

소형 안테나

(Small Antennas)

김 기 채*
(Ki Chai Kim*)

요 약

이동체 탑재용의 안테나는 안테나의 소형화와 박형화를 필연적으로 요구하고있다. 특히, 최근에는 이동 통신의 급속한 수요증대와 함께 휴대 무선기의 소형 안테나에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 해설에서는 이러한 소형 안테나 분류, 특성 및 설계지침, 특성 측정법 등에 관하여 간략히 설명하였다.

Abstracts

The demand for small and low-profile antennas has become quite strong, especially in mobile communications. This article presents an brief introduction to the fundsmntal characteristics, design, and measurement of typical small antennas and low-profile antennas.

I. 서 론

위성을 이용한 통신, 방송 및 이동통신은 말할 것도 없고 리모트 센싱이나 방위측정 등과 같이 통신이외의 전자파 응용분야에서 다양한 시스템이 출현하게 되었다. 시대의 흐름과 함께 전자파를 이용하는 통신기기와 시스템들은 점점 소형화 되고 있으며, 이에 따른 안테나의 소형화나 박형화의 요구는 필연적이라고 할 수 있다.

특히 최근에는 이동통신의 급속한 수요증대와 함께 휴대 무선기용의 소형 안테나, 항공기용의 마이크로스트립 배열 안테나, 위성방송 수신용 평면 안테나 등에서 보는 것과 같이 소형화, 박형화에 관한 연구가 큰 발전을 보이고 있다.

소형 안테나의 요구는 소형이면서 무게가 가벼운 안테나를 필요로 하는 비행체나 이동체 또는 휴대 무선기 등에서 강력하게 요청되고 있다. 따라서, 미국에서는 미사일이나 항공기에 사용하는 군과, 로켓트나 위성에 사용하는 NASA의 관련 연구가 주류를 이루고 있다. 민생용의 휴대 무선기에는 내장형의 소형 안테나가 연구과제로 되어 있고, 그의 자동차 라디오용의 소형 안테나 등에 대해서도 연구가 활발히 진행되고 있는데, 안테나를 소형 또는 박형화 하게 되면 효율이 저하함과 동시에 주파수 대역폭은 좁아지는 것이 보통이다. 이러한 특성의 열화를 방지하기 위한 안테나의 소형화 기술은 중요한 연구과제이다.

본 해설에서는 시대의 요청에 따른 안테나의 소형화 움직임에 대응하기 위해 간학을 무릅쓰고 소형 안테나란 무엇인가에 대해 설명하였다. 소형 안테나에 관한 모든 문헌을 취급하는 것은 곤란하므로 가능한 한 간략하게 설명하고자 하였으며, 본 해설이 소형

*한국표준과학연구원, 전자파연구실
Korea Research Institute of Standards and Science
Electromagnetics Laboratory

안테나 연구에의 권유에 조금이나마 도움이 되었으면 다행이겠다.

II. 소형 안테나의 분류

안테나는 사용목적과 형상, 기능 등에 따라서 여러 가지 종류가 있기 때문에 문헌[1]에서는 소형 안테나를 3가지로 분류하였다. 이 분류에서는 물리적 소형 안테나(physically small antenna) 속에 low profile(저자세)이나 flush안테나를 포함시켰다. 그러나, 이들 안테나는 높이가 전기적인 소형 (electrically small) 안테나의 조건을 갖고 있으므로 물리적인 소형 안테나에서 분리하여 취급하는 것이 타당하다고 생각되므로 문헌[2]에서는 소형 안테나를 다음과 같은 4가지로 분류하고 있다.

- (1) 전기적 소형 (electrically small)
- (2) 물리적 제약이 있는 소형 (physically constrained small)
- (3) 기능적 소형 (functionally small)
- (4) 물리적 소형 (physically small)

위에서 (1)의 「전기적 소형」은 안테나의 크기를 사용 파장과 비교하여 구분하는 것이며, 안테나의 크기가 1 radian sphere[3]는 반경이 $\lambda/2\pi$ (λ 는 사용파장)인 구이며, 이 구면은 축적 에너지와 방사 에너지가 서로 같아지는 경계를 의미한다. 이러한 1 radian sphere를 이용하는 것은 이 구면의 내부에서는 축적 에너지가 지배적이라는 관점과, 안테나 길이등의 치수를 $\lambda/2\pi$ (1 radian length)로 규격화한 표현을 이용할 수 있다는 편리함 때문이다.

