

아파트 환경에서의 무선랜을 위한 5GHz 광대역 채널 특성

최진원^o, 김성철, 이재원^{*}
서울대학교 전기,컴퓨터공학부, 한국통신^{*}

5GHz Wideband Channel Characteristics for WLAN in Apartment Building

Jinwon Choi^o, Seong-Cheol Kim and Jae-Won Lee^{*}

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul Nat'l University and KT^{*}
caesar@maxwell.snu.ac.kr

요약

본 논문에는 차세대 무선랜 시스템에 사용될 5GHz 광대역 무선통신채널의 측정과정 및 연구결과가 나타나 있다. 측정시스템은 유사잡음 상관기법을 이용하여 발생시킨 대역폭 100MHz의 광대역 신호를 무지향성 안테나를 통해 주고받는 방식으로 구성되었으며, 측정실험은 한국의 대표적인 거주 환경인 아파트에서 이루어졌다. 송신기는 특정한 가정의 한 가운데 지점과 무선랜을 가장 많이 사용할 것 같은 지점, 2곳에 설치하였고 수신기는 각각의 송신기 위치마다 그 집 내부와 인접한 집들의 주요지점을 이동하면서 송신신호를 측정하였다. 그 결과, 송신기가 가옥 가운데에 존재하는 것이 가옥 내의 고른 전파특성을 유지하고 이웃집으로의 간섭을 줄일 수 있는 것으로 보이며, 시스템 설계시에 앞 건물에 반사되어 들어오는 신호에 대한 충분한 고려가 있어야 할 것으로 나타났다. 간섭 문제의 경우, 이웃집에 미치는 간섭이 위, 아랫집에 미치는 것보다 큰 것으로 나타났다.

I. 서론

고속의 데이터를 고정되지 않은 상태에서 주고받을 수 있는 통신에 대한 수요가 증가하면서, 무선랜(WLAN, Wireless Local Area Network)에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만, 낮은 주파수 대역은 기존의 통신시스템으로 인해 포화되어 있기 때문에 5GHz 대역이 새로운 무선랜을 위한 주파수대역으로 제시되어 있다. 그에 따라 5GHz의 광대역 채널 특성 연구가 진행되고 있지만, 한국의 대표적인 주거공간인 아파트에서 운용하는데 필요한 채널특성 연구는 다른 환경에 비하여 충분한 분석이 이루어지지 못한 상태이다 [1],[2]. 한국에서 아파트는 가장 보편적인 주거형태로, 한 건물에 많은 세대들이 배치되어 있을 뿐만 아니라 세대들 간의 간격도 좁아 다른 주거형태와 구분되어야 하며 차후 새로운 무선통신시스템이 제일 먼저 운용될 것으로도 예측되기 때문에 아파트 건물에서의 채널 특성 연구는 독립적이면서도 시급히 연구되어야 할 과제로 생각된다. 본 논문에서는 아파트에서의, 5GHz 대역의 광대역 무선 통신 채널측정 과정, 결과 그리고 분석 내용이 기술되어 있다. 내용은 차세대 무선랜의 아파트 한 가정 내에서의 전파 특성을 기본으로 과밀화 되어있는 아파트들을 고려한 집과 집 사이의 수평, 수직적인 전파 간섭 문제를 다루고 있다. 실험에 사용된 측정 시스템은 유사잡음 상관기법(pseudo noise correlation method)을 바탕으로 구성되었으며, 측정시스템을 이용하여 구해진 채널의 충격응답을 바탕으로 광대역 무선통신채널의 특성

을 알 수 있는 최대지연시간(Maximum excess delay), 평균지연시간(Mean excess delay), RMS 지연확산(Root Mean Square delay spread) 그리고 수신신호의 세기(Received signal strength)를 계산하였다. 이러한 측정결과들을 바탕으로 아파트 환경에서의 전파특성 분석 및 이웃한 집들에 미칠 수 있는 간섭문제에 대하여 알아보았다.

본 논문의 구성은 제 II 절에서 측정시스템과 측정 장소 및 측정 과정에 대하여 설명하였고 제 III 절에서 측정 결과를 서술, 분석한 후 제 IV 장에서 결론을 내는 것으로 이루어졌다.

