

2.45GHz 대역의 지하철 플랫폼에서 경로손실 특성

최낙일, 공민한, 강영진, 송문규
원광 대학교 전기 전자 및 정보 공학부
전화 : 063-850-6341 / 핸드폰 : 011-9432-8633

Path Loss Characteristics in Subway Platform at 2.45GHz Band

Nak Il Choi, Min Han Kong, Young Jin Kang, Moon Kyou Song
Dept. of Electrical Electronic and Information Engineering, Wonkwang University
E-mail : nakchoi@wonkwang.ac.kr

Abstract

In this paper, path loss and delay profile characteristics are measured in the subway platform. To evaluate the fading characteristics of the measured signals, the standard deviations are computed. The standard deviation is bigger for shorter distance. The shorter the distance, the bigger the phase difference between direct wave and reflected waves according the distance, which results in heavy fading. To compute the path loss according to distance, the average values of path loss exponent(n) is evaluated. The path loss exponents measured in the subway environment for Omni-VP(omni-directional vertical polarization) antenna and CP(circular polarization) antenna are 1.418 and 1.680, respectively, which are considerably less than 2.0, the free space path loss exponent.

I. 서론

이동 무선 통신이 급속하게 성장함에 따라 높은 품질의 서비스를 제공받기를 기대하고 있다. 그러나 터널과 같은 폐쇄 환경에서는 지상의 정보통신을 이용하지 못하는 경우가 많다. 이런 폐쇄 공간에서 통신을 하기위해 많은 실험이 이루어지고 있다. 특히 터널에서의 통신 서

비스를 제공하기 위해서 두 종류의 시스템이 사용되고 있다. 첫 번째 저주파수에서는 leaky feeder cable을 가까운 터널 벽에 설치하여 케이블에서 전파를 방사하는 것이다. 두 번째는 부과적인 방사 장치를 필요로 하지 않으며, 불필요한 감소를 야기하지 않고 고주파수를 사용하는 터널에서 전파의 자연적인 전파에 기초하는 것이다. 마치, 터널이 광대한 도파관처럼 동작하는 것이다. 이 두 가지 중에서 후자는 요즘 들어 많은 연구가 진행되고 있다^{[1][3]}.

지하 터널과 같은 폐쇄 공간 환경에서 전파는 벽, 천장, 바닥 등 많은 전파 경로에 영향을 끼치는 요인들이 존재하고 있으므로 반사, 투과 및 회절을 겪으며 전파하게 된다. 이러한 다중 경로 전파는 경로손실 및 신호 지연을 일으켜 통신 품질에 많은 영향을 주게 된다. ISM 대역에서 고품질의 통신 서비스를 제공하기 위해 터널 내부의 전파 특성을 정확하게 예측하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 2.45GHz 주파수 대역에서 다양한 서비스 요구를 충족시키고 효율적인 전파를 위해서 지하철 터널의 전파 전파 특성 중 경로손실 특성에 대하여 측정하였다.

II. 측정 시스템의 구성 및 측정 방법

2.1 측정 환경

지하철 환경에서 전파 특성을 위해 미계통 지역인 대전 지하철 공사 현장에서 측정하였다. 지하 터널의 측정

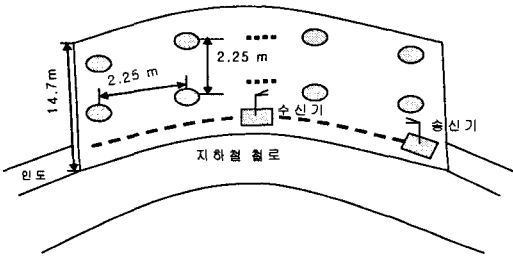


그림 1 플랫폼의 구조

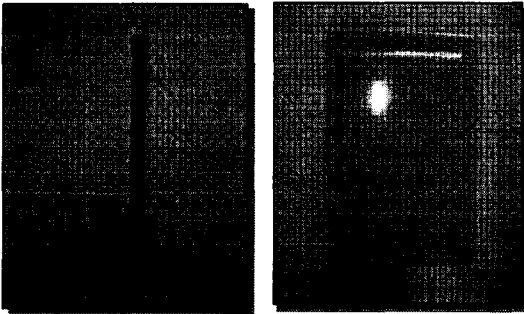


그림 2 무지향성 수직 안테나 그림 3 원형편파 안테나

구간 내에는 약 5~6m 간격으로 조명을 위한 백열등과 공사를 위한 작업 장비들이 일부 존재한다. 플랫폼은 가로가 120m, 세로가 14.7m의 크기이다. 플랫폼의 밑은 빈 공간으로 되어있으며, 중앙을 기준으로 높이 5.7m이고, 가로가 5m인 지하철이 다니는 공간이 있다. 플랫폼은 사각터널 형태, 기둥은 둥근 형, 기둥과 기둥 사이는 2.25m씩 떨어져 있으며 48개 있다.

