

## 소형 안테나의 성능 향상을 위한 직교 배치에 관한 연구

### A Study of Cross Alignment for Increasing the Performance of Small Antenna

김종성<sup>\*</sup>      최경<sup>\*\*</sup>      김재흥<sup>\*\*\*</sup>  
Kim, Jong-Sung   Choi, Kyung   Kim, Jae-Heung

---

#### Abstract

As the wireless communications are gradually developed, the higher frequency is demanded and the smaller the size of antenna shall be reduced by the wavelength of the operating frequency.

However, the smaller the size of antenna becomes, the less the gain is obtained according to the frequency, so that a new attempt such as an array antenna has been examined to improve the characteristics. Also, for the convenience of communication, the omni-directional property is required.

In this paper, two antennas system which is aligned in cross direction is tested and analyzed. The main scope is focused to get an appropriated distance between the two small antennas to get better properties. There are various ways of array arrangement, but in this study, it should be placed on the same PCB for easy implementation and the direction of each antenna are aligned to be a cross(90°) position.

The study is carried out by comparing the radiation patterns mainly, and the theoretical expectation and the computer simulation are also executed. The final model is the folded IF-antennas system printed on PCB and the ideal dipole-antenna arrangement is also test to verify the possibility of our implementation. And it is finally proved by measuring experiments.

키워드 : 소형안테나, 직교배치, 패턴곱

Keywords : *small antenna, cross alignment, principle of pattern multiplication*

---

#### 1. 서론

최근의 정보통신에서는 급속도로 유선이 아닌 무선통신의 비중이 점차 높아지고 있는 추세이

다. 이러한 현상은 사용자의 입장에서 편리한 형태의 정보통신을 원하기 때문이며 무선에 의한 통신 속도가 어느 정도 필요치에 도달했음을 나타내는 것이다. 하지만 무선에 의한 통신 속도를 개선하기 위해 점차 사용 주파수는 높아가는 추세이다. 이때 주목 받고 있는 것이 안테나이다. 효율적인 전파전파를 위해서 안테나의 길이는 1/4 파장을 기준으로 하는 데, 주파수가 GHz 대로 진입하면서 길이는 이미 매우 줄어들었고, 휴대용으로 개발되면서 더욱 그 크기를 줄이기를

---

\* 강원대학교 대학원 전자공학과 석사과정

\*\* 강원대학교 전자공학과 교수, 공학박사

\*\*\* 강원대학교 BK21 계약교수, 공학박사

요구하고 있다.

컴퓨터의 발달로 인해 정보통신의 속도가 빨라지고 인터넷에 의하여 점차로 네트워크 환경을 접하는 사람들이 많아지고 있어 요즘에는 무선통신에 의한 근거리 고속통신에 대한 관심이 고조되고 있다. 근거리 무선통신에서 최근들어 각광을 받고 있는 것은 블루투스, IEEE 802.11(무선 LAN)과 Home RF(SWAP)이다. 근거리 무선통신에서 사용되는 주파수는 고주파로써 약 2.44GHz대역의 주파수를 사용한다. 이것을 송수신을 위한 주파수로 사용하며, 이 주파수대의 신호를 송신안테나의 역할을 하는 AP(Access Point)가 신호를 보내고 거기에서 나오는 신호들을 수신해 동작을 하게 된다. 이 송신신호는 지상을 향하여 신호를 보내고 그 신호를 수신안테나에서 수신하게 된다. 하지만 이 신호는 장착된 기기와 지향성을 맞춰 오는 것이 아니기 때문에 블루투스나 무선 LAN 그리고 Home RF에서의 수신안테나는 모든 방향에서의 신호를 수신할 수 있는 형태의 안테나를 요구한다. 이러한 안테나들은 또한 형태 자체도 각 기기에 부착되는 부품 형태로 제작되기 때문에 크기자체도 소형인 것을 요구한다. 그렇기 때문에 근거리 무선통신에서 사용되는 안테나는 방향성이 무지향적이고 크기가 소형이어야 한다.

