

스마트 코리아 Backhaul Network 구축을 위한 밀리미터파 전송 기술

변우진 · 강민수 · 김광선 ·
김봉수 · 송명선*

ETRI 전파기술연구부 ·
*ETRI 방송통신융합연구부

I. 서 론

스마트 IT 제품의 등장으로 언제 어디서나 편리하고 빠르게 정보를 공유하려는 요구가 증가하면서, 4세대 통신망은 단순한 미래 통신 서비스에서 점점 현실로 다가오고 있다. 전 세계 유수의 연구 기관들은 향후 모바일 트래픽은 매년 2배 이상 증가할 것으로 전망하고 있으며, 이는 통신망이 빠르게 진화하도록 하는 촉매 역할을 하고 있다^[1].

더불어 4세대 통신망이 도래함과 동시에 폭증하고 있는 데이터 전송 속도를 지원할 수 있는 광대역 접속 스펙트럼에 대한 필요성 또한 제기되고 있으며, 스펙트럼이 더 많이 요구됨에 따라서 새로운 더 높은 주파수의 분배 또한 논의되고 있다.

특히 3차원 이상의 고화질 영상 전송 등의 고용량 정보를 생성 또는 공유하려면, 최소 수십에서 수백 Mbps 급의 데이터 전송 속도가 필요하며, 이는 현재 사용하고 있는 주파수 대역보다 더 넓은 대역폭이 필요하고, 이를 해결하려면 넓은 주파수 대역의 이용이 가능한 높은 주파수를 사용하여야 한다.

하지만 더 높은 주파수는 전파의 전송 손실이 낮은 주파수 대역에서 상대적으로 크기 때문에, 셀의 커버리지가 줄어드는 단점이 발생한다.

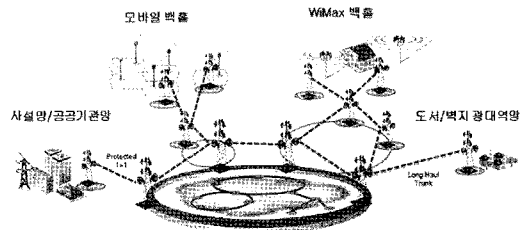
이를 극복하려면 현재의 무선 통신망보다 더 작은 마이크로셀 규모가 되어야 하며, 기지국들이 좀 더 조밀하게 분포되어야 한다. [그림 1]에서 보여지는 것처럼 마이크로셀 간의 백홀망 구축은 대표적으로 다음과 같은 4가지 방식(크게 2가지, 유선 기반

및 무선 기반)으로 설계될 수 있으며, 각 방식 별로 장단점을 가지고 있다^[1].

1. xDSL
2. Optical
3. In-band wireless
4. Out-of-band wireless

유선 기반의 DSL 및 광방식은 비용과 설치 시간에 많은 제약을 가지고 있다. 특히, 광 방식은 기간망으로 도입에 많이 설치되었지만, 마이크로셀이 원하는 형태로 설계될 만큼 fiber가 설치되지 않다는 문제점도 있다. DSL 방식 또한 데이터 전송 속도가 제한되고 전송 거리도 제한되는 단점이 있다.

동일 주파수(in-band)를 이용한 무선 방식은 TDD (Time Division Duplexing) 방식 등이 고려될 수 있지만, 간섭 문제, 큰 지연 등의 단점이 존재한다. 따라서 마이크로셀 백홀망을 실제로 구현하는데 있어서 적합한 방법은 다른 주파수(out-of-band)를 이용한 무선 방식이라 할 수 있다. 이렇게 하면 백홀망이 마이크로셀 무선 통신망에 간섭을 일으키지 않을 뿐만 아니라, 지연 문제에 독립적으로 고려할 수 있기 때



[그림 1] 모바일 무선 백홀망 개념(출처: Ceragon^[2])

문에 고용량 무선 백홀망 구성에 매우 적합하다고 할 수 있다.

이런 대용량/고속 백홀망을 구성하는 방법으로는 마이크로파 및 밀리미터파를 이용하는 방법, 무선 광통신(FSO: Free Space Optic)^[3]을 이용하는 방법이 있다. FSO의 경우, 데이터 전송 속도를 높이는 기술이 상대적으로 용이하지만, 적외선 레이저 등을 이용하므로 링크 거리, 안개/눈/비 등의 자연 환경의 영향을 극복하기 어려운 단점이 있다. 마이크로파 대역을 이용하면 설치가 용이하고, 전송 거리가 증가하는 장점이 있지만, 전송 속도를 증가시키는 데에 어려움이 있다. 반면에, 밀리미터파를 이용하는 무선 통신은 1~2 km 정도의 무선 링크를 구성하는 시스템에서 설치 시간이나 비용 측면에서 유선 광통신보다 큰 장점이 있고, 자연 환경 등의 영향 면에서는 FSO보다 유리하다는 장점이 있다. 이런 이유로 최근 밀리미터파를 이용한 고정용 점대점 무선 통신에 대한 관심이 증가하고 있다.

