

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.6.79>

IIBC 2017-6-10

## 밀리미터파 포락선 검파기를 이용한 무선통신

### Wireless Communication using Millimeter-Wave Envelope Detector

이원희\*, 장성진\*\*

Won-Hui Lee\*, Sung-Jin Jang\*\*

**요약** 본 논문에서는 밀리미터파 포락선 검파기를 이용한 무선통신시스템을 제안하였다. 송신기는 쇼트키 다이오드 기반의 서브 하모닉 믹서를 이용하였으며, 수신기는 밀리미터파 포락선 검파기를 이용하였다. 송신기는 쇼트키 다이오드 서브 하모닉 믹서, 주파수 3배기, 혼안테나로 구성되며, 수신기는 혼안테나, 밀리미터파 포락선 검파기, 저역통과필터, 베이스 밴드 증폭기, 리미팅 증폭기로 구성된다. 1.485 Gbps, 300 GHz에서 아이 다이어그램 (eye-diagram) 측정 결과 에러 프리 (error-free)로 아주 좋은 성능을 보였다. 헤테로다인 수신기에 비해 통신 거리는 줄었으나, 소형 경량화 제작이 가능하다.

**Abstract** In this paper, we proposed the wireless communication system using millimeter-wave envelope detector. The sub-harmonic mixer based on schottky barrier diode was used in the transmitter. The receiver was used millimeter-wave envelope detector. The transmitter was composed of schottky diode sub-harmonic mixer, frequency tripler, and horn antenna. The receiver was composed of horn antenna, millimeter-wave envelope detector, low pass filter, base band amplifier, and limiting amplifier. At 1.485 Gbps and 300 GHz, the eye-diagram showed a very good performance as measured by the error free. Communication distance is reduced compared to the heterodyne receiver, but compact and lightweight is possible.

**Key Words** : millimeter-wave envelope detector, sub-harmonic mixer, schottky barrier diode, eye-diagram

## I. 서론

밀리미터파는 일반적으로 30 GHz ~ 300 GHz의 주파수로 미래 과학기술의 보고이다<sup>[1]</sup>. 초고속 통신, 보안 검색 등 다양한 분야에 응용, 연구되고 있으나 100 GHz 이상의 주파수는 고출력 반도체 신호원이나 저잡음 증폭기와 같은 핵심 부품 기술의 부재로 초고속 통신에서의 응용은 매우 미비한 실정이다<sup>[2]~[4]</sup>. 이에 본 논문은 220 GHz ~ 325 GHz에서 동작하는 상용 포락선 검파기를 이용하여 100 GHz 이상에서 동작하는 밀리미터파 통신 시

스템을 개발하였다. 100 GHz 이상의 밀리미터파 통신은 대역폭이 넓어 초고속 통신에 매우 적합하고, OFDM<sup>[5]</sup>과 같이 복잡한 변조방식을 사용하지 않아도 되는 이점이 있다.

## II. 시스템 시뮬레이션

그림 1과 그림 2는 고주파 시스템 톨을 이용한 밀리미터파 통신 시스템의 시뮬레이션 결과이다. 전송 속도는

\*정회원, 서일대학교 정보통신공학과

\*\*정회원, 유한대학교 메카트로닉스과(교신저자)

