

《主 題》

마이크로파대 및 밀리미터파대의 기술현황 및 발전동향

박 동 철
(충남대학교 전파공학과)

<p>■ 차 례 ■</p> <p>I. 서 론</p> <p>II. 마이크로파대의 기술현황 및 발전동향</p>	<p>III. 밀리미터파대의 기술현황 및 발전동향</p> <p>IV. 맺는말</p>
---	--

I. 서 론

19세기말 헤르츠에 의해 전파의 존재가 확인된 이후 새로운 주파수 자원이 계속적으로 실용화되고 전파활용 분야, 산업경제 분야, 사회복지 분야, 지역 진흥 분야, 비상재해 분야 등 매우 다양해지고 있다. 최근 우리나라 사회도 국제화, 성숙화의 커다란 흐름속에서 고도 정보화의 진전에 따른 전파의 역할 증대가 현저하다고 하겠다.

전파를 이용하는 시스템으로는 고정통신, 육상이동통신, 항공해상통신, 위성통신, 방송시스템을 비롯하여 군용, 전파천문, 의료, 원격탐사, 보안시스템 등 많은 시스템이 있으며 사용 주파수 대역도 기존의 VHF, UHF 대역으로 부터 1-3GH대의 준 마이크로 대역, 20GHz 이상의 밀리미터파 대역까지 계속 확장되고 있는 실정이다. 육상이동국의 증가는 앞으로 기하급수적으로 늘어날 것으로 예상되며 육상이동국이 총 무선국의 신장을 주도해 나갈 전망이어서 특히 이 분야와 관련된 전파자원 이용기술의 고도화가 최우선으로 추진되어야 하겠다. 또한 사용자의 이동성 부여에 따른 서비스 유연성의 잇점을 내세우고 있는 무선 LAN이나 무선 PABX 서비스가 기존의 유선 LAN 서비스를 크게 위협하고 있는 실정이어서 각종 서비스 단말기는 점차 무선화 및 디지털화 되어야 하겠다.

본고에서는 주파수 대역별 전파이용 기술 현황 및 발전 동향중 마이크로파대와 밀리미터파대로 국한해 기술현황 및 발전동향을 기술하였으며, 마이크로파의 전파이용 시스템으로는 고정통신, 이동통신, 그리고 무선 LAN 시스템을 다루었고, 밀리미터파대의 경우는 차량용 충돌 방지 레이더와 밀리미터파 통신 시스템을 주로 다루었다.

II. 마이크로파대의 기술현황 및 발전동향

1. 고정통신 시스템

육상 이동통신의 수요 급증과 더불어 육상 이동통신용 주파수대가 준 마이크로파대로 올라올 예정으로 있고, 기존에 이 주파수대에서 활용되던 무선통신 시스템의 주파수 변화가 이루어져야 하며, 국내 M/W 시외 전송로가 95년말 이전에 포화가 예상되며, 고정 및 이동, 위성통신의 수요 증가에 따라 새로운 주파수대가 필요하고 국내 고정 통신 시스템의 대용량화 및 새로운 주파수대 확보가 필요한 상황이다.

본 절에서는 고정 지점간의 무선 통신에 있어서 그 이용이 점점 증가되고 있는 고정 무선 통신 시스템의 국제 동향에 대해 기술하고, 현재 무선 전송 시스템을 연구 개발중인 국내의 주요 기업의 현황을 소개하며, 무선 통신 시스템에 있어서의 기술 과제와

전망에 대해 기술하고자 한다.

1-1. 국제 동향

일본의 고정 무선통신 시스템의 주종은 FM 변조된 아날로그 마이크로웨이브 시스템이었으나 장거리 대용량 전송용의 경우 1986년말 현재 20%의 디지털화를 이룩하였고 2000년도까지는 전 루트를 디지털화 할 계획으로 있다.(표2.1)은 일본의 디지털 무선 시스템의 현황을 보여주고 있다.

(표 2.1) 일본의 주요 디지털 M/W 시스템

Frequency Band (GHz)	Capacity per RF Channel (Mb/s)	Typical			
		Channel Spacing (MHz)	Modulation Technique	Repeater Spacing (km)	Transmitting Power (dBm)
2.11-2.29	3	1.25	4PSK	25	21
	32	7	160QAM	50	23
3.6-4.2	200	10	160QAM	50	26
4.4-5.0					
10.7-11.7	100	10	4PSK	25	30
	12.6	5	4PSK	15	26
14.4-15.23	100	10	4PSK	8	23
17.7-21.2	100	160	4PSK	6	26

이 중에서 2, 11, 15, 20GHz 대역은 단거리 전송용으로 그리고 4, 5, 20GHz 대역은 장거리 전송용으로 활용되고 있다. 초기의 디지털 무선 시스템은 4PSK 변조방식을 이용하였으나 1982년 16QAM 변조방식을 이용한 시스템의 출현 이후 동일채널 이중편파 기법을 가미하여 주파수 이용 효율 5bit/s/Hz의 시스템이 가능하게 되었다. 또한 새로운 다수 캐리어 전송 400Mbps 시스템이 256 QAM 변조 방식과 이중 편파를 이용하여 개발중에 있고 기대되는 주파수 이용 효율은 10bits/s/Hz이다.

