

전파자원 활용을 위한 안테나 기술

명 노 훈

(한국과학기술원 전기 및 전자공학과)

■ 차

■ 레

I. 서 론

II. 이동통신을 위한 안테나 시스템

III. 위성이동 통신을 위한 이동체 탑재용 안테나

IV. 결 론

I. 서 론

최근 무선통신의 중요성을 언제, 어디서나, 누구와도, 어떠한 정보라도 전달할 수 있는 통신수단으로 인식하게 되었다. 우리나라도 1992년 8월에 최초로 실험위성 KITSAT-1호를 궤도에 진입시켜, 무선통신 형식으로 지상 수신자와 Store-and-forward 통신 및 사진전송을 실시하였고, 1995년에는 방송과 통신을 위한 실용위성인 무궁화호를 쏘아 올릴 예정이다.

국내 차량의 이동무선전화 서어비스의 수요는 92년도에 벌써 수도권 서울에만 15만대, 전국에는 24만대에 이르며 계속 증가 추세에 있다. 그리고 선진국에서는 차량과 인공위성간의 통신, 인공위성 방송 등을 상용화하고 있는 단계이다.

이러한 무선통신의 국제 수요 증가에 부응하고, 국제적인 산업 경쟁력을 키우기 위해, 무선통신의 핵심기술이 되는 마이크로파 기술분야의 발전 방향을 살펴보는 것이 적절하다 하겠으며, 여기서는 그중 안테나 기술에 대해 개괄적인 내용을 알아본다.

최근의 High-Resolution RADAR, Missile-guidance system, Mobile Communication, Satellite Communication 등의 상업용, 군사용 시스템에서 요구되는 안테나의 사양은 저렴하고, 작고 가벼우며, 구조가 간단하고, 부착이 쉽고, 다른 회로와의

집적이 용이해야 한다. 그리고 안테나 빔의 scan을 기계적인 제어에서 전기적인 제어로 바꾸어 시스템의 복잡성을 줄이려하며, 이를 위해서 배열 안테나의 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 소고에서는 이동통신과 위성통신을 위주로 각 분야별로 안테나의 기술동향을 알아 본다.

II. 이동통신을 위한 안테나 시스템

1. 개 요

이동통신 특히, 개인 통신에 대한 수요의 급속한 성장은 좀더 나은 통신 시스템을 필요로 하게 되었다. 그리고 주파수 스펙트럼이 제한되어 있기 때문에 주파수의 효율적인 이용이 필수적이다.

이를 위하여 zone 시스템과 디지털 변조기술의 채용, 사용하고 있지 않는 주파수의 활용, 채널간의 폭을 줄이는 등의 일을 해 왔다.

오늘날, 이동통신의 주 목표는 이동단말기(mobile terminal)의 개인화와 하드웨어의 크기를 줄이는 것과 mobile telephone 서비스에 디지털 방식을 채용하는 것이다. 그리고 또 다른 중요한 추세로 선박이나 항공기 차량을 서로 연결하는 이동위성통신의 발전이다. 즉, 시간이나 장소, 거리에 무관하게 통신할 수 있는 서비스를 제공하는 것이 목표라 할 수 있다.

안테나의 기술은 이동통신의 발전에 따라서 성장해 왔다. 초기에 이동통신에서는 이동체 안테나로 whip antenna나 monopole antenna가 널리 쓰였다. 이런 안테나의 이동체의 몸체에 간편하게 부착할 수 있는 금속선(metal wire)으로 구성되었으며, 그 당시에서는 약세사리 처럼 취급당했다.

통신시스템의 설계에 있어서 대개 가장 나중에 고려될 정도로 안테나의 중요성이 무시되었다.

오늘날은 이동통신 시스템에 있어서는 안테나 설계의 중요성을 알게 되었고, 안테나의 중요한 역할을 인식하게 되었다. 안테나의 시스템 성능을 향상시킬 수도 있고 저하시킬 수도 있는 결정적인 부분이다.

결국, 안테나의 성능과 특성을 이동체의 전파환경까지 고려해가며, 광범위하게 연구하기 시작했다. 오늘날 안테나의 설계에 있어서 안테나 자체뿐 아니라 전파전파, 시스템, 전파환경까지 고려하게 되었다.

2. 이동통신용 안테나 시스템의 발전

이동통신용 안테나 시스템의 발전을 이동통신 시스템의 발전에 따라 미려를 포함하여 5세대로 나눌 수 있다(표1).¹⁾ 일반적으로 1세대 초기를 19세기말 Edison이 무선전신(wireless telegraphy)을 개발하여 기차와 역 사이에 통신을 했을 때로 본다.

1900년대 초기에 HF대를 이용한 무선 전신이 선박 통신에 사용되었다. 이때에는 inverted L antenna (ILA), fan antenna, top-loaded monopole과 같은 linear antenna가 이용되었다.

전시에 있어 선박 통신은 매우 중요한 역할을 하게 되었으며, 1920년대 중반에 자동차나 비행기의 무선 통신이 개발되기 시작하여 공공사업이나 군사용에 적용되면서 발전하게 되었다.

