

도시형 초고속 무선통신 셀백본망의 제안 및 평가

종신회원 신 천 우*

Proposal and Evaluation of Ultra High Speed Wireless Cell Backbone Networks

Cheon-Woo Shin* A Life Members

요 약

본 논문은 밀리미터파 대역용 무선통신송수신기를 이용하여 도시환경에 적합한 초고속무선통신 셀백본망을 구축하는 것에 관한 것이다. 밀리미터파 대역중 산소분자의 신호흡수 특성이 큰 60GHz 대역용 무선통신송수신기를 제작하였으며, 이를 이용한 통신시스템간의 간섭신호가 제거되고 망구성의 형태에 따른 다양한 무선링크의 유효거리를 확보할 수 있음을 확인하였다. 또한 무선백본노드를 중심으로 유효반경 약 500m에서 3km이내의 셀간격으로 각각의 서비스망을 구축하여 도시전체를 셀망의 무선백본망을 구성하고, 155.52MbpsATM(OC-3)급의 도시형 무선통신 셀백본망이 가능토록 하였다.

Key Word : Wireless Cell Networks; 60GHz Transceiver; NRD waveguide.

ABSTRACT

In this paper, we investigated ultra high speed wireless communication cell backbone net of city using of wireless communication transceiver for millimeter wave band. A new type of 60GHz wave band wireless transceiver using NRD waveguide. This 60GHz transceiver has excellent signal's absorption characteristics of oxygen molecule than the other millimeter wave bands. We constructed to wireless networks interval within 500m to 3km on wireless backbone node using 60GHz transceivers, and did it so that city type wireless communication cell backbone networks of 155.52MbpsATM(OC-3) may be possible. Therefore, if use transceiver, it is possible that city type ultra high speed wireless communication cell backbone networks construction of 100Mbps, 155.52Mbps, 622Mbps, 1Gbps, and 1.2Gbps degrees.

I. 서 론

정보 지식화 시대의 발전에 따른 무선통신망은 문자 및 음성외의 제한된 영역에서 벗어나 대용량의 데이터 및 동화상의 실시간 송수신에까지 그 영역을 넓혀가고 있다. 이러한 무선통신망은 초고속, 광대역, 고선명 데이터를 송수신하기 위해서 점차 사용 주파수 대역이 한계범위에 이르고 있는 마이크로파 대역을 대신하여 매우 넓은 대역폭을 제공할

수 있는 밀리미터파(Millimeter wave)대역의 무선통신망에 대한 제반기술 개발의 중요성이 증가되고 있다. 특히 무선통신망에 있어서, 이동성, 용이성, 가격경쟁력 및 고속화로의 무선통신망이 요구되고 있으며, 무선 데이터 전송기반의 인터넷, 전화 및 방송 등의 무선통합서비스망이 요구되고 있다.

따라서 이러한 무선통합서비스망은 실시간 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 중단간 서비스품질(QoS)이 제공되어야 하며, 네트워크와 서비스간의 상호 운영성이 보장되고, 완벽한 보안성과 안정성을 가

* 경성대학교 멀티미디어공학과(cwshin@star.ks.ac.kr)
논문번호 : 030395-0915, 접수일자 : 2003년 9월 15일

지며, 통합백분망으로 단일화하여 네트워크의 서비스 능력을 극대화해야 하는 문제점을 가지고 있다.

그러나 기존의 LAN 기반의 무선링크(Link)는 전형적으로 고속 데이터 통신을 위해 설계되지 않았으며, 이들은 많은 양의 데이터를 신속하게 전송하기에 대역폭이 부족한 실정이다.

또한 이러한 무선링크는 전파감쇠, 공기감쇠 및 강우감쇠의 영향으로 무선링크거리가 짧아진다. 즉, 강우가 없을 경우에는 20km 이상 데이터 전송이 가능하지만, 약 100mm의 강우시에는 1km 이내로 무선링크거리가 짧아지게 되어 강우시와 비강우시 대비 데이터 링크거리가 강우량에 따라 20배 이상 차이가 생겨 상당한 거리의 무선무효구간이 발생하게 된다.