미국에서도 현재의 디지털 무선은 주로 4, 6 GHz에서 QAM이나 PSK 변조방식을 이용하고 있으며 앞으로는 256 QAM 혹은 1024 QAM을 이용하는 시스템으로 나아가는 것을 예상하고 있고, 이 시스템을 위한 요소기술을 개발하고 있다. 또한 수요 증가에 대처하기 위해 18, 23 GHz 높은 주파수를 이용하는 시스템을 예상하고 있다.

유럽에서는 인세대 시스템인 QPSK 또는 8 PSK 시스템 시대를 거쳐 현재 이세대 시스템인 16 QAM 140Mbps 시스템이 광범위하게 활용되고 있으며 삼세대 시스템인 256 QAM 또는 가능하다면 1024 QAM 시스템의 개발 연구가 진행중이다.

(표 2.2)는 1990년 현재 세계 주요 국가의 고정통신 분야에 대한 연구개발 상황을 보여주고 있다.

(표 2.2) 고정통신기술에 있어서 세계 주요국가의 연구개발 상황

국 가	주요연구기관	연구 내 용
미 국	Bellcore 연구소	ISDN에 의한 멀티미디어 서비스 (정지화상, 동화상, 음성, 데이터 등)
영 국	ATT	SONET 신호(52MxN)가 전송 가능한 다중무선 시스템의 개발
프랑스	B T	SDH 신호(155MxN)가 전송 가능한 밀리미터파 시스템 개발
서 독	CNET	SDH 신호(155MxN)가 전송 가능한 고효율 변조방식(512QAM)
일 본	Siemens	SDH 신호(155MxN)가 전송 가능한 2벌터 64QAM 방식의 개발 및 표준화
	NTT	ISDN의 구축과 고기능 서비스 개발

1-2. 기술개발 현황

일본의 지상 무선 통신 기술의 개발은 초고속 디바이스의 양산화, 고효율 변복조 기술, 영상처리 기술의 개발 등에 의해 현재까지 진보하고 있으며 주된 진보 상황을 열거하면 다음과 같다.

먼저 공공 통신계로서, 초고속 디바이스로서 HEMT (High Electron Mobility Transistor)가 민생용으로서도 이미 실용화 단계에 있다. 또한 지상 고정 마이크로웨이브 방식으로서 156 QAM 방식이 실용화 되었는데 이런 방식은 다수 캐리어 개별 동상 합성 공간 디바이스를 써서 디지털 transversal 부호기, 디지털화 XPIC(Cross Polarization Interference Canceller)를 포함한 디지털화 복조 회로를 사용하여 대폭적인 IC화를 이루었으며 이 방식에서는 10bit/s/s/Hz의 주파수 이용 효율을 달성하였다. 페이딩이 심한 구간에서 운용하기 위해 3면 SD(Space Diversity)방식, 3중 SD 방식이 개발되었으며, 신동기 망 대응 장치로서 256 QAM 변조를 이용한 4, 5,

6 GHz대 300 Mbps 방식과 16 QAM 변조를 이용한 4, 5, 6 GHz 대 150Mbps 및 11 GHz 대 50 Mbps 방식이 실용화되었다. 그리고 지선계 장치로 13, 15, 18, 21, 23, 38 GHz 대의 준 밀리미터파, 밀리미터 파 대역의 소용량 디지털 전송장치가 개발되어 실용화에 이바지하였다. 또한 무선 회선에 있어서도 신동기망 시스템(SDH, Synchronous Digital Hierarchy)의 도입이 검토되고 있다.

가입자 통신계기로서, 21, 26 GHz 대에 있어서 화상 전송 및 디지털 전송이 이루어지고 있고 이것의 일환으로서 ISDN 대응장치 및 고속 디지털 대응장치가 개발되었다. 또한 1.5-2.6 GHz 대에 있어서 Point-to-Multipoint의 통신을 하는 DRCS(Digital Radio Concentrator System)가 개발되고 가입자선의 대응으로서 실용으로 공급되고 있다. 사설 통신계로서는, 밀리미터파대역의 50GHz를 사용하고 화상 전송 및 1.5-6 Mbps의 디지털 전송이 이루어지는 장치가 개발되어 실용화되고 있다.