2차 세계대전을 계기로 다양한 기술이 개발되어 2세대의 새로운 기술의 성장에 큰 기여를 하게 되었다.

제2세대는 2차 세계대전이 끝난 1950년대 초에 시작되었다. 이 시기에 VHF대의 응용과 FM 기술의 발전에 의해 자동차통신에 있어 큰 진보가 있었다. 자동차에 사용되는 안테나는 대부분이 monopole이었고, base station의 안테나의 dipole과 Brown antenna였다. 유연한 구조를 갖는 whip antenna는 모노폴 안테나의 일종으로 자동차용 안테나나 저주파 대역

의 휴대용 장비의 안테나에 이용되었다.

사용자의 수가 증가함에 따라 시스템의 수용이 한계에 부딪치게 되었으며 이를 극복하기 위해서 사용 주파수대가 30MHz, 50MHz, 150MHz, 250MHz, 450MHz로 올라가게 되었다. 또 한 채널간의 간격도 채널 캐패시터를 높이기 위해서 좁혀 사용했다. 그 당시 450MHz 때 채널간의 간격이 50KHz 였으나 1982년에는 12.5KHz로 좁아졌다. 이 시기의 안테나 기술에는 Inverted-F antenna(IFA), Normal Mode Helical Antenna(NMHA)와 매우 작은 크기의 rectangular loop antenna 등의 새로운 종류의 안테나가 개발되어 이동통신에 이용되었다. 그리고 능동소자와 수동소자를 결합하는 안테나 시스템의 개념이 안테나의 크기를 줄이는데 적용되어졌다. 그러나 이 시기에는 안테나의 성능에 영향을 미치는 전파환경에 대해 고려되지 않았다. 1970년대 중반부터 Radio Pager와 Mobile Telephone Service가 시작되었고 이것이 현대 개인 통신의 토대가 되었다.

제3세대는 1970년대 중반부터 시작되었으며, 이 시기에 안테나의 설계에 있어 전파환경과 시스템을 고려하게 되었다. 전파전파 문제중에서 다중경로 전파 현상에 대한 심도 깊은 연구가 시작되었고, 도심지 통신에서 심각한 문제를 일으키는 다중경로 페이딩 문제에 대처하기 위해서 다이버시티 시스템이 개발되기 시작하였다. Base station antenna의 설계가 zone system의 필요를 만족시키는 방향으로 변화하게 되었다. 즉, 이동전화기 지국 안테나의 복사 패턴이 특정 지역만을 커버하도록 설계되어졌다. 그리고 사용자의 증가로 인하여 800MHz대가 이동전화, 개인통신, MCA, 항공전화 등에 할당되었다. 사용된 안테나로 이동전화시스템에는 sleeve dipole이, Personal Radio System에는 two element collinear array antenna가, 자동차에는 sleeve dipole이나 whip antenna 혹은 printed dipole이 사용되었고, Airplane telephone 시스템에는 IFA, MSA와 blade antenna가 사용되었다. IC, VLSI와 같은 전자소자의 발달은 시스템의 하드웨어 크기를 줄이는데 큰 기여를 하였으며, 이것에 의해 소형 안테나의 필요성이 대두되었다. 이동국의 크기가 작아짐에 따라 안테나를 가능한 작게 만들어야 했고, 결과적으로 modified IFA, printed antenna, MSA 따위와 같은 다양한 종류의 소형안테나가 개발되었다.

제4세대의 시작은 90년대로 간주되어지며, 이 세대

에는 adaptive control과 같은 고도의 기능을 갖는 안테나가 개발되어 이동통신에 사용될 것이다. 90년대 초기에는 디지털 전화 서비스의 시작을 맞이하게 될 것으로 전망된다. 이동위성통신 서비스가 90년대에는 실현될 것이다.

제5세대에는 아마도 인공지능의 기능을 부여한 안테나가 개발될 것으로 예측된다.

3. 이동 단말기의 안테나 시스템

무선통신의 시작과 함께 선박과 해변국(shore station) 사이의 무선전신이 필요하게 되었고, 빠르게 발전하였다. 선박과 해변국에 사용된 안테나로는 short Monopole, top-loaded monopole, Inver-L과 같은 선형 안테나가 많이 쓰였다.

Monopole이나 modified monopole이 (표1)에서 보듯이 이동체나 단말기에 압도적으로 사용되어졌다. 이는 구조가 간단할 뿐 아니라 수평방향으로의 복사패턴이 omni-directional하여 이동통신에 적합하기 때문이다. Monopole antenna는 몸체에 부착하기에 적합하기 때문에 자동차나 휴대용 단말기에 널리 사용되었다. 1/4 파장 길이외에도 3/8, 5/8 파장 길이의 모노폴, helical monopole, sleeve dipole 등이 사용되었다.

