

# 외삽기법을 이용한 안테나의 원·근역장 절대이득 측정시스템 개발

(Development of the Near/Far Field Absolute Gain Measurement System Using an Extrapolation Technique)

辛 墉\*, 姜 燦 求\*, 金 丁 煥\*, 鄭 樂 三\*

(Joon Shin, Chan Koo Kang, Jeong Hwan Kim, and Nak Sam Chung)

## 要 約

외삽기법을 사용하여 실내의 소형 안테나 레인지에서 안테나 이득을 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 외삽기법은 안테나의 절대이득 측정에 보통 사용되는 2-안테나 방법과 유사한데 가까운거리 구간에서 수신되는 신호의 크기를 거리의 함수로 연속적으로 측정한 후 외삽법을 사용한 신호처리로 무한거리에서 수신되는 신호의 크기를 계산함으로써 안테나의 원역장 이득을 구할 수 있다. 또한 원역장 이득과 근역보정인자를 결합하여 근역장 이득을 안테나로부터의 거리의 함수로 구하는 것도 가능하다. 이 외삽기법을 사용하여 측정한 표준이득 혹은 안테나와 OEG 안테나의 이득 측정결과를 고찰하였다.

## Abstract

An antenna gain measurement system using an extrapolation technique is described. The technique is similar to the usual two-antenna method for absolute gain measurement system, but involves the measurement of the received signal as a function of separation in short distances, and the signal-versus-separation data is processed in a way that allows an extrapolation of the signal to "infinite" separation. In this technique it is possible to obtain the near field gain as function of distance by combining the far field gain and a proximity correction factor. The results of gain measurements of standard gain horn antennas and OEG (open ended waveguide) antennas are also presented.

## I. 서 론

안테나 이득의 측정은 절대 이득 측정과 이득 전달 측정으로 구분할 수 있다. 후자는 이득을 알고 있는 표준 안테나와 비교하여 피측정 안테나의 이득을 측

정할 때 사용되며 전자는 표준 안테나 자체의 이득을 독자적으로 측정할 때 사용된다.<sup>[1]</sup>

안테나의 절대 이득측정은 일반적으로 2-안테나 방법 또는 3-안테나 방법을 사용한다. 2-안테나 방법의 경우 동일한 특성의 두 안테나가 원역장 조건을 충분히 만족하도록 멀리 떨어져 있는 상태에서 송신 안테나에 전달되는 전력과 수신 안테나에서 수신되는 전력을 측정한 후 그 측정 결과로부터 안테나 이득을 결정한다. 3-안테나 방법의 경우에는 임의의 세 안테나 중 두개를 짹으로 취할 수 있는 세 가지의

\*正會員, 韓國標準研究所 電磁波研究室  
(Korea Standards Research Institute,  
Electromagnetics Laboratory)

接受日字 : 1989年 10月 30日

정우에 대해 측정되는 송·수신 전력으로부터 세 안테나 각각의 이득을 결정한다. 이를 원역장 이득 측정법에서는 거리에 따른 이득 감소효과에 의한 오차를 0.05 dB 이하로 줄이기 위해서는  $32a^2/\lambda$  ( $a$ 는 안테나의 최장길이,  $\lambda$ 는 파장) 이상의 거리가 필요한데, 혹 안테나와 같이 이득이 높은 안테나의 경우 이는 상당히 먼 거리가 된다. 또한 지면반사에 의한 영향을 줄이기 위하여 안테나 사이의 거리에 비례하여 높은 안테나 설치탑을 필요로 하기 때문에 거대한 시설공간이 필요하다.

미국립표준기술원(NIST: National Institute of Standards and Technology)에서는 3-안테나 방법을 개선하여, 가까운 거리 구간에서 수신신호의 크기와 위상의 거리를 함수로 측정한 후 외삽기법을 사용하여 무한 거리에서의 신호를 구하여 세 안테나 각각의 원역장 이득과 편향특성을 결정하는 방법을 개발하였다.<sup>[2][3]</sup>

본 연구에서는 미국립표준기술원에서 개발된 외삽기법을 2-안테나 방법에 적용시켜 혼 안테나 또는 OEG 안테나의 원역장 이득과 근역장 이득을 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다.