1-3. 국내 동향

국내의 경우 초기에는 아날로그 FM 방식의 소용량 M/W 전송 시스템이 외국으로부터 도입되어 설치 가동되어 왔으나, 수요의 증대에 따라 오래전부터 디지털 M/W 시스템이 도입되어져 왔다.(표 2.3)은 도입 설치되어 현용중인 국내 M/W 시스템의 개요를 보여주고 있다.

(표 2.3) 국내의 현용 M/W 시스템 방식

주파수	4GHz	6.2GHz	6.7GHz	8GHz	11GHz
채질간격 (MHz)	29	29.65	40(20)	29.65	40
변조방식 (QAM)	64 / 16	64 / 16	64 / 16	64 / 16	64 / 16
최대 전송용량 (Mbit / s)	3DS3 140	3DS3 140	3DS3 140	3DS3 140	3DS3 140
(회선)	(2016)	(2016)	(2016)	(2016)	(2016)

현재 국내에서는 삼성전자, 금성정보통신, 대영전자, 성미전자 등을 중심으로 디지털 M/W 전송 시스템의 국산화 연구 개발이 진행중이다. 일부회사는 18GHz 단거리 통신용 시스템 개발 완료에 이어

장거리 통신용 대용량의 6GHz대의 시스템 개발에 착수하여 93년 8월에 시제품 개발 완료를 목표로 하고 있으며 전화 8604 회선을 전송할 계획이다.

변조 방식으로는 QPSK를 이용하고 있으나 16, 64 QAM 등 QAM 기술의 국산화를 위해 연구 개발 중에 있다. 그러나 LNA, HPA와 같은 핵심 마이크로 파 부품이 아직도 완전히 외국산 수입에 의존하고 있어 이 부분의 국내 투자가 절실히 요망되며 커넥터류의 국산화도 시급한 실정이다.

2. 이동통신 시스템

우리나라를 포함한 세계 각국에서의 이동통신에 대한 수요는 폭발적으로 증가하고 있고, 이러한 수요를 모두 수용하려면 충분한 주파수 대역을 확보하여야만 한다. 우리나라에서도 이동통신 서비스가 수년 전 시작된 이래 벌써 800MHz 주파수대역은 포화상태를 이루어 가고 있어서, 장래 새로운 가입자의 수용을 위해서는 새로운 주파수 대역, 즉 1-3GHz의 준 마이크로파대역의 활용이 크게 요구되고 있다.

본 절에서는 기존의 UHF 대 보다는 준 마이크로파대를 이용한 이동통신에 대해 다루었으며, 준 마이크로파대의 기술적 특징 및 기술개발 동향, 이동통신의 요소기술, 그리고 이동통신의 장래동향 및 이용형태에 대해 살펴본다.

2-1. 준 마이크로파대의 기술적 특징 및 기술개발 동향

준 마이크로파대의 전파특성은 주파수와 전파경로상의 지형지물에 따라 감쇠가 결정되는데, 육상이동통신의 경우 특히 도심지역에서의 빌딩의 고층화 및 밀집화에 따른 감쇠가 큰 영향을 미치게 된다.

준 마이크로파 대역의 전파활용을 위해서는 건물에서의 통신을 위한 구조물내에서의 전파특성, 건물 자체의 전파투과 특성 등의 연구가 뒤따라야 한다. 한편, 이와 관련하여 신호압축기술, 광대역 신호의 전송특성, 다중로 전파 특성, 복수 안테나를 이용한 지향성 향상 등의 연구도 병행하여 추진되어야 한다.

일본의 경우를 들어 기술 개발 동향에 대해 알아보자. 일본은 1984년도에 우정성 주관으로 준 마이크로파대의 주파수 활용을 위한 조사연구를 실시하고, 1987년도 '전파자원개발 이용에 관한 조사연구회'

산하 '준 마이크로파대 개발부회'를 설치하여 전파연구소(현재의 통신총합연구소), NTT 등의 관련 기관의 협력하에 준 마이크로파 전파활용을 위한 조적을 편성하고 실험, 실측, 전파전파특성 등 제반 연구과제를 도출하여 수행을 시작하였다.

1986년도에는 '준 마이크로파대의 이동통신시스템 실험 기본 계획서'를 작성하였고, 이듬해에는 부호방식에 따른 거리별 전계강도, 거리 특성, 다중로 선반 특성, 부호오류 특성, 페이딩 대책, 부호 오류 징정 기술 및 잡음 특성 등의 중점항목을 선정하여 실험을 실시하였다.