접수일자: 2017년 10월 2일, 수정완료: 2017년 11월 2일

게재확정일자: 2017년 12월 8일

Received: 2 October, 2017 / Revised: 2 November, 2017 /

Accepted: 8 December, 2017

\*\*Corresponding Author: interlaken@yuhan.ac.kr

Dept. of Mechatronics, Yuhan University, Korea

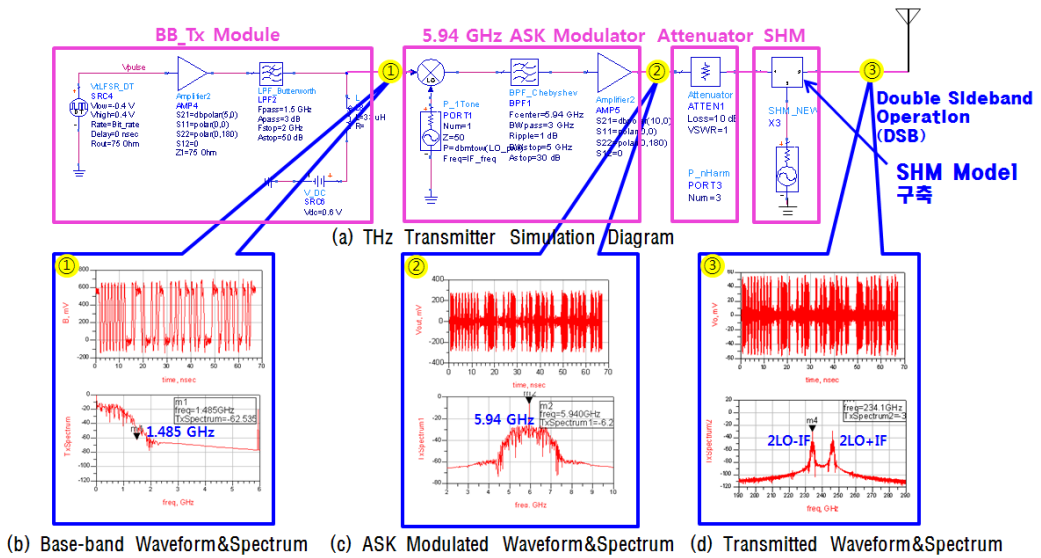


그림 1. 밀리미터파 송신기 시뮬레이션 결과  
 Fig. 1. Simulation results of millimeter-wave transmitter

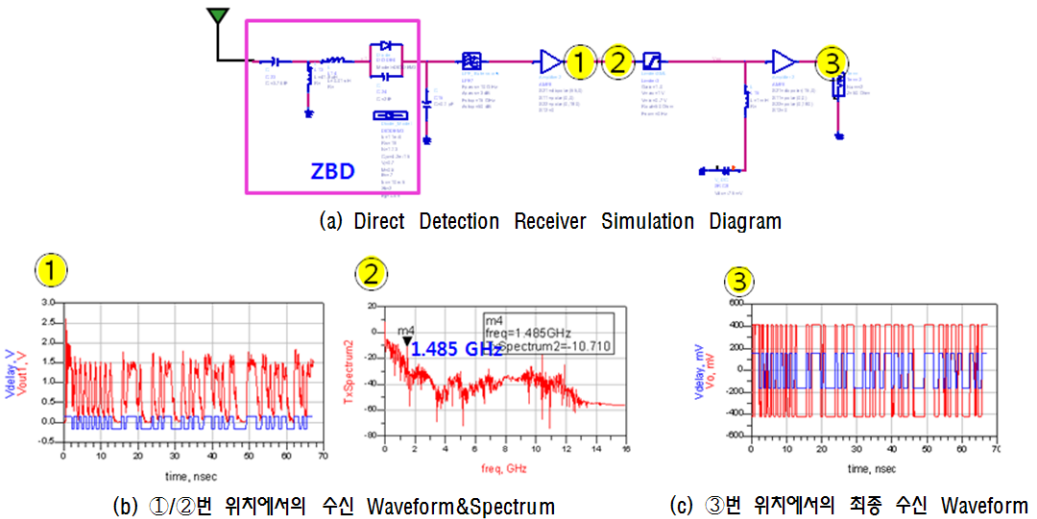


그림 2. 밀리미터파 포락선 검파기 수신기의 시뮬레이션 결과  
 Fig. 2. Simulation results of millimeter-wave envelope detector receiver

1.485 Gbps로 HD방송 송수신이 가능하도록 설정하였고, 반송파 주파수는 5.94 GHz, 변조 방식은 ASK로 하였다. 서브 하모닉 믹서의 송신측 최종단에는 DSB(Double Side Band)로 동작하도록 하였다. 최종 송신주파수는 2LO-IF와 2LO+IF이다. 수신기의 대표적 부품은 포락선

검파기로 ZBD(Zero Bias Detector)라고도 부른다. 포락선 검파기는 수신기 구성을 간단히 하고, 포락선 검파기를 지나면 바로 베이스 밴드 주파수로 다운이 되어, 수신 신호를 검출할 수 있다. 그림 2의 결과를 보면, 포락선 검파기 다음단의 신호는 1.485 GHz 웨이브 폼의 스펙트럼

을 갖으며, 최종단의 리미팅 증폭기를 지난 신호는 송신 신호와 동일한 웨이브 폼을 갖는다.

