

## 정규화 시험장감쇠량의 모멘트 법 해석

## (Analysis of the Normalized Site Attenuation Using the Moment Method)

金 基 采

(Ki Chai Kim)

## 要 約

최근에 와서 ANSI에서는 야외시험장의 적합성을 평가하기 위한 평가 파라미터로서 정규화 시험장감쇠량을 채용하기에 이르렀다. 본 논문에서는 이상적인 야외시험장에 대한 정규화 시험장감쇠량의 참값을 모멘트 법으로 계산하였다. 계산에 사용한 안테나는 반파장 공진다이폴 안테나이며, 모멘트법으로 계산한 정규화 시험장 감쇠량의 계산결과는 ANSI의 규격치보다 참 값에 가깝다는 것을 논의하였다.

## Abstract

The ANSI recently adopted normalized site attenuation(NSA) as a validation procedure of open area test sites. In this paper, the theoretical NSA values specified in the truth values of NSA were calculated for an ideal test site when tuned dipoles are used. A method of moments technique is employed to evaluate these NSA values. The calculated NSA values are more accurate than that of the ANSI.

## 1. 서 론

방사성 방해파의 측정에 사용하는 야외시험장의 적합성은 야외시험장의 전송손실(site attenuation,

시험장감쇠량)을 측정하고 이 측정치를 기준이 되는 규격치와 비교하여 판정한다. 규격치는 야외시험장이 이상적이라고 가정한 상태에서 이론적으로 계산된 두 지점간의 전송손실이며, 이를 일반적인 시험장감쇠량(Classical or Conventional Site Attenuation, 이하 CSA로 약기함)이라 한다. 이에 대한 연구결과는 이미 여러 연구자들에 의해 보고되어 있다.<sup>1) 6)</sup>

최근에는 시험장감쇠량의 일종인 정규화 시험장감쇠량(Normalized Site Attenuation, 이하 NSA로 약기함)이 관심의 대상이 되고 있으며, CISPR나

\*正會員, 福岡工業大學 情報工學科  
(Dept. of Comm. and Computer Eng.,  
Fukuoka Institute of Technology, Japan)  
接受日字 : 1993年 1月 13日

ANSI 등에서 규격치로 채용하기에 이르렀다.<sup>[11][12]</sup> NSA는 CSA를 측정할 때 사용한 안테나의 안테나 인자로 CSA를 정규화한 것이며, NSA의 잇점은 “사용 안테나의 종류에 관계없이 하나의 시험장감쇠량 이론곡선을 적용할 수 있다”라는 점에 있다.<sup>[13]</sup> 그러나, 이것은 형식상으로는 그렇지만 실제적으로는 문제점을 갖고 있다. 왜냐하면, NSA의 측정에는 사용 안테나의 안테나 인자가 항상 따라 다니므로, 안테나의 종류에 무관하지 않기 때문이다.

이러한 정규화 시험장감쇠량에 관하여 Sugiura<sup>[14]</sup>는 NSA의 제안자인 Smith의 식이 간단한 기하광학 근사에 바탕을 두고 있다는 데에 주목하고 NSA의 타당성에 대해 검토했다. Kim<sup>[15]</sup>은 정규화 시험장감쇠량의 적용시에 상호결합 보정계수가 중요하다는 것을 인식하고 반파장 공진다이폴 안테나를 사용했을 때의 정규화 시험장감쇠량의 참값 및 안테나 인자의 보정계수를 계산하였으나 NSA의 규격치는 제시하지 않았다. 그후, Sugiura<sup>[16]</sup>는 Smith의 기본식으로 계산된 NSA의 규격치는 3가지의 가정하에서 성립한다는 것을 밝히고, Smith가 제안한 보정항의 식이 틀려있다는 것을 지적함과 동시에 반파장 공진다이폴 안테나를 사용했을 때의 정규화 시험장감쇠량 보정계수를 계산하고 있다.

본 논문에서는 NSA에 대한 Smith의 식의 타당성 검토보다는 NSA의 기본개념은 명확하므로, Kim<sup>[10]</sup>의 CSA계산결과가 가장 정밀한 이론치임이 확인된 것을 바탕으로 하여, 실제로 필요한 NSA의 엄밀한 미보정치와 참값을 모멘트 법으로 구하였다. 여기서, NSA의 미보정치라 함은 자유공간 안테나 인자(free space antenna factor or constant antenna factor)로 정규화한 NSA를 말하며, NSA의 참값이라 함은 CSA를 측정하는 실제의 안테나 높이에서의 안테나 인자(접지판 및 안테나 간의 상호결합 효과가 고려된 안테나 인자)로 정규화한 NSA를 말한다.

본 논문의 결과는 보다 엄밀한 정규화 시험장감쇠량의 기준 이론곡선으로서 유용하게 이용할 수 있을 것이다.

## II. 정규화 시험장감쇠량의 정의

정규화 시험장감쇠량(NSA)은 시험장감쇠량(CSA)을 CSA의 측정에 사용한 안테나의 안테나 인자로 정규화한 것으로서 다음 식으로 정의한다.

$$NSA = \frac{CSA}{K_{1m}K_{2m}} \tag{1}$$

식(1)을 데시벨로 표현하면 다음과 같다.

$$NSA = CSA - K_{1m}(d, h_1, h_2^{max}) \text{ (dB)} \tag{2}$$

여기서,  $K_{1m}$  및  $K_{2m}$ 은 CSA를 측정할 때에 사용한 송신 및 수신 안테나의 안테나 인자이며 송.수신 안테나 사이의 거리  $d$  및 송신 안테나의 높이  $h_1$ , 그리고 최대전계를 수신하는 수신 안테나의 높이  $h_2^{max}$ 의 함수임에 주의할 필요가 있다(그림1). 여기서, 최대전계를 수신하는 수신 안테나의 높이는 관련규격에 명시된 수신 안테나의 주사범위내에서 전송손실이 최소가 되는 높이이며 일반적으로 말하는 시험장감쇠량(CSA)을 측정하게 되는 높이이다. 관련규격에서는 수평 및 수직편파에 대하여 수신 안테나의 주사범위를 다음과 같이 규정하고 있다.