## II. 외삽기법에 의한 안테나 이득 측정법

그림1과 같이 임의의 두 안테나가 안테나 축으로 정렬된 상태에서, 수신 안테나로 수신되는 신호  $b'(d)$ 는 식(1)과 같이 거리  $d$ 의 함수로 정확하게 나타낼 수 있다.<sup>[2]</sup>

$$b'(d) = aF' \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\exp[i(2p+1)kd]}{(d)^{2p+1}} \sum_{q=0}^{\infty} \frac{A_{pq}}{d^q} \quad (1)$$

여기서  $a$ 는 송신 안테나에서의 입사 진행파 신호(incident wave amplitude)이고,  $F'$ 는 수신 안테나와 수신기(부하) 사이의 부정합 인자( $F' = 1/(1 - \Gamma_R \Gamma_L)$ )이며,  $A_{pq}$ 는 계수들이다. 식(1)은 송수신 안테나 사이의 근접효과와 다중반사 효과를 모두 포함하고 있는 거리  $d$ 의 점근함수이다. 식(1)의 처음 몇 항들을 풀어 쓰면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} b'(d) &= aF' \left\{ \frac{\exp(ikd)}{d} \left( A_{00} + \frac{A_{01}}{d} + \frac{A_{02}}{d^2} + \dots \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{\exp(3ikd)}{d^3} \left( A_{10} + \frac{A_{11}}{d} + \frac{A_{12}}{d^2} + \dots \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{\exp(5ikd)}{d^5} \left( A_{20} + \dots \right) + \dots \right\} \quad (2) \end{aligned}$$

식(2)에서 첫번째 항들은 송신안테나에서 수신안테나로 직접 전파되는 신호 성분을 나타내며, 두번째

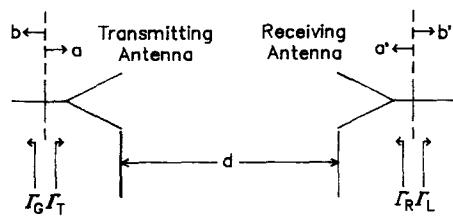


그림 1. 일직선상에 정렬된 송수신 안테나

Fig. 1. Two antennas oriented for measurement.

항들은 두 안테나 사이의 일차 다중반사에 의한 신호성분을, 나머지 항들은 고차 다중반사에 의한 신호성분들을 나타낸다. 식(2)에서 두 안테나 사이의 거리  $d$ 가 충분히 크면  $A_{00}$ 를 포함하고 있는 항 외에는 무시할 수 있게된다. 종래의 안테나 이득 측정방법에서는 거리를 충분히 멀게하여  $A_{00}$ 를 포함하고 있는 항만 수신하여 원역장이득을 측정하였다.

그러나 외삽기법의 기본개념은 가까운 거리에서  $b'$ 를 거리  $d$ 에 따라 관측한 후 그 결과를 식(2)에 맞추어(fitting) 원역장이득에 관계되는  $A_{00}$ 를 구하는 것이다. 식(2)는 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{b'(d)}{a} &= F' \left( \frac{\exp(ikd)}{d} A_0(d) + \frac{\exp(3ikd)}{d^3} A_1(d) \right. \\ &\quad \left. + \frac{\exp(5ikd)}{d^5} A_2(d) + \dots \right) \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left| \frac{b'(d)}{a} \right|^2 &= \frac{|F' \exp(ikd)|^2}{d^2} \left| |A_0(d)|^2 + \frac{|A_1(d) \exp(2ikd)|^2}{d^4} \right. \\ &\quad \left. + \frac{|A_2(d) \exp(4ikd)|^2}{d^8} + \dots \right. \\ &\quad \left. + 2 \operatorname{Re} \sum_{m>n} \frac{A_m(d) \bar{A}_n(d)}{d^{2m-n}} \exp[2i(mk - \bar{n}k)d] \right\} \quad (4) \end{aligned}$$

식(4)에서  $\bar{A}_n$ 과  $\bar{k}$ 는 각각  $A_n$ 과  $k$ 의 복소 공액수이다. 식(4)에서  $|b'(d)/a|^2 / |F' \exp(ikd)|^2$ 는 신호원과 부하가 직접 연결되었을 때 부하에 전달되는 전력과 신호원과 부하에 각각 송수신 안테나가 연결되어 거리  $d$  만큼 떨어져 있을 때 부하에 전달되는 전력의 비, 즉 삽입손실로서 실제로 측정되는 양이다. (엄밀한 의미에서 실제로 측정되는 삽입손실은 신호원과 송신안테나, 신호원과 부하사이의 부정합인자를 더 포함하고 있음)

그림2(a)에 전형적인 삽입손실의 측정데이터를 나타내었다. 그림2(a)에서 데이터의 주기적인 변화( $\lambda/2$ 의 주기)는 두 안테나 사이의 다중반사 신호에 의