### III. 수신기 제작 및 측정 결과

그림 3에는 제작된 베이스밴드, 리미팅 증폭기 및 필터 모듈을 나타내었다. 베이스밴드 증폭기는 3단 어레이이며, 최대 이득은 63 dB이다. 최종단에는 리미팅 증폭기를 설계하였으며, 저역통과필터는 마이크로스트립 라인으로 설계하였다. 최대 이득을 매우 높게 설계한 이유는 밀리미터파는 송신 고출력증폭기의 부재로 송신 출력이 매우 낮고, ZBD의 저주파 변환 효율이 매우 낮기 때문이다. 송신 주파수는 서브하모닉 믹서를 이용하여 300 GHz로 설계되었고, 수신기의 ZBD는 VDI사의 H밴드(220~325 GHz) 쇼트키 다이오드 상용 디텍터를 이용하였다. 그림 4의 혼안테나 다음단에 붙어있는 것이 ZBD이며, 검정색 블랙박스 내부에는 설계하여 제작된 베이스밴드, 리미팅 증폭기 및 필터와 전원회로가 포함되어 있다. 이렇게 제작된 포락선 검파 수신기를 서브하모닉 믹서를 이용한 300 GHz 송신기<sup>[6]</sup>와 결합하여 밀리미터파 통신 실험을 진행하였다. 기존 논문<sup>[6]</sup>에서 제작된 헤테로다인 수신기의 송수신 거리 4.2 m 보다는 작은 2 m의 전송 거리를 보였으나, 그림 5에서처럼 아주 깨끗한 아이 다이어그램을 확인할 수 있었으며, 헤테로다인 수신기에서 사용해야 하는 로컬 오실레이터(Local Oscillator)가 없으므로, 아주 콤팩트한 수신기 구성이 가능하다.

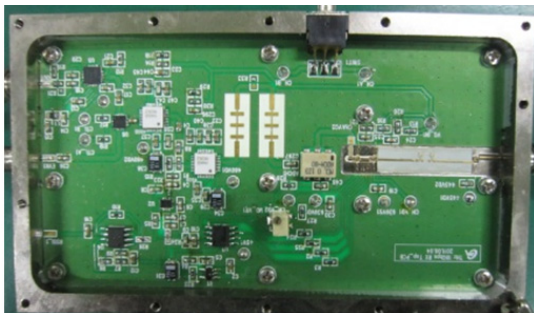


그림 3. 제작된 베이스 밴드 증폭기와 필터 모듈  
 Fig. 3. Fabricated module of base-band amplifier, and LPF

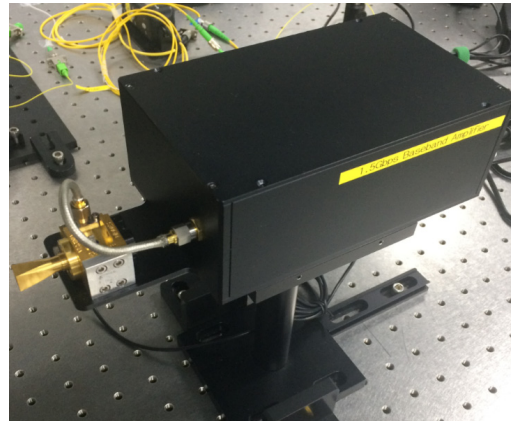


그림 4. 제작된 포락선 검파 수신기  
 Fig. 4. Fabricated envelope detector receiver

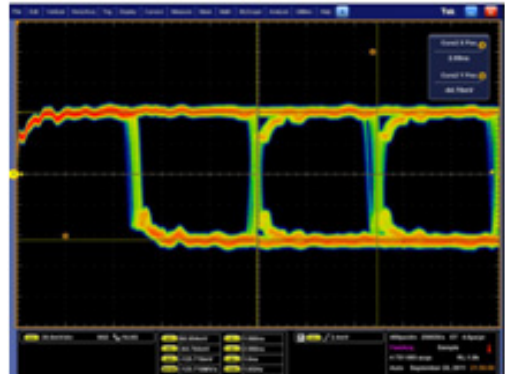


그림 5. 아이 다이어그램 측정 결과(1.485 Gbps, PRBS 7)  
 Fig. 5. Measurement results of eye diagram(1.485 Gbps, PRBS 7)