이러한 무선무효구간은 환경에 따라 멀티미디어 서비스를 용이하게 제공하지 못하게 하고, 무선백분망 설계시에 이 구간을 없애기 위한 무선통신시스템의 추가설치 비용이 발생하는 문제점을 가지게 된다^[1-3].

이러한 문제점은 무선백분망 설계시에 강우시의 무선구간에 20개 정도의 노드가 추가로 필요하게 되며, 이는 비강우시에는 인접노드간 주파수 간섭신호가 생겨 매크로 및 마이크로무선셀백분망 구성이 불가능하게 된다.

이에 본 논문은 공기중 흡수감쇠가 큰 60GHz 대역을 이용하여 동일사용주파수간 간섭이 없고, 강우시 대비 비강우시의 무선링크거리 차이는 2배 이하인 100Mbps 이상의 초대용량의 정보를 무선으로 송수신 할 수 있는 밀리미터파 대역용 무선통신송수신기를 제작하였으며, 이를 이용하여 열악한 환경에서도 무선데이터 링크거리의 유효구간이 높은 무선통신망을 구축하였다. 또한 제작된 무선통신 송수신기를 이용하여 도시형 초고속 무선통신 셀백분망을 구축하여 환경시험 및 데이터전송시험 등을 실시하였다.

따라서 본 논문에서 제안하는 초고속 무선통신 셀백분망은 저비용, 신속한 설치 운용의 용이성으로 인해 통신 서비스들을 위한 서비스망으로 인정 받을 것이다.

II. 본 론

1. 60GHz 대역용 무선통신송수신기 제작
일반적으로 밀리미터파 대역은 마이크로파 대역에

비해서 직진성이 강한 특성을 가지며, 전송특성은 대역에 따라 공기중의 물분자나 산소분자에 잘 흡수되는 음영대역과 공기중 감쇠가 비교적 적은 대역을 구별된다. 그림 1은 밀리미터파 대역에 있어서, 거리당 평균적인 산소흡수 특성을 나타낸 것이다. 그림 1에서 나타낸 바와 같이 60GHz 대역은 약 16dBm 정도로 다른 대역에 비해 산소분자의 신호흡수 특성이 큰 대역으로 나타나며, 이 대역에서 동작하는 무선통신송수신기는 산소감쇠 등으로 인한 주파수간 간섭신호가 적으며, 강우환경에서도 유효한 무선통신거리를 확보할 수 있기 때문에 Gbps 이상의 초고속통신이 가능하다^[4-8].

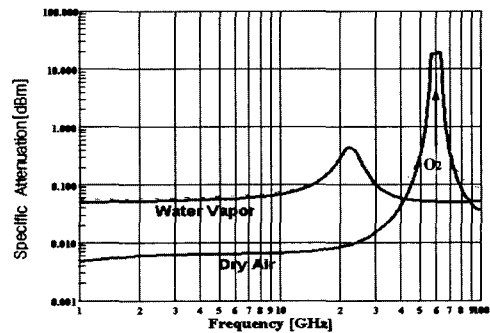


그림 1. 밀리미터파 대역의 산소흡수 특성.
Fig. 1. S at millimeter wave bands.

무선통신에 있어서, 대량의 데이터통신을 위한 무선 유효링크거리는 잡음지수가 높아야 유효한 거리를 확보할 수 있으며, 이는 변조방식과 요구대역폭에 따라 달라진다. ASK 변조방식이며, 대역폭이 400MHz일 때 잡음지수는 식(1)과 같다.

$$N = kTB = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J / K} \times 290 \text{ K} \times 400 \text{ MHz}$$

(1)

여기서, k는 Boltzmann 상수, T는 절대온도 및 B는 요구대역폭이다.

또한 60GHz 대역에서의 무선통신송수신기에 대한 안테나 이득, 시스템출력 및 공기감쇠 등의 데이터를 삽입하면 식(2)와 같은 통신거리에 대한 무선통신시스템 이득을 계산할 수 있다.

$$Wr = 20 \times \log \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 + Gt + Gr + Wt \quad (2)$$

여기서, 각각 R 은 무선송수신간의 거리, λ 는 반송 주파수 대역에서 자유공간상의 파장, G_t 는 무선통신 송신기 안테나 이득, G_r 은 무선통신수신기의 안테나 이득, W_t 는 시스템출력을 나타낸다.