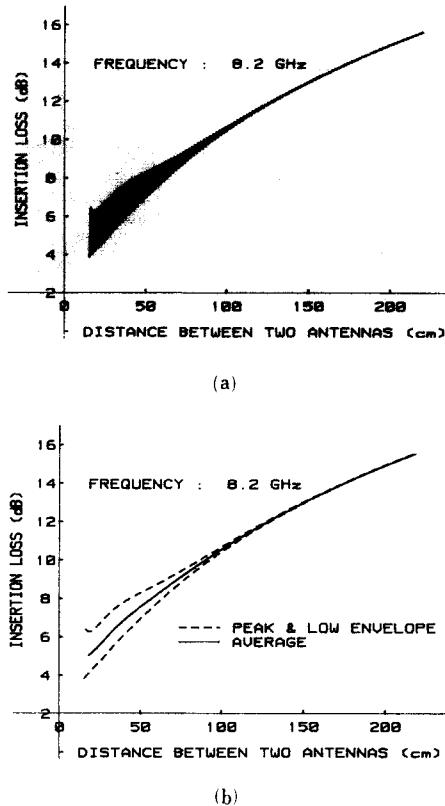


그림 2. 두개의 X-밴드 혼안테나의 전형적인 삽입손실 측정 결과

- (a) 측정결과  
(b) 데이터 여파 결과

Fig. 2. Typical record of insertion loss between two X-band horn antennas.  
(a) Result of measurement.  
(b) Result of data filtering.

한 것인데 식(4)의 마지막에 합의 형태로 나타낸 항들에 해당되며 이것은 그림2(b)와 같이 측정된 데이터들을 국부적으로 평균을 취함으로써 처리할 수 있다.

측정된 삽입손실의 평균을 취한 결과 얻어진 그림 2(b)의 곡선은 식(4)에서 맨 마지막에 합의 형태로 나타난 항들을 제외한 항들인데,  $A_{00}(d)$ ,  $A_1(d)$  등이 식(2)에서와 같이  $1/d$ 의 다항식들임으로 식(4)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\left| \frac{b'(d)}{a} \right|^2 = \frac{|F' \exp(ikd)|^2}{d^2} \left( A_{00}' + \frac{A_{01}'}{d} + \frac{A_{02}'}{d^2} + \dots \right) \quad (5)$$

식(5)에서  $A_{00}' = |A_{00}|^2$  이므로 안테나의 원역장 특

성을 나타내는 계수의 크기를 구할 수 있게 된다.

이제 송수신 안테나가 동일한 특성을 가질 때 안테나의 이득  $G$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$G = M^{1/2} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \left( \frac{N(d) P_A(d)}{P_D} \right)^{1/2} \quad (6)$$

식(6)에서  $M$ 은 부정합 인자로서

$$M = \frac{|1 - \Gamma_c \Gamma_T|^2 |1 - \Gamma_R \Gamma_L|^2}{|1 - \Gamma_c \Gamma_L|^2 (1 - |\Gamma_T|^2) (1 - |\Gamma_R|^2)} \quad (7)$$

로 주어지고  $P_D$ 는 신호원과 부하를 직접 연결하였을 때 부하에 전달되는 전력이고,  $P_A(d)$ 는 송수신 안테나가 연결된 상태에서 부하에 전달되는 전력이며,  $N(d)$ 는 근접효과(proximity effect)를 보상하기 위한 보정인자로서

$$\frac{1}{N(d)} = \frac{A_{00}' + \frac{A_{01}'}{d} + \frac{A_{02}'}{d^2} + \dots}{A_{00}'} \quad (8)$$

로 주어진다.

식(6), (8)으로부터 이득  $G$ 를 구하기 위해서는  $\lim_{d \rightarrow \infty} \left( \frac{P_A(d)}{P_D} d^2 \right)$ 을 구해야 함을 알 수 있다. 종래의 안테나 이득 측정법에서는 송수신 안테나 사이의 거리를 충분히 멀리하여 이 양을 직접 측정하였으나 본 외삽기법에서는 가까운 거리구간에서 직접 측정된  $d^2 P_A(d)/P_D$ 로부터 외삽법을 사용하여 그 값을 결정한다.

식(5)는 결국 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$d^2 \frac{P_A(d)}{P_D} M' \left( A_{00}' + \frac{A_{01}'}{d} + \frac{A_{02}'}{d^2} + \dots \right) \quad (9)$$

$$\text{여기서, } M' = \frac{|1 - \Gamma_c \Gamma_L|^2}{|1 - \Gamma_c \Gamma_T|^2 |1 - \Gamma_R \Gamma_L|^2}$$

식(9)에서 가까운 거리구간에서 측정된  $d^2 P_A(d)/P_D$ 를  $1/d$ 의 다항식에 맞추어 다항식의 계수들을 구할 수 있고, 따라서 먼 거리구간에서의  $d^2 P_A(d)/P_D$ 를 외삽법으로 계산할 수 있다.