(2)의 「물리적 제약이 있는 소형」이란, 안테나 치수의 일부가 「전기적 소형」에 제한된 조건을 갖도록 구성된 안테나를 말한다. 평판 형태의 안테나 또는 역F형 안테나가 대표적인 예이다. /

(3)의 「기능적 소형」은 안테나의 치수를 크게하지 않고 안테나의 능을 증대시킨 안테나 계를 말하며(4)의 「물리적 소형」이란, 단순히 안테나의 물리적인 치수가 “작은” 안테나 계를 말한다. 「물리적 소형」은 내용적으로는 논의할 것이 없으므로 단순한 분류상의 구분임을 주의하도록 하자.

III. 소형 안테나의 문제점

소형 안테나에서 고려해야 하는 특성은 (1)효율 또는 이득, (2)대역폭, (3)잡음온도 또는 S/N비 등이 다. 안테나가 소형이 되면 효율이 저하하고 대역폭이 좁아진다는 것은 주지의 사실이다. 안테나는 과연 어디까지 소형화할 수 있는가? 좀더 구체적으로 말한다면 안테나를 작게하고 싶은데 어떤형태의 소자를 사용하면 좋은가? 이 질문에 대한 답은 무엇인가? 이 질문은 전기적 소형 안테나의 한계론에 관한 것이 아닐까.

소형 안테나의 물리적 한계에 대해서는 1947년경에 Wheeler[3]와 Chu[4]의 연구결과가 있으며, 소형 안테나가 얻어질 수 있는 특성의 한계에 대한 조건이 검토되어져 개념적인 이해는 얻어진 상태이다. 그러나, 체계적으로 확립된 일반성 있는 이론은 아직 없다.

안테나의 크기가 소형이 되면 Q가 커지므로 대역폭은 급격히 좁아진다는 사실이 알려져 있고, 본질적으로는 이득과 대역폭을 동시에 증가시키는 것은 불가능하다. 소형화를 위해서는 어느 쪽이든 trade off를 생각하지 않으면 안되는 것이 현실이다.

실제 사용상에 있어서는 협대역을 요구하는 경우가 종종 있는데, 이 경우에는 효율만을 문제로 삼으면 된다. 특히 휴대용 무선기 등에서는 이런 경우가 많다. 효율을 높이기 위해서는 안테나가 소형이 될수록 어렵지만 안테나 및 정합회로의 손실 보상분 만큼은 효율을 높이기 위한 여지가 남겨져 있다고 할 수 있다.

효율은 특히 송신인 경우에 중요하지만 수신인 경우에는 오히려 S/N비가 문제가 되고 반드시 효율이 높아야할 필요는 없다. 수신에서는 손실에 바탕을 둔 안테나 잡음이 외부잡음보다 작고, 수신신호가 수신기의 내부잡음보다 높은 레벨이라면 안테나의 효율이 낮아도 실용상에는 큰 문제가 되지 않기 때문이다.

방송이나 계측용의 안테나에는 광대역 특성이 요구되고 특히 계측용인 경우에는 진폭과 위상특성에 엄격한 조건이 부과되는 경우가 있다. 광대역 필터와 같은 회로망 설계이론의 개념이 여기에 적용될 수도 있다. 광대역 필터와 같은 회로망 설계이론의 개념이 여기에 적용될 수도 있다. 그러나, 근역장을 측정하는 프로브로서 단일 주파수인 경우에는 가능한한 결

합을 작게하고 오차를 줄여야 하는 조건이 무엇보다도 우선된다. 그러므로, 프로우브의 소형화는 무엇보다도 우선되어야 하는 사항이다.

방사패턴에 대해서는 자유공간의 방사패턴과 실제 사용하는 경우의 방사패턴과는 차이가 나는 경우가 많다. 주위 반사물이나 대지의 영향, 기기 등에 따른 방사패턴의 변화에 의한 이득 저하를 고려하지 않으면 안된다.

주위 환경 조건의 변화에 따른 영향은 소형 안테나의 사용상의 문제점으로서 중요한 것이므로 간과해서는 안된다. 휴대 무선기를 예로들면, VHF대역의 수신에서는 경험적으로 10-20 dB 정도의 손실이 있다고 알려져 있다. 이러한 환경조건의 영향에 대해서는 안테나가 이동함에 따라 안테나를 포함하는 전체적인 안테나 계가 변하므로, 이 변화가 안테나 특성 변화의 예측과 정량화를 더욱 어렵게 만들고 있다. 이를 모델화한 연구가 몇 건 발표되어 있기는 하다 [5],[6].

안테나의 소형화에는 따라다니는 여러가지의 문제가 있다. 따라서 각각의 용도나 목적에 맞게 해결해 나가야 할 필요가 있다.