본 논문에서는 통신기기의 내부 PCB 기판위에 안테나를 도안 실장하는 경우를 다루고자 한다. 이렇게 PCB 기판에 프린트를 하여 안테나를 제작하면 제작이 용이하고 제작자체에서 안테나의 튜닝이 되기 때문에 조립시 안테나를 다시 튜닝하는 일이 없고 대량생산도 가능하게 되지만, PCB 기판에 프린트된 안테나는 성능상에서 다른 형태보다 특성이 나쁘기 때문에 이것을 보완하고자 안테나를 2개 이상 조합하여 만들면 성능이 떨어지는 점을 보완할 수 있다. 하지만 이렇게 2개 이상의 안테나를 정렬시킨 경우, 두개의 안테나간의 거리와 공간의 배치에 따른 수신패턴의 지향성이 변하게 되며, 임피던스의 정확한 배분에도 신경을 더 써야 한다. 일반적으로 2개 이상의 안테나의 배치에서는 편파의 방향이 같은 쪽을 향하게 하여 배치하게 되지만, 여기에서는 안테나의 편파 방향을 서로 수직으로 배치한 경우에 대하여 연구하였고, 그 상태에서 안테나의 거리에 따른 수신의 지향성을 살펴보고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2-1. 어레이 안테나

어레이 안테나는 안테나를 여러개를 모아 놓은

형태로 구성된 것을 말한다. 이러한 어레이 안테나를 구성하는 이유는 소형 안테나를 여러개를 모아서 구성을 하여 더 좋은 효율을 얻고 지향성도 원하는대로 구성을 할 수가 있다. 그렇지만 어레이 안테나에서는 소형 안테나들이 배치가 되어서 구성이 되는 것이기 때문에 각각의 안테나들에 급전회로(feed network)와 각각의 안테나와의 거리에 따라 성능이 바뀌게 된다.

일반적으로 어레이 안테나는 선형배열(Linear array)이나 평면배열(Planar array)의 형태로 배치가 되지만, 다른 형태로의 구성도 될 수가 있다. 다른 형태의 배치는 등각배열(Conformal array)이나 비평면 표면(nonplanar array)에의 배치가 있을수 있다.

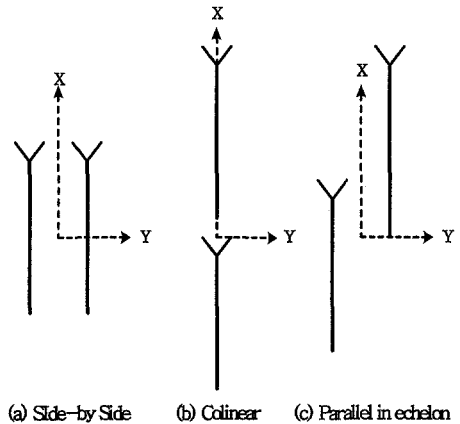


그림 1. 안테나의 배열형태

그림 1에서는 안테나의 배열의 형태에 대해서 나타내었다. 안테나의 위치에 따른 어레이 안테나가 있고 또한 여기에 부가하여 안테나 각각에 피드되는 전류의 위상이나 진폭을 조절하여 안테나의 방사패턴을 조절할 수가 있다. 이러한 형태의 안테나를 위상 어레이 안테나(Phase array antenna)라고 한다.

어레이 안테나가 구성이 되면 그 어레이 안테나의 방사패턴을 구하기 위해서는 각 고립된 한개의 소자의 패턴 - 소자패턴(element pattern) - 과 실제 소자들을 등방성 점전원으로 대체해 얻은 배열성분(array factor)으로 구할 수가 있다.

먼저 배열성분(array factor)은 고립된 안테나를 점전원으로 대체를 하고 각각의 안테나와의 거리와 위상성분에 대한 것들을 나타낸 것이다. 그림 2에서 볼수 있듯이 입사파는 평면파라는 가정하에 각 안테나까지의 거리에 대한 위상차를 볼수가 있다.