실제로 측정된 삽입손실  $P_A(d)/P_D$ 에  $d^2$ 을 곱한 것을 종속변수로 하고  $a^2/\lambda$ 로 정규화된 거리의 역수를 독립변수로 하여 식(9)의 다항식에 최소 자승화 맞춤을 한 결과가 그림3에 나타나 있다. 그림3에서 구해진 함수를 y축과의 교점 ( $d = \infty$ )에서의 값으로 정규화하여 구해지는 것이 각 거리에서의  $1/N$ 이 된다. 예를 들어 50 cm 거리에서의 근접보정  $N$ 을 구하는 과정을 그림3에 나타내었다.

한편 식(6)에서 원역장 이득  $G$ 와 근접보정  $N$ 을 결

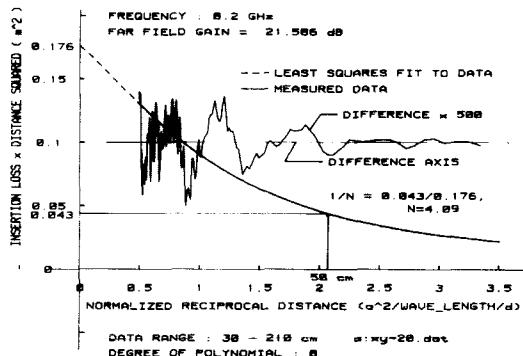


그림 3. 그림2의 측정데이터에 대한 최소자승화 및 춤 데이터 처리결과와 근접 보정상수 N의 결정.

Fig. 3. Result of polynomial least squares fitting for the extrapolation data of Fig. 2 and calculation of proximity correction N.

합하여 근역장 이득  $G_N(d)$ 을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$G_N(d) = M^{1/2} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \left( \frac{P_A(d)}{P_D} \right)^{1/2} = N(d)^{-1/2} G \quad (10)$$

### III. 측정시스템의 설계 제작

#### 1. 안테나 레인지

외삽기법으로 안테나 이득을 측정하기 위해서는 안테나 사이의 최대거리가 약  $2a^2/\lambda$  정도로 짧아도 되지만 대신에 두 안테나 중의 하나가 안테나 축과 평행하게 축방향으로 정밀하게 수평이동 할 수 있어야 한다.

그림4에 나타나 있는 안테나 레인지에서 레일의 전체 길이는 6m이며 수레의 이동 가능거리는 5m이다. 수신부를 탑재하고 움직이는 수레는 가로 140 cm, 세로 100 cm 높이 143cm의 크기를 가지고 있다.

송신 안테나가 설치되는 지점에는 지면에서 90cm 되는 높이로부터 전파 흡수체를 사용하여 가로 240cm 높이 240cm의 간이 무반향벽을 형성하였다. 수신부를 탑재한 수레의 전면에도 가로 180cm, 높이 240cm의 넓이로 전파 흡수체를 부착하고 두 레일 사이의 침목판 위에도 전파흡수체를 설치하였다. 전파흡수체는 12 inch 높이의 피라미드형으로서, 제작자의 규격에 의하면 전파흡수 능력은 X-밴드 이상의 주파수에서 50 dB이며 1GHz에서는 35 dB 정도이다. 레일 위에서 수신부를 탑재한 수레를 이동시키고 동시에 수신부의 정확한 위치를 알기 위하여 스템핑 모터를 사용

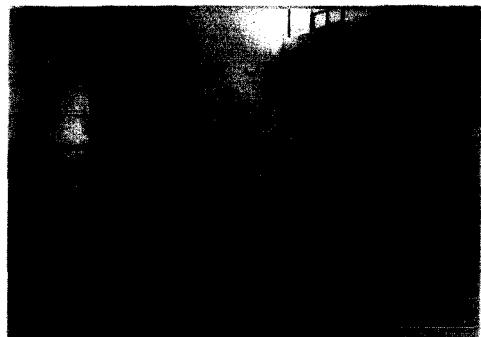


그림 4. 안테나 레인지의 모습

Fig. 4. Pictorial view of the antenna range.

