

$$A_{(m)} \equiv \mu \sum_{\Delta l_n}^{\Delta l_n^+} I_{(n)} \frac{e^{-j\Delta l R_m}}{4\pi R_m} dl$$

$$\phi_{(m)} \equiv \frac{1}{\epsilon} \sum_{\Delta l_n}^{\Delta l_n^+} \sigma_{(m)} \frac{e^{-j\Delta l R_m}}{4\pi R_m} dl \quad (2-1)$$

$$\sigma_{(m)} \equiv \frac{-1}{j\omega} \frac{I_{(n+m)} - I_{(n-1)}}{\Delta l_n^+ + \Delta l_n^-}$$

여기서 E 는 어떤 도선에
 供給된 電界, A 는 벡터 포텐
 셸, ϕ 는 스칼라 포텐셜, I 는
 線電流, σ 는 線電荷密度, R_m
 은 電流源으로 부터 m 점까
 지의 거리, ω 는 角速度, k 는
 波數, ϵ 은 誘電率, μ 는
 透磁率, Δl_n^+ , Δl_n^- 는
 그림 2-3에 表示된 導線의
 길이를 表示한다.

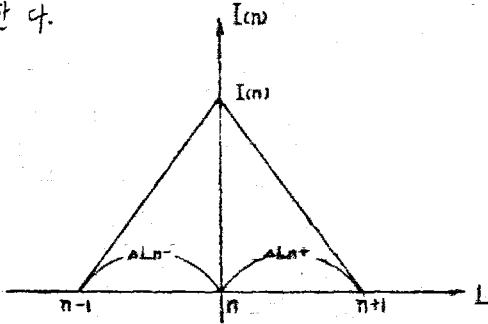


그림 2-3. n 素子의 電流分布

$I_{(n)}$ 을 그림 2-3과 같이 3角
 波形으로 생각하면

$$I_{(n)} = \begin{cases} I_n \left(\frac{l}{\Delta l_n^+} \right) & l > 0 \\ I_n \left(\frac{l}{\Delta l_n^-} \right) & l < 0 \end{cases} \dots (2-2)$$

으로 쓸 수 있다. 또한 필
 스函數 P 를

$$P_n = \begin{cases} 1 & 0 \leq l \leq \Delta l_n^+ \\ 0 & 0 > l > \Delta l_n^- \end{cases} \dots (2-3)$$

$$P_n = \begin{cases} 1 & 0 \geq l \geq -\Delta l_n^- \\ 0 & 0 < l < -\Delta l_n^+ \end{cases}$$

로 定義하면 2-2式으로 부터
 다음과 같은 行列 관계식을
 얻게 된다.

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1N} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{N1} & Z_{N2} & \dots & Z_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_N \end{bmatrix} \dots (2-4)$$

여기서 V_m 은 m 점에 發生된
 電圧이며 行列素子 Z_{mn} 은 다
 음과 같이 주어진다.

$$Z_{m1} = j\omega \mu (\Delta l_{m1}^+ + \Delta l_{m1}^-) \cdot \left(\frac{\Delta l_{m1}^+}{\Delta l_{m1}^+} + \frac{\Delta l_{m1}^-}{\Delta l_{m1}^-} \right) \Delta l_{m1}$$

$$- \frac{1}{j\omega \epsilon} \frac{1}{\Delta l_{m2}^+ + \Delta l_{m2}^-} X_{m12}$$

$$Z_{m2} = - \frac{1}{j\omega \epsilon} \frac{1}{\Delta l_{m1}^+ + \Delta l_{m1}^-} \square_{m12} + j\omega \mu (\Delta l_{m2}^+ + \Delta l_{m2}^-)$$

$$\cdot \left(\frac{\Delta l_{m2}^+}{\Delta l_{m2}^+} + \frac{\Delta l_{m2}^-}{\Delta l_{m2}^-} \right) \Delta l_{m2} - \frac{1}{j\omega \epsilon} \frac{1}{\Delta l_{m3}^+ + \Delta l_{m3}^-} X_{m23}$$

$$Z_{mN} = \frac{1}{j\omega \epsilon} \frac{1}{\Delta l_{(N-1)}^+ + \Delta l_{(N-1)}^-} \square_{m(N-1)}$$

$$+ j\omega \mu (\Delta l_{mN}^+ + \Delta l_{mN}^-) \cdot \left(\frac{\Delta l_{mN}^+}{\Delta l_{mN}^+} + \frac{\Delta l_{mN}^-}{\Delta l_{mN}^-} \right) \Delta l_{mN}$$

(2-5)

$$(m = 1, 2, 3, \dots, N)$$

여기서

$$\Delta l_{mn} = \psi(m, n^+) + \psi(m, n^-)$$

$$\square_{mn} = \psi(m, n^+), (n+1)^+ - \psi(m, n^+), (n+1)^- + \psi(m, n^-), (n+1)^- - \psi(m, n^-), (n+1)^+$$

$$X_{mn} = -\psi(m, n^+), (n-1)^+ + \psi(m, n^+), (n-1)^- - \psi(m, n^-), (n-1)^- + \psi(m, n^-), (n-1)^+$$

