

저손실 유전체를 활용한 5G용 직렬급전 안테나 모듈

정재웅, 유종인

한국전자기술연구원

wow212@keti.re.kr, aceryu@keti.re.kr

5G Series Feed Antenna Module Using Low Loss Dielectric

Jae-Woong Jung, Jong-In Ryu

ICT Device and Package Research Center, Korea Electronics Technology Institute

요약

본 논문에서는 mm-wave에서 동작하며 저손실 유전체를 이용한 단일 모듈 솔루션을 제안한다. 제안하는 구조에서 사용된 저손실 유전체는 자체 개발한 PI로 유전율 2.08, 유전손실 0.0025 특성을 가진다. 또한, 직렬급전으로 배열한 안테나의 단일 패치 사이즈는 2.75mm*2.75mm인 정사각형 패치이며 배열안테나의 측정결과 이득은 5.01dB를 가진다. 설계한 배열안테나와 PA를 통합한 모듈의 P_{1dB} 를 측정한 결과 33.1dBm의 응답특성을 확인하였다.

I. 서론

mm-Wave 대역 무선 통신 시스템의 하드웨어 구현 측면에서 살펴보았을 때 부품의 집적화와 대량생산의 여부가 큰 이슈이다. 이러한 이슈를 극복하기 위해 mm-wave 대역에서 모듈 및 패키징 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. [1] 본 논문에서는 5G IC 칩과 저손실 유전체를 이용한 mm-wave 대역의 5G 안테나를 하나의 모듈로 통합한 구조를 제작하였다.

II. 본론

최근 무선 통신 시스템에서 많이 요구되는 것은 소형화된 시스템이다. 이러한 요구 조건에 충족하기 위한 가장 간단하면서 IC 칩과 같은 부품과의 결합이 용이하고, 제조비용이 낮은 안테나 구조는 Microstrip 기술을 이용하는 것이다. 그림 (1)은 본 논문에서 제안하는 Microstrip Array Antenna에 사용된 기판의 단면도이다. 2가지 종류의 기판을 사용하였으며 최하단과 최상단에는 PI(Polyimide, 유전율 : 2.08, 유전손실 : 0.0025)를 사용하였고 PI 사이에는 FR-4(유전율 : 3.5, 유전손실 : 0.02)를 사용하였다. PI 각각의 두께는 25um고 FR-4는 100um로 설계하였다. 또한, 동박의 두께는 10um이다.

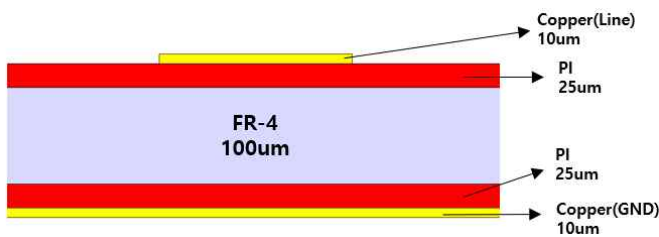


그림 (1) Array Antenna에 사용된 기판 단면도

그림 (2)는 Series Feed 방식으로 설계된 4x1 Microstrip Array Antenna의 모습이다. 설계한 단일 패치 사이즈는 2.75mm*2.75mm인 정사각형 패치이며 안테나 간의 간격은 반파장인 $\lambda/2$ 에서 튜닝을 거쳐 설계하였다. 그림 (3)의 [a]와 [b]는 그림 (1)에서 언급한 기판을 사용하여 Series Feed

방식으로 설계한 Microstrip Array Antenna를 EM 시뮬레이션 Tool인 CST Studio Suite으로 시뮬레이션했을 때의 반사 손실 그래프와 28GHz에서의 방사 패턴 결과이다. 설계된 4x1 Microstrip Array Antenna의 반사 손실은 28GHz에서 -29.6dB이며 이득은 7.5dB이다.