본 고에서는 현재 관심이 증대되고 있는 무선 백홀망으로 적합한 밀리미터파를 이용한 무선 전송 기술에 대하여 소개하고자 한다. II절에서는 밀리미터파 대역의 주파수 분배 현황을 알아보고, III절에서는 다양한 응용 예 및 시장 동향, IV절에서는 국내 및 해외의 연구소, 기업, 학교 등에서 수행 중인 무선 전송 기술 동향에 대하여 설명하고자 한다.

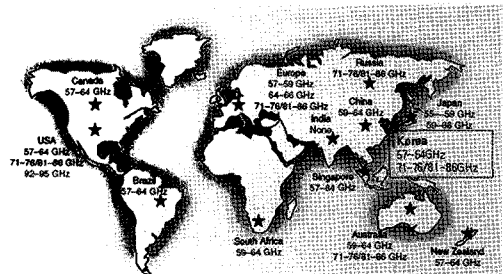
II. 주파수 분배 현황

고정 점대점(point-to-point) 무선 통신은 서로 떨어져 있는 두 고정된 위치에서 무선 링크를 이용하여 정보를 주고 받는 통신 방식을 의미하며, 점 대 다점(point-to-multi-point) 무선 통신은 하나의 접속점과 여러 개의 릴레이 또는 기지국을 연결하는 방식이다. 이 중에서 기기간 간섭, 보안 문제 등의 문제 때문에 점대점 통신 방식이 무선 백홀에 적합하다고 볼 수

있으며, 이런 고정 점대점 무선 통신에 이용 가능한 주파수로는 18 GHz, 38 GHz, 60 GHz, 70/80 GHz, 92 GHz 대역 등이 있다^[4]. 그러나, 18 GHz나 38 GHz 대역은 이용 가능한 주파수 대역폭이 수십 MHz 정도로 좁기 때문에 Gbps급 전송 속도를 충족시키는 데에는 한계가 있다^[5]. 이로 인하여 주파수 활용도가 낮은 50 GHz 이상의 대역에서 충분히 넓은 대역폭을 이용함으로써 비교적 간단한 송수신기 구현을 통해 Gbps급의 데이터를 전송할 수 있는 주파수 자원 활용 방안에 대한 관심이 증가하였다.

50 GHz대 이상의 주파수 대역에서 주파수 분배 현황을 보면, 비면허 대역으로는 미국 FCC는 1998년 57~64 GHz 대역을 분배하였고, 일본은 59~66 GHz 대역을 분배하였으며^[6] 한국도 2006년에 용도 미지정으로 57~64 GHz 대역을 분배하였다. 또한, 고정 점대점 통신용 대역으로 미국, 캐나다, 유럽은 2005년에 71~76 GHz, 81~86 GHz를 분배하였고, 호주는 2007년에, 그리고 한국은 2009년에 71~76 GHz, 81~86 GHz 대역을 분배하였다^[7]. 미국의 경우는 92~95 GHz 대역도 고정 점대점 통신용으로 사용하도록 분배되어 있다. [그림 2]는 주요 국가들의 60~90 GHz 대역 주파수 분배 현황을 보여 준다^[8]. 특히 중국은 60 GHz 대역 이외에 밀리미터파 산업 활성화를 위하여 45~50 GHz 대역 분배를 정부에 요청한 상태이다.

57~64 GHz 대역은 비면허 주파수 용도로 분배되었으므로 대부분의 국가에서 주파수 이용에 따른 비



[그림 2] 주요 국가의 60~90 GHz 주파수 분배 현황^[8]

용 부담이 없기 때문에 무선 고정 점대점 통신용으로 활용되기도 하였다. 하지만 [그림 3]의 주파수에 대한 대기 감쇠 특성에서 보이는 것처럼^[9], 60 GHz 대역은 대기 중의 산소에 의한 감쇠가 매우 크기 때문에 수 km에 달하는 실외 장거리 통신용에는 적합하지 않고 WPAN과 같은 10 m 이내의 통신용으로 활용되고 있다. 한편, 71~76 GHz, 81~86 GHz 대역은 산소에 의한 감쇠가 1 km당 0.5 dB 이하로 매우 작아서 장거리 무선 링크에 적합하다.

Ⅲ. 밀리미터파 무선 전송 기술의 응용 분야 및 시장 동향

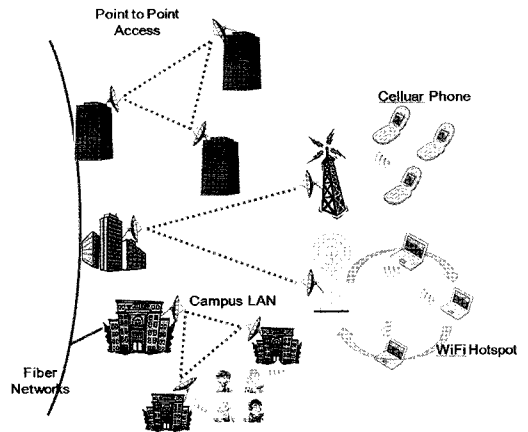
밀리미터파를 이용한 무선 전송 기술은 다음과 같이 초고속 데이터 전송이 필요한 다양한 응용 분야에 적용 가능하다^[10].