라 놓았다. 여기서

$$\psi(m, n^+) \equiv \int_{-\Delta l_n^-}^{\Delta l_n^+} P_n \left(\mp \frac{1}{\Delta l_n^+} l + 1 \right) \frac{e^{-j\Delta l R_m}}{4\pi R_m} dl \dots (2-6)$$

이다. 이 번째 素子를
 給電點으로 하면

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_N \end{bmatrix} = [Z]^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ V \\ 0 \end{bmatrix} = Z^{-1} [Y] \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ V \\ 0 \end{bmatrix} \dots (2-7)$$

로 된다. 따라서 2-7式에서
 流分布를 計算할 수 있고
 또한 入力 임피던스 Z_{in} 은

$$Z_{in} = \frac{V}{I_1} = \frac{1}{Z_{11}} \dots (2-8)$$

로 計算된다.

II. 안테나 輻射모양

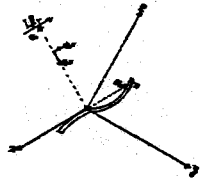


그림 3-1. 電流素 $I\delta l$

그림 3-1에서 電流素 $I\delta l$ 이 안테나 周邊에 單位平面波 $E^r = \alpha_r e^{-jkr \cdot r_n}$ ----- (3-1)

를 發生시킨다고 할 때 可逆定理에 따라서

$$E_r = \frac{\omega \mu \epsilon e^{-jkr}}{j4\pi r_0} [V]^T [Y]^T [V] \text{ ----- (3-2)}$$

를 얻는다. i 곳에 $1/2 [V]$ 의 電源으로 給電하면 2-7式으로

$$E_r = \frac{\omega \mu \epsilon e^{-jkr}}{j4\pi r_0} [V]^T \begin{bmatrix} \frac{1}{2} i \\ \frac{1}{2} i \\ \frac{1}{2} i \end{bmatrix} \text{ ----- (3-3)}$$

이 되므로 안테나의 輻射모양을 計算할 수 있다.

IV. 計算 및 實驗

안테나 使用周波數는 9.2 GHz로 하고 分割된 안테나의 寸法은 波長에 比하여 充分히 小한 寸法으로 表示되는 行列 [Z] 의 元素를 計算하기 위한 寸의 값은 그림 4-1에서 $m=n$ 일 때는

$$\psi_{(m,n)} = \frac{1}{4\pi} \left[\pm \log_e \frac{a}{\sqrt{a^2 + \Delta l^2} - \Delta l} + \frac{1}{\Delta l^2} (\sqrt{a^2 + \Delta l^2} - a) \mp j \frac{\Delta l}{2} \right] \text{ ----- (4-1)}$$

$m \neq n$ 일 때는 Δl_n 이 波長에 比

하여 매우 작으므로 被積分 函数에서 R_m 의 变化를 無視하여 $R_m \approx R_{mn}$ 이라 하면

$$\psi_{(m,n)} \approx \frac{\Delta l^2}{8\pi} \frac{e^{-jkr_{mn}}}{R_{mn}} \text{ ----- (4-2)}$$

으로 된다. 여기서 R_{mn} 은 그림 4-2에서

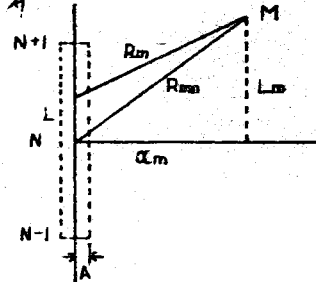


그림 4-1. 2-7式의 輻射경로 그림 4-2. m경의 차도포시

$$R_{mn}^2 = r_m^2 + r_n^2 - 2r_m r_n [\sin \phi_m \sin \phi_n + \cos \phi_m \cos \phi_n \cos (\phi_m - \phi_n)] \text{ ----- (4-3)}$$

로 된다. 式 2-7, 4-1 ~ 4-3을 利用하여 計算된 電流分布 및 輻射모양은 표 4-1, 표 4-2와 같다. 實驗에 使用된 마이크로스트립 안테나는 1.6 mm 두께의 알미늄板 위에 0.8 mm 두께의 Te-1 mm 두께의 얇은 銅板을 附着하였다. 그림 4-3은 안테나의 輻射모양을 表示한다.

V. 結論

本 研究는 마이크로스트립 안테나를 豫想되는 電流線에 依하여 分割하여 驗모던드法을 適用한 것이다. 實驗結果는 AFRAWAL 의 實驗研究結果와 같이 理論的 解析에서 使用된 周波數의 計算值와 一致하고 있다.