측정은 플랫폼의 가장 자리에 송신단 시스템과 하나의 안테나를 고정하고 동일한 안테나를 수신단에 설치하여 송·수신간 거리를 2.5m씩 이동하면서 경로손실을 측정한다. 측정에 사용된 안테나는 무지향성 수직 안테나와 지향성 중에서 원형편파 안테나를 사용하였다. 무지향성 안테나의 경우 대역폭이 2.4GHz ~2.48GHz, 방사패턴이 수직18° 3dB이며, 안테나 이득이 8dBi이다. 원형편파 안테나의 경우 대역폭이 2.35GHz ~2.65GHz, 방사패턴이 수평과 수직이 동일하게 30° 3dB이고, 안테나 이득이 11dBi이다. 그리고 안테나는 높이는 250cm이고 방향이 조정 가능하다.

2.2 경로손실

협대역 측정은 신호들의 감쇄를 측정하기 위해 제안되었다. 즉 협대역 측정방법을 통해서 송·수신기의 거리에 따른 경로손실의 차이가 관찰된다. 따라서 이러한 협대역 측정에 적합한 장치를 설계하도록 해야 한

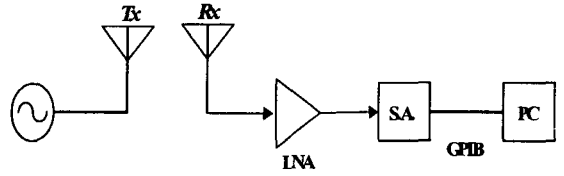


그림 4 경로손실 측정을 위한 시스템

다. 그림4는 경로손실 측정을 위한 시스템이다.

2.45GHz 주파수를 발생하기 위한 신호 발생기와 신호의 송·수신을 위한 송·수신 안테나, 수신된 신호를 증폭시키는 LNA(Low Noise Amplifier), 그리고 측정된 신호를 검출하는 스펙트럼 분석기와 각 부품과 장비들을 연결하는 케이블로 구성되어 있다. 그렇지만, 자유공간에서 송신되는 신호를 고전력으로 신호를 전송하는 HPA는 사용하지 않는다. 측정된 신호의 데이터를 저장하기 위해서 GPIB 카드와 스펙트럼 분석기를 연결하고 이를 PC에 연결하여 자동으로 데이터를 취득 하였다.

III. 터널에서의 측정 결과 및 비교

3.1 경로손실 측정 방법

송신기는 플랫폼의 가장 자리에 고정 시키고, 수신기는 플랫폼을 따라 이동 하면서 경로손실을 측정하였다. 수신기는 이동할 수 있도록 바퀴를 달아 밀고 다녔고, 데이터 측정은 스펙트럼 분석기로 측정하고 이를 GPIB를 통해서 자동으로 PC에 저장되도록 하였다. 송신기는 2.45GHz의 +10dBm로 송신하였다. 수신기는 LNA의 동적 범위를 유지해 주기 위해서 감쇄기의 값을 조절해 가면서 송·수신 안테나의 거리가 2.5m 되는 지점부터 수신기를 2.5m씩 이동하면서 한 지점에서 5회 측정하였다. 5회 측정한 값들을 평균하여 경로손실 값을 결정하였다.

3.2 경로손실 측정 결과 및 분석

측정된 신호의 페이딩 특성을 알아보기 위해 표준편차를 이용하여 나타내면 다음과 같다.^[2]

$$\sigma = \sqrt{(X - \bar{X})^2} \quad (1)$$

식(1)에서 X는 수신된 신호세기이고, \bar{X} 는 수신된 신호 세기의 평균값을 의미한다. X의 평균값인 \bar{X} 는 매

10m 단위의 신호레벨을 평균하여 계산하였으며, 전체 110m 플랫폼 실험을 해석하기 위해서 10m 짧은 영역 11개로 나누었다. 표준편차는 이 짧은 영역에서 계산되었다.