하였는데 컴퓨터로 스템핑 모터의 회전방향, 회전속도를 조정하였다. 송수신 안테나를 일직선상에 정확히 정렬시키기 위하여 송·수신부 각각을 x-z- $\phi$  방향으로 쉽게 조정할 수 있는 장치를 사용하고 레이저를 이용하여 정렬 상태를 확인하였다.

#### 2. 안테나 이득 측정 시스템

안테나 이득을 측정하기 위하여 그림5와 같은 시스템을 사용하였다. X-밴드와 Ku-밴드의 경우에는 식(7)의 부정합오차를 해결하기 위해 도파관형 정합기(tuner)와 도파관형 슬롯티드 라인 등과 같은 임피던스 정합장치를 사용하여 신호원측 반사계수와 부하측 반사계수를 거의 0이 되도록 (SWR < 1.05) 정합시키는 방법을 사용하였다. 8.2GHz 이하의 주파수 대역에서는 임피던스 정합장치를 사용하지 않고 그림4의 기준면 1과 2에서 반사계수  $\Gamma_c, \Gamma_l$ 과 송수신 안테나의 반사계수  $\Gamma_r, \Gamma_s$ 를 자동회로망 분석기를 사용하여 측정한 후 식(7)을 사용하여 부정합인자를 보정해 주는 방법을 사용하였다.

OEG 안테나의 경우에는 이득이 낮기 때문에 그림 6에서 보는 바와 같이 수신안테나에서 수신되는 성분 중에 순방향(forward scattering)과 후방 산란(back scattering)에 의한 성분이 크며 이를 산란 성분은 송수신 안테나 사이의 거리가 변함에 따라 직접 전파되는 성분과의 위상 차이가 크게 나지 않기 때문에 OEG 후방에 설치한 전파흡수체 조각의 위치를 변화 시킴으로써 산란 성분의 위상 변화를 줄 수 있다. 따라서 OEG 안테나의 경우에는 수신 안테나가 송신 안테나로 부터 멀어져 가면서 측정한 후 다시 가까이 오면서 측정하는 것을 4회 반복 하였는데 매 왕복 후에 OEG에 부착한 전파 흡수체의 위치를 약

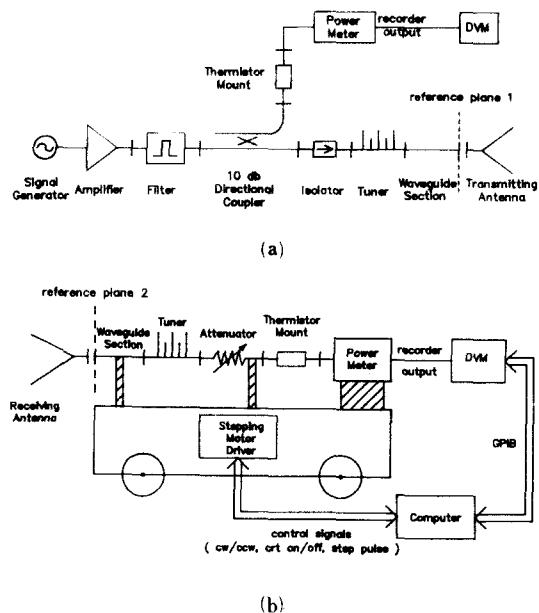


그림 5. 안테나 이득 측정시스템

- (a) 송신부  
(b) 수신부

Fig. 5. Antenna gain measurement system.

- (a) transmitting part.  
(b) receiving part.

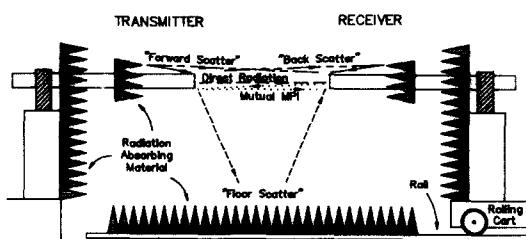


그림 6. OEG 안테나의 이득 측정 시스템에서의 전자파의 주요 산란성분

Fig. 6. Important sources of scattering in the gain measurement system for OEG antennas.

$\lambda/4$  정도 이동시켰으며, 반복측정한 데이터들의 평균을 취하였다. 그림7에 OEG 안테나에 전파흡수체가 부착된 모습을 나타내었다.

#### IV. 실험 및 결과

그림5의 측정 시스템을 사용하여 여러 주파수 대

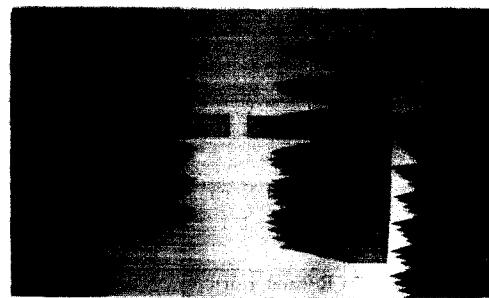


그림 7. 전파흡수체가 부착된 OEG 안테나의 모습  
Fig. 7. Pictorial view of OEG antennas with absorbers.