이처럼 배열 성분은 들어오는 평면파에 대하여 각각의 안테나가 위상과 그리고 급전회로에서의

각각의 다른 크기로 인하여 배열 성분이 결정이 되게 된다.

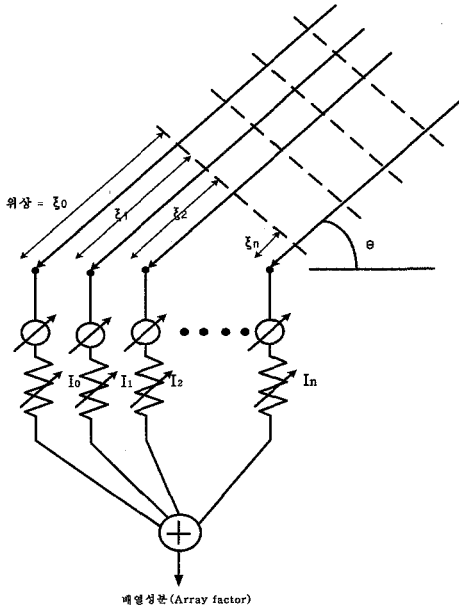


그림 2. 등방성 점전원에 대한 배열성분

이것을 표현하게 되면 다음과 같이 된다.

$$AF = I_0 e^{j\xi_0} + I_1 e^{j\xi_1} + I_2 e^{j\xi_2} + \dots \quad (1)$$

여기에서  $\xi_0, \xi_1, \xi_2$ 는 각각의 안테나에 입사된 위상을 말하는 것이다.

그리고 소자패턴(element pattern)은 공간에서의 각 소자의 전류분포와 방향에 의해 나타나는 패턴을 말하는 것이다. 이것은 배열 안테나에서 각 안테나에 흐르는 전류분포와 방향으로 나타나는 특성을 보고 그것에 대한 패턴을 말하는 것이다.

### 2-2. 패턴곱의 원리

패턴곱의 원리는 유사소자들로 이루어진 배열의 전개벡터의 성분이 소자 중 어느 한 소자의 패턴(소자패턴 : element pattern)과 원래 배열과 동일한 위치, 같은 진폭과 위상을 갖고 등방성 점전원으로 이루어진 배열패턴(배열성분 : Array factor)과의 곱이 되는 것을 말하는 것이다.

$$F(\theta, \phi) = g_a(\theta, \phi) f(\theta, \phi) \quad (2)$$

이것을 표현하면 식(2)로 나타나고, 여기서  $g_a(\theta, \phi)$ 는 배열내의 고립된 단일 소자 안테나의 정규화된 패턴(소자패턴)이며,  $f(\theta, \phi)$ 는 정규화된 배열성분이다.

따라서 어떤 어레이 안테나의 패턴을 구하기

위해서는 단일 소자의 안테나의 정규화된 패턴 즉, 소자패턴을 구하고 그리고 각 안테나의 배열에 따른 배열성분을 구하여 그것에 대한 곱으로 방사패턴을 구하면 된다.

서론에서도 잠시 언급을 하였듯이 이 논문에서는 일반적인 어레이 안테나의 배열에서 볼수 있는 각각의 안테나를 평행적으로 위치를 시켜서 그것에 대한 패턴의 분석이 아니라, 각 안테나를 수직으로 거리에 따라서  $0.25\lambda, 0.5\lambda, 0.75\lambda, 1.0\lambda$ 로 배치시켜서 그것에 따라 패턴이 어떠한 현상을 나타내고 그것을 연구하는 것에 중점을 두었다.

여기서는 각각의 거리에 따른 배열성분을 보고 또한 배열성분이 어떤 형태를 가지는지 그리고 그것에 따라 Cross alignment된 안테나가 어떻게 동작할지를 예상을 해본다.

그림 3에서 보듯이 안테나의 거리에 따른 배열성분을 구하기 위해서 d의 거리를  $0.25\lambda, 0.5\lambda, 0.75\lambda, 1.0\lambda$ 를 띄우고 그리고 그것에 대한 배열성분을 구해보기로 한다. 그리고 실험에서 사용된 위상과 진폭에 대한 가정은 동일위상과 동일진폭임을 가정한다.