송·수신 안테나의 거리와 안테나에 따른 표준 편차 값을 그림5와 그림6에서 보여주고 있다. 그림과 같이 플랫폼에서의 무지향성 수직안테나와 원형편파 안테나는 송·수신 안테나의 거리가 가까울수록 페이딩의 깊이가 깊게 나타났고, 송·수신 안테나의 거리가 멀어질수록 페이딩 깊이는 원형편파 안테나보다 무지향성 수직 안테나가 크게 나타났다. 다시 말하면, 송신기로부터 가까운 거리일수록 심한 페이딩 현상이 나타났다. 이것은 송신기로부터 가까운 거리에서는 직접파와 반사파간에 위상 변화가 크게 나타나며 송신기로부터 먼 거리에서는 위상 변화가 적게 나타난다는 사실로 설명될 수 있다^[5].

송·수신 안테나의 거리에 따른 수신 전력의 감쇄지수(n)를 사용하여 식(2)와 같이 송·수신간의 거리 함수로 표현된다^{[2][4]}.

$$P_r(d) = \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-n} \quad (2)$$

또는

$$P_r(d)[dB] = P_R(d_0) - 10n \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (3)$$

여기서 $P_r(d)$ 은 거리 d에서의 수신 전력, n은 수신전력 감쇄지수, d_0 는 송신기에 근접된 기준거리, d는 송·수신간의 거리이다. 수신 전력 감쇄지수(n)는 환경에 따라 다르며, 자유공간에서의 수신 전력의 감쇄지수는 2이며, 장애물이 존재하면 값은 증가한다. 식(3)을 이용하여 수신 전력의 감쇄지수(n)를 구하면 식(4)와 같다.

$$n = \frac{[P_R(d_0) - P_r(d)]}{10 \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right)} \quad (4)$$

식(4)을 이용하여 송신기로부터 거리 d 만큼 떨어진 거리에서 수신 전력감쇄지수를 계산하였다. 플랫폼에서 무지향성 수직 안테나의 수신 전력감쇄지수는 1.418이었고, 원형편파의 수신 전력감쇄지수는 1.680이다. 플랫폼에서의 수신 전력감쇄지수는 자유공간에서 수신 전력감쇄지수 2보다 작은 수신 전력감쇄지수를 갖는다. 이 같은 이유는 플랫폼의 사방이 막혀 있기 때문이다.

송·수신 안테나의 거리에 대한 수신 레벨은 그림7과 그림8에서 나타내고 있다. 무지향성 수직 안테나와 원형편파 안테나는 처음 15m와 20m까지는 자유공간에서와 같은 전파 특성을 나타냈다. 그 이후에는 전파 감소가 천천히 이루어졌다.

