 반사판에 형태에 따른 통신 성능 비교 실험은 무선 공유기를 AP로 설정해 노트북에서 접속한 상태에서 인터넷 성능을 측정하는 방법으로 진행했다.



Fig1. 실험에 사용된 Bless ZIO TR150N, HP EliteBook 6930p

AP 구축에는 Bless ZIO TR150N를 사용했다. TR150N은 802.11n 이하의 802.11 규격을 지원하며 채널 본딩이 지원된다. 네트워크 프로세서는 RTL8196C이 장착되었고 무선 랜 프로세서는 RTL8188RE 1T1R이 장착되었다. 노트북은 HP EliteBook 6930p를 사용했다. CPU는 Intel P8700이 장착되었으며 802.11n 통신이 지원된다.

인터넷 속도 측정은 벤치비의 인터넷 속도 측정 서비스를 이용해 측정했다. 벤치비의 성능 테스트 서버는 특정 ISP에 속해 있는 것이 아니라 한국인터넷데이터센터에 위치해 있기 때문에 공정하고 정확한 품질측정을 제공한다. 각 측정 시에는 다운로드 속도, 업로드 속도를 각각 15초 내외로 측정한다. 핑 속도도 측정했지만 신뢰도가 매우 낮은 것으로 보여 생략했다. 모든 데이터는 5회 측정했으며 2개 노트북에서의 측정값의 평균을 기록했다. 너무 큰 편차를 보인 데이터의 경우 재 실험했다.

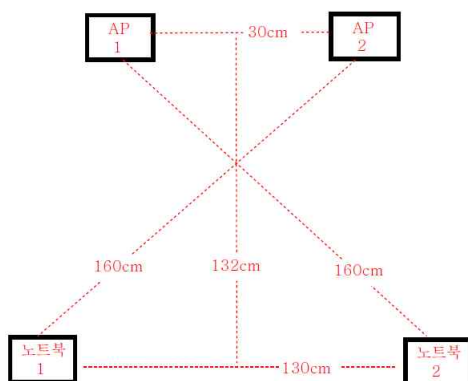


Fig2. AP와 노트북 배치 모식도

Fig2는 AP와 노트북을 배치한 상태이다. 반사판 설치 시 반사판 반대편에서의 통신 성능이 떨어지는 현상을 측정하기 위해 연결된 AP와 노트북은 대각선으로 배치했다.

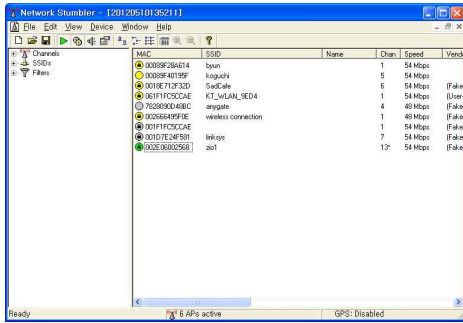


Fig3. NetWork Stumbler

Fig3에서와 같이 주위에는 다른 WiFi 신호가 활성화되지 않은 상태에서 진행했다. NetWork Stumbler는 현재 해당 기기에서 수신되는 WiFi 신호의 수와 채널, 세기를 보여 준다. 주위에 WiFi 신호가 존재한다고 하더라도 세기가 약하거나 데이터 통신이 없으면 영향이 거의 없다고 할 수 있다. 실험 도중 계속해서 주위의 WiFi 신호의 존재 여부를 점검했기 때문에 다른 WiFi 신호와의 간섭으로 인한 영향은 없다고 본다.

Table1. 유선 및 무선 다운로드 속도(단위:Mbps)

|        | 유선     |        | WiFi  |       |
|--------|--------|--------|-------|-------|
|        | 다운로드   | 업로드    | 다운로드  | 업로드   |
| 1차 측정치 | 104.25 | 334.65 | 47.02 | 66.89 |
| 2차 측정치 | 117.35 | 346.89 | 45.23 | 71.95 |
| 3차 측정치 | 111.97 | 351.31 | 52.11 | 67.25 |
| 4차 측정치 | 111.07 | 374.96 | 52.56 | 68.53 |
| 5차 측정치 | 112.13 | 335.68 | 57.61 | 66.51 |
| 평균     | 111.35 | 348.70 | 50.91 | 68.23 |

Table1은 유선 인터넷 회선의 한계 속도와 Bless Z10 TR150N이 구현할 수 있는 WiFi 통신의 한계 속도를 비교한 것이다. WiFi는 13채널과 9채널을 함께 사용하는 채널 분당 상태이며 구현 가능한 통신 성능의 한계이다. WiFi 통신 속도가 유선 통신 속도에 비해 훨씬 느리므로 유선 통신 속도에 한계에 의해 무선 통신 속도가 영향을 받지 않는다.

### 1. 채널 분당 여부에 따른 통신 성능 비교



Fig4. AP 1의 설정



Fig5. AP 2의 설정

Fig4와 같이 AP 1은 9채널, Fig5와 같이 AP 2은 13채널을 기준으로 하향 채널을 가지며 채널 본딩을 하도록 설정한 상태에서 통신 성능을 측정했다. 그리고 AP 1은 9채널, AP 2는 13 채널을 사용하도록 설정한 상태에서 성능을 측정했다.

## 2. 신호 간 채널 간격에 따른 통신 성능 비교

AP 1의 채널을 13채널부터 7채널까지 차례로 설정하고 AP 2을 13채널로 고정해 성능을 측정했다.

