

마이크로스트립 안테나 특성해석 (Analysis of Microstrip Antenna Characteristics)

李 相 高^{*}
(Lee, Sang - Seol)

要 約

마이크로스트립 안테나는 主輻射體와 接地板間에만 絶緣體로 채워져 있으나, 全空間이 같은 絶緣體로 되어 있다는 假定에서 特性을 解析하면 그 特性은 94% 周波數에서 實際 안테나의 特性과 一致된다는 事實이 實驗的으로 밝혀졌다.

全空間이 같은 絶緣體로 채워져 있을 때, 마이크로스트립 안테나를 豫想되는 電流線에 따라 여러 개의 작은 線形안테나로 分割하여 모멘트法을 適用하므로써 안테나의 入力임피던스, 電流分布 및 輻射모양이 計算된다. 實驗結果가 理論의 妥當性을 立證한다.

Abstract

In the microstrip antenna, insulator is filled only between its main radiator and the base conductor. In experiment, it is verified that the characteristics of microstrip antenna at 94% of the operating frequency coincide with the characteristics of the practical antenna, if its characteristics are analyzed to the case that the entire space of the antenna is filled with the same insulator. Experimental results support the theoretical validity.

序 論

마이크로스트립 안테나는 構造가 簡單하고 機械的으로 튼튼할 뿐 아니라 얇은 板形으로 製作될 수 있어 항공기나 미사일에 有用하게 쓰일 수 있다. 마이크로스트립 안테나는 構造的으로 廣範圍한 指向性을 갖고 있으나 마이크로 스트립의 形態를 適切히 變形하거나, 몇 個의 스트립을 適切히 配列하므로써 特定한 方向에 強力한 電波를 放射하는 特性을 갖게 할 수 있다. [1][2][3][4]

AGRAWALO^[5]에 依하여 마이크로스트립 안테나의 周波數特性은 안테나의 形態에 관계없이 全空間이 絶緣體로 덮여 있을 때의 共振周波數가 그렇지 않을

때의 94%로 된다는 事實이 實驗的으로 밝혀졌다. 본 研究에서는 AGRAWAL의 實驗結果를 土臺로 하여, 마이크로스트립 안테나가 絶緣體로 完全히 덮여 있는 狀態에서 Moment 法에 依해 안테나 入力임피던스, 輻射모양을 計算하고, 그 結果를 修正하여 實際 안테나의 特性을 求한다.

1. 안테나의 電流分布 및 入力임피던스

그림 1.1은 마이크로스트립 안테나의 構造를 表示한다. 그림 1.1에서 接地面이 主輻射素子에 比하여 매우 클때 接地面은 無限導體面으로 생각할 수 있고 全空間이 絶緣體로 채워져 있으면 影像法에 依하여 안테나는 그림 1.2와 같이 두個의 矩形導體板으로 생각할 수 있다.

矩形導體板을 그림 1.3과 같이 가는 導線으로 이루어진 格子板으로 생각하여 안테나 特性을 解析할 수 있으나 그림 1.4와 같이 豫想되는 電流線과 같은 形態로 變形해도 計算結果에 크게 影響을 주지 않는다. [5]

* 正會員, 漢陽大學校 電子通信科
(Dept. of Electronics Communications
Han - Yang University)
接受日字: 1979年 5月 4日

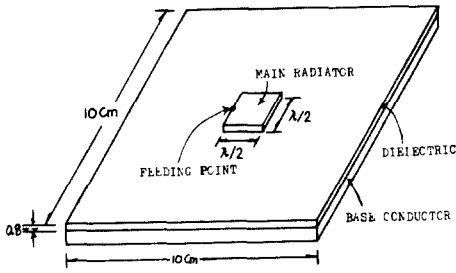


그림 1.1. 마이크로스트립 안테나
Fig.1.1. Microstrip antenna.

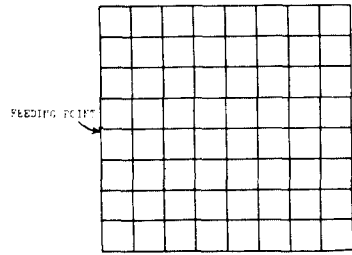


그림 1.3. 格子形 主輻射體
Fig.1.3. Main radiator subdivided by the wire mesh.

