

원통면에 정합-배열된 장방형 마이크로스트립 패치 안테나의 지향성 개선을 위한 연구

A Study on the Improvement of the Directivity for Rectangular Microstrip Patch Array Antennas Conformed to a Cylindrical Surface

고 광 태* · 구 연 건**

(Kwang Tae Koh*, Yeun Gun Koo**)

요 약

본 논문에서는 원통면에 표면-정합된 마이크로스트립 배열 안테나의 지향특성을 개선하기 위한 방법을 제시한다. 장방형 마이크로스트립 패치를 원통면에 횡방향으로 호(arc) 모양 배열하는 경우, 원통면을 다각형의 각주로 근사하고, 각각의 각주 평면에 임의 방향으로 주빔의 squint를 가지는 Dolph-Tschebyscheff 배열, uniform 배열 등의 부배열(sub-array)을 배치함으로써 전체 원통면 배열 안테나에 원하는 지향특성을 가지도록 할 수 있음을 보이고, 원통면-공진기 모델을 이용하여 복사패턴을 해석한다. 부배열의 종류에 따른 전체 배열 안테나의 복사패턴을 비교하고, 배열간격이 $\lambda_0/2$ 인 uniform 배열을 이용한 요소수 12인 원통면 배열 안테나를 제작하여 반경이 $6\lambda_0$ 인 원통면에 정합시켰을 때 부엽 level -13dB, 반전력빔폭 9° , 제일 null 사이각 15° 인 양호한 특성을 얻어 선형배열을 이용하는 경우보다 지향특성을 현저하게 개선시켰다.

Abstract

In this paper, an analysis and design method is proposed, which is to improve the directivity of microstrip array antennas conformed to a cylindrical surface. In the case of forming an arc-array in the circumferential direction on a circular-cylinder surface, the circular-cylinder can be approximated to a polygonal-pillar and on each pillar-planes the sub-arrays, Dolph-Tschebyscheff array and uniform array with a beam steered in the desired direction, would make a sharp directivity for the total cylindrical array antenna. And the radiation pattern according to the type of its sub arrays is analyzed and compared using the cylindrical-cavity model.

A cylindrical microstrip array antenna, with 12 elements and uniform array as a sub-array which

* 전북산업대학교 전자공학과 조교수

** 홍익대학교 전자공학과 교수

have an equal distance $-\lambda_0/2$ between the elements, is manufactured and conformed to a cylinder with radius of $6\lambda_0$. The measured data of side lobe level, HPBW and FNBW are -13dB , 9° and 15° , respectively. This result shows a good improvement on the directivity comparing with a linear array.

I. 서 론

원통면 혹은 원뿔면과 같은 곡면에 표면정합된 마이크로스트립 안테나는 표면저항을 극소화할 수 있다는 점에서 고속의 이동체 표면에 많이 실장되고 있으며 또한 소형·경량화할 수 있는 잇점 때문에 많은 실용적 사례가 보고되고 있다. 그러나 이러한 곡면 배열에서는 각 단위 안테나의 복사방향이 위치에 따라 변화하므로 일반적으로 정형화된 배열이론을 적용할 수 없게 된다.

원통면에 정합된 마이크로스트립 배열 안테나에 관한 연구는 J. Blass¹⁾, A.K. Agrawal, 및 W.E. Powell²⁾ 등에 의해서 보고되었으나, 이들을 주로 다이폴 형태에 국한되거나 급전에 제한이 있었으며, Hsiao, Cha³⁾ 및 Gobert, Yang⁴⁾은 원통면을 다각형의 각주로 근사화하고 이들 각주 평면에서의 평면형 복사소자 또는 평면형 배열로부터의 방사전계를 좌표변환을 이용하여 해석하였으나, 이는 평면형 패치에 대한 해석 결과를 인용할 뿐이었다.

한편, 곡면 정합형 단일 마이크로스트립 패치 안테나에 대한 연구는 Caver, Jakobsen^{5, 6)} 등에 의하여 곡면 위의 마이크로스트립 복사소자를 유전체 공진기로 근사화시켜 해석하는 원통면 공진기 모델이 제안되었으며, Ashkenazy, Traves^{7, 8)} 등은 복사소자의 도체 표면에 유도되는 표면전류로부터 복사특성을 해석하는 표면전류 모델을 제안하였다.