수평편파인 경우

- 송신 안테나의 높이 :  $h_1 = 2 \text{ m}$

- 수신 안테나의 높이 :

$$h_2 = 1 - 4 \text{ m} \text{ (} d = 3 \text{ m, } 10 \text{ m인 경우)}$$

$$2 - 6 \text{ m} \text{ (} d = 30 \text{ m인 경우)}$$

수직편파인 경우

- 송신 안테나의 높이 :  $h_1 = 2.75 \text{ m}$

- 수신 안테나의 높이 :

수평편파와 동일함. 단, 최저 안테나의 끝은 접지판으로부터 25 cm가 되도록 함.

식(1), 식(2)로 표현된 NSA는 상호결합이 모두 고려된 안테나 인자로 정규화한 것이므로 야외시험장의 실제적인 NSA를 나타낸다. 따라서, 이를 정규화 시험장감쇠량의 참값이라하고 NSA<sub>s</sub>로 표기하도록 한다. 즉

$$NSA_s = \frac{CSA}{K_{1m}K_{2m}} (= NSA)_s \tag{3}$$

그러나, CSA의 측정에 사용하는 안테나의 안테나 인자는 자유 공간에서 교정된 안테나 인자(constant antenna factor or free space antenna factor)를 적용하는 것이 통일이며 취급이 용이하다. 왜냐하면, CSA를 측정하게 되는 위치에서의 송.수신 안테나의 안테나 인자를 교정하는 것은 측정표준의 의미가 희박해지고 규격의 영역에 속하기 때문이다. 그러므로, CISPR, ANSI 등의 관련 규격에서는 자유공간 안테나 인자를 사용하도록 규정하고 있으며(이때의 NSA는 미보정치임), NSA의 참값 NSA<sub>s</sub>와의 차이는 상호결합 보정계수로서 처리하고 있다.

이러한 NSA의 미보정치를 NSA<sub>f</sub>로 표현하면 다음과 같다.

$$NSA_f = \frac{CSA}{K_{1f}K_{2f}} \quad (4)$$

이를 데시벨로 나타내면

$$NSA = CSA - K_{1f} - K_{2f} \text{ (dB)} \quad (5)$$

와 같고, 여기서, K<sub>1f</sub> 및 K<sub>2f</sub>는 송신 및 수신 안테나의 자유공간 안테나 인자이다.

NSA의 참값 NSA<sub>t</sub> 및 미보정치 NSA<sub>f</sub>를 구하기 위해서는 상호결합이 고려된 안테나 인자 K<sub>1m</sub>, K<sub>2m</sub> 및 자유공간 안테나 인자 K<sub>1f</sub>, K<sub>2f</sub>를 구해야 한다. K<sub>1m</sub>, K<sub>2m</sub>은 그림1의 NSA 측정 시스템을 해석하여 구할 수 있다. 그리고, 자유공간 안테나 인자는 그림 1의 d 및 h<sub>1</sub>을 무한대로 놓으면 구해지며 문헌 [17, 18]의 결과와 동일하다.

이상에서 논의한 제반 량들은 모멘트 법으로 정식화하여 구할 수 있다.

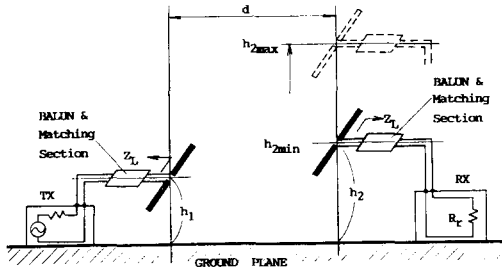


그림 1. 정규화 시험장감쇠량 측정계  
Fig. 1. Measurement system of normalized site attenuations.

### Ⅲ. 모멘트 법에 의한 정식화

#### 1. 적분방정식

그림2는 정규화 시험장감쇠량의 측정계를 해석하기 위한 좌표계를 나타낸다. 무한히 넓은 완전도체의 접지판 위에 반경 a, 길이 2a인 송신 안테나(#1) 및 2a인 수신 안테나(#2)가 각각 높이 h<sub>1</sub> 및 h<sub>2</sub>의 위치에 간격 d로 배치되어 있으며, 송신 안테나에는 전압 V<sub>1</sub>으로 급전되고 수신 안테나에는 부하 Z<sub>L</sub>이 연결되어 있다.

그림2의 안테나 계에 영상정리를 적용하면, 그림2의 안테나 계는 자유공간 중에 놓여진 4개의 안테나 계와 동가가 된다. 따라서, 송, 수신 안테나의 전류

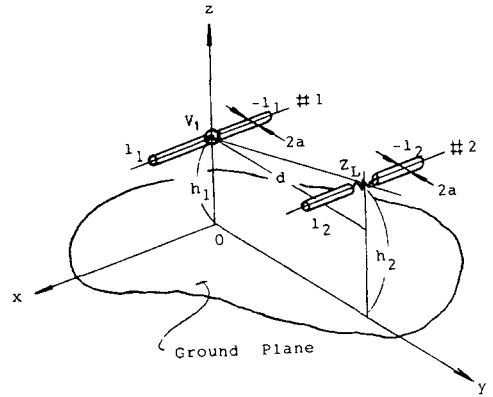


그림 2. 정규화 시험장감쇠량 측정계의 구조와 좌표계  
Fig. 2. Geometry of the normalized site attenuation measurement system.