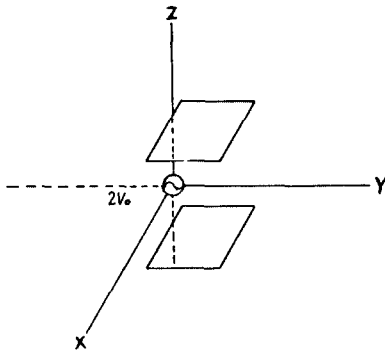


그림 1.2. 主輻射體와 그의 影像
Fig.1.2. Main radiator and its image.

어떤 導體에 흐르는 線電流에 依해서 發生된 電界에 對하여 Maxwell 方程式으로 부터 다음 關係式을 얻을 수 있다.

$$E^i = j\omega A + \Delta\phi$$

$$A = \mu \int \mathbf{I} \frac{e^{-jkR}}{4\pi R} dl$$

$$\phi = \frac{1}{\epsilon} \int \sigma \frac{e^{-jkR}}{4\pi R} dl \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\sigma = -\frac{1}{j\omega} \frac{dI}{dl}$$

여기서 E^i 는 導體表面에 加해진 電界, A 는 벡터포텐셜, ϕ 는 스칼라포텐셜, I 는 電流, σ 는 電荷密度, l 은 導線의 軸方向에 따른 길이, R 은 電流源으로 부터 電界點까지의 거리, ω 는 角速度, k 는 波數, ϵ 은 誘電率, μ 는 透磁率을 表示한다.

안테나를 그림 1.4와 같이 分割하여 各 分割點에 番號를 붙이면 안테나 導體面上 任意의 點 m 에 對하여

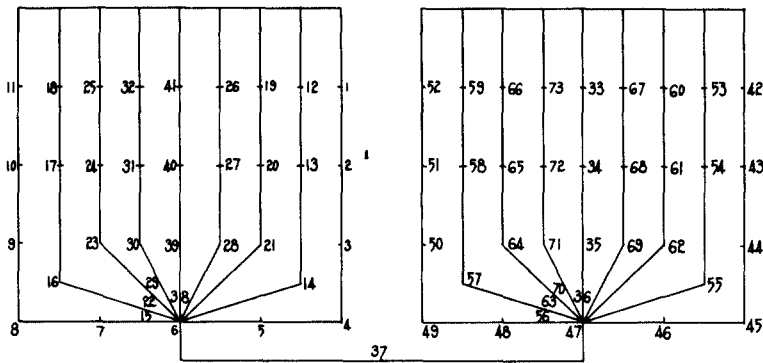


그림 1.4. 모멘트法을 適用하기 爲해서 分割된 안테나
Fig.1.4. Antenna subdivided for application of moment method.

(1.1) 로 부터 다음과 같은 近似式을 쓸 수 있다.

$$E^i(m) \cong j\omega A(m) + \frac{\phi(m+1) - \phi(m-1)}{\Delta \ell_{m+} + \Delta \ell_{m-}}$$

$$A(m) \cong \mu \sum_n \int_{-\Delta \ell_{n-}}^{\Delta \ell_{n+}} \mathbf{I}(m) \frac{e^{-jkR_m}}{4\pi R_m} d\ell$$

$$\phi(m) \cong \frac{1}{\epsilon} \sum_n \int_{-\Delta \ell_{n-}}^{\Delta \ell_{n+}} \sigma(m) \frac{e^{-jkR_m}}{4\pi R_m} d\ell$$

$$\sigma(m) = \frac{-1}{j\omega} \frac{I_{(n+1)} - I_{(n-1)}}{\Delta \ell_{n+} + \Delta \ell_{n-}} \dots\dots\dots (1.2)$$

여기서 $\Delta \ell_{n-}$, $\Delta \ell_{n+}$ 는 그림 1.5에 表示된 導線의 길이를 表示하고 R_m 은 電流源에서 m 點까지의 거리를 表示한다. $I(n)$ 을 그림 1.5와 같이 3角波形으로 생각하면

$$I(n) = \begin{cases} -\frac{I_n}{\Delta \ell_{n+}} \ell + I_n & \ell > 0 \\ \frac{I_n}{\Delta \ell_{n-}} \ell + I_n & \ell < 0 \end{cases} \dots\dots\dots (1.3)$$

으로 쓸 수 있다.