## 3. 반사판에 형태에 따른 통신 성능 비교



Fig6. 반사판 1



Fig7. 반사판 2

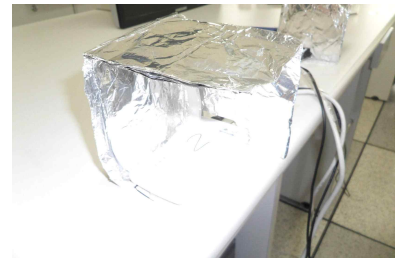


Fig8. 반사판 3

Fig6, Fig7, Fig8은 각각 반사판 1, 반사판 2, 반사판 3이다. 반사판 1의 경우 AP를 기준으로 전후 방향으로의 지향성을 갖지 않는다. 즉 AP 기준 전후로의 통신 성능이 같다. 반사판 2와 반사판 3의 경우 AP 기준 전면으로의 지향성을 갖기 때문에 후면에서는 성능 저하가 있을 것이다. 간이 반사판은 20cm\*20cm의 알루미늄 호일 8겹으로 만들었다. 알루미늄은 전파 반사율이 높아 반사판을 만드는 용도로 많이 사용된다.

각각 반사판 1, 반사판 2, 반사판 3을 설치한 상황에서 AP 1을 13채널부터 10채널까지 차례로 설정하고 AP 2는 13채널로 고정한 상태에서의 성능을 측정했다.

#### 4. 지하철에서의 WiFi 통신망 구축 상황

지하철에서의 실험은 지하철 7호선 가산 디지털 단지부터 보라매역까지 5개 역에서 전동차와 플랫폼의 WiFi 신호 수를 측정하고 고속터미널에서 강남구청역까지 5개 역에서 각각 올레 WiFi와 T WiFi의 통신 속도를 측정했다.

#### IV. 실험 결과

Table2. 대조군(단위:Mbps)

|        | 다운로드  | 업로드   |
|--------|-------|-------|
| 1차 측정치 | 30.60 | 58.61 |
| 2차 측정치 | 28.52 | 58.25 |
| 3차 측정치 | 33.30 | 45.19 |
| 4차 측정치 | 35.76 | 44.97 |
| 5차 측정치 | 44.03 | 46.28 |
| 평균     | 34.44 | 50.66 |

Table2는 앞으로의 실험 데이터와 비교할 대조군이다. 13채널에서 20Mhz 대역을 갖도록 설정한 상태에서의 결과이다.

#### 1. 채널 본딩 여부에 따른 통신 성능 비교

Table3. 채널 본딩 여부에 따른 통신 성능(단위:Mbps)

|        | 채널 본딩 활성화 |        | 채널 본딩 비활성화 |        |
|--------|-----------|--------|------------|--------|
|        | 다운로드      | 업로드    | 다운로드       | 업로드    |
| 1차 측정치 | 12.735    | 33.310 | 21.695     | 50.730 |
| 2차 측정치 | 14.360    | 33.895 | 16.685     | 48.280 |
| 3차 측정치 | 17.665    | 33.790 | 18.320     | 40.375 |
| 4차 측정치 | 18.405    | 37.590 | 18.410     | 52.120 |
| 5차 측정치 | 14.165    | 43.245 | 18.680     | 44.465 |
| 평균     | 15.466    | 36.366 | 18.758     | 47.194 |

채널 본딩을 활성화한 경우와 채널 본딩을 비활성화 한 경우의 결과이다. 채널 본딩을 비활성화한 경우의 통신 속도가 조금 더 빨랐다.

#### 2. 신호 간 채널 간격에 따른 통신 성능 비교

Table4. 신호 간 채널 간격에 따른 통신 성능(단위:Mbps)

|        | 13채널-13채널 |        | 13채널-12채널 |        | 13채널-11채널 |        |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|        | 다운로드      | 업로드    | 다운로드      | 업로드    | 다운로드      | 업로드    |
| 1차 측정치 | 0.600     | 5.905  | 1.110     | 10.665 | 3.715     | 12.960 |
| 2차 측정치 | 0.255     | 10.685 | 1.335     | 10.205 | 4.425     | 17.100 |
| 3차 측정치 | 0.250     | 7.925  | 0.345     | 24.830 | 5.410     | 21.920 |
| 4차 측정치 | 0.215     | 6.510  | 1.080     | 9.105  | 3.795     | 16.000 |
| 5차 측정치 | 0.325     | 8.025  | 0.890     | 7.450  | 6.460     | 17.965 |
| 평균     | 0.329     | 7.810  | 0.952     | 12.451 | 4.761     | 17.189 |
|        | 13채널-10채널 |        | 13채널-9채널  |        | 13채널-8채널  |        |
|        | 다운로드      | 업로드    | 다운로드      | 업로드    | 다운로드      | 업로드    |
| 1차 측정치 | 15.305    | 22.215 | 21.695    | 50.730 | 22.015    | 59.775 |
| 2차 측정치 | 14.795    | 26.065 | 16.685    | 48.280 | 22.070    | 51.140 |
| 3차 측정치 | 16.310    | 30.020 | 18.320    | 40.375 | 24.240    | 52.455 |
| 4차 측정치 | 17.305    | 25.385 | 18.410    | 52.120 | 17.095    | 51.685 |
| 5차 측정치 | 13.310    | 28.060 | 18.680    | 44.465 | 23.230    | 50.295 |
| 평균     | 15.405    | 26.349 | 18.758    | 47.194 | 21.730    | 53.070 |
|        | 13채널-7채널  |        |           |        |           |        |
|        | 다운로드      | 업로드    |           |        |           |        |
| 1차 측정치 | 44.865    | 56.230 |           |        |           |        |
| 2차 측정치 | 24.325    | 54.595 |           |        |           |        |
| 3차 측정치 | 33.495    | 52.485 |           |        |           |        |
| 4차 측정치 | 26.460    | 53.500 |           |        |           |        |
| 5차 측정치 | 28.670    | 51.610 |           |        |           |        |
| 평균     | 31.563    | 53.684 |           |        |           |        |

AP 2를 13채널로 고정된 상태에서 AP 1을 13채널부터 7채널까지 차례로 설정하며 통신 성능을 측정한 결과이다. 업로드 속도는 13채널-9채널 설정 이후 크게 개선되지 않았고 다운로드 속도는 13채널-7채널까지 조금씩 개선되었다.