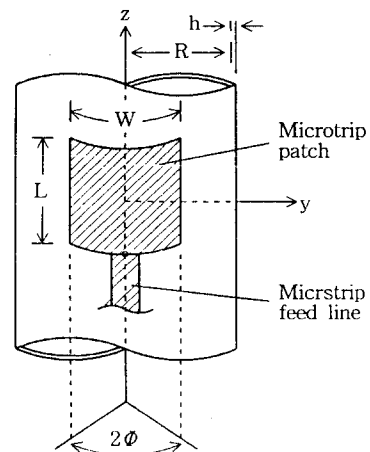
본 논문에서는 일반적으로 평면형 배열로 제작된 안테나를 원통면에 단순 정합시키는 방법을 지양하고 원통면 배열 마이크로스트립 안테나의 지향성을 설계할 수 있는 방법으로서 전체 배열 안테나를 몇개의 평면형 부배열 안테나로 근사화하는 방법을 도입하고 이를 원통면-공진기 모델로부터 구한 각 단위소자의 복사전계를 합성한 결과와 비교하므로써 그 방법의 타당성을

확인하였으며, 12개의 단위소자를 가지는 원통면 배열 안테나를 설계, 제작하여 측정결과를 이론치와 비교하였다.

II. 원통면 정합 장방향 패치 안테나의 해석

원통면에 정합된 장방향 패치 안테나의 구조 및 좌표계를 그림 1에 보였다. 원통은 z축으로 무한하다고 가정하였으며 좌표계의 원점은 패치의 중앙과 일치하는 축상에 있다. 패치의 축방향 길이는 L이며 횡방향 길이는 W로서 $2\Phi(R+h)$ 와 같다. 여기서 R 및 h는 각각 접지면에서 중심축까지의 원통반경과 유전체의 두께이다. 유전체 내에서의 파장 λ_g 에 대하여 $h < \lambda_g$ 라면 패치와 원통면 사이의 유전체 영역은 두개의 electric wall과 경계면에서의 magnetic wall로 둘러싸인 원통면-유전체 공진기로 근사시킬 수 있다.

[그림 1] 곡면 정합된 장방향 패치 안테나의 구조
[Fig. 1] Geometry of the cylindrical-rectangular patch antenna



$h \ll \lambda_g$ 이고 $h \ll R$ 이면 공진기 내에는 TM_p 모드만 이 있는 것으로 해석할 수 있다. 즉 전계성분 E_p 는 ρ 와 무관하게 되므로 파방정식은 다음과 같다.

$$[\nabla_z^2 + k^2] E_p(\varphi, z) = j\omega \mu \bar{J} \cdot \hat{\rho} \quad (1)$$

여기서 $k^2 = \omega^2 \mu \epsilon$ 로서 μ 와 ϵ 은 유전체의 투자율 및 유전율이고, \bar{J} 는 급전전류, $\hat{\rho}$ 는 방사방향의 단위벡터이다. Magnetic wall에서의 경계조건 $\partial E_p / \partial n = 0$ (단, n 은 magnetic wall의 법선방향)을 이용하면 전계는 다음과 같이 구해진다.^{9, 10)}

$$E_p(\varphi, z) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} A_{mn} e_{mn}(\varphi, z) \quad (2)$$

여기서 e_{mn} 은 전계벡터성분이며, A_{mn} 은 모드 진폭계수이다.

유전체 공진기가 단일 모드로 공진되고 있다면 식 (2)는 다음과 같이 간략화될 수 있다.

$$E_p(\varphi, z) = E_0 \cos \left[\frac{m\pi}{2\Phi} (\varphi + \Phi) \right] \cos \left[\frac{n\pi}{L} (z + L/2) \right] \quad (3)$$

$$k^2 = k_{mn}^2 = \left(\frac{m\pi}{2R\Phi} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{L} \right)^2 \quad (4)$$

식 (4)로부터 마이크로스트립 패치의 공진주파수는 평면형의 경우와 같이 주어짐을 알 수 있다.¹¹⁾ 공진기의 모서리 경계면에서 magnetic wall의 자기전류는 원통면에 접선인 성분만을 가지며 자기전류를 \bar{M} 라 할 때,

$$\bar{M}_t = E_p \hat{\rho} \times \hat{n} \quad (5)$$

와 같다. 여기서 \hat{n} 은 magnetic wall에서의 법선방향의 단위 벡터이다.