2-2. 준 마이크로파대 이동통신 요소 기술의 연구 동향

기존의 800MHz 대역에서 준 마이크로파 대역으로 주파수가 높아짐에 따라 이 대역에서 동작하는 반질거리단가 전력 증폭기, 반도체 하이브리드 회로 등 회로 및 부품기술이 중요한 연구과제로 대두되게 되었다. 또한, 주파수의 효율적 활용을 위해서 각종의 변분조 기술의 개발, 부호화 기술, 추적교환을 포함한 제어기술, 전파의 페이딩에 대한 대책기술, 고속 전송 기술과 다중전파 대책기술 등이 해결하여야 할 연구과제이다.

회로부품 기술면에서 보면, 1.3GHz의 대역에서의 무선회로를 위한 고주파회로 및 부품기술은 기존의 800MHz 대역에서의 기술과 상이하며, 고주파용 필터, 주파수 합성기회로, 송·수신회로, 제어회로, 기지대역회로의 소형화·경량화 및 저소비화와 전지의 고용량화에 따른 설계기술 및 그 실용화에 대한 연구가 뒤따라야 한다.

변분조 및 부호화 기술면에 대해 살펴보면, 이동통신에는 주로 경제성 때문에 아날로그 FM이 사용되고 있다. 주파수 이용효율의 향상을 위해서 각 채널 간격이 12.5kHz의 것이 채용되고 있으며, 현재 이동통신용으로 개발되고 있는 것으로는 ACSB(Amplitude Companded SSB), RZ SSB 등이 있다. 디지털 변분조에 관해서는 전력효율의 향상을 위해서, GMSK, Tamed FM, Generalized FM, 4π FM, PLL QPSK 등이 개발되고 있으며, 전송효율은 16kbps/25kHz 정도를 벗어나지 못하는 실정이다. Spread spectrum 방식을 이동통신에 이용하는 연구도 활발하게 이루어지고 있지만 직접 확산방식은 원리적으로 거리에 대한 약점이 있다.

Frequency hopping 방식으로 순간적으로 협대역 수신을 행하고 있으며 거리에 대한 약점이 없어서 이동 통신에서의 활용이 기대되고 있다. 부호화 및 부호화 기술로는 SBC(Sub Band Coder), APC AB(Adaptive, Predictive Coding with Adaptive Bit Allocation), MPC(Multipulse Coding) 등이 16kbps를 목표로 실용화가 추진되고 있으며 대역압축 기술 개발도 병행하여 추진되고 있다.

Fading 대책 기술로는 아날로그 전송방식 및 디지털 전송방식을 결합하여 각 방식의 장점을 살린 새로운 방식의 연구가 요구된다. 공간 및 지향성을 이용한 다이버시티 방식은 전송한 2가지 방식의 유효한 대책 기술의 하나이다.

안테나 기술면에서 볼때 준 마이크로파대는 800MHz와 비교하여 상대적으로 감쇠가 크기 때문에 고이득 안테나가 요구된다. 준 마이크로파대는 파장이 기존의 800MHz 대 보다 짧아 고이득을 얻기가 쉽다.

3. 무선 데이터 통신 시스템

앞으로는 개개의 통신망에 의해서 서비스되고 있는 음성, 데이터 및 화상 등 각기 다른 종류의 정보들을 일원화시키기 보다 빠르고, 보다 정확하며 저렴한 가격에 전달시킬 수 있는 종합 디지털 통신망의 필요성이 대두됨에 따라 유선 통신망을 중심으로 종합 정보통신망(ISDN)의 실용화가 이루어지고 있으며, 기존 네트워크의 지능화도 병행되어 추진되고 있다.

최근에는 이러한 신호들에 대하여 HDTV와 같은 수 십에서 수 백 Mbps 급의 정보가 시비스될 수 있는 광대역 ISDN(Broadband ISDN, B ISDN)의 연구도 활발하게 진행되고 있다.

그러나 현재, 이디시나, 뉴우에케라도 그리고 어떠한 정보라도 통신이 가능한 통신 서비스의 고도화를 달성하기 위해서는 각종 서비스 단말기에 있어서 가입자 정합부의 무선화는 필수적이라 할 수 있다. 이러한 현상은 현재 육상이동 자동차 전화 서비스나 무선호출 서비스(pager)의 예를 보면 그 서비스의 편리성과 효율성 때문에 미국이나 일본 그리고 유럽은 물론 국내에서도 통상의 수요 예측치를 훨씬 뛰어넘고 있다. 따라서 세계 각국은 현재의 아날로그 서비스 방식으로는 급증하는 수요에 대처하지 못하여 디지털 방식의 새로운 시스템 개발을 활발히 진행하고 있다.