### 3. 반사판에 형태에 따른 통신 성능 비교



Table5. 13-13채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능(단위:Mbps)

|        | 반사판 1 |        | 반사판 2  |        | 반사판 3  |        |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | 다운로드  | 업로드    | 다운로드   | 업로드    | 다운로드   | 업로드    |
| 1차 측정치 | 2.900 | 14.330 | 8.810  | 22.830 | 13.180 | 30.710 |
| 2차 측정치 | 2.070 | 22.755 | 17.900 | 27.735 | 18.180 | 32.155 |
| 3차 측정치 | 0.665 | 14.245 | 13.275 | 22.095 | 16.345 | 31.305 |
| 4차 측정치 | 1.925 | 10.395 | 10.715 | 26.255 | 18.460 | 33.685 |
| 5차 측정치 | 2.065 | 13.140 | 10.780 | 23.555 | 16.050 | 30.210 |
| 평균     | 1.925 | 14.973 | 12.296 | 24.494 | 16.443 | 31.613 |

AP 1, AP 2 모두 13채널로 설정한 상태에서 진행한 결과이다.

Table6. 13-12채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능(단위:Mbps)

|        | 반사판 1 |        | 반사판 2 |        | 반사판 3 |        |
|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|        | 다운로드  | 업로드    | 다운로드  | 업로드    | 다운로드  | 업로드    |
| 1차 측정치 | 3.490 | 5.390  | 0.575 | 7.105  | 1.830 | 9.840  |
| 2차 측정치 | 3.830 | 21.380 | 1.330 | 7.420  | 0.505 | 15.565 |
| 3차 측정치 | 1.520 | 14.780 | 2.020 | 19.895 | 1.490 | 13.045 |
| 4차 측정치 | 7.200 | 13.250 | 2.770 | 4.970  | 0.385 | 5.875  |
| 5차 측정치 | 1.130 | 20.360 | 3.030 | 4.530  | 3.485 | 16.575 |
| 평균     | 3.430 | 15.030 | 1.945 | 8.784  | 1.539 | 12.180 |

AP 1은 12채널, AP 2는 13채널로 설정한 상태의 결과이다.

Table7. 13-11채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능(단위:Mbps)

|        | 반사판 1  |        | 반사판 2  |        | 반사판 3  |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | 다운로드   | 업로드    | 다운로드   | 업로드    | 다운로드   | 업로드    |
| 1차 측정치 | 17.345 | 29.160 | 7.790  | 5.720  | 15.290 | 22.230 |
| 2차 측정치 | 20.575 | 26.140 | 10.125 | 21.400 | 10.810 | 22.535 |
| 3차 측정치 | 22.115 | 21.765 | 9.825  | 16.160 | 13.810 | 9.545  |
| 4차 측정치 | 23.640 | 31.225 | 6.995  | 11.335 | 10.125 | 18.625 |
| 5차 측정치 | 23.420 | 27.315 | 8.040  | 14.605 | 10.540 | 16.145 |
| 평균     | 21.419 | 27.121 | 8.555  | 13.844 | 12.115 | 17.816 |

AP 1은 11채널, AP 2는 13채널로 설정했을 때의 결과이다.

Table8. 13-10채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능(단위:Mbps)

|        | 반사판 1  |        | 반사판 2  |        | 반사판 3  |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | 다운로드   | 업로드    | 다운로드   | 업로드    | 다운로드   | 업로드    |
| 1차 측정치 | 11.635 | 22.745 | 11.910 | 12.050 | 14.080 | 18.730 |
| 2차 측정치 | 14.060 | 21.540 | 13.210 | 11.730 | 15.520 | 22.060 |
| 3차 측정치 | 15.300 | 28.005 | 13.650 | 12.860 | 16.140 | 29.310 |
| 4차 측정치 | 13.160 | 19.400 | 15.950 | 15.110 | 13.870 | 29.080 |
| 5차 측정치 | 14.685 | 26.625 | 18.060 | 17.190 | 17.405 | 40.180 |
| 평균     | 13.768 | 23.663 | 14.556 | 13.788 | 15.403 | 27.872 |

AP 1은 10채널, AP 2는 13채널로 설정했을 때의 결과이다.

#### 4. 지하철에서의 WiFi 통신망 구축 상황

Table9. 지하철에서의 올레 WiFi와 T WiFi의 통신 성능(단위:Mbps)

|        | 올레 WiFi |      | T WiFi |      |
|--------|---------|------|--------|------|
|        | 다운로드    | 업로드  | 다운로드   | 업로드  |
| 1차 측정치 | 1.18    | 0.20 | 0.30   | 0.40 |
| 2차 측정치 | 1.09    | 1.16 | 2.30   | 0.03 |
| 3차 측정치 | 1.61    | 1.05 | 0.70   | 0.50 |
| 4차 측정치 | 1.48    | 0.39 | 1.92   | 0.70 |
| 5차 측정치 | 0.97    | 1.24 | 1.09   | 0.80 |
| 평균     | 1.27    | 0.81 | 1.26   | 0.49 |

올레 WiFi의 T WiFi의 다운로드 성능은 큰 차이가 없었고 업로드 성능은 올레 WiFi의 성능이 뛰어났다.