분포 I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>에 관한 적분방정식은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint [\bar{K}_{11}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \pm \bar{K}_{13}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \mathbf{J}_1(\mathbf{r}') dS'_1 \\ & + \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint [\bar{K}_{12}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \pm \bar{K}_{14}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \mathbf{J}_2(\mathbf{r}') dS'_2 \\ & = -V_1 \delta(S) \hat{S} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint [\bar{K}_{21}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \pm \bar{K}_{23}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \mathbf{J}_1(\mathbf{r}') dS'_1 \\ & + \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint [\bar{K}_{22}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \pm \bar{K}_{24}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \mathbf{J}_2(\mathbf{r}') dS'_2 \\ & = Z_L I_2(O) \delta(S) \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, ω는 각주파수, ε<sub>0</sub>는 진공의 유전율이며, δ(S)는 Dirac의 delta함수, I<sub>2</sub>(0)는 안테나 #2의 단자전류이다. 그리고, S<sub>1</sub> 및 S<sub>2</sub>는 각각 안테나 #1 및 안테나 #2의 표면이며, ŝ는 S방향의 단위벡터이다. S는 안테나가 놓여진 축방향의 좌표축을 나타내고, 수평편파인 경우에는 S = x, 수직편파인 경우에는 S = z이다. 또한, 적분해에 나타나 있는 복호는 각각 수직편파(+) 및 수평편파(-)에 해당한다.

식(6), 식(7)에서 적분핵은 자유공간 중에 놓여진 전류원이 전계를 생성하는 dyadic Green함수이며 다음과 같다.

$$\bar{K}_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = (\bar{I}k_0^2 + \nabla\nabla) \cdot \bar{G}_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \quad (8)$$

$$\bar{G}_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \bar{I} \frac{e^{-jk_0 R_{ij}}}{4\pi R_{ij}} \quad (9)$$

(i, j = 1, 2, 3, 4)

단,  $I$ 는 단위 dyadic이며,  $k_0^2 = \omega^2 \epsilon_0 \mu_0$ ,  $\mu_0$ 는 진공의 투자율이다.  $R_{ij}$ 는 안테나  $i$ 와  $j$ 와의 거리이며,  $r$  및  $r'$ 는 각각 관측점 및 파원점의 위치벡터를 나타낸다.

그리고, 첨자  $i, j=1, 2, 3, 4$ 는 안테나 #1, #2, #3, #4를 나타내고, #3 및 #4는 각각 안테나 #1 및 #2의 영상 안테나를 나타낸다.

2. 적분방정식의 해

전류분포에 관한 연립 적분방정식(6), (7)의 해를 모멘트 법을 사용하여 구하도록 한다.

먼저, 전류분포를 기지의 함수로 다음과 같이 전개한다.

$$J_1 = \sum_{m=1}^M a_m F_m(S) \tag{10}$$

$$J_2 = \sum_{n=1}^N b_n F_n(S) \tag{11}$$

여기서,  $a_m$  및  $b_n$ 은 미지의 전개계수이며 전개함수는 다음과 같은 구분적 정현함수를 사용한다.

$$F_m(S) = \begin{cases} \hat{S} \frac{\sin k_0(S - S_{m-1})}{\sin k_0 \Delta S_m}, & S_{m-1} \leq S \leq S_m \\ \hat{S} \frac{\sin k_0(S_{m+1} - S)}{\sin k_0 \Delta S_{m+1}}, & S_m \leq S \leq S_{m+1} \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \tag{12}$$

단,  $\Delta S_m$  및  $\Delta S_{m+1}$ 는 각각  $S_{m-1} - S_m$  및  $S_m - S_{m+1}$ 까지의 구간 길이이다. 식(11)의  $F_n$ 은 식(12)에서  $m$ 을  $n$ 으로 바꾸면 된다.

전류분포의 식(10), (11)을 연립 적분방정식(6), (7)에 대입하고 Galerkin법을 적용하면 연립 적분방정식은 다음과 같은 연립 일차방정식으로 변환된다.

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M a_m Z_{m,m} + \sum_{n=1}^N b_n Z_{m,n} &= V_m \\ \sum_{m=1}^M a_m Z_{n,m} + \sum_{n=1}^N b_n Z_{n,n} &= V_n \end{aligned} \tag{13}$$

$(m' = 1, 2, \dots, M, \quad n' = 1, 2, \dots, N)$

식(13)에서 일반화 임피던스비 및 일반화 전압비는 다음과 같다.

$$Z_{n'n} = \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 F_n'(S) \cdot [\bar{K}_{11}(r, r') \pm \bar{K}_{13}(r, r')] F_m(S') dS_1' dS_2' \tag{14}$$

$$Z_{n'n} = \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 F_n'(S) \cdot [\bar{K}_{12}(r, r') \pm \bar{K}_{14}(r, r')] F_m(S') dS_2' dS_1' \tag{15}$$

$$Z_{n'n} = \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 F_n'(S) \cdot [\bar{K}_{21}(r, r') \pm \bar{K}_{23}(r, r')] F_m(S') dS_1' dS_2' \tag{16}$$

$$Z_{n'n} = \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 F_n'(S) \cdot [\bar{K}_{22}(r, r') \pm \bar{K}_{24}(r, r')] F_m(S') dS_2' dS_1' \tag{17}$$

$$V_m = -2\pi a \int_{-1}^1 \delta(S) \hat{S} F_m'(S) dS_1 \tag{18}$$

$$V_n = 2\pi a \int_{-1}^1 \delta(S) \hat{S} F_n'(S) dS_2 \tag{19}$$

위의 식에서 수직편파인 경우에는 적분범위에  $h_1$  또는  $h_2$ 를 더해야 한다. 식(14) - 식(19)의 계산은 조금 복잡하므로 구체적인 결과식은 생략하도록 한다.