3-1 기업 및 학교의 건물간 고속통신망

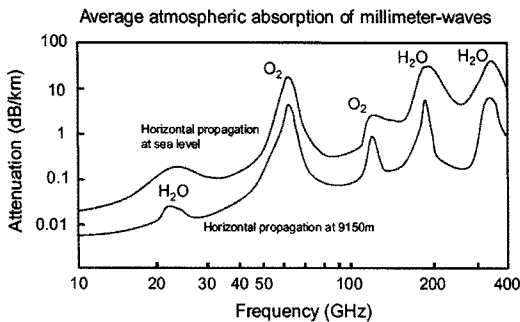
오늘날 기업이나 대학 내에는 고화질 비디오, 그래픽, 데이터 파일 등 각종 많은 용량의 데이터의 전송을 필요로 하고 있다. [그림 4]에서 보여지는 것처럼, 하나의 건물을 이용하는 경우에는 상대적으로 자가 통신망을 형성하는 것이 용이하지만, 여러 건물을 이용하는 경우에는 각 건물 사이에 유선망으로 형성하면 설치 비용이 크게 증가한다. 더욱이, 망을 임대

하는 경우 매달 많은 임대 비용을 지불해야 하는 문제점도 발생하게 된다.

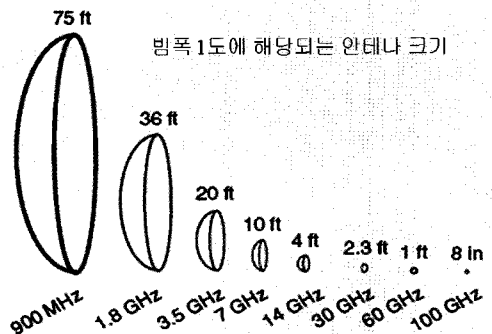
하지만 밀리미터파 대역, 특히 70/80 GHz 대역의 경우, 이용 가능한 주파수 대역폭이 10 GHz 정도이므로 수 Gbps급의 전송 시스템 구현이 가능하고, 간단한 안테나 설치만으로 망을 형성할 수 있기 때문에 설치 비용이 저렴하며, 안테나 빔 폭이 매우 좁아서 (2 feet 안테나의 경우 3 dB 빔 폭이 1도 이내임) 높은 보안성을 유지할 수 있는 장점이 있다^[11]. [그림 5]에서 보여지는 것처럼 마이크로파 대역에서 높은 보안성을 유지하기 위하여 빔 폭을 줄이게 되면 안



[그림 4] 기업 및 학교의 고속 통신망



[그림 3] 밀리미터파 대역의 대기 감쇠 특성



Source: Gigabeam Inc.

[그림 5] 기업 및 학교의 고속 통신망^[11]

테나 크기가 급격하게 증가하여 설치가 용이하지 않은 단점이 발생한다.

3-2 HDTV 방송용 통신망

현재 전 세계적으로 HDTV에 대한 보급이 활발히 이루어지고 있고, 이에 맞추어 HDTV 관련 망 기반 시설 구축 사업도 활발히 이루어지고 있다. HDTV의 경우 실시간 비압축으로 영상을 전송하는 경우, 최소 1.485 Gbps의 속도가 요구된다. 기존 유선망을 이용하여 비압축으로 영상을 전송하는 경우, 망에서 발생하는 용량이 너무 커서 전송선을 이용하지 못하면 영상을 압축하여 전송해야 하는데, 이와 같은 경우 영상 압축에 따른 화질 열화와 전달 지연이 발생하기 때문에 운동 경기 중계와 같은 실시간 방송의 경우 수 초의 지연 시간이 발생할 수 있다. 이와 같은 상황에서 [그림 6]과 같이 밀리미터파 대역을 이용하여 카메라와 고속 전용망이 있는 곳과의 무선 연결이 가능하다면 이런 단점을 보완할 수 있어 영상의 지연을 줄일 수 있다.

3-3 재난 극복용 통신망

기존 유선망은 자연 재해(불, 홍수, 지진, 태풍 등) 또는 인재로 인하여 기간망의 기능을 상실하는 사고가 발생하는 경우 망을 복구하는데 많은 시간과 비용이 소요된다. 특히, 자연 재해 등으로 재난이 발생한 경우 상황 극복을 위한 통신망의 유무는 재난 극복이나 피해자 구호 등에 있어서 매우 중요한 요소

가 된다. 이런 재난 상황에서 이용 가능한 통신 방법이 [그림 7]에서 보여지는 것처럼 송수신 장비를 원하는 위치에 바로 설치하여 고속 통신을 가능하게 하는 밀리미터파 점대점 무선 통신이다.