그림 2는 제작된 60GHz대역용 무선통신송수신기를 이용한 무선링크거리에 대한 시스템의 통신버짓 (budget)을 나타낸 것이다. 그림 1에서 나타낸 바와 같이 100mm정도의 강우량에서 통신거리가 1km이상 유효함을 나타낸다.

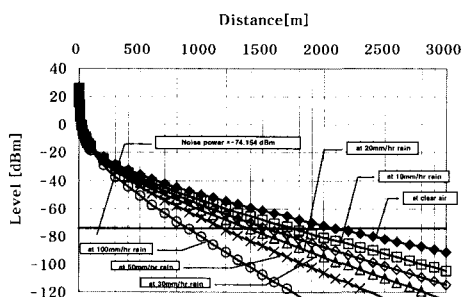


그림 2. 무선링크거리에 의한 통신 Budget.
Fig. 2. Communication budget by wireless link distance.

이에 본 논문에서는 산소흡수특성이 우수하고 유효무선 링크거리를 확보할 수 있는 60GHz 대역용 무선통신송수신기를 제작하였다. 제작된 60GHz 무선통신송수신기는 비방사성유전체선로를 이용하여 건발진기, 서클레이터, ASK변조기, 밸런스믹서, 3dB 방향성 결합기 및 대역통과 필터를 제작하였으며, 이를 이용하여 사용주파수 60GHz대역에서 동작하고 전송 대역폭이 60GHz 정도이며, 송신출력을 10mW이하에서 1km이상의 통신이 가능한 무선통신 송수신기를 제작할 수 있었다. 송수신기를 제작할 수 있었다. 그림 3은 제작된 60GHz 대역용 무선통신송수신기의 블록도이다.

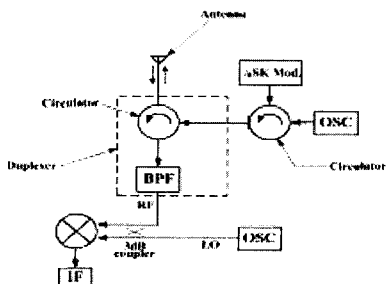


그림 3. 제작된 무선통신송수신기의 블록도
Fig. 3. Block Diagram of transceiver using NRD guide.

2. 무선통신망 구축 및 실험

본 논문은 제작된 60GHz대역용 무선통신송수신기 4대를 이용하여 점대점교차형(Point to Point Cross type) 및 점대점병렬형(Point to point Parallel type)의 통신망을 인접 빌딩상부에 구축하여 실제 동일 주파수간 간섭특성을 실험하였다.

그림 4는 부산 남천동 인근의 일정거리에 위치한 3개의 빌딩상부에 60GHz대역용 무선통신송수신기 4대를 설치한 무선통신망을 위한 시험사이트를 나타낸 것이다. 메인센터와 지역센터(1)와 지역센터(2)간 거리는 각각 150m, 250m이며, 메인센터 상부에는 1m 간격을 두고 무선통신송수신기 2대를 설치하고, 지역센터(1), (2)에는 각각 1대씩 설치하였다.

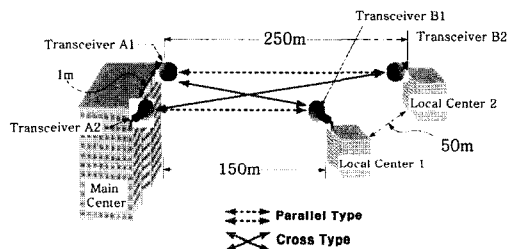


그림 4. 무선통신망을 위한 시험사이트
Fig. 4. Examination site for wireless communication network.

