

광대역 안테나 기술동향

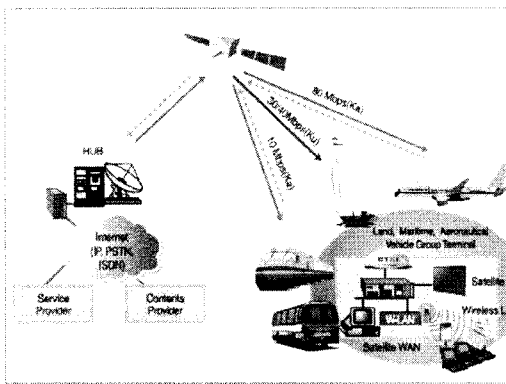
전순익, 홍익표, 정영배
한국전자통신연구원, 공주대학교

I. 서론

다양한 무선통신 서비스들은 각각의 고유한 주파수 대역에서 제공되며, 다중의 무선통신 서비스를 단일 기기를 이용하여 제공하기 위해서는 광대역 또는 다중 대역 안테나 기술을 필요로 한다. 최근 이동통신 기술의 발전은 지상 이동통신의 경우에 200 MHz부터 6 GHz 이내에서 지상파 DMB, Cellular, PCS, WCDMA, Wibro, WiFi, UWB 등 많은 서비스의 수용을 요구하고 있다. 뿐만 아니라 위성 이동통신의 경우에도 단일 대역이 아닌 X, Ku, Ka 대역 등 다양한 주파수 대역들이 단말기에서 다중대역으로 수용되도록 안테나가 설계되기도 한다.

국내 안테나 기술은 광대역 또는 다중대역 기술 개발에서 주로 휴대폰을 중심으로 소요되는 내장형 안테나, 다중대역 안테나, 칩 안테나 등을 중심으로 연구되고 있으며, 학계에서는 대부분이 구조적인 소형화(PIFA, Fractal 등), 다중대역화, 광대역화(UWB) 등의 기술 방향에서 기초 연구를 수행하고 있다. 또한, 일부 대학에서는 무선랜, 기지국/중계기, 기타 분야 등에서 산학협동을 통하여 활발하게 응용 개발에도 참여하고 있는 실정이다.

국책연구기관인 한국전자통신연구원에서는 최근 빔 성형 반사판 설계 기술과 위상배열 안테나 및 추적 안테나 기술을 응용하여 이동체 탑재형으로 Ku대역 방송수신 및 K/Ka대역 양방향 통신을 제공하는 광대역 안테나 기술을 개발하고, 현재는 고속철도 위성접속 서비스용으로 시험을 추진하고 있다.



[그림 1] 이동체 탑재형 Ku대역 방송수신 및 K/Ka대역 양방향 통신용 광대역 안테나

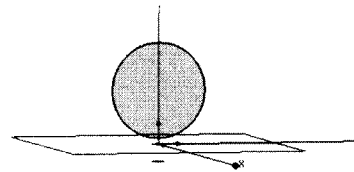
광대역 안테나 기술은 기존 이동통신 서비스가 DMB, Wibro, 차세대 이동통신 등 신규 무선통신 서비스로 계속 발전하고 있으며 이에 따른 통신 기기의 다양한 주파수 수용과 이를 위한 안테나 기술의 발전이 꾸준히 요구될 것이다. 따라서, 앞으로의 통신기기 시장은 안테나의 다중 대역화와 광대역화 기술에 대한 요구가 급속하게 높아질 것으로 판단된다. 본 기고에서는 이들 광대역 안테나의 구현에 필요한 기술 현안을 살펴보고 이를 극복하는 기술 및 기술연구 동향에 대하여 서술하고자 한다.

