

## 60 GHz 광대역 무선 LAN 구현 연구

\*이 문 교, \*이 지 형, \*설 우 석, \*임 병 옥, \*\*김 용 호, \*이 진 구  
\*동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터  
\*\*배재대학교 정보통신공학부  
전화 : 02-2260-8697 / 핸드폰 : 011-404-1023

### Studies of a broadband transceiver for 60 GHz band wireless LAN

\*Mun-Kyo Lee, \*Ji-Hyoung Lee, \*Woo-Suk Sul, \*Byeong-Ok Lim  
\*\*Yong-Hoh Kim, \*Jin-Koo Rhee  
\*Millimeter-wave INnovation Technology research center(MINT), Dongguk Univ.  
\*\*Division of information and communications engineering, Paichai Univ.  
aimkl@netian.net

#### Abstract

In this paper, a transceiver using waveguide modules for 60 GHz band wireless LAN is implemented and analyzed. The characteristics of millimeter-wave transmitter are 0 dbm output power, 10.5 dB gain and 38 dBc spurious emission. The receiver's are 3.16 dB noise figure, 8.8 dB gain, -86 dBm sensitivity. Maximum communication distance is more than 100m. Intermediate frequency comply with IEEE 802.11b. The transfer of multimedia files is performed. The transceiver's data rate can vary with intermediate frequency bandwidth and the transceiver is designed more than 200 Mbps.

국내에서도 일부에서 연구가 진행되고 있다[1][2]. 특히, 60 GHz 대역은 산소에 의한 감쇄가 커서 셀 간 간섭이 적으므로 주파수의 재 사용율이 높고, 광대역 초고속 무선 전송 시스템을 구현할 수 있으며, 군과 같이 비밀 통신을 필요로 하는 곳에서 사용할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 전력증폭기와 저잡음증폭기, 주파수 혼합기 및 발진기등의 모듈을 사용하여 60 GHz 대역의 무선 통신 시스템 prototype을 설계하고, 제작하였다. 제작된 시스템은 IEEE 802.11b 규격과 호환되어 무선 LAN 시스템과 연동하여 송·수신 실험을 하였다. 향후 개발될 MIMIC으로 대체 할 수 있도록 각각의 모듈사양 특성을 분석하였다.

#### I. 서론

무선을 이용한 서비스는 전파수요 급증과 소자기술의 발달 등으로 인해 사용 주파수가 점점 높아지고, 정보통신의 급격한 발달로 고속 및 대용량의 데이터를 통신할 수 있는 서비스가 요구되고 있다. 이러한 추세에 따라, 38 GHz대역의 PCN(Personal Communication Network), 60 GHz 대역 고속 무선 LAN 시스템에 대한 연구가 유럽과 일본을 비롯한 선진 각국에서 활발하게 진행 되고,

#### II. 밀리미터파 송신기 및 수신기 설계

무선 랜의 구현을 위한 사양은 전송률 2 Mbps, 전송 범위 30m, 에러율  $10^{-6}$ 으로 사양을 정하였다. 통신 주파수는 ISM(Industrial Science Medical) 60 GHz 대역을 사용하였으며, 변조방식은 DQPSK를 사용하였다. 2 Mbps로 데이터를 전송할 때 사용된 IF 칩셋은 확산된 대역폭이 22 MHz이고, 확산에 사용된 코드는 11:1의 칩 레이트 대 데이터 레이트를 갖는다. 역확산된 대역폭 2

MHz 대역폭에 대한 잡음은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Noise} &= kTB \\ &= -113 \text{ dBm} \end{aligned} \quad (1)$$

수신기 전체의 잡음은 식 (1)에 수신기 자체의 잡음 지수를 더한 값이 된다. 수신기의 잡음 지수가 4 dB로 사양을 정하면 수신기 noise floor는 -109 dBm이다. 30m 거리에서 실내의 전송 파워 손실은 118 dB이고, 세논의 정리[그림 1]에 의해 DQPSK 변조 방식을 사용해서  $10^{-6}$  BER을 얻으려면 E/N이 11 dB이다.