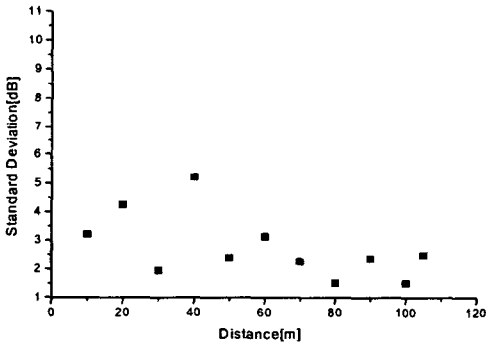


그림 5 무지향성 수직안테나의 표준편차

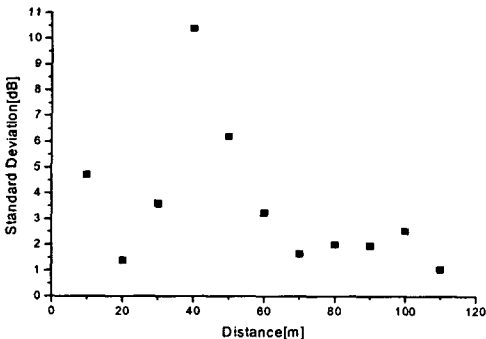


그림 6 원편파 안테나의 표준편차

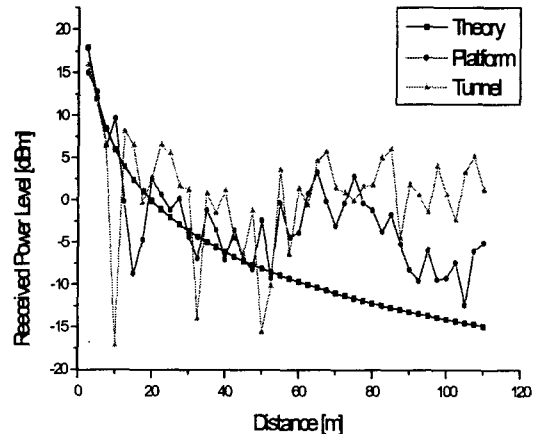


그림 7 무지향성 수직 안테나의 수신레벨

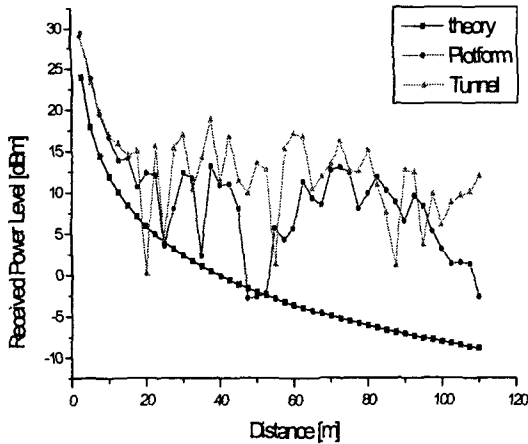


그림 8 원편파 안테나의 경로 손실

그리고 45m에서 55m근처는 터널의 곡률 때문에 송·수신 안테나의 방향이 일치하지 않는 지점으로 수신 레벨의 변화가 심하였다. 또한, 무지향성 안테나 보다는 원형편파 안테나의 수신 레벨의 감소가 심했다. 이것은 안테나의 방향이 마주보지 않아서 직접파를 수신하지 못하고 반사파를 수신하게 되었기 때문이다. 다시 60m 부터는 안테나의 방향이 일치하여 수신레벨이 일시적으로 상승하였으며 그 이후부터는 천천히 감소하는 경향을 보였다. 그리고 터널에서의 전파 특성과 비슷한 특성을 보였다.

자유공간에서의 수신레벨 값과 지하철 터널에서의 수신레벨 값을 비교하면 거리가 멀어질수록 지하철 내에서의 수신 레벨 값이 컸다. 이것은 자유공간에서보다 터널 환경에서는 송·수신안테나의 거리가 멀어질수록 수신레벨의 감쇄가 적음을 알 수 있다.

IV. 결론

지하터널 플랫폼에서 2.45GHz대역의 송신기로부터 수신기까지 거리에 따른 경로손실을 측정하였다. 이러한 측정값을 가지고 자유공간에서의 전파 특성과 비교하기 위하여, 수신 전력감쇄지수를 구하였다. 자유공간에서의 수신 전력감쇄지수는 2인 반면, 대전 지하철 플랫폼에서 무지향성 수직 안테나의 수신 전력감쇄지수는 1.418이었고, 원형편파의 수신 전력감쇄지수는 1.680이다. 측정된 경로손실 값은 페이딩 현상을 나타내고 있었으며, 이러한 페이딩 현상을 알아보기 위해 표준편차 값을 계산하였다. 측정된 신호는 송·수신 안테나의 거리가 가까울수록 페이딩의 깊이가 깊게 나타났다.

자유공간에서의 수신레벨 값과 지하철 터널에서의 수신레벨 값을 비교하면 거리가 멀어질수록 지하철 터널에서의 수신 레벨 값이 컸다. 이것은 자유공간에서보다 터널환경에서의 송·수신안테나의 거리가 멀어질수록 수신레벨의 감쇄가 적음을 알 수 있다.

<본 논문은 KT 서비스 개발 연구소의 지원으로 수행한 연구 결과입니다.>

참고문헌

- [1] P. Mariage, M. Lienard, and P. Degaugue. "Theoretical and Experimental Approach of the Propagation of High Frequency Waves in Road Tunnels" *IEEE Transactions on antennas and propagation*, vol 42, no. 1, pp 75-81, Nov. 1994.
- [2] S. Shinozaki, M. Wada and A. Reranishi "Radio Propagation Characteristics in Subway Platform and Tunnel in 2.45GHz Band" *IEEE Trans. Veh. Technol*, vol. 47, no 4, pp 1175-1179, Nov. 1995D.
- [3] M. Lienard, and P. Degaugue. "Propagation in Wide Tunnel at 2GHz: A Statistical Analysis." *IEEE Trans. Veh. Technol*, vol. 47, no 4, pp 1322-1328, Nov. 1998.
- [4] T. S. Rappaport and S. Y. Seidel, "900MHz multipath propagation measurements in four United States cities." *Electron. Lett*, vol. 25, no. 15. pp 956-958, July 20, 1989.
- [5] 박시우, "PCS 무선채널의 다중경로 전파시간 지연 특성에 대한 분석연구" *고려대학교 박사학위 논문*, Dec. 1995.