II. 광대역 안테나 기술

고전적인 광대역 안테나 기술은 지난 약 45년간 10 배 이상의 대역폭을 가지는 안테나 기술까지 발전해 왔다. 이들 중에서 로그 피리오딕(log-periodic) 안테나(LPA)는 가장 잘 알려진 일반적인 광대역 안테나의 기본 구조이다. 최근의 디스크(disk)나 콘(Cone) 형태의 안테나도 전기 구조적으로 광대역 특성을 가지고 있으며, 이들을 상호 결합한 형태의 안테나들도 소개되고 있다.

디스크 안테나의 일반적인 형태인 접지면을 가지는 수직 디스크 안테나는 UWB(Ultra Wide-Band) 안테나에 적용되고 있다.

그림 2는 200 MHz ~ 900 MHz에서 정재파비 2 이하 조건으로 설계된 수직 디스크의 UWB 안테나를 보여주고 있다.



[그림 2] 수직 디스크의 UWB 안테나

광대역 단일 안테나의 경우와 비교하여 광대역 배열 안테나의 구현은 주변 소자의 광대역 설계가 요구된다. 전력 분배기와 전력 결합기는 광대역으로 구현되어야 하며, 위상변위기(phase shifter) 또한 광대역 특성을 가져야 한다, 일반적으로 광대역 안테나 소자의 물리적 크기는 상대적으로 크다. 따라서 배열 안테나는 그레이팅 로브(grating lobe) 문제를 피하기 위하여 소자간 거리가 충분히 유지되어야 한다는 물리적 요구조건을 가지고 있다. 또한 이러한 구조 설계에서는 안테나 소자 간의 전자기적 상호결합(mutual



coupling)으로 인한 간섭 영향이 충분히 고려되어야 한다. 최근에는 컴퓨팅 기술의 발전으로 다양한 설계 시뮬레이션 툴(tool)들이 소개되고 사용되어 안테나 설계에서 안테나를 전기적 혹은 기계적으로 자유롭게 변형하고 그 성능을 예측할 수 있어서 광대역 특성을 구현하는데 많은 도움을 주고 있다.

안테나 기술은 대체적으로 고 이득, 소형화, 고효율, 낮은 Q 지수를 지향한다. 그러나 안테나의 고 이득과 소형화 및 고효율 요구는 안테나의 대역폭을 제한한다.

잘 알려진 Chu의 안테나 한계곡선은 안테나의 이러한 특징을 잘 보여주고 있다. 그리고 안테나

의 광대역 지수는 엄격하게 구분하면 아는 바와 같이 안테나 패턴의 이득 대역폭과 전기적 성능인 정재파비 대역폭으로 구분하여 언급되어 진다.

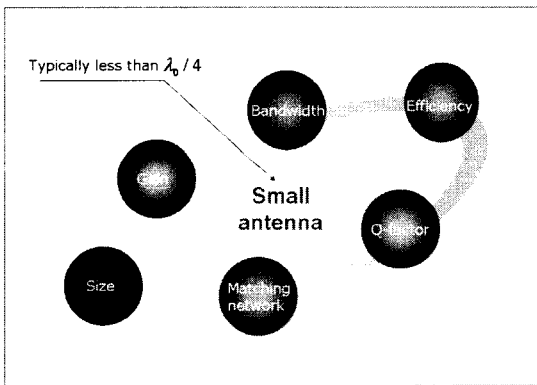
III. 광대역 안테나 기술 동향

1. 주파수 독립형 설계

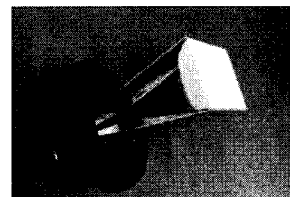
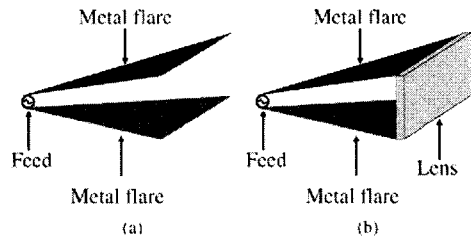
주파수 독립형 안테나의 기본적인 구조는 TEM horn antenna로 [그림 5](a)에 도시되어 있다.