역에서 표준 혼 안테나와 OEG 안테나의 원역장 이득, 근접보정 및 근역장 이득을 측정하였다. 혼 안테나의 측정주파수 대역은 L-, R-, X-, 및 Ku-밴드이었고, OEG 안테나는 L-밴드와 R-밴드이었다. 이 중에서 X-밴드와 Ku-밴드의 경우에는 정합기를 사용하여 신호원측과 부하측의 임피던스를 정합시켜 정재파비가 1.05 이하가 되도록 하였으며, 나머지 주파수 대역에서는 정합하는 대신 자동 회로망 분석기를 사용하여 임피던스를 측정한 후 부정합 인자를 계산하여 보정해 주었다. X-밴드에 대해서는 두 가지 방법을 모두 사용하여 측정하고, 그 결과를 비교하여 보았다.

표1에 각 주파수 대역의 혼 안테나와 OEG 안테나의 원역장 이득을 2~4회 측정한 결과를 나타내었다. 그림2와 그림3은 혼 안테나의 8.2 GHz에서의 삽입 손실 측정 및 외삽기법 데이터 처리결과를 나타낸다.

그림3에서 구한 다항식의 계수들로부터 원역장 이득 및 각 거리에서의 근역장 이득을 계산한 결과를 이론적으로 계산되는 혼 안테나의 이득과 [4][5] 비교하여 그림8에 나타내었다.

그림2와 그림3은 안테나 레인지의 바닥면에 전파흡수체를 설치한 상태에서 측정한 결과이다. 본 외삽기법의 안테나 레인지에서 바닥면에 설치한 전파흡수체의 지면반사 감소효과를 살펴보기 위하여 바닥면의 전체흡수체를 제거한 후 측정한 결과를 살펴보았다.

삽입손실 측정의 전체적인 모습은 그림2와 거의 비슷하나 측정결과를 그림9와 같이 확대해 보면 지면반사효과를 관찰할 수 있다. 그림9에 나타난 지면반사효과는 그림10의 최소자승화 맞춤 그래프에서도 잘 나타나고 있다.

현재의 안테나 레인지가 간이 전파무향벽을 사용

표 1. 안테나 이득 측정결과  
Table 1. Results of gain measurements.

Band and Antenna	Freq. [GHz]	Measured Gain [dB] (w. Tuned System)	Measured Gain [dB] (w. Untuned System)	Theoretical Gain [dB]
L-band Horn SA 12-1.1	1.1	-	14.318 (0.009)	14.301
	1.4	-	16.221 (0.006)	15.974
	1.7	-	17.408 (0.018)	17.137
R-band Horn Narda 645	2	-	15.891 (0.006)	15.766
	2.45	-	17.470 (0.087)	17.332
X-band Horn Microlab/FXR X638A	8.2	21.593 (0.014)	-	21.516
	10	22.305 (0.027)	22.307 (0.056)	22.387
	12.4	22.822 (0.010)	22.902 (0.032)	22.890
Ku-band Horn Narda 639	18	18.264 (0.033)	-	18.08*
L-band OEG WR 650, 98cm	1.1	-	5.769 (0.001)	5.864
	1.4	-	6.962 (0.032)	6.925
	1.7	-	7.882 (0.028)	7.776
R-band OEG WR 430, 98cm	2	-	6.813 (0.122)	6.722
	2.45	-	7.552 (0.047)	7.567

( ) : Standard Deviation

\* : Manufacturer Data

하고 있는 관계로 송·수신 안테나의 거리가 멀어짐에 따라 송신안테나에서 수레에 부착된 전체흡수체 부착면으로 투사되는 입체각이 작아져서 주위 벽면으로부터 반사되는 전파의 영향이 크게 나타난다. 이러한 현상은 X-밴드의 경우 8.2 GHz나 10 GHz의 주파수에서는 문제가 되지 않았는데 12.4 GHz의 경우 그림11에서와 같이  $(a^2/\lambda)/d$ 가 0.5근처에서 데이터가 큰 진폭으로 변화되는 것으로 나타났다. L-밴드 OEG의 1.1 GHz에서의 삽입손실 측정결과와 데이타여파결과는 그림12와 같은 모습을 가진다.