이때 메인센터와 지역센터(1)과 지역센터(2) 무선통신송수신기들의 사용주파수는 동일 주파수대를 공유하도록 하였고, 각각 병렬형 및 교차형 형태로 지역센터(1), (2)간을 링크하여 각각 수신되는 신호들간 간섭신호 잡음의 유무를 SNR 대 BER과 데이터복사속도를 측정하여 평가하여 보았다.

그림 5는 신호대잡음비(SNR)에 대한 비트오류율 (BER)의 변화를 나타낸 것이다. 그림 5에서 나타낸 바와 같이 (a)의 점대점병렬형(Point to point Parallel type) 및 (b)의 점대점교차형(Point to Point Cross type)의 통신망 상에서 BER은 10^{-6} 에서 10^{-12} 으로 우수하게 나타남을 알 수 있다. 이때의 SNR은 두 경우 모두 약 22dBm에서 29dBm정도였다.

따라서 통신시스템 서로 간의 간섭신호 영향을 주지 않고 유효한 데이터 통신이 가능함을 알 수 있었다.

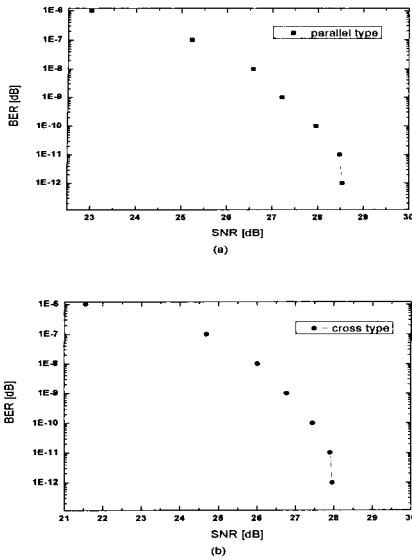


그림 5. 신호대잡음비(SNR)에 대한 BER 측정.
(a) 병렬형 (b) 교차형

Fig. 5. BER measurement about S/N ratio(SNR).
(a) parallel type, (b) cross type

그림 6은 메인센터와 지역센터의 교차형 통신망에 있어서, 무선통신송수신기 A1, A2를 통해 지역센터(1)과 지역센터(2)에 각각 100Mbps의 데이터가 동시에 전송될 경우의 데이터복사속도를 측정하여 그래프로 나타낸 것이다. 그림 6에 나타난 바와 같이 100Mbps 데이터가 지역센터(1)과 지역센터(2)에 수신되는 시간은 각각 평균 10초이내임을 알 수 있다. 이로써 점대점병렬형 통신망 뿐만 아니라, 교차형 통신망에서의 데이터 통신도 통신시스템간의 간섭신호 영향없이 정상적인 통신이 이루어짐을 알 수 있었다.

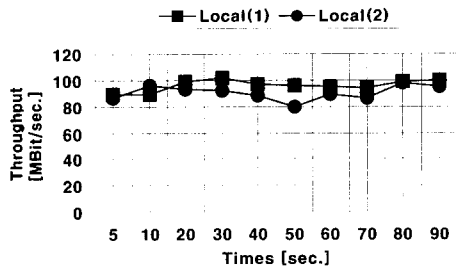


그림 6. 메인센터와 지역센터(1), (2)과의 데이터전송특성.
Fig. 6. Data throughput characteristics of main center and local center (1), (2).

또한 부산 남천동에 위치한 빌딩옥상간 1km지점에 60GHz대역용 무선송수신기 2대를 설치하여 원거리상에서 데이터전송시험을 하였다. 그림 7은 점대점 무선구간에 대한 실제 무선통신시스템 설치 사진이다. 이때 데이터 전송속도는 155.52Mbps ATM(OC-3)이며, 광대역 전송이 가능하였다.

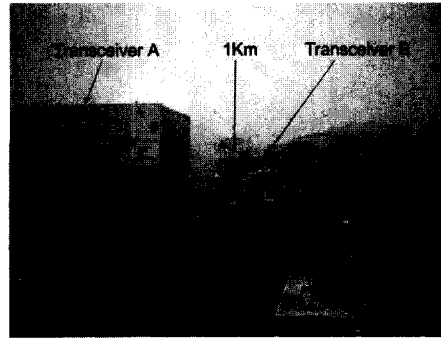


그림 7. 1km 무선구간의 무선통신시스템 설치사진.
Fig. 7. Wireless communication system establishment photograph of point to point 1km wireless section.