表 4-1. 안테나 電流分布

表 4-2. 안테나 輻射 모양

N	CURRENT	CURRENT
1	2.479739E-06	2.628102E-09
2	4.223454E-06	5.432325E-08
3	5.119714E-08	1.014673E-07
4	1.408240E-07	2.813436E-07
5	7.004525E-08	3.482211E-06
6	-3.919446E-07	9.322327E-02
7	-3.362044E-06	2.294424E-07
8	1.651057E-07	2.548372E-07
9	7.273268E-08	1.491235E-07
10	5.646811E-08	4.803619E-08
11	2.677666E-08	-6.106088E-09
12	1.095447E-08	1.402032E-08
13	1.502534E-08	1.839161E-08
14	2.381633E-07	1.742658E-06
15	-2.924867E-07	6.755048E-02
16	-1.478634E-02	-1.017042E-06
17	2.729068E-08	9.398241E-08
18	1.366025E-08	1.270437E-08
19	1.527948E-08	1.166556E-08
20	1.070629E-08	3.973571E-08
21	7.244796E-05	1.057470E-06
22	3.063564E-02	-7.324320E-02
23	7.160457E-08	-4.478075E-07
24	2.265926E-08	1.915338E-07
25	1.949461E-08	1.570864E-08
26	1.801380E-08	3.602518E-08
27	-3.505455E-09	9.765838E-08
28	1.229235E-09	2.797354E-06
29	3.768527E-02	-8.487523E-02
30	-1.306778E-07	-3.723667E-07
31	7.665886E-09	1.712728E-07
32	2.032624E-08	2.705626E-08
33	3.549030E-09	9.312846E-09
34	4.729912E-09	4.243121E-08
35	-9.705616E-08	3.693767E-07
36	4.966648E-08	-2.012355E-06
37	-3.706580E-04	-1.112366E-02
38	5.967547E-08	-2.012367E-06
39	-2.189398E-09	3.145438E-07
40	-9.710597E-09	4.532747E-08
41	3.826436E-09	1.031243E-08
42	2.512257E-08	6.355111E-09
43	4.618655E-08	5.642679E-08
44	7.482737E-06	1.826794E-07
45	1.191573E-07	3.232647E-07
46	-1.316606E-07	3.365202E-07
47	-6.351073E-03	1.199171E-02
48	-1.250832E-07	3.653274E-06
49	1.152359E-07	2.594126E-07
50	6.764253E-08	1.156421E-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-06	1.170005E-07
55	-1.679713E-07	-9.859041E-07
56	9.247246E-04	-2.224485E-02
57	1.801892E-07	1.790466E-07
58	1.426753E-08	3.195775E-08
59	2.191792E-08	5.074607E-08
60	2.854162E-08	2.125122E-08
61	2.625220E-08	1.028327E-07
62	-1.230172E-07	-1.826709E-07
63	-5.065076E-03	3.732612E-02
64	-2.003647E-07	1.386547E-06
65	2.580634E-08	2.064349E-08
66	1.740254E-08	2.164749E-08
67	2.531148E-08	4.232123E-08
68	-6.263441E-09	1.563451E-07
69	-2.644124E-07	-3.105277E-07
70	1.262631E+02	-2.511546E-02
71	-1.117874E-07	2.920849E-07
72	-9.872203E-07	1.744466E-07
73	2.734047E-06	-2.2717E-08

THE TA	FIELD
C	9.893665D-04
5	6.802680D 01
10	1.355348D 02
15	2.723114D 02
20	2.669536D 02
25	3.293581D 02
30	3.902552D 02
35	4.476822D 02
40	5.017021D 02
45	5.519338D 02
50	5.979351D 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	7.805093D 02
95	7.775396D 02
100	7.686518D 02
105	7.539142D 02
110	7.334390D 02
115	7.073822D 02
120	6.759413D 02
125	6.393565D 02
130	5.979359D 02
135	5.519343D 02
140	5.017030D 02
145	4.476828D 02
150	3.902567D 02
155	3.298593D 02
160	2.669515D 02
165	2.023120D 02
170	1.355350D 02
175	5.972796D 01
180	1.733718D-03

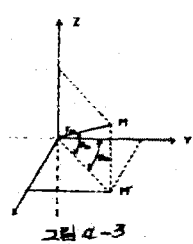


그림 4-3

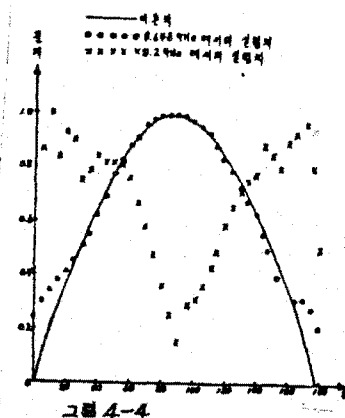


그림 4-4

그림 4-3, 4. 안테나 輻射 모양