

건물 산란계수를 이용한 비가시거리영역에서의 전파환경

홍성욱* · 강부식** · 김홍수***

Analysis of Propagation Environment Using Scattering Coefficient in Out-of-Sight

Seong-wook Hong*, Boo-sig Kang** and Heung-soo Kim***

ABSTRACT

In this paper, the scattered electric fields is computed to predict the shielding zone by analysing the effect of the reflected azimuth angle at the building, and considering the path differences at observation point between the rays from origin and any point in the building. The scattering coefficients, which are applicable to the prediction of shielding zone, are computed and compared with measured one. We found that the scattering power become weak over 10 degree of the azimuth angle at which the scattering coefficient is lower than 40 dB. From this, the shielding zone can be estimated.

Key words : Azimuth angle, Scattering coefficient, Shielding zone

1. 서론

최근에 개인통신의 수요 증가로 인하여 도심지의 전파 환경에 대한 관심은 더욱 증가하고 있다. 이동통신 시스템은 더욱 좋은 통신 품질을 제공하는 방법과 제한적인 주파수를 효율적

으로 사용할 수 있는 방법으로 서비스 반경이 1Km이내인 마이크로셀 시스템으로 구성되고 있다. 마이크로셀 시스템에서의 수신전력은 기지국과 이동국간의 전파 환경에 크게 의존한다. 따라서 정확한 수신전력의 예측을 위해 매우 정밀한 분석이 요구되며, 그 만큼 수신전력의 예측이 어려워진다. 수신전력의 예측에 있어서 간섭 레벨을 예측하고 줄이기 위해서는 효율적인 방법이 요구된다. 인접한 무선 링크를 분리하고 셀간의 간섭 레벨을 조절할 수 있는 방법중 하나로 장애물을 이용하는 것이다. 유해한 간섭으로부터 자연적, 인위적인 장애물을 이용한 차폐

* 제주대학교 대학원

Graduate School, Cheju Nat'l Univ.

** 관광전문대학 국제정보통신과

Dept. of International Telecommunication, Cheju Tourism College

*** 제주대학교 통신공학과

Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.

방법은 기지국 차폐(site shielding)라고 말할 수 있다. 장애물에 의해 직접파가 존재하지 않는 지역에서는 건물 반사파와 회절파로 차폐 범위를 알 수 있다. 차폐인자는 장애물의 구조 및 위치, 인접한 장애물의 방위 그리고 지형지세 등 복합적이다. 차폐인자의 예측은 차폐를 제공하는 건물 주위 또는 건물 위에서의 회절, 이웃하는 건물 표면으로부터의 산란, 주위 환경으로 인한 산란 등에 의한 수신 신호의 레벨을 분석하고 측정함으로써 이루어진다.

건물 표면으로부터의 산란 모델은 이상적인 구조체에서의 산란 모델을 기초로하여 해석할 수 있다⁽¹⁾⁽²⁾. 알누아미(Al-Nuaimi)⁽³⁾는 호이겐스-키르호프(Huygens-Kirchhoff) 방법⁽⁴⁾⁽⁵⁾을 토대로하여 반사체로부터 관찰점까지의 거리에 따라 원거리, 근거리, 미소거리 영역으로 나누어 각각의 영역 모델식을 구하였고 기지국 차폐 인자의 값을 예측하였다⁽⁶⁾.

본 연구에서는 전파 산란이 이루어지는 건물과 수신점간의 방위각에 따른 산란계수를 구하여 인접 셀간의 차폐 범위를 예측한다. 건물과 수신점간의 거리로 인하여 발생하는 전파 경로 차를 고려하여 산란 전계를 전개하고 산란계수의 값을 방위각의 변화에 따라 구한다. 표본 환경을 선정하여 일정한 거리에서 1.85° 간격으로 산란 전력을 측정한다. 산란 전력과 산란 계수를 각각의 이론치와 비교 분석한다.

II. 전파모델

2.1 산란 신호

이상적인 구조물의 산란으로 인한 관찰점에서의 전력은 호이겐스-키르호프 방법⁽⁴⁾⁽⁵⁾을 토대로 방사개구면의 접선 성분으로부터 유도할 수 있다.