II. 측정 시스템 및 측정 장소와 과정

1. 측정 시스템

아파트 환경의 광대역 무선 채널의 충격응답을 구하기 위한 측정시스템은 유사잡음 상관기법을 바탕으로 구성되어있어 있으며 시스템 구성도는 그림 1.에 나타나있다 [3]. 측정 시스템은 기저대역에서 50 MHz의 발진기를 이용하여 4095개의 칩(chip)을 갖는, 100MHz 대역폭의 M-시퀀스를 발생시킨 후 신호발생기를 이용하여 최종적으로 5.8GHz의 신호를 발생시킨다. 충분한 동적범위를 확보하기 위해 사용된 전력증폭기(PA)는 30dBm까지 선형적으로 동작하며 사용된 대역통과필터(BPF)의 대역폭은 100 MHz이다. 채널을 통과해 수신 안테나에 수신된 신호는 송신단에서 쓰인 것과 같은 대역폭의 대역통

과필터를 통과한 후 저잡음증폭기(LNA)를 통해 충분한 전력을 확보하였고, 신호발생기를 이용하여 300MHz의 중간주파수로 변환, 2GHz 표본 추출을 통해 PC에 저장하였다. 측정과정이 끝난 후 과표본화된 데이터를 대역통과필터를 이용하여 원하지 않는 신호를 제거하고 기저대역으로 복조한 후 저역필터(LPF)를 이용하여 기저대역 외의 신호를 제거한다.

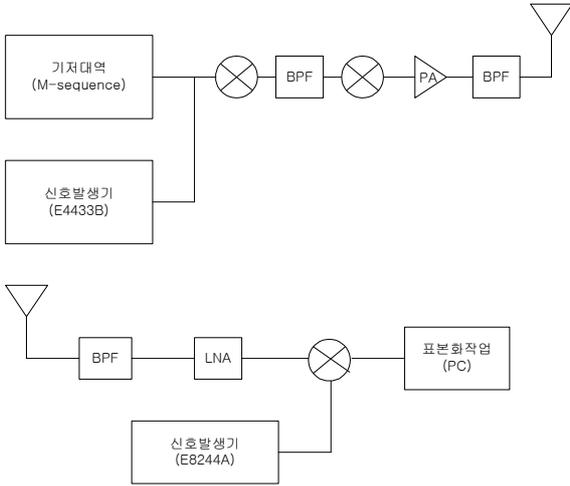


그림 1. 무선채널 충격응답 측정 시스템(송/수신단)의 구성도

기저대역으로의 복조는 I/Q 복조를 하여 수신된 신호로부터 진폭과 위상을 얻을 수 있도록 하였다. 기저대역의 신호를 원래의 M-시퀀스와 상호상관하여 채널의 충격응답을 얻게 된다. 측정에 사용된 안테나는 4.6dBi를 갖는 무지향성 안테나로 송, 수신 모두 높이 1.7m에 설치하였다.

2. 측정 장소 및 측정 과정

측정 실험을 진행한 아파트는 수원 영통 지구에 위치하고 있는 20층, 계단식 형태의 건물이다. 한 가옥의 크기는 30평으로 평면도는 그림 2에 나타나 있다.

