

5G 성장을 위한 Antenna in Package (AiP) 기술

앰코테크놀로지 첨단 SiP 제품 개발 이사 Curtis Zwenger, 제품 마케팅 및 비즈니스 개발 수석 Vik Chaudhry
Chip Scale Review, 2020 년 3-4 월호 발취

Antenna in Package(AiP) 또는 Antenna on Package(AoP)는 밀리미터파(mmWave) 어플리케이션 응용 관련 문제를 해결하여 시스템 설계를 실현합니다. 오늘날의 AiP 기술은 System in Package(SiP) 모듈의 표준 또는 사용자 맞춤 시스템을 통해 구현할 수 있습니다. 해당 기사에서는 새롭게 등장하는 5G 어플리케이션에서 다양한 AiP 옵션, 차폐, 소재 선택 및 최적의 사용 사례를 자세히 살펴봅니다.

5G 어플리케이션 현황 및 성장 전망

5G NR(New Radio) 기술의 기본은 대용량 데이터 전송, 안정적인 연결, 빠른 반응시간, 그리고 향상된 통신 범위입니다. 밀리미터파 단위 어플리케이션에서 신호 손실은 치명적이며, 설계 난이도를 높입니다. 5G, 웨어러블, 소형 셀, 보안 카메라, 자율주행차 그리고 다양한 사물 인터넷(IoT) 기기 등 초고주파 기술과 고도의 소형화를 필요로 하는 어플리케이션들이 이러한 설계를 필요로 합니다.

시장 조사 업체 Gartner 에 따르면, 2023 년까지 매년 10 억 개 이상의 밀리미터파 관련 칩이 생산될 예정입니다. 안테나는 AiP 기술을 통해 고주파(RF) 스위치, 필터 및 증폭기와 함께 SiP 에 통합됩니다. 컨설팅 업체인 Yole Développement 에 따르면, RF 프론트 엔드(RFFE) 모듈 SiP 총시장은 2023 년까지 53 억 달러에 이르며, 연평균 11.3%의 성장률(CAGR)을 보일 것으로 예상됩니다.

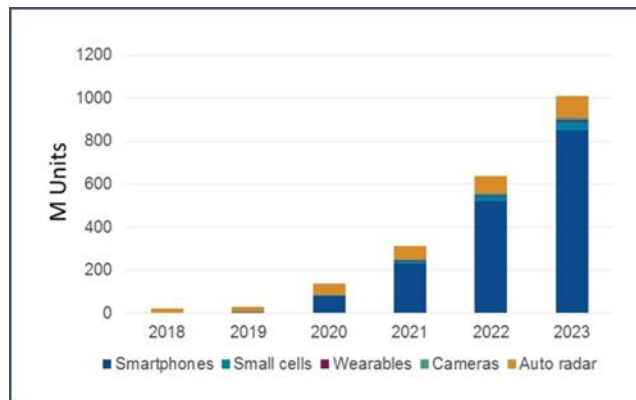


그림 1. 2023 년까지 연 10 억개 규모의 성장이 예상되는 밀리미터파 디바이스 시장
(출처: 가트너, 스몰셀 시장 현황 보고서, 2018 년 12 월)

또 다른 시장 조사 전문업체인 Grand View Research 의 시장 전망 보고서인 "Millimeter Wave (MMW) Technology Market, Industry Report 2018-2025"는 2025 년까지 5G 밀리미터파 시장이 10 배 이상 성장할 것으로 전망했습니다. 지원 기지국과 스몰셀 인프라는 엄청난 양의 반도체 패키징과 집적화를 필요로 합니다. OSAT 업체는 일반적으로 광범위한 고객망 및 공급망 기반을 활용하여, 이러한 어플리케이션에 사용되는 패키지 개발 및 생산 확대 투자에 가장 적합합니다.

5G AiP 기술

오늘날의 통합형 RFFE 모듈은 별도의 전력 증폭기(PA), 저잡음 증폭기(LNA), 스위치, 트랜시버, 필터 및 개별 안테나 대신, SiP 의 AiP 기술로 완벽하게 구현됩니다. 첨단 5G 패키지 솔루션을 제공하기 위해 양면 어셈블리, 첨단 웨이퍼 레벨 재배선(RDL), 수동소자 통합 및 RF 차폐 기술을 포함한 SiP 기술을 사용하여 통합을 수행합니다.

AiP 는 휴대용 및 기타 소형 밀리미터파 장치에 필요한 소형화 외에도 신호 감쇠를 억제하여 신호 무결성을 향상시키고, 더 높은 주파수에서 발생하는 범위 및 전파 문제를 해결합니다. 4G LTE 용 700 MHz~3.5 GHz 에서 6~60 GHz 의 5G 로의 전환 과정에서 RF 스위치 및 대역 복잡성(40 대역 x3 CA 에서 50 대역 x5 CA 로) 증가, 안테나 설계 및 튜닝 복잡성 증가 (8x8 MIMO 에서 68x4 MIMO) 등이 있습니다. 5G 의 개선 목표 달성을 위해 (그림 2 참조), 다양한 기술 과제들이 패키지 레벨에서 해결되어야 합니다.





	3G	4G	5G
 Deployment	2004-05	2006-10	2020
 Bandwidth	2mbps	200mbps	>1gbps
 Latency	100-500 milliseconds	20-30 milliseconds	<10 milliseconds
 Average Speed	144 kbps	25 mbps	200-400 mbps

그림 2. 이전 세대에 비해 상당한 이점을 제공하는 5G 기술. 출처: Raconteur.

AiP 기술 구현

특정 어플리케이션을 위해 설계된 통합 안테나 또는 특정 AiP 플랫폼 유형에는 여러 구성 요소가 있습니다. AiP 패키지는 안테나 구조 외에도 전력 증폭기(PA), 저잡음 증폭기(LNA), 스위치 및 트랜시버 IC 를 포함할 수 있습니다. 주파수 범위에 맞는 플랫폼이 안테나 및 IC 패키지에 사용됩니다. 통합 안테나는 패키지, 기판 또는 SiP

밀리미터파 안테나 모듈에 설치될 수 있습니다. AiP 접근 방식 자체도 패키지마다 다를 수 있습니다. 그림 3 은 SiP 접근이 구현된 AiP 의 예를 보여줍니다.

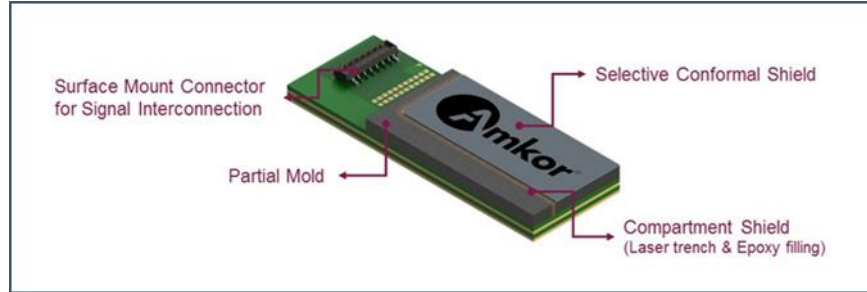


그림 3. 안테나가 별도의 장치가 아닌 디바이스 패키지에 통합된 AiP 설계

일부 비용에 민감한 어플리케이션의 경우, FCBGA 또는 DSBGA 로 AiP 가 가능합니다. 그림