IV. 소형 안테나의 설계지침

이동체 통신의 시대를 맞이한 현재는 안테나의 소형화 기술이 필연적으로 요구되고 있다. 안테나의 형상이 목적별로 아직 확립되어 있지 않은 상황에서 소형 안테나의 설계지침은 과연 있는 것일까? 전자파의 방사기구가 해명되어 있지 않는데 소형 안테나의 메카니즘을 알 수는 더더욱 없는 것이 아닌가?

방사기구를 잠시 뒤로 미루어 두고라도 우연성으로 소형 안테나를 설계할까, 그렇지 않으면 방사기구를 충분히 음미한 후에 필연성으로 소형 안테나를 설계할까는 연구자의 개성에 맡겨두기로 하자. 소형 안테나의 설계는 아직은 學의 단계가 아니고 術의 단계인 것이다[7].

목적으로 하는 안테나의 특성을 손상함이 없이 어떻게 안테나를 소형화할 수 있을까? 안테나의 체적을 최대한 이용하여 어디까지 특성개선을 실현할 수 있을까? 이론과 실제 양면에서 연구해볼 필요가 있을 것 같다.

소형 안테나의 가장 대표적이라고 할 수 있는 전기적 소형 안테나에 한정하여 설계지침을 알아보도록

하자.

일반적으로 안테나를 소형화하면 입력 임피던스는 저항에다 큰 용량성 리액턴스로 된다. 이 때문에 리액턴스를 소거하여 정합을 취하기 위해 정합회로를 부가하게 되면 이번에는 협대역이 되어 버린다. 이 뿐만 아니라 낮은 저항특성 때문에 안테나의 방사효율은 낮아진다. 방사지향성은 또 어떠한가? 소형 안테나가 위치하고 있는 근접물체의 영향을 생각하지 않는다면 무지향성이 된다. 전기적 소형 안테나의 설계에 있어서는 위의 이러한 경향들은 어느 것 하나 바람직한 것이 아니다. 이러한 사항들을 극복하기 위해 소형 안테나의 설계자들은 다양한 노우하우를 갖고 있다.

여기서는 위에서 열거한 특성의 열화를 개선하기 위한 유력한 하나의 수단으로서 복합구조와 복합모우드의 사상에 대해서 설명하고자 한다[7]. 입력 임피던스를 스텝업시키고 정합까지 취하고자 할 경우에는 안테나의 방사에 기여하는 기본방사 모우드에 비방사형의 밸런스 모우드를 부가하는 방법을 이용할 수 있다[8].

광대역의 정합을 필요로 할 때에는 루우프 등과 같은 방사형의 밸런스 모우드를 이용하는 것이 좋다. 이것과는 역으로 루우프를 기본으로 할 때에는 언밸런스형의 방사 모우드를 사용해야 할 것이다[9]. 포켓벨용의 루우프-다이폴 복합 모우드 안테나가 바로 그것이다.

대역폭을 넓히고자 할 경우에는 안테나가 부착된 기기(개체) 또는 근접물체를 하나의 결합기로 생각하여 이들 물체와 반대되는 공진특성을 갖는 결합기를 사용하면 될 경우가 있다. 개체 위에 부착된 평판 형태의 역F형 안테나가 대표적인 예이다.

복합 모우드와 복합구조의 사상은 출발점으로 하는 안테나의 기본 모우드와는 상보적인 경우가 좋다. 이를테면, 직렬 공진회로와 병렬 공진회로, 다이폴과 루우프, 전류와 자류, TE모우드와 TM모우드 등이다.

방사효율을 높이기 위한 방법이외에는 아직 다른 방법이 없다.

전기적 소형 안테나의 특성개선에는 그 자체가 갖고 있는 물리적 한계가 있으므로, 어떻게 해서라도 특성을 개선시키고자 할 때에는 하나의 특성 열화를 감수하고서 목적으로 하는 특성을 얻고자 하는 움직임도 있다.

V. 페이딩 대책

이동통신에서 문제가 되는 페이딩 대책을 안테나에서 실시하고자 한다면 어떠한 방법이 있을까? 페이딩에 대해서만은 하나의 안테나로서는 아무런 힘을 발휘하지 못한다. 소형 안테나로서 XPD(교차편파 식별도)가 좋은 안테나를 만들 수 있으면 편파 다이버스티의 길이 열린다. 따라서 페이딩의 대책이 가능해진다.