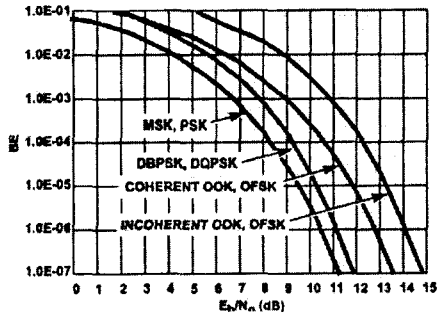


그림 1. 변조 방식에 따른 비트 에러율

본 시스템에서 필요로 하는 신호대 잡음비는 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} \text{SNR} &= (E/N) \cdot (R/BT) \\ &= 11 \text{ dB} \end{aligned} \quad (2)$$

위의 식을 갖고 시스템의 sensitivity를 구할 수 있다. 식(3)

$$\begin{aligned} P_{rx} &= \text{Receiver Noise Floor} + \text{SNR} \\ &= -98 \text{ dBm} \end{aligned} \quad (3)$$

다음으로 고려해야 할 것은 신호의 전송시 다중경로에 의한 페이딩 현상으로 신호가 서로 다른 경로를 통해 도달할 때 위상차에 의해 신호가 상쇄되는 현상이다. 시스템 설계시에는 이를 보상하기 위해서 페이드 마진을 둔다. 본 논문에서는 페이드 마진을 30 dB로 주었다. 송·수신 안테나 게인을 25 dBi로 하고 송신기에서 전송할 파워의 세기를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{tx} &= P_{rx} - G_{tx} + G_{rx} + L_{fs} + \text{Fade Margin} \quad (4) \\ &= 0 \text{ dBm} \end{aligned}$$

위의 설계된 결과로부터 송신기와 수신기의 모듈별 사양을 시뮬레이션을 통하여 결정하였다.

### III. 밀리미터파 송신기 및 수신기 제작

밀리미터파 부분은 송신기 시뮬레이션의 스펙에 따라서 모듈을 구입하였다. PLDRO는 외부에서 기준 주파수가 입력되는 형태로, 주파수 안정도가 외부 기준 주파수에 따라서 바뀌게 된다. 따라서 외부 기준 주파수는 시스템의 주파수 안정도를 고려하여  $\pm 1$  ppm의 온도 보상된 크리스탈 오실레이터(TCXO)를 사용하였다. TCXO의 출력 주파수는 가변저항의 전압에 의해 출력 주파수를 바꿀 수 있는 형태로, PLDRO와 연동했을 때 출력주파수를 58 GHz로 조절 할 수 있도록 하였다. 밀리미터파 송신기를 실험함에 있어서 가장 문제가 되었던 부분은 주파수 채배기의 열 방출 문제였다. 주파수 채배기에 방열판을 부착하였으나 국부 발진기의 특성상 TCXO에 열이 전달되면 58 GHz의 주파수가 흔들리게 되므로 모듈에 비해 매우 큰 방열판을 놓고 실험을 하였다. 그림 2와 그림 3는 제작된 밀리미터파 송·수신기의 사진이다.



그림 2. 밀리미터파 송신기

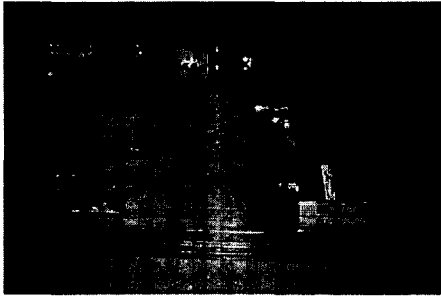
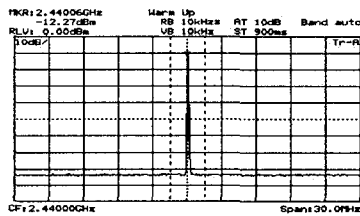


그림 3. 밀리미터파 수신기

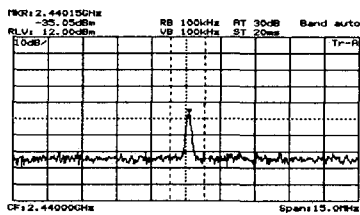
#### IV. 송신기 및 수신기의 성능 측정

수신기에서 성능 측정은 거리에 따른 수신 레벨 테스트와 DSSS 신호를 전송하여 측정하였다. 그림 4는 밀리미터파 송신기에 2.4 GHz의 -12 dBm 신호를 송신하였을 때 송수신기 간 거리 10m에서 수신된 신호를 스펙트럼 분석기로 관찰한 그림이다. 수신된 전력은 -35 dBm으로 측정되었다. 송수신기 간의 거리에 따른 측정 데이터를 표 1에 나타내었다.