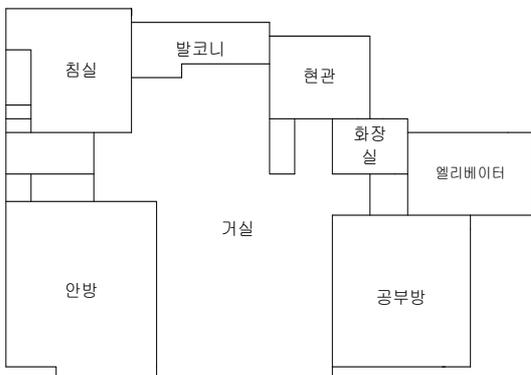


그림 2. 아파트 평면도

건물 벽의 주된 재료는 콘크리트이며, 아직 거주민들이 입주하지 않는 상태이어서 거주민과 가구들에 의한 전파특성변화는 고려할 수 없었다. 발코니 개축으로 건물 외벽의 창문 유무는 불규칙하였지만, 송신기를 설치한 집인 504호의 경우에는 모든 창문이 설치된 상태였다. 측정은 송신기를 무선랜을 사용할 때 설치되는 접속점(Access Point)으로 생각하여, 송신기가 가옥 한가운데에 위치하는 경우와 가장 많이 사용될 지점에 위치하는 경우, 2가지 경우를 가정하였다. 수신기는 각각의 송신지점에 대해 504호 주요지점에서의 전파 특성을 알아본 후 이웃한 집들의 주요지점에서 전파형태를 알아보는 것으로 진행하였다. 이를 수평적 분석이라 칭하였고, 그 후에는 위, 아랫집의 주요지점에서 전파형태에 대해 알 수 있는 수직적 측정을 수행하였다. 이 경우 송신기는 504호의 가운데에 위치하였다. 각 수신 지점마다 100개의 채널 충격응답을 얻었으며 각 충격응답 간의 시간적인 간격은 최대 지연시간보다 훨씬 큰 1초이다.

III. 측정 결과 및 분석

1. 수평적 분석 I

(송신기가 집 한가운데에 있는 경우)

가장 먼저 실행한 측정에서는 무선랜의 접속점이 집 한가운데에 설치되어 있는 경우를 가정하였다. 실제 설치를 고려하여 송신기는 거실 벽에 붙여놓았으며 수신 지점은 같은 집 내에서 5지점, 다른 집에서는 각 집 당 4지점을 선택하였다. 각 가옥의 주요 지점에 위치한 수신기 위치는 그림 3에 나타나 있다.

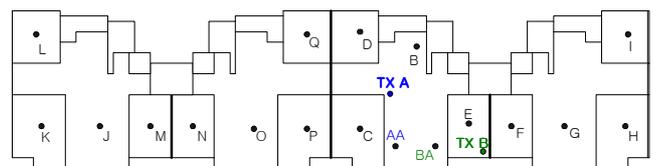


그림 3. 측정 환경의 평면도 및 각 송수신 지점 I

그림의 오른쪽으로부터 503호, 504호, 505호, 506호이며 504호에서는 수신 지점을 A, B, C, D, E라고 하였고, 503호에서는 F, G, H, I, 506호에서는 J, K, L, M, 505호에서는 N, O, P, Q라고 하였다. 측정 실험을 통해, 각 측정 지점에서 채널의 충격응답을 구하여 전력 지연 분포(Power delay profile)를 그려보면 그림 4와 같다.