그림 8은 60GHz 대역용 송수신기에 대하여 비강우시의 BER특성을 조사한 결과이며, 그림 9는 60GHz 대역용 송수신기에 대하여 강우시의 BER특성을 조사한 결과이다. 그림 8과 9에 각각 나타낸 바와 같이 60GHz 대역용 무선통신송수신기에 있어서, 1km이상의 통신거리에도 비강우시에는 BER이 10^{-11} 이고, 강우량이 시간당 35mm이상의 심한 강우시의 BER은 10^{-6} 으로 나타남으로써 이를 이용한 무선백본망 사용이 가능하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 60GHz 주파수 대역에서 설계된 무선통신망에 있어서, 동일사용주파수간 간섭이 없고, 강우시 대비 비강우시의 무선링크거리 차이는 2배 이하이기 때문에 빌딩간 멀티미디어 데이터 서비스를 위한 도시환경의 초고속무선통신 셀백본망을 구성할 수 있는 장점이 있다.

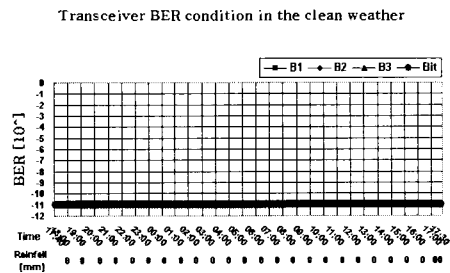


그림 8. 무선통신송수신기의 비강우시 BER 조건.
Fig. 8. BER of 60GHz transceiver in a clear day.

Transceiver BER condition in the rainy weather

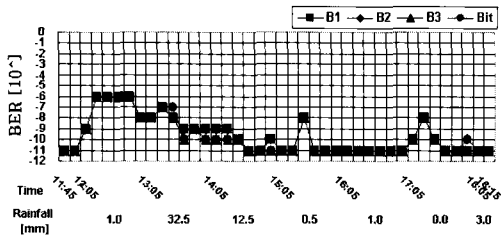


그림 9. 무선통신송수신기의 강우시 BER 조건.
Fig. 9. BER of 60GHz transceiver in a rainy day.

그림 10은 60GHz 대역용 무선통신송수신기를 이용하여 구축할 수 있는 병렬형(Parallel type), 교차

형(Cross type), 꼬임형(Twist type), 원형(Ring type) 및 방사형(Star type) 등의 무선통신 셀백본망의 다양한 형태를 나타낸 것이다.

3. 도시형 초고속무선통신 셀백본망 적용 및 평가

본 논문은 제작된 복수개의 60GHz 대역용 무선통신송수신기를 500m에서 3km이내의 백본노드, 즉 빌딩상부에 설치하여 무선백본노드를 중심으로 유효 반경 약 300m 이내의 셀(Cell)간격으로 각각의 서비스지역망을 구축하였다. 이는 원격지간 빌딩간 셀망으로 무선백본망을 구성하고, 원격 클라이언트에 각각 IP주소를 할당하여 개별주소체계를 채용하여 155.52MbpsATM(OC-3) 급의 백본망으로 구성한 후, 각 백본노드간에는 액세스포인트(AP)를 연결하여 가입자 클라이언트와 접속되어 구내 유무선 구