Whip antenna는 monopole의 형태를 가지고 있으며, 구조가 유연하고 견고하기 때문에 선박이나 차량 등에 자주 사용된다. Whip antenna는 주로 저주파에서 사용되지만 유연하다는 장점때문에 VHF 이상의 고주파 영역에서도 사용되고 있다. Normal mode helical antenna(NMHA)는 다양한 휴대용 단말기에 사용되고 있다. 이 안테나는 1/4 파장 길이의 모노폴보다 짧으면서, helical 구조의 회전수, 피치, 크기를 적절히 조절하여 높은 효율을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그 외에도, 이것은 helical 구조가 스프링과 같아서 유연하다. NMHA의 복사 패턴은 수평방향으로 omni-directional하고 수직방향으로 '8' 형태를 가지는 선형 다이폴 안테나와 유사하다.

IFA(Inverted F antenna)는 모노폴 안테나를 변형하여 만들었으며 ILA(Inverted L antenna)로 부터 나왔다. Low-profile 구조때문에 IFA는 비행기나 로켓과 같은 비행물체의 몸체에 부착되어 사용된다. 후에 IFA는 비록 복사 메카니즘은 다르지만 Planar Inverted-F antenna(PIFA)의 기초를 제공했다. IFA는 대역폭을 증가시키기 위해서 선구조에서

면(planar)구조의 PIFA로 변화하였다.

PIFA는 무한 그라운드면에서는 대역폭의 증가가 2% 정도 증가하지만 사각 고체 박스표면에 부착되었을 경우 8-10% 대역폭이 증가하는 장점 때문에 휴대용 단말기에 널리 쓰이고 있다.

또한, 무선 페이지(pager)의 크기가 작아짐에 따라 작은 안테나의 연구 개발이 필요하게 되었다. 따라서 지금까지는 매우 작은 rectangular-loop antenna가 150, 280, 450, 900MHz 페이지에 사용되어 왔다. 이 안테나는 민감도(sensitivity)가 좋고, 자기발진(self resonance)하여 matching이 된다는 장점이 있어 페이지에 사용되고 있다. 다른 종류의 안테나도 페이지에 사용되고 있다. 또한, MicroStrip Antenna(MSA)가 900MHz 대의 페이지에 사용되고 있는데, 이 주파수 대역에서 MSA는 loop-antenna 보다 3-4dB의 더 높은 민감도를 갖는다.

반파장 dipole antenna가 이동체나 기지국에 가장 일반적으로 쓰이고 있는데, 이것은 쉽게 omni-directional 복사 패턴을 얻을 수 있고, 쉽게 제작할 수 있기 때문이다. 대부분의 지상, 해양 기지국시스템에서는 반파장 dipole이나 Brown antenna를 사용한다.

Zone system에 사용되는 기지국 antenna는 특정지역을 커버하기 위하여 변형된 복사 패턴을 가져야 한다. 즉, 수평방향으로는 sectorial pattern을 가지며 수직방향으로는 tilted pattern을 갖아야 한다. 이러한 안테나의 예로 corner reflector와 cylindrical parabolla reflector로 조합된 collinear 배열 안테나가 있다.

지난 10여년 동안, 다중경로 페이딩을 줄이기 위한 다이버시티 시스템 개발에 대한 요구가 증가해왔다. 다이버시티(diversity)시스템에는 space, polarization, pattern 다이버시티가 있는데, 여러가지 이유로 공간(space) 다이버시티가 실제로 가장 많이 이용되고 있다. 휴대용 단말기의 경우 모노폴 안테나와 PIFA가 공간 다이버시티를 이루고, 기지국의 안테나에서도 두개 이상의 안테나를 적당한 간격으로 펼쳐 공간 다이버시티를 이룬다. 다중경로 페이딩을 줄이는 또 다른 방법으로 여러 형태의 편향파(polarized wave)를 혼합하는 polarization 다이버시티가 있다.

최근 들어 이동통신에 마이크로스트립 안테나를 이용하려는 인식이 증가하고 있다. 이 안테나의 대역폭이 좁고 효율이 낮은 이유에서 어레이 형태로 연구 개발되어 이용되고 있다. 비행체의 몸체에 어레이형

Generation	I		II		III		IV	V
Year	~1900~ 1930~		1950~		1970~ 1980~		1990~	2000~
Frequency [MHz]	LF MF HF		30 50 150 400	250		800 1500	1500~3000 SHF EHF	
System	Train (Telegraph) Ship (Telegraph) Airplane(Telegraph) Tugboat Car (Police) Portable		(Phone) (Business Navigation) (Public, Taxi Business) Radio(AM) Public Business	(FM) (Pager-tone)	(Telephone) (Satellite) (Telephone)	(Mobile telephone) Cordless phone Personal radio MCA GPS (TV) (digital) Portable telephone	<zone> <digital> <Satellite> (Navigation)	
Antenna	Metal strip(Train) Monopole Whip (Ship) Car (Airplane) Ship Top-loaded (Ship) ILA (Ship Airplane)		(Car) (Portable) (Train) NMHA (Portable) Ferrite (Pager) Loop			Dipole(Mobile Tele.) Colinear(Personal R.) Energy density (FA) (Portable) PIFA (Portable telephone) V-shaped(Car TV diversity) Printed wire on glass(Car AM,FM) Helix (GPS) MSA (Pager)		Array(BS,CS) (LCX:Leaky Coaxial cable)