3. 정규화 시험장감쇠량

모멘트 법으로 정식화하여 구한 전류분포로부터 NSA의 참값 및 규격치는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NSA_i = \frac{\text{Re}\{a_i^{-1}\} a_i \cdot \left[ \frac{2 \sum_{m=1}^M a_m^c \frac{1 - \cos k_0 \Delta X_m}{k_0 \sin k_0 \Delta X_m}}{1 + (a_i / Z_L)^{-1}} \right]}{\text{Re}\{Z_L\} b_i \cdot b_i^* \cdot \left[ \frac{2 \sum_{n=1}^N b_n^c \frac{1 - \cos k_0 \Delta X_n}{k_0 \sin k_0 \Delta X_n}}{1 + (b_i / Z_L)^{-1}} \right]} \tag{20}$$

$$NSA_f = \frac{\text{Re}\{a_i^{-1}\} a_i \cdot \left[ \frac{4 \sum_{m=1}^M a_m^f \frac{1 - \cos k_0 \Delta X_m}{k_0 \sin k_0 \Delta X_m}}{1 + (a_i^f / Z_L)^{-1}} \right]}{\text{Re}\{Z_L\} b_i \cdot b_i^*} \tag{21}$$

단,  $a_m^f$ 는 자유공간 중에 놓여진 안테나의 전류분포 전개계수,  $a_i$  및  $b_i$ 는 각각, CSA측정시의 급전점 및 수신점 전개계수이다. 그리고,  $a_m^c$ ,  $b_n^c$ 는 각각, CSA측정시 접지판 위의 송신 안테나, 수신 안테나의 전류분포 전개계수이다.

IV. 계산결과 및 검토

1. 사용안테나의 제한

그림2의 NSA 측정계에서 사용할 송, 수신 안테나 #1, #2는 문헌 [17]에서 설계한 반파장 공진다이폴 안테나를 사용한다. 이 안테나는 한국표준과학연구원에서 표준 안테나로 사용하기 위해 설계, 제작된 것이다.

안테나의 제한에 대한 상세한 내용은 문헌 [17]에 나와 있으나 주요사항만을 적어보면 다음과 같다.

- 안테나 반경 :

$$a=3.175 \text{ mm for } 30 - 300 \text{ MHz}$$

$$a=0.794 \text{ mm for } 400 - 1000 \text{ MHz}$$

- 안테나 길이 : 사용 주파수에 대한 반파장 부근의 공진길이

- 입력 임피던스 :  $Z_{in}=R_{in}+j0 = 72\Omega$

여기서는 이 안테나의 단자에  $Z_L=50\Omega$ 의 부하(신호 발생기 및 수신기) 및  $Z_L=72\Omega$ 의 부하를 접속했을 때, 앞 장에서 정식화한 식을 사용하여 NSA의 참값 및 미보정치를 계산하였다.

2. 안테나 인자

그림3은 NSA의 미보정치를 계산하기 위해 필요한 자유공간 안테나 인자의 주파수 특성을 나타낸다. 표 1은 자유공간 안테나 인자의 구체적인 계산치이며, BALUN등의 손실은 무시하였다.

NSA의 참값을 구하기 위해서는 CSA를 측정하게 되는 - 최대 전계의 세기를 수신하게 되는 - 송, 수신 안테나의 위치에서의 안테나 인자 값을 알아야 한다. 최대 전계의 세기를 수신하는 안테나 높이에서 구한 안테나 인자의 주파수 특성은 그림4와 같다.

표 1. 자유공간 안테나 인자의 계산치

Table 1. Theoretical antenna factors on free space.

Free Space Antenna Factors

f [MHz]	$K_{1f}(50)$ [dB]	$K_{1f}(72)$ [dB]
30	-2.234	-3.961
35	-0.882	-2.611
40	0.274	-1.454
45	1.299	-0.429
50	2.203	0.478
60	3.776	2.051
70	5.131	3.404
80	6.285	4.559
90	7.316	5.588
100	8.233	6.504
125	10.17	8.440
150	11.76	10.03
175	13.09	11.36
200	14.26	12.52
250	16.20	14.46
300	17.81	16.07
350	19.11	17.38
400	20.27	18.54
500	22.21	20.48
600	23.80	22.07
700	25.14	23.41
800	26.30	24.57
900	27.32	25.59
1000	28.24	26.50

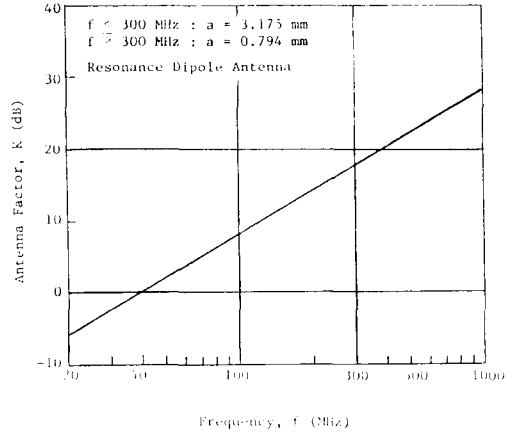
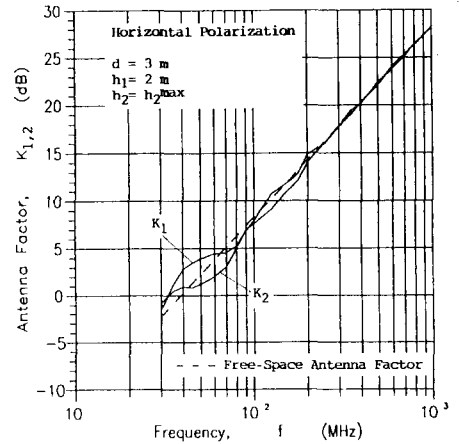
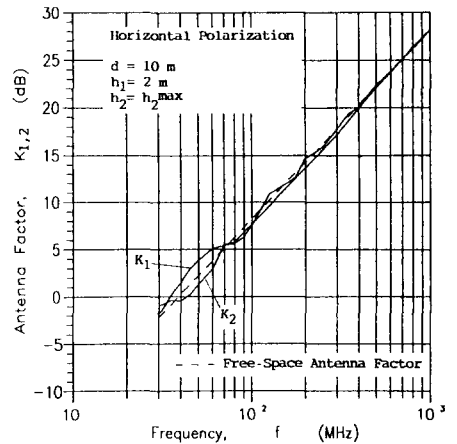