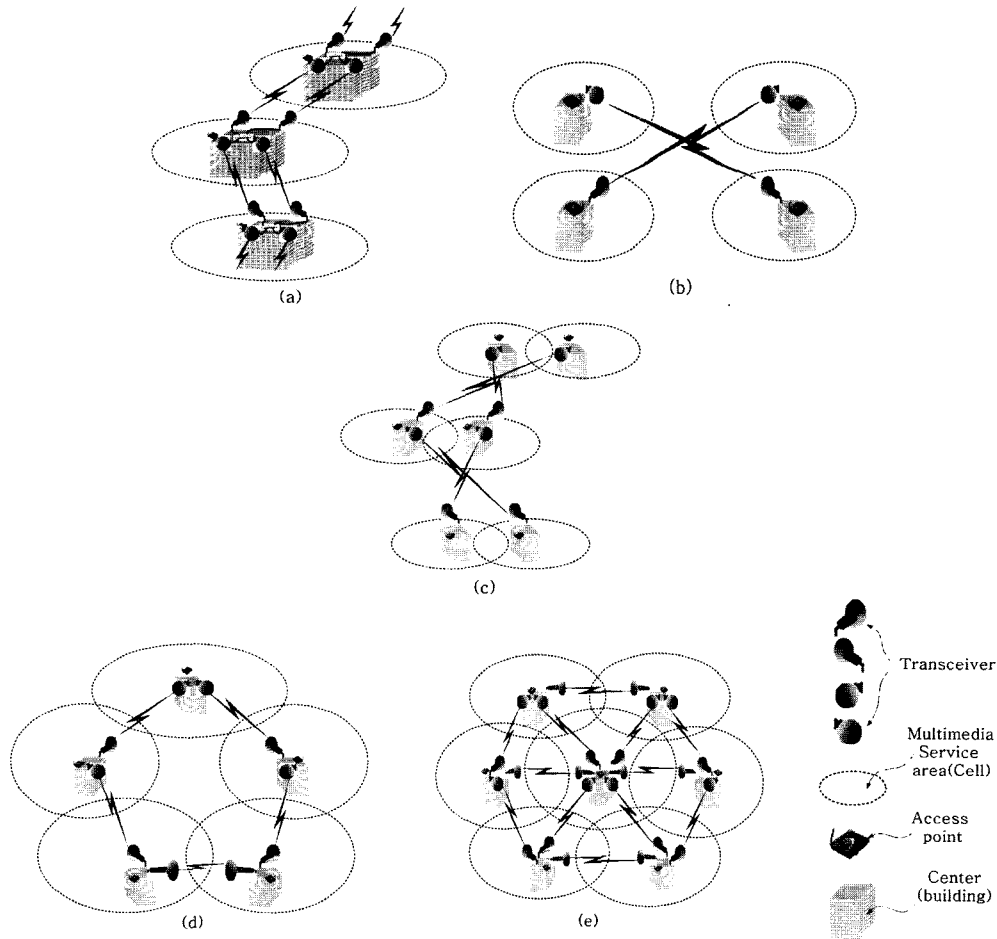


그림 10. 초고속무선통신 셀백본망의 다양한 형태 (a) 병렬형, (b) 교차형, (c) 꼬임형, (d) 원형 (e) 방사형.
Fig. 10. Various type of ultra high speed wireless communication cell backbone networks (a) Parallel type, (b) Cross type, (c) Twist type, (d) Ring type, (e) Star type.

간 또는 외부무선구간을 통해 멀티미디어 데이터 전송이 가능한 도시형 무선통신셀백본망을 구축하였다. 또한 무선통신송수신기의 데이터 전송거리가 강우시 대비 비강우시의 2배가 되도록 하고 액세스포인트(AP)에서 무선구간을 통해 데이터전송시 백본노드를 중심으로 500m이내의 유효반경으로 서비스망을 구성하여 셀방식이 되도록 하였다.

그림 11은 60GHz대역용 무선통신송수신기를 이용하여 부산시 수영구 일대의 빌딩상부간에 무선통신셀백본망을 구축한 사이트맵(Site Map)이다. 그림 11에서 나타낸 바와 같이 메인센터(Main Center)를 중심으로 500m, 600m 및 1000m 지점의 인근의 빌딩상부에 제작된 60GHz무선통신송수신기를 설치하여 백본노드를 위한 지역센터들을 확보하였다.