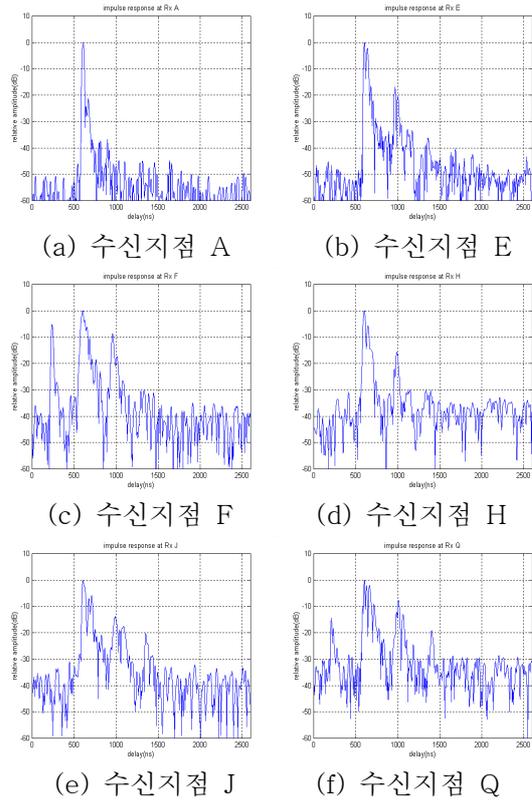


그림 4. 주요 수신 지점에서의 전력지연분포

각 전력지연분포에서는 상대적인 값을 비교하기 위하여 크기는 최대수신정도를 0dB로, 지연정도는 최대수신시의 지연 값을 600ns로 정해놓았다. A지점에서는 가시경로(Line Of Site)를 통해 수신된 신호가 다른 경로를 통해 들어온 신호에 비해 매우 강하게 수신되었고 E지점의 경우, 벽을 뚫고 지나온 최대수신신호와 앞 건물에 반사되고 돌아온 두 번째 크기의 수신신호가 강하게 측정되었다. 두 번째 크기의 신호가 앞 건물에 반사되어 돌아온 것으로 생각되는 이유는 최대수신신호와 두 번째 크기의 수신신호사이의 시간차가 건물과 건물사이의 거리인 57.2m에서 산출되는 381ns와 거의 일치하기 때문이다. F지점의 경우는 벽을 뚫고 들어온 첫 번째 수신신호보다 앞 동에 의해 반사되어 돌아온 두 번째로 들어 온 수신신호의 크기가 강한 것으로 측정되었으며, 두 번 반사되어 들어온 수신신호도 존재하였다. H, J, Q지점에서 앞 동에 의해 반사된 것으로 추측되는 수신경로가 측정되었지만 최대수신경로에 대한 수신정도가 F지점에서의 경우보다 많이 작았다. 수신지점에서 생긴 다중경로간의 지연 간격은 앞 건물에 반사되어 돌아오는 시간과 일치하는 것으로 나타났으며 이는 시스템 설계 시 반사되어 들어오는 신호에 대한 충분한 고려가 필요하다는 것을 의미하고 있다.

그림 5.는 수신지점에 따른 수신 신호의 세기를 나타낸 것으로 수신 신호는 전력 지연분포에서 잡음수준 이상의 신호크기를 함하여 계산하였다. 잡음수준은 유효한 다중경로의 수와 수신정도를 고려하

여 송신기가 위치한 가옥의 경우에는 최대수신정도로부터 30dB 아래로 설정하였으며, 다른 가옥의 송신지점의 경우는 20dB 아래로 설정하였다. 송신기가 있는 504호 안에 위치한 수신기들 중 가시경로가 보장되며 송신기와 가장 가까이에 위치한 B지점에서의 전파손실이 가장 적었으며 벽을 통과할 때마다 수신과위의 세기가 많이 감소하는 것으로 나타났다. 반면, 다른 집에 있는 수신기의 경우에는 -80dBm 이하로 거의 일정하게 유지되는 것으로 나타났다. 같은 가옥에 위치하는 C, D 지점에 비해 E 지점의 경로손실이 큰 이유는 C, D지점에는 송신기와 수신기 사이에 나무로 만들어진 문이 존재하는데에 비하여 E지점은 송신기와 수신기 사이에 콘크리트 벽만이 존재하기 때문이다.