최소 자승화 맞춤을 할 때 데이터 처리 구간은 약  $2a^2/\lambda \sim 3a^2/\lambda$ 로 부터  $0.5a^2/\lambda \sim 0.7a^2/\lambda$ 까지의 거리 구간을 취하는 것이 적절한 것으로 나타났다. 그러나 현재의 안테나 레인지에서는 데이터 처리 구간을 조금씩 달리 취함에 따라 주파수 대역과 안테나 종류에 따라 원역장 이득이 약 0.02~0.2 dB 정도로 달라지고 있다. 이러한 마세점은 현재 공사중에 있는 전자파 무향설이 완공되면 해결될 것이다.

본 측정 시스템을 사용한 안테나의 원역장 이득 측정의 정확도는 안테나의 종류와 주파수에 따라 0.2~0.5 dB 정도로 분석되며, 앞으로 전자파무향설의 완공 후 안테나 정렬 시스템과 수레의 보완, RF 신호원의 안정화, 신호전력 측정기의 선형성 개선 및 데이터 여파 처리 과정의 소프트웨어의 개선 등을

통하여 0.05~0.1 dB의 정확도로 제고시킬 수 있을 것으로 예상된다.

## V. 결 론

실내의 가까운 거리에서 마이크로파 혼 안테나와 OEG 안테나 등의 원역장 이득과 근역장 이득을 측정할 수 있는 외삽기법을 사용한 2-안테나 방법을 개발하였다.

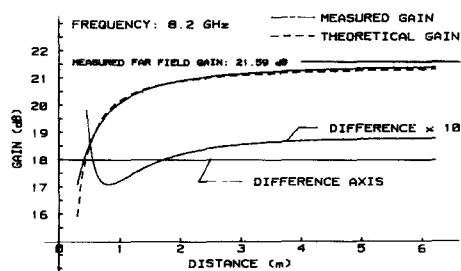
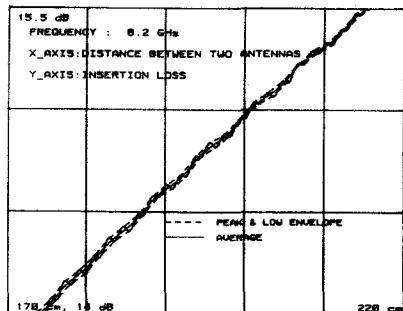
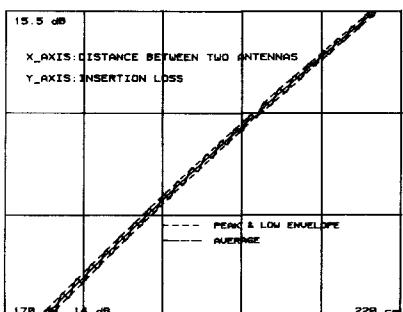


그림 8. 혼 안테나의 8.2 GHz에서의 원·근역장 이득의 측정결과

Fig. 8. Result of gain measurement of horn antennas at 8.2 GHz.



(a)



(b)

그림 9. 삽입손실 측정데이터 중 170 cm~220 cm 구간을 확대한 모습

- (a) 바닥면에 전파흡수체를 설치하지 않은 경우
- (b) 바닥면에 전파흡수체를 설치한 경우

Fig. 9. Amplified insertion loss data in the range of 170cm to 220cm.

- (a) Without absorbers on the floor.
- (b) With absorbers on the floor.

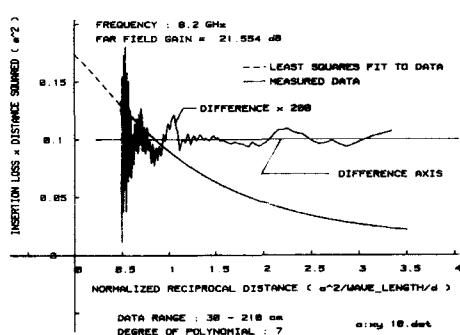


그림 10. 그림 9(a)의 측정데이터에 대한 최소자승화 맞춤 데이터 처리결과

Fig. 10. Result of polynomial least squares fitting for the extrapolation data of Fig. 9(a).