또한 국내에서는 아직 활성화되고 있지 못하는 무선 데이터 통신 분야에서도 미국이나 유럽의 Mobitex, ARDIS(Advanced Radio Data Information Service) 시스템이나, 일본의 Teleterminal 시스템은 최근의 개인용 컴퓨터의 소형화 개발 추세에 따른 단말기에 이동성 부여로 무선 네트워크를 이용하고자 하는 서비스가 급격히 증가하고 있다. 또한 실내 무선 통신분야에서도 사무자동화와 공장자동화 업무추진에 있어서 단말기 증가에 따른 선로 증설과 단말기 이전에 따른 비용 증가, 그리고 사용자의 이동성 부여에 따른 서비스의 유연성 등의 이점을 내세우고 있는 무선 LAN(Wireless Local Area Network)이나 무선 PABX 서비스가 기존의 유선 LAN 시장을 크게 위협하는 정도로 발전되고 있다.

3-1. 무선 LAN

단말기 증가에 따른 선로 증설과 단말기 이전에 따른 비용 증가를 해결하기 위해 무선 LAN이 고려되고 있다. 협대역 응용으로는 음성이나 저속 데이터 통신을 위한 페이징 혹은 무선 PABX 시스템이 활용되고 있고, 광대역 응용으로는 수 Mbps 정도의 무선 LAN이 활용화되고 있다. 현재 IEEE 802.11에서 무선 LAN의 Physical 계층, MAC 계층의 표준안을 제정하고 있다.

무선 LAN은 마이크로파 LAN, 적외선 LAN, 스프레드 스펙트럼 LAN의 3가지 종류로 나눌 수 있다. 마이크로파 LAN에 대해서만 국한해 보면, Motorola 사가 18-19GHz 대역을 이용하여 25mW 출력에 전송속도가 10Mbps인 제품을 \$ 4,000 미만에 공급하고 있고 80-100 Mbps 급 고속 LAN도 개발 중에 있다. 18-19 GHz 대역은 빌딩 마이크로셀 개념과 연계된 전파적 성질을 잘 보유하고 있으며 대역폭이 충분하고 하드웨어 기술도 잘 발달하여 Wireless In-Building Network(WIN)용 마이크로파 LAN에 활용되어지고 있다.

Ⅲ. 밀리미터파대의 기술현황 및 발전동향

1. 밀리미터파의 개요 및 연혁

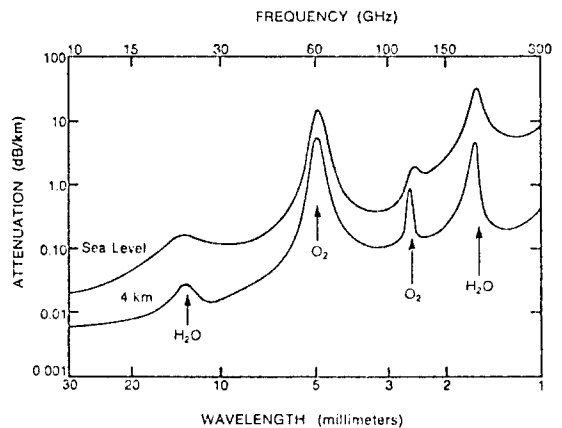
밀리미터파는 주파수 대역이 30-300 GHz를 차지하는 전자기파로서 그 파장이 1-1mm이며, 마이크로파와 적외선사이의 주파수 대역을 차지한다. 밀리미터파대의 주파수 대역폭은 27×10^7 kHz로 30 GHz

이하로 대역폭의 9배나 되는 넓은 대역폭을 가지고 있다. 밀리미터파는 마이크로파와 적외선, 자외선 등 다른 주파수 대역의 전자기파와 다른 특성을 가지고 있으며, 이러한 특성으로 각종 레이더 및 위성통신, 간이형 지상통신, 전파천문 등 특정한 분야에 대해서 독특한 활용성을 갖는다.