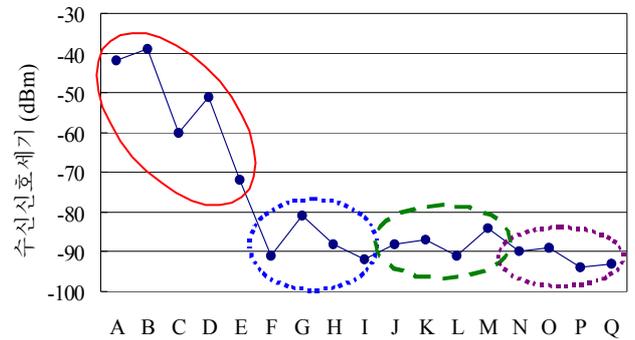


그림 5. 각 수신 지점에서의 수신 신호 세기

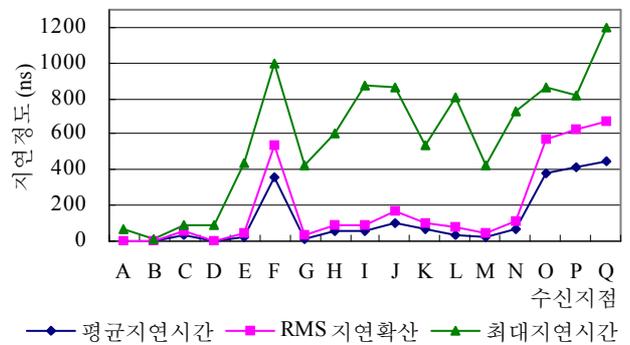


그림 6. 각 수신지점에서의 지연 변수 값

그림 6.은 각 수신지점에서의 광대역 통신 채널의 특성을 나타내는 지연 변수(delay parameter)들을 나타내고 있다[4]. 송신기와 같은 가옥에 위치한 수신지점에서는 일반적으로 지연변수 값이 작았지만, 다른 수신지점에서는 최대지연시간이 최대 1.2 μ s로 대단히 큰 값을 보여주고 있다. 이는 앞 건물에 다중 반사되어 들어오는 신호의 존재를 의미한다. 특히, 수신지점이 송신기로부터 멀어져서 송신기로부터 최단경로를 통해 수신되는 신호 세기가 약해지거나, 수신지점이 앞 건물을 향해 큰 창문을 가지고 있을 경우의 지연 변수 값들이 큰 것을 나타냈다. 이 현상은 건물에 반사되어 들어오는 신호는 큰 창문을 통하여 수신되는 반면 바로 수신되는 신호는 거리가 멀어짐에 따라 크게 감쇄되어, 반사되어 들

어오는 신호의 세기가 상대적으로 커지기 때문인 것으로 보인다.

2. 수평적 분석 II

(송신기가 공부방에 있는 경우)

그림 3.에서 Tx B 로 표시된 송신 지점은 무선랜의 접속점이 무선랜이 가장 많이 사용될 것으로 예상되는 방에 설치되는 경우를 가정한 것이다. 이 측정에서는 송신기가 가옥의 중심이 아닌, 이웃집에 가깝게 붙어있는 방 안에 위치하고 있기 때문에, 같은 가옥 내에서의 수신정도 변화와 이웃집에 미칠 수 있는 간섭정도를 알 수 있다. 측정을 통해 구해진 주요 수신 지점에서의 채널 충격 응답이 그림 7.에 나타나 있다.

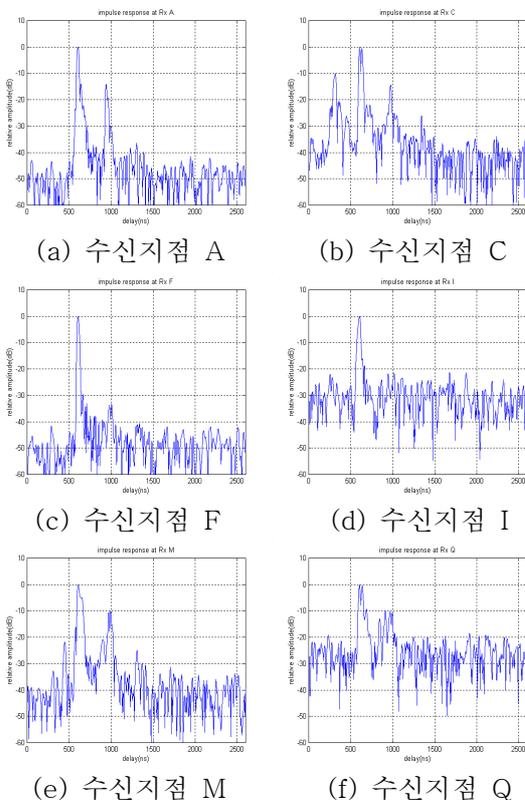


그림 7. 주요 수신 지점에서의 전력 지연 분포

A지점에서 수신된 결과를 보면 콘크리트 벽을 통과하여 수신된 신호와 앞 동의 벽에 반사하여 수신된 신호가 15dB의 전력차이를 가지고 존재함을 알 수 있었고 같은 가옥내의 C지점에서는 직선경로를 통해 벽을 두 번 통과하여 들어온 신호가 앞 건물에 반사되어 들어오는 신호보다 더 작은 것으로 나타났다. 이는 짧은 거리를 지나더라도 콘크리트 벽을 여러 번 통과한 신호가 유리창을 통해 먼 거리를 지나온 신호보다 작을 수 있다는 것을 의미한다. 반면, 송, 수신기간의 거리로는 A지점과 비슷한 거리의 옆집의 F지점에서는 벽을 통과한 신호의 크기가 다른 신호를 무시할 수 있을 정도로 컸는데, 이

는 A지점에 비해 F지점의 경우에는 공부방 창문이 작기 때문에 앞 건물에 의한 반사영향이 적었던 것으로 생각된다. 다른 수신지점의 경우는 건물에 반사되어 들어오는 신호의 세기가 앞의 분석에 비하여 작게 측정되었는데, 그 이유는 송신기가 위치하는 지점이 작은 창문을 가지고 있었기 때문으로 보인다.

