

마이크로 스트립 패치 안테나를 이용한 ETC 시스템을 위한 마이크로파 전파모델 연구

Study of Microwave Propagation Model for ETC System Using Micro Strip Patch Antenna

배창호(C.H. Bae)

기술기준연구팀 연구원

정희창(H.C. Chung)

기술기준연구팀 책임연구원, 팀장

자동 요금 징수 시스템인 ETC(Electronic Toll Collection) 시스템에서 차량의 탑재장치와 비컨(Beacon) 간에 마이크로파가 전파되는 경로를 모델화하였으며 다중 경로에 따른 페이딩 효과를 분석하였다. 또한 환경 변화 즉 강우 시 마이크로파 전파도 고려하여 수치분석을 하였다. 분석결과 강우에 의한 반사면의 반사계수가 변하여 페이딩 효과가 크게 증가하였다. 이런 수치해석 결과를 탑재장치에서 수신된 전압의 크기와 비컨과 차량 사이의 거리로 도시하였다.

I. 서론

최근에 교통량이 급격히 증가함에 따라 효율적으로 교통량을 제어할 필요성이 증대되고 있다. 특히 고속도로 및 유료터널 등의 요금징수에 따른 교통의 정체는 심각하다. 유럽, 미국과 일본에서는 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는데 그 중 하나가 자동 요금 징수 시스템이다[1]. 자동 요금 징수 시스템은 기본적으로 차량과 관리소간의 상호통신이 가능하여야 한다. 따라서 차량에 송수신 장치를 부착하여야 하고 이를 차량 탑재 장치, OBU(On Board Unit)라 하며 관리소에 설치하여야 할 송수신 장치를 비컨(Beacon)이라 한다.

차량 탑재 장치와 비컨 사이의 통신은 5.8GHz 주파수 마이크로파를 사용하며 이의 전파 경로들을 모델화하여 연구한다[2, 3]. 마이크로 스트립 안테나 어레이를 사용한 효과도 분석한다[4]. 또한 다중 경로의 전파에는 페이딩 효과가 나타나므로 이에 대한 수치 분석을 하고 강우 등 환경변화를 고려하여

페이딩 효과를 수치 분석한다[5].

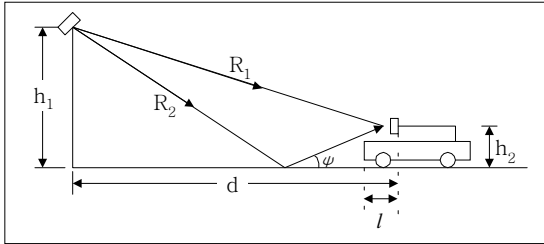
II. 마이크로파의 전파 모델식

자동 요금 징수 시스템의 전파를 모델화하기 위하여 (그림 1)과 같이 비컨과 차량 탑재 장치의 전파 경로를 선정한다[6]. 차량 탑재 장치의 안테나에서 수신되는 전압은 직접 경로에 의한 전압, 지면에 의해 반사되는 전압과 차량의 보닛에 의해 반사되는 전압으로 구성되며 이에 관한 수식은 아래와 같다. 여기에서 V_0 는 상수이며 f 함수들은 각각 수신 및 송신 안테나의 방사패턴이다.

$$V_d = V_0 f_1(\theta_1) f_2(\theta'_1) \frac{e^{-jk_0 R_1}}{4\pi R_1}$$

$$V_r = V_0 f_1(\theta_2) f_2(\theta'_2) \rho e^{j\phi} \frac{e^{-jk_0 R_2}}{4\pi R_2}$$

$$V_B = V_0 f_1(\theta_3) f_2(\theta'_3) \rho e^{j\phi_1} \frac{e^{-jk_0 R_3}}{4\pi R_3}$$



(그림 1) ETC 시스템의 개략도

$$V = V_d + V_r + V_B$$

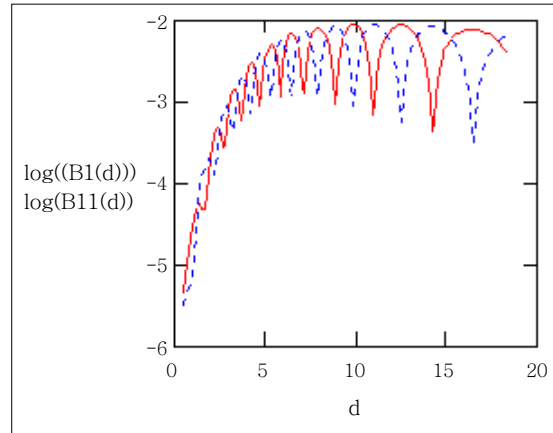
지면 및 차량의 반사계수들은 편파에 따라 아래 식으로 주어진다.