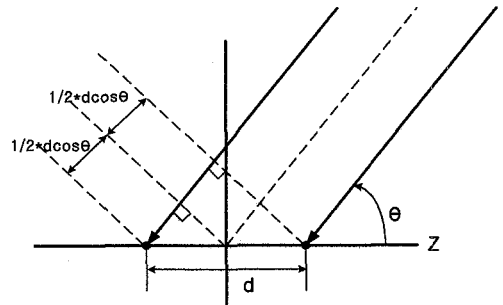


그림 3. 배열성분의 계산을 위한 기하구조

식 (1)에서  $I_0 = I_1 = I_2 = \dots = I_n$ 이며,  $\xi_0 \neq \xi_1 \neq \xi_2 \neq \dots \neq \xi_n$ 으로 될 수 있고, 안테나의 개수는 2개로 제한을 하였다. 이런 조건을 가지는 어레이 안테나의 배열성분을 구해보면 다음과 같이 된다.

$$AF = I_0 e^{j\xi_0} + I_1 e^{j\xi_1} + I_2 e^{j\xi_2} + \dots \quad (3)$$

$$= 1 e^{-j\beta \frac{d}{2} \cos\theta} + 1 e^{j\beta \frac{d}{2} \cos\theta} = 2 \cos\left(\beta \frac{d}{2} \cos\theta\right)$$

### 2-3. Cross로 배치된 어레이 안테나

여기에서는 어레이 안테나의 배치를 Cross 형태로 배치를 하였을때의 패턴에 대한 것을 알아 보겠다. 어레이 안테나에서 고립된 한개의 안테나의 패턴을 평행하게 배치를 하게되고 배열성

분을 고려하지 않는다고 생각한다면, 각 안테나의 소자패턴의 합의 형태로 나타나기 때문에 소자패턴에서 나타나는 Null부분의 패턴은 어레이의 형태의 안테나로 구성을 한다고 하여도 계속 존재를 하게 될 것이다. 하지만, Cross 형태로 안테나를 구성하여 배열성분을 고려하지 않는다고 생각하는 상태에서 소자패턴만을 생각하게 된다면 각 소자패턴에서 나타나는 Null부분이 상쇄가 되어 없어지는 효과를 기대할 수가 있을 것이다.

이런 예측으로 일반적으로 구성되는 어레이 안테나의 배치가 아닌 Cross 형태로 구성된 어레이 안테나에 대한 것들을 연구할 필요성이 생겼다. 또한, Cross 형태의 구성으로 된 어레이 안테나의 경우에 Null현상이 사라진다면 무선통신에서 소형으로 그리고 더 좋은 효율을 낼 수가 있을 것이다.

다음은 두개의 안테나가 직교형태로 배치되었을 때 각 안테나에 유도되는 전계벡터를 가지고 배열성분을 구한 것이다.

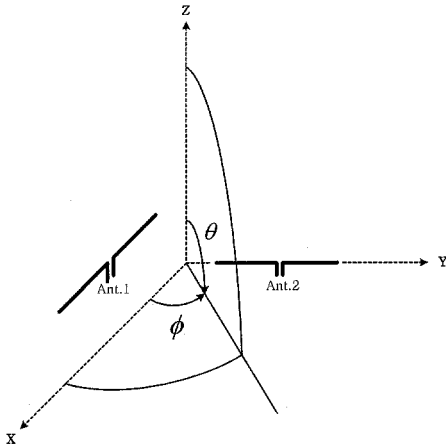


그림 4-1. Cross 배열성분을 위한 좌표계

입사되는 평면파에 대한 안테나에 유도되는 전계벡터의 위상차와 벡터의 합에 의한 전계벡터의 크기를 다음과 같은 형태로 유도를 해보겠다. 여기서 쓰이는 방법은 Ant.1에 평면파가 입사되었을 때, Ant.1에는  $\hat{a}_x$  방향의 전계가 생기게 되고, Ant.2에 평면파가 입사되었을 때 유도되는 전계는  $\hat{a}_y$  방향의 전계가 생성이 되게 된다. 이렇게 생성된 전계벡터의 합으로 cross형태의 배열성분을 구해보고자 한다. 이렇게 생성되어진 배열성분의 결과에 대하여 먼저 논하여 보면 결과적으로 생성되는 배열성분은 각각의 안테나를 등방성인 안테나로 간주하고, 그것에 대한 배열

성분을 구한 것과 같은 결과를 가지고 온다는 것을 알 수 있다.