(표 1) 이동 통신에서의 안테나의 개발

Generation	I	II		III		IV	V
Year	~1900~	1950~	1970~			1990~	2000~
P	Area	Over the earth & sea	Urban Suburban	Mountain		In building, house tunnel, underground	Earth-satellite
	Phenomena	Reflection Diffraction		Multipath	Delay	1.5-3GHz	
	Model	Zommerfeld	Bullington Nakagami-Rice	Okumura Rayleigh		Two-waves Multiple waves	
A	Radiation	Omnidirectional pattern		Shaped pattern		Circular polarization	
	Function			Diversity (Space Polarization Angle)		Adaptive array (Pattern)	Intelligence
	Dimension			Down-sizing		Phased array	
	Structure	Single element		Antenna+unit Integrated antenna			
S	Service	Wide		Zone		Micro zone	
	Problem	Intermodulation		Multipath fading		Delay spread	Signal processing
	Structure			Personalization		Digital modulation	Satellite mobile system Low power system
E	Area	Open	Semi-open				
	Related matter			Proximity effect Body effect	Closed	(In building, house, tunnel, underground street)	
Method of analysis	EMF	Moment M	GTD UTD		Spatial NW Finite-Element	Time Domain	
Device		Transistor	IC	LSI	VLSI	MIC	MMIC

(표 2) Antenna system trends and related subjects

태로 사용되고, Mobile Telephone System에서는 기지국에 어레이형태의 마이크로스트립 안테나를 사용하고 있다. 또한 mobile satellite system에 대한 안테나로 MSA 어레이가 사용되고 있다.

4. 안테나 시스템의 추세

(표2)는 전파전파, 시스템, 전파 환경과 관련하여, 이동통신 안테나의 발전 추세를 나타낸다.¹⁰⁾ 소자와 해석기술도 안테나 시스템의 발전에 관련지어 나타내고 있다. 요즘의 전파전파에 대한 주요 관심 분야는 준마이크로파 대역, 즉 1.5, 3GHz 대에서의 indoor 환경, 인도, 터널 등에서의 전파 전파의 현상이다.

Indoor 환경이란 빌딩안이나 복도, 집안의 환경을 말하는데, 휴대용 단말기를 갖는 사용자의 환경이 주로 indoor 환경이므로 이에 대한 연구가 필수적이다. 디지털 변조에 관련하여 전파환경의 연구는 매우 중요하다. 다중경로전파에 의한 시간 지연은 매우 심각하므로 이에 대한 해석과 실험이 선행되어야 한다.

최근의 1.5-3GHz 대에서의 전파전파의 연구 경향은 EM 파의 전계강도에서 delay spread로 바뀌고 있다.

1950년대 초반에 Bullington의 nomogram이 이동통신 환경에서 EM파의 강도를 예측하는 유용한 방법으로 활용되었는데, 이 방법은 도시와 시골환경의 차이를 고려치 않은 간단한 예측법이였다. Okumura는 매우 유용한 도표를 만들었는데 이것은 이동체와 기지국의 거리에 따른 감쇄를 VHF-UHF 대에서 구한 것이다. 이 도표는 1km-100km의 전파 거리를 갖는 도심, 시골 등의 환경에 적용되고 있다.

도시 전파환경에 있어서 가장 심각한 문제는 다중 경로 전파에 의한 페이딩 현상이고 다중 경로 페이딩에 대처하기 위한 다양한 다이버시티 시스템이 개발되어 왔다. 공간 다이버시티가 가장 일반적인 시스템이며 실제로 가장 많이 이용된다. 공간 다이버시티는 안테나소자의 설치 방법에 따라서 수평형과 수직형의 두가지가 있다. 여기서 수직형 다이버시티는 polarization diversity에서 처럼 하나의 pole상에 설치가 가능하다는 장점이 있다. Polarization diversity는 전파가 수직편파나 수평편파가 복합적으로 전파되는 경우에 유용하다. 이런 다이버시티를 이용하면

같은 주파수의 신호를 동시에 사용할 수 있어서 채널 캐패시티가 두배로 증가하는 장점이 있다.

Adaptive array system은 미래에 사용될 것으로 예상되며, 이에 대한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 아직까지 해결해야할 문제가 많지만, Adaptive 알고리즘에 대한 폭 넓은 연구가 진행되고 있으며, 시스템의 성능도 연구되고 있다. Adaptive antenna 시스템이 이동체에 적용될 경우 복사 패턴, 안테나간의 상호 커플링, 안테나 소자의 형태 등의 안테나 특성에 대한 깊은 연구가 필요로 한다.

Adaptive 알고리즘은 간섭을 줄이거나 제거하는데 사용되지만, 변형하여 다이버시티를 얻을 수도 있다. Adaptive 어레이를 실현하기 위하여 MMIC 등의 고주파소자가 필요하다. 이런 MMIC 기술의 발달은 새로운 안테나 시스템의 개발과 이동체의 크기를 줄이는데 크게 기여할 것이다.