\bar{M}_t 는 경계면에서의 누설전계(fringing field) 때문에 일정한 폭을 가지고 존재한다. 따라서 패치의 모서리 경계면에는 폭 h 인 등가의 개구면 slot이 있다고 가

정할 수 있으며 전자파 복사는 이 등가의 slot으로부터 일어난다고 생각할 수 있다.¹²⁾

Slot에서의 전계를 \bar{E} 라 한다면 식 (5)는

$$\bar{M}_t = 2 \bar{E} \times \hat{\rho} = 2(E_\theta \hat{\phi} + E_z \hat{z}) \times \hat{\rho} \quad (6)$$

와 같다. Cylindrical slot의 개구면 전계 \bar{E} 로부터 원거리 복사전계는 cylindrical transform¹³⁾을 이용하여 구할 수 있으며 4개의 등가 slot으로부터의 복사전계는

$$E_u(r, \varphi, \theta) \approx \frac{e^{-jk_0 r}}{2\pi^2 r} \cdot \frac{E_0 h}{\sin \theta} \operatorname{sinc} \left(\frac{k_0 h \cos \theta}{2} \right) \cdot [(-1)^n e^{jk_0 L \cos \theta / 2} - e^{-jk_0 L \cos \theta / 2}] \cdot \sum_{s=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{\tilde{J}_s^{\pm} e^{js(\varphi + \Phi)}}{H_s^{(2)'}(R k_0 \sin \theta)} \right. \quad (7)$$

$$\cdot \frac{s}{(m\pi/2\Phi)^2 - s^2} \cdot [\cos(m\pi) e^{-j2s\Phi} - 1] \},$$

$$E_v(r, \varphi, \theta) \approx \frac{e^{-jk_0 r}}{2\pi^2 r} \cdot \frac{E_0 h}{R} \cdot \frac{\cos(n\pi) e^{jk_0 L \cos \theta} - 1}{(n\pi/L)^2 - k^2 \cos^2 \theta} \cdot e^{-jk_0 L \cos \theta / 2} \cdot (-k_0 \cos \theta) \cdot \sum_{s=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{e^{js\Phi} \tilde{J}_s^{\pm 1} \operatorname{sinc}(sh/2R)}{H_s^{(2)'}(R k_0 \sin \theta)} \right. \quad (8)$$

$$[(-1)^m e^{-js\Phi} - e^{js\Phi}] \} + \frac{e^{-jk_0 r}}{2\pi^2 r} \cdot \frac{E_0 h}{k_0 R} \cdot \operatorname{sinc} \left(\frac{k_0 h \cos \theta}{2} \right) \cdot \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} \cdot [e^{-jk_0 L \cos \theta / 2} - (-1)^n e^{jk_0 L \cos \theta / 2}] \cdot \sum_{s=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{e^{js(\varphi + \Phi)} \tilde{J}_s^{\pm 1} s^2}{H_s^{(2)'}(R k_0 \sin \theta)} \right. \cdot \left. \frac{\cos(m\pi) e^{-j2s\Phi} - 1}{(m\pi/2\Phi)^2 - s^2} \right\}$$

이다. 여기서 $H_s^{(2)}$ 및 $H_s^{(2)'}$ 은 각각 차수 s 인 제2종 Hankel 함수 및 1계 도함수이다.

패치의 공진 모드를 기본 모드인 $TM_p(01)$ 모드로 할 경우의 전계분포는 평면형에서의 전송선로모델과 같은 분포를 가지게 되고 따라서 평면형 패치 안테나의 설계 방법을 적용할 수 있다.

이때의 원거리 복사전계는 다음과 같다.

$$E_\varphi \approx 0$$

$$E_\theta \approx \left(-\frac{2 E_0 h \Phi}{\pi^2} \right) \frac{e^{-jk_0 r}}{r} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \epsilon_n \cdot j^{n+1} \cdot \text{sinc}(n \Phi) \cdot \frac{\cos(n \varphi)}{H_n^{(2)}(k_0 R)} \quad (9)$$

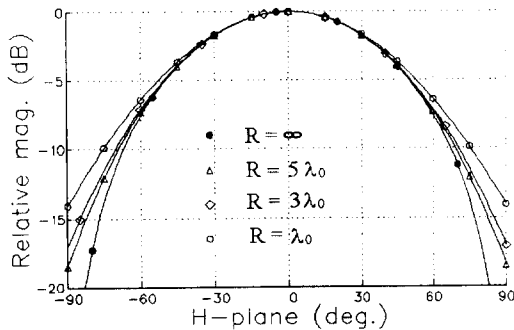
$$\text{단, } \epsilon_n = \begin{cases} 1 & (n=0) \\ 2 & (n \neq 0) \end{cases}$$

식 (9)에서 제2종 Hankel 함수가 있는 항은 $n \leq 2k_0 R$ 인 범위에서 수렴한다.

그림 2는 $TM_0(01)$ 모드 공진 시의 원통면 정합 마이크로스트립 패치 안테나의 복사패턴을 식 (9)를 이용하여 원통의 반경에 따라 나타낸 것이다.