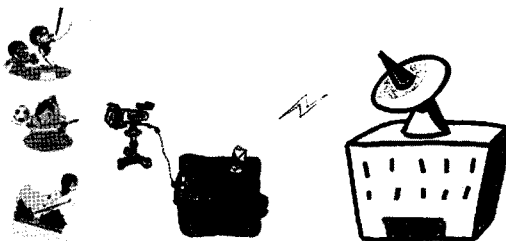
3-4 비디오 감시용 통신망

최근 사회 안전망 구축을 위해 방법용 영상 카메라의 역할이 증대되고 있다. 최근에 빌딩 입/출구, 주차장, 건설 부지, 고속도로, 철도, 공항, 창고 등 다양한 장소에서 방법용 영상 카메라가 쓰이고 있다. 현재 비디오 기술은 기존 아날로그에서 초고화질 디지털 영상 기술로 발전하고 있으며, 이로 인해 비디오 영상을 효율적으로 관리하는 방법이 요구되고 있다.

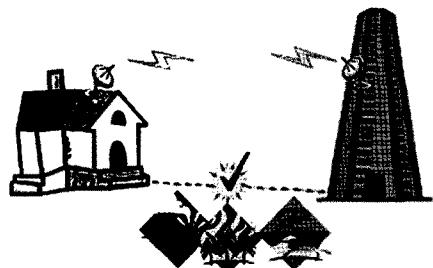
비디오 영상 또한 보다 선명한 영상을 요구하며, 효율적인 비디오 감시용 통신망의 관리를 위해서 여러 비디오 영상을 동시에 관리하는 방향으로 진화하고 있다. 고정 점대점 통신 시스템은 [그림 8]에서 보이는 것처럼 이런 요구를 효과적으로 수용하면서 비디오 감시용 통신망을 형성할 수 있다. 고속 전송이 가능하기 때문에 많은 비디오 영상을 하나로 통합하여 통신이 가능하고, 빠른 설치 및 저렴한 비용, 그리고 밀리미터파의 직진성을 이용하여 높은 보안성을 갖는 장점이 있다.

3-5 의료용 통신망

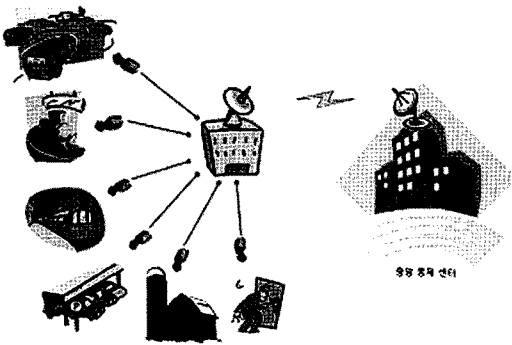
밀리미터파 대역에서 이용 가능한 수 GHz의 대역



[그림 6] HDTV 방송용 통신망



[그림 7] 재난 극복용 통신망



[그림 8] 비디오 감시용 통신망

폭은 비압축 실시간 HD급 영상의 통신을 가능하게 하여 병원에 적용될 경우 [그림 9]에서 보이는 것처럼 건물이 분리되어 있는 응급실, 집중 치료실, 수술실, 방사선실 등으로 고화질 디지털 X-ray 영상이나, 긴급 환자의 고해상도의 MRI 영상 등의 전송이 가능하다. 이로써 긴급 상황에서 보다 빠른 응급 조치가 가능해져 환자의 보다 효과적인 치료가 가능해진다.

시장 자료 전문 조사기관인 Visant Strategic사의 보고에 의하면 밀리미터파 대역을 이용한 무선 전송 시스템 시장은 2014년까지 년 평균 성장률이 125 %

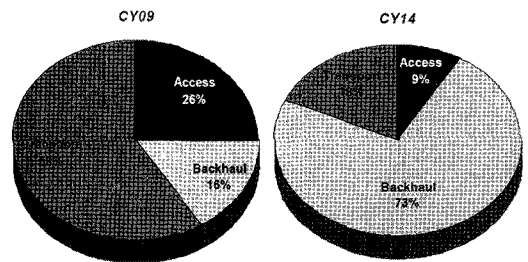


[그림 9] 의료용 통신망

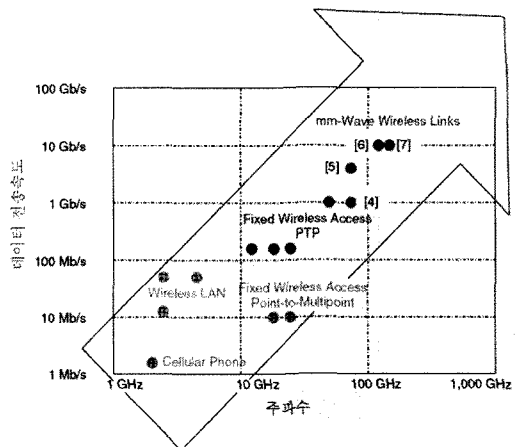
정도가 될 것으로 예측하고 있다. 또한 [그림 10]에서 제시된 시장 예측 자료는 밀리미터파 무선 전송 시스템의 응용 분야가 무선 접속망에서 무선 백홀망으로 무게 중심이 변하고 있음을 보여주고 있다

IV. Gbps급 밀리미터파 무선 전송 기술 동향

[그림 11]은 현재 전 세계에서 개발 중인 무선 전송 시스템을 주파수 대역별로 분류하여, 각 주파수 대역에서 달성할 수 있는 전송 속도를 보여주고 있다. 마이크로파 대역에서 Gbps급 전송 성능을 얻는 것보다 밀리미터파 대역에서 수십 Gbps급의 성능



[그림 10] 밀리미터파 무선 전송 시스템의 시장 동향 (출처: Infonetics Research Inc.)