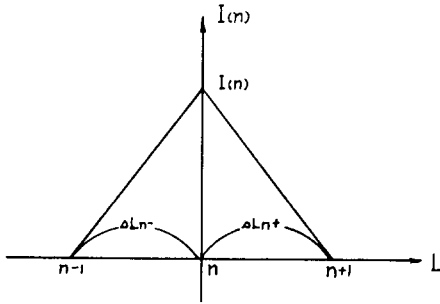


그림 1.5. n 素子の 電流分布
Fig.1.5. Current distribution of nth element.

또한 펄스函數 P 를

$$P_{n+} = \begin{cases} 1 & 0 \leq \ell \leq \Delta \ell_{n+} \\ 0 & 0 > \ell > \Delta \ell_{n+} \end{cases}$$

$$P_{n-} = \begin{cases} 1 & 0 \geq \ell \geq -\Delta \ell_{n-} \\ 0 & 0 < \ell < -\Delta \ell_{n-} \end{cases} \dots\dots\dots (1.4)$$

로 定義하면 (1.2)에서 $A(m)$ 과 $\phi(m)$ 은 다음과 같이 表示된다.

$$A(m) = \mu \sum_n \int_{-\Delta \ell_{n-}}^{\Delta \ell_{n+}} \mathbf{I}_n \left[P_{n+} \left(-\frac{1}{\Delta \ell_{n+}} \ell + 1 \right) + \right.$$

$$P_{n-} \left(\frac{1}{\Delta \ell_{n-}} \ell + 1 \right) \left. \right] \cdot \frac{e^{-jkR_m}}{4\pi R_m} d\ell$$

$$\phi(m) = \frac{1}{\epsilon} \sum_n \int_{-\Delta \ell_{n-}}^{\Delta \ell_{n+}} \left(-\frac{1}{j\omega} \right) \frac{e^{-jkR_m}}{4\pi R_m} \frac{1}{\Delta \ell_{n+} + \Delta \ell_{n-}}$$

$$\left\{ I_{n+1} \left[P_{(n+1)+} + \left(-\frac{1}{\Delta \ell_{(n+1)+}} \ell + 1 \right) \right. \right.$$

$$+ P_{(n+1)-} - \left. \left(\frac{1}{\Delta \ell_{(n+1)-}} \ell + 1 \right) \right] - I_{n-1} \left[P_{(n-1)+} + \left(-\frac{1}{\Delta \ell_{(n-1)+}} \ell + 1 \right) \right. \right.$$

$$+ P_{(n-1)-} - \left. \left(\frac{1}{\Delta \ell_{(n-1)-}} \ell + 1 \right) \right] \left. \right\} d\ell$$

여기서

$$\psi(m, n\pm) \equiv \int_{-\Delta \ell_{n-}}^{\Delta \ell_{n+}} P_{n\pm} \left(-\frac{1}{\Delta \ell_{n\pm}} \ell + 1 \right) \frac{e^{-jkR_m}}{4\pi R_m} d\ell \dots\dots\dots (1.6)$$

이라 놓으면,

$$E^i(m) = j\omega \mu \sum_n \mathbf{I}_n \left[\psi(m, n+) + \psi(m, n-) \right] +$$

$$\frac{1}{\Delta \ell_{m+} + \Delta \ell_{m-}} < \frac{-1}{j\omega \epsilon} \sum_n \frac{1}{\Delta \ell_{n+} + \Delta \ell_{n-}}$$

$$\left\{ I_{n+1} \left\{ \psi((m+1), (n+1)+) - \psi((m-1), (n+1)+) + \psi((m+1), (n+1)-) - \psi((m-1), (n+1)-) \right\} \right.$$

$$+ I_{n-1} \left\{ -\psi((m+1), (m-1)+) + \psi((m-1), (n-1)+) - \psi((m+1), (n-1)-) + \psi((m-1), (n-1)-) \right\} \left. \right\} > \dots\dots (1.7)$$