5. 미래의 전망

미래의 통신의 가장 중요한 경향은 high capacity, high density, high speed이다. 21세기 통신의 중요한 요소로 소형화(miniaturization), 지능화(intellectualization), 인간화(humanization)를 예견할 수 있다. 물론, 이동통신도 이러한 경향을 띠는 것이다. 현재 이동통신의 가장 주목할만한 경향은 휴대용 단말 장치의 개인화이다. 매년 휴대 단말기와 안테나 크기가 작아지고 있다. 또한 안테나 기술의 중요한 미래 동향은 다양한 기능을 갖는 안테나의 개발이다. 공간 다이버시티가 이미 사용되고 있고 아마 2000년대(제4세대)에는 adaptive array가 사용될 것이다.

기술의 발달은 새로운 안테나 시스템을 창조해낼 것으로 예상되는데, 동물의 센싱 메카니즘을 연구하고 이를 안테나 동작 알고리즘에 유사하게 사용하는 것이 필요하게 될 것이다. 예를 들면, 새는 날면서 그들의 시야를 적절하게 조절하여 물속에 있는 물고기를 발견한다. 만약에 이런 종류의 센싱 메카니즘을 안테나 시스템에 적용할 수 있다면 진보된 adaptive 안테나 시스템을 개발할 수 있을 것이다.

이외에도 인식, 이해, 유추 등과 같은 인간 두뇌 작용의 메카니즘을 안테나 시스템에 적용하는 것은 매우 흥미로운 과제이다. 일 예로, 사람은 시끄러운 환경에서도 근처에 있는 사람들의 대화에 무관하게 원하는 사람과 이야기할 수 있다. 지능과 기능을 갖는 안테나는 안테나 시스템을 집약시킬 수 있는

VLSI와 ULSI 등의 고집적소자와 성능향상을 위한 디바이스와 재료를 사용하지 않고는 불가능하며, 진보된 안테나의 실현을 위해 MMIC 기술의 개발은 필수 불가결하다.

III. 위성이동 통신을 위한 이동체 탑재용 안테나

1. 개 요

선박, 항공기, 차량과 같은 이동체를 위한 위성통신에 대한 연구개발은 1970년대 중반부터 여러나라와 단체들에 의해 계속되어져 왔다. 아직까지 상업적으로 위성을 통한 지상 이동통신 서비스를 제공하지는 못하고 있다. 그러나 현재까지 실험적으로 텔렉스(telex)나 부선호출(paging) 서비스를 제공하는 실험이 행해져 왔으므로 외국에서는 1992년을 고비로 실제 서비스를 제공할 수 있을 것으로 보여진다. 위성 이동통신을 구현하는데에는 탑재용 안테나가 가장 중요한 핵심기술 중의 하나이다. 이 절에서는 탑재용 안테나에 관한 설계 요구조건, 디자인, 성능, 연구활동, 미래에 대한 전망 등을 알아본다.

2. 위성이동통신의 개념

위성이동통신은 지상의 기지국과 이동체들을 위성을 통해 연결하여 통신을 제공해주는 시스템을 말한다. 여기에서는 아래와 같이 세 가지로 위성 서비스를 구별하는데, 각각에 대해서는 전파사용범위에 의해 주파수 범위가 할당되어 있다.

(1) 통 신

전형적인 시스템들중에 INMARSAT, AMSC, KSAT, AUSSAT 등의 시스템은 L-band(1.6 / 1.5GHz)를 사용하고 있고 미국의 OmniTRACS만이 Ku-band(14 / 12GHz)를 사용하고 있다. 최근에는 Ka-band(30 / 20GHz)를 이용하여 운용성을 높이려는 연구가 미국, 일본, 캐나다 등에서 시작되고 있다.

(2) Navigation

대표적인 GPS(Global Positioning System)에서 L-band(1.6 / 1.3GHz)를 사용하고 있다.

(3) 방 송

TV나 라디오 방송을 위성을 이용해 지상으로

보내는 서비스를 말한다. 이동체에 대한 시스템은 아직 없지만 일본의 경우 BS 위성으로부터 TV 방송을 수신할 수 있는 기지국 선박용 안테나들이 개발되었다.

3. 이동체 탑재용 안테나의 시스템 요구 조건

안테나의 이득은 이론적으로 물리적인 크기에 의해 결정되기 때문에 안테나 성능의 개선은 이득의 감소를 가져오게 된다. 결국 탑재용 안테나의 송·수신 성능은 위성의 성능에 의해 큰 영향을 받게 된다. 위성 시스템들에 따라서 global beam을 사용하는 것과 spot beam을 이용하는 것들이 있지만 이동체의 탑재용 안테나들이 갖추어야 될 요구 조건들을 별 차이점들이 없다.

3. 1 안테나의 특성

(1) 주파수와 대역폭

현재와 미래의 시스템은 위성과 이동체를 연결하는데 거의 대부분이 L-band를 사용한다. L-band에서의 통신에 요구되는 대역폭은 송·수신 채널을 모두 떠맡기 위해서 8% 정도이다.