[그림 2] $TM_0(01)$ 모드 공진 시의 패치 안테나의 H-평면 복사패턴

[Fig. 2] The radiation patterns in the H-plane of a single microstrip patch antenna with $TM_0(01)$ mode resonance



III. 원통면-정합 마이크로스트립 배열 안테나

원통면에 횡방향으로 표면정합된 마이크로스트립 배열 안테나의 복사전계는 좌표변환법과 중첩의 원리를 이용하여 구할 수 있다.³⁾ 그림 3은 원통면 배열 마이크

로스트립 안테나를 다각형의 각주 표면으로 근사화하고, 각각의 각주 평면에 부배열(sub-array)을 두었을 때의 좌표계를 표시한다.

[그림 3] 근사화된 각주 평면의 구조

[Fig. 3] Geometry of an approximated polygonal-pillar

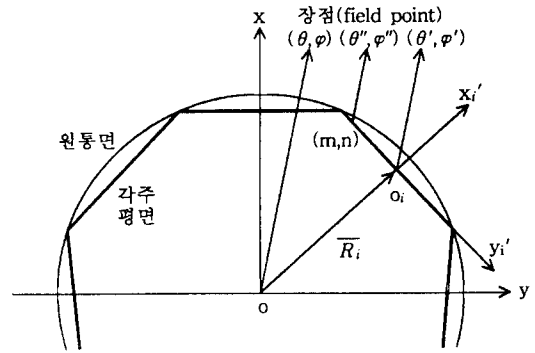


그림 3에서 O_i 는 i 번째 각주 평면에 적용되는 (x'_i, y'_i, z'_i) 좌표계의 중심이며, (m, n) 은 동일 각주 평면에 배열된 부배열의 m, n 번째 단위 안테나이고 $(x''_{i,mn}, y''_{i,mn}, z''_{i,mn})$ 의 좌표계로 나타내었다.

원거리에서의 표준화된 복사전계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \overline{E}(r, \theta, \varphi) &= \sum_{i=1}^N \overline{E}_i \\ &= \sum_{i=1}^N \{ \overline{F}_i(\theta'', \varphi'') \sum_m \sum_n A_{i,mn} \\ &\quad \exp[jk_0 (\overline{R}_i + \overline{R}_{i,mn}) \cdot \hat{\Delta}] \} \quad (10) \end{aligned}$$

여기서 \overline{E}_i : i 번째 각주 평면의 부배열 안테나에 의한 전계,

\overline{F}_i : i 번째 각주 평면의 단위 안테나의 복사전계 패턴,

\overline{R}_i : 원점(o)에서 i 번째 부배열의 중심(o_i)을 향한 벡터,

$\overline{R}_{i,mn}$: i 번째 부배열의 중심(o_i)에서 (m, n) 요소까지의 벡터,

$\hat{\Delta}$: 복사전계의 방향, (x, y, z) 좌표계,

N : 전체배열을 이루는 부배열의 수,

$A_{i,mn}$: i 번째 평면의 (m, n) 요소에 대한 급전전계의 크기 및 위상,

k_0 ; 자유공간의 파수이다.

i -번째 부배열이 특정 방향으로 지향 특성을 가지도록 하기 위해서는 식 (10)에서 각 요소의 급전계수 $A_{i, mn}$ 은 다음과 같이 결정되어야 한다.

$$A_{i, mn} = a_i a_{mn} \exp[-jk_0 (\bar{R}_i + \bar{R}_{i, mn}) \cdot \hat{\phi}_0] \quad (11)$$

여기서 $\hat{\phi}_0$ 는 좌표계 (x, y, z) 에서 빔 squint가 나타나도록 하려는 지향 방향의 단위 벡터이며, a_{mn} 은 (m, n) 번째 요소에 대한 급전전계의 크기이고, a_i 는 $\hat{\phi}_0$ 방향에 대한 경로차에 기인하는 위상차를 보정하기 위한 복소상수로서 $\hat{\phi} = \hat{\phi}_0$ 일때 식 (11)의 위상항이 0이 되도록 결정해야 한다. 따라서 식 (11)을 식 (10)에 대입하면 복사전계 \bar{E} 는 다음과 같다.

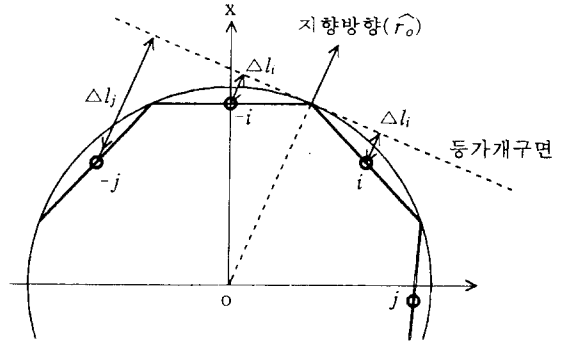
$$\bar{E} = \sum_{i=1}^N a_i \bar{F}_i(\theta'', \varphi'') \cdot \exp[jk_0 \bar{R}_i \cdot (\hat{\phi} - \hat{\phi}_0)] \cdot \sum_m \sum_n a_{mn} \exp[jk_0 \bar{R}_{i, mn} \cdot (\hat{\phi} - \hat{\phi}_0)] \quad (12)$$