이것을 논하기에 앞서서 각각의 다이폴 안테나의 방사패턴을 xy-평면, xz-평면 그리고 yz-평면에 대하여 구하게 되면,

1) xy-평면에 대하여( $\theta = 90^\circ$ )  

$$\text{Ant.1} \rightarrow \vec{E} = \sin\phi \hat{a}_\phi, \text{ Ant.2} \rightarrow \vec{E} = \cos\phi \hat{a}_\phi \quad (4)$$

2) xz-평면에 대하여( $\phi = 0^\circ$ )  

$$\text{Ant.1} \rightarrow \vec{E} = \cos\theta \hat{a}_\theta, \text{ Ant.2} \rightarrow \vec{E} = \cos\phi \hat{a}_\phi \quad (5)$$

3) yz-평면에 대하여( $\phi = 90^\circ$ )  

$$\text{Ant.1} \rightarrow \vec{E} = \sin\phi \hat{a}_\phi, \text{ Ant.2} \rightarrow \vec{E} = \cos\theta \hat{a}_\theta \quad (6)$$

또한 각 평면에 대한 배열성분을 구하면,

1) xy-평면에 대하여( $\theta = 90^\circ$ )

$$\begin{aligned} AF &= 1 e^{j\phi_1} \hat{a}_x + 1 e^{j\phi_2} \hat{a}_y \\ &= 1 e^{j(-\frac{1}{2} \beta d \cos\theta)} + 1 e^{j\frac{1}{2} \beta d \cos\theta} \\ &= \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \phi)) \hat{a}_x + \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \phi)) \hat{a}_y \end{aligned} \quad (7)$$

2) xz-평면에 대하여( $\phi = 0^\circ$ )

xz-평면에서 Ant.1과 Ant.2에 입사되는 평면파의 도달거리는 항상 같기 때문에 각 안테나에서의 위상차는 존재하지 않는다.

$$\begin{aligned} AF &= 1 e^{j\phi} \hat{a}_x + 1 e^{j\phi_2} \hat{a}_y \\ &= \hat{a}_x + \hat{a}_y (\phi_1 = 0, \phi_2 = 0) \end{aligned} \quad (8)$$

3) yz-평면에 대하여( $\phi = 90^\circ$ )

$$\begin{aligned} AF &= 1 e^{j(-\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \theta))} \hat{a}_x + 1 e^{j\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \theta)} \hat{a}_y \\ &= \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \theta)) \hat{a}_x \\ &\quad + \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \theta)) \hat{a}_y \end{aligned} \quad (9)$$

각 평면에 대하여 구하여진 배열성분의 각각의 크기를 구하게 된다면 다음과 같다.

1) xy-평면에 대하여

$$\begin{aligned} AF &= \sqrt{2} \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \phi)) \\ &= \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \phi)) \end{aligned} \quad (10)$$

2) xz-평면에 대하여,

$$AF = \sqrt{2} = 1 \quad (11)$$

3) yz-평면에 대하여,

$$\begin{aligned} AF &= \sqrt{2} \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \theta)) \\ &= \cos(\frac{1}{2} \beta d \cos(90 - \theta)) \end{aligned} \quad (12)$$

위의 결과를 평행배치된 배열성분과 비교를 하게 되면, 배열성분 자체는 cross형태를 가진 상태에서 식 (3)과 같은 결과를 보여주는 것을 알 수가 있다.