이론적으로 주파수 독립형 안테나는 모든 주파수대역에 대해 일정한 성능을 갖기 때문에 광대역 안테나로도 많이 사용되어 왔다.

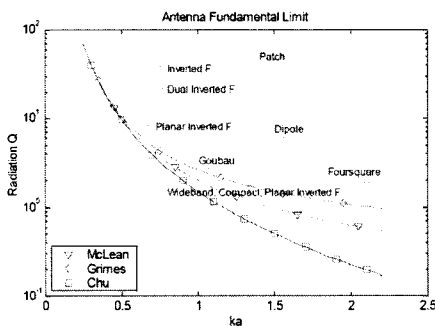
TEM horn antenna는 넓은대역에서 임피던스 매칭이 되는 특성 때문에 광대역 안테나로 많이 사용되어 왔으며[1], 이득을 증대시키기 위한 방안으로 [그림 5](b)와 같이 렌즈를 개구면으로 덮기도 한다. [그림 5](c)에 실제 제작된 안테나를 나타내었다.



[그림 3] 안테나 기술의 요소



(c) 실제 제작된 안테나

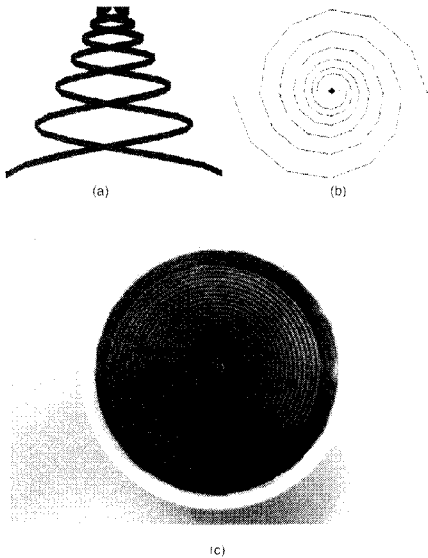


[그림 4] 안테나의 Wheeler-Chu-Harrington 한계곡선

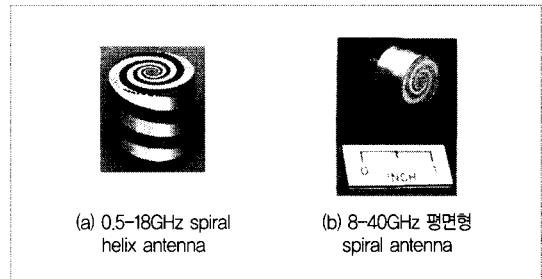
[그림 5] 기본적인 형태의 TEM horn antenna

주파수 독립형 안테나의 또 다른 일반적으로 알려진 형태로는 평면형 log-periodic slot 안테나, bidirectional log-periodic antenna, log-periodic dipole array, two or four-arm log-spiral antenna, conical log-spiral antenna 와 같은 self-complementary log-periodic antenna 등이 존재한다[2]. [그림 6]에서는 주파수 독립형 안테나의 일 예 구조를 나타내었다. [그림 6](a)와 (b)는 balanced conical log-spiral 안테나의 구조이며, [그림 6](c)는 평면형 two-arm spiral antenna이다 1897년 Sir Oliver Lodge에 의해 만들어진 biconical 안테나가 무선 시스템에 사용된 최초의 안테나이며, 이 안테나는 비교적 넓은 임피던스 대역폭을 갖고 있으며 안정적인 위상특성을 가진다. [그림 7]에는 EDO사에서 개발된 상용 Spiral 안테나를 나타내었다. 최근 광대역 임피던스 특성을 갖는 다양한 biconical 안테나가 연구되고 있으나, 실제적으로 spiral 안테나의 경우 유한한 크기를 갖기 때문에

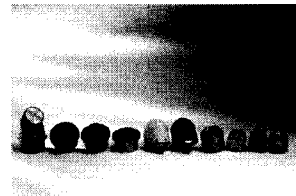
특정 주파수 대역에 대해서 동작하는 안테나 특성을 갖게 되고, 휴대용 또는 이동형에 탑재하기에 어려운 형태를 갖는다는 단점이 있다. [그림 8]에 상용으로 개발된 sinuous antenna를 나타내었다. sinuous 안테나는 같은 크기의 spiral 안테나에 비해 두 독립된 포트로부터 두 직교편극 특성을 가진 주파수 신호를 훨씬 잘 처리할 수 있다는 장점을 가지고 있다.