### IV. 결론

본 논문은 밀리미터파에서 동작하는 포락선 검파기를 이용하여 수신시스템을 구성하였다. 300 GHz 송신기의 신호를 받아 통신 실험을 진행하였다. 포락선 검파 수신기는 쇼트키 다이오드를 이용한 ZBD를 이용하는데, ZBD는 저주파 변환 효율이 좋지 않은 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 베이스 밴드 증폭기를 3단으로 구성하고 최대 이득이 발생하도록 매칭 하였다. 베이스 밴드 증폭기의 이득은 63 dB로 측정되어 매우 좋은 성능을 보임을 확인하였다. 밀리미터파 통신을 위해 헤테로다인 송신기에서 송신하고, 포락선 검파 수신기로 수신한 결과, 1.485 Gbps에서 아이 다이어그램이 예리 프리

(error free)로 아주 좋은 성능을 보였다. 헤테로다인 수신기에 비해 송수신 거리는 2 m로 작아졌지만, 소형, 경량화로 제작이 가능하여 밀리미터파 소형 고정 통신에 매우 유리할 것으로 사료된다.

## References

- [1] S. K. Kim, "Fabrication of Millimeter Wave Radiometer", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 12, No. 3, pp. 71 - 74, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.7236/jiwit.2012.12.3.71>
- [2] T. Kurner, "THz Communication", IEEE 802.15-08-0336-00-0thz, 2008. 5.
- [3] H. J. Song, et al., "8 Gbit/s wireless data transmission at 250 GHz", Electronics Letters 22nd, Vol. 45, No. 22, pp. 1121-1122, Oct. 2009.  
DOI: <https://doi.org/10.1049/el.2009.2186>
- [4] C. Jastrow, et al. "300 GHz Transmission System", Electronic Letters 31st, Vol. 44, No. 3, pp. 213-214, Jan. 2008.  
DOI: <https://doi.org/10.1049/el:20083359>
- [5] M. -S. Shin, H. -S. Yang, "Performance of Turbo Coded OFDM System in W-CDMA Wireless Communication Channel", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 10, No. 4, pp. 183-191, 2010.
- [6] W-H Lee, T-J Chung, "Implementation of An 1.5Gbit/s Wireless Data Transmission System at 300 GHz", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 11, No. 2, pp. 1-6, 2011.

## 저자 소개

### 이 원 희(정회원)



- 2000년 건국대학교 전자정보통신공학과 공학석사
- 2003년 건국대학교 전자정보통신공학과 공학박사
- 1998년~1999년 건국대학교 전자정보통신공학과 교육조교
- 1999년 전자부품연구원 위촉연구원
- 2000년~2002년 대림대학교 디지털전자과 외래교수
- 2002년~2008년 LG전자 DA연구소 책임연구원
- 2008년~2009년 포항공과대학교 Post Doc.
- 2009년~2016년 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2016년~현재 서일대학교 정보통신공학과 조교수  
<주관심분야: 무선 데이터 및 영상 통신, 이동통신, 무선통신 시스템, 밀리미터파 및 테라헤르츠 응용>

### 장 성 진(정회원)



- 2000년 건국대학교 전자정보통신공학과 공학석사
- 2003년 한양대학교 전자통신전파공학과 박사수료
- 2013년 숭실대학교 ICT융합기술공학박사
- 2000년~2001년 대우 고등기술연구원 연구원
- 2001년~2006년 팬택 중앙연구소 전임연구원
- 2007년~2009년 한국물류정보통신 팀장
- 2010년~2011년 포에스텍 기술연구소 팀장
- 2015년~ 현재 유한대학교 메카트로닉스과 조교수  
<주관심분야: Delay Tolerant Network, Cognitive Radio Network, Smart Tagging>