Table9. 전동차와 플랫폼에서의 AP 개수

|        | 전동차  | 플랫폼  |
|--------|------|------|
| 1차 측정치 | 14   | 22   |
| 2차 측정치 | 14   | 16   |
| 3차 측정치 | 12   | 20   |
| 4차 측정치 | 14   | 19   |
| 5차 측정치 | 14   | 14   |
| 평균     | 13.6 | 18.2 |

전동차에서는 평균 13.6개의 신호가, 플랫폼에서는 평균 18.2개의 신호가 수신되었다.

## V. 고찰

## 1. 채널 본딩 여부에 따른 통신 성능 비교

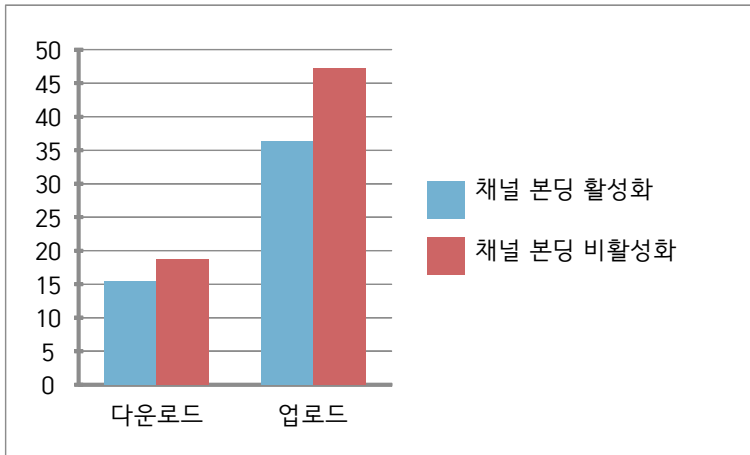


Fig9. 신호 간 채널 간격에 따른 통신 성능(단위:Mbps)

하나의 신호가 2개 이상의 채널을 사용해 통신하는 채널 본딩은 대역폭에 여유가 있는 경우에만 사용한다. 한정된 대역폭을 중복되지 않고 활용하기 위해 대역폭을 채널 단위로 나눈 것과는 반대 방향이다. 앞에서 말했듯이 채널 본딩 시 사용되는 2개 채널은 4개 채널 차이가 난다.

이 경우에는 13채널을 기준으로 하향 채널을 설정했으므로 9채널이 함께 사용된 것이다. 그리고 13채널과 9채널을 개별적으로 사용한 경우와 비교했다. 실험 결과 본딩 시보다 채널을 나누어 쓰는 경우에 조금 더 성능이 좋았지만 성능 차이는 그리 크지 않았다. 지금까지 채널을 나누어 써 왔던 것이 유효한 것이기는 하지만 한 가지 더 고려해야 할 점이 있다.

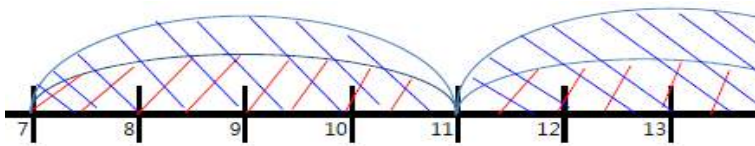


Fig10. 채널 본딩 활성화시의 대역폭 분배

Fig10과 같이 채널 본딩을 한 경우 2개 신호가 9채널, 13채널을 중심으로 대역폭을 중복해서 사용된다. 즉 상대적으로 넓은 대역폭을 사용하지만 QoS 규약에 따라 순차적으로 데이터를 전송해야 하므로 이미 신호 간 간섭으로 인한 성능 저하가 이루어진 상태이다.

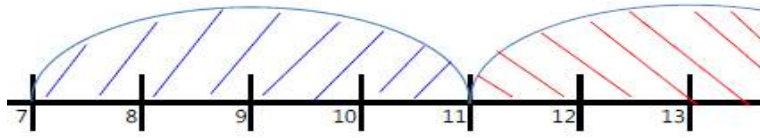


Fig11. 채널 본딩 비활성화시의 대역폭 분배

하지만 Fig11과 같이 채널 본딩을 비활성화 한 경우 신호 간 간섭으로 인한 성능 저하가 이루어지지 않은 상태이다.

신호 수에 따른 성능 저하는 정비례하지 않는다. 물론 순차적으로 처리할 데이터의 양 자체가 증가하기 때문에 성능 저하가 있기는 하지만 이미 QoS 규약에 따라 데이터 처리가 이루어지므로 상대적으로 처음 간섭보다 성능 저하는 크지 않다. 이런 점을 고려하자면 반드시 채널 본딩을 하지 않는 경우가 유리하다고 볼 수는 없다. 오히려 주위 신호가 존재하는 폭이 성능 저하 폭이 더 클 수 있다.

802.11 통신 체계가 정립될 당시에는 한 지점에 영향을 미치는 WiFi 신호의 수가 현실에서의 국내 상황만큼 많아질 것을 고려하지 못했을 것이다. 때문에 한 영역에 영향을 미치는 신호의 수와 채널 당 최소한으로 가져야 할 대역폭을 고려한 선택이 13개 내외의 채널이다. 하지만 국내 주요 거점 지역은 이미 한 곳에서 수십 개의 AP가 검색된다. 즉 한 채널 당 평균 2개 이상의 신호가 존재한다는 것이다. 이런 상황에서는 채널의 처음 의미가 사라진다. 즉 현재 802.11n 통신에서 사용되는 채널이란 개념 자체를 심각하게 검토해봐야 할 수 있다는 것이다.

