

# 서브밀리미터파 통신 시스템의 응용

강 희 조

목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학과

## Application of Submillimeter Wave Communication Systems

Heau-Jo Kang

Department of Computer Multimedia Content Engineering, Mokwon University

Tel: 82-42-829-7634 / FAX : 82-42-824-7634, e-mail : hjkang@mokwon.ac.kr

### Abstract

본 논문에서는 서브밀리미터파 대 전파의 특징과 서브밀리미터파 특징으로 기대되는 이용분야, 서브밀리미터파 대 주파수 할당의 동향 및 이의 응용에 대하여 검토한다.

### 1. 서 론

최근, 밀리미터파대(30 ~ 300 GHz)전파의 개발과 이용의 움직임이 급속도로 활발해져 왔다. 이용면에서 보면 두 가지의 조류가 있다. 하나는 정보통신의 분야이다. 현재유선통신에 있어서는 고속 LAN의 정착과 화상을 많이 사용한 WWW 등의 출현에 의해 인터넷의 이용자가 폭발적으로 늘어나 있다. 이러한 멀티미디어 정보전송에 대응해서의 움직임은 이후 고정단말과 이동 단말로도 파급된 것은 필연이라고 생각할 수 있다. 다시 말해서, 광대역 ISDN의 일부분을 맡은 무선부분의 확립이 요구되어지고 있다. 이러한 대용량정보전송을 무선으로 실현하기 위해서는, 그 광대역성에서 밀리미터파가 가장 어울린다.

또 하나는 센서 분야이다. 충돌방지용 레이더나, 보이지 않은 장소에 있어서 차량의 안전주행 도우시스템 등 ITS(Intelligent Transport Systems : 지능형 도로교통시스템)에 관련한 시스템, 이동로봇의 위치계측과 제어 등으로의 이용이 개발단계에 있다. 이들의 시스템에 밀리미터파가 효과적인 것은, 고 각도 분해능성, 기기의 소형경량화, 광에서는 투과하지 못하는 매질 중에서도 전반 가능한 것 등의 특성을 가지고 있기 때문이다[1]. 어떤 시스템에 있어서도 공통인 것은 비교적 근거리에서 응용되고 있는 점이다. 밀리미터파는 경우에 의한 감쇠가 크고, 또 60 GHz 부근에서는 산소분자의 흡수가 있어, 장거리의 전송에는 적합하지 않다. 통신의 경우 이것은 큰 결함이 되지만, 최근 서브밀리미터파를 광 신호

에 실어서 광파이버로 전송하는 기술의 연구가 진행되고, 전반거리의 문제를 극복할 수 있다는 전망이 생기고 있다. 이에 의해서 서브밀리미터파는 이제부터 무선통신의 꿈으로서 한층 주목을 모으게 되었다. 따라서 문자, 음성, 영상 등의 멀티미디어 정보를 고품질로 전송하기 위하여, 넓은 대역폭을 제공할 수 있는 서브밀리미터파 대역의 무선통신이 요구되고 있다. 서브밀리미터파 대역이란 통상적으로 전파의 파장이 1 mm에서 10 mm인, 주파수 대역이 30 GHz에서 300 GHz사이의 스펙트럼 대를 말하는 것으로 고속의 데이터나 영상정보를 분배할 수 있는 광대역성을 가지고 있다. 이런 이유로 수 년 전부터 서비스 제공업체나 시스템 설계 업체들의 많은 관심을 받고 있지만, 아직은 기술의 이용성 및 활용성에서 개발이 상당히 낙후되어 통신, 레이더, 전파천문 등에서 일부 활용되고 있는 대역이다. 서브밀리미터파 대역을 이용하기 위해서는 전파 전파 특성에 대한 고려가 선행되어야 한다. 마이크로파 시스템에서의 전파전파 손실은 주로 자유공간 손실에 의하여 발생하거나 서브밀리미터파 대역에서는 대기 중의 가스나 강우에 의한 감쇠가 추가로 발생한다. 따라서 저주파수 대역은 수 십 마일 이상을 전파하고 건물 등도 더욱 쉽게 투과가 가능하지만 서브밀리미터파의 경우에는 겨우 수 마일을 전파할 수 있으며 고체매질을 잘 투과하지 못한다. 그러나 이러한 전파 특성들이 단점으로만 보여지는 것이 아니라 오히려 잘만 이용하면 주파수 재사용 거리의 단축에 의해 주파수 이용효율과 통신의 보안성을 높일 수 있는 장점으로 이용할 수도 있다. 최근에 모든 선진국들은 LAN과 PCN에서 개발될 이동전화, 팩스, 데이터 전송, 화상회의와 같은 새로