벡터성분을 가진 배열성분과 각각의 안테나의 평면에 대한 방사패턴의 곱으로 Cross로 배치된 다이폴 안테나의 거리에 따른 방사패턴을 구하게 되면

1)  $0.25\lambda$ 의 거리.

(1) xy-평면에 대하여 ( $\theta = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = \left\{ \sin\phi \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) + \cos\phi \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \right\} \hat{a}_x \\ + \left\{ \sin\phi \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) + \cos\phi \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \right\} \hat{a}_y \quad (13)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = 0 \quad (14)$$

(2) xz-평면의 경우 ( $\phi = 0^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y) \\ = \hat{a}_x + \hat{a}_y \quad (15)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y) \\ = \cos\theta \hat{a}_x + \cos\theta \hat{a}_y \quad (16)$$

(3) yz-평면의 경우 ( $\phi = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_y \quad (17)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = \cos\theta \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_x + \cos\theta \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_y \quad (18)$$

2)  $0.5\lambda$ 의 거리.

(1) xy-평면에 대하여 ( $\theta = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = \left\{ \sin\phi \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) + \cos\phi \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \right\} \hat{a}_x \\ + \left\{ \sin\phi \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) + \cos\phi \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \right\} \hat{a}_y \quad (19)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = 0 \quad (20)$$

(2) xz-평면의 경우 ( $\phi = 0^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y) \\ = \hat{a}_x + \hat{a}_y \quad (21)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y) \\ = \cos\theta \hat{a}_x + \cos\theta \hat{a}_y \quad (22)$$

(3) yz-평면의 경우 ( $\phi = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_y \quad (23)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = \cos\theta \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_x + \cos\theta \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_y \quad (24)$$

3)  $0.75\lambda$ 의 거리.

(1) xy-평면에 대하여 ( $\theta = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = \left\{ \sin\phi \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) + \cos\phi \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \right\} \hat{a}_x \\ + \left\{ \sin\phi \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) + \cos\phi \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \right\} \hat{a}_y \quad (25)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = 0 \cdot \left\{ \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\} \\ = 0 \quad (26)$$

(2) xz-평면의 경우 ( $\phi = 0^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y) \\ = \hat{a}_x + \hat{a}_y \quad (27)$$

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y)$$

$$= \cos\theta \hat{a}_x + \cos\theta \hat{a}_y$$

(28)

(3) yz-평면의 경우( $\phi = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\}$$

$$= \sin\phi \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_x + \sin\phi \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_y$$

$$= \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_y$$

(29)

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_x + \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\phi)\right) \hat{a}_y \right\}$$

$$= \cos\theta \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_x + \cos\theta \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos(90-\theta)\right) \hat{a}_y$$

(30)

4)  $1.0\lambda$ 의 거리.

(1) xy-평면에 대하여( $\theta = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_x + \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_y \right\}$$

$$= \{\sin\phi \cos(\pi \cos(90-\phi)) + \cos\phi \cos(\pi \cos(90-\phi))\} \hat{a}_x$$

$$+ \{\sin\phi \cos(\pi \cos(90-\phi)) + \cos\phi \cos(\pi \cos(90-\phi))\} \hat{a}_y$$

(31)

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_x + \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_y \right\}$$

$$= 0 \cdot \left\{ \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_x + \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_y \right\}$$

$$= 0$$

(32)

(2) xz-평면의 경우( $\phi = 0$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y)$$

$$= \hat{a}_x + \hat{a}_y$$

(33)

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\cos\theta \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot (\hat{a}_x + \hat{a}_y)$$

$$= \cos\theta \hat{a}_x + \cos\theta \hat{a}_y$$

(34)

(3) yz-평면의 경우( $\phi = 90^\circ$ )

① 송신편파가  $\hat{a}_\theta$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\theta\} \cdot \left\{ \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_x + \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_y \right\}$$

$$= \sin\phi \cos(\pi \cos(90-\theta)) \hat{a}_x + \sin\phi \cos(\pi \cos(90-\theta)) \hat{a}_y$$

$$= \cos(\pi \cos(90-\theta)) \hat{a}_x + \cos(\pi \cos(90-\theta)) \hat{a}_y$$

(35)