그림 5는 주파수 혼합기에 DSSS 신호를 입력하였을 때 전송된 밀리미터파 스펙트럼과 복원된 스펙트럼을 스펙트럼 분석기로 측정한 결과이다.



(a) 송신기의 1-tone 입력 스펙트럼

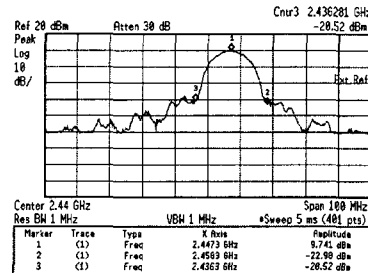


(b) 수신기의 1-tone 출력 스펙트럼

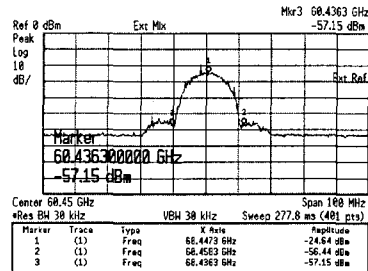
그림 4. 1-tone 측정 결과(송수신기 간 거리 10m)

표 1. 거리에 따른 복원 신호 크기 분석 결과  
(송신기 입력 : -12 dBm @2.44 GHz)

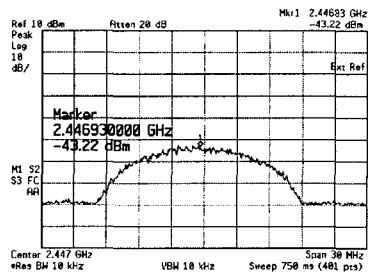
송수신기 간 거리	1-tone 수신기 출력 (@2.44 GHz)
10m	-35 dBm
20m	-39 dBm
35m	-44 dBm



(a) V-band 주파수 혼합기의 입력 신호



(b) 전송된 밀리미터파 스펙트럼



(c) 복원된 출력 스펙트럼

그림 5. DSSS 신호의 전송 및 복원

#### IV. 결론

본 논문에서는 밀리미터파 송신기와 수신기를 구현하여 그 특성을 분석하였다. 송신기의 측정결과는 출력 전력 0 dBm, 이득 10.5 dB, 불요파 특성은 38 dBc 이상의 결과를 얻었다. 수신기는 잡음지수 3.16 dB, 이득 8.8 dB, 수신감도 -86 dBm 이하의 특성을 얻었다. 수신기의 수신감도를 고려할 때 거리에 따른 출력 특성 측정으로부터 최대 예상 송·수신 거리는 약 167.5m로 예상할 수 있다. 이는 실내의 무선 통신 수단 및 군에서 DSSS 방식을 이용한 비밀 통신을 할 때 매우 유용할 시스템이 될 것이다.

제작된 무선 송·수신기를 이용하여 동영상 전송과 패킷 전송 실험을 하였다. 전송시 초기 전원이 입력되었을 때 기준 주파수가 안정되어 있지 않아서 불안한 동작을 보였으나, 기준 주파수 발생기의 안정이 이루어진 뒤는 안정된 전송 결과를 보였다. 본 송·수신기의 장점은 대역폭이 2 GHz 이상으로 기저 대역의 모뎀만 가능하다면 수백 Mbps로 통신을 할 수 있고, 다채널 전송을 할 수 있는 것이 장점이다. 본 시스템의 주파수 대역은 파장이 mm 단위이므로 MMIC화 하면 초소형 송·수신기를 제작할 수 있고, 주파수 특성상 감쇄가 심하므로 주파수 재사용율이 좋아서 앞으로 가정이나 사무실에서 초고속 멀티미디어 통신을 실현하는데 많이 사용될 것으로 예상된다.

#### 참고문헌

- [1] 남상민의 9명, "60GHz 실내 무선통신 시스템의 Test-bed 구현", *Telecommunication Review*, 제 9권 5호, pp. 754~771, 1999. 9~10월
- [2] Yukio Takimoto, "Recent activities on millimeter wave indoor LAN system development in Japan", *IEEE MTT-S Digest*, pp. 405~408, 1995

※ 본 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단의 우수연구센터 지원금에 의하여 수행되었음.