로 쓸 수 있고 m 點에 發生된 電壓을 V_m 이라 할 때,

$$V_m \cong E^i(m) \frac{\Delta \ell_{m+} + \Delta \ell_{m-}}{2}$$

이므로

$$2V_m = j\omega \mu (\Delta \ell_{m+} + \Delta \ell_{m-}) \cdot \sum_n \mathbf{I}_n \left[\Delta_{mn} \right] -$$

$$\frac{1}{j\omega \epsilon} \sum_n \frac{1}{\Delta \ell_{n+} + \Delta \ell_{n-}} \left\{ I_{n+1} \left[\square_{mn} \right] + \right.$$

$$I_{n-1} \left[X_{mn} \right] \left. \right\} \dots\dots\dots (1.8)$$

로 된다. 여기서

$$\begin{aligned} \Delta_{mn} &= \psi_r(m, n+) + \psi_r(m, n-) \\ \square_{mn} &= \psi_r((m+1), (n+1)+) - \psi_r((m-1), (n+1)+) \\ &\quad + \psi_r((m+1), (n+1)-) - \psi_r((m-1), (n+1)-) \\ X_{mn} &= -\psi_r((m+1), (n-1)+) + \psi_r((m-1), (n-1)+) \\ &\quad - \psi_r((m+1), (n-1)-) + \psi_r((m-1), (n-1)-) \\ &\quad \dots\dots\dots (1.8) \end{aligned}$$

이다. (1.8)에서 I_n 의 係數를 함께 묶어 Z_{mn} 이라 表示하면

$$2V_m = Z_{m1} I_1 + Z_{m2} I_2 + Z_{m3} I_3 + \dots\dots\dots Z_{mN} I_N \dots\dots\dots (1.10)$$

로 된다. 여기서

$$Z_{m1} = jw\mu (\Delta\ell_{m+} + \Delta\ell_{m-}) \cdot \left(\frac{\Delta\ell_{1+}}{\Delta\ell_{1+}} + \frac{\Delta\ell_{1-}}{\Delta\ell_{1-}} \right)$$

$$\Delta_{m1} = \frac{1}{jw\epsilon} \frac{1}{\Delta\ell_{2+} + \Delta\ell_{2-}} X_{m2}$$

$$\begin{aligned} Z_{m2} &= -\frac{1}{jw\epsilon} \frac{1}{\Delta\ell_{1+} + \Delta\ell_{1-}} \square_{m1} + jw\mu (\Delta\ell_{m+} \\ &\quad + \Delta\ell_{m-}) \cdot \left(\frac{\Delta\ell_{2+}}{\Delta\ell_{2+}} + \frac{\Delta\ell_{2-}}{\Delta\ell_{2-}} \right) \Delta_{m2} - \frac{1}{jw\epsilon} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\Delta\ell_{3+} + \Delta\ell_{3-}} X_{m3}$$

$$Z_{mN-1} = -\frac{1}{jw\epsilon} \frac{1}{\Delta\ell_{(N-2)+} + \Delta\ell_{(N-2)-}} \square_{mN-2}$$

$$+ jw\mu (\Delta\ell_{m+} + \Delta\ell_{m-}) \cdot \left(\frac{\Delta\ell_{(N-1)+}}{\Delta\ell_{(N-1)+}} + \right.$$

$$\left. \frac{\Delta\ell_{(N-1)-}}{\Delta\ell_{(N-1)-}} \right) \Delta_{mN-1} - \frac{1}{jw\epsilon}$$

$$\frac{1}{\Delta\ell_{N+} + \Delta\ell_{N-}} X_{mN}$$

$$Z_{mN} = -\frac{1}{jw\epsilon} \frac{1}{\Delta\ell_{(N-1)+} + \Delta\ell_{(N-1)-}} \square_{m(N-1)}$$

$$+ jw\mu (\Delta\ell_{m+} + \Delta\ell_{m-}) \cdot \left(\frac{\Delta\ell_{N+}}{\Delta\ell_{N+}} + \frac{\Delta\ell_{N-}}{\Delta\ell_{N-}} \right)$$

$$\Delta_{mN} \dots\dots\dots (1.11)$$

이다. (1.10)에서 m 은 1로부터 N 까지 變化할 수 있는 整數이므로 行列로 表示하면

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & Z_{1N} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & Z_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ Z_{N1} & Z_{N2} & \cdot & \cdot & \cdot & Z_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_N \end{bmatrix} = 2 \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_N \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1.12)$$