그동안 밀리미터파에 대한 연구는 밀리미터파의 활용을 위해 필요한 발진장치, 믹서, 증폭기, 변복조기 등의 각종 소자의 개발 미비로 다른 주파수 대역의 연구에 비해 매우 낙후되었다. 1940년대 세계대전을 겪으며 고정밀 레이더의 필요성과 1950년대와 1960년대 장거리 통신을 위해 밀리미터파에 대한 관심과 연구의 필요성이 대두되었으나 크게 각광을 못받고 있다가, 최근에 와서야 밀리미터파 활용에 대한 관심과 연구가 급속도로 진전되게 되었다. 안개나 심한 먼지 또는 야간시의 작동 문제로 인한 적외선과 광시스템의 활용범위의 제한성과 마이크로파대역의 과밀 사용으로 인한 새로운 주파수 대역의 모색의 한 방편으로 밀리미터파가 본격적으로 연구의 대상이 되게 되었다. 따라서 이미 일부 분야에 대해서는 밀리미터파가 가장 좋은 주파수 대역이 되게 되었으며, 1990년대와 2000년대의 가장 각광 받는 전파자원이 될 것으로 예상된다.

2. 밀리미터파의 특성

(그림3.1)은 수평으로 진행하는 경우에 대한 밀리미터파의 평균 대기흡수손실을 보여주고 있다.



(그림3.1) Average atmospheric absorption of millimeter wave for horizontal propagation

(그림3.1)에서 볼 수 있듯이 전파흡수는 주로 대기 중의 물분자 및 산소분자에 기인한다. 밀리미터대역에서 보면 35, 94, 140, 220 GHz에서 흡수 손실이 상대적으로 작은 윈도우(window)를 가지며, 이들 윈도우에서의 대역폭은 각각 16, 23, 26, 70GHz이다. 그리고, 60, 119, 183 GHz에서는 흡수손실이 주변에 비해 매우 큰 흡수대역을 갖는다.

이와같은 대기권에 의한 감쇠로 통신거리에 제한을 받게 되나, 마이크로파에 비해 높은 흡수성으로 인해 특정한 주파수에서 높은 통신 기밀성을 유지할 수 있다.

다음은, 밀리미터파의 장단점을 간략하게 고찰해보겠다. 밀리미터파의 세가지 특성인 단파장(short wavelength), 광대역(large bandwidth), 대기 구성요소와의 작용은 아래와 같이 각각 그 활용에 있어서 장점인 동시에 단점이 된다.

2-1. 밀리미터파의 장점

가. 단파장에 의한 장점

- 가) 단파장으로 인한 각종 소자 및 시스템의 소형화로 미사일, 위성과 항공기 등에 적합하다.
- 나) 좁은 빔폭을 만들 수 있어서 고해상도와 정밀성을 요구하는 목표물 추적과 탐지에 활용할 수 있다.

나. 큰 대역폭에 의한 장점

- 가) 많은 정보량을 처리할 수 있어서 레이더 시스템에서의 좁은 펄스나 광대역 FM에 의한 목표물의 세밀한 부분까지 포착 가능하다.
- 나) 광대역 분산 스펙트럼(wide-band spread spectrum)에 의한 다중경로(multipath)와 클러커의 감축이 가능하다.
- 다) 많은 주파수 사용 가능으로 재밍(jamming)과 간섭을 피할 수 있으며, 이로인한 간섭을 배제한 복수 레이더의 작동이 용이하다.
- 라) 레이더의 매우 높은 고해상도와 정밀 추적과 탐지가 가능하며, 복사계(radiometer)의 감지도를 높일 수 있다.
- 마) 큰 도플러 효과로 인한 천천히 움직이는 물체의 감지능력을 높일 수 있다.

다. 대기권과의 작용성에 의한 장점

- 가) 적외선과 광주파수 대역에 비해 비교적 낮은

감쇄를 갖는다.

- 나) 지표면에 대한 낮은 산란성에 의한 클러터 및 다중 경로 간섭의 감소화가 가능하다.
- 다) 마이크로파에 비해 높은 흡수성으로 인해 특정한 주파수에서 높은 통신 기밀성을 유지할 수 있다.

2-2 밀리미터파의 단점

가. 단파장에 의한 단점

- 가) 크기가 작은 소자의 제작으로 인해 정밀도가 요구되며 이로 인한 제작 단가가 비싸지게 된다. 다만 마이크로스트립이나 유전체 도파관 등의 대체로 경비절감이 예상된다.
- 나) 좁은 빔폭은 해상도를 높일 수 있으나, 레이더의 목표물을 포착하는데에는 용이하지 않아서 크기가 큰 목표물의 탐지에 이용되는 레이더에는 밀리미터의 활용이 바람직하지 않다.
- 다) 작은 크기의 안테나로 인한 수신파위의 크기 감소로 안테나의 감도가 떨어지게 된다.
- 라) 큰 도플러 변이로 수신 대역폭을 벗어나는 경우가 있어서 수신할 수 없게 되는 단점이 있게 된다.