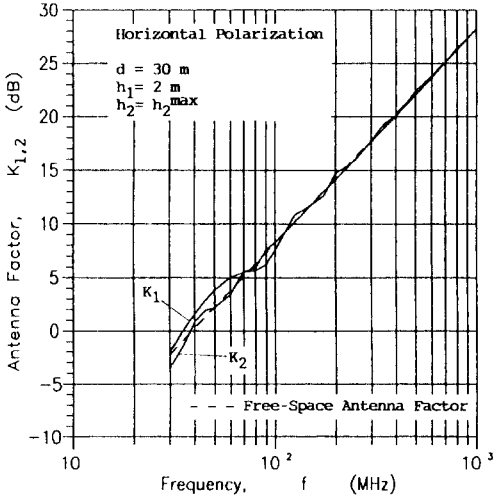
그림 3. 자유공간 안테나 인자의 주파수 특성  
Fig. 3. Frequency characteristics of free space antenna factors.



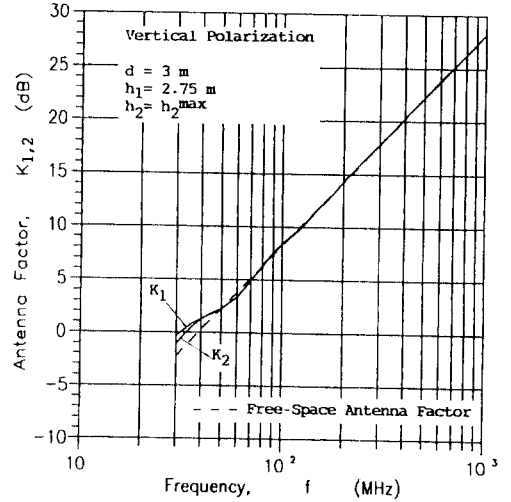
(a) 수평편파, d=3m



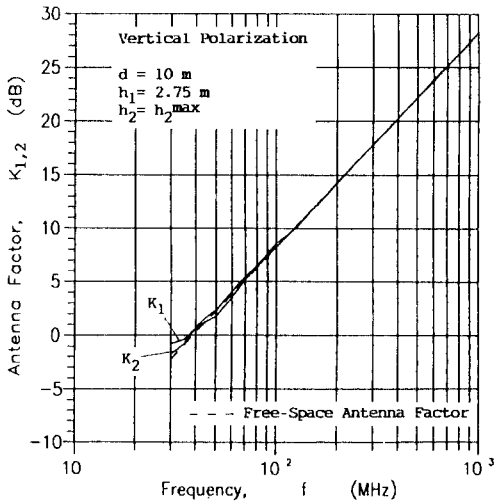
(b) 수평편파, d=10m



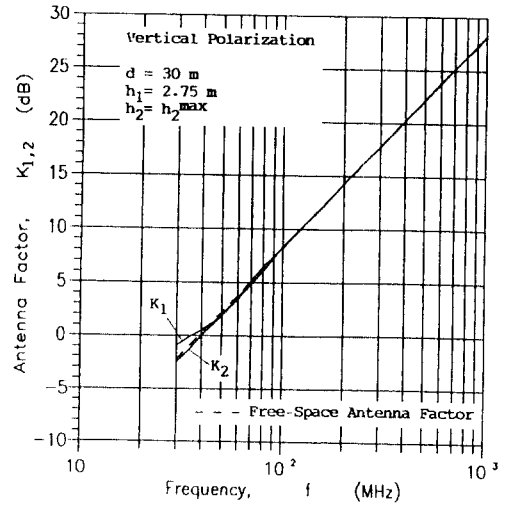
(c) 수평편파, d=30m



(d) 수직편파, d=3m



(e) 수직편파, d=10m



(f) 수직편파, d=30m

그림 4. CSA를 측정하는 안테나 높이에서의 안테나 인자의 주파수 특성

Fig. 4. Frequency characteristics of actual antenna factors on CSA measurement.

3. 정규화 시험장감쇠량의 참값

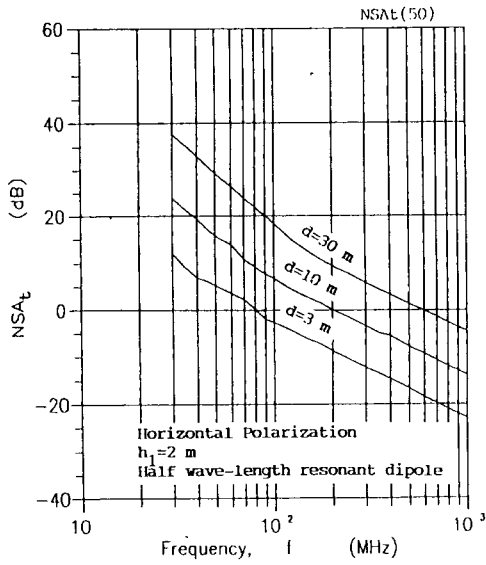
그림5는 수신 안테나에  $Z_L=50$ 의 부하가 연결된 경우, 앞 장에서 정식화한 식(20)으로부터 계산한 NSA의 참값  $NSA_t$ 를 나타낸다. 표2는 구체적인 NSA의 참값이다.