② 송신편파가  $\hat{a}_\phi$  방향의 경우

$$F(\theta, \phi) = \{(\sin\phi \hat{a}_\theta + \cos\phi \hat{a}_\phi) \cdot \hat{a}_\phi\} \cdot \left\{ \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_x + \cos(\pi \cos(90-\phi)) \hat{a}_y \right\}$$

$$= \cos\theta \cos(\pi \cos(90-\theta)) \hat{a}_x + \cos\theta \cos(\pi \cos(90-\theta)) \hat{a}_y$$

(36)

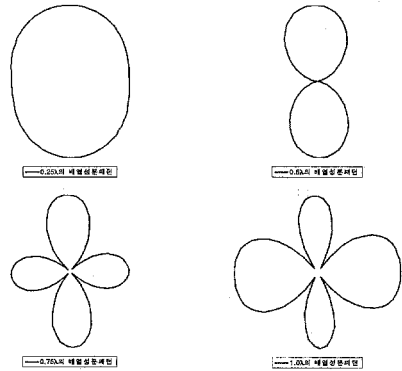


그림 4-2. 거리에 따른 배열성분의 패턴.

각 거리에 따른 배열성분의 계산결과를 그래프로 그려보면 그림 4-2와 같이 나오게 된다. 그림에서 보게 되면 각 안테나와의 거리가 점점 멀어지면 떨어질수록 Null이 발생되면서 Null이 없는 부분이 더 커지는 것을 알수가 있다.

### 참 고 문 헌

[1] Rong-Yu Chao, Kyohei Fujimoto, Kazuhiro Hirasawa, "Three-Dimensional Performance of an LMS Adaptive Array with Inverted-F Elements", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 40, NO. 3, pp. 575 - 583, Aug. 1991.

[2] D.M. Pozar, "The Active Element Pattern", IEEE Trans. Antennas Propaga., Vol. 42, NO. 8, pp. 1176 - 1178, Aug. 1994.

[3] Reto Zingg, "Printed Dipole Antenna", Univ. Colorado. Boulder, pp. 1-8.

[4] Huey-Ru Chuang, Liang-Chen Kuo, Chi-Chang Lin, Wen-Tzu Chen, "A 2.4GHz Polarization-diversity Planar Printed Dipole Antenna for WLAN and

- Wireless Communication Application",  
Microwave journal, June 2002, pp. 1 de 7  
- 7 de 7.
- [5] David F. Kelly, Warren L. Stutzman,  
"Array Antenna Pattern Modeling  
Methods That Include Mutual Coupling  
Effects", IEEE Trans. Antenna Propaga.  
Vol. 41, NO. 12, pp. 1625 - 1632.  
December 1993.
- [6] A. Manikas, N Fistas., "Modelling and  
Estimation of Mutual Coupling Between  
Array Elements", IEEE icassp  
Proceedings., Vol. 4, pp. 553 - 556., April  
1994.
- [7] Hiroyuki Arai, "Measurement of Mobile  
Antenna Systems", Artech House Inc.,  
Norwood, MA 2001.
- [8] Constantine A. Balanis, "Antenna Theory  
2th Edition", John Wiley & Sons Inc,  
1997.
- [9] Allan W. Scott. "Understanding  
Microwave", John Wiley & Sons Inc.,  
1993.
- [10] David M. Pozar, "Microwave Engineering  
2th Edition", John Wiley & Sons Inc.,  
1998.
- [11] Robert E. Collin., "Foundations for  
Microwave Engineering 2th Edition",  
McGraw-Hill Inc., 1992.
- [12] William H. Hayt., 번역, "전자기학 5th  
Edition", McGraw-Hill Inc., 1989.
- [13] 최광제, "안테나 기초실험", 동일출판사.,  
2000.
- [14] Ansoft Korea., "<http://www.ansoft.co.kr>".
- [15] RF Design House., "<http://www.rfdh.co.kr>"