가장 유효한 페이딩 대책은 현재로서는 다이버스티 기술이다. 현재 실용되고 있는 다이버스티 방식은 무선호출에 사용하는 공간 다이버스티(송신측)가 있고, 택시의 TV수신이나 와이어레스마이크에 사용하는 공간 다이버스티(수신측)가 있다. 편파 및 지향성 다이버스티 안테나의 연구는 현재 활발하게 진행되고 있다.

어댑티브 어레이 기술은 수신측 다이버스티의 유용한 한 방식으로서 희망을 주고 있다. 간섭파는 들어오기 전에 없애 버리자. 육지에서 백병전까지 치러야 할 아무런 이유도 없다. 백병전 까지 간다면 효과가 낮아진다. 그러므로 간섭파가 상륙하기 전에 없애 버리자는 것이다. 여기에 어댑티브 어레이 기술의 중요한 사상이 감추어져 있는 것이다.

VI. 특성의 측정과 평가

안테나가 소형이 되면 될수록 특성측정은 어렵게 된다. 그리고, 안테나 소자와 근접물체를 하나로 취급한 안테나 계의 특성평가는 복잡할 뿐만 아니라 측정이 곤란할 경우도 있다.

지향성이득이 알려져 있을 경우에는 안테나의 이득은 효율로서 결정되므로, 효율을 측정하게 되면 이득을 구할 수 있게 된다. 방사효율은 방사전력과 공급전력과의 비로서 정의 되므로, 효율을 측정하려면 방사전력을 정확히 구해야 한다는 것을 알 수 있다. 정확한 방사전력은 방사패턴을 적분하여 구할 수 있지만 간단하지가 않다. 이 때문에 간편한 방법으로서 Wheeler cap법과 Q법이 제안되어 있다[10]. Wheeler cap법의 문제점중의 하나는 음의 효율을 산출할 경우가 종종 발생한다는 것이다. 이 문제점을 해결하기 위해 어드미턴스 표현식을 이용하는 방법이 제안되어 있다.[11].

안테나의 주위에 근접물체가 있을 경우에는 특히

방사효율이 저하하는데, 이러한 경우의 효율측정에는 전파 산란체를 이용한 랜덤 필드법이 제안되어 있다[12].

VII. 맺음말

소형이면서 성능이 좋고 가격도 싸고 이득이 높으며, 광대역 특성을 갖는 안테나, 이에 더하여 무지향성이면서 지향성을 갖는 안테나, 이러한 안테나가 필요하다! 이득의 목표 0 dBi, 비대역폭은 10%정도, 크기는 손바닥 안에 자연스럽게 들어오는 정도, 가격은 무선기 본체의 수 %이하, 안테나 인줄 모르는 안테나, 보이지 않는 안테나, 보인다면 아름다운 안테나, 이와 같은 안테나를 개발하고 싶다! 어떻게 해야 하는가? 소형 안테나의 연구가 이러한 요구에 희망을 줄것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. K.Fujimoto, "Electrically Small Antennas," The Journal of IEICE, Vol.55, 9, pp.1235-1239, Sep. 1972. (in Japanese).
2. K.Fujimoto et al., "Small Antennas," Research Studies Press, London, 1986
3. H.A.Wheeler, "Fundamental limitations of small antennas," Proc. IRE, 35, 12, p.1479, Dec. 1947.
4. L.J.Chu, "Physical limitations of omni-directional antennas," J.appl. Phys., 19, p.1163, Dec. 1948.
5. E.H.Newman, et al., "Wire Antennas in the presence of material bodies," 1976 AP-S International Sympo. Digest, p. 417, Oct. 1976.
6. D.P.Nyquist, et al., "Coupling of small thin-wire antennas with human body," ibid., 421.
7. S.Tokumar, "Electrically Small Antennas," Trans. of IEICE, Vol.J71-B, 11, pp.1206-1212, Nov., 1988. (in Japanese).
8. K.C.Kim and S.Tokumar, "A Shallow Cut-off-Cavity Antenna," Vol. J71-B, 11, pp. 1307-1311, Nov., 1988. (in Japanese)
9. 문헌(2)의 Chap.2, 3.

10. E.H.Newman, et al., "Two methods for the measurement of antenna efficiency," IEEE Trans., AP-23, 4, pp.457-461, July 1975.
11. 김기채 : "Wheeler Cap법을 이용한 안테나 방사 효율 측정의 일개선법," 한국통신학회 하계종합학술발표회논문집, pp.359-361, Aug. 1990
12. 前田 諸岡, "電波散亂體を用いたアンテナ効率測定法," 日本電子情報通信學會總合全國大會, S8-2, 1987.