## 2. 신호 간 채널 간격에 따른 통신 성능 비교

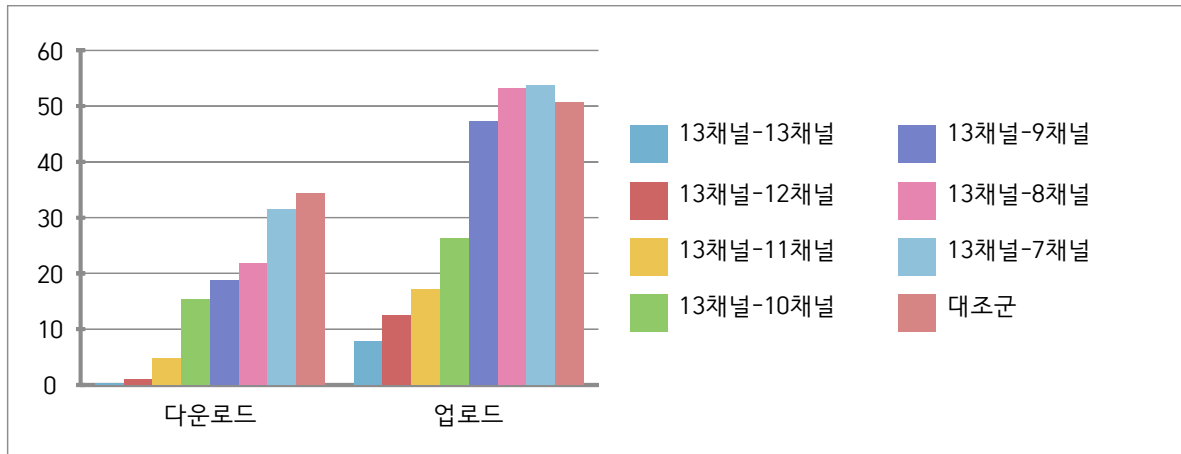


Fig12. 신호 간 채널 간격에 따른 통신 성능 비교(단위:Mbps)

AP 2를 13채널로 고정하고 AP 1의 채널을 조절해 사이 간격을 점점 벌렸다. 그 결과 업로드 성능은 4개 채널 차이부터 주위와의 간섭이 없는 상태에 가깝게 회복되었다. 하지만 다운로드 속도는 6개 채널이 벌어져야 정상 속도로 회복되었다.

앞에서도 짚고 넘어갔듯이 OFDM 방식의 802.11n 통신은 주위 4개 채널과의 간섭이 존재한다. 일반적으로 OFDM 변조 방식을 사용해 채널이 20Mhz이고 5Mhz 간격을 두고 떨어져 있는 802.11n 통신은 4개 채널만 띄우면 두 신호 사이 간섭이 없어야 한다. 하지만 이 결과에 따르면 6개 채널이 떨어진 상태에서도 간섭이 발생한다.

신호 간 4개, 5개 채널이 존재해 주파수가 직접적으로 겹치지 않는 상황에서 발생하는 간섭은 QoS 규약에 따른 간섭이라고 볼 수 없다. 이는 지금까지는 거의 인식되지 못한 주파수의 작은 차이가 있어도 간섭이 일어날 수 있는 파동의 개념의 간섭이다. WiFi 통신 역시 전파를 통해 이루어지므로 WiFi 통신의 물리적 간섭 역시 어느 정도의 비중을 차지할 것이다. 앞으로 WiFi 통신망을 구축할 때 고려할 필요가 있는 요소이다.

### 3. 반사판에 형태에 따른 통신 성능 비교

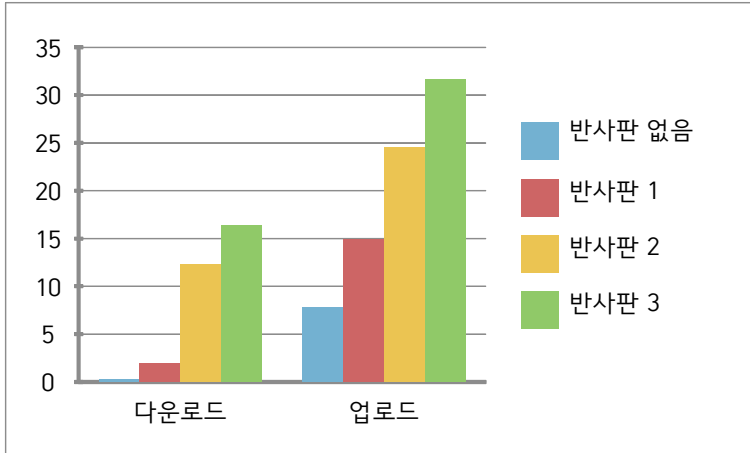


Fig13. 13-13채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능 (단위:Mbps)

13채널과 13채널이 간섭을 일으키는 경우에는 모든 반사판이 효과를 나타낸다. 두 신호 사이의 극단적인 간섭을 막아 주기 때문으로 보인다. 반사판 3의 개선 효과가 극단적으로 측정된 부분은 측정 과정에서의 문제가 있었던 것으로 보인다.