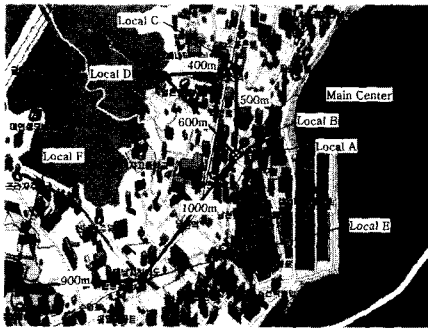


그림 11. 셀백본망을 구축한 부산의 실제 사이트
Fig. 11. Busan site that construct cell backbone network.

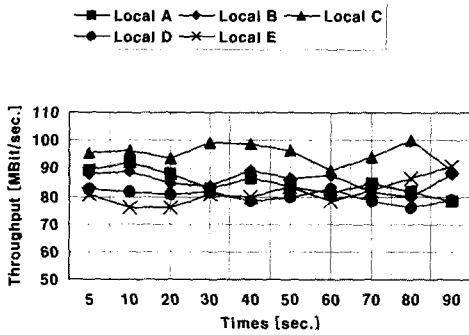


그림 12. 각 지역센터에 수신되는 데이터전송율.
Fig. 12. The data throughput of each local center.

그림 12는 메인센터에서 송신한 데이터를 각 지역센터별로 수신하여 측정된 후, 데이터 전송율로 나타낸 것이다. 이때 송신한 데이터의 크기는 100Mbps이며, 수신시간은 90초 동안 실시하였으며, 수신시간에 따른 전송율을 측정하여 비교함으로써

그 성능을 분석하였다. 그림 12에서 나타낸 바와 같이 90초 동안 비교적 일정한 전송율을 나타내고 있으며, 단위시간(초)당 80Mbps에서 90Mbps정도 전송함을 알 수 있었다. 또한 근거리 및 원거리상의 전송율에 있어서도 속도 차이가 그다지 크지 않음을 알 수 있었다.

그림 13은 60GHz대역용 무선통신송수신기를 이용하여 대만시 일대에 실제로 빌딩상부간에 무선통신셀백본망을 구축한 대만현지의 사이트맵(Site Map)이다. 그림 13에서 나타낸 바와 같이 메인센터(Main Center)를 중심으로 704m, 743m 및 1250m 지점의 인접 빌딩상부에 60GHz 무선통신송수신기를 설치하여 데이터 전송을 위한 백본노드를 확보하고, 멀티미디어 서비스지역 확보를 위한 백본노드는 각 링크구간 중간에 두었다.

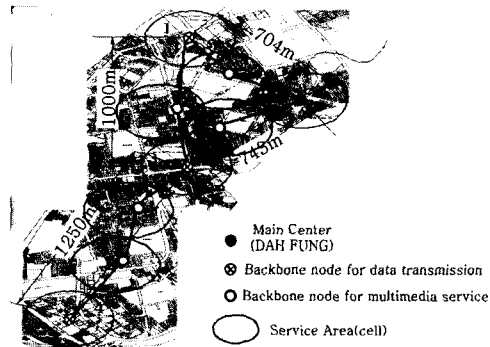


그림 13. 셀백본망을 구축한 대만의 실제 사이트
Fig. 13. Taiwan site that construct cell backbone network.

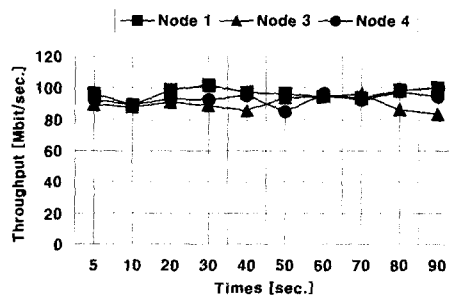


그림 14. 각 백본노드에 수신되는 데이터전송율.
Fig. 14. The data throughput of each backbone nodes..

그림 14는 메인센터에서 송신한 데이터가 중계지역센터를 통해 최종 목적지까지 수신되도록 하여 수신데이터를 측정된 후, 이를 데이터 전송율로 나

타낸 것이다. 이때 수신한 데이터의 크기는 100Mbps이며, 수신시간은 90초 동안 실시하였으며, 수신시간에 따른 전송율을 측정하여 비교함으로써 그 성능을 분석하였다. 그림 14에서와 같이 수신시간동안 비교적 일정한 전송율을 나타내며, 단위시간(초)당 80Mbps 정도 전송함을 알 수 있었다.