$$\text{TM } \rho e^{j\phi} = \frac{(K - jX)\sin\psi - \sqrt{(K - jX) - \cos^2\psi}}{(K - jX)\sin\psi + \sqrt{(K - jX) - \cos^2\psi}}$$

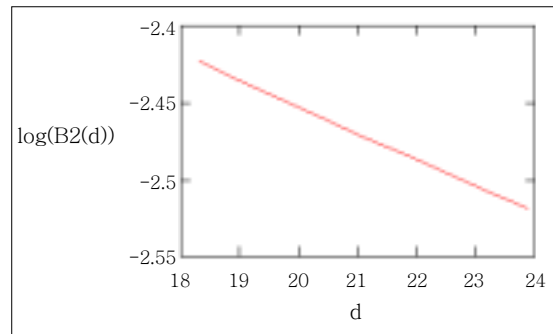
$$\text{TE } \rho e^{j\phi} = \frac{\sin\psi - \sqrt{(K - jX) - \cos^2\psi}}{\sin\psi + \sqrt{(K - jX) - \cos^2\psi}}$$

III. 수치분석 및 결과

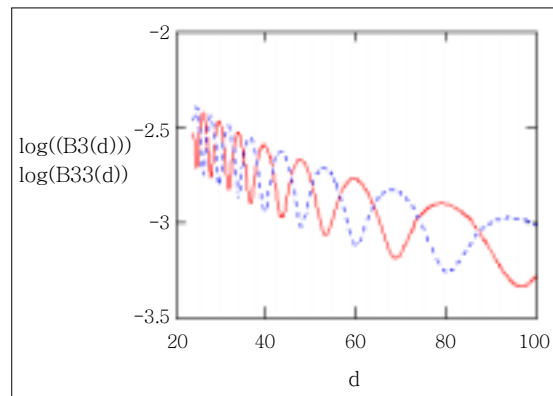
차량이 이동하는 거리를 0.5~100m로 하였고 비컨의 높이는 5.5m, 차량 탑재 장치의 높이는 1.13m로 결정하였다. 또한 보넷의 길이를 1.2m, 높이를 0.8m로 하였다. 지면에서 반사되는 마이크로파가 보넷에 의하여 차단되는 구간이 형성되며 이는 0~24.11m이다. 또한 보넷에 의한 반사파가 수신되지 못하는 구간은 18.3~100m이다. 따라서 0~18.3m 구간에서는 직접 경로와 보넷에 의한 경로에 의한 전압들이 수신 안테나에 유기되고 18.3~24.11m 구간에서는 직접 경로에 의한 전압만이 유기된다. 24.11~100m 구간에서는 직접 경로와 지면 반사 경로에 의한 전압들이 유기된다. 송신 및 수신 안테나들은 마이크로 스트립 패치 안테나이며 비컨의 안테나는 지면의 수직 방향에서 14.68° 각도로 비스듬히 설치되어 있고 차량 탑재 장치의 안테나는 지면에 수직으로 설치된다고 가정하였다. 반사 계수를 구하기 위하여 도로에서는 상대 유전율(ϵ)을 5, X 의 값을 10^{-5} 로 하였고, 보넷에서는 상대유전율을