[그림 6] 주파수 독립형 안테나의 구현



[그림 7] spiral 형태의 광대역 안테나



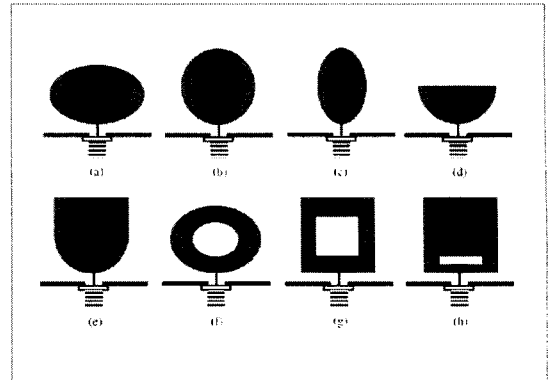
[그림 8] 2-18GHz sinuous antennas

2. 평면형 광대역 안테나

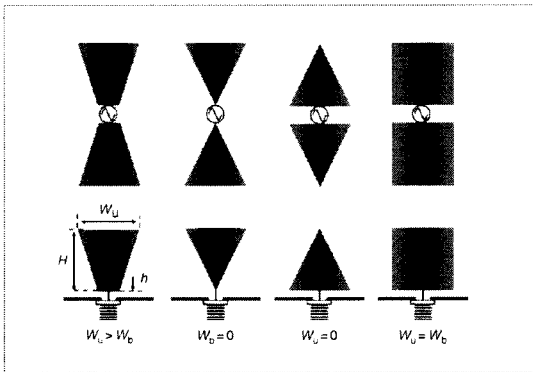
앞서 설명한 주파수 독립형 안테나의 단점을 해결하기 위하여 다양한 형태의 평면형 광대역 안테나가 연구되고 있다. 평면형 광대역 안테나로서 평면 모노폴(다이폴) 또는 디스크 안테나가 제안되고 있으며, 소형화된 크기뿐만 아니라 임피던스와 방사특성에서도 우수한 성능을 보여주고 있다. 초기의 평면형 광대역 안테나는 conical 안테나를 평면에 구현한 Brown-Woodward bow-tie 안테나이다. 광대역 또는 다중대역 응용과 관



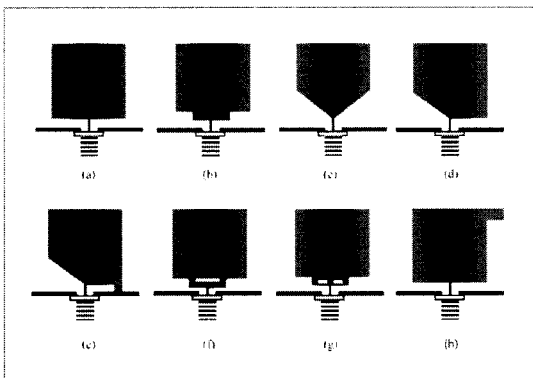
련된 평면형 안테나는 참고문헌 [3],[4]에 다양하게 소개되었다. [그림 9], [그림 10], [그림 11]은 이러한 광대역의 평면형 안테나가 구성되는 다양한 형태를 나타낸 것으로 [그림 9]는 bow-tie 안테나의 일반적인 형태를 포함하는 trapezoidal planar antenna를 나타내었으며, [그림 10]에는 광대역특성을 구현하기 위한 rectangular 평면형 안테나의 다양한 수정된 형태를 나타내었다. 특히, [그림 11]에 나타낸 Elliptical Planar 안테나는 광대역 특성뿐만 아니라 high-pass impedance 성능을 갖는 장점이 있다.