(2) 이득, 빔폭, Beam-Coverage

이득은 레벨에 따라 세 단계로 나눌 수 있다. 음성 / 고속 데이터(약 24Kbps)에는 12-15dB 정도의 중간 정도의 이득이 요구된다. 선박용 안테나일 경우는 24dB 정도의 높은 이득이 필요하고 저속 데이터(약 600pbs)에는 0-4dB 정도의 낮은 이득이 요구되어진다. HPBW(Half Power Beam Width)는 15dB 이득일 때 30도, 4dB 이득일 때 100도 정도이다. 안테나 빔은 수직으로는 90도, 수평으로는 360도를 담당할 수 있어야 하기 때문에 전자는 위성추적 시스템이 필요하게 되는데, 전자를 지향성 안테나(고이득), 후자를 전방향성 안테나(저이득)라고 한다.

(3) Polarization, Axial ratio, Side lobes

편향(polarization)의 고려를 없애기 위해 위성통신에서는 원형편파를 사용한다. Aperture 형태의 안테나의 경우에는 axial ratio를 얻기가 쉽기 때문에 편향의 어긋남으로 인한 손실을 무시할 수 있지만 위상배열 안테나일 경우는 axial ratio가 커지므로 고려되어야만 한다. 위상배열 안테나일 경우 이로 인한 손실을 0.5dB 이하로 하기 위해서는 위성의 axial

ratio가 2dB이하이므로 모든 방향에 대해 5dB이하의 axial ratio가 되게 해야 한다. Side lobe는 상호 간섭을 일으킬 수 있으므로 제한되어야 한다. 큰 안테나(반경>100 * 파장)인 경우에는 CCIR(International Radio Consultive Sommittee)에서 기준 복사패턴을 마련했지만 작은 안테나에 대해서는 아직 정해진 기준이 없다.

(4) G/T와 EIRP

일반적으로 이득 대신 G/T(Figure of merit : the ratio of system gain to system noise temperature)가 위성 통신 시스템 설계에서 사용된다. G와 T는 모두 LNA(Low Noise Amplifier)의 입력단에서의 값들인데 아래와 같이 주어진다.

$$T = \frac{T_a}{L_r} + T_0(1 - \frac{1}{L_r}) + T_r$$

여기에서 T_a 는 안테나 잡음 온도인데 주파수와 빔폭에 영향을 받으며 L-band에서 200K 정도이다. T_r 은 수신기의 잡음 온도이고 L-band에서 80-100K 정도이다. T_0 는 주위 온도인데 일반적인 300K를 사용하여 값을 계산하면, 전체손실을 나타내는 L_f 에 대한 함수로 T 를 구할 수 있다.

15dBd의 이득을 갖는 안테나일 경우 G/T가 -13dBK로 요구되면 L_f 는 3dB이하여야 함을 알 수 있다. EIRP(Equivalent Isotropically Radiated Power)도 안테나를 포함한 터미날의 성능을 나타내는 중요한 지표인데, G/T와 같은 의미를 가진다.

3. 2 전파의 전파와 주변 환경

해상에서의 위성통신일 경우 해수면에서의 반사나 선체 상부구조물들에 의한 차단에 의해 페이딩이 발생할 수 있다. 설계시에 선체들로 인한 페이딩을 피할 수 있지만 해수면의 반사로 인한 성분은 낮은 각도에서 피할 수 없게 된다. 항공기에서는 해수면에서의 반사보다 동체에 의해 발생하는 페이딩이 더 크게 나타난다. 따라서 주로 동체의 상부에 설치하여 이를 피하는데 항공기의 안전성을 고려해야 하기 때문에 설치 장소에 큰 제한을 받게 된다. 이 경우에는 위성 추적문제와 동시에 이들에 대한 연구가 진행되고 있다.

3. 3 추적 성능

위성 추적에서 요구되는 정확도는 1dB가 되는

각도 내에 들어갈 것, 즉 중심으로 부터 HPBW의 절반정도의 각도 이내에 들어가는 정도이다. 위성 추적은 크게 추적과 조절 두가지로 이루어진다. 조절 방식은 또다시 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 기계적인 조절이다. 위성이 있는 쪽으로 안테나 방향을 기계적으로 움직이는 것이다. 둘째는 전자적 조절로써 안테나 빔을 전자적으로 스캔시키는 것이다. 대표적인 예가 phased-array 안테나가 있다.

위성을 추적하는 방법도 두가지가 있다. 첫째, Closed-loop 방법으로 위성으로부터 오는 신호를 이용하여 위성의 방향을 찾아내는 방식이다. 둘째로는 Open-loop 방식으로 센서(geometric compass, ratesensor)들을 이용하여 이들의 출력으로 부터 위성의 방향을 계산하는 방식이다. 이러한 방법들 중 안테나 형태, 요구되는 정확도, 이동체의 환경과 설치 조건 등을 고려하여 추적 방법을 선택해야 한다.

안테나의 설치방법으로는 평판위에 X, Y 축으로 이동하면서 좌우와 아래 위로 방향을 조절하는 방식이 있는데 이를 4-축(X, Y, Az, E1) 조절방식이라고 한다. 작은 안테나일 경우 좌우와 상하방향조절만 되는 2-축(Az, E1) 방식이 주로 사용된다. 상하 조절 시에는 90도 근처에서 정확성이 떨어지는 단점이 있다.