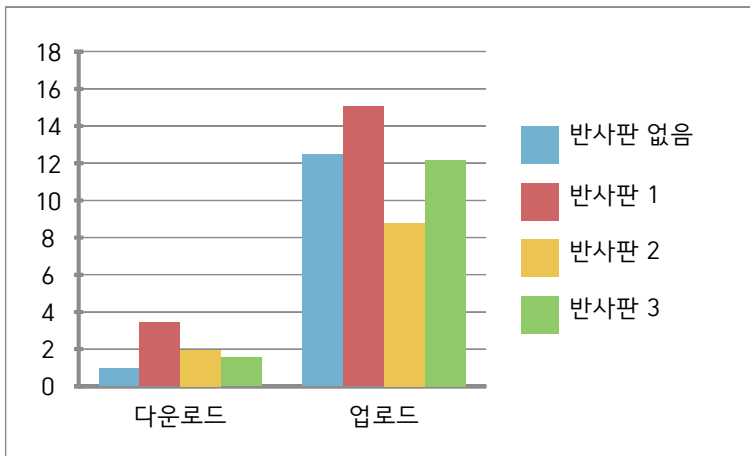


Fig14. 13-12채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능 (단위:Mbps)

13-12채널의 경우 반사판 1의 개선 정도가 가장 좋다. 반사판 2, 반사판 3의 업로드 속도는 오히려 반사판이 존재하지 않는 경우보다 악화됐다.

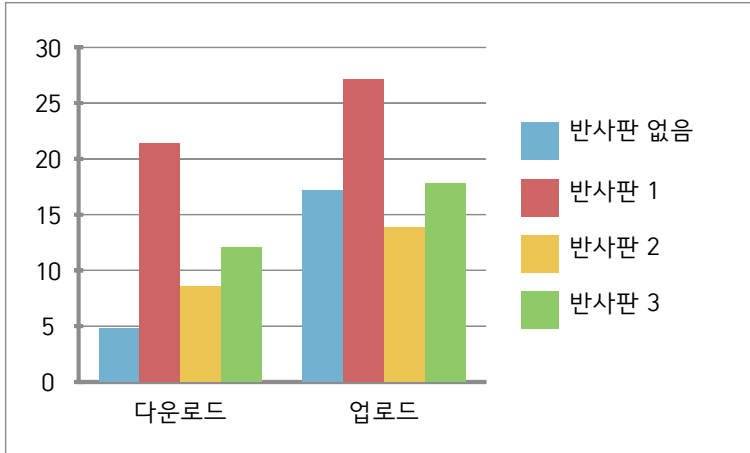


Fig14. 13-11채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능 (단위:Mbps)

AP 2를 13채널, AP 1을 11채널로 설정한 경우 역시 반사판 1의 개선 정도가 가장 좋다.

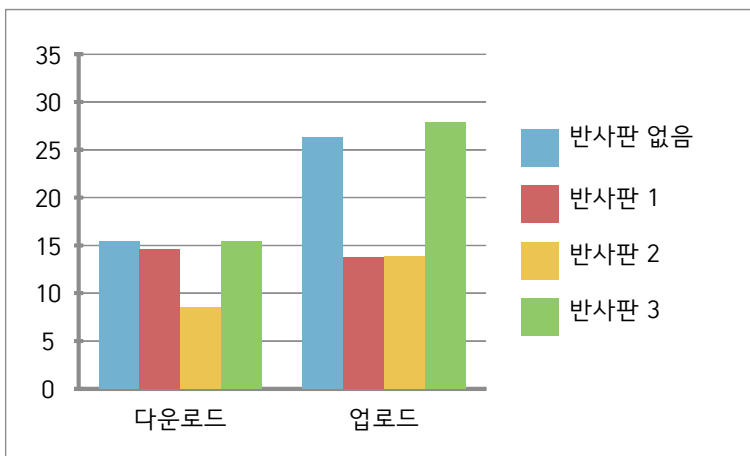


Fig15. 13-10채널에서의 반사판 설치에 따른 통신 성능 (단위:Mbps)

13-10채널의 경우 반사판 사용 시 개선 효과가 미미했다. 이후 13-9채널부터 테스트를 진행한 경우 개선 효과가 거의 없었다.

반사판을 이용한 개선 효과 전파의 물리적 간섭을 최소화한 것으로 보인다. 신호가 송출되는 안테나 사이에 반사판을 둬므로서 전파 사이 물리적 간섭이 줄어든 것으로 보인다. 다만 노트북이 존재하는 방향으로의 신호가 다소 줄어든 경우에는 오히려 성능이 저하된 것으로 보인다. 이로부터 WiFi 신호의 간섭에 물리적 간섭도 일정 비중을 차지하며

특히 채널 사이 간격이 가까운 경우에 물리적 간섭이 더욱 큼을 알 수 있었다.

또한 반사판을 적절히 설치하면 부득이하게 다수의 WiFi 신호 사이의 충분한 채널 간격을 확보하지 못한 경우에도 간섭을 최소화할 수 있음을 보였다. 특히 반사판 1은 AP 기준으로 앞, 뒤로의 지향성이 없으므로 거의 대부분의 경우에서 신호 간 간섭 개선 효과가 있을 것이다.