식 (12)에서 $\sum_m \sum_n$ 은 각주 평면에서의 배열인자임을 알 수 있다. 따라서 원통면 배열 안테나가 특정 방향으로 지향성을 가지도록 하기 위해서는 각주 평면에서의 부배열 안테나가 $\hat{\phi}_0$ 방향으로 지향성을 가지도록 식 (11)로 주어지는 급전계수를 결정해야 한다. 각주평면에 대한 위상 보정항인 a_i 는 등가개구면에 대한 경로차로서 결정되며 그림 4에 이를 나타내었다.

그림 5는 4개의 장방형 마이크로스트립 패치 안테나로 구성된 4×1 병렬 배열 안테나의 복사전계를 원통면의 반경에 따른 변화 및 식 (9)와 식 (10)을 이용하여 각주 평면 근사법과 원통면-공진기 모델에 의한 해석의 결과를 비교한 것이다. 이때 각 단위 요소 사이의 거리는 $\lambda_0/2$ 로서 일정하게 하였으며 각 단위 요소에 대한 급전계수는 $A_{i, mn} = 1.0$ 인 선형 배열로 하였다. 그림 5에서 원통면의 반경이 작을수록 null이 약해지며 주 빔이 넓어짐을 알 수 있다. 또한 평면근사모델과 공진기 모델의 결과가 서로 잘 일치함을 볼 수 있다.

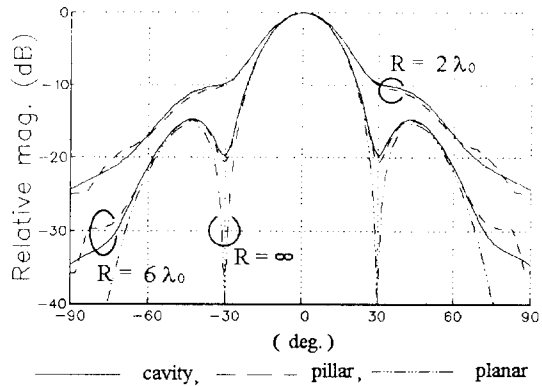
[그림 4] 각주 평면의 위상 보정을 위한 경로차

[Fig. 4] The path-difference of a pillar-plane for its phase compensation



[그림 5] 평면 근사 모델과 원통면-공진기 모델에 의한 4요소 배열 안테나의 H-평면 복사패턴

[Fig. 5] The H-plane patterns of 4 elements array antenna using planar-approximation model and cylindrical-cavity model



안테나의 배열 간격이 d 로 일정하고 전체 배열 요소의 갯수가 M , 부배열의 갯수가 N 이라면 등가개구면에 수직한 방향으로의 경로차 Δl 은 다음과 같이 구해진다.

$$\Delta l_k = \begin{cases} R[1 - \cos(\frac{2k-1}{2} \cdot \frac{dM}{N})] \\ \quad (\text{단, } k = 1, 2, \dots, \frac{N}{2}), (N\text{이 짝수}) \\ R[1 - \cos(k \cdot \frac{dM}{N})] \end{cases} \quad (13)$$

(단, $k = 0, 1, \dots, \frac{N-1}{2}$), (N 이 홀수)

식 (13)으로부터 식 (11)의 a_i 는

$$a_i = \exp[jk_o \Delta l_i / k] = \exp[j\lambda_g \Delta l_i / \lambda_o] \quad (14)$$

와 같이 된다. 여기서 k 및 λ_g 는 급전선로에서의 파수 및 선로파장이며 k_o 와 λ_o 는 자유공간에서의 파수 및 파장이다. 따라서 전체 원통면 배열 안테나의 지향 방향이 $\hat{s}_o = \hat{s}$ 와 같은 경우 원통면-공진기 모델을 이용한 표준화된 합성전계는 식 (9)로부터

$$E_\theta = 0$$

$$E_\theta = \sum_r^{(N)} \exp[jk_o \Delta l_i / k] \sum_r^{(M,N)} A_r e^{j\delta r} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\epsilon_n \cdot j^{n+1} \text{sinc}(n\Phi) \cos(n\phi_{in})}{H_n^{(2)}(k_o R)} \quad (15)$$

을 얻을 수 있다. 단, A_r 및 δ_r 은 각주 평면의 부배열이 원하는 방향으로의 지향성을 가지도록 하기 위한 급전전계의 크기 및 위상이며 식 (11)로부터 구한다. 또, ϕ_{in} 은 i -번째 부배열의 l -번째 요소의 좌표변수로서 그림 1의 기준좌표계로부터 좌표변환법에 의하여 구할 수 있다.