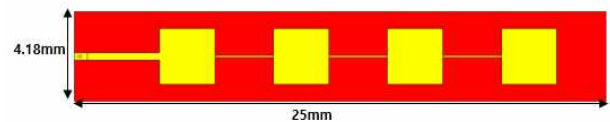


그림 (2) 저손실 유전체 기판을 이용한 Array Antenna의 모습

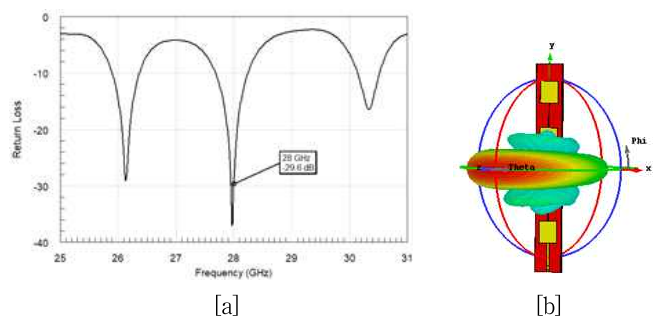


그림 (3) 저손실 유전체 기판을 이용한 4x1 Array Antenna 반사 손실 그래프

그림 (4)는 최종적으로 제안하고자 하는 안테나 모듈의 전체 단면도이다. Power Amplifier와 설계한 4x1 Microstrip Array Antenna는 Sub-Board에 부착하여 테스트를 진행하였다. Sub-board는 Taconic사의 TLY-5A(유전율 : 2.17, 유전손실 : 0.0009)를 사용하였으며 두께는 0.127mm이다. Sub-board와 안테나를 접지하기 위해 안테나 바닥 면에 편 패드를 만들어 주었으며 패드의 크기는 Sub-board의 선폭을 고려하여 0.4mm*0.4mm로 설계하였다. 또한, 급전 선로와 패드를 이어주는 비아의 직경은 0.15mm로 설계하였다.

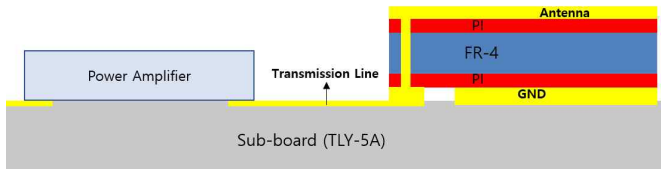


그림 (4) 안테나 모듈 단면도

그림 (5)는 앞서 설명한 Microstrip 4×1 Array Antenna를 제작하여 Sub-board에 부착한 후 반사 손실과 이득을 측정한 결과 그래프이다. 측정은 VNA(Vector Network Analyzer)와 챔버를 이용 하였으며 측정결과 28GHz에서 반사 손실은 -11.8dB, 이득은 5.01dB이다. 이득에 대한 측정 결과는 챔버 내의 FSPL(Free Space Path Loss)와 챔버, VNA간의 Cable Loss를 고려하여 계산하였다.

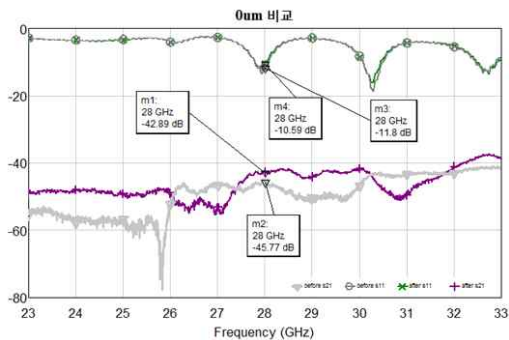


그림 (5) 구현한 Array Antenna 모습과 반사 손실 측정결과 그래프

그림 (6)은 Microstrip 4×1 Array Antenna와 Power Amplifier를 Sub-Board에 부착하여 구현한 샘플 사진이다. Sub-Board 하단에는 PA의 열 배출을 위한 지그를 부착하였으며 Sub-board와 지그의 크기는 50mm*30mm이다.

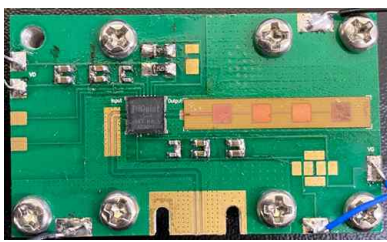


그림 (6) PA, Antenna를 Sub-Board에 부착한 모습

구현한 샘플의 P_{1dB} 를 측정하기 위해 Signal Generator와 Spectrum을 이용하여 그림 (7)과 같이 측정 환경을 세팅하였다. 챔버 안의 세팅을 살펴보면 Tx는 제안한 Antenna 모듈이고 Rx는 16.80dB의 이득을 가지는 Horn Antenna이다. Signal Generator의 P_{in} 을 -10dBm에서 20dBm까지 변경하여 P_{out} 을 측정한 결과 그림 (8)의 [a]와 같이 P_{in} 이 18dBm이 될 때부터 P_{out} 이 약 34.2dBm으로 Saturation 되는 것을 볼 수 있다. 따라서 제안한 안테나 모듈의 P_{1dB} 는 33.1dBm으로 확인되었다.