운 통신 서비스에 대한 폭발적인 수요가 요구된다[2]. 실제적인 글로벌 통신 네트워크의 목표로 현재 개발중인 자동화도로교통시스템(Intelligent Vehicle High way System : IVHS)과 같은 서비스와 기존의 PCN과의 통합에 직면해 있다 [1],[3].

본 논문에서는 멀티미디어 정보를 고품질로 전송할 수 있는 광대역 서브밀리미터파 전파전파 특성과 전파에 영향을 미치는 여러 가지 실제적인 요소를 고찰하고, 이의 주요 응용시스템에 대하여 검토한다.

## II. 서브밀리미터파의 전파 전파 특성

### 2.1 가스 흡수(Gaseous Absorption)

서브밀리미터파에 대부분 영향을 끼치는 대기 가스는 수증기와 산소이다. 가스 감쇠는 가스의 압력, 온도, 밀도에 따라 변화한다. 수증기와 산소에 의한 밀리미터파 흡수를 지배하는 기본 메카니즘[4]에서 폭넓게 설명되었다. 대략적으로 이야기하면, 물분자는 전기 분극 모멘트가 0이 아닌 반면에 산소 분자는 자기 분극 모멘트를 나타낸다. 어떠한 주파수에서 무선 전파와 상호 작용 할 때, 위의 모멘트는 전파 영역에서 운반된 에너지 중 일부를 소실한 분자들과 forced rotation이 만들어진다. 흡수는 가스 분자의 공진 주파수에 대응하여 최대가 되도록 만든다. 높은 고도에서 에너지 손실은 공진 주파수 근처에서 좁은 범위로 제한된다. 공진 피크치는 아주 예리하지 않고, 분자운동으로 유기된 도플러 현상에 기인하여 그들의 폭은 작다. 반면에, 낮은 고도에서 분자들 사이의 빈번한 충돌에 기인하여 더욱 넓은 범위에서의 공진 대역 확산과 높은 가스 밀도로 인해서 감쇠는 커지게 된다.

### 2.2 수증기 흡수(Water Vapor Absorption)

수증기는 22, 183, 323 GHz[5]대역에서 분자 공진 현상에 의해서 3개의 흡수 피크치를 나타낸다. 대기압  $p_{atm}=1 \text{ atm}(1013.6 \text{ mb})$ , 온도  $T=20. \text{ C}$ , 수증기 밀도  $\delta_w=7.5 \text{ g/m}^3$ (약 40%의 상대 습도에 대응)로 놓으면, 해수면(h=0 km)에서 감쇠 커브가 그림 1에 도시된다. (아래에서 설명된)산소 흡수에서 발생된 것과 달리 수증기의 최대 흡수 치에 대응하는 주파수의 사용은 대기 상태(즉, 온도, 압력, 습도)와 아주 밀접한 관련이 있으므로 무선 링크에서 주의 깊게 피해야 한다.

### 2.3 산소 흡수

분자 산소는 48과 72 GHz 사이에서 45의 공진 침투값을 보여준다. 분자충돌에 의한 낮은 고도(높은대기압)에서 seamless한 감쇠 커브와 모두 결합되어 진다. 게다가, 산소는 119 GHz에서 단일 공진 흡수선을 보여준다. 그림에서 해발에

서의 침투값이  $1.7 \text{ dB/km}$  이다. 표 1은 산소흡수영역[5]에 기초로한 실제로 기존에 사용된 대역 분할을 보여준다. 특정 감쇠의 최대치는 60 GHz에서 약 15.5 dB/km이고, 여기서 수증기 감쇠는 약 0.1 dB/km이어서 무시될 수 있다. 산소흡수 특성의 이용에 특별한 관심이 있으므로 가스 감쇠가 산소의 존재에 주로 영향을 받는 60 GHz 주위의 주파수 영역에서의 감쇠만으로 관심 영역을 제한한다. ITU-R(CCIR)에 따르면 10 GHz 위의 주파수에 대한 청정 대기에서의 굴절지수  $n_0$ 는 다음과 같이 주어진다[6].

$$n_0(p_{atm}, p_w, T) = 1 + \left[ \frac{77.6}{T} \left( p_{atm} + 4810 \frac{p_w}{T} \right) \right] \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

여기서,  $T$ 는 켈빈 절대 온도이고,  $p_{atm}$ 은 mbar에서의 기압계 압력이며,  $p_w$ 는 mbar에서 수증기의 부분압력이다. 그러나, 이러한 모델은 산소 흡수 영역 근처에서 더 이상 올바르지 않다. Ott와 Thompson[7]은 낮은 고도의 산소 흡수 대역에서 올바른 대기 굴절 지수용 확장 모델을 개발하였다. 흡수 선 근처에서, 굴절 지수는 주파수에 의존하는 항과 주파수와 무관한 항의 합으로 만들어지는 복소수  $\bar{n}$ 이며 다음과 같다.

$$\bar{n}(f, p_{atm}, p_w, T) = n_0(p_{atm}, p_w, T) + n_R(f, p_{atm}, T) + jn_I(f, p_{atm}, T) \quad (2)$$

여기서,  $f$ 는 반송파 주파수이고,  $j=\sqrt{-1}$  이고,  $n_R$ 과  $n_I$ 에 대한 표현은 [6]에서 정해져 있다. 실험적 측정치에 기반으로 한 특정 산소 흡수  $a_{oxy}$ 에 대한 간단한 모델이[7]에서와 같이 (2)에 유도되었다.

$$a_{oxy} = \frac{0.2422f}{1 + \left( \frac{.60-f}{3.92} \right)^2} \frac{p_{atm}}{1013.25} \left( \frac{300}{T} \right)^2 \quad (3)$$

여기서,  $a_{oxy}$ 는 dB/km,  $f$ 는 GHz,  $p_{atm}$ 은 mbar,  $T$ 는 K로 표현된다. (3)로부터 고정된 주파수에 대하여,  $a_{oxy}$ 는  $p_{atm}$ 와  $T$ 의 함수이며, 임의의 점에서( $p_{atm}, T$ ), 이들 두 파라미터는 반대방향으로 변화할 때 초대 기울기를 가진다. 압력이 증가하고, 온도가 감소하면 분자 밀도가 증가하고 그러므로, 감쇠가 크게된다. 흡수 대역 근처에서 굴절 지수는 복소수이므로, 반송파 주파수 근처의 대기나 흡수 대역 내를 전파하는 광 대역 신호는 흡수를 겪게 된다. 푸리에 변환 기법과 [7]에서 제안된 대기굴절 모델을 사용한 그러한 흡수에 관한 해석적 연구에서 이용될 수 있고, 흡수하는 전파성의 대기에서 펄스 왜곡에 관한 자세한 연구는[8]에서 나타내었다.

표 1. 산소흡수 영역의 대역 분할

f (GHz)	Band	Spec.attenuation (dB/Km)	Type
39.5~51.4	W1	0.3(maximum)	Window band
51.4~66	A1	15.5(peak)	Absorption band
66~105	W2	0.05(minimum)	Window band
105~134	A2	1.7(peak)	Absorption band

2.4 신털레이션 페이딩

더 나아간 왜곡의 소스는 낮은 대기층을 통해 전파하는 동안 전자기파에 영향을 끼치는 대류권 난류에 기인한 굴절 지수의 랜덤한 요동으로 표현되며, 수신된 신호의 진폭과 위상의 흔들림을 유도한다. 이러한 현상을 신털레이션 페이딩이라고 하며, 신호 파동의 분산과 진폭 스펙트럼으로 나타낸다. 실험 측정치는 비록 흡수 대역에서 증가되지만, 신털레이션 페이딩 효과는 실제 응용에서 무시할 수 있는 것으로 나타났다.

2.5 강우 감쇠(Rain Attenuation)

60 GHz 전파에서 더 나아간 문제는 강우 감쇠이다. 강우와 무선 전파 사이의 상호 작용은 주어진 강우율에 대하여 떨어지는 물방울의 크기와 모양에 따른 감쇠를 일으킨다. 떨어지는 물방울의 크기에 관한 몇 가지 다른 분포가 강우 감쇠의 예측 치와 거의 일치하지 않은 채로 문헌들에서 제안되어 왔다[8].

2.6 안개와 구름의 영향

안개와 구름은 지름이 0.1mm 보다 작은 물방울로 이루어져 있으며, 마이크로파대에서 서브밀리미터파 대 사이의 감쇠계수  $g(dB/Km)$ 는 단위 체적 당 수분의 질량  $M(g/m^3)$ 에 비례한다는 것이 이론적으로 알려져 있다.

$$\gamma = K \cdot M \tag{4}$$

여기서  $K$ 는 물의 유전율과 전파의 주파수에 의해 결정되는 계수로 계수  $K$ 의 주파수 특성을 나타낸다.

2.7 나뭇잎에 의한 손실

나뭇잎에 의한 서브밀리미터파 대역의 손실은 아주 중요한 요소로 작용하며, 어떠한 경우에는 나뭇잎에 의한 전송손실이 전파전파의 특성을 제한하는 주요 요소로 간주되는 경우도 있을 수 있다. 나뭇잎에 의한 전파감쇠를 예측하기 위한 실험식이 ITU-R의 보고서 236-2에 언급되어 있는데, 나무숲의 길이가 400m 이내인 경우 손실을 계산하는 관계식은 다음과 같다.

$$L = 0.2 f^{0.3} R^{0.6} dB \tag{5}$$

여기서  $f$ 는 MHz 단위의 주파수이며,  $R$ 은 파의 진행방향으로의 길이로써 m으로 표시된다.

식 (5)은 주파수 대역 200~95,000MHz에서 적용 가능하며 예를 들어 40GHz의 경우 숲의 길이가 10m라면 나뭇잎에 의한 손실은 약 19dB가 되며, 이 손실은 무시할만한 적은 손실량이 아님을 알 수 있다.

2.8 산란 및 회절에 의한 손실

송수신기간의 비 가시거리가 형성되더라도 송신신호는 수신기 근처의 반사체에 의한 반사에 의하여 수신기에 도달할 수 있다. 서브밀리미터파와 같이 파장이 짧은 파는 회절효과가 미미하며 빛과 같이 세도우 효과나 반사에 더 영향을 받기 쉽다.(이러한 세도우 현상은 통신시스템에서 불요파의 수신을 막아주는 차폐효과를 제공하기도 한다.) 어찌되었거나, 비 가시거리 상황의 수신기에서 전파의 수신에 큰 영향을 미치는 것은 반사파에 의한 에너지의 전달이다.

반사나 반사에 의해 발생하는 신호의 분산 정도는 반사매질의 반사도에 크게 좌우되며, 서브밀리미터파와 같은 매우 파장이 짧은 파의 경우에 매질의 반사면은 매우 거칠게 작용하게 되어 결과적으로 많은 분산을 발생시켜, 통상적인 반사파에 비하여 수신기에 도달하는 에너지의 양이 줄어들게 된다.

2.9 하늘 잡음(Sky noise)

전자파 에너지를 흡수하는 모든 물질은 또한 방사체로 작용한다. 즉, 수증기, 산소 그리고 빗방울과 같이 전파전파 손실을 야기하는 대기 중의 구성 성분들은 잡음과 같은 신호를 방사한다. 이러한 신호들이 수신용 안테나로 유입되면 시스템의 성능을 저하시키게 된다. 큰 양각으로 위성을 지향하고 있는 지구국 안테나는 대기 중의 여러 구성 성분으로부터 방사되는 하늘 잡음을 수신하게 되는데, 이 경우의 잡음 정도를 하늘 잡음 온도라고 부른다.

하늘 잡음의 경우에도 밀리미터파 대역의 가스분자의 공진주파수에서 침투값이 발생함을 알 수 있으며, 이 현상은 결국 서브밀리미터파 대역을 통신에 적용하기 위한 적합성의 여부에 영향을 미치게 된다.

2.10 강설의 영향

눈 조각은 얼음, 물, 공기의 복합체이기 때문에, 전파전달에 영향을 미친다. 눈의 용해도에 따라서 전파의 감쇠특성과 산란특성은 현저한 변화를 보인다. 그러나 싸락눈에 의한 마이크로파대, 서브밀리미터파 대 감쇠는 작은 편이다. 하지만 젖은 상태의 눈이 내릴 때는 서브밀리미터파대 눈에 뿔 정도로 감쇠 되는 경우가 있다.

III 서브밀리미터파의 응용시스템

3.1 50GHz대 간이 무선시스템

50 GHz대 간이무선 시스템은, 밀리미터파 대 전파를 이용해서, 단거리구간에 있어서 칼라 동화상, 데이터, 팩시밀리, 음성 등의 정보를 쉽게 전송할 수 있고, 더욱이 무선중사자 자격을 가질 것 없이 간단한 무선국면허수속만으로 누구라도 사용할 수 있는 시스템이다. 전송용량으로서는 6.3 Mbps 정도의 디지털 신호전송, 또는 아날로그 영상신호와 음성신호전송이 가능하다. 전송거리는 맑은 날씨에는 10 km 이상이 가능하지만, 강우감쇠의 영향을 고려한 경우에는, 통상 1~3 km 정도이하에서 사용된다. 데이터 전송, 화상에 의한 감시, TV 회의, 전송프로그램 제작, 빌딩간 통신 등에 이용되고 있다. 케이블 포설이 곤란한 장소에 있어서는 전송수단으로서도 이용한다.

### 3.2 무선 LAN 시스템

Local Area Network(LAN)의 이용이 여러 가지 국면에서 급속히 증대되고 있다. 현상에서는 거의 LAN 시스템은 유선계로 실현되어 있지만, 무선화로 향한 동향이 있다. 무선화 하는 이점으로서, 단말접속의 부담의 감쇠, 유연한 단말 배치의 실현, 단말 기반 화에 의한 이용성의 향상, 사무실에 있어서 케이블의 홍수의 해소 등을 들 수 있다. 이러한 관점에서, 현재 널리 이용되고 있는 인터넷(전송속도 10 Mbps정도)과의 속도호환을 목표로 한 무선 LAN 시스템이 상품화되어 오고 있다. 2.4 GHz대와 19 GHz대의 무선 LAN 시스템이 모두 실용화되고 있는 이외에, 5 GHz대의 실용화를 목표로 하여 개발이 행해지고 있다. 또, 무선LAN의 실용화도 행해지고 있다.

한편, 유선계 LAN의 고속화의 동향이 현재화되고 있고, 고속인터넷(전송속도가 100 Mbps)과 ATM-LAN(전송속도가 156 Mbps 등)과 같은 100 Mbps 정도이상의 전송속도를 가지는 유선 LAN이 보급을 시작하고 있다. 특히, 산소분자의 흡수대에 위해해서, 간섭혼신의 회피가 용이하고, 공간적으로 고밀도한 이용이 가능하게 생각되어진 60 GHz대에 주목한 연구개발이 진행되어졌다. 무선LAN 시스템은 기본적으로는 옥내 환경에서 이용되므로, 강우감쇠의 영향이 없어진다[9],[10].

### 3.3 광대역 무선 접속 시스템

서브밀리미터파 대의 광대역성을 살려서, B-ISDN(광대역 ISDN)의 가입자 회선의 무선화 등 광대역 가입자 계 무선 액세스시스템으로 밀리미터파를 이용하려고 하는 동향이 있다. 이러한 이용형태로서는 고정과 이동의 양측을 생각할 수 있다.

광대역 서비스를 개별 사용자로 전개하기 위해서는 고정통신 서비스의 관점에서는 광파이버시스템의 이용(FTTH : Fiber-To-The-Home)가 기본으로서 생각할 수 있지만, 이것에는 많은 투

자와 시간이 필요하다. 광대역 서비스의 초기의 전개와 지역전기통신시장의 경쟁을 촉진하기 위한 하나의 방법으로서, 무선계의 이용을 생각할 수 있다[11].

### 3.4 열차무선 시스템

철도의 여객 서비스의 향상과, 열차운행, 보수의 효율화에 있어서는, 열차와 지상 간에 있어서 통신용량의 증대가 필요하다. 현재 이용되고 있는 누설 케이블 시스템에서는, 대폭적인 통신용량의 증대는 실현곤란하고, 광대역인 서브밀리미터파 대 열차통신시스템의 실현이 기대되고 있다.

대용량의 서브밀리미터파 대 열차통신시스템이 실현되면, 열차로의 연락과 지시의 확충, 좌석예정정보의 제공, 여객에 대한 멀티미디어 정보 서비스의 제공 등이 가능하다. 또, 선로에 설치된 각종설비와 차량의 검측, 감시를 열차에서 행하고, 이 정보를 서브밀리미터파를 이용해서 지상으로 고속으로 전송하고, 열차의 안전주행에 유용하게 쓰는 것도 기대된다. 서브밀리미터파 대 전파를 이용하면, 고속으로 축적전송을 행하는 것이 가능하게 되어, 필요한 거점에 무전기를 배치하는 것만으로 시스템화가 가능해질 것이라고 생각된다.

서브밀리미터파 대 열차통신 시스템의 개발은, 일본에 있어서는, 철도기술연합연구소가 중심이 되어 실시하고 있다. 열차-지상간의 서브밀리미터파 대 전파 진반특성의 측정과 신호전송특성의 측정, Zone 전환 기술, 다이버시티 기술 등에 관한 연구가 행해지고 있다[12].

열차-지상 간 통신에서는, 열차가 선상에서 이동하기 때문에, 서브밀리미터파 대에 있어서는 좁은 빔으로 고 이득의 소형 안테나의 사용이 가능하다. 이것에 의해 예측 내에서는 수 km의 거리에 걸쳐서 페이딩이 적은 비교적 양호한 전반 상태를 얻을 수 있다. 신간선의 곡선구간에 있어서도, 주행로와 방음벽에서의 반사파 등에 의해, 예측 외에 있어서는 비교적 양호한 전반 상태를 얻을 수 있다는 것이 알려졌다. 또, 터널 내에 있어서는 벽면에서의 반사에 의해 서브밀리미터파는 양호하게 전반하는 것이 알려졌다.

### 3.5 방송용 시스템

방송 분야에 있어서는, 옥외의 중계현장에 있어서 무선카메라와, 중계현장부터 방송국까지 프로그램소재를 무선전송하기 위한 장치인 FPU(Field Pick-up Unit)에서 서브밀리미터파를 이용한 것이 검증되어졌다. 특히 넓은 주파수대역을 요하는 HDTV 관련의 용도로서의 이용이 기대되고 있다. 42 GHz대 HDTV용 FPU로서는, FM변조방식의 것과 QPSK 방식의 것이 개발되고 있다. FM 변조방식의 경우에는 TCI(Time Compressed Integration)방식에 의한 기저대역 신호의 압축이 행해지고, QPSK 변조방식의 경