를 얻는다.

i 번째 素子를 給電點으로 하면 V 를 給電電壓이라 할 때 $V_i = V$ 이고 그 외는 모두 0이므로

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_N \end{bmatrix} = [Z]^{-1} 2 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ V_i \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix} = 2 [Y] \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ V \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1.13)$$

로 된다. 여기서 $[Y]$ 는 $[Z]$ 의 逆行列이다. (1.13)에서 안테나의 電流分布를 計算할 수 있고, 또한

$$I_i = 2Y_{ii}V \dots\dots\dots (1.14)$$

이므로 안테나의 入力임피던스 Z_{in} 은 다음 式으로 計算된다.

$$Z_{in} = \frac{V}{I_i} = \frac{1}{2Y_{ii}} \dots\dots\dots (1.15)$$

2. 안테나 輻射모양

그림 2.1에서 電流素 $I\ell_r$ 이 안테나 週邊에 單位平面波

$$E_r = U_r e^{-jkr \cdot r_n}$$

을 發生시킨다고 할 때 可逆定理에 따라서

$$E_r = \frac{1}{I\ell_r} \int_{ant} E_r \cdot Idl \dots\dots\dots (2.1)$$

로 된다. [6] 여기서 E_r 은 E 의 U_r 方向成分, I 는 안테나상의 電流를 表示하고,

$$\frac{1}{I\ell_r} = \frac{w\mu e^{-jk\%}}{j4\pi r_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

로 주어진다. 또

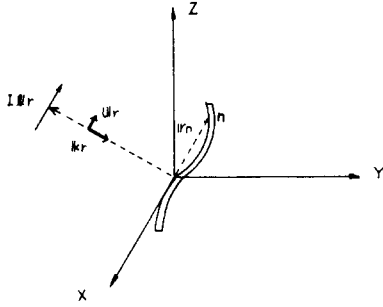


그림 2-1. 電流素 $I l_r$
Fig.2-1. Current element $I l_r$.

$$[V^r] = \begin{bmatrix} E_{(1)}^r \cdot \Delta \ell_1 \\ E_{(2)}^r \cdot \Delta \ell_2 \\ \vdots \\ E_{(N)}^r \cdot \Delta \ell_N \end{bmatrix}, [V^s] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_N \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

이라 하면,

$$E_r = \frac{\omega \mu e^{-jkr_0}}{j4\pi r_0} [V^r]^T [J] = \frac{\omega \mu e^{-jkr_0}}{j4\pi r_0} [V^r]^T [Y] [V^s] \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

를 얻는다. 여기서 $[V^r]^T$ 는 $[V^r]$ 의 轉置行列이다. i 點에 $1/2 [V]$ 의 電源으로 給電하면 (1.13) 으로부터

$$E_r = \frac{\omega \mu e^{-jkr_0}}{j4\pi r_0} [V^r]^T \begin{bmatrix} y_{1i} \\ y_{2i} \\ \vdots \\ y_{Ni} \end{bmatrix} \quad \dots\dots (2.5)$$

로 되므로 안테나의 輻射모양을 計算할 수 있다.

3. 計算 및 實驗結果

그림 1.4 와 같이 마이크로스트립을 여러個의 작은 안테나群으로 分割하여 안테나 電流分布, 入力 임피던스 및 輻射모양을 計算한다. 안테나 使用周波數는 測定裝置의 動作周波數 特性을 考慮하여 9.2 GHz로 하

고 分割된 안테나 導線의 굵기는 波長에 比하여 充分히 가늘게 0.1 mm로 한다. 안테나 給電點은 마이크로스트립 어레이를 構成했을 때 가장 有利한 給電點으로^[3] 그림 1.4 와 같이 定한다.