Fig. 1에서 ϕ_0 와 θ_0 는 입사파의 양각과 방위각이며 ϕ 와 θ 는 임의의 관찰점에 대한 산란파의 양각과 방위각이다. 입사파의 접선 성분은 수직편파 전계 E_o 이고 산란되는 전계는 접선

성분의 음이므로 구조물 표면상에서의 전계는 다음과 같다.

$$E_{ay}(x, y) = -E_o e^{jk(x\alpha_0 + y\beta_0)} \quad (1)$$

여기서 $\alpha_0 = \sin\theta_0 \cos\phi_0$, $\beta_0 = \sin\phi_0$ 이며 k 는 위상 상수로 $2\pi/\lambda$ 이다.

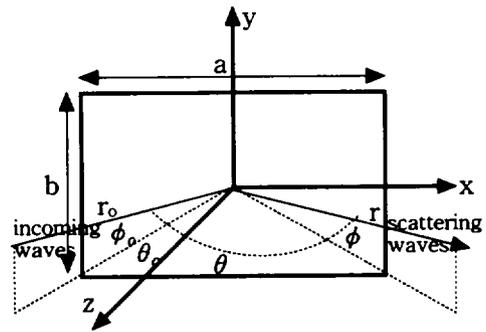


Fig. 1 The scattering from idealized structure

산란 평면상에서 임의의 방향 (θ, ϕ) 에 방사되는 평면파의 전계 y 성분은 다음과 같다⁽⁴⁾.

$$dE_y(x, y) = F_y(a, \beta) e^{-jk(x\alpha + y\beta + z\gamma)} dad\beta \quad (2)$$

여기서 $\alpha = \sin\theta \cos\phi$, $\beta = \sin\phi$ 그리고 $\gamma = \cos\theta \cos\phi$ 이고 $F_y(a, \beta)$ 는 각 스펙트럼의 y 성분이며 총전계의 y 성분은 다음과 같다.

$$E_y(x, y, z) = \int \int_{\alpha^2 + \beta^2 \leq 1} F_y(a, \beta) e^{-jk(x\alpha + y\beta + z\gamma)} dad\beta \quad (3)$$

구조체 표면상에서의 전계와 방사패턴 간의 푸리에 변환 관계는 다음과 같다.

$$F_y(a, \beta) = \frac{1}{\lambda^2} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} E_y(x, y) e^{jk(xa+y\beta)} dx dy \quad (4)$$

식(3)는 $kr \gg 1$ 이면 정지위상 방법⁽⁵⁾으로 다음과 같이 근사화할 수 있다.

$$E_y(x, y, z) \approx j \frac{2\pi}{kr} e^{-jkr} \cos \theta \cos \phi F_y(a, \beta) \quad (5)$$

임의의 거리에서의 총전계를 구형좌표계에서 표현하면 다음과 같다.

$$E(r, \theta, \phi) = \frac{j e_p e^{-jkr}}{\lambda r} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} E_{ay}(x, y) e^{jk(xa+y\beta)} dx dy \quad (6)$$

여기서

$$e_p = [u_\theta \sin \theta \sin \phi + u_\phi (\cos \theta + \cos \phi)] / 2$$

이다. 관찰점에서의 산란 전력은 식(6)으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S_r = \frac{(E_o ab)^2}{2 Z_o (\lambda r)^2} e_p^2 \sin^2 \left[\frac{a\pi(a+a_o)}{\lambda} \right] \sin^2 \left[\frac{b\pi(\beta+\beta_o)}{\lambda} \right] \quad (7)$$

건물 산란계수는 산란파의 영향을 분석하는데 유용하며 건물 반사 방위각에 따른 산란계수의 크기는 입사 전력과 건물 산란 전력의 비율로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S = \frac{S_r}{S_o} = \left(\frac{ab}{\lambda r} \right)^2 e_p^2 \sin^2 \left[\frac{a\pi(a+a_o)}{\lambda} \right] \sin^2 \left[\frac{b\pi(\beta+\beta_o)}{\lambda} \right] \quad (8)$$

2.2 경로차

산란 전계식인 식(6)은 위상항과 진폭항을 가진다. 피적분함수에서 위상항은 Fig. 2에서 보이는 것처럼 개구면의 원점 O 와 임의의 점 P 간의 거리를 r 로 하고, 개구면상의 임의의 점 S 와 점 P 간의 거리를 r_1 로 하였을 때 경로차 Δ 은 $r - r_1$ 을 의미한다. 관찰점의 거리가 $kr \gg 1$ 를