(그림 2a) 직접 경로와 보넷 반사 경로에 의한 수신 전압

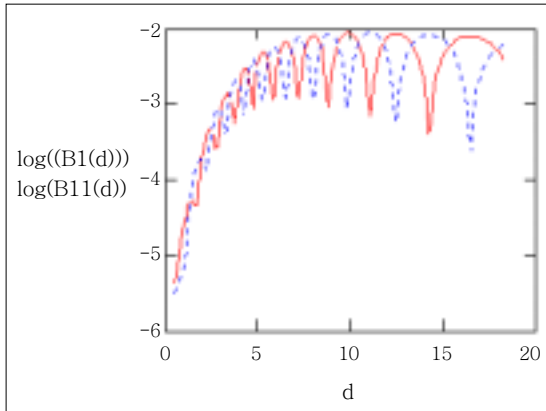


(그림 2b) 직접 경로에 의한 수신 전압

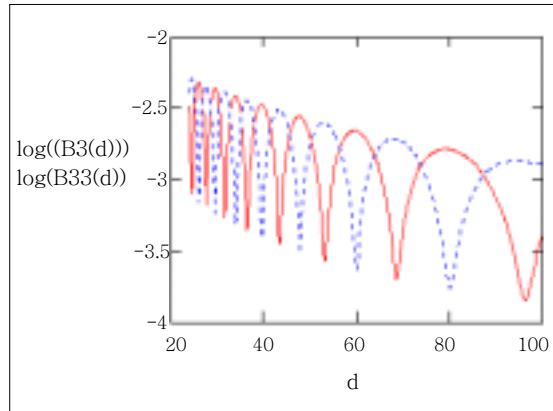


(그림 2c) 직접 경로와 지면 반사 경로에 의한 수신 전압

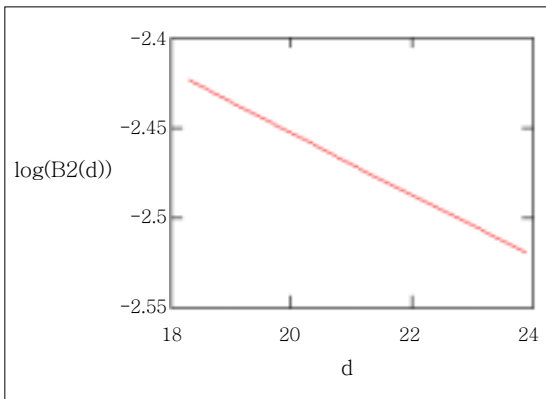
1, X 의 값을 10^5 로 하였다. 강우 시에는 노면이 물로 덮여 있는 상태로 가정하여 상대 유전율을 80, X 의 값을 12.397로 정하였다. 청명한 날씨의 경우



(그림 3a) 강우 시 직접 경로와 보넷 반사 경로에 의한 수신 전압



(그림 3c) 강우 시 직접 경로와 지면 반사 경로에 의한 수신 전압



(그림 3b) 강우 시 직접 경로에 의한 수신 전압

에 수치 분석한 결과는 (그림 2a), (그림 2b), (그림 2c)에 보여지며 수신 안테나에 유기된 전압의 상대적 크기가 로그 스케일로 그려졌다.

강우 시 수치분석한 결과는 (그림 3a), (그림 3b), (그림 3c)에 보여지며 청명한 날씨의 경우보다 페이딩 현상이 심하여 진다는 것을 알 수 있다. 특히 지면 반사의 영향이 큰 구간에서는 수신 전압의 상대적 크기가 감소하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 ETC 시스템의 수신 전압 상대적 크기를 모델화와 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 구하

였다. 또한 강우 시에 수신 전압의 크기도 구하였다. 분석 결과 다중 경로에 의한 페이딩 효과가 있음을 보였으며, 두 편파에 의한 효과는 거의 같았고 강우 시에는 지면 반사의 영향으로 페이딩 효과가 심하여 짐을 알 수 있었다. 향후 어레이 안테나와 강설의 영향, 또한 페이딩 현상을 줄이기 위한 공간 다이버시티 기술 등에 대하여 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] B. Hane, P. Weissglas, "Short Range Microwave Links for Traffic and Transport Applications," *IEEE MTT-S Digest*, 1990, pp. 1169 - 1172.
- [2] G. Blume, W. Grabow, and W. Zechall, "5.8GHz Short Range Microwave Links for Applications to Road Transport Informatics(RTI)," *IEEE-MITT Int'l Microwave Symp., Workshop on Mobile Communications Systems*, Atlanta, June 1993.
- [3] European Committee for Standardization pr 278/9/#62: DSRC Physical Layer Using Microwave at 5.8 GHz, 1997.
- [4] R.C. Hansen, *Handbook of Antenna Design*, Vol. 2, A.W. Rudge *et al.* Ed., IEE/Peregrinus, 1983.
- [5] W. Grabow, A. Schrei, "A Study on Diversity Techniques in a 5.8GHz Microwave Link for Traffic Management Systems," *IEEE MTT*, 1992, pp. 556 - 562.
- [6] Robert E. Collin, *Antenna and Radiowave Propagation*, McGraw-Hill, 1985.