[그림 6] 원통면 배열에서의 Tschebyscheff 다항식을 이용한 beam steering 효과

[Fig. 6] The effect of beam steering of 4 elements array antenna on a cylindrical surface using Dolph-Tschebyscheff array.

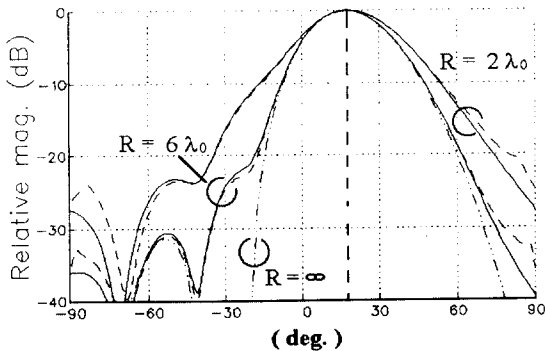
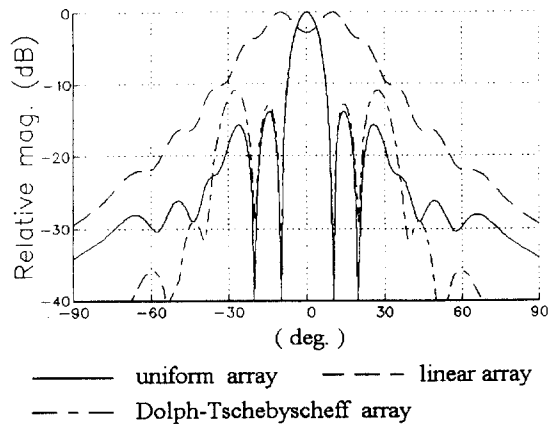


그림 6은 그림 5와 동일한 안테나에 주빔의 방향이 그림 1의 좌표계에서 $\phi = 0.3529 \text{ rad} (20.22^\circ)$ 가 되도록 하고 주빔과 제일 부엽의 비가 26dB인 Dolph-Tschebyscheff 배열 안테나가 되도록 급전계수를 결정했을 때의 원거리 복사전계를 계산한 결과로서 급전계수의 크기는 2.129 : 1 : 1 : 2.129이며, 단위 요소에 대한 급전계수의 위상변화는 -0.5429 rad 이다. 실선은 원통면-공진기 모델을 이용하여 계산한 결과이며 각주 평면근사모델을 적용하였을 때의 복사패턴은 점선으로 나타내었다. 그림 6으로부터 전체 배열 안테나의 주빔의 steering이 원통면의 반경과 무관하게 결정되나 지향성(FNBW)은 반경에 반비례함을 알 수 있다.

그림 7은 반경 $R = 6\lambda_o$ 인 원통면에 요소의 수가 12인 마이크로스트립 배열 안테나를 설치하였을 때의 원거리 복사전계에 대한 계산 결과이다. 여기서 각 요소의 배열 간격은 $d = \lambda_o/2$ 로서 일정하고, 부배열의 수는 3으로서 원거리 복사전계는 원통면-공진기 모델을 적용하여 구하였다. 그림 7에서 선형배열(linear array)은 $A_{r,m} = 1.0$ 인 평면 배열 안테나를 원통표면에 설치하였을 때이며, Dolph-Tschebyscheff 배열은 부배열의 빔 steering을 위하여 그림 6의 경우와 같이 제일 부엽이

[그림 7] 요소 수 12인 원통면 배열 마이크로스트립 안테나의 H-평면 복사 패턴

[Fig. 7] The H-plane patterns of a cylindrical-rectangular microstrip array antenna with 12 elements



-26dB 및 주빔의 squint가 20.22°인 때이며, uniform 배열은 급전계수 $A_{n,m}$ 에서 $a_{nm} = 1.0$ 이고 부배열에서의 beam squint 20.22°를 고려한 때이다. Dolph-Tschebyscheff 배열이 uniform 배열보다 부엽 level 이 크며, 주빔의 지향특성은 두 배열이 동일한 결과를 보였다.

IV. 안테나의 제작 및 실험 결과

본 연구에서는 사용 주파수 10GHz에서 $\phi = 0^\circ$ 방향으로 지향성을 가지는 원통면 배열 안테나를 설계 및 제작하였으며 배열은 12개의 장방향 마이크로스트립 패치로 구성하였다. 제작에는 ARLON사의 Teflon/Glass 적층기판인 LX-0193-43-11을 사용하였으며 사용된 기판 및 설계된 안테나에 관한 자료는 표 1과 같다.