그림6은  $Z_L=72\Omega$ 의 부하가 연결된 경우, 앞 장에서 정식화한 식(20)으로부터 계산한 NSA의 참값  $NSA_t$ 를 나타낸다. 표3은 구체적인 NSA의 참값이다.

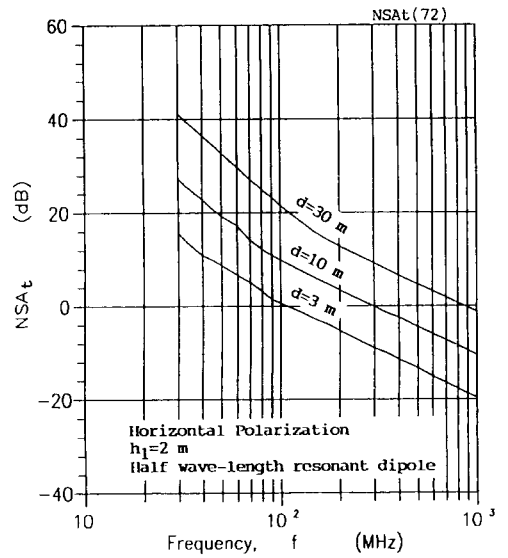
4. 정규화 시험장감쇠량의 미보정치

그림7은 수신 안테나에  $Z_L=50\Omega$ 의 부하가 연결된 경우, 앞 장에서 정식화한 식(21)로부터 계산한 NSA의 미보정치  $NSA_r$ 를 나타낸다. ANSI의 규격치는 기하광학 근사에 바탕을 둔 계산치이므로 본 논문의 계산 결과가 보다 더 정밀한 것으로 생각된다.

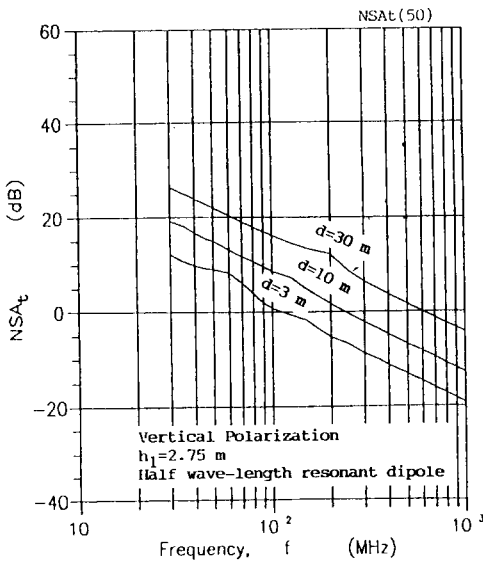
그림8은  $Z_L=72\Omega$ 의 부하가 연결된 경우, 앞 장에서 정식화한 식(21)로부터 계산한 NSA의 미보정치  $NSA_r$ 를 나타낸다.



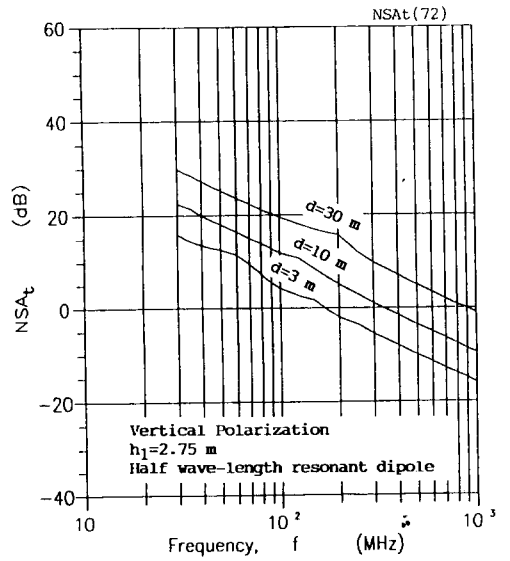
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 5. 정규화 시험장감쇠량 참값의 주파수 특성,  $Z_L=50\Omega$

Fig. 5. Frequency characteristics of normalized site attenuation with actual antenna factors,  $Z_L=50\Omega$ .

그림 6. 정규화 시험장감쇠량 참값의 주파수 특성,  $Z_L=72\Omega$

Fig. 6. Frequency characteristics of normalized site attenuation with actual antenna factors,  $Z_L=72\Omega$ .

표 2. 정규화 시험장감쇠량 참값의 계산치,  $Z_L=50\Omega$

Table 2. Theoretical normalized site attenuation with actual antenna factor,  $Z_L=50\Omega$

Normalized Site Attenuation

NSA <sub>t</sub> (50) [dB]						
d	3 m		10 m		30 m	
f [MHz]	H. P.	V. P.	H. P.	V. P.	H. P.	V. P.
30	11.94	12.28	23.81	19.17	37.69	26.33
35	8.934	10.78	21.26	18.20	35.30	25.06
40	6.888	9.849	19.27	16.68	32.95	23.89
45	6.157	9.305	17.18	15.62	31.01	22.88
50	5.264	9.101	15.73	14.99	29.25	22.01
60	3.586	8.318	13.84	13.20	26.32	20.38
70	2.290	6.209	10.79	11.75	23.80	18.98
80	0.245	3.973	9.145	10.73	21.81	17.90
90	-1.872	2.035	7.815	9.662	20.05	17.01
100	-2.570	0.834	6.768	8.668	18.30	16.23
125	-4.383	-0.631	4.464	7.368	14.85	14.67
150	-6.074	-1.623	2.841	4.988	12.54	13.56
175	-7.163	-3.763	1.528	3.242	10.82	12.82
200	-8.586	-5.270	0.192	1.830	9.452	12.37
250	-10.58	-6.817	-1.686	-0.429	7.569	8.651
300	-12.21	-8.776	-3.353	-2.175	5.927	6.494
350	-13.50	-9.988	-4.801	-3.575	4.528	5.038
400	-14.70	-11.26	-5.459	-4.798	3.426	3.768
500	-16.62	-13.19	-7.699	-6.811	1.416	1.725
600	-18.49	-14.78	-9.282	-8.300	-0.067	0.072
700	-19.78	-16.11	-10.63	-9.615	-1.361	-1.294
800	-20.00	-17.26	-11.85	-10.83	-2.573	-2.478
900	-22.05	-18.31	-12.86	-11.99	-3.500	-3.326
1000	-22.89	-19.24	-13.81	-13.04	-4.528	-4.304