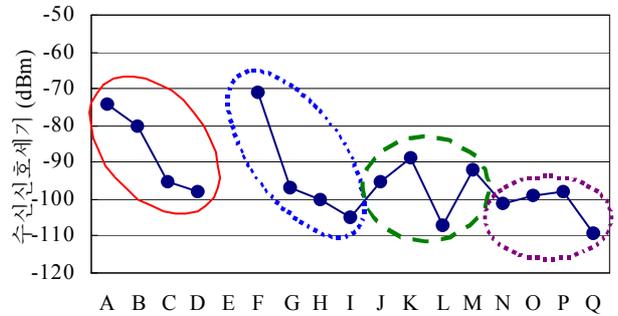


그림 8. 각 수신 지점에서의 수신 신호 세기

그림 8.에 나타난 각 수신 지점에서의 수신 신호 세기를 살펴보면 송신기가 위치한 가옥의 경우 송신기가 가옥 한가운데에 존재할 때에 비하여 수신정도가 약한 것으로 나타났다. 최대수신정도가 송신기가 가옥 가운데에 존재하는 경우의 최소수신정도인 -70dBm정도였으며, 최소수신정도는 -100dBm에 가까웠다. 오히려 이웃집에 위치한 F지점에서의 수신정도는 상대적으로 매우 강하여, 사용빈도만을 고려하여 공부방에 접속점을 설치할 경우에는 이웃집에 심각한 간섭을 일으킬 수 있는 것으로 나타났다.

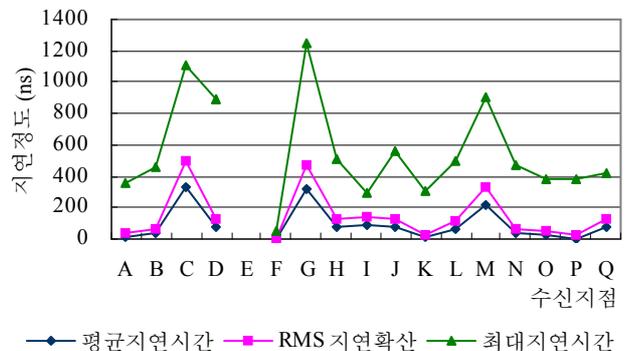


그림 9. 각 수신지점에서의 지연 변수 값

그림 9.는 송신기가 공부방에 있을 때 각 수신 지점에서 지연 변수 값들을 나타낸 것이다. 송신기가 위치한 가옥 내에서의 지연변수 값들은 전체적으로 증가한 것으로 나타났다. 특히 C지점에서의 지연 변수 값들이 크게 나타난 것은 창문을 통해 앞 건물에 반사되어 도달한 신호의 세기가 강한 것을 나타내고 있다. G, J, M지점들에서도 앞 동에 반사되어 도달한 전파의 영향으로 지연변수들의 값이 크게 나타났다.

3. 수직적 분석

수직적 분석은 아파트 5층에 송신 안테나를 설치했을 때 건물 위, 아래층에 미치는 전파의 영향을 분석한 것이다. 송신기를 504호 한 가운데에 위치시킨 후 404호, 604호, 804호, 1004호 그리고 1504호에서 수신된 신호를 측정해보았다. 404호에서는 A, B, C, D 지점에서, 604호에서는 E, F, G, H 지점에서, 그리고 1504호는 Q지점에서 측정하였으며, 그림 10.에 각 수신지점들이 나타나 있다. 실험에 사용된 안테나가 수직으로는 전파를 전달시키지 않는 방사패턴을 지녔기 때문에, 다른 층의 가옥에서 측정된 수신신호는 천장이나 바닥을 뚫고 지나 수신되었다기 보다는 앞 건물에 의한 반사되어 수신되었다고 예측할 수 있다.