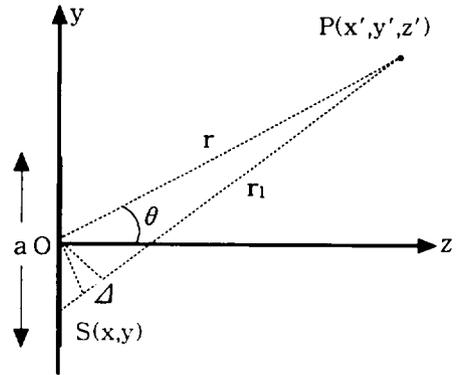


Fig. 2 The path difference at P between the rays from O and S

만족하는 경우 위상차는 없다고 가정하지만 관찰점이 산란 표면쪽으로 보다 더 가까이 이동하였을 때 위상차는 존재한다. 그러므로 경로차에 대한 식은 정확히 표현되어야 하며 경로차의 각항의 거리를 구하면 다음과 같다.

$$r_1 = \sqrt{r^2 + x^2 + y^2 - 2xx' - 2yy'} \quad (9)$$

$$r = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}$$

경로차 (Δ)는 이항급수의 2차항까지 고려하고, 미소 양각에 대하여 근사식을 쓸 경우 다음과 같이 표현된다⁽⁷⁾.

$$\Delta \approx -\frac{x^2 \cos^2 \theta}{2r} - \frac{y^2}{2r} + xa + y\beta \quad (10)$$

경로차의 변화는 식(6)의 위상항에 2차항이 추가 삽입되며 산란전계는

$$E(r, \theta, \phi) = \frac{je_p e^{-jkr}}{\lambda r} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} E_{ay}(x, y) \times e^{jk \left(-\frac{x^2 \cos^2 \theta}{2r} - \frac{y^2}{2r} + xa + y\beta \right)} dx dy \quad (11)$$

이며, x 와 y 를 각각 u 와 v 로 치환하여 정리하면 다음과 같다.

$$E(r, \theta, \phi) = -\frac{E_0 e_p \lambda r}{2 \cos \theta} e^{j\frac{\pi}{\lambda} \left(\left(\frac{a+a_0}{\cos \theta} \right)^2 + (\beta+\beta_0)^2 \right)} \times \int_{u_1}^{u_2} \int_{v_1}^{v_2} e^{-j\frac{\pi}{2} u^2} e^{-j\frac{\pi}{2} v^2} du dv \quad (12)$$

$$u = \frac{2x \cos \theta}{\sqrt{2\lambda r}} - \frac{\sqrt{2\lambda r} (a+a_0)}{\lambda \cos \theta} \quad (13)$$

$$v = \frac{2y}{\sqrt{2\lambda r}} - \frac{\sqrt{2\lambda r} (\beta+\beta_0)}{\lambda}$$

산란계수는 식(12)를 식(8)에 대입하여 구하며, 관찰점에서의 산란 전력은 입사 전력과 산란계수의 합으로 구할 수 있다.

$$P_r = P_i + S \quad [\text{dBm}] \quad (14)$$

III. 결과 및 고찰

건물에 대한 산란계수를 구하기 위해 Fig. 3과 같은 표본 환경을 선정하였다. 건물B의 표면 성분은 콘크리트이며 각 층의 중앙부분에는 1개의 유리창이 있다. 건물의 폭은 17.3m이고 높이는 12.7m이다. 건물A에 설치된 송신 안테나의 위치는 높이 13.5m, 건물B의 중심과의 거리 43m이며 방위각은 -15° 이다. 수신 안테나의 위치는 높이 1.6m, 건물B의 중심과의 거리 80m이다. 측정 환경주위에는 나무들과 건물이 조금 분포되어 있다. 측정에 이용된 송·수신 안테나의 제원은 Table 1과 같다.