나. 대기권과의 작용에 의한 단점

- 가) 대기에 의한 감쇠로 10 20km의 통신거리의 제한을 받게 된다. 예를들면 10, 35, 94, 140 GHz 에서 각각 0.06, 0.14, 0.8, 1dB / km의 감쇠를 받게 된다.
- 나) 안테나, 눈 강우에 의한 감쇠가 크기는 하나, 출력파위나 안테나의 이득, 적절한 변복조, 데이터 처리 등으로 극복할 수 있다.
- 다) 상우에 의한 산란(backscattering)으로 목표물 포착을 방해할 수 있으나, MTI(moving target indicator), 좁은 빔폭과 적절한 운용 주파수를 선택함으로써 상우에 의한 산란 분체를 감소시킬 수 있다.
- 라) 부성한 숲과 잎에 의한 전자파의 전파(propagation)가 매우 약하다.

상기한 밀리미터파의 장단점중에서도 현재 밀리미터파의 활용상 가장 문제로 생각할 수 있는 것은 각종 밀리미터파용 소자가 개발되어 있지 않다는 점이다. 이러한 문제는 최근 빠른 속도로 개발되고 있는 MMIC 등의 반도체 소자로 밝은 전망을 보여주

고 있으며, 수년내에 소자개발로 전술한 분제는 해소되리라 예상된다.

3. 밀리미터파의 이용 연구동향

1979년 WARC(World Administrative Radio Conference) 에서 40GHz 이상의 주파수 대역에 대역 대한 주파수 할당이 결정되어, 진파 천문학, 산업 및 과학용 실험을 위한 통신, 이동통신, 방송 등에 대한 연구가 뒤따르게 되었으며, 이러한 주파수 할당은 밀리미터파 응용 영역에 대한 연구 개발을 가속화시키는 계기가 되었다.

밀리미터파는 현재 주로 통신, 원격 탐사, 레이더, 복사계(radiometer) 등에 활용되고 있다. 이런 분야에서의 활용은 분야별로 밀리미터파용 각종 소자의 개발 정도에 따라 그 활용도의 차이가 있으나, 꾸준히 선진 각국들이 이 분야에 대한 왕성한 연구개발을 수행하고 있어서 조만간 더욱 그 활용이 활발해지리라 예상되고 있다. 밀리미터파대의 연구는 주로 군사용 목적으로 진행되었으나 앞으로는 민수용으로 그 응용영역이 넓어질 것으로 예상되며 따라서 본절에서는 민수용 응용에 초점을 맞추어 기술하고자 한다.

3-1. 차량용 충돌방지 레이더(Automobile-collision radar)

밀리미터파의 차량용 레이더로의 응용이 가장 각광을 받을 민수용 시장으로 예견되고 있으며 이미 유럽, 미국, 일본의 15개 이상의 전자 회사 및 자동차 회사가 운전자의 안전과 사고방지를 위한 충돌방지 레이더와 관련된 연구를 진행중에 있다. Mercedes-Benz 사와 공동으로 연구하고 있는 독일의 Standard Elektrik Lorenz 사와 미국의 Epsilon Lambda 사는 1990년도 말경에는 \$ 1,000-\$ 1,500 정도의 차량용 레이더가 가능할 것으로 예상되고 있다.

연구되고 있는 대부분의 레이더는 200m의 최대거리를 가지며 사용 주파수는 25, 60, 90 GHz를 활용하고 있다. 레이더는 펄스 또는 FMCW 레이더로 대상 물체의 거리, 속도, 가속도를 탐지하게 된다.

밀리미터파 시스템을 구성하기 위한 소자 및 부품의 개발도 활기를 띠고 있으며 미국의 Millitech, Alpha 사 등은 이미 35 GHz 대역의 스위치, 증폭기, 믹서 등을 개발 완료한 상태이고 60, 90 GHz 대역의 소자 및 부품을 개발중에 있다.

3-2. 통신 시스템

밀리미터파의 가시거리내 통신으로의 응용에는 주로 대기 흡수가 커서 외부 간섭의 영향이 작은 38-60 GHz 대를 이용한다. 밀리미터파 통신은 주로 빌딩간의 디지털 통신으로 고속 데이터 전송, LAN 간 접속, CATV 전송 등의 목적으로 활용된다. 미국의 Epsilon Lambda 사는 55 GHz LAN간 접속용 1km 단거리 통신 링크를 개발하여 1991년 7월 현재 \$ 10,950에 판매하고 있다. 또한 일본에서는 50GHz 대에서 시설 통신용 1.5Mbps-6Mbps 시스템이 개발되어 운용중에 있다.