우에는 디지털 압축방식이 이용되고, 80 MHz의 주파수대역에서의 HDTV 신호의 전송이 실현되어졌다. FPU와 무선카메라에 더해져서, 무인운용의 HDTV 카메라의 신호를 무선 전송할 목적으로, 60 GHz대의 소형전송장치가 개발되고 있다. 60 GHz대의 평면 안테나, 60 GHz대 MMIC 콤포넌트를 이용하는 것에 의해 소형화가 이루어졌다. 60 GHz대의 MMIC 콤포넌트에 대해서는, 60 GHz대의 차재용 레이더와 무선 LAN의 개발에 관련해서 개발된 것이 활용되고 있다.

방송 분야에 있어서 서브밀리미터파 이용 시스템의 연구개발은 위에서 기술한 것과 같이 착실하게 진행되고 있지만, 실용화를 진행하기 위해서는, 시스템의 표준화가 필요하다.

**3.6 위성통신 시스템**

위성통신으로의 서브밀리미터파 이용을 생각한 결과, 분배된 주파수대역의 크기에 착안해 들 필요가 있을 것이다. 서브밀리미터파 대에 있어서, 고정위성통신용에 65 GHz, 이동체위성통신용에 52 GHz, 위성간통신용에 42 GHz라는 광대한 주파수대역이, 타 업무와 공유으로 분배되어 있음. 서브밀리미터파 대 위성통신시스템에서는, 전반송실이 커져서 송신전력증대에 관한 과제가 있지만, 위성의 안테나 빔을 좁힌 것이 용이하기 때문에, 구역이 제한된 서비스와 광대역·다중 채널 전송의 가능성이 있다. 또 소형 안테나에서도 이득 안테나를 실현할 수 있어서, 지구국의 소형화의 가능성이 있다. 강우감쇠가 커지기 때문에, 그 대책이 시스템 구축·운용상의 중요한 문제가 된다.

한편, 위성 간 통신에 서브밀리미터파를 이용하면, 대기가스흡수나 강우감쇠의 영향을 받는 것 없이, 또 빔폭도 광보다 넓어 안테나의 지향방향의 제어가 용이하다는 이점이 있다.

이상과 같은 것으로부터, 기대되는 서브밀리미터파 이용의 형태로서는, 광대역의 고정위성통신 시스템, 광대역의 이동체 통신시스템, 다 채널의 퍼스널 위성통신 시스템, 위성 간 통신시스템을 들 수 있다.

**3.7 근거리 센싱 시스템**

서브밀리미터파 대 전파가 가진 광대역성, 장치의 소형·경량성, 간섭 억압성을 살려서 근거리에서 고분해능의 센싱 시스템으로는 장애물검지·충돌방지 등을 목적으로한 차재용 레이더, 대지속도 센서, 고정밀도의 위치인식 시스템, 침입검지, 비접촉 카드 시스템 등이 예상되는 시스템이다[13].

**3.8 첨단 차량 및 도로시스템 기술**

차량으로부터 또는 차량으로 실시간 전송해야 하는 정보의 형태는 매우 다양한데, 그 중 차량 간 정보통신의 유형은 크게 운전자 사이의 정보

교환을 의미하는 개인적인 정보와 차량의 운행 상태 즉 위치, 속도, 가속도 및 운전자의 조작의도를 상호 교환하는 차량의 안전운행관련 정보 등으로 구분할 수 있다. 현재 차량과 차량 간의 무선통신 방법으로 많이 이용되고 있는 것은 적외선 통신과 서브밀리미터파 통신인데, 서브밀리미터파인 경우에는 차간거리 측정용으로 사용되는 서브밀리미터파 레이더가 76GHz/24GHz/60GHz 대역에서 연구 중에 있다.

**3.9 지구환경 리모트 센싱·전파천문**

지구환경 문제로는 오존층파괴, 지구온난화, 산림파괴, 사막화, 해양오염파괴 따위를 들 수 있다. 매질에 의한 서브밀리미터파의 흡수, 산란, 열잡음 방사 특성을 관측하는 것에 의해 역으로 매질의 물리학 특성(온도, 밀도 등)에 관해서 아는 것이 가능해진다. 이러한 전파를 이용한 리모트 센싱에는 이미지 아래이 수동형과 능동형이 있다. 또한, 전파천문의 주역은 성간 분자의 관측, 별의 탄생에 관한 영역 연구, 행성계의 형성에 관한 연구 등이 있으며, 전파천문의 핵심이 되는 관측기술은 성간 분자에서 열적으로 방사된 미약한 전파를 고감도로 또는 고 각도 분해능으로 관측하는 것이다[14].

**IV. 결론**

문자, 음성, 영상 등 멀티미디어 정보를 고품질로 전송할 수 있는 광대역 서브밀리미터파 무선통신에의 전파전파 특성의 성능분석 및 서브밀리미터파 대 전파의 특징으로 기대되는 이용분야, 서브밀리미터파 대 주파수 할당의 동향 등에 대하여 검토하였다. 21세기의 고도정보사회에 있어서 서브밀리미터파 이용시스템은 중요한 역할을 담당할 것으로 기대된다.

**V. 참고문헌**

[1] T. Ihara and K. Fujimura, "Research and development trends of millimeter-wave short-range application systems", *IEICE Trans. Commun., Vol. E79-B, No. 12*, pp.1741-1753, 1996.  
 [2] Special issue on "Wireless Personal Communications", *IEEE Communications Magazine*, 1995.  
 [3] I. Catling (ed.), *Advanced Technology for Road Transport, Artech House Publishers* : London, 1994.  
 [4] A.W. Stration, "The absorption and Reradiation of Radio Waves by Oxygen and Water Vapour in the Atmosphere", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* pp. 595-597, 1975.

- [5] R. Steele, "Towards a High-Capacity Digital Cellular Mobile Radio System", *IEE Proceedings*, Pt. F, pp. 405-415, 1985.
- [6] CCIR Study Group 5, "Recommendations and Reports of the CCIR", Vol. 4, *International Telecommunications Union*, Geneva, 1982.
- [7] R.H. Ott and M.C. Thompson Jr., "Character -istics of a Radio Link in the 55 to 65 GHz Range", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, pp. 873-877, 1976.
- [8] C.J. Gibbins, "Propagation of Very Short Pulses Though the Absorptive and Dispersive Atmosphere", *IEEE Proceedings*, Pt. H, pp. 304-310, 1990.
- [9] Y.Takimoto, H.Yatsuka, A.Inoue, Y.Tokoyama, T.Aoyagi, K.Ohta, T.Saito, T.Negishi, and N.Okuno, "60GHz short range transceivers and applications for minimum delay spread LAN", *1996 IEEE MTT-S Digest*, pp. 509-512, 1996.
- [10] F.Kuroki and T.Yoneyama, "NRD guide digital transceivers for millimeter wave LAN system", *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E79-B, No. 12, pp. 1759-1764, 1996.
- [11] M.Chelouche, I.Telliez, and A.Plattner, "Main innovation in millimeter wave civil communications in Europe-An example : The mobile broadband system, concept and technologies", pp. 85-95, 1995.
- [12] H.Yamamura and S.Sasaki, "millimeter wave propagation model and delay spread along the Maglev huideway", *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E78-B, No. 8, pp. 1204-1207, 1995.
- [13] K.Fujimura, M.Hitotsuya, S.Yamano, and H.Higashida, "76GHz millimeter wave radar for ACC", *Int. Symp. on Automotive Technology & Automation, Vienna, Austria, 99 AE 109*, 1999.
- [14] H.Masuko, S.Ochiai, and Y.Irimajiri, "CRL 204GHz and 278GHz band radiometer/spectrometer system with superconductor mixers for monitoring ozone layer destruction ", *APMC'94, Workshops Digest, Tokyo*, pp.107-112, 1994.