그림 (7) 샘플 측정 환경 세팅 모습

| Pin | Pout | Gain |
|-----------|----------|---------|
| -10.0 dBm | 8.5 dBm | 18.5 dB |
| -9.0 dBm | 9.6 dBm | 18.6 dB |
| -8.0 dBm | 10.6 dBm | 18.6 dB |
| -7.0 dBm | 11.6 dBm | 18.6 dB |
| -6.0 dBm | 12.6 dBm | 18.6 dB |
| -5.0 dBm | 13.5 dBm | 18.5 dB |
| -4.0 dBm | 14.5 dBm | 18.5 dB |
| -3.0 dBm | 15.5 dBm | 18.5 dB |
| -2.0 dBm | 16.5 dBm | 18.5 dB |
| -1.0 dBm | 17.5 dBm | 18.5 dB |
| 0.0 dBm | 18.5 dBm | 18.5 dB |
| 1.0 dBm | 19.5 dBm | 18.5 dB |
| 2.0 dBm | 20.4 dBm | 18.4 dB |
| 3.0 dBm | 21.5 dBm | 18.5 dB |
| 4.0 dBm | 22.5 dBm | 18.5 dB |
| 5.0 dBm | 23.4 dBm | 18.4 dB |
| 6.0 dBm | 24.3 dBm | 18.3 dB |
| 7.0 dBm | 25.3 dBm | 18.3 dB |
| 8.0 dBm | 26.3 dBm | 18.3 dB |
| 9.0 dBm | 27.2 dBm | 18.2 dB |
| 10.0 dBm | 28.1 dBm | 18.1 dB |
| 11.0 dBm | 29.0 dBm | 18.0 dB |
| 12.0 dBm | 29.9 dBm | 17.9 dB |
| 13.0 dBm | 30.8 dBm | 17.8 dB |
| 14.0 dBm | 31.6 dBm | 17.6 dB |
| 15.0 dBm | 32.4 dBm | 17.4 dB |
| 16.0 dBm | 33.1 dBm | 17.1 dB |
| 17.0 dBm | 33.7 dBm | 16.7 dB |
| 18.0 dBm | 34.2 dBm | 16.2 dB |
| 19.0 dBm | 34.6 dBm | 15.6 dB |
| 20.0 dBm | 35.0 dBm | 15.0 dB |

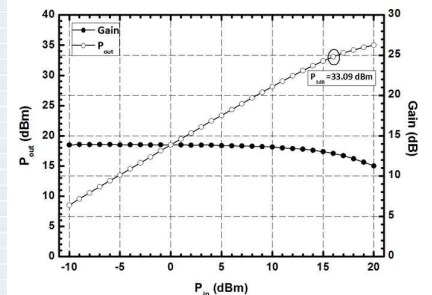
[a] P_{1dB} 측정결과 Table[b] P_{1dB} 측정결과 Graph

그림 (8) 구현한 Antenna 모듈의 P1dB 측정결과

III. 결론

mm-Wave 대역에서 제안되는 application들은 높은 이득 특성을 확보하기 위해 다단 증폭기 구조 기반의 Tx 모듈을 제안하고 있다. 하지만 본 논문은 이러한 고이득 특성을 얻고자 저손실 유전체를 이용한 단일 통합 모듈 솔루션을 제안하였다. 제안된 모듈은 자체 개발한 PI 기반의 직렬급전 4×1 array antenna와 active device인 power amplifier를 통합한 형태로서, 사용된 PI는 우수한 저손실 특성을 갖기 때문에, power amplifier와 antenna 사이의 interconnection line의 transmission loss가 낮은 것은 물론 구현된 antenna 자체의 이득도 높은 편이라서 모듈의 소형화에 적합하다는 것을 검증할 수 있었다. 구현된 모듈의 소신호 이득은 17 dB의 응답 특성이 확인되었고 P_{1dB} 33.1 dBm의 특성이 확인할 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00961, MTM 전송선 일체형 5G 안테나 통합 모듈 개발)

참고 문헌

[1] 이재욱, (2005). mm-wave용 소형 안테나 기술. 전자파기술, 16(2), 32-46.