#### 4. 지하철에서의 WiFi 통신망 구축 상황

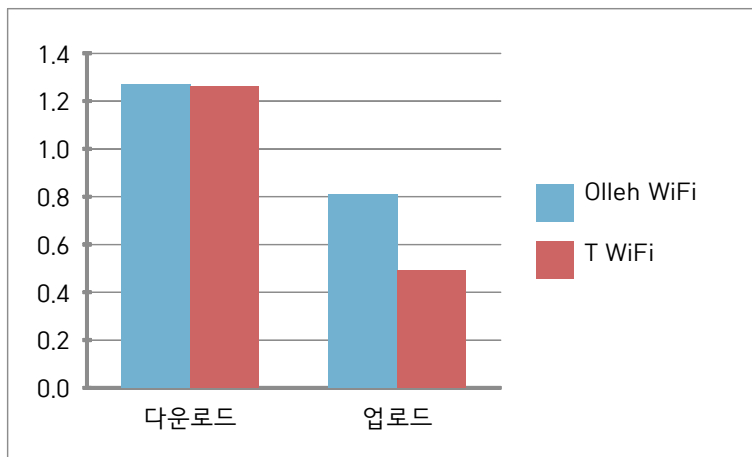


Fig15. 지하철에서의 올레 WiFi와 T WiFi의 통신 성능  
(단위:Mbps)

지하철에서는 올레 WiFi의 통신 성능이 T WiFi의 통신 성능보다 우수한 것으로 보인다. 통신사가 지하철에 구축한 WiFi는 Wibro 통신을 이용하는 EGG 기반이다. KT의 Wibro 통신망 구축 상태와 기기 성능이 SKT에 비해 우수해 지하철에서의 올레 WiFi 성능이 뛰어난 것으로 보인다. 하지만 두 WiFi의 통신 성능 모두 EGG가 일반적으로 구현할 수 있는 통신 성능에 비해 매우 떨어진다. 3.9세대 이동 통신인 Wibro 기반의 스트롱 EGG는 1Mbps 보다 성능을 구현할 수 있으며 지하철에 구축된 퍼블릭 EGG의 경우 그 성능은 더욱 뛰어날 것이다. 실험을 한 시간은 오후 4시경으로 전동차 내 사람은 거의 없었기 때문에 다수의 사용자로 인한 성능 저하는 거의 없었다. 이런 상황에서도 통신 성능이 좋지 않은데 출, 퇴근 시간에는 WiFi 통신이 매우 어려울 것이다.



| MAC          | SSID               | Name | Chan | Speed   | Vendor     | Type | Enc. | SNR | Signal+ | Noise- | SN |
|--------------|--------------------|------|------|---------|------------|------|------|-----|---------|--------|----|
| 001D9308CE84 | T wifi zone        |      | 6    | 48 Mbps | (Fake)     | AP   |      | 17  | -83     | -100   | 17 |
| 00405AE556C2 | U+zone             |      | 5    | 54 Mbps | Goldstar   | AP   | WEP  | 13  | -87     | -100   | 13 |
| 00300D6364FA | T wifi zone        |      | 1    | 54 Mbps | MMC T...   | AP   |      | 15  | -85     | -100   | 15 |
| 06300D6364FA | T wifi_zone_secure |      | 1    | 54 Mbps | (User-d... | AP   | WEP  | 16  | -84     | -100   | 16 |
| 00405AE56133 | FREE_U+zone        |      | 9    | 54 Mbps | Goldstar   | AP   |      | 18  | -82     | -100   | 18 |
| 00405AE55AF2 | U+zone             |      | 5    | 54 Mbps | Goldstar   | AP   | WEP  | 28  | -72     | -100   | 28 |
| 00300D6399CC | T wifi zone        |      | 1    | 54 Mbps | MMC T...   | AP   |      | 17  | -83     | -100   | 17 |
| 001D9308CE88 | T wifi zone        |      | 13   | 48 Mbps | (Fake)     | AP   | WEP  | 30  | -70     | -100   | 30 |
| 001D9308CE88 | T wifi zone        |      | 13   | 48 Mbps | (Fake)     | AP   |      | 29  | -68     | -100   | 32 |
| 001D9308CE8A | T wifi_zone_secure |      | 13   | 48 Mbps | (Fake)     | AP   | WEP  | 30  | -65     | -100   | 35 |
| 00405AE56132 | U+zone             |      | 9    | 54 Mbps | Goldstar   | AP   | WEP  | 20  | -80     | -100   | 20 |
| 00405AE54D83 | FREE_U+zone        |      | 5    | 54 Mbps | Goldstar   | AP   |      | 22  | -78     | -100   | 22 |
| 00405AE54D82 | U+zone             |      | 5    | 54 Mbps | Goldstar   | AP   | WEP  | 20  | -80     | -100   | 20 |
| 00300D6361EC | T wifi zone        |      | 13   | 54 Mbps | MMC T...   | AP   |      | 33  | -67     | -100   | 33 |
| 06300D6361EC | T wifi_zone_secure |      | 13   | 54 Mbps | (User-d... | AP   | WEP  | 29  | -71     | -100   | 29 |
| 0007891053B8 | ollehWiFi          |      | 6    | 54 Mbps | (User-d... | AP   | WEP  | 43  | -57     | -100   | 43 |
| 0207891053B8 | ollehWiFi          |      | 6    | 54 Mbps | (User-d... | AP   |      | 35  | -65     | -100   | 35 |
| 0207891053D0 | ollehWiFi          |      | 13   | 54 Mbps | (User-d... | AP   |      | 62  | -26     | -100   | 74 |
| 0007891053D0 | ollehWiFi          |      | 13   | 54 Mbps | (User-d... | AP   | WEP  | 77  | -23     | -100   | 77 |
| 001D9308CE96 | T wifi_zone_secure |      | 6    | 48 Mbps | (Fake)     | AP   | WEP  | 63  | -37     | -100   | 63 |
| 001D9308CE95 | T wifi zone        |      | 6    | 48 Mbps | (Fake)     | AP   | WEP  | 53  | -28     | -100   | 72 |
| 001D9308CE94 | T wifi zone        |      | 6    | 48 Mbps | (Fake)     | AP   |      | 63  | -37     | -100   | 63 |