〈표 1〉 사용 기판 및 10GHz용 마이크로스트립 패치에 관한 자료

〈Table 1〉 Data of microstrip board and a microstrip patch for 10GHz use

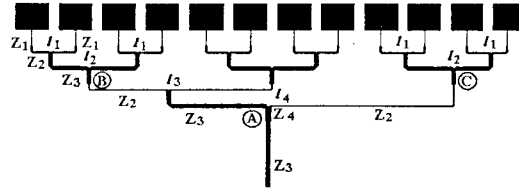
항 목	수 치
유 전 체 손 실 ($\tan \delta$)	0.0018
비 유 전 율 (ϵ_r)	2.43
도 체 두 께 (t)	0.0356mm
유 전 체 두 께 (h)	0.4902mm
패 치 넓 이 (W)	11.4541mm
패 치 길 이 (L)	9.2070mm
입 력 임 피 단 스 (Z_{in})	197.84 - j 0.06 Ω
원 통 의 반 경 (R)	180mm = $6\lambda_0$
요 소 안 테 나 수 (M)	12
부 배 열 의 수 (N)	3
요 소 배 열 간 격 (d)	15mm = $\lambda_0/2$

부배열은 주엽의 지향성이 가장 높은 uniform array로 하였다. 전체 배열 안테나에 대한 급전선로망은 그림 8과 같으며 각 급전선로의 특성임피던스 및 길이는 표 2와 같다. 여기서 l_1, l_2 는 uniform array인 부배열에 원하는 beam steering을 일으키기 위한 위상차를 고려한 길이이며, l_3 및 l_4 는 각각의 부배열에 대한 경로차를 보상하기 위한 길이로서 동일 위상점(중앙점)으로부터

의 이격을 나타낸다.

〔그림 8〕 설계된 급전선로망과 패치

〔Fig. 8〕 A feeding network designed for the array antenna and its patches



〈표 2〉 급전선로망의 설계 수치

〈Table 2〉 Designed data of the feeding network

특성	$Z_1(\lambda_g/4)$	140.7
입피	Z_2	100.0
단스 (Ω)	$Z_3(\lambda_g/4)$	50.0
	$Z_1(\lambda_g/4)$	40.8
길이 (mm)	l_1	0.9491(0.0432 λ_g)
	l_2	1.8168(0.0894 λ_g)
	l_3	3.6284(0.3303 λ_g)
	l_4	14.4270($\beta l_{AB} = \beta' l_{AC}$)

그림 9는 그림 8에 주어진 패치 수 12인 마이크로스트립 배열 안테나를 제작하여 반경 180mm($6\lambda_0$)인 원통 표면에 정합-실장한 사진이며 급전은 급전용 마이크로스트립 선로의 단락끝점(shorted end)으로부터 $\lambda_g/4$ 되는 점에서 SMA 커넥터를 이용하여 배면 결합하였다.

〔그림 9〕 설계된 안테나의 원통면 실장

〔Fig. 9〕 Photograph of the designed antenna conformed to a cylindrical surface

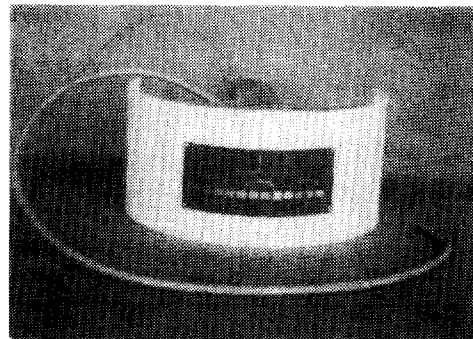
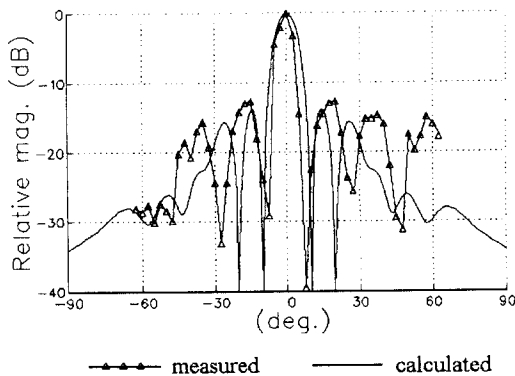


그림 10에 제작된 안테나로부터 측정된 복사패턴과 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 비교하여 보였다. 부엽의 level이 설계치보다 높게 측정된 것 과 좌우의 비대칭은 제작 상의 오차 및 패치에서의 고차모드 공진과 상호임피던스에 의한 영향 때문이다. 본 연구를 위하여 제작된 안테나는 급전전계의 위상에 크게 의존하게 되므로 T-분기점 또는 마이크로스트립 선로의 계단형 변화점에서 일어나는 선로연장효과를 충분히 고려해야 한다. 따라서 설계 및 제작 과정에서의 오차를 최소화하고 고차모드 공진을 억제한다면 이론치에 보다 일치하는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