[그림 11] elliptical planar antenna[4]



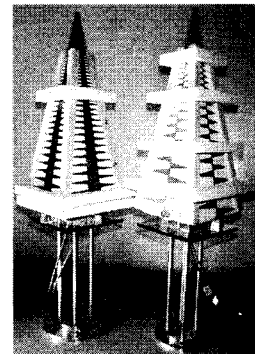
[그림 9] trapezoidal planar antenna[4]



[그림 10] modified rectangular planar antenna[4]

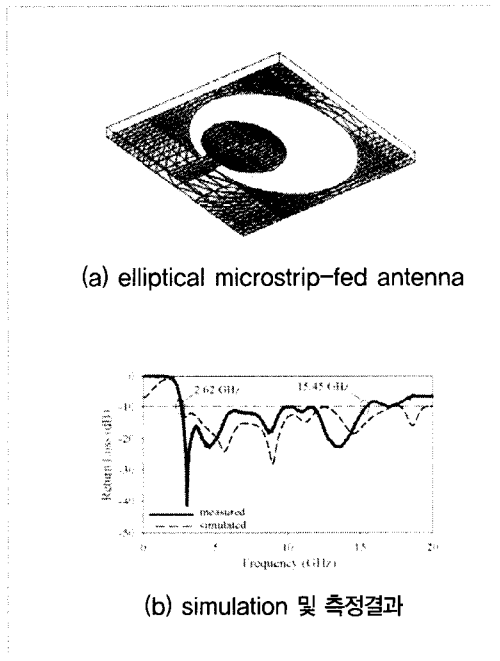
3. 기타 광대역 안테나 기술동향

광대역 안테나와 관련한 연구는 최근 UWB와 같은 광대역 서비스를 주목적으로 개발 및 연구되고 있으면 여기에서는 관련되어 몇 가지 최신 연구동향을 소개하고자 한다. [그림 12]에는 2002년 Berkely 대학에서 개발된 0.5-11GHz 광대역 특성을 갖는 dual linearly polarized log-periodic feed를 나타내었다[5]. 이 안테나는 패턴이 매우 균일하며, 최대이득 변화가 0.75 dB 로 안정된 특성을 갖는다.



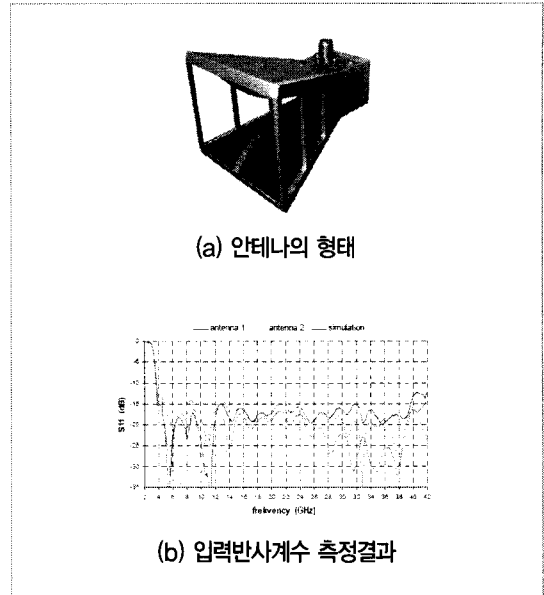
[그림 12] dual linearly polarized log-periodic feeds(0.5-11GHz)

[그림 13]에는 elliptical microstrip-fed 안테나의 구조와 측정결과를 나타내었다. 제시된 측정결과에서 알 수 있듯이, 2.62GHz부터 15.45GHz까지 광대역 정합특성을 갖는 것을 확인할 수 있다 [6].