표 3. 정규화 시험장감쇠량 참값의 계산치,  $Z_L=72\Omega$

Table 3. Theoretical normalized site attenuation with actual antenna factor,  $Z_L=72\Omega$

Normalized Site Attenuation

NSA <sub>t</sub> (72) [dB]						
d	3 m		10 m		30 m	
f [MHz]	H. P.	V. P.	H. P.	V. P.	H. P.	V. P.
30	15.65	15.85	27.23	22.43	41.08	29.85
35	12.89	14.40	24.74	21.37	38.60	28.50
40	10.90	13.44	22.75	19.91	36.48	27.23
45	9.929	12.85	20.76	18.82	34.56	26.17
50	8.756	12.46	19.18	17.97	32.80	25.27
60	6.758	11.48	17.18	16.35	29.80	23.66
70	5.172	9.394	14.10	15.01	27.15	22.30
80	3.315	7.264	12.31	13.87	25.01	21.24
90	1.546	5.441	10.97	12.81	23.18	20.33
100	0.746	4.221	9.966	11.81	21.52	19.54
125	-1.026	2.644	7.869	10.68	18.27	17.98
150	-2.818	1.698	6.136	8.303	15.83	16.88
175	-3.850	-0.477	4.765	6.555	14.07	16.13
200	-5.160	-1.932	3.563	5.129	12.84	15.69
250	-7.317	-3.483	1.572	2.892	10.85	11.97
300	-9.002	-5.443	-0.041	1.150	9.234	9.815
350	-10.13	-6.677	-1.450	-0.273	7.881	8.342
400	-11.44	-7.937	-2.359	-1.496	6.710	7.084
500	-13.27	-9.873	-4.358	-3.498	4.758	5.038
600	-15.18	-11.45	-6.007	-4.978	3.243	3.394
700	-16.48	-12.79	-7.334	-6.299	1.937	2.021
800	-17.65	-13.95	-8.529	-7.515	0.754	0.838
900	-18.74	-14.99	-9.605	-8.575	-0.287	-0.010
1000	-19.58	-15.92	-10.50	-9.518	-1.220	-0.982

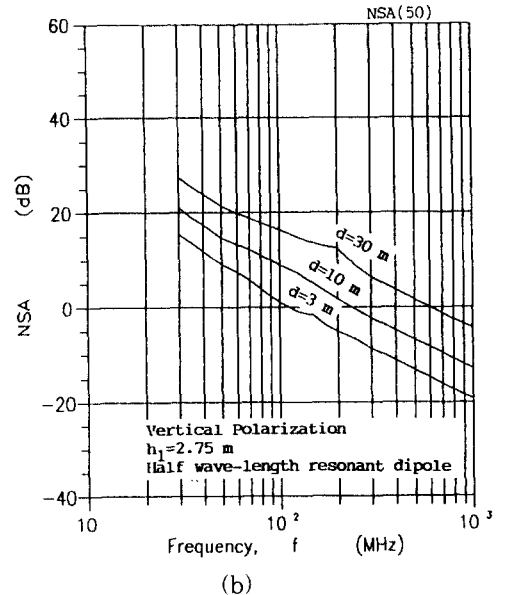
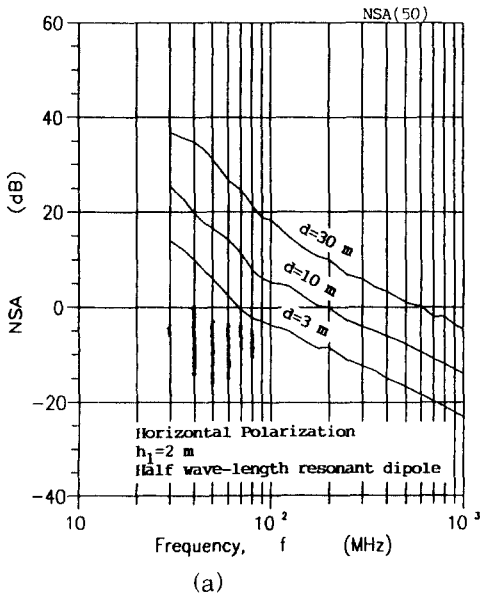


그림 7. 정규화 시험장감쇠량 규격치의 주파수 특성,  $Z_L=50\Omega$

Fig. 7. Frequency characteristics of normalized site attenuation with constant antenna factor,  $Z_L=50\Omega$