III. 결 론

본 논문은 60GHz대역용 무선통신송수신기를 이용하여 도시형 무선통신 셀백본망을 구축하였으며, 강우가 심한 환경에서도 1km이상의 데이터 전송이 가능하였다. 즉, 통신거리 1km에서 155.52Mbps ATM(OC-3) 데이터 전송속도에서 BER이 10^{-11} 정도였으며, 심한 강우시에는 BER 10^{-6} 정도로 보다 안정된 전송특성을 가지며 광대역 및 초고속통신이 가능함을 알 수 있었다.

또한 60GHz대역에서는 공기 중 산소흡수 특성이 매 km당 16dB로 매우 높기 때문에 제작된 복수개의 무선통신송수신기를 이용하여 빌딩상부에 무선통신셀백본망(Wireless Cell Networks)을 구축하였다. 메인센터와 원격지의 지역센터간의 데이터전송시의 데이터전송율은 약 80Mbit 정도로 나타났다. 따라서 고용량의 데이터 전송시에도 데이터 전송율이 일정하고 데이터 수신속도가 우수한 백본망을 알 수 있었다. 이는 60GHz대역용 무선통신송수신기를 이용하여 100Mbps, 155.52Mbps, 622Mbps, 1Gbps 및 1.2Gbps급의 도시형 무선통신 셀백본망을 구성할 수 있으며, 60GHz대역용 무선통신송수신기를 이용한 셀방식의 백본망은 무선구간 링크들의 유효범위를 현저하게 증가시켜 다양한 멀티미디어 서비스들의 액세스가 가능하다.

참 고 문 헌

[1] R. Kuroki, M. Sugioka and T. Yoneyama, "Millimeter wave communication system by using NRD guide", *The 3rd RIEC international symposium NTAMMW.*, pp.35 40. Dec. 14 15. 1998.

[2] Skolnik, M. I., "Millimeter and Submillimeter Wave Application", *Proceeding of the Symposium on Submillimeter Waves, Polytechnic Press of Poly. Institute of*

Brooklyn, New York, pp.9 25. 1970.

[3] Couch, Leon W., *Modern Communications Systems, Prentice Hall, Inc., Englewood cliffs, NJ.* (ISBN 0 02 325286 3), 1995.

[4] Proakis, John G., *Digital Communications Second Edition, McGraw Hill, New York, NY.* (ISBN 0 07 050937 9), 1989.

[5] Lee, William C. Y., *Mobile Cellular Telecommunications Systems, McGraw Hill, New York, NY.* (ISBN 0 07 037030 3), 1989.

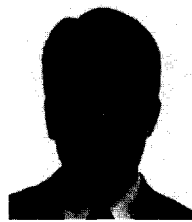
[6] F. Kuroki, M. Sugioka, S. Matsukawa, K. Ikeda and T. Yoneyama "High speed ASK transceiver based on the NRD guide technology at 60GHz band", *IEEE Trans. Microwave Theory &Tech.*, Vol. 46, No. 6, 1998.

[7] Cheon Woo. Shin, "Development of 60GHz millimeter wave wide bandwidth receiver", *Telecommunications Review* Vol. 9, No. 5. pp.855 863, 9~10. 1999

[8] F. Kuroki, S. Shinke, E. Suematsu, H. Sato and T. Yoneyama "Wireless multi channel TV signal distribution system by using NRD guide transmitter and receiver at 60GHz", *IEEE MTT Symposium Digest.*, pp.1813 1816. May. 2001.

신 천 우(Cheon-Woo Shin)

종신회원



1996년 3월 : 일본
오사카대학 기초공학부
시스템공학과 박사졸업
1999년 2월 : 동명정보대학교
부설 센서기술 연구소
소장역임

1999년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 정보과학부
멀티미디어 공학과 교수
2000년 9월 ~ 현재 엔알다테크(주) CTO

<관심분야> 초고주파통신시스템, RF회로설계, 멀티미디어시스템