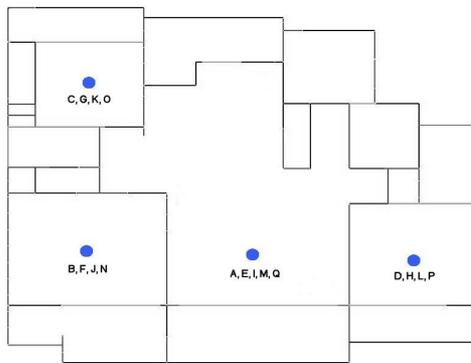


그림 10. 수직적 분석에서의 수신 지점 위치

측정 결과, 다른 층에서 수신된 신호의 세기는 그림 11.에 나타난 것처럼 상당히 작은 것으로 나타났다. 가장 센 신호가 측정된 바로 위층의 거실지점에서의 전파손실 값이 -90dBm 이었는데, 이는 같은 송신기 위치의 수직적 분석에서 측정된 값 중에서 작은 값에 해당하는 크기이다. 이는 수직방향의 방사패턴을 지니지 않는 안테나를 이용하여 시스템을 설계할 시에는 앞 건물에 반사하여 들어오는 신호에 의한 위, 아래 집으로의 간섭은 그리 크지 않다는 것을 의미하고 있다.

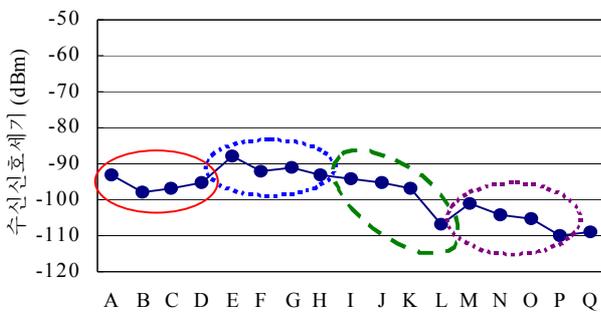


그림 11. 각 수신 지점에서의 수신 신호 세기

IV. 결론

본 논문은 차세대 무선통신시스템인 5GHz 대역의 무선랜 운용을 위한 아파트에서의 광대역 무선 채널 특성을 나타내고 있다. 유사잡음 상관기법을 이용한 측정 실험 결과, 직선경로를 통해 들어오는 신호뿐만 아니라 앞 건물에 반사되어 들어오는 신호에 대한 충분한 고려가 필요한 것으로 나타났다. 무선랜의 접속점이 가옥 가운데에 있을 경우에는 가옥 내의 수신정도가 비슷하고 옆집에 간섭으로 작용할 신호의 세기가 작았으나, 접속점이 한쪽 방안에 존재할 경우에는 같은 가옥 내에서도 멀리 있는 방의 경우에는 가까이 있는 다른 집의 방보다 수신정도가 좋지 않았다. 간섭의 원인은 앞 동에 반사되어 돌아오는 경로를 통해 들어오는 신호로, 송신기에서 멀어 직선경로를 통해 들어오는 신호의 세기가 약해지고, 수신 지점의 창문이 클수록 반사되어 들어오는 신호의 영향이 큰 것으로 나타났다. 하지만 수직방향의 방사패턴을 지니지 않는 안테나를 사용할 경우, 무선랜을 사용하는 집의 위, 아래집에는 간섭이 일어날만한 신호가 측정되지 않았다. 앞으로 본 논문의 내용을 바탕으로 집안 가구의 존재에 따른 전파경로 변화 및 유리창의 상태에 따른 전파경로 변화에 대한 연구가 진행 될 수 있을 것이다.

본 논문은 한국통신과 Brain Korea 21의 지원 그리고, 대학 IT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

V. 참고 문헌

- [1] 송학훈, 김성철, 이재원, 5.8 GHz 대역에서의 광대역 실내무선채널 측정, *추계마이크로파 및 전파 학술대회*, vol. 25, No. 2, pp.411-414
- [2] Chia-chin Chong, Chor-Min Tan, David I. Laurenson, Stephen McLaughlin, Mark A. Beach, and Andrew R.Nix, "A new statistical wideband Spatio-temporal channel model for 5-GHz and WLAN systems," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 21, no. 2, pp.139-150, Feb. 20
- [3] D. C. Cox, "Delay Doppler Characteristics of Multipath Propagation at 910 MHz in a Suburban Mobile Radio Environment", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. AP-20, NO. 5, September, 1972
- [4] J.D.Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel 2nd/E*, John Wiley & Sons, 2000