Fig16. 가산 디지털 단지 플랫폼에서 수신되는 AP 신호

Fig16은 Net Stumbler를 통해 가산 디지털 단지 역의 플랫폼에서 수신되는 WiFi 신호의 목록이다. 무려 22개의 WiFi 신호가 존재하며 대부분 통신 3사의 것이다. 22개의 신호가 존재하는 것보다 심각한 문제는 이들 신호 중 다수의 채널이 중복된다는 것이다. 올레 WiFi, T WiFi는 주로 13채널과 6채널을 사용한다. 이는 802.11b 통신의 경우 DSSS 변조에 따라 22Mhz를 사용하고 그에 따라 1, 6, 13 채널을 사용하는 것이 간섭을 최소화하는 것임을 고려한 것으로 보인다. 하지만 실제로 통신사들은 OFDM 방식의 802.11g 또는 802.11n 통신을 기반으로 WiFi Zone을 구축했을 것이다. OFDM 방식의 경우 1, 5, 9, 13채널을 사용하는 것이 효과적이다. 이처럼 통신사에서 802.11b 규격에 최적화된 1, 6, 13 채널을 사용하는 것은 WiFi 신호 간 간섭 최소화를 본격적으로 추진하지 않은 것으로 보인다.

## VI. 결론

WiFi 통신 개발 이후 현재까지는 한정된 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 대역폭을 채널 단위로 분배했다. 하지만 신호의 수가 지나치게 많아져 하나의 채널에 다수의 WiFi 신호가 점유하는 상황에서는 대역폭의 채널 단위 분배에 대한 전면적인 재검토가 필요하다고 생각한다. 또한 본 연구에서 채널 본딩 여부에 따른 성능 비교, 즉 대역폭 전체를 2개 신호에 할당한 경우와 대역폭을 2개로 나누어 각각 1개 신호씩에 할당한 경우를 비교한 결과 통신 성능 차이가 크지 않으며 오히려 주위 신호와의 간섭을 고려했을 경우 채널 본딩을 활성화 한 경우의 통신 성능이 우수할 수 있다는 결론을 내렸다. 이 부분은

802.11ac 규격을 이용해 4개 채널까지 본딩을 하면 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 예측되며 추후에 연구하려고 한다. 5.0Ghz 대역은 WiFi가 할당받은 대역폭이 비교적 넓고 채널 간 간격과 하나의 채널이 갖는 대역폭이 20Mhz로 동일하므로 좀 더 정확한 실험을 할 수 있을 것이다.

앞으로 WiFi 신호 사이의 간섭을 다룰 때 추가로 고려해야 할 점은 WiFi 전파 사이의 물리적인 간섭이다. 지금까지는 대역폭이 직접적으로 중복되는 경우에 QoS 규약에 따른 간섭만 고려된 경우가 많았다. 하지만 실험 결과 다운로드 속도는 신호 사이 채널 간격이 6개 떨어져야만 회복되며 AP 사이에 반사판을 설치한 경우 성능의 변화가 있다는 점을 통해 WiFi 사이의 물리적 간섭도 무시할 수 없는 비중을 차지한다는 사실을 알 수 있었다. 실험에 사용된 3가지 종류의 반사판은 대체로 WiFi 신호 사이의 간섭을 최소화하는 효과를 보였고 AP를 기준으로 전후 방향의 지향성을 갖지 않는 반사판 1은 간섭 최소화 효과가 상당했다. 이처럼 가까이 위치한 두 개의 AP 사이에 간단한 반사판을 설치하기만 해도 WiFi 신호 간 간섭을 줄일 수 있다.

지하철에서의 WiFi 통신망 구축 상황은 반드시 개선이 필요했다. 3개 통신사가 WiFi 신호 사이의 간섭에 대한 고려를 하지 않고 무차별적으로 WiFi Zone을 구축했으며 그 후로도 간섭 최소화를 위한 개선이 거의 이루어지지 않은 것으로 보인다. 현재 우리나라를 포함해 대부분의 나라에서 TV, 휴대폰 통신 등은 정부 차원에서 관리하고 있다. 하지만 WiFi는 그 영향 범위가 작다는 이유로 관리 대상에 들어가지 못했다. 하지만 수많은 WiFi Zone을 구축하는 통신사들에 대해서는 어느 정도의 규제가 필요하다고 생각한다. 앞으로는 WiFi Zone의 수 자체를 늘리는 것보다는 통신사간의 협의 하의 가능한 한 AP를 통합하고 신호 간 간섭을 최소화하는 것에 더 많은 투자가 필요할 것이다.

## 참고문헌

[1]통신 3사의 WiFi Zone 구축 현황

올레 모바일 공식 블로그. <<http://mobileblog.olleh.com/1015>>. (2012.08.26. 확인)

T WiFi 고객센터. <<http://www.twifi.co.kr/view/customer/faqview.jsp?no=16>>. (2012.08.26. 확인)

LG U+ zone. <<http://zone.uplus.co.kr/>>. (2012.08.26. 확인)

[2]방송통신위원회 와이파이 혼신 최소화 가이드라인. <

<http://www.kcc.go.kr/user.do?mode=view&page=P02020500&dc=K02020500&boardId=1007&boardSeq=30788>>. (2012.08.26. 확인)

[3]802.11n

표준

규약.

<<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11n-2009.pdf>>. (2012.08.26. 확인)