밀리미터의 PCN(Personal Communication Network) 으로의 응용에도 많은 회사들이 관심을 갖고 있으며 미국의 Millitech 사는 PCN을 위한 24-320 GHz의 밀리미터파 무선 시스템에 관심을 갖고 있으며 PCN 응용이외에도 셀룰라간 접속, 보안 통신, 로봇 제어 등의 응용에도 동일 시스템이 응용될 수 있으리라 보고 있다.

위성통신과 관련하여, 미국의 Steinbrecher 사는 MILSTAR(Military Strategic Tactical and Relay) 위성통신 프로그램에 45 GHz의 부품을 소자를 납품했던 실적을 토대로 60GHz 대에서 위성과 관련된 응용연구에 관심을 갖고 있다.

3-3. 항공기 유도(Aircraft Guidance)

영국의 Marconic Defence System사, 미국의 Steinbrecher 사, Lear Astronics 사들은 활주로가 보이지 않는 상황하에서도 항공기의 안전한 착륙을 위해 밀리미터파 시스템을 활용하기 위한 연구를 하고 있다.

시계가 영(zero visibility)인 상태에서도 실시간 활주로 영상을 줄 수 있는 94 GHz bistatic, FMCW 레이더가 현재 개발 완료단계에 있다.

3-4. 군사용으로의 이용

미국방성의 1991년 핵심기술계획(Critical Technologies Plan)에 의하면 94 GHz 레이더 시스템을 목표로 하여 1996년까지는 1-20 GHz 영역에서 증폭기, 발진기, 믹서, 스위치 등을 단일기능(single-function) 밀리미터 소자화 내지는 MIC 화에 역점을 두며 2001년까지는 1-100 GHz 영역에서 다중기능(multi-function) 칩화를 가능케 하려는 계획을 가지고 있다.

미국의 TRW 사는 하이브리드 회로(hybrid circuit) 레이다를 대체하기 위해 40 GHz FMCW 레이다 송수신기를 단일 칩화한 상태에 있다. InGaAs HEMT 기술로 제작된 단일 칩에는 VCO, 전력 증폭기, LAN, 믹서, 전압 제어 변위기, 듀플렉서 필터 등이 집적되어 있다. 또한 94 GHz GaAs LNA 도 단일 칩화에 성공하고 있는 실정이다.

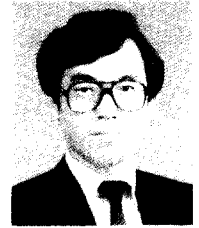
4. 일본의 밀리미터파 연구개발체제

우정성 산하의 통신총합연구소에서는 밀리미터파 전파전파 연구, 초전도 재료 연구 등의 기초 연구와, 밀리미터파 구내 무선통신 시스템, 퍼스널 위성통신 시스템, 차량용 레이다 시스템, 공업계측용 센서 등 밀리미터파 이용분야에 대한 연구를 수행하고 있다.

기반기술연구 촉진센터의 출자에 의해 설립된 로보텍 연구소와 밀리웨이브사에서 각각 밀리미터파(50-80 GHz)를 이용한 원거리 감시제어 시스템의 시험연구와 초소형 밀리미터파 통신 시스템의 시험 연구를 수행중이다. 또한, 사용자와 생산회사로 조직된 밀리미터파 개발이용 촉진협의회에서는 밀리미터파 개발 및 이용 촉진을 위한 개몽활동을 하고 있다.

VI. 맺는말

현재의 통신기술 발전추세에 비추어 볼 때 200년대의 주요 통신수단이 무선화될 것으로 전망되며, 국내, 외 통신시장에서 무선통신 관련 제품의 시장 점유율이 대폭 신장될 것으로 예상되고 있다. 또한, 교통관제, 원격제어, 의료진단 등의 전파 응용분야의 관련 산업 범위도 확대될 전망이다. 그러나 국내 마이크로파 및 밀리미터파 분야의 소자 및 시스템 개발과 관련되어 축적되어 있는 기술은 세계적인 수준과 비교할때 매우 빈약한 실정이다. 따라서 연구소, 대학, 기업에서 이 분야와 관련된 꾸준한 연구개발 노력이 필요하며 또한 각 기관의 연구개발 역할 분담과 함께 각 세부분야별, 연도별 연구추진 계획 등을 포함해서 체계적인 연구개발이 수립되어 수행 되어야만 하겠다.



박 동 철

- 1952년 2월 5일생
- 1974년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1976년 2 : 한국과학원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 1981년 6월~1984년 12월 : University of California, Santa Barbara 전기 및 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 1977년 6월~1978년 11월 : 독일 Ruhr-University Bochum에서 집적 광학 연구
- 1976년 3월~1993년 2월 : 충남대학교 전자공학과 교수
- 1993년 3월~현재 : 충남대학교 전파공학과 교수