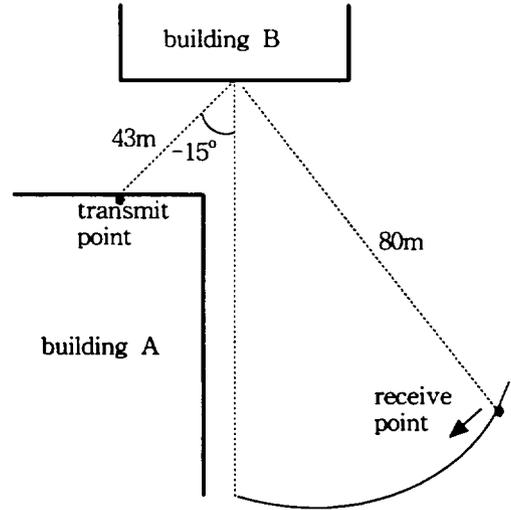


Fig. 3 The scattering from building surface

Table 1 Base and mobile station parameter

	Frequency (MHz)	Antenna gain	Azimuth angle ($^\circ$)	Power (mW)
Transmitter	880.2	120° sector 12dBi	-15	10
Receiver	140~1000	dipole 0dB	1.85	—

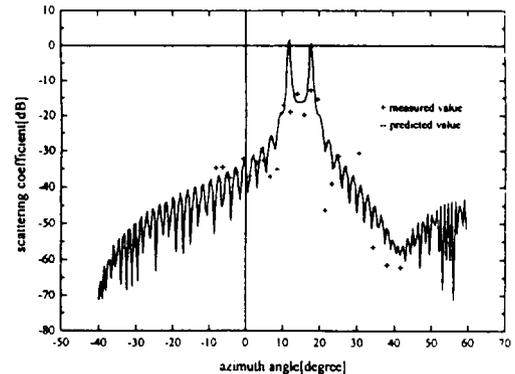


Fig. 4 Scattering coefficient at building surface

Fig. 4는 표본 환경에서의 산란 계수 측정치와 이론치이다. 산란 계수의 오차는 10dB 정도로 이상적인 구조물에서 고려하지 못한 건물의 표면 변화인 유리창, 요철부분, 가장자리에 관

한 영향으로 광범위한 측정을 통하여 이론 예측 모델을 보완해야 한다.

IV. 결 론

이동전파 환경에서 건물을 이용한 차폐 방법은 인접한 무선 링크를 분리하고 셀간의 간섭레벨을 조절할 수 있는 방법중 하나이다. 이 차폐 방법은 산란계수로 산란신호의 영향을 평가할 수 있으며 인접 셀간의 차폐 범위를 예측할 수 있다.

본 연구에서는 건물에 의해 분리된 인접 셀간의 차폐 범위를 방위각에 따른 수신전력 분포로 예측하였다. 산란파의 영향을 평가할 수 있는 산란계수는 호이겐스-키르호프 방법으로 산란 전계를 전개하여 구하였고 측정치와 비교 분석하였다. 측정치의 평균값과 예측된 계산치와는 약 10dB 정도의 오차를 보였다. 이것은 건물이 완전 도체가 아니고 인공구조물이기 때문이다. 산란계수가 40dB 이하인 10° 이상의 방위각에서는 산란파가 미약하여 이 각도를 기준으로 차폐범위를 예측할 수 있다.

참고문헌

1. Maclean, T. S. M. and Wu, Z., 1993, *Radiowave Propagation over Ground*, Chapman & Hall, London, pp.31-33.
2. Parsons, J. D., 1992, *The Mobile Radio Propagation Channel*, Wiley, New York-Toronto, pp.73-78.
3. Al-Nuaimi, M. O. and Ding, M. S., 1994, Prediction models and measurements of microwave signals scattered from buildings, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol.42 No.8, pp.1126-1137.
4. Clark, R. H. and Brown, J., 1980, *Diffraction Theory and Antenna*, John Wiley & Sons, New York, pp.65-85
5. Jull, E. V., 1981, *Aperture Antenna and Diffraction Theory*, Peter Peregrinus LTD, London and New York, p.156.
6. Tanis, W. J. and Pilato, G. J., 1993, Building penetration characteristics of 880 MHz and 1922 MHz radio waves, in Proc. 43th IEEE Veh. Technol. Conf., pp.206-209.
7. Bramley, E. N. and Cherry, M. S., 1973, Investigation of microwave scattering by tall building, *Proc. IEE*, Vol.120, No.8, pp.