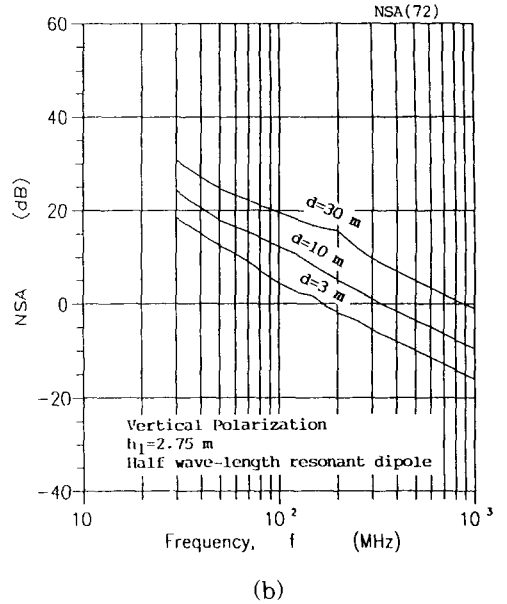
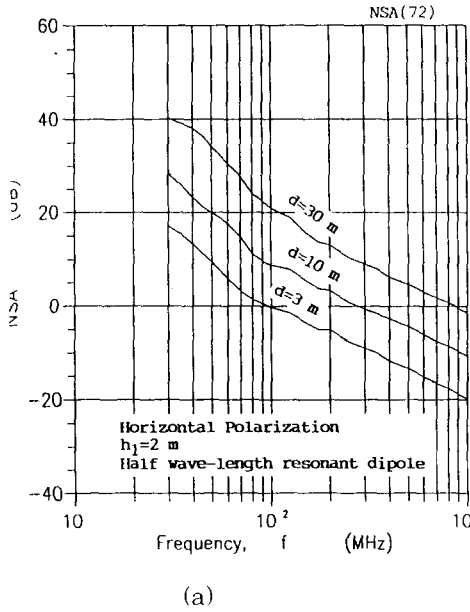


그림 8. 정규화 시험장감쇠량 규격치의 주파수 특성,  $Z_i=72$

Fig. 8. Frequency characteristics of normalized site attenuation with constant antenna factor,  $Z_i=72\Omega$ .

V. 결론

최근에 관심의 대상이 되고 있는 정규화 시험장감쇠량에 관하여 논의하였다. 정규화 시험장감쇠량은 방사성 방해파의 측정시절로 사용하는 야외시험장의 적합성을 평가하기 위한 평가 파라미터의 일종이며 현재까지는 기하광학 근사로 계산한 규격치가 제시되어 있을 뿐이다.

본 논문에서는 반파장 공진다이폴 안테나를 사용했을 때의 정규화 시험장감쇠량 측정계를 적분방정식 표현으로 정식화하고, 모멘트 법으로 그 해를 구하여 정규화 시험장감쇠량의 미보정치 및 참값을 계산했다. 본 논문의 결과는 보다 엄밀한 정규화 시험장감쇠량을 적용하고자 할 경우에 유용하게 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술처 특정연구 91-0500-402의 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분들께 깊은 감사를 드립니다.

參考文獻

[1] FCC Bulletin OET-55, "Characteristics

of open area test site", Aug. 1982. (Formerly OST-55).

[2] W. S. Bennet, "An error analysis of the FCC site attenuation approximation", *IEEE Trans.*, EMC-27, 3, pp.107-114, 1985.  
 [3] T. Kawana, S. Miyajima, "Theoretical investigations of site attenuation by means of mutual impedance between antennas", in 3rd. Symp. Tech. Exhibition EMC(Rotterdam) 17D3, 1979.  
 [4] R. G. Fitzgerrell, "Site attenuation", *IEEE Trans.*, EMC-28, 1, pp.38-40, 1986.  
 [5] 前田, 竹谷, 上, "オープンサイトのサイト減衰量の精密測定と高近似解について(その4)", 電子情報通信學會, 技術研究報告, EMCJ86-23, 1986.  
 [6] 김기채 등, "야외시험장의 시험장감쇠량", 대한전자공학회 논문지, 제 27권, 제9호, pp. 1336-1343, 1990.  
 [7] K. Fukuzawa, et. al., "A new method of calculating 3-meter site attenuation", *IEEE Trans.*, EMC-24, 4, pp. 389-397, 1982.

- [ 8 ] T. Kawana, S. Horiguti, and Y. Yamanaka, "Evaluation of 3-meter site attenuation by the moment method", *IEEE Trans.*, EMC-28, 3, pp.117-124, 1986.
- [ 9 ] A. Sugiura, Y. Shimizu and Y. Yamanaka, "Site attenuation for various ground conditions", *The Trans. of the IEICE*, E-73, 9, pp.1517-1524, 1990.
- [10] 김기채, "시험장감쇠량 이론곡선의 모멘트 법 해석", 대한전자공학회 논문지, 제29권, 제7호, pp.39-47, 1992.
- [11] ANSI C63.4, 1991.
- [12] CISPR A (CO)48, 50.
- [13] A.A.Smith Jr. et. al., "Calculation of Site Attenuation from Antenna Factors", *IEEE EMC-24*, pp.301-316, 1982.
- [14] A.Sugiura, "Formulation of Normalized Site Attenuation", *IEEE EMC-32*, 4, pp.257-263, 1990.
- [15] 金基采, 鄭樂三, "規格化サイト減衰量と相互結合補正係數について", 電子情報通信學會, 技術研究報告, EMCJ91-26, pp.21-28, 1991.
- [16] 杉補 등, "正規化サイトアッテネーションの補正係數", 電子情報通信學會, 技術研究報告, EMCJ92, 1992.
- [17] 김기채, 정낙삼, "반파장 공진다이폴 안테나의 설계와 안테나 치수가 안테나 인자에 미치는 영향", 한국통신학회 논문지, 제16권, 제8호, pp.785-792, 1991.
- [18] 김기채, "접지판 위에 놓여진 반파장 공진다이폴 안테나의 안테나 인자", 한국전자파기술학회지 제4호, pp.3-9, 1991.

— 著 者 紹 介 —



金 基 采(正會員)

1959年 10月 19日生. 1984年 영남대학교 전자공학과 졸업. 1986年 일본 게이오대학(Keio Univ.)대학원 전기공학과 공학석사. 1989年 게이오대학 대학원 전기공학과 공학박사. 1989年 ~ 1993年 3月 한국표준과학연구원 전자파연구실 선임연구원. 1993年 4月 ~ 현재 일본 후쿠오카공업대학 정보공학과 조교수. 1988年 일본전자정보통신학회 Young Engineer Award 수상. 주관심분야는 안테나공학, 전자파이론, 수치해석 등임.