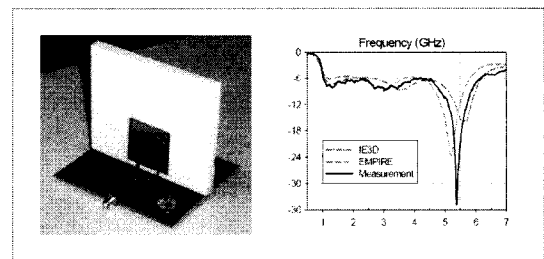
[그림 13] elliptical microstrip-fed antenna

[그림 14]에 나타난 double-ridged horn 안테나는 Czech Tech 대학과 RFspin사와의 공동연구결과로 도파관 모드와 동축-도파관 결합 연구에 근거하여 제시된 새로운 형태의 광대역 안테나이다[7]. 제안된 안테나는 4-40 GHz에서 광대역의 이득 특성뿐만 아니라 해당 대역에서 우수한 반사/방사 특성을 갖기 때문에 EMC 와 같은 특정 광대역 측정분야에 사용될 수 있다.



[그림 14] double-ridged antenna(4-40GHz)

[그림 15]의 PCB 형태의 안테나는 실내 기지국 응용을 목적으로 하는 광대역 안테나로 1.3-6 GHz에서 -10 dB 이하의 반사손실 특성을 갖는다. 이 안테나는 다른 모드보다 더 넓은 대역폭을 제공하는 PCB에서의 longitudinal current를 가진 모드를 의미하는 characteristic mode 이론을 바탕으로 설계가 되었다[8].



[그림 15] square monopole antenna with double feed



IV. 결론

전술한 바와 같이, 무선통신 서비스는 지상파 DMB, Cellular, PCS, WCDMA, Wibro, WiFi, UWB와 앞으로의 4G 차세대 이동통신 등 신규 무선통신 서비스들이 계속 출현하고, 이들간의 서비스 결합으로 안테나 기술에서 다양한 주파수 수용이 요구되어 지고 있다. 본 기고에서는 이를 만족하기 위한 안테나의 다중대역 및 광대역 기술동향을 살펴보았다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 원천기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-041-02, 자능형 안테나 기술 개발] ■

◆ 참고문헌 ◆

- [1] R.T. Lee and G.S. Smith, "On the characteristic impedance of the TEM horn antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 52, pp. 315-318, 2004.
- [2] P.E. Mayes, "Frequency-independent antennas and broad-band derivatives thereof", Proceedings of the IEEE, Vol.80, pp. 103-112, 1992.
- [3] Z.N. Chen and M.Y.W. Chia, Broadband Planar Antennas: Design and Applications, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2006.
- [4] Z.N. Chen, Antenna for Portable Devices, John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [5] G. Engargiola, "Non-planar log-periodic antenna feed for integration with a cryogenic microwave amplifier", IEEE 2002 AP-S, pp. 140-143, 2002.
- [6] E.S. Angelopoulos, A.Z. Anastopoulos, D.I. Kaklamani, A.A. Alexandridis, F. Lazarakis, K. Dangakis, "Circular and elliptical CPW-fed slot and microstrip-fed antennas for ultra wide-band applications," IEEE Antennas Wireless Propagat. Letters, Vol. 5, 294-297, 2006.
- [7] Z. Hradecky, M. Mazanek, T. Korinek, "Double ridged structures mode study for broadband antennas design," EuCAP 2006, Nice, Session A12.
- [8] E. Antonino-Daviu, C.A. Suarez-Fajardo, M. Cabedo-Fabres, M. Ferrando-Bataller, "Wideband antenna for mobile terminals based on the handset PCB resonance," Microwave Optical Techn. Letters, Vol. 48, 1408-1411, 2006.

전 순 익

- 한국전자통신연구원 팀장 책임연구원
- sijeon@etri.re.kr

홍 익 표

- 공주대학교 정보통신공학부 조교수
- iphong@kongju.ac.kr

정 영 배

- 한국전자통신연구원 선임연구원
- faith98@etri.re.kr