[그림 10] 제작된 안테나의 복사패턴 측정결과

[Fig. 10] Measured radiation pattern of the designed antenna compared with theoretical values



V. 결 론

본 논문에서는 원통면 배열 마이크로스트립 안테나의 지향성을 높이기 위하여 원통면을 각주 평면으로 분할하고 각각의 각주 평면에 적절한 지향특성을 가지는 부배열 안테나가 위치하도록 하였으며, 원통면-공진기 모델을 이용하여 배열 안테나의 복사전계를 해석할 수 있음을 보였다.

부배열에 부엽의 level을 설계할 수 있는 Dolph-Tschbyscheff 배열과 제일 null 사이각이 가장 적은 uniform 배열을 적용하여 그 결과를 비교하였으며 평

면-좌표변환법에 의한 결과와 원통면-공진기 모델에 의한 결과가 주된 지향방향에서 같음을 확인하였다.

배열의 길이가 $6\lambda_0$, 원통의 반경이 $6\lambda_0$ 이며 요소 12개인 원통면 배열 안테나의 복사패턴은 부배열이 uniform 배열을 이루도록 하였을 때 HPBW가 9° , FNBW가 15° 및 제일 부엽의 level이 -13dB 인 결과를 얻었으며 평면형을 단순 정합시켰을 때와 비교하여 매우 양호한 지향성 개선 효과가 있음을 확인하였다.

본 연구의 결과를 이용하면 임의의 곡면에 표현 정합된 마이크로스트립 배열 안테나가 특정 방향으로 지향성을 가지도록 설계할 수 있으며, 전자파 탐사 또는 이동체 통신을 위한 빔 steering 안테나 등에 이용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Judd Blass, "An Analysis of the Radiation from Circular Arrays of Directive Elements," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol.AP-22, no.1, pp.84-87, 1974
2. Ashok K. Agrawal, Walter E. Powell, "A Printed Circuit Cylindrical Array Antenna," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol. AP-34, no.11, pp.301-311, 1986
3. James K. Hsiao, Alan G. Cha, "Pattern and Polarizations of Simultaneously Excited Planar Arrays on a Conformal Surface," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol.AP-22, no.1, pp.81-84, 1974
4. Jean F. Gobert, Richard F. H. Yang, "A Theory of Antenna Array Conformal to Surface of Revolution," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol.AP-22, no.1, pp.87-91, 1974
5. K. R. Craver, J. W. Mink, "Microstrip Antennas Technology," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol.AP-31, no.1, pp.39-42, 1983
6. K. R. Jakobsen, "The Radiation from Microstrip

- Antennas Mounted on Two-Dimensional Objects," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol.AP-31, no.1, pp.1255-1259, 1983
7. J. Ashkenazy, S. Shtrikmann, D. Treves, "Electric Surface Current Model for the Analysis of Microstrip Antennas on Cylindrical Bodies," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol. AP-33, no.3, pp.295-300, 1985
 8. P. Perlmutter, S. Shtrikmann, D. Treves, "Electric Surface Current Model for Analysis of Microstrip Antennas with Applications to Rectangular Element," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol.AP-33, no.1, pp.301-311, 1985
 9. K. M. Luk, Kai-Fong Lee, J. S. Dahele, "Analysis of the Cylindrical-Rectangular Patch Antenna," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol.AP-37, no.2, pp.143-147, 1989
 10. Y. T. Lo, D. Solomon, W. F. Richards, "Theory and Experiment on Microstrip Antennas," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol. AP-27, no.2, pp.137-145, 1979
 11. J. S. Dahele, K. M. Luk, K. F. Lee, "Effect of Curvature on Characteristics of Rectangular Patch Antenna," Electronics Letters 2nd. vol.23, no.14, pp.748-749, July 1987
 12. E. V. Sohtell, "Microstrip Antennas on a Cylindrical Surface," IEEE Electromagnetic Waves Series 28, vol.2, ch.22, 1989
 13. R. F. Harrington, "Time Harmonic Electromagnetic Fields," McGRAW-Hill, N. Y., ch.5, 1961
 14. Wolfkang, H. Kummer, "Basic Array Theory," Proceedings of the IEEE, vol.80, no.1, pp. 127-139, 1992

이 논문은 1992년도 교육부 지원 학술진흥재단의 학술연구조성비에 의해 연구되었음.