육상에서의 이동체가 이동할 때마다 위성으로부터 수신되는 신호가 큰 차이가 있으므로 closed-loop 방식으로 구현하기가 어렵다. 또 선박과 항공기의 경우 자신의 위치를 알 수 있는 장치를 탑재하고 있으므로 open-loop 방식이 주로 사용된다.

4. 통신용 안테나 시스템

4. 1 선 박

(1) Omni-directional Antenna

전방향성 안테나는 quardrifilar helix, crossed dropping-dipole, microstrip patch 안테나 등 크게 세 종류로 나뉜다. 이러한 형태의 안테나는 작고, 가벼우며, 원형 편파를 얻을 수 있어서 유용하다.

(2) Directional Antenna

해상위성통신의 경우 전방향성 안테나보다 먼지 지향성 안테나가 사용되었다. 1970년대 중반에는 PROSAT 프로그램으로 많은 새로운 형태의 안테나들이 연구되었다. 1980년대 부터는 연구활동들이 주로 페이딩 감소와 경량화, 15dB 이득 정도의 높은

효율의 안테나에 중점을 두고 이루어졌다.

SBF(short backfire) 안테나는 작고, 높은 효율로 주목 받았으나 주파수 대역폭이 3% 정도로 낮은 단점이 있었다. 이를 개선한 Improved SBF는 80%의 효율, 대역폭 20%, 1.5이하의 VSWR, 개선된 이득 등을 얻을 수 있었다. 페이딩 감소를 위해서도 새로운 제안들이 있었다. 이를 이용하여 위성으로 부터 오는 신호는 그대로 두면서 반사파는 제거되었다. 페이딩 감소를 위한 또 다른 연구의 방향은 반사파를 잘라 버릴 수 있을만큼 날카로운 빔을 만들어내는 shaped beam 배열 안테나를 구현하는 것이다.

4.2 항공기

(1) Omni-directional Antenna

근본적으로 선박에 쓰이는 전방향성 안테나와 같다. 안테나를 감싸는 레이돔은 공기 저항을 줄일 수 있는 모양으로 해야한다.

(2) Directional Antenna

추적 안테나가 핵심 기술이다. 주요한 연구는 전기적 특성 뿐 아니라 설치의 용이성, 작은 부피, 경량화, 강도 등의 엄격한 기계적인 요구사항도 함께 고려하고 있다.

평판 위상배열 안테나는 주목을 끌었으나 부피가 크고, 무거운 단점이 있었다. 마이크로스트립 안테나는 항공기용 안테나로써의 요구사항을 잘 만족시켰으나 대역폭이 2-3% 정도로 작은 단점이 있었다. 이를 개선하기 위하여 공간 주파수가 2개인 안테나를 이용해서 극복했으나, axial ratio가 나쁜점이 여전히 있었다. 이 문제는 sequential 배열 기술로 해결되어 넓은 대역폭과 우수한 axial ratio를 갖는다. Conformal 형태의 배열 안테나도 항공기 탑재용 안테나로 개발되었다. 넓은 빔 폭을 얻기 위해 동체의 양쪽에 탑재 되었는데, 전후방으로는 안테나의 빔이 없어서 사각이 여전히 존재하는 점이 앞으로 해결해야 할 점이다.

4. 3 Land Mobiles

(1) Omni-directional Antennas

Crossed-dropping 안테나가 가장 많이 쓰인다. dipole 들과 그라운드면간의 간격을 조절함으로써 elevation 복사 패턴을 필요에 따라 조절할 수 있다. 고차 모드의 patch 안테나로도 비슷한 패턴을 얻을 수 있다.

(2) Directional Antenna

소형 자동차나 장거리 기차를 위한 음성이나 고속 데이터 연결을 위해서 지향성 안테나를 고려해 왔다. 가격 문제가 중요한 요소의 하나이므로 초기의 기계적인 조절 시스템에서 앞으로 위상배열 안테나로 대체되어 나갈 것으로 예상된다.

최근에는 위상배열 안테나와 추적시스템에 대한 연구가 활발하다. 기계적 조절 시스템은 넓은 각도에 걸쳐서 스캔할 수 있는 특징이 있지만 큰 부피와 느린 추적 속도, 비싼 가격으로 인한 단점이 있기 때문에 자동차에 탑재하기는 어렵다. 미국, 일본, 캐나다 등지에서 새로운 위상배열 안테나에 대한 연구가 진행되어 왔다. 실험적 결과를 토대로 새로운 위상배열 안테나들이 제안되었는데 기존의 것보다 절반정도의 phase shifter로 얇은 기판위에 프린트할 수 있는 안테나들이 제안되었다. 위성추적 방법으로는 open-loop 방법이 closed-loop 방법보다 우수함이 실험적으로 확인되었다.

5. Antenna System for Navigation

GPS(Global Positioning System)에서는 작은 크기, 원형 편파, 넓은 빔폭, 넓은 대역폭 등의 이유 때문에 quardrifilar helix 안테나가 가장 많이 쓰이는 안테나 중의 하나이다. GPS 시스템에서는 1.57GHz 와 1.22GHz helix 안테나가 협대역 특성을 갖기 때문에 이를 해결하기 위해서 두개를 한개로 합쳐서 사용한다. 군사용으로는 2개의 주파수가 필요하지만 민간 용으로는 1가지 주파수만으로 사용할 수 있는데 이를 위해서는 작은 부피 때문에 마이크로스트립 패치 안테나가 알맞다.

6. 방송용 안테나 시스템

일본의 경우 이미 BS 위성으로 부터 TV 프로그램을 수신하기 위한 안테나들이 기차나 관광버스, 선박 등에 설치되어 있는 것도 있다. 기계적 추적을 하는 평판 배열 안테나와 파라볼릭 안테나 등 두가지 종류가 있다.

7. 장래의 이동위성통신 시스템을 위한 안테나

미래의 이동위성통신에 있어서 가장 중요한 특성은 portability가 될 것이다. 휴대용 터미널들을 연결 시켜 줄 수 있는 통신위성 프로그램들이 많이 개발 중에 있다. 이들 연구의 큰 관심 분야 중의 하나가

개인용 위성통신의 실현에 있다. 앞으로 ku-band와 밀리미터파에서의 위상배열 안테나가 이동통신과 개인용 단말기를 위한 위성통신에 이용될 것으로 기대된다. 이를 위해서는 feed line의 손실을 막기 위해 LNA나 전력 증폭기 등 MMIC 소자를 이용한 능동소자의 배열 기술이 핵심분야가 될 것이다. 작은 빔 폭이 필요해지게 되므로 정확한 위성추적 시스템도 중요한 기술분야가 될 것이다.

IV. 결 론

이동통신 및 위성통신을 위한 이동체에 탑재되는 안테나를 설계하는 데에는 안테나 자체의 특성 뿐만 아니라 차량이나, 환경, 전파전파, 추적능력 등 다른 것들도 안테나 설계시 같이 고려해야만 한다. 미래의 위성통신에 있어서 MMIC 능동배열 안테나가 핵심 기술로 고려되고 있으며, 안테나 뿐 아니라 LNA, 전력증폭기, 다이오드, phase shifter, feed line 등 미래의 이동 및 위성통신을 위한 소자와 이를 만들기 위한 재료들에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

가까운 미래의 이동 및 위성통신에 필요한 안테나 기술을 위해 아래와 같은 연구가 수행되어야함을 결론으로 제시한다.

- (1) 가까운 미래에 실현될 것으로 여겨지는 디지털 시스템을 위한 안테나의 개발-이미 공간이나 pattern 다이버시티가 다중경로 페이딩 환경하에서 BER 성능을 향상시킨다.
- (2) UHF 대역이상의 고주파 영역에서, 특히 디지털 시스템에 있어서 폐공간(closed space)상에서의 전파전파 현상의 규명
- (3) 소형 통신장비를 위한 안테나 시스템의 개발
- (4) 이동위성 시스템, wireless local area distribution links, wireless Private Branch Exchanges 등의 새로운 시스템을 위한 안테나 개발
- (5) 새로운 주파수대 알맞은 새로운 안테나의 개발
- (6) 안테나 성능의 예측과 측정을 위한 방법의 개발-안테나 크기가 작아질수록 안테나 특성에 대한 측정이 어려워진다.
- (7) 소형 안테나를 부착했을 때 발생하는 현상의 이론적 분석
- (8) 휴대용 안테나를 설계에 있어서 인체의 전자파 반사 고려

- (9) 안테나의 성능과 특성을 계산하고 분석하는데 적용할 수 있는 CAD 기술과 새로운 해석방법의 개발

참 고 문 헌

1. Overview of Antenna Systems for Mobile Communications and Prospects for the Future Technology, Kyohei Fujimoto, IEICE communications, October, 1991
2. Vehicle Antennas for Mobile Satellite Communications, Shingo Ohmori, IEIEC communications, October, 1991
3. Recent Activities in Antennas and Propagation in Japan, Kenichi Kagoshima, Takayasu Shikawa, IEEE Ant & Pro Magazine Vol 34, No 2, April 1992
4. Antennas, Proceedings of the IEEE, January 1992, Vol 80, No1
5. Millimeter-wave Microstrip and Printed Circuit Antennas, P. BHARTIA, K. V. S. RAO, R. S. TOMAR, Artech House, 1991



명 노 훈

- 생년월일 : 1953년 10월 10일생
- 1972년 3월 ~ 1976년 2월 : 서울대학교 공과대학교
전기공학과(학사)
- 1976년 5월 ~ 1978년 11월 : 육군통신학교 레이더
조교관
- 1979년 3월 ~ 1980년 8월 : 삼성전자(주) 컴퓨터
개발실 연구원
- 1980년 8월 ~ 1982년 12월 : The Ohio State
Univ., E.E. Dept. (M.Sc.)
- 1983년 1월 ~ 1986년 8월 : The Ohio State Univ.,
E.E. Dept. (Ph.D.)
- 1981년 4월 ~ 1986년 8월 : ElectroScience Lab.,
Columbus, Ohio
- 1986년 8월 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자
공학과 조교수