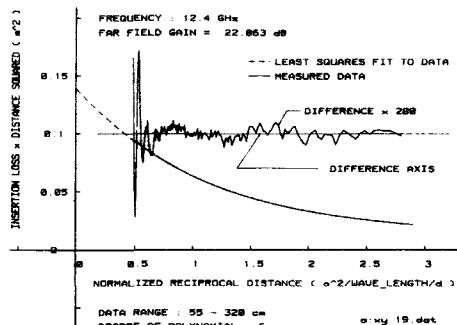
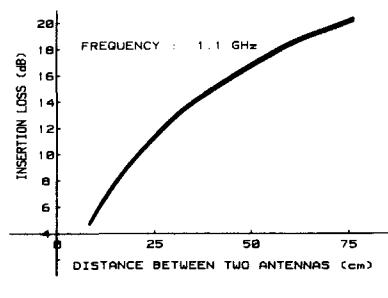
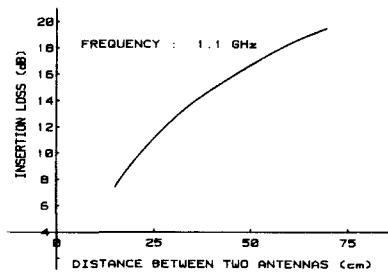


그림 11. X-밴드 혼 안테나의 12.4 GHz에서의 측정결과에 대한 최소자승화 맞춤 데이터 처리 결과

Fig. 11. Result of polynomial least squares fitting for the measured data of an X-band horn antennas at 12.4 GHz.



(a)



(b)

그림 12. 두개의 L-밴드 OEG 안테나의 1.1 GHz에서의 삽입손실 측정결과

- (a) 측정결과
- (b) 데이터 여파결과

Fig. 12. Result of insertion loss measurement between two L-band OEG antennas at 1.1 GHz.

- (a) Result of measurement.
- (b) Result of data filtering.

개발된 측정 시스템으로 1.1~18 GHz의 주파수 대역에서 측정한 원역장 이득은 이론적으로 계산된 값과 0.05~0.3 dB 이내에서 일치하였다. 현재의 안테나 이득 측정 정확도는 0.2~0.5 dB 정도로 분석되나 앞으로 측정 하드웨어와 소프트 웨어의 개선을 통하여 0.05~0.2 dB 정도로 제고될 것으로 예측된다.

본 연구를 통하여 안테나의 축상 이득(axial gain)의 측정 능력을 확보하였으며, 측정된 근역장 이득을 이용하여 1~18 GHz에서의 전자기장의 세기 즉 전력 밀도의 표준을 확립하였다.<sup>[6]</sup>

### 参考文献

- [1] W.H. Kummer and E.S. Gillespie, "Antenna measurements - 1978," *Proc. IEEE*, vol. 66, no. 4, pp. 483-507, Apr. 1978
- [2] A.C. Newell et al., "Accurate measurement of antenna gain and polarization at reduced

distances by an extrapolation technique," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-21, no. 14, pp. 418-431, Jul. 1973.

- [3] K.M. Kerns, "Plane-wave scattering matrix theory of antennas and antenna-antenna interactions," NBS Monograph 162, National Bureau of Standards, Jun. 1981.
- [4] C. Balanis, "Antenna theory," Harper & Row Publishers, Chap. 12, 1982.
- [5] E.B. Larsen, "Techniques for producing standard EM fields from 10 kHz to 10 GHz for evaluating radiation monitors," *Proc. Symp. on Electromag. Fields in Biolog. Systems*, pp. 96-112, Jun. 1978.
- [6] 정낙삼 외 5인, "첨단 산업용 기반 측정기술개발," 제 4 장, KSRI-88-86-IR, 한국표준연구소, 1988.

### 著者紹介

#### 辛 塷(正會員)

1955年 3月 17日生. 1981年 2月  
경북대 공대 전자공학과 졸업. 19  
83年 2月 경북대 대학원 전자공  
학과 졸업(석사). 현재 한국표준  
연구소 전자파연구실 선임연구원

#### 姜 燦 求(正會員)

1964年 1月 31日生. 1986年 2月  
충남대 공대 전자공학과 졸업. 19  
88年~현재 한국표준연구소 전자  
파연구실 근무

#### 金 丁 煥(正會員)

1954年 7月 15日生. 1978年 서울  
대 공대 전자공학과 졸업. 1980年  
한국과학기술원 전기 및 전자공  
학과 졸업(석사). 현재 한국표준  
연구소 선임연구원 및 전자파 연  
구실 그룹리더

#### 鄭 樂 三(正會員)

1939年 4月 22日生. 1967年 서울  
대 문리대 물리학과 졸업. 1973年  
미국 Purdue Univ. 대학원 물리  
학과 졸업(이박) 및 동대학 연구  
원. 1976~1978年 미국 국립표준  
국(NBS) 객원 연구원. 1986~  
1987年 미국 STX. Senior Scientist. 현재 한국 표준연  
구소 책임연구원(전기연구부장)