

1991 년도

# 전 파 자 원 개 발 연 구

(준 M/W 대 이용 기술 조사)

육 재 립, 고 영 철, 김 혁, 원 상 도



# 목 차

제 1 장 개 요	147
제 2 장 주파수 자원 개발	148
1. 주파수의 개념	148
2. 주파수의 이용과 배분	148
3. 주파수의 자원개발	149
제 3 장 이동통신의 이용 현황	150
1. 이동통신의 개황	150
2. 육상 이동통신 이용 현황	152
3. Codeless Telephone (CT-2) 의 이용	156
4. 인공위성에 의한 이동통신	158
제 4 장 준 M/W 대의 전파전파 특성	163
1. 육상 이동 전파전파 특성	163
2. 해상 이동 전파전파 특성	169
3. 항공 이동 전파전파 특성	170
4. 위성 이동통신에서의 전파 특성	171
제 5 장 준 M/W 대 이동통신 시스템 이용 가능성	172
1. 육상 이동 무선전화 시스템 (차량용, 휴대용)	172
2. 이동 Data 통신 시스템	174
3. 화상통신등 광대역 전송 시스템	176
4. 종합정보 통신 시스템	177
5. 이동 위성통신 시스템	178
6. 위성 측위 시스템	181
7. 자동차 운행정보 시스템	183



제 6 장 M/W 대의 이용을 위한 연구개발 항목	186
-----------------------------	-----

1. 회로와 부품기술	186
2. 변복조와 부호 및 복호화 기술	189
3. Network 제어 기술	190
4. Fading 대책 기술	191
5. Antenna 기술	192

제 7 장 결 론	193
-----------	-----

참 고 문 헌	194
---------	-----



## 제 1 장 개 요

최근 사회,경제, 그리고 문화생활의 발전과 산업구조의 변화, 개인생활의 욕구 다양화와 우리나라의 국제적 지위 변화에 따른 정보의 가치와 중요성이 높아지고 있고, 정보의 전달 수단으로 전기통신의 역할이 중요한 시대가 되었다.

언제, 어디서나 정보를 이용하기 위해서는 전파를 이용해야만 가능하기 때문에 전파의 이용방법이 다양화 되고 있고, 수요가 급증하므로 한정된 주파수 Spectrum 을 어떻게 적절하고 유효하게 이용할 수 있는가 하는 점이 전파자원 관리의 기술적인 관건으로 되고 있다 .

1990년 전파연구소에서는 전파연구 중장기 계획의 수립과 함께 주파수 자원을 효율적으로 하기 위한 1차년도 과제로, 급증하는 옥상이동 통신의 수요에 대처하기 위한 1-3GHz 의 주파수인 준 M/W 대의 이용에 관한 각국의 연구개발과 이용 동향을 조사하고 효율적으로 준 M/W 대의 이용을 위한 연구개발 추진분야를 조사하였다.

## 제 2 장 주파수 자원개발

### 1. 주파수의 개념

통신을 목적으로 전파를 사용하는 입장에서의 주파수는 다차원 공간에 있는 전자 Spectrum 공간이 기초적인 개념이 된다. 이 "전자 Spectrum 공간은 주파수, 공간 (3차원, 시간) 편파등으로 부터 만들어진 다차원 공간을 고려하여야 한다.

실제로 전파를 이용하고 보다 주파수를 할당할 시에는 기술상의 제약등을 이유로 이 다차원의 공간으로부터 보다 축퇴된 보다 저차원의 공간을 이용하고 있다. 또한 주파수의 유효이용을 생각할 때는 기술적인 관점에서 변복조, 신호처리, 간섭, 잡음, 전력등의 요소를 갖는 다차원 공간과 신호 Spectrum 공간을 생각할 수 있다. 이러한 전자 Spectrum 을 점유하는 것이 전파 이용이라는 점에서 전파를 사용하는 이용자간의 혼신방지를 위해서는 일정한 기준설정과 제약을 할 필요가 생긴다.

전파를 이용할 때는 주파수에 따른 전파특성에 의해서 이용에 제약을 받는다. 즉 Radio Window 라고 하는 1-10GHz 이하의 주파수를 이용시 대기중의 비, 눈, 구름, 안개, 수증기등에 의한 흡수, 산란과 감쇄현상으로 이용에 제약을 받으며 지형 지물등 여건과 함께 전자 장치등 부품과 소자등의 기술적 특성에 따라 전파이용에 제한을 받는다. 이러한 문제들이 주파수 자원의 개발을 위한 과제가 된다.

### 2. 주파수의 이용과 배분

전파는 기술 특성상 유한한 자원이므로 유효하게 이용하기 위해서는 경제적인 면과 전파의 관측 이용 (전파천문등), 문화적 (학문적) 인 가치 그리고 주파수 특성에 따른 기술적인 특성에 따라 유효하고 적절하게 이용하여야 하며, 전파의 이용용도 목적과 이용가치성을 고려하여야 한다. 이러한 주파수 분배 (Allocation) 문제를 결정하기 위해서는 다음과 같은 점을 고려하여야 한다.

- 분배 대상인 주파수대의 이용 현황
- 통신의 수요 동향
- 기술의 동향
- 전자 Spectrum 공간의 이용 효율
- 대체 수단과의 관계
- 사회적 및 경제적인 효과

등을 고려한 주파수 이용 계획이 결정되어야 한다.



### 3. 주파수 자원 개발

주파수 자원의 분배정책을 결정하기 위한 첫번째 단계로는 전파 이용 기술동향을 파악하여야 하며 주파수 자원을 개발하는데는 다음과 같은 형태가 있다.

#### 가. 미이용 주파수대의 연구개발

- ① 주파수 Spectrum 을 이용하지 않는 주파수 (예로서 60GHz 및 120GHz 대부분) 를 이용하기 위한 기술의 연구개발로 주파수 자원을 활용하는 것

#### 나. 기이용 주파수대의 새로운 용도로의 이용을 위한 연구개발

- ① 1GHz 이상의 주파수대와 같은 이동통신에의 이용을 위한 기술이 아직 이용되지 않는 주파수대에서 수요가 많은 이동통신을 가능하게 하기 위한 새로운 방식등을 연구개발

#### 다. 기이용 주파수대의 이용 효율을 향상시키기 위한 연구개발

- ① 기이용되고 있는 주파수대에서 기존 시스템의 성능개선과 전자 Spectrum 공간의 효율을 높이기 위한 주파수 자원의 개발연구  
(예로서 협대역 통신방식의 채용으로 Channel 용량 증대화 시도)
- ② 또한 필요 주파수 대역폭을 증가시키지 않고 통신 품질을 향상시키거나 주파수 공유 기술의 개발로 전자 Spectrum 공간의 이용 효율을 향상시키므로써 기이용 주파수대의 이용 효율을 향상시키기 위한 연구개발
- ③ 그리고 전파의 Spectrum 이용상태를 파악하고 감시하여 주파수 할당의 적정화를 꾀하는 것도 주파수의 이용 효율을 향상시키는 하나의 방법이 된다.

## 제 3 장 이동 통신의 이용 현황

### 1. 이동 통신의 개황

최근 생활수준의 향상과 정보화 사회의 진전에 따라 육상 및 인공위성에 의한 통신의 수요가 급격하게 증가되고 있다.

대표적인 이동통신 방식은 미국 AMPS, 유럽의 NMT, 영국의 TACS, 일본의 MCA 등 Analog 방식에 의한 800MHz 대의 주파수가  $20\text{-}25\text{MHz} \times 2$  의 대역으로 이용되어 왔으나, 1988년도 부터 각국의 이용자수 급증은 RF Channel 의 이동 주파수 부족화 현상이 심각할 정도가 되어 1992년 - 1995년 경에는 주파수 부족에 의한 이동통신 이용의 불능현상이 예견되고 있다.

따라서 각국에서는 부족되는 기존의 Analog 방식의 주파수 부족을 해결할 수 있는 주파수 이용 효율이 높은 새로운 시스템과 ISDN 구축과 다양한 서비스를 제공하기 위한 Digital 방식의 Cellular 시스템의 개발이 요구되었다.

이러한 현상에 따라 유럽에서는 GSM, 일본에서는 JDC 그리고 미국에서는 IS-54 (TIA) 방식이 기존 FDMA 방식에서 새로운 Digital 방식으로 TDMA 방식을 채택하였으며, 미국에서는 CDMA 방식의 제안에 의한 TDMA 와 CDMA 방식의 재검토가 진행되고 있고, CCIR 에서는 차세대 전세계의 육상, 공중 및 해상에서 이동통신을 위한 FPLMTS 방식의 연구가 진행되고 있다.

따라서 기존의 150MHz 대에서 800MHz 의 공중 이동통신용 주파수의 이용상 부족화 문제를 해결하기 위해서 1-3GHz 의 준 M/W 대의 이용방안이 검토되고 있고 연구개발이 진행중에 있다.

일본에서는 이미 1.5GHz 의 준 M/W 대 주파수를 차세대 Digital 통신방식인 JDC 규격으로 이용하기를 결정하였으며, 미국에서는 CDMA 방식의 1.9GHz 대에 주파수를 이용한 PCS 통신 실험이 진행되고 있다.

더우기 이동위성 통신에 이용되고 있는 INMRSAT 에 1.2/1.6GHz 대의 이용과 일본에서 실험중인 AMEX 계획이 L-Band 를 이용하고 있다.

또한 Iridium, M-Sat, AvSat 등의 계획이 L-Band 를 이용할 계획으로 있어 준 M/W 대의 이용을 위한 각국의 이용 현황과 이동통신 기술개발을 파악하고자 한다.

표1 각국의 Digital 이동통신 시스템 표준 규격

Item	Europe DECT	Europe Cellular Mobile GSM	England CT-2	Japan Cellular JDC	US/TIA Cellular TIA 45.3	US PCN
Frequency(MHz)	1850-1900	925-935 935-960	364.1-868.1	1429-1513	880-900	1880- 1990
Access Method	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA
Channel Band width	1725KHz	200KHz	100KHz	25KHz	30KHz	-
Bit rate	1152kb/s	270.833kb/s	72kb/s	42kb/s	48.6kb/s	32kb/s
Spectral efficiency	0.67b/s/Hz	1.35b/s/Hz	0.72b/s/Hz	1.6b/s/Hz	1.6b/s/Hz	-
Mobile RF Power	250mW	20W	-	-	0.6-4w	0.1mW
Modulation	GMSK	GMSK	GMSK	11/4-QPSK	11/4-QPSK	DSS
Adaptive Equalization	-	Yes	-	Yes	Yes	-

## 2. 육상이동 통신 이용 현황

### 가. 우리나라

우리나라는 육상이동과 공중통신 업무를 위하여 30-40MHz 의 주파수를 이용하다가 1960년대부터 공중 육상이동 업무용으로 160MHz 대를 이용하고, 400MHz 대를 자가목적과 공중통신 업무로 이용하였으며, 본격적인 공중 육상이동 통신업무는 1984년 5월부터 수도권을 대상으로한 AMPS 방식의 차량 전화 시스템인 Cellular 통신이 사용 주파수 824-849MHz/869-694MHz 에 의한  $25\text{MHz} \times 2$  의 대역으로 지정 이용되어 초기 서비스 개시년도인 '84년말 2645 가입자에서 '88년도말 2만국이 되었고, 매년 2배의 보급증가 이용으로 '91년도에 가입자수 12만국이 되었다.

또한 Olympic 업무용으로 이용된 주파수 공용통신 방식 (TRS) 에 806-821MHz/851-066MHz 의  $20\text{MHz} \times 2$  대역으로 부산지역에서 이용중이며, 대상지역이 점차 확산되어 공공통신 및 사설통신에 까지 보급 이용이 되고 있다.

이러한 Cellular 에 대한 국민의 보급 이용증가가 지속될 경우에는 향후 2년-3년 후에는 현재의  $25\text{MHz} \times 2$  의 주파수 대역으로는 통화이용이 불가능하여 새로운 주파수를 효율적으로 이용할 수 있는 방식의 시스템 도입 이용과 ISDN 의 추구를 위한 Digital 방식의 채택 이용이 불가피하며, 이용 주파수도 새로운 주파수인 1-3GHz 의 준 M/W 대 이용이 될것이다.

## 나. 미 국

미국의 경우 1920년대 부터 경찰 업무용으로 AM방식의 차량 무선전화기가 개발 이용되었으며, FCC 에서는 1940년도에 20-50MHz 대의 주파수를 육상이동 업무용으로 지정하였다.

1964년 Bell System 에서 잡음에 강한 FM Mobile 시스템을 실용화시켜 이용하였으며, 1956년 부터 450MHz 대의 UHF 대를 도입하고 RF Channel 대역폭 60KHz 대를 30KHz 간격으로 협대역화 하였다.

1960년대 부터 Zone 개념의 IMTS 방식에 의한 주파수 다원접속 (FDMA) 과 복신통신 및 자동 Dial 접속기능을 150MHz 대와 450MHz 대의 주파수를 이용하여 서비스를 하였다.

또한 1983년 부터 800MHz 대의 AMPS 방식의 채택으로 소지역 (Zone) 개념의 Cellular 통신의 서비스가 개시되어 미국에서는 1989년도 말에 약 350만대 1991년도 말에는 470만대의 자동차 전화가 보급되어 이용중에 있으며, Canada 를 포함한 북미 전체에 약 550만대가 이용되고 있다.

최근 자동차 전화의 증가율이 높아지고 있어 1991년도 부터는 New York 과 Los Angeles 등의 대도시에서는 현재 이용되고 있는 800MHz 대의 주파수대에 의한 RF Channel 수로는 증가되는 가입자를 수용할 수가 없을 것이 예상되어 1988년 3월에 미국의 통신 공업협회 (TIA) 에서 Analog 방식의 기술표준의 검토를 시작하였다.

TR-45.3 에는 8개 사업체에서 제안한 시스템을 88년 5월에 접수하여 평가를 시작하고 주파수 이용 효율이 높은 시스템의 이용을 위해서 Digital 방식의 제2세대 방식으로 FDMA 방식을 AT&T Bell 연구소에서 제안하여 89년 1월에는 Access 으로 TDMA 방식을 결정하였으며, 또한 89년 5월에는 변조방식으로 일본과 동일한  $\Pi/4$ -QPSK 로 결정하였고, '89년 12월에는 Analog Difital 공용방식의 잠정적 표준으로 IS-54 를 작성하여 '90년 2월에 TIA 의 위원회에서 채택하였으며, Dgital Cellular용 이동용 단말장치의 표준규격을 위한 IS-55 와 기지국과 교환국을 위한 Network 의 표준규격을 위한 IS-56을 작성하여 Analog-Digital 겸용의 TDMA Digital Cellular 통신에 의한 서비스를 '92년도 부터 개시할 예정이다.

한편 TIA 에서 IS-54 를 규격으로 채택한 이후 Qualcomm 사를 중심으로한 CDMA 방식의 Digital Cellular 방식이 제안되어 1991년 12월 워싱턴 지역에서의 실험에 의한 결과, 1992년에 미국의 Digital 자동차 전화방식에 의한 Know-How 가 축적되어 실용화가 가능하지만, CDMA 의 경우 실용화를 위해서는 수년후의 기간 후에야 이용이 가능할 것이 예상된다.

## 다. 유 령

Europe 에서의 공중 육상이동 전화의 가입자수는 1990년말 100만을 넘어서 미국, 일본과 같이 주파수 부족에 고심하고 있으며, 대용량의 시스템 개발이 필요하게 되었다.

Europe 에서는 Nordic 의 NMT, 영국의 TACS, 프랑스의 RC2000, EHRDLF C-450 등 국가별 각기 다른 방식의 채용에 따라 방식이 다른 국가에서는 통화가 되지 않으므로 1983년 EC 통합과 관련한 유럽 전기통신 주관청 (CEPT) 에서는 GSM (Group Spectial Mobile) 을 설립하여 주파수 이용 효율을 높이고 CEPT 를 포함한 각국에서의 이용을 위한 통일된 방식을 연구하였다.

DSM 개발은 1988년 3월에 CEPT 가 설립한 유럽 전기통신 표준화기구 (ETSI) 에서 인계를 받아 영국, 독일, 프랑스등 17개 국가의 협력으로 1989년 3월 부터 기술권고의 평가를 시작하여 ETSI 의 제1기술 위원회로서 GSM 을 담당하고 5개 작업반 (WP) 을 구성하여 ① 서비스 ② 무선 Interface ③ 기지국을 포함한 Network ④ Data 서비스등에 대한 평가를 하였다.

이 연구에서는 FDMA, 광대역 TDMA 등 여러방식을 검토한 결과 1987년에 일본의 세2세 대용 협대역 Analog FDMA 방식과는 다른 Digital 8 Channel 다중 Channel 간격 200KHz 의 협대역 TDMA, 방식을 CEPT 가맹국 13개국의 합의하에 결정하였다.

TDMA 방식의 채용 이유는 기지국의 송신기 수량감소, 주파수 안정도의 용이성에 의한 저가격 (경제성) 이 특징이기 때문이다.

사용 주파수는 900MHz 대 25MHz×2 의 대역을 계획으로 하고 있으며, 다만 영국에서는 15KHz×2 의 대역을 Analog 방식으로 사용하기로 하였으며, Europe 의 전지역을 대상으로 하고 ISDN 과의 상호 접속이용과 휴대 전화기의 서비스를 제공하기 위해서 통일 방식 을 채택 하였다.

1991년 6월 부터 GSM 의 서비스를 개시하고 1993년도 까지는 각국의 수도권에서 서비스를 개시할 예정이며, 1995년도 까지는 각국의 고속도로에 까지 서비스 제공을 목표로 추진하고 있다.

## 라. 일 본

일본은 1967년도 부터 400MHz 의 주파수대에서 공중 육상이동 통신방식을 개발하였으나 주파수 할당의 문제점으로 800MHz 주파수로 자동차 전화 서비스를 NTT 가 '79년 12월 부터 동경지역의 서비스를 개시하면서 소 Zone 개념의 MCA 방식을 최초로 도입 이용하였다.

자동차 전화방식은 1979년 동경에서 서비스를 개시한 이래 전국에서 40만 가입자를 넘었 으며, 현행 시스템을 개선하기 위해 NTT 에서 Analog 방식의 제2세대 시스템 용량의 증대를 시도하였다. 더우기 협대역인 12.5KHz 간격 Interleave (6.25KHz Channel 간격) 도 검토하고 있 다.

한편, 주파수의 유효 이용과 ISDN 서비스에 대응하기 위하여 NTT 를 중심으로 1988년 부 터 Digital 이동통신 기술의 연구개발을 개시하였다. GMSK 방식등의 고능률 Digital 변복조의 연구, 다중통로 반사파의 환경하에서의 Bit 오류 특성과 Diversity 효과의 실험등을 추진하면서 TDMA 방식의 구성법, 전송 특성등 시스템 검토도 행하였다. 또한 Fading에 강한 협대역의 음 성부호화 방식으로서 오자 정정 기능이 포함 16kb/s ABC-AB CODEC 을 개발하여 종래의 Analog FM 방식을 능가하는 Digital 음성부호화 방식의 실용화 개발을 하였다.

더우기 통신의 고도화를 목적으로 전송 속도와 부호오율 특성의 관계, 오자 정정 효과, 고품질 Facsimile 전송등의 실용화를 진행하였다.

고속신호 전송시에 문제가 되는 다중통로 반사파의 지연에 대한, 파형등화가 완전하지는 않으나, 등화기술은 M/W 대 Digital 기술과 공통점이 있으므로 M/W 대 256 QAM 방식으로 실 용화가 되었다.

더우기 NTT 에서는 준 M/W 대의 전파특성 연구로서 800-2200MHz 대에서 Digital 전송, Micro-cell 구성, 그리고 본격적인 휴대전화 방식의 실현에 필요한 전파특성에 대한 실험을 수 행하여, 전파특성의 문제는 고속 Digital 전송 기술을 적용하기 때문에 Digital 이동통신 방식의 개발이 급속하게 진전되고 있다.

우정성에서는 1987년 6월 부터 준 M/W 대의 이용 방침을 명쾌하게 하기 위해서 「준 M/W 대 실험추진 연락처」를 조직하여 우정성 전파연구소 (현재의 통신총합연구소), NTT 그리 고 「준 M/W 대 실험실시 협의회」의 3개 기관의 협력에 의한 준 M/W 대에서의 전파손실, 부호 오류, 다중통로 반사파의 지연특성 그리고 오자 정정 효과등의 측정을 실시하였으며, 198 9년 4월에 우정성을 중심으로한 「Digital 방식의 자동차 전화시스템에 관한 연구 조사회」가 발족하여 1429-1513MHz 의 주파수를 사용하는 차세대 Digital 방식의 이동통신 시스템의 규격 을 결정하였고 1992년 부터 상용 서비스의 개시를 계획중이다.

### 3. Codeless Telephone (CT-2) 의 이용

개인용 Personal Communication Service 진전에 따라서 기존의 가정용 Codeless 전화기에 이어서 차세대 일방향 Digital Codeless 전화기 (CT-2) 그리고 양방향 Local Area에서의 Codeless 전화기 (CT-3) 가 가정과 공중 밀집지역인 역, 공항, 백화점, 운동장등 공중 이용율이 많은 지역에 설치된 공중용 기지국 (Telepoint) 에 의해서 이용될 것이다.

CT-2 의 경우 고밀집 지역과 저전력의 Building 내부에서의 통신과 저밀도 지역에서 고전력으로의 이용하는 차량용 Cellular 시스템과 같이 Personal Communication System 을 구성할 것이다.

CT-2d의 경우 소형, 경량의 저가격으로서 지적화 되고 휴대성이 용이하며 서비스가 다양하여, 고밀도 지역에서 Pico-cell 개념 (수집 meterdml 서비스 반경) 으로 이용하므로서 장치와 사용요금도 Cellular 방식에 비하여 0.1배 정도의 가격으로 이용되어, 중산층 이하의 일반 대중에서 이용할 수 있도록 한 것이다.

1988년도에 영국에서 Commom Air Iterface 방식에 의한 실험을 성공적으로 끝내 1990년도 부터 서비스를 개시하고 있다. France, 독일, Hongkong, Singrpole 등지에서도 CT-2 서비스를 개시할 예정에 있다.

Canada 에서도 Nothern Telecom 과 BCD Mobile 에서 AGE, Ed Tel, Sask Tel, MTS Mobile, NB Tel, MT&T Mobile 그리고 Nfld Tel 과 제휴에 의한 Digital Codeless 통신 (DCT) 을 위해서 1990년 2월 부터 1991년 2월 까지 실험을 하였으며, 1991년 3월 부터 8월 까지 상용화 실험도 실시하였다.

Canada에서는 Montreal, Toronto, Regina, Edmond 그리고 Halifax 지역에서 200명 이상의 초청자들을 대상으로 실험을 실시하였다. 이 실험에서 사용된 주파수는 864-868MHz 이었고 1991년 하반기에 기지국 설치의 증설과 함께 1992년도 부터 Canada 의 체신성의 주도로 서비스를 개시할 예정이다.

영국의 경우 1985년에 5천7백만명의 인구중 차량전화 보급율이 50만명 정도가 되므로 1995년에는 CT-2 의 이용자가 5백만명 정도가 될 것으로 예측하여 Ferranti Limited (영국) ; Philip (Netherland) / Barclays Bank (영국) / Shel oil (미국) ; STC (영국) / British Telecom / France Telecom / Nynex (미국) ; Motorola (미국) / Shaya Comm (영국) / Merdury Comm (영국) 으로 하여금 사업자의 운용지정을 1989년 부터 산업 무역성으로 부터 4개의 운용사가 면허를 받아 864-868MHz 의 주파수에 의한 40×100ch 의 Digital Codeless 전화 (CT-2) 를 도입중에 있다.



표2 Digital Cedeless Telephone 개발 현황

Parameter	CT2Plus	CT3	DECT	CDMA
Multiple access method	(F/T)DMA	TDMA	TDMA	CDMA
Duplexing method	TDD	TDD	TDD	FDD
RF channel bw, MHz	0.10	1.00	1.73	2x1.25
RF channel rate, kb/s	72	640	1152	1228.80
Number of traffic ch. per one RF channel	1	8	12	32
Burst/frame length, ms	1/2	1/16	1/10	n/a
Modulation Type	GFSK	GMSK	GMSK	? QPSK
Coding	Cyclic, RS	CRC 16	CRC 16	Conv 1/2, 1/3
Transmit power, mW	$\leq 10$	$\leq 80$	$\leq 100$	$\leq 10$
Transmit power steps	2	1	1	many
TX power range, dB	16	0	0	$\geq 80$
Vocoder type	ADPCM	ADPCM	ADPCM	CELP
Vocoder rate, kb/s	fixed 32	fixed 32	fixed 32	up to 8
Max data rate, kb/s	32	ISDN 144	ISDN 144	9.6
Processing delay, ms	2	16	16	80
Re-use efficiency				
Minimum	1/25	1/15	1/15	1/4
Average	1/15	1/07	1/07	2/3
Maximum	(Note 1) 1/02	(Note 1) 1/02	(Note 1) 1/02	3/4
Theor. number of vc. per cell and 10 MHz	100x1	10x8	6x12	4x32
Practical per 10 MHz				(Note 2)
Minimum	4	5-6	5-6	32 (08)
Average	7	11-12	11-12	85(21)
Maximum	(Note 1) 50	(Note 1) 40	(Note 1) 40	96 (24)

## 4. 인공위성에 의한 이동통신

1962년 Telstar 에 의한 미국 - Europe 간 Television 화상중계 통신이 개시된 이후 1967년 7월 MIT (Massachusetts Institute of Technology) 에 의한 LES (Lincoln Experimental Statellite) 통신실험 위성 5호와 6호에 의한 UHF 대 항공기 및 해상에서의 이동통신 실험이 실시되었고, NANSAT 의 기술 응용위성 ATS (Applications Technology Satellite) 계획에 의한 1550-1650MHz 의 주파수를 이용한 이동통신 실험실시와 1982년 2월 부터 INMARSAT 에 의한 해상에서의 선박국과 해안국간에 L-Band 를 이용한 전세계적인 상업 이동통신이 개시되었다. 또한 호주에서는 AUSSAT 에 의한 호주 전역에서의 육상 및 해상에서의 이동통신 실험과 이용을 계획하고 있으며 일본에서는 1987년 8월에 발사한 기술실험 위성인 ETS-V 호 (Engineering Test Satellite) 에 의한 항공 및 해상이동 위성통신을 실험을 실시중에 있다.

표3 L-Band 주파수를 사용하는 이동위성 통신용 주파수

Down - Link (MHz)	Up - Link (MHz)	분 배 서 비 스
1530 - 1533	1631.5 - 1634.5	해상 및 육상이동위성 업무
1533 - 1544	1634.5 - 1645.5	해상이동위성 업무(Primary), 육상 이동위성 업무, data only (Secondary)
1544 - 1545	1645.5 - 1646.5	비상 및 조난 업무
1545 - 1555 1555 - 1559	1646.5 - 1656.5 1565.5 - 1660.5	항공이동위성 업무(공중통신) 육상이동 위성업무 항공 및 해상위성 업무

## 가. 해상위성 이동통신

1982년 2월 부터 상업용 해상위성 이동통신을 위해서 INMARSAT 인공위성과 선박에 장치된 직경 40cm 정도의 안테나를 이용한 지구국 (선박국) 에 의한 이동통신 업무가 선박 - 위성 간 1535-1543.5MHz 에 의해서 통신을 하고 있다. INMARSAT 인공위성은 2개의 제2세대 위성과 7개의 제1세대 인공위성이 발사되어 운용되었으며, '90년 10월 30일 항공 이동통신을 위한 3MHz 주파수 대역으로 인도양 상공인 E64.5 °의 정지궤도에서 운용되고 있고, '91년 3월 8일에는 제2의 2세대 인공위성이 대서양 상공인 W15.5 °에서 운용될 것이다. 또한, Marecs-B2 위성이 '90년 9월 W26 ° 상공에서 W55.5 ° 상공으로 궤도를 이전하여 운용중에 있다.

또한 제3세대 INMARSAT 가 '94년 7월 1일 부터 1개월 간격으로 4개가 발사될 계획이다

제3세대 인공위성은 L-Band 의 주파수를 이용한 Eirp 48dBw 로서 제2세대 인공위성의 10배, 제1세대 INMARSAT 보다 30배나 높은 송신출력을 이용하게 된다.

표4 해상위성 통신 운용 현황

위 성 명	궤 도	발사년	상 태	출 력
MARECS - B2	W 55.5 °	'84.11.9	운용	35 dBw
INTELSAT - 2 F2	W 15.5 °	'91.3.8	운용	35 dBw
INTELSAT-5-MCS-B	W 18.5 °	'83.5.19	예비	35 dBw
MARISAT - F1	W 106.6 °	'76.2.19	예비	35 dBw
INTELSAT - 2 F1	E 64.5 °	'90.10.30	운용	35 dBw
INTELSAT-5-MCS-A	E 63.0 °	'82.9.28	예비	35 dBw
MARISAT - F2	E 72.5 °	'70.10.14	예비	35 dBw
INTELSAT-5-MCS-D	E 180.0 °	'84.3.4	운용	35 dBw
MARISAT - F3	E 176.5 °E	'76.6.9	예비	35 dBw

#### 나. 호주의 이동위성통신 (AUSSAT)

호주의 전체 인구중 85% 에 해당하는 인구가 호주 전체 면적의 3% 에 해당되는 지역에 밀집되어 있으며, 전체 인구 밀집지역은 광활량 자역에 상재되어 있으므로 호주의 이동통신 수단은 INMARSAT-M 시스템과 사설 V/UHF 이동통신 그리고 HF 대의 사설통신이 주를 이루고 있다.

호주는 광활한 지역에 통신 Network 과 방송기능을 소형, 경량의 저가적으로 효율적인 이용을 하기위한 방안으로서 정지위성을 이용한 Aussat 이동통신을 계획하고 1992년 부터 서비스를 개시할 계획으로 있다.

이 계획에는 14MHZ 대역의 L-Band 와 Ku-Band 를 이용하여 Erip 48dBw 의 단일 Beam 으 로써 호주와 인근 해역을 약 1000 개의 RF Channel 로 이용할 계획이다. 이동위성 업무는 DAMA (Demand Assignment Multiple Access) 기술을 이용하여 Gateway 기지국을 제어하고 주요 Gateway 국은 공중 전화국과 연결시킬 계획이다.

통신은 TSMA 의 ALOHA mode 에 의한 data 전송과 교환에 이용하도록 하였으며 소형 경량의 이동국과 휴대국에서 이용할 수 있도록 SCPC (Single Channel Per Carrier) 의 6.6kbps 전송과  $\pi/4$  QPSK 에 의한 음성 Data Facsimile 의 전송이 가능하도록 하였으며 INMARSAT 과 같이 6.4kbps 의 음성서비스를 Massachusetts Institute of Technology (MIT) 에서 개발한 Improved Multi Band Excitation (IMBE) Algorithm 을 채택하였고, Voice Encoder 는 42kbps 로써 남은 bit 는 Forward Error Correction Code 로 이용하여 높은 효율의 전송효과와 자동오자 정정 기능을 채택하였다.

위성회선의 C/No 는 47dBHz 로서 clear sky 에서는 43dBHz 의 고품질 통신이 가능토록 하였다.

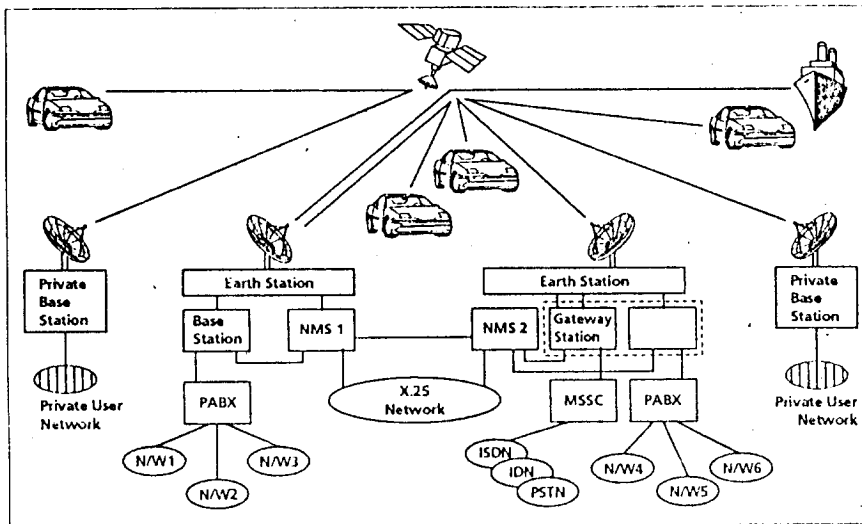


그림1 AUSSAT 이동 통신 시스템 구성

### 다. 일본의 이동위성 실험 (AMEX)

일본 우정성에서는 1983년 5월부터 INMARSAT 에 의한 전세계적인 이동통신 시스템과 같이 항공, 해상, 육상에서의 광역 이동통신을 위한 실험 이동위성 시스템 EMSS (Experimental Mobile Satellite System) 계획에 의해 1.6/1.5GHz 의 L-Band 와 6/5GHz 의 C-Band 를 이용한 실험을 1987년 8월 27일 동경 150 °의 정지궤도에 발사한 550kg 규모의 ETS-V (Engineering Test Satellite) 에 의한 실험을 우정성 통신종합연구소 주관으로 실험중이다.

이 계획은 AMEX (Aeroautical Maritime Experimental Transponder) 라고 하는 위성중계 장치를 이용하여 실험중에 있다.

표5 일본의 AMEX 위성 실험제원

기종	L - Band	C - Band
송신 주파수 수신 주파수	1542.0 MHz, 1546.5 MHz ( $\pm 1.5$ MHz) 1644.0 MHz, 1648.5 MHz ( $\pm 1.5$ MHz)	5230.0 $\pm$ 11.25 MHz 5960.0 $\pm$ 11.25 MHz
Antenna	1.5m 26dBi	Horn(0.22m) 20dBi
G/T	-4 dB/k	-12.7 dB/k
Eirp	24.4 dB SN/CH	1.8 dBW/CH
Polarization	LHCP	LHCP
Transponder		
• HPA	30W	6W
• LNA	NF : 1.7 dB	NF : 2.1 dB

표6 AMEX 지상실험 장치의 제원

내 용	휴대용	차량용	항공기용	선박용
주파수	L - Band	L - Band	L - Band	L - Band
Antenna	2Patch	Patch, Helical	Phased Array	Back fire (40 Cm)
이득	6dBi	6 - 10 dBi	12-14dBi	15dBi
추진방식	수동	간이형	Step	Program
G/T	-21dBk	-16-20dBk	-13dBk	-10dBk
EIRP	6dBW	16-20dBw	27dBw	SCPC:29dBw TDM A:32dBw
CHANNEL	Packet(100bps)	SCPC, SSMA	SCPC	SCPC(MSK, BPSK, NBFM)
중량	13kg		18kg	TDM/TDM A(BPSK)
비고	가방형 case		Doppler 제어가능	fading 감소기능

## 제 4 장 준 M/W 대의 전파 전파 특성

이동통신 시스템 설계시 기본적인 중요한 요소로서 이동체의 종류와 전파통로의 상태에 따라 육상, 해상 및 공중과 우주에서의 위성통신에 이용하는 전파전파 특성을 검토한다.

## 1. 육상 이동전파 전파특성

육상 이동통신에 대한 준 M/W 대 전파의 전파특성은 많은 연구 결과가 발표되었으나 현재까지 어느 곳에서도 만족할만한 정확한 결과가 도출되지 못하였다.

육상 이동통신에서 대부분을 점유하는 시가지에서의 전파 전파특성은 준 M/W 대 육상 이동 통신의 실현을 위해서 중요한 요소가 된다.

기지국의 경우 사용 안테나가 지면에서 부터 수십 Meter 정도인데 대하여 차량 또는 개인 휴대형 이동장치는 1-2m 이내의 높이에서 이용하므로써 전파 통로상 건물, 나무 등 지형과 주변 환경에 따라 그 전파 특성이 달라진다.

CCIR 의 보고서 제 567-3 에 의해서 추정한 준 M/W 대의 전파손실 특성과 CCIR 의 IWP /8-13 의 위원회에서 보고된 자료를 800MHz 기준으로 한 주파수별 자유 공간상의 전송손실  $L = (4\pi/\lambda)^2$  과 실험적인 전파손실을 비교한 결과는 표 7과 같으며, 여러 실험에 의한 결과는 그림 2와 같다.

따라서 육상에서의 이동통신을 위한 전송손실은 이용대상 지역의 지형 여건과 특성에 따라 충분한 조사와 실험치를 적용하고 비교 검토를 하여야 한다.

표7 주파수 대별 전송 손실

주 파 수	자유공간손실	CCIR REP-567-3	CCIR IWP/8-13
150 MHz	-14.5 dB	-18.9 dB	-
400 MHz	-6.0 dB	-7.8 dB	-
800 MHz	0	0	0
1500 MHz	5.5 dB	7.1 dB	8.3 dB
2500 MHz	9.9 dB	12.9 dB	15.3 dB

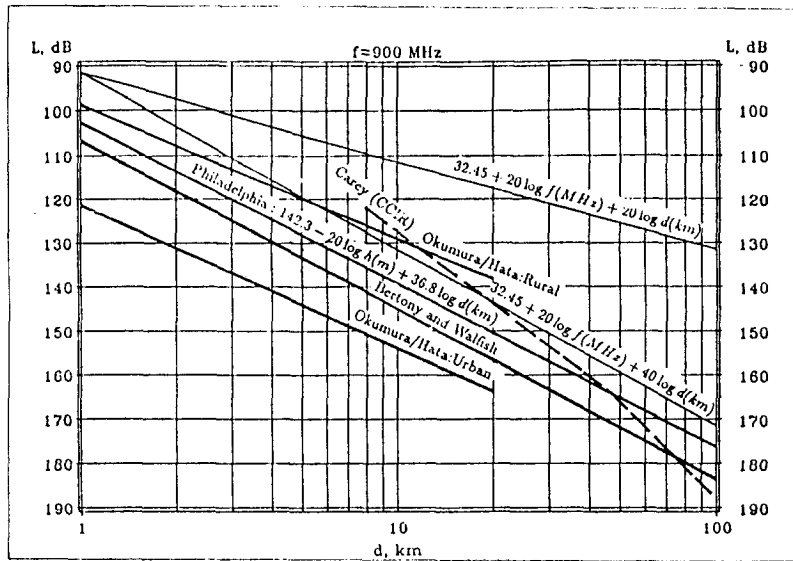


그림2 육상이동 통신의 전파전파 특성

아래는 New York 에서 1.9GHz 에 의한 도시내에서의 CDMA 실험시 지형과 지물 등의 영향등 전파 전파특성 실험 결과의 예이다 (그림3 참조).

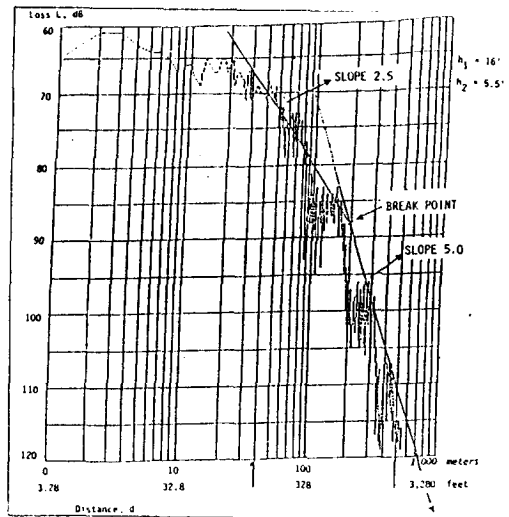


그림3 New York에서의 1.9GHz 전파전파 특성 측정 (예)



가. PCS를 위한 CDMA 실험시 전파전파 특성

1990년 5월 8일 Millicom사와 1990년 9월 24일 LOCATE사는 PCN (Personal Communications Network)의 실험을 위해서 FCC로부터 1850-1990MHz (50MHz)의 주파수를 이용하는 Spread Spectrum 방식의 광대역 CDMA 통신실험 승인을 받았다.

Millicom과 LOCATE사는 SCSM사와의 계약에 의해 SCS사의 장비의 설계와 개발에 의해서 (V-CDMA) Huston, Orlando, Long Island, 그리고 New York 지역에서 실내 및 실외 실험을 실시하였다.

이 실험은 EIA Document 10E의 규정에 의한 평균 송신출력 0.1mW로서 600여 가입자 측과 실험을 실시하여 32kbps의 data 전송속도에서  $10^{-3}$ 의 오류 (BER)을 확인하였고 (FECC Encoder/ Decoder 없이) 사용자 밀도는 400m/400m (1200FT×1200FT)에서 실시하여 B-CDMA PCN을 (1.6 km<sup>2</sup>)의 면적당 최대 12,000 가입자가 이용할 수 있는 실험을 하였으며, 이 실험에서 2GHz의 주파수에서의 건물, 대지 및 바닥, 나무, 사람 등에 의한 다중 반사파의 지연시간 지연과 수신전파의 반사파 특성 변동에 따른 Multi-path fading 특성이 40-60dB로 변동되어 fading 대역폭이 발생되고 이 경우의 fading 폭은 20dB를 넘는 것으로 측정되었으며, 외부 건물과 유리에 의한 전파손실이 20dB 정도의 손실과 주거용 건물에서는 6-10dB, 그리고 지하층과의 실험에서는 30dB 정도의 손실이 발생됨을 측정하였다.

## 나. 건물의 영향 실험

한편 1990년 봄에 Bradly 대학의 전기공학과에서 Virginia Technical Mobile and Portable Radio Research Group (MPRG) 를 설치한 연구팀에 의해서 1.3GHz 와 4.0GHz 에 의한 PCS 통신의 실험 결과 건물의 외부에서 송신된 전파가 건물 내부에 침투시 손실을 측정한 결과는 표 8과 같았다.

	FAF(dB)	$\sigma$ (dB)	# Locations
Office Building 1:			
Through 1 floor	12.9	7.0	104
Through 2 floors	18.7	2.8	18
Through 3 floors	24.4	1.7	18
Through 4 floors	27.0	1.5	18
Office Building 2:			
Through 1 floor	16.2	2.9	40
Through 2 floors	27.5	5.4	42
Through 3 floors	31.6	7.2	40
	n	$\sigma$ (dB)	# Locations
All Buildings			
All Locations	3.14	16.3	646
Same Floor	2.76	12.9	501
Through 1 Floor	4.19	5.1	144
Through 2 Floors	5.04	6.5	60
Through 3 Floors	5.22	6.7	58
Grocery Store	1.81	5.2	89
Retail Store	2.18	8.7	137
Office Building 1:			
Entire Building	3.54	12.8	320
Same Floor	3.27	11.2	238
W. Wing 5th Floor	2.68	8.1	104
Central Wing 5th	4.01	4.3	118
W. Wing 4th Floor	3.18	4.4	120
Office Building 2:			
Entire Building	4.33	13.3	100
Same Floor	3.25	5.2	37

표8 건물 영향과 각층에 의한 전파 손실

이때 송신된 안테나의 높이는 1.8m 이었으며 수신 Antenna 는 책상 높이에서 측정한 결과 이다.

또한 건물의 내부 구조물 등에 의한 실험을 위한 59×59m 의 지역에서의 실험결과는 표 9 와 같다.

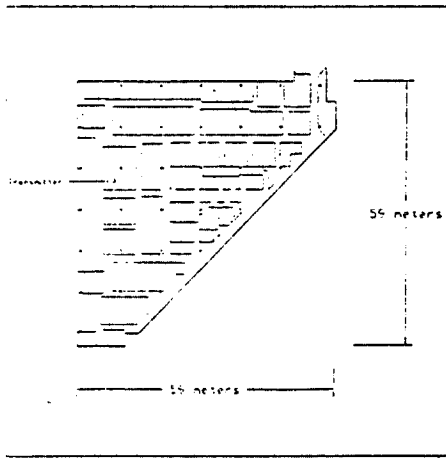


그림4 건물구조도

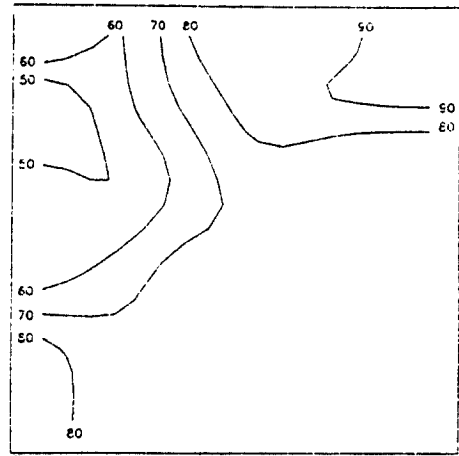


그림5 전계강도 분포도

표9 건물내 구조물에 의한 감쇄 특성 (1.9GHz)

대 용 분	감쇄 특성	대 용 분	감쇄 특성
In Office Buildings		General Machinery	10
Concrete Block Wall	15	100 sq. feet floor	
Loss From One Floor	20 - 30	Heavy Machinery (20 sq. ft)	5
Loss From One Floor and one Wall	40 - 50	Metal catwalk/stairs	5
None observed when elements formed a right angle corner in a corridor	10 - 15	Light Textile	1 - 2
Light textile inventory	1 - 2	Heavy Textile inventory	5 - 10
Chain link fenced in area 20 ft high which contains tools, inventory, and people	5 - 12	Area where workers inspect metal finished products for defects	1 - 5
Metal planker 12 square feet	4 - 7	Metallic inventory	1 - 2
Metallic Hoppers which hold scrap metal for recycling 10 square feet	5 - 6	Large Foam (10 x 10 m)	0 - 10
Small Metal Pole 6 in. diameter	3	Metallic inventory racks 9 square feet	1 - 9
Metal Pulley System used to hoist metal inventory 4 sq. ft	6	Empty Cardboard inventory boxes	2 - 6
Light Machinery 10 sq. ft	1 - 4	Concrete Block Wall	10 - 20
		Ceiling Duct	1 - 6

## 2. 해상이동 전파 전파특성

해상에서의 선박 이동통신을 위한 전파 전파특성은 직접파와 해면 반사파의 간섭에 의한 fading 영향이 문제가 된다.

해상에서는 자유 공간상의 기본 전송손실에 의해서 거리와 사용 주파수가 높을수록 손실이 커지며 통신이용 가능거리  $\gamma$  은

$$L = \frac{P_r}{P_t} = \left( \frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \quad \text{----- (식 1)}$$

$$\gamma = \sqrt{2ka} \left( \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right) \quad \text{----- (식 2)}$$

여기에서 K : 등가지구 곡률 계수 (4/3)

a : 지구반경 (6376Km)

h1, h2 : 송수신 Antenna 높이

따라서 h1, h2 를 50m 와 10m 로 한다면 통신 가능거리는 42km가 되며 220m 와 9m 의 높이에서는 통신가능 거리가 약 73.5km 가 된다. 해면 반사파에 의한 Multipath fading 을 고려하여야 한다.

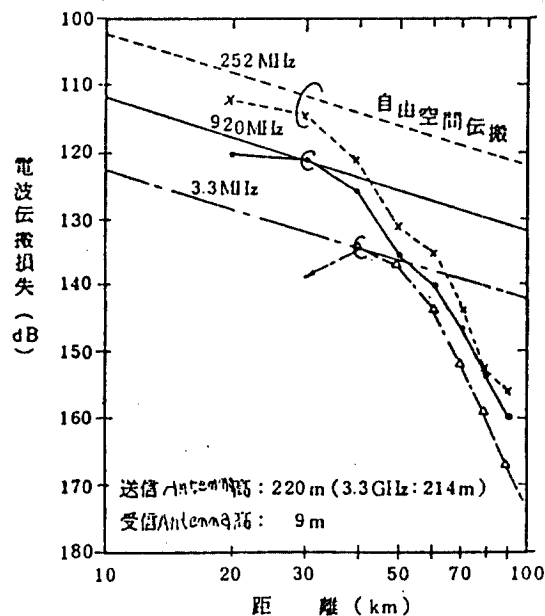


그림 6 해상 이동 전파의 전파 특성

### 3. 항공이동 전파 전파특성

공중에서의 항공기에 의한 이동통신은 고도가 높을수록 통신 가능 구간은 확대되어 해상 통신 보다도 약 10배 이상의 거리에서 통신이 가능하지만 기상 상태의 조건에 따른 표준대기 상태의 굴절을 변화에 의한 전계 강도의 상태가 크게 변화한다.

따라서 계절별 시간별 온도에 따른 대기압등의 변화로 인한 10-20dB 의 수신강도 변화가 된다. 또한 항공로가 해상의 경우에는 직접파와 해면 반사파에 의한 간섭성 Fading 에 의한 20dB 정도의 수신 전계 강도가 변화 하며 사막이나 대지에 의한 반사파는 약 5dB 정도이며, 항공기가 선회할 때에 Off-Beam 에 의한 약 10dB 정도의 수신강도 변화가 예측된다.

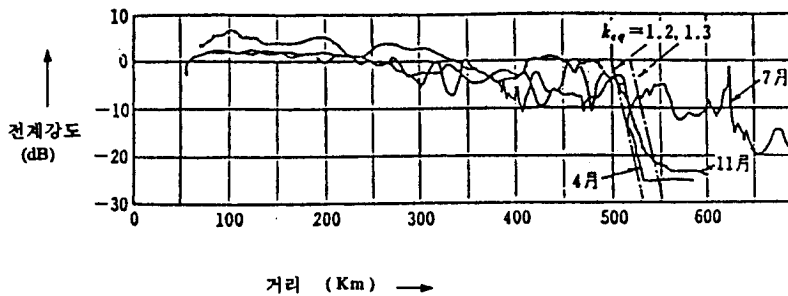


그림 7 항공이동 전파의 전파특성 (930 MHz)

#### 4. 위성 이동 통신에서의 전파특성

준 M/W 대의 위성 이동통신의 전파 전파 특성은 Multi-path fading 과 지형 지물등에 의한 Shadowing 의 영향이 크지만, 대기 하부의 전리층에 의한 영향을 고려한 System 의 회선 설계 시 Margin 을 결정에 유의하여야 한다.

##### 가. 육상이동 위성통신에서의 전파

미국과 Canada 의 육상이동 위성통신 계획에 의한 위성, Helicopter, Balun 등에 의한 실험 결과가 CCR Report-1009 에 L-Band 1.6/1.5GHz 에 의한 실험 결과로서

- ① ATS-6에 의한 양각 11도 - 43도에 의한 실험결과와
- ② MARECS-A 해상위성에 의한 양각 20도의 실험 결과가 제시되었다.

실험 결과 지형 지물등의 영향을 받는 도시내에서는 fading 변동폭이 5-20dB 정도이며, 최대 30dB 까지 변동하고 고속도로의 경우 3-10dB 정도이며, 최대 15dB 까지 영향을 받는다.

도시에서는 건물등에 의한 차폐와 Multi-path 에 의한 fading 이 주요 fading 발생 요인이 되고, 고속도로의 경우 가공선주와 Tower 및 나무에 의한 영향, 산악지역의 능선과 계곡에서 fading 및 차폐 영향과 또한 강우 감쇄와 전리층에 의한 Scintillation 을 고려한 종합적인 검토가 요구 된다.

##### 나. 해상에서의 이동 위성통신의 전파특성

해상에서의 인공위성을 이용한 선박통신시에는 차폐영향이 거의 없고 전리층 Scintillation 에 의한 영향과 해면 반사파 및 선박의 Mast 와 갑판에 의한 반사파 영향에 의한 fading 이 문제가 된다.

이러한 경우에 Antenna 가 지향성이 예민하지 않는 소형 Antenna 를 이용 할수록 해면 반사에 의한 fading Margin 을 고려하여야 한다.

해면 반사에 의한 fading 율은 3-4dB 정도이며 최대 10dB 정도가 되고 선박의 속도, rolling 각 파도의 높이, 위성의 양각등에 의해서 결정 되어진다.

## 제 5 장 준 M/W 대 이동통신 시스템 이용 가능성

### 1. 육상 이동 무선전화 시스템 (차량용, 휴대용)

차량 및 휴대용으로 이용하는 이동통신 시스템은 RF 대역폭과 전파전파 특성등에 의한 V/UHF 대의 주파수대가 적당하다. 또한, 주파수가 높을수록 전파 손실이 증가하기 때문에 Small-Zone화가 용이하여 동일 주파수를 다른 지역에서 이용할 수 있어 많은 가입자의 수용이 가능하다.

이러한 점 때문에 낮은 주파수대는 이용자가 적고, Service 지역과 Cell-반경이 큰 시스템에서 이용을 하고 높은 주파수대는 이용자가 많고, Service 지역과 Cell-반경이 적은 시스템에서 이용을 한다.

한편 복신 통신 시스템에서는 송·수신 주파수 간격과 기기의 문제로 주파수 간격을 좁게 할 수록 Filter 의 감쇄 특성이 양호한 것을 이용하여야 하므로 Filter 가 커지고, 손실이 증가하며 주파수 간격이 클수록 Antenna 의 광대역화가 필요하며 대역에서의 이득이 적어진다.

음성통신에서는 12.5KHz 의 협대역 전송시 경제적인 시스템 구성이 되기 때문에 현재의 Analog 전송에 주로 이용되고 있다. Digital 방식에서는 고도의 비화 특성과 고속 data 전송, TDMA 화에 의한 다중화 그리고 ISDN 과의 연계성등의 이점을 창출하기 때문에 유리하다.

위와 같은 기술적인 특성을 고려하여 이동통신 시스템에 적합한 주파수대를 선정 이용할 필요가 있다.

경찰, 소방, 전력, GAS, 철도, 상수도등의 공공 업무와 보안 및 안전을 위한 통신 시스템은 비교적 가입자가 적고, 광대한 지역을 Service 지역으로 하며 동시 통보하는 기능이 많이 있으므로 400 또는 800MHz 이하의 주파수대가 적정하다.

Taxi, 운송사업등 업무용의 통신 시스템은 동시 통보적인 용도로 사용이 많이되고 있으나, Cellular 와 같이 공중육상 이동전화 시스템과 같은 가입자가 많은 경우에는 800MHz 이하 외에 1-2GHz 대의 주파수 이용이 바람직하다.

또한 특별히 좁은 Service 지역에서의 시스템에서는 2GHz 대 이상의 주파수 사용도 적합하다. 공중통신 시스템은 가입자 수가 많기 때문에 Small-Zone 의 System 과 같은 경우에 차량(휴대점용) 이용에는 800 MHz 대와, 1-2 GHz 대가 휴대 전용의 경우에는 2-3 GHz 대의 이용이 기술 특성상 적절하다.



표 10에는 150MHz 대, 400MHz 대의 Large-Zone FDMA 차량형 시스템과 800MHz 대의 Small-Zone FDMA 자동차 전화 시스템 (Cellular) 을 비교하였다.

또한 준 M/W 대에서도 실현이 가능한 시스템의 예를 표시하였다. 1-2GHz 대와 2-3GHz 대 등 준 M/W 대의 실용을 위해서는 다음과 같은 요소의 기술 개발이 선행되어야 한다.

- 반도체, Filter, 발진기등의 device 개발
- 협대역화 기술, 주파수 절체에 의한 단거리에서 이용하기 위한 방식등 가입자 용량을 크게 하기 위한 기술.
- 음성 Code 의 저림화, digital 전송품질의 향상등 digital 화에 필요한 기술
- 일반 공중전기 통신망과의 접속을 위한 ISDN 과의 표준 접속기술

표 10 2.4-1 이동무선전화 시스템 제원(예)

주 파 수 대		150-400MHz대		800MHz대	1-2GHz대	2-3GHz대	
전파전파 특성 (전송손실)				0dB 0dB 0dB	5.5dB 7.1dB 8.3dB	9.9dB 12.9dB 15.3dB	
		150MHz	400MHz				
		① 자 유 공 간	-14.5dB				-6dB
		② CCIR Rep567-3	-18.9dB				-7.8dB
③ CCIR IWPS/13		----	----				
통신방식		단신/반복식		복신	복신	복신	
Zone 반경		10-20km		5-7km	2-4km	100-150m	
Channel 간격		25KHz		25KHz	25KHz	224KHz	
송수신 주파수 간격		~4MHz		55MHz	약 50MHz	약 6MHz×2( )	
변조방식		Analog			Analog, 정진폭Digital	정진폭 digital	
무선회선 접속방식				Multi-Channel Access	Multi-Channel Access	TDM-TDMA	
기 지 국	송신출력	10W		25W	25W	200mW	
	ANT 이득	약 7dBi		약 10dBi	약 10dBi	약 7dBi	
	수신감도	2 μ V		2 μ V	2 μ V		
이 동 국	송신전력	10W		5W	5W	100mW	
	ANT 이득	2.14dBi		2.14dBi	2.14dBi	2dBi	
	수신감도	2 μ V		2 μ V	2 μ V		
	외형	차량형, 휴대		차량형, 휴대	차량형, 휴대	차량형	

## 2. 이동 data 통신 시스템

육상 이동통신에서는 종래에 음성에 의한 통화가 통신의 주가 되었으나 최근에는 data 정보의 전송 이용도가 많아지므로 data 통신의 신속성, 확실성, 자동기록 (부재중 수신) 등의 특성과 이동중에도 Computer와의 접속 이용을 위해서 금후로는 이용율이 증가 될 것이 예상된다. 현재 일본에서 실용화 중인 data 통신 시스템은 아래와 같다

표 11 이동 data 통신 시스템

통신 방식	전송 속도	전송 방식
MCA 육상이동 통신	1200 b/s	부반송파 MSK 방식
업무용 무선 통신	1200 b/s	부반송파 MSK 방식
구 내 무 선	1200, 2400, 4800 bps	부반송파 MSK 또는 직접 FSK 방식
Tele-terminal	9600 b/s	Packet 무선
PCN (미국)	32 kb/s	B-CDMA (1.9GHz)

육상 이동통신에서는 전파의 전파통로가 fading 등에 의해서 안정되지 않기 때문에 data 전송에는 특별히 고려할 필요가 있다.

전송구간의 BIT 오류 (BER) 이  $10^{-3}$  정도가 확보될 것이 요구되며, data 전송의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 이동무선기와 data 단말기 간에 적당한 Interface unit 접속 이용이 통례이다.

Interface unit 는 data 단말과 무선 장비간에 전송 속도 변화 bit 의 interleave 와 burst 오류에 의한 random 오자화 오자 정정부호의 부가, 오자 검출과 data 의 재송출 지령등의 각종 제어를 행하여서 bit 오류 (BER) 을  $10^{-6}$  이하로 개선 시킨다.

준 M/W 대에서 예상되는 시스템으로서는 기지국을 중심으로한 광역 Service area (large Zone) 의 시스템, 좁은 지역을 대상으로하는 Small Zone 시스템 또는 data 전송속도 면에서 구별하여 고속도와 저속도의 data 전송 시스템을 고려할 수가 있다.

이러한 조건등을 고려한 몇가지의 시스템을 표 ②와 같이, 현행의 시스템을 참고하여 차세대 시스템을 예상할 수가 있다.

- Large Area 의 data 전송 : 전송 손실이 낮은 1-2GHz 대에서의 현행 Cellular 와 같은 시스템으로서 낮은 속도 (16kb/s) 의 data 전송
- Small Area 에서의 data 전송 : 비교적 전파손실이 높은 2-3GHz 대에서의 분산제어에 의한 고속도 (64kb/s 이상) 의 data 전송

위와 같은 시스템의 실용화 구현을 위해서는 다음과 같은 사항이 기술적으로 해결되어야 한다.

- Service Area 의 경계 부근에서 통신을 위한 bit 오류 (BER) 의 둔화를 보완하기 위한 diversity 수신 방식을 개선
- BER 개선을 위한 유효한 오차 정정 기술의 개발
- Service Area 를 확대 시키기 위한 고출력 증폭기의 고 효율화와 저 가격화
- 가입자 용량 증가를 위한 RF channel 의 협대역화, channel 주파수의 안정도 향상과 협대역 변복조 및 부호화 복호화 기술의 개발등이 선행되어야 할 것이다.

고속도의 (수Mbps 급) 전송을 위해서는 넓은 주파수 대역이 필요하므로 준 M/W 대 이용 시 2-3GHz 대의 주파수를 이용하고, 다중 반사파의 전파 지연 시간차에 의한 부호간 간섭의 오차발생 대책과 지연시간 등화기의 유효 이용 기술이 필요하다.

### 3. 화상 통신등 광대역 전송 시스템

음성 신호 이용시 소요 전송 품질은 Bit 오류 (BER) 이  $10^{-2}$  정도 이하로 충분하지만, 화상 신호 전송시에는  $10^{-6}$  정도 이하의 고품질 전송 특성을 확보할 필요가 있다. (실제로 수 % 에 해당하는 오자 정정 부호의 삽입 이용으로  $10^{-8}$  정도의 전송신호 품질을 실현 시킬수가 있다.)

고품질의 광대역 신호를 전송하는 이동통신 시스템을 구현시키기 위해서는 시스템 설계의 기초적인 자료로서 광대역 신호의 전송시 전파특성의 파악과 BER 10 이하의 확보를 위한 전송 품질 확보 방안 연구가 선행되어야 한다.

이동체가 주행중인 상태에서 16, 32, 64, 128, 256 kb/s 의 신호전송 실험결과 고속도 전송 신호에서의 BER 둔화는 다중전파 통로에서의 전파신호의 지연 시간차에 의한 복수의 전파가 수신되어 부호간 간섭 (선택성 fading) 이 주 원인인 것으로 규명되었다.

따라서 수신입력 Level 을 높여도 BER 특성의 향상은 되지 않으며 전계강도 변동을 중심으로 하는 전파 특성의 검토를 더욱 연구하고, 전파 지연시간 분산등의 해석이 중요하다. 한편, 전송품질의 개선 기술로서 지연시간 분산에 유효한 변복조 방식, diversity 수신, 오자정정 방식, 파형 둔화등의 개발이 필요하다.

또한 광대역 신호 전송 시스템의 실현을 위해서는 기지국과 이동체와의 가시구간 (LOS) 이 아닌 광역 Area 를 서비스 지역으로 하기 위해서 64kb/s 의 협대역 동화상, 384kb/s 의 고정 정밀 정지 화상 그리고 1.5Mb/s 의 실화상의 전송 실현을 위한 64kb/s 의 동화상을 오자 정정 제어, diversity 수신등의 개선 방안도입으로 수신 입력  $20\text{dB}\mu$  이상의 상태에서 주행 실험이 가능하지만, 384kb/s 와 1Mb/s 이상의 고속도 전송에 대해서는 전파특성이 양호한 지점에서의 정지된 상태에서의 통신만이 가능하였다.

한편 LOS 가 되는 극히 가까운 Small-Zone 에서의 시스템에서는 광대역 전송이 가능하여 준 M/W 대, M/W 대 및 Milli 파대의 이용이 가능하다.

#### 4. 종합정보 통신 시스템 (ISDN)

일반 공중전기 통신망에는 국제적인 동향에 따라 ISDN 의 구축을 향하여, 국제 기준을 근거로한 ISDN 서비스 제공을 개시하기 위한 계획이 진행되고 있다.

Network 이 제공하는 서비스로서는 종래의 Analog 통신에 의한 음성계 서비스가 주 이었으나 정지화상, 동화상, 고속 대용량의 data 통신등과 같은 고도의 통신 Need 가 생기고 있다.

또한 회선 제공을 위해서는 회선 교환, Packet 교환등의 교환 서비스, protocol 교환, data 처리등의 고도의 통신 서비스가 진행되고 있다.

이동체 통신망에서도 일반 전화망과 같이 ISDN구축을 위한 digital 신호 전송 기술의 진전으로 본격적인 digital 통신에 대해서 연구가 진행되고 있다.

ISDN 에서의 user 망의 기본 Interface 는 2B+D 라 부르는 신호에 음성, 화상 data 등 복합적인 전송을 위해서 이동체 통신망에서의 ISDN 서비스 제공을 위해서는 고속신호 전송기술이 필요하다. 또한 ISDN Interface 는 주파수 이용면에서 곤란하므로 일반망의 ISDN 에 대응하기 위한 이동통신 특유의 Mobile-ISDN 망의 검토가 필요하며, 급증하는 이동통신의 소요 증가를 능동적으로 대응하기 위해서는 최적 주파수대의 많은 주파수 대역을 확보할 필요가 있다.

이용 형태에 따라서 공중 전기통신 사업 이외에 주파수 공용방식 (TRS) 과 같은 다수의 기업체등이 동일 시스템을 공동 이용하는 방법이 있으며, 또한 음성, facsimile (FAX), data 통신의 서비스를 복합화 하여 이용하는 방법이 있다.

준 M/W 대를 이용하는 시스템에서도 서비스성, 통신의 중요도, ISDN 과의 연결 이용등을 고려한 공동 이용형태의 사설 (Private) 시스템의 검토등이 필요하다.

주파수가 유한한 점을 고려하여 준M/W 대에서도 비교적 높은 주파수를 사용하는 것을 검토할 필요가 있다.

높은 주파수를 사용하면 전파 손실이 증가하여 Small-Zone 화가 되기 때문에 Micro-cell 과 같은 망 구성이 가능하고 Micro-cell 의 상호 망 구성으로 고도의 Network 구성 이용과 발전이 될 것이다.

보다 더 일반 망의 ISDN 화를 위해서는 ISDN Network 을 Support 하는 단말계에 대해서 digital 무선통신 기술을 응용하여 codeless 화가 이루어져야 할 것이다.

아직도 이동체로서는 사람, 자동차, 열차, 선박, 항공기등의 종류가 있어 이동통신의 시대가 개시되었으나 이동체 전체가 통합되어 이용하기 위한 종합이동통신 시스템 구성이 필요하므로, 종합시스템의 구축을 위해서는 제어계의 통합과 기지국 설비를 포함한 전 설비의 통합을 위한 연구와, 시스템 cost, 경제화 그리고 전파전파 특성의 연구등이 필요하다.

## 5. 이동 위성통신 서비스

### 가. Iridium 계획

미국의 Motorola 사에서는 전세계의 육상·해상·공중의 어느 곳에서나 휴대 또는 이동통신이 가능도록 인공위성을 이용한 PCS (Personal Communications System) 를 구현하기 위한 계획을 1992년 부터 1997년도 까지 운용을 목표로 구상중에 있다. 이 계획은 지구의 남극과 북극을 통과하는 고도 778km 의 저궤도 (Polar Low Earth Orbit) 에 77개의 인공위성을 발사시켜 지구 대기에 그물을 씌워놓은 것과 같은 인공위성이 지구표면 어느곳에서나 최대 통신 구간인 2315km 이내에서 통신이 가능한 점을 이용하여 인공위성-휴대국간에 L-Band 인 1.6-1.7GHz 의 주파수를 이용하고 인공위성간 Cross link 구성과 인공위성과 지상의 통신 중계 관문국 (Gateway site) 에는 K-Band 인 10-30GHz 의 주파수를 이용할 계획이다.

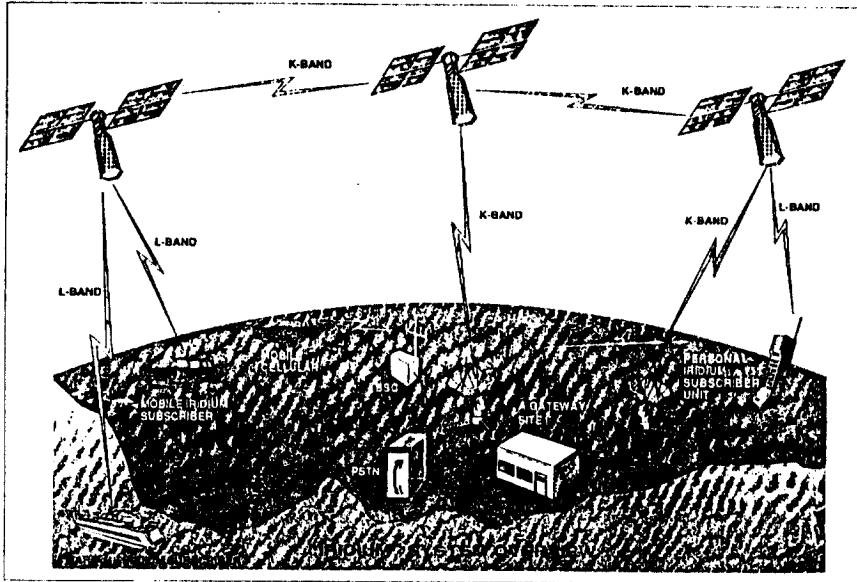
지상에 있는 자동차, 선박, 열차, 항공기 및 개인 휴대용과 특정건물 또는 섬등에 장치될 휴대 이동장치는 송신 출력이 600mW 를 넘지 않도록하고, 각 인공위성에는 500kg 정도의 크기로서 phased Array 를 이용한 36개의 Spot Beam 에 의해 Cell 을 구성하며, 단일 Cell 에는 236 개의 사용자 (user) 가 동시에 통신이 가능하고 전세계적으로 14MHz 의 대역을 이용한 283,000개의 RF channel 에 의해서 channel 당 50Hz 의 주파수 이용율을 갖는 통신을 할 계획이다.

Iridium 에 이용되는 통신은 Digital 방식으로서 높은 품질의 Vocoder 음성통신을 4.8kb/s 의 FEC (Forward Error Correction) 에 의한 Coding을 VSELP (Vector Sum Excited Linear Prediction) 에 의한 QPSK (Quarternary Phase-Shift keying) 방식 이용으로 TDMA (Time Division Multiple Acces) 방식을 이용하고 부가적으로 Cellular 방식과 같은 SDM(Space Division Multiplexing) 이 이용된다.

Iridium 에 의해 제공되는 서비스는 전세계 어느곳에서는 Iridium 장치에 부가된 장치에 Paging 기능의 문자 표시와 Facsimile 송수신 그리고 2.4kb/s 의 data 전송이 가능하도록 하였으며, GPS (Grobal Position System) 와 GLONASS 의 이용 및 무선 위치정보 서비스를 이용할 수 있도록 계획되어 있다.

이 계획에는 2001년에 미국과 전세계에 해상 (7,000/35,000), 일반업무 (180,000/448,000) 여행 (210,000/820,000), 항공 (13,000/22,000), 산업 (50,000/140,000), 정부기관 (36,000/292,000), 가정 (0/67,000) 합계 미국의 가입자수 496,000 국 그리고 전세계적으로 1,824,000 의 가입자가 이용할 것으로 예상되고 있다.

그림 12 LEO 에 의한 Iridium 시스템 구성



#### 나. MSAT (mobile Satellite) 계획

Canada 의 체신성 (DOC) 에서 북미 대륙과 연안 200Mile 을 Cover 하는 저가격의 통신 수단을 확보할 목적으로 계획한 이동체 위성통신 시스템 운용 계획으로 처음에는 체신성에서 개발을 주도하다가 현재에는 민간 회사인 Tele sat Canada 에서 실용화 개발을 추진하고 있다.

이 시스템은 인공위성에 의한 자동차 전화의 서비스를 제공할 목적으로 선박과 항공기에 대하여 음성과 data 통신 서비스를 제공할 계획이며, 미국의 LMSS 계획과의 호환성, 상보성을 갖게 하기 위해서 800MHz 대를 사용할 예정이었으나 LMSS 가 800MHz 대에서 1.6/1.5GHz 의 L-Band 를 이용 하도록 계획이 변경되어 MSAT 계획도 L-Band 이용을 검토하고 있다.

#### 다. LMSS (Land Mobile Satellite System) 계획

1973년에 미국 항공우주국 (NASA)에서는 위성통신 개발의 장기 Vision 의 하나로써 제안한 육상 이동체 위성통신 시스템을 계획하여 직경 42-55m의 초대형 Antenna 를 탑재한 4-4.5 ton 급의 위성을 사용하여, 미국 전지역을 60-87개의 Spot-Beam 으로 구분하는 cellular 시스템을 구축할 계획이다.

LMSS 는 당초에 지상계의 800MHz 대 자동차 전화와 주파수대를 인접하여 사용하며 변조방식을 통일시켜 이동체의 공용화를 도모하고 지상계 시스템과의 지역적인 보완을 행할 계획이다.

그러나 1986년 7월 미국 연방통신위원회 (FCC) 가 위성계 육상통신에 800MHz 대가 아닌 L-Band (1.6/1.5 GHz) 를 할당하기로 결정을 하였기 때문에, 본 계획의 시스템은 800MHz 대에서 L-Band 로의 사용 주파수 변경을 하였다.

#### 라. AvSat (Aviation Satellite) 계획

AvSat 는 미국 ARINC (Aeronautical Radio Inc) 의 위성통신 계획으로서 현재는 ARINC 라는 회사 명칭을 ACARS 라고 부르고 있다. AREARS 는 세계적인 항공기용 업무 통신망을 보유하고 있으며, AvSat 는 이 통신망을 위성계로 이용하여 확대시키기 위한 계획으로 1985년도에 착수 하였다.

AvSat 시스템은 INMARSAT 의 항공기 위성통신계획과 경쟁적으로 운용이 될 것이며, 승객의 항공기내 공중이동 통신 서비스와 항공기 운항에 관련된 업무용 통신 그리고 항공관제 통신의 도입을 검토하고 있다.

그러나 통신방식과 운용 위성의 개수에는 INMARSAT 와 차이가 있고 Inmarsat 는 3개의 위성으로 해사 통신과 같은 SCPC 방식의 서비스를 계획하고 있으나 AvSat 는 6개의 위성으로 TDMA 방식을 채용할 계획이며 항공기의 위치측정 서비스도 제공할 계획이다.

AvSat 는 FCC 에 의한 재정에서 '87년9월에 각하 되었으나 현재 재심을 요청한 상태이다.



## 6. 위성측위 시스템

### 가. Geostar 시스템

이 시스템은 Spread Spectrum 시스템을 이용한 이동체 위치 측정과 Message 복합 서비스 시스템이다. 이 시스템의 측위 업무는 Center 에서 송신된 기준 신호에 대하여 이동국에서 응답신호를 송신하면 위성 1,2 에서 수신하여 Center 로 중계하여 Center 에서는 각 신호의 도달 시간을 측정하여 거리 계산과 위치를 결정하고, 그 결과를 다시 위성 2를 통신 중계에 의한 이동국에 송신되어 2-7m 정도의 정밀도로 위치 측정 확도를 구할 수 있다.

Geostar 시스템은 많은 가입자에 대하여 양방향의 Message 와 고정도 측위 서비스를 미국 내에서 제공하기 위한 계획으로 장거리 Truck 등의 운행관리, 화물열차, Bus 등의 운용관리와 경찰, 순찰차, 구급차, 귀중품 운반차량의 관리와 소형 Boat 등에서 이용을 고려하고 있다.

그러나 이 시스템의 USER 가 자기의 기지국에 data 를 송신하고자 할 경우 2-hop 가 되며 16.5MHz 의 대역폭이 필요하고 긴 Message 송출에는 곤란한 특징이 있다.

이 시스템은 '87년 12월에 One way relay 를 '89년에는 20-way relay 를 하고자 계획을 변경하여 FCC 에 인가 신청 하였으며, 당면한 Link-1 의 시스템 (송수신의 면에서 측위는 단말에서 GPS 또는 LORAN-C 를 이용하는 정보를 전송하는 것) 의 평가를 R/O Package 를 이용하여 시가지등에서의 실용 평가 실험을 준비중에 있다. USER 의 송신 출력은 40W 로서 ruandom rate 는 15.625KHz 이다.

사용주파수는 1.6GHz, 2.5GHz, 5.1GHz 와 6.5GHz 를 이용할 계획이다.

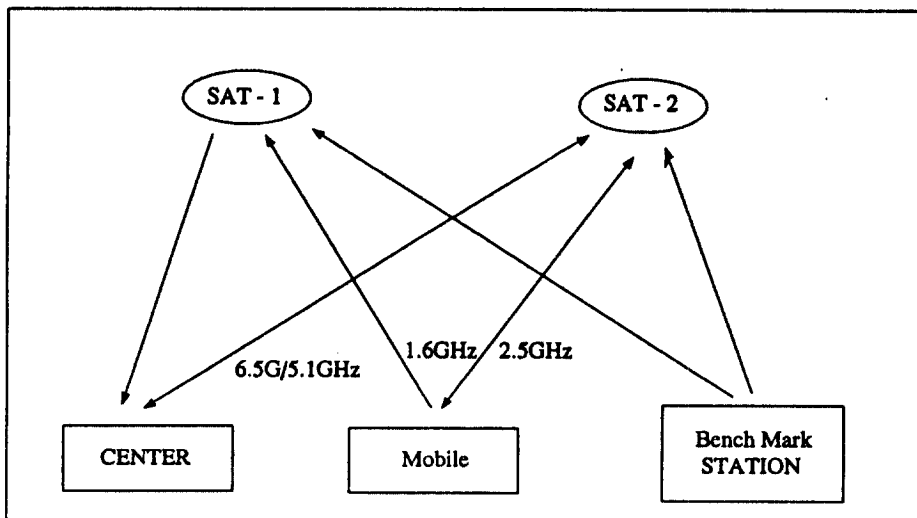


그림 13 Geostar 시스템 구성

## 나. GPS (Global Positioning System)

GPS 는 고도 약 2만 km 상공에 12시간 주기의 원궤도 인공위성 18개 - 23개를 발사하여 전세계 어느 곳 에서나 항상 위치, 속도, 시각정보를 고정밀도로 측정 이용할 수 있도록 미국 국방성에서 개발한 계획이다.

이 시스템은 전리층의 전파 지연 오차를 보정하기 위하여 1575.42MHz (L1) 와 1227 MHz (L2) 의 2개 주파수에 의한 psk 변조신호와 Pseudo Random Noise Code 를 이용한 Spread Spectrum 변조된 P-code 와 C/A code 를 송신하여 P-code 에서 18m, C/A code 에서 100m 의 자 기 위치 측정 확도를 얻을 수 있도록 하였다.

지상 사용자는 지구의 어느 곳에서나 최소 2개-4개 이상의 GPS 인공위성 전파를 수신 할 수가 있고 각 위성에서 송신된 전파의 궤도 정보와 Doppler 측정 주파수에 의한 측정 지점의 위도, 경도 해발고와 이동체의 경우 이동 속도를 측정할 수 있게 계획되었다.

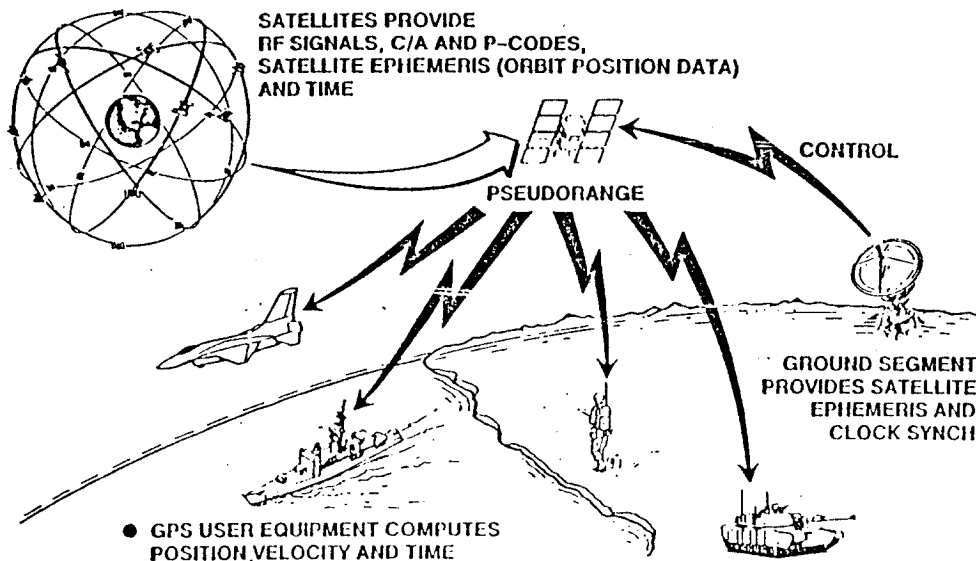
육상의 2지점에서 동시에 측정하여 비교시에는 수 cm 정도의 상대위치 측정이 가능하여 정밀 측량으로도 이용가능하다.

GPS 시스템은 미국에서 항행미사일 (Cruise Missile), 전투기, 이동수송체, 선박등에서 군사용으로 이용하고 있으며 민간에서는 C/A code 만 이용할 수 있도록 허용하고 있다.

GPS 는 cesium 원자 시계를 탑재하고 있고, 지상의 Monitor 국에서 시각동기와 교정을 시 키므로써 10mS 이상의 정도로서 표준 시각동기와 이용이 가능하다.

현재 자동차용 GPS 수신기가 개발되어 차량정보 시스템의 이용을 위한 지도 정보와 GPS 측정 정보를 이용한 차량 운행 정보 시스템을 실용화 실험중에 있다.

그림 14 GLOBAL POSITIONING SYSTEM 구성



## 7. 자동차 운행정보 시스템

자동차 운행 (Navigation) 정보 시스템은 기본적으로 지도 정보를 Compact Disc 또는 IC memory 등에 수록하여, 자동차의 주행시 방향, 거리등을 계측하고 display 장치에 지도와 주행 위치 지점을 표시하는 것으로 외부로 부터의 위치정보가 없어도 기본적으로 실현이 가능하다.

그러나 독립된 현재 위치 표시형의 시스템에서는 측정 오차의 누적을 방지할 수가 없으므로 보다 정확도가 높은 시스템의 실현을 위해서는 도로상의 Beacon 전파등의 외부로 부터의 위치정보에 의한 절대적인 위치를 정기적으로 이용하는 방법이 필요하다.

위와 같은 자동차 운행정보 시스템은 현재 일본에서 실용화 실험 단계중에 있으나, 지상 송신 설비를 이용하여 도로상 자동차간 정보 시스템 또는 AMTICS (새로운 차량 교통 정보 시스템 : Advanced Mobile Traffic Information & Communication System) 를 구축할 계획에 있다.

### 가. 도로상 차량 정보 시스템 (RACE)

도로상 차량 정보 시스템은 일본의 건설성이 중심으로 검토하여 도로상의 자동차에 대한 운행, 도로 교통 정보, Message 통보, 각종 data 서비스 (개별통신) 등의 서비스 제공을 목표로 시작되었다. (Road/Automobile Communication System)

이 시스템에서는 System Center 에 연결된 도로 교통 정보등을 도로상 설치된 기기 (Post) 까지 전기통신망으로 전송하고 이 정보를 도로상의 Post 로 부터 송신된 전파를 이용하여 자동차에 전송을 한다.

Post 에서는 위치 교정용 위치 Beacon 과 정보 전송용의 정보 beacon 의 2종류를 설치하여 전파를 송신하며 coverage 는 Post 로 부터 60m 정도를 Micro-cell 화 한다.

차량용 장치는 지도 정보를 기억장치, 운행장치, 개별통신, 지시장치 등으로 구성하며 지시장치는 도로 지도에 중첩하여 현재 위치, 경로, 도로 교통 정보등을 표시한다. 또한 개별통신 시스템으로는 AVI (차량ID 수신), AVM (기지에서의 차량위치의 파악)외에 Paging, Message 통신등의 각종 서비스, 관광 정보의 제공등도 검토하고 있다.

도로상 차량 정보 시스템은 1984년 (재단법인) 도로 신사업 개발 기구에 설치된 도로상 차량 정보 시스템 연구회에서 연구를 하고 있는 계획으로 건설성이 도로 관리자와 자동차, 전기 관련 Maker 등과 함께 공동 개발중이다.

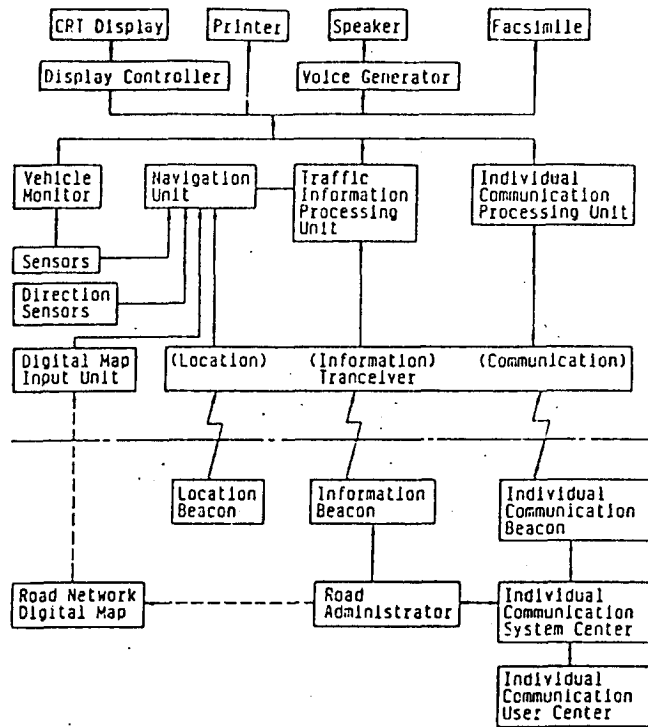


그림 15 RACE 구성 체계

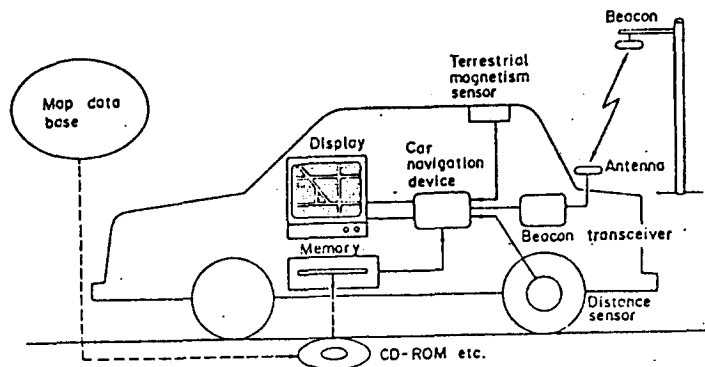


그림 16 RACE 차량 시스템 구성

## 나. AMTICS

AMTICS 는 경찰청을 중심으로 전국의 74개 교통 관제 센터에 수록된 교통 정보를 차량의 지시 장치에 표시하고 교통정보 처리 센터에서는 Computer 로 처리된 자료를 전파로서 차량에 제공하는 것으로 Tele terminal 을 이용하는 것을 검토하고 있다.

차량장치는 지도정보 기억장치, 무선정보를 수신하는 통신장치, 처리장치, 지시장치로 구성 되었으며, 화면에는 현재의 위치, 진행방향, 교통 혼잡상태, 교통규제등의 정보를 지도상에 실시간 (Real time) 으로 표시한다. 차량 위치의 교정을 위해서는 도로변에 위치 정보를 송신하는 Sign post 를 설치운용 한다..

기타 Taxi, 운송차량등의 업무용 차량에 대해서 송신기를 차량에 설치하여 양방향의 정보 전송서비스 즉 차량측으로 부터 현재 위치, 작업상태등을 송신하고 회사측에서는 필요한 업무 지시등을 송신하는 서비스를 제공하는 것을 목표로 일본의 경찰청의 지원과 일본 교통관리 기술 협회가 연구를 담당하며 관련 제조회사 등과의 새로운 자동차 교통 정보 통신시스템의 실용화 추진 협의회를 조직하여 실용화 개발을 추진중에 있다.

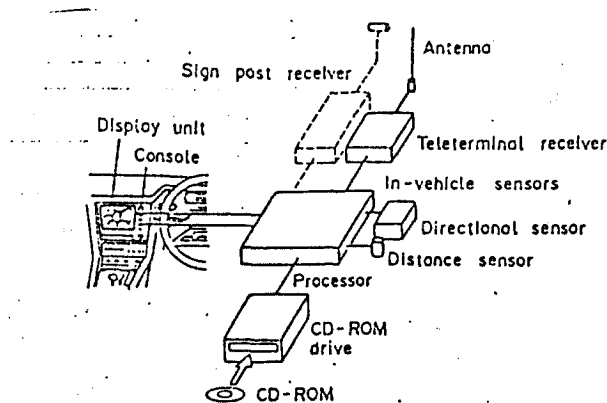


그림 17 AMTICS 시설 구성

## 제 6 장 준 M/W 대 의 이용을 위한 연구 개발 항목

준 M/W 대 주파수를 이동통신에 이용하기 위해서는 기존 800MHz 대의 주파수 보다 2-3배의 높은 주파수를 이용하기 때문에 발진기, 전력 증폭기등을 이용하기 위한 반도체 회로, 부품과 재료 기술의 개발이 필요하고, 주파수를 유효하게 이용하기 위해서는 각종 변·복조기술, digital화를 위한 부호와 복호기술, cell 의 Zone 구성, 및 Hand-over 를 위한 추적 제어기술을 포함한 Network 제어 기술등이 필요하다.

또한 주파수가 높아짐에 따른 전파의 Fading 대책과 고속 data 전송에 수반되는 Multi-path 전파 특성이 중요한 문제점이며, 전송 손실이 증대되기 때문에 Antenna 의 고이득화와 Multi-channel 용 Antenna 기술이 필요하다.

다음은 일본에서의 준 M/W 대를 이용하기 위한 요소 기술의 개발에 관한 동향자료 이다.

### 1. 회로와 부품 기술

1-3GHz 준 M/W 대의 주파수를 사용하기 위한 고주파수대용 부품은 현재 실용화 되고 있는 800MHz 대의 부품에 비교하여 엄밀한 설계와 성능이 요구된다.

#### 가. 고주파 Filter의 소형화, 경량화

준 M/W대 용 고주파 filter 로서는 동축 filter, 유전체 filter, SAW-filter 등이 있으나 대체로 고유전율의 Celamic 을 이용한 공진기를 주체로한 극소형화의 이용이 예상된다.

유전체 Filter 를 이용한 송·수신기 3단 구성 분파기를 고려하여도 1.5GHz 에서의 송수신 주파수 간격 48MHz, 대역폭 10MHz 의 경우, 삽입손실 1.5dB 이하의 것이 10cc 정도의 체적으로서 실현이 가능할 것이며, SAW (Surface Acoustic Wave) Filter 는 얇은 형태로서 소형 경량화가 기대 되지만, 현재로서는 삽입 손실이 많고 대전력 이용 가능성이 희박하여 적은 형태로서의 이용을 기대할 수가 없다.

#### 나. 주파수 Synthesizer 회로의 소형화 경량화

800MHz 에서는 2cc 정도의 소형 VCO 와 안정도가 높은 TCXO, Pulse Swallow 분주기용 IC 등이 소형화가 되어 단기간내 준 M/W 대의 실현이 가능할 것으로 예상된다.

#### 다. 송 수신 회로의 소형화, 경량화

준 M/W 대의 주파수를 사용하는 고주파 회로는 MIC (Microwave Intergrated Circuit) 와 MMIC (Monolithic MIC) 로서의 진전에 의한 소형·경량화의 가능성이 높아 회로의 기술로서는 고능률 전력 증폭기의 발열량 감소에 의한 Heat-sink 의 소형화, 주파수 변환기, 국부 발진기를 불필요로 하는 Zero IF 수신기술의 제안등이 예상된다.

#### 라. 제어회로, Base-Band 회로의 소형화, 경량화

이동장치의 RF channel 주파수 절체등의 제어 회로는 범용 Micro-Processor, ROM, RAM, I/O 등이 사용되지만, 이러한 주변 회로를 하나의 Chip 으로 하는 CMOS-LSI 등이 사용되고 있다.

Base Band 회로는 대역 제한을 위한 각종 Filter, Emphasis 회로등 으로 구성되어, 회로의 소형화는 Digital 적 이상적 수법에 의한 무조정화 LSI 를 목표로 하는 Digital 신호처리 (DSP: igital Signal Processing) 와 SCF (Switched Capacitor Filter) 에 의해 실현될 것이다.

#### 마. 전지의 고용량화

발포 상태의 Nickel 을 정극의 극판으로 사용하여서, 공기 구멍이 많은 Nickel Cadmium 축 전지 보다는 고용량의 2차 전지로서의 이용 가능성이 높다.

#### 바. 주파수 Synthesizer 회로의 저소비 전력화

저소비 전력화를 위한 방안으로서, 구성회로의 저소비 전력화와 회로의 간헐 동작에 의한 저소비 전력화가 있다.

2-Modular 스프리케라, VCO 등의 회로를 구성하는 소자는 800MHz 대에 있어서 5mA 정도 까지의 저전류화 개발이 진행되고 있고, 준 M/W 대 에서도 2 Modular 스프리케라의 GaAs 화 등을 포함한 800MHz 대와 같은 형태의 저소비 전력화가 기대된다. VCO 이외의 전원도 간헐적으로 단속 이용하는 방식이 연구중에 있다.

## 사. 송·수신회로의 저소비 전력화

GaAs FET 등의 이용을 위한 개발이 진행되어 이것을 이용한 F급 동작등의 고능률 전력 증폭회로의 연구 개발이 진행되고 있어 실용화가 가능할 것이다.

### 아. 반도체 기술

준 M/W 대를 사용하는 소신호 device 로서는 Silicon bipolar Transistor 와 GaAs MES FET 가 있다. Silicon Transistor 는 800MHz 대에서 사용 되었으나, 최근에는 10GHz 에서도 제품화가 되고 있으므로 2GHz 대에서는 실용이 가능하다. GaAs MES FET 는 특성이 우수하지만 가격이 고가이고, 앞으로는 저렴하게 될 것이다.

800MHz 대 자동차 전화, 1200MHz 대의 아마추어 통신용 송신기의 송신 증폭기단에는 Power Amplifier Module 이 사용되고 있어 준 M/W 대 에서는 금후 Silicon Transistor 또는 GaAs MES 를 사용한 Module 이 제품화될 것이다..

제어 회로용의 LSI 로서는 Gate Array 형과 Standard Cell 등의 ASIC (Application Specific IC) 가 넓게 이용되고 있으며, 또한 MPN 와 주변 Cell 의 많은 기능의 Block 을 Micro-cell로서 사용을 하는 Super-Integration 도 사용되고 있다.

주파수 Synthesizer 용의 GaAs 2-Modular Sparkeler 는 2GHz 정도까지 제품화 되어 있으나 가격이 비싸다. MMIC 는 종래에 10-30GHz 대 까지 연구를 행하였기 때문에 금후로는 준 M/W 대용 개발이 진행될 것이다.

### 자. 회로의 고성능화

GaAs FET, Silicon bipolar Transistor 의 성능이 향상되어, 2GHz 대에서 5W 정도의 전력 증폭기 제조가 가능하다.

2배의 고주파를 제거하기 위한 회로적인 연구로 1.7GHz 에서 70% 이상의 효율을 얻을 수 있다고 보고되었다.

GaAs FET, Silicon Transistor 의 수신 잡음지수는 1-3GHz 에서 1dB 정도가 되고 수신기의 Top filter 에서도 800MHz 대와 거의 동등의 수신 감도를 기대할 수 있다.

주파수 Synthesizer 의 주파수 안정도는 기준 발진기의 안정도에 지배되어 기준 발진기에는 analog 방식, 또는 digital 방식의 온도 보상을 행하는 수정 발진기가 이용된다. 현재로는 주파수 안정도  $\pm 1.5\text{ppm}$  이 이용되고 있어 장래에는 digital 식으로서  $\pm 0.5\text{ppm}$  정도의 성능으로 이용될 수 있을 것이다.



## 2. 변.복조와 부호 및 복호화 기술

### 가. 협대역 Analog 변복조 기술

이동통신에서는 주로 경제성에 의해 Analog FM 이 이용되고 있다. 주파수 이용 효율을 향상 시키기 위해서 channel 간격은 12.5KHz 를 채우고 있고, FM 은 협대역화에 따른 광대역 이득이 적어져 merit 가 적어지고 있다.

보다 더 협대역화를 진행시키기 위해서는 원리적으로 협대역인 SSB 가 오히려 좋을 것이며, 이동 통신용으로 개발되고 있는 것으로는 ACSB (Amplitude Companded SSB), RZ SSB 등이 있다.

### 나. 고능률 digital 변복조 기술

digital 변복조에 대해서는 전력 효율이 우수한 정진폭 변조의 협대역화에 노력한 결과 GMSK, Tamed FM, Generalized Tamed FM, 4차 FM, PLL QPSK 등이 개발 되었다. 전송효율은 현재에 16kbps/25KHz 정도이며 더욱 더 전송 효율을 높이기 위해서는 Partial Response 또는 다치화 (M-ary) 하는 것이 필요하다. 그렇게 하기 위해서는 수신 오류특성 (BER) 의 둔화를 최소한으로 억제하기 위한 수신기술의 개발이 필요하다.

선형 변조 방식은 전력 효율면으로는 좋지 않으나 전송효율이 좋은 장점을 가지고 있다.

### 다. Spread Spectrum 기술

Spread Spectrum 방식을 이동 통신용으로 이용하기 위한 연구가 활발하여 졌으며 직접 확산 (Direct Sequence) 방식은 원리적으로 거리가 멀어질수록 수신 특성이 둔화되고, Frequency Hopping 방식은 순간적으로는 협대역 수신을 하기 때문에 거리와는 관계가 없고, 이동통신에 이용하기 위해서는 Merit 가 있다.

이미 미국 Qualcomm 사에서는 1.9GHz 주파수를 이용한 Personal Communication System 의 이용 실험을 실시하고 있다.

### 라. 부. 복호화 기술 (대역 압축기술)

이동통신용으로서 SBC (Sub Band Coder), APC-AB (Adptive Predictive Coding with Adaptive Bit Allocation), MPC (Multi-pulse Coding) 등이 16kbps 로서 실용화 개발 진행이 되고 있다.

### 3. Network 제어기술

한정된 전파자원을 유효하게 이용하기 위해서는 전파의 주파수, 공간, 시간의 3가지 요소와 지리적 traffic 분포를 고려하여 유효하게 이용하기 위한 노력이 필요하다.

주파수라는 측면에서는 이용 전파의 channel 협대역화, 송수신 주파수 간격을 넓게 확장시키는 것이 좋을 것이다.

공간적인 주파수 유효이용 기술로는 다른 지역에서 동일한 주파수를 재사용하기 위한 Micro-cell 의 Zone 구성이 필요하며, 이렇게 하기 위해서는 보다 높은 Level 의 추적과 결정 및 제어기술이 필요하게 된다.

또한 traffic은 특정 지역에 밀집되는 경향이 있기 때문에 traffic 이 적은 지역에서는 복수의 System 으로서 주파수를 공용하는 방법도 하나의 방안이 된다.

Zone 의 크기등은 주파수 이용율에서 기지국의 가격과 이동국의 송신전력과 관계가 크므로, 시스템 설계상 중요한 요소가 되며 준 M/W 대에서는 전파 손실이 증가하기 때문에 Micro-cell 은 송신 전력의 절감 효과가 된다.

이동국의 위치 결정은 위치 등록과 추적 제어에 있어서 중요한 역할을 하는 문제이며 각 기지국에서 이동국의 신호 강도를 비교하는 방법, 이동국에서 기지국 신호를 비교하는 방법, 전파의 지연시간으로 부터 이동국-기지국간의 거리를 산출하는 방법등이 있다.

시간이라는 측면에서의 주파수 유효 이용기술로는 Multi-channel Access 방법이 있다. 이것은 하나의 주파수의 channel 을 다수의 이동국이 시간적으로 중첩이용하는 방법으로서 codeless 전화, MCA 이동전화, Personal 무선등에 이용되고 있다.

FDMA 방식은 주파수 개념 (Frequency domain ) 상에서 Channel 을 분배하는 방식으로 종래의 Multi-channel Access 와 거의 개념이 같은 방식이다. 무선 channel 은 Synthesizer 가 주파수를 변경한다. 준 M/W 대와 같은 높은 주파수에서는 channel 을 협대역화 하기 위해서는 주파수의 안정도가 더욱 향상 되어져야 한다.

TDMA 는 시간개념 (Time domain) 상에서 channel 을 분할하는 방식으로 고정 위성통신에서는 오래전부터 이용되고 있다. channel 의 대역폭이 넓기 때문에 주파수의 안정도는 엄밀하게 요구되지 않으며, 기지국의 송신기가 FDMA 방식 보다도 적은것이 특징이다. 그러나 복수의 이동국이 동일한 주파수를 공유하기 때문에 정확한 동기 기술이 요구된다.

기타 In-service 제어와 통신 처리등 주파수 이용율이 더욱 향상되고 고도정보 서비스의 제공을 위해서 network 제어기술의 역할은 중요하므로 더욱 발전시켜야 할 것이다.

위와 같은 기술적인 여건과 특성등을 고려하여 수도권과 같은 이동통신 수요가 급증하는 고밀집 지역에서의 주파수를 유효하게 이용하기 위한 문제를 분석하고 검토하여야 할 것이다.

#### 4. Fading 대책 기술

Fading 대책 기술로서는 analog 전송 방식과 digital 전송방식의 경우에 각각 고유한 방식과 공통방법이 있다.

공간 및 지향성 그리고 주파수 diversity 방식은 양 전송 방식에 유효한 대책 기술이다.

한편, Compander 기술, 파형 보간기술은 Analog 방식에서 적용될수 있으며 오자 정정기술 자동재송 요구(ARQ) 기술, 적응 등화 기술은 Digital 방식에서 이용될 수가 있다.

Diversity 기술의 경우 공간, 편파 그리고 각도 diversity 는 다른 Antenna 를 설계할 필요가 있으나 주파수 이용 효율면에서는 좋은 방안이 아니다.

시간과 주파수 diversity 방식은 하나의 안테나를 이용하지만 많은 시간과 또는 주파수가 이용되어야 하므로 주파수 이용 효율로는 좋지 않은 방법이다.

준 M/W 대와 같이 주파수가 높을수록 fading 주파수는 높기 때문에 diversity 에 의한 수신으로 특성을 개선하기 위해서는 diversity 추적 속도의 향상 등 새로운 기술이 요구된다

보통 diversity 는 수신측에서 행하여 지지만, 송신을 복수의 기지국에서 동시에 행할 경우 송신 diversity 로서 전송 특성을 개선 시킬수가 있고, 주파수 offset, 파형 offset 등의 방법이 있다. 다만, 고주파와 digital 신호의 고속 전송화를 위해서는 국간 동기 조정이 엄격하게 유지되어야 한다.

digital 전송의 경우에는 analog 전송과는 달리 오자 정정과 파형등화 기술을 전송특성 개선에 적용 시킬수가 있다. 이러한 파형등화 기술을 전송특성 개선에 적용 시킬수 있으며 이러한 기술을 diversity 와 함께 이용 한다면 주파수 이용율을 저해시키지 않고 양호한 품질의 전송을 할 수가 있다.

오자정정 부호는 오자를 감소시킬 수는 있어도 완전히 제거시킬 수는 없다. 그러나 ARQ 방식은 오자를 검토했던 경우 수신기에서 송신기에 대하여 재송신 요청을 하기 때문에 오자가 없는 (Error free) 정보의 전송이 가능하다.

digital 이동통신에서 고속도의 통신을 하기 위해서는 Multi-path 에 의한 전파지연 시간차가 부호간 간섭을 미치게 되므로 큰 영향을 미친다. Multi-Path 에 의한 전파의 지연시간차에 의한 부호간의 간섭을 제거하기 위해서는 파형 등화 방법을 이용하여 전파 조건과 등화기의 특성을 이용하며 성능을 개선하는 방법이 연구되고 있다.

## 5. Antenna 기술

준M/W 대의 이동통신에서는 800MHz 대 이하의 주파수 이용에 비교하여 전파 손실이 증가하기 때문에 고이득의 Antenna 이용이 요구된다. 준 M/W 대에서는 파장이 짧기 때문에 이득당 Antenna 의 길이가 짧아지고, 고 이득을 얻을 수가 있다.

또한 Zone 의 구성에 따른 기지국의 Antenna 는 무지향성의 Antenna 와 반사기 등을 이용하는 지향성 Antenna 가 필요하여 Beam forming 기술이 요구된다.

한편, Zone이 더욱 Micro-cell화 될 경우에는 기지국 근처의 전계강도 저하를 보상 시키고, 다른 Zone 에 대한 영향과 간섭을 최소화 시키기 위한 Main lobe 를 Zone 내부로 높이기 위하여 Beam-tilt 기술을 이용한다.

또한, Micro-Zone 구성을 위해서는 기지국의 수가 증가하기 때문에 기지국 Antenna 의 경제화를 도모하기 위해서는 철탑의 공용, 송수신 Antenna 의 공용등이 필요하며, 이렇게 하기 위해서는 송수신간의 최소 감쇄량은 90dB 이상이 요구되고, 송신용 channel 공용장치는 1.5GHz 에서 600KHz 정도의 간격을 두고 합성시켜야 한다.

일반적으로는 송수신 Antenna 를 공용하기 위해서는 광대역이 되어야 하고, fading 대책을 위한 공간 diversity 를 행하는 경우에는 2개 이상이 필요하다.

## 제 7 장 결 론

생활 수준 향상과 정보화 사회의 진전은 언제, 어디서나, 어떠한 형태의 정보를 이용하고자 하는 욕망의 추구로 이동통신의 수요를 급증시키고 있고 시간이 지날수록 더욱 급증될 것이다.

전파통신의 다양화와 수요 증가는 한정되어 있는 주파수 Spectrum 을 유효하게 이용하기 위한 기술의 개발과 Analog 방식에서 Digital 방식으로 이행 되어 왔으며 각국에서의 TDMA 방식 채용으로 주파수의 이용율이 높아지고 있지만 장기적인 측면에서는 현재의 V/UHF 대에서 1-3 GHz 의 준 M/W 대 이용이 불가피하게 되었다.

준 M/W 대의 주파수를 위성이동 통신과 측지 위성등에서 현재 이용중에 있고 차량 정보 시스템의 이용이 검토되고 있다.

준 M/W 대를 이용하기 위한 관건은 이용지역에 따른 전파 전파특성의 파악과 Multi-path fading 영향을 제거하는 문제, 그리고 cell 의 크기 결정과 방식의 기술적인 문제, 그리고 통신 장비에 이용할 소자와 부품 및 회로의 성능 개발이 선행되어야 한다.

이 보고서는 주파수 자원의 관리와 개발을 위한 당면 과제로서의 준 M/W 대 이용에 관한 각국의 동향을 조사하였으며, 우리나라에서 지속적인 준 M/W 대의 전파 전파특성에 관한 연구 수행이 요구된다.

## 참 고 문 헌

- 1) T.S. Rappaport : "The wireless Revolution",  
IEEE Communications Magazine, PP 52 - 71, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991
- 2) A.O. Kucar : " Mobile radio : An Overview"  
IEEE Communications Magazine, PP 72 - 85, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991
- 3) J.H Lodge : "Mobile Satellite Communications Systems : toward Global  
personal Communications"  
IEEE Communications Magazine, PP 24 - 30, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991
- 4) P.Wood : "Mobile Satellite Services for travelers"  
IEEE Communications Magazine, PP 32 - 35, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991
- 5) N.Hart, P. Robertson, P.Bartels : "Mobile Services in Australia"  
IEEE Communications Magazine, PP 36 - 40, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991
- 6) J.L.Grubb : "The traveler's Dream Come true"  
IEEE Communications Magazine, PP 48 - 51, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991
- 7) D.L. Schilling, L.B.Milstein, R.L.Pickholtz, F.B.E Kanterakis, M. Kullback,  
V.Erceg, W.Biederman, D.Fishman, D.Salerno : "Broadband CDMA for  
personal Communications System"  
IEEE Communications Magazine, PP 86 - 93, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991
- 8) S.Tekinay, B.Jabbari : "Handover and Channel Assignment in Mobile Cellular  
Networks"  
IEEE Communications Magazine, PP 86 - 93, Vol. 29, No. 11  
Nov 1991

- 9) CCIR, REP. 370 - 4, 1986, ITU
- 10) CCIR, REP. 715 - 1, 1986, ITU
- 11) CCIR, REP. 567 - 3, 1986, ITU
- 12) CCIR, REP. 1009 , 1986, ITU
- 13) 移動通信における準マイクロ波帯の利用に関する調査研究會編 :  
"移動通信における準マイクロ波帯の利用の將來展望", 昭和62年