[그림 11] 무선 전송 시스템의 주파수 대 전송 속도 성능 비교^[8]

을 얻는 것이 훨씬 더 가능성이 높다는 것을 보여주고 있다.

그리고 밀리미터파 대역 중에서도 70/80 GHz 대역은 60 GHz 대역에 비해서 대기 감쇠도 적고 강우 감쇠는 비슷하며 고정 통신용으로 전 세계 주요 국가에서 5 GHz 이상의 대역폭을 할당하였다. 또한 다른 허가 대역과 달리 라이선스를 받기 쉬우면서도 주파수 사용료가 저렴하면서 기본적인 통신 품질에 대한 보호를 받을 수 있어서 여러 나라에서 Gbps급 이상의 무선 전송 시스템에 적용하기 위한 기술 개발 또한 활발히 이루어져 왔다^[12]. 이를 살펴 보기 위하여 현재 상용 제품의 기술 수준과 전송 속도 개선 등의 기술을 개발하고 있는 연구 동향을 설명하고자 한다.

4.1 상용 Gbps급 밀리미터파 시스템 동향

70/80 GHz를 이용한 1.25 Gbps급 밀리미터파 송수신 시스템은 몇 년 전부터 Gigabeam, Bridgewave 등 여러 회사에서 상용 제품으로 출시하고 있다. 최근에는 기존의 넓은 주파수 대역을 활용하는 ASK나 FSK와 같은 아날로그 방식의 변조 방식에서 점차적으로 BPSK나 QPSK 등의 디지털 변조 방식을 사용하고 에러 정정 알고리즘이나 1 Gbps/100 Mbps로 환경에 따라 전송속도 변경이 가능하게 하는 등 다양한 디지털 신호 처리 기술이 접목된 제품들이 나타나고 있다. 장거리 전송을 위한 고이득 안테나는 카세그레인 또는 파라볼라 반사판 안테나를 주로 사용하고 있으며, 출력이나 전달 거리는 유사한 특성을 보인다. 국내에서도 코모텍에서 71~76 GHz 대역을 사용한 ASK 방식의 1.25 Gbps급 전송 시스템을 개발하여 판매하고 있다. 여러 가지 상용 시스템의 특성을 <표 1>에 정리하여 비교하였다.

4.2 Multi-Gbps급 시스템 개발 동향

10 Gbps급 유선 광 네트워크의 보급이 늘어나고 무선 통신 서비스의 속도가 증가함에 따라 무선망

백홀에 적용하기 위하여 수 Gbps급 전송이 가능한 시스템의 개발이 여러 가지 형태로 이루어지고 있다. 밀리미터파 송수신기 모듈 제작으로 잘 알려진 미국의 Endwave사는 고차 변조 방식을 지원하기 위해 디지털 마이크로 컨트롤러가 내장된 smart T/R 모듈이라고 명명된 밀리미터파 송수신기 모듈을 개발하였는데, 이 모듈은 100 GHz 대역까지 적용 가능하고 바이어스 및 주요 소자의 특성을 검출하는 기능을 이용하여 RF 소자의 변동을 보상하는 기술이 적용되었다^[13]. [그림 12]는 Endwave사의 smart T/R 모듈의 예를 보여주고 있다.





호주의 CSIRO(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)는 80 GHz 대역에서 다중 채널 방식을 이용한 6 Gbps 급 단방향 전송 시험을 실시하였다^[14]. 2.5 GHz의 대역을 4개의 채널로 나누고, 주파수 효율을 높이기 위해 8PSK 변조 방식을 사용하였으며, RF 송수신 경로의 비선형성을 보상하기 위한 송신에서의 디지털 채널 보상 기법을 적용하였다. [그림 13]은 호주 CSIRO의 송수신 시스템의 구조 및 실제 옥외 측정 장면을 나타낸다.





미국의 Univ. of California Santa Barbara에서는 MIMO 기술을 적용하여 최대 40 Gbps의 전송이 가능한 시스템 구조를 연구하였다^[15]. LOS 환경에서도 전송 거리에 연관된 적절한 안테나 사이의 거리를 유지시켜 공간적인 다중화 이득이 생기도록 하는 기술을 적용하였다. [그림 14]는 상기 연구 기관에서 제안한 전체적인 밀리미터파 MIMO 구조를 보여준다.

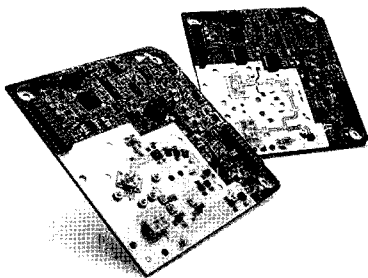
이 구조는 각각 쌓이 되는 안테나의 빔 지향성이 중요한데, 이 대학 연구팀은 CMOS 회로를 이용한 빔 형성 기술을 사용하였다. 한 개의 링크에 QPSK 변조 방식을 적용할 경우 5 GHz 대역폭에 5 Gbps를 전송하고 최대 8×8 MIMO를 사용할 경우 40 Gbps 전송이 가능한 것을 시뮬레이션 하였다.

일본의 후지쯔 연구소에서도 70~95 GHz 대역에서 임펄스 전송 방식을 사용하여 10 Gbps를 전송하

<표 1> 고정통신용 70/80 GHz 상용 송수신 시스템

업체명 모델명 인터넷 주소	Comotech TE1000C www.comotech.com	LOEA L2710 www.loeacom.com	Bridgewave AR80X www.bridgewave.com	Rayawave Airebeam 70-1250 www.rayawave.com
사진				
전송 속도	1.25 Gbps full duplex	1.5 Gbps full duplex	1.0 Gbps full duplex	1.25 Gbps full duplex
사용 주파수	71~76 GHz	71~76 & 81~86 GHz	72.5 & 82.5 GHz	71.125~75.875
출력 전력	+17 dBm(50 mW)	+17 dBm(50 mW)	-	+17 dBm(50 mW)
변조 방식	ASK	OOK	OOK	ASK
안테나	카세크레인	카세크레인	카세크레인	카세크레인

업체명 모델명 인터넷 주소	ELVA-LINK PPC-1000 www.elva-l.com	ADC Flexwave MMW www.adc.com	Gigabeam G1.25/24 www.gigabeam.com	G4 Networks MMW-70-GE www.G4.co.uk
사진				
전송 속도	1.25 Gbps full duplex	1.25 Gbps full duplex	1.25 Gbps full duplex	1.25 Gbps full duplex
사용 주파수	71~76/81~86 GHz	71-76/81-86 GHz	71~76/81~86 GHz	71~76 GHz
출력 전력	+10 dBm(10 mW)	-	20 dBm	+17 dBm(50 mW)
변조 방식	DQPSK	DBPSK	BPSK	ASK
안테나	카세크레인	파라볼라	파라볼라	카세크레인



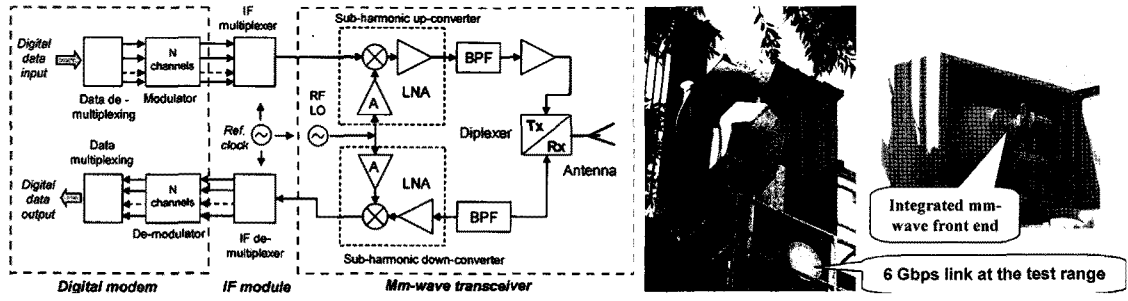
[그림 12] Endwave사의 Smart T/R 모듈^[13]

는 시스템을 개발하여 발표하였다^[16]. [그림 15]는 임펄스 전송 방식의 송수신기 구조를 나타내는데, 송신부는 임펄스 변조기, 필터, 고출력 증폭기로 구성되

어 있고, 수신부는 저잡음 증폭기, 검출기, limiting 증폭기로 구성되어 있다. 또한 고속처리를 위해 GaAs HEMT보다 속도와 노이즈 특성이 좋은 InP HEMT 기반 소자를 개발하였다.

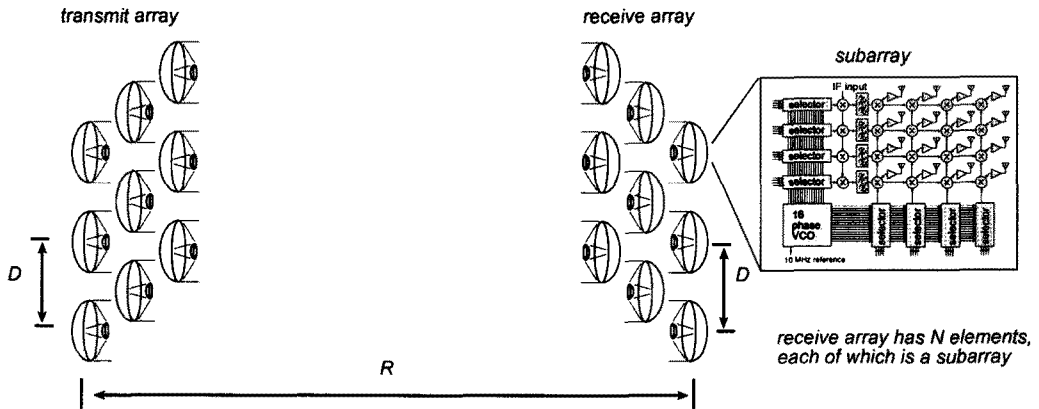
[그림 16]에서 보여지는 것처럼 일본의 NEC는 2세대/3세대/LTE망의 모바일 백홀을 위한 유무선 통합용 전송 시스템을 최근에 개발하였다. NEC는 무선 백홀 시장에서 높은 점유율을 차지하고 있는 업체이다.

지금까지 살펴 본 바와 같이 세계적으로 데이터 전송 속도를 높이기 위한 기술 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 국내의 경우, ETRI는 16QAM 변조 방식을

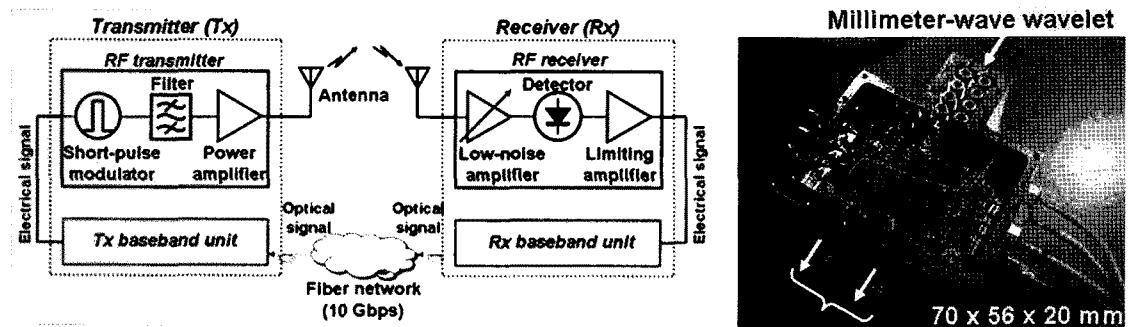


(a) 전송 시스템 구조 (b) 전송 시스템 옥외 시험

[그림 13] 호주 CSIRO의 멀티 기가 비트 전송 시스템



[그림 14] MIMO 기술을 이용한 40 Gbps급 전송 시스템

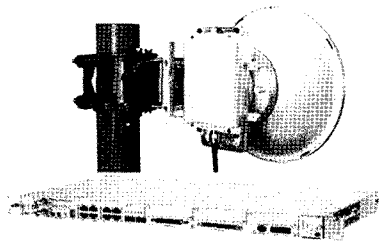


(a) 임펄스 방식 밀리미터파 시스템 구조 (b) 실제 제작된 전송 시스템

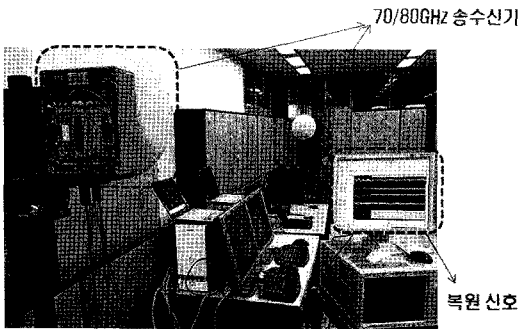
[그림 15] 임펄스 전송 방식을 이용한 10 Gbps급 전송 시스템

사용한 다중 채널 전송 방식을 채택하여 70/80 GHz 대에 각각의 5GHz 가용 대역을 이용하여 10 Gbps 급

데이터를 완전 이중화 방식으로 전송하는 시스템과 안테나, RF, IF 모듈 및 MMIC 기술을 개발하고 있으



[그림 16] 모바일 백홀용 유무선 통합 전송 시스템:
iPASOLINK(출처: NEC)



[그림 17] ETRI에서 개발한 70/80 GHz 무선 전송 시스템

며, [그림 17]은 ETRI에서 개발했던 2.5 Gbps급 무선 전송 시스템을 보여주고 있다.

V. 결 론

본 고에서는 3D/4D 실감 영상 등 초고화질 전송 서비스를 제공할 수 있는 이동 무선 통신망을 구현하기 위한 방안 중의 하나로서 밀리미터파 모바일 무선 백홀망의 기술 동향에 대하여 살펴보았다.

모바일 백홀용 밀리미터파 무선 전송 시스템은 광 케이블 설치 비용 또는 시설 임대 비용에 비해 훨씬 싼 가격으로 유선 광 통신에 버금가는 성능을 제공할 수 있다. 따라서 향후 시장 전망에 있어서 높은 성장율을 보일 것으로 예측된다.