(1.11) 로 表示되는 行列 $[Z]$ 의 元素를 計算하기 爲하여 (1.6) 으로부터 주어지는 ψ 의 값은 그림 3.1 에서 $m=n$ 일 때는

$$\psi_{(n,n\pm)} = \frac{1}{4\pi} \left[\pm \log_e \frac{a}{\sqrt{a^2 + \Delta \ell_{n\pm}^2} - \Delta \ell_{n\pm}} + \frac{1}{\Delta \ell_{n\pm}} (\sqrt{a^2 + \Delta \ell_{n\pm}^2} - a) \mp j \frac{k}{2} \Delta \ell_{n\pm} \right] \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$m \neq n$ 일 때는 $\Delta \ell_n$ 이 波長에 比하여 매우 작으므로 被積分函數에서 R_m 의 變化를 無視하여 $R_m \cong R_{mn}$ 이라 하면

$$\psi_{(m,n\pm)} \cong \frac{\Delta \ell_{n\pm}}{8\pi} \frac{e^{-jkR_{mn}}}{R_{mn}} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

으로 計算한다. 여기서 R_{mn} 은 그림 3.2에서 다음式으로 表示된다.

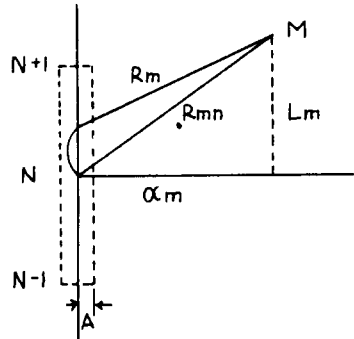


그림 3-1. (1.6) 式의 積分徑路
Fig.3-1. Integration path of eq. (1.6).

$$R_{mn}^2 = r_m^2 + r_n^2 - 2r_m r_n \left\{ \sin P_m \sin P_n + \cos P_m \cos P_n \cos(\phi_m - \phi_n) \right\} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

표 3.1은 어드미턴스行列 $[Y]$ 의 37番條 列로서 안테나 電流分布의 變化 모양을 表示한다. 표 3.2는 안테나 輻射모양의 計算結果이다. (1.14) 에 依하여 안테나 給電點 임피던스는

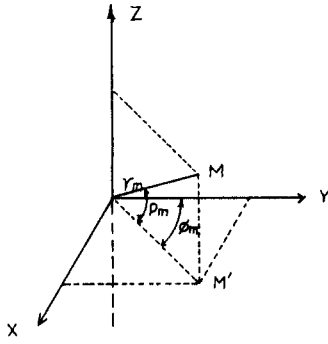


그림 3.2. m點의 座標表示
Fig.3.2. Coordinates for mth point.

$$Z_{i,n} = \frac{1}{2 y_{ii}} = 74.27 - j31.63 \text{ } [\Omega]$$

로서 計算値는 마이크로스트립 다이폴에 對한 것이므로 實際 안테나의 입력임피던스는 $Z_{i,n}/2$ 로 된다.

實驗에 使用된 마이크로스트립 안테나는 그림 3.3 과 같이 1.5mm 두께의 알루미늄板 위에 0.8mm 두께의 Teflon (比誘電率 2.1) 을 附着하고 그 위에 0.1mm 두께의 얇은 銅板을 附着하였다. 그림 3.4는 同軸線에 의한 안테나 給電裝置를 表示한다. 寫眞 3.1은 그림 3.3의 寸수에 따라 製作된 마이크로스트립 안테나이다.

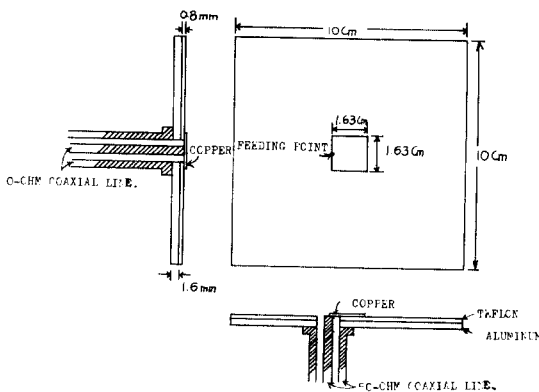


그림 3.3. 마이크로스트립 안테나의 構造
Fig.3.3. Dimensions of microstrip antenna.

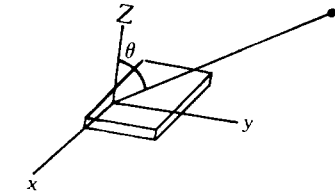
표 3.1. 안테나 電流分布

Table 3.1. Current distribution of microstrip antenna.

N	CURRENT	
1	2.379738E-08	2.622102E-09
2	4.223454E-08	3.432335E-08
3	5.119714E-08	1.014673E-07
4	1.408240E-07	2.513426E-07
5	7.004525E-08	3.485256E-06
6	-3.919446E-02	9.322357E-02
7	-3.362044E-08	2.294484E-07
8	1.651057E-07	2.945373E-07
9	7.273388E-08	1.491235E-07
10	5.646811E-08	4.803618E-08
11	2.677668E-08	-6.106088E-09
12	1.095647E-08	1.402033E-08
13	1.503534E-08	1.839165E-08
14	2.381643E-07	1.742658E-06
15	-2.924887E-02	6.755048E-02
16	-1.478654E-07	-1.017042E-06
17	2.729068E-08	9.398241E-08
18	1.366025E-08	1.270477E-08
19	1.527948E-08	1.166556E-08
20	1.070629E-08	3.973571E-08
21	7.244796E-08	1.057470E-06
22	3.063564E-02	-7.324320E-02
23	7.160457E-08	-4.478075E-07
24	2.255926E-08	1.915338E-07
25	1.949461E-08	1.570864E-08
26	1.801380E-08	3.602518E-08
27	-3.505455E-09	9.763818E-08
28	1.229239E-09	2.787334E-06
29	3.768527E-02	-8.487523E-02
30	-1.308778E-07	-3.72387E-07
31	7.665886E-09	1.712728E-07
32	2.033544E-08	3.705636E-08
33	3.549030E-09	9.312846E-09
34	4.729912E-09	4.243121E-08
35	-9.705616E-08	3.693767E-07
36	4.966488E-06	-2.069295E-06
37	-3.706580E-04	-1.580426E-02
38	5.967547E-08	-2.015257E-06
39	-2.189398E-08	3.144563E-07
40	-9.710597E-09	4.933787E-08
41	3.826436E-09	1.031543E-08
42	3.512357E-08	6.250511E-09
43	4.618635E-08	5.842679E-08
44	7.482737E-08	1.828794E-07
45	1.191573E-07	3.232847E-07
46	-1.316608E-07	3.365202E-07
47	-8.351073E-03	1.199171E-02
48	-1.250832E-07	3.653274E-06
49	1.152359E-07	2.594128E-07
50	6.764253E-08	1.156481E-07
51	4.242110E-08	3.791616E-08
52	2.418050E-08	2.412661E-09
53	2.171830E-08	6.462894E-09
54	1.890017E-08	1.170005E-07
55	-1.679713E-07	-9.859041E-07
56	9.247246E-04	-2.224435E-02
57	1.801892E-07	1.790466E-06
58	1.426733E-08	3.199778E-08
59	2.191792E-08	5.074867E-09
60	1.854182E-08	2.128142E-08
61	2.625220E-08	1.828327E-07
62	-1.230172E-07	-1.826709E-07
63	-5.065076E-03	3.732662E-02
64	-2.003647E-07	1.386547E-06
65	2.580634E-08	2.064349E-08
66	1.780254E-08	2.164742E-08
67	2.531148E-08	4.532122E-08
68	-6.263448E-09	1.963451E-07
69	-1.644124E-07	-3.105227E-07
70	1.282631E-02	-2.511548E-02
71	-1.117874E-07	2.920645E-06
72	-9.878203E-09	1.062938E-07
73	2.775317E-08	4.029777E-08

표 3-2. 안테나 輻射모양

Table 3-2. Radiation pattern of microstrip antenna.



THE TA	FIELD
C	9.893665D-04
5	6.802680D 01
10	1.355348D 02
15	2.923114D 02
20	2.669536D 02
25	3.298581D 02
30	3.902552D 02
35	4.476822D 02
40	5.017021D 02
45	5.519338D 02
50	5.979051D 02
55	6.393560D 02
60	6.759410D 02
65	7.073816D 02
70	7.334389D 02
75	7.539140D 02
80	7.686517D 02
85	7.775392D 02
90	7.805693D 02
95	7.775394D 02
100	7.686518D 02
105	7.539142D 02
110	7.334394D 02
115	7.073822D 02
120	6.759413D 02
125	6.393565D 02
130	5.979359D 02
135	5.519343D 02
140	5.017630D 02
145	4.476828D 02
150	3.902567D 02
155	3.298593D 02
160	2.669515D 02
165	2.023121D 02
170	1.355350D 02
175	6.802796D 01
180	1.733718D 03

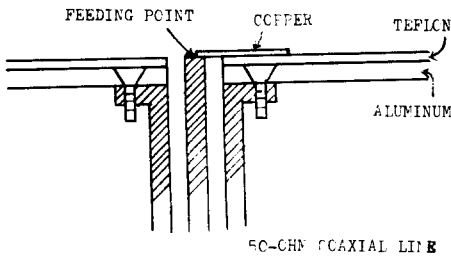


그림 3-4. 안테나의 給電裝置
Fig.3-4. Feeding systems for antenna.

實驗方法是 寫眞 3.2 와 같이 마이크로波 發生裝置에서 發生된 電 波를 혼 안테나로 放射시켜 廻轉臺에 設置된 마이크로스트립 안테나로 受信하여 안테나 方向變化에 따른 受信電界의 變化를 測定하였다. 測定

周波數는 9.2 GHz 의 94%에 該當하는 86.48GHz 로 하였다. 그림 3.5 는 안테나 輻射모양의 測定結果와 理論値를 比較하고 있다.

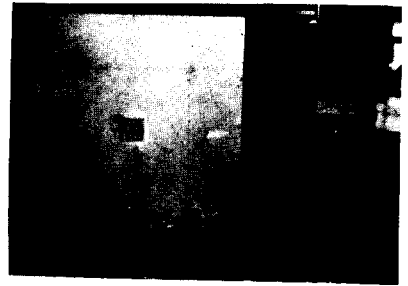


사진 3-1. 안테나의 輻射모양 測定裝置
Photo. 3-1. Measuring equipment for antenna radiation pattern.



사진 3-2. 마이크로波 發生裝置
Photo. 3-2. Radiation system of microwave power.

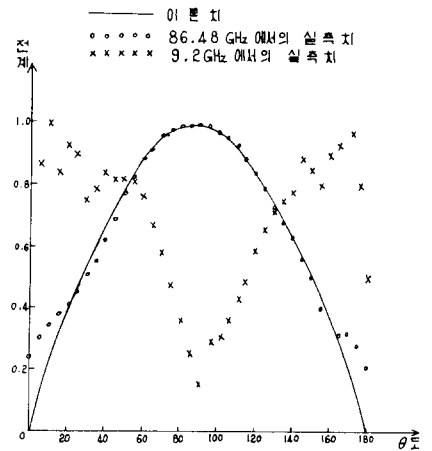


그림 3-5. 안테나의 輻射모양
Fig.3-5. Radiation pattern of microstrip antenna.

結 論

마이크로스트립안테나를豫想되는電流線에 따라 여러個의線形안테나로分割하여 모멘트法을適用하므로써안테나의入力임피던스와輻射모양이計算되었다.實驗結果는AGRAWAL의實驗研究結果와같이理論的解析에서使用된周波數의94%되는周波數에서計算値와 잘 일치하고 있다.

參 考 文 獻

1. A. Waterman and D. Henry, "Stripline Strip-on Antenna Array", Presented at the 21st USAF Antenna Symp.
2. T. G. Campbell, "An Extremely Thin Omnidirectional Microwave Antenna Array for Spacecraft Applications", NASA Tech. Note D-5539, Nov. 1969.
3. R. E. Munson, "Conformal Microstrip Antennas and Microstrip Phased Arrays", IEEE Trans. Ant. Prop., Ap-22, pp 74-78, January 1974.
4. C. W. Garvin and R. E. Munson, "Missile Base Mounted Microstrip Antennas", IEEE Trans. Ant. Prop., September 1977.
5. P. K. Agrawal and M. C. Bailey, "An Analysis Technique for Microstrip Antennas", IEEE Trans. Ant. Prop., Ap-22, pp 756-759, November 1977.
6. R. F. Harrington, "Field Computation by Moment Methods", New York Macmillan, 1968.