하지만 국내 산업체의 경우 밀리미터파 전송 기

술은 아직까지 아날로그 방식을 이용한 1.25 Gbps급의 상용 제품만 공급하고 있고, 세계 시장 점유율이 1~2 % 수준에 머무르고 있다.

따라서 세계 시장에서 제품의 시장 지배력을 높이기 위하여 multi-Gbps급 데이터 전송 기술, 시스템 구성 모듈 설계 및 제작 기술, 송수신 모듈의 구성 부품인 MMIC 설계 및 제작 기술 등의 경쟁력 확보가 시급히 요구되고 있다. 이를 위하여 산·학·연 등의 기관이 긴밀하게 협조하고 기술 로드맵을 공유하며, 이를 기반으로 핵심 기술 확보를 위한 전략을 수립하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Erik Boch, "Wireless backhaul for microcellular wi-max & lte networks", *Microwave Journal*, Jul. 2010.
- [2] www.ceragon.com
- [3] T. Kamalakis et al., "Hybrid free space optical/ millimeter wave outdoor links for broadband wireless access networks", *The 18th Annual IEEE Sym. on PIMRC*, 2007.
- [4] H. Izadpanah, "A millimeter-wave broadband wireless access technology demonstrator for the next-generation internet network reach extension", *IEEE Communication Magazine*, pp. 140-145, Sep. 2001.
- [5] W. J. Byun et al., "A 40 GHz vertical transition having a dual mode cavity for a low temperature co-fired ceramic transceiver module", *ETRI Journal*, vol. 32, no. 4, Apr. 2010.
- [6] Su Khiong Yong, Chia-Chin Chong, "An overview of multigigabit wireless through millimeterwave technology: Potentials and technical challenges", *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, Article ID 78907, 2007.
- [7] M. S. Kang et al., "Wireless PtP system in E-band

- for gigabit ethernet", *ICACT 2010*, Feb. 2010.
- [8] J. Wells, "Faster than fiber: The future of multi Gbps wireless", *IEEE Microwave Magazine*, vol. 10, no. 3, 2009.
- [9] ITU-R P.676-7, "Attenuation by Atmospheric Gases", 2007.
- [10] 김봉수, 김광선, 강민수, 변우진, 송명선, "E-band 를 이용한 Multi-Gbps 무선 전송 기술 동향", *전자통신동향분석*, 25(2), 2010년.
- [11] D. Lockie, D. Peck, "High-data-rate millimeter-wave radios", *IEEE Microwave Magazine*, vol. 10, issue 5, pp. 75-83, Aug. 2009.
- [12] J. Wells, "Multigigabit wireless technology at 70 GHz, 80 GHz and 90 GHz", *RF Design*, May 2006.
- [13] <http://www.endwave.com/smart-tr-modules.cfm>.
- [14] Val Dyadyuk, John D. Bunton, Joseph Pathi-kulanga, Rodney Kendall, Oya Sevimli, Leigh Stokes, and David A. Abbott, "A multigigabit millimeter-wave communication system with improved spectral efficiency", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 55, no. 12, Dec. 2007.
- [15] E. Torkildson, B. Ananthasubramaniam, U. Madhow and M. Rodwell, "Millimeter-wave MIMO: Wireless links at optical speeds", (Invited Paper) *Proc. of 44th Allerton Conference on Communication, Control and Computing*, Monticello, Illinois, Sep. 2006.

≡ 필자소개 ≡

변 우 진



2000년 2월: 한국과학기술대학교 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1999년 11월~2004년 8월: 삼성전기(주) 책임연구원
 2004년 9월~현재: ETRI 방송통신연구 부문 밀리미터파기술연구팀장
 [주 관심분야] RF/밀리미터파/테라헤르츠 통신 시스템 및 센서 기술, 전자파 수치해석, 밀리미터 파 CMOS/GaAs 칩 및 안테나 설계

김 봉 수



1999년 2월: 충남대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2001년 2월: 충남대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2000년 12월~현재: ETRI 방송통신연구 부문 밀리미터파기술연구팀 선임연구원
 [주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 수동회로 해석 및 설계, 밀리미터파 RF/IF 시스템 분석

강 민 수



1998년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학석사)
 2011년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
 1998년 2월~2000년 3월: (주) 현대전자 통신사업본부 통신연구소
 2000년 4월~현재: ETRI 방송통신연구 부문 밀리미터파기술연구팀 선임연구원
 [주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로 설계, 이동 통신 시스템

송 명 선



1984년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1986년 2월~현재: ETRI 방송통신융합 연구부문 인지무선연구팀 책임연구원
 [주 관심분야] 초고주파 및 밀리미터파 회로 설계, 응용시스템 개발

김 광 선



1998년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 2000년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2000년 4월~현재: ETRI 방송통신연구 부문 밀리미터파기술연구팀 선임연구원
 [주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 발진기, PLL 설계, 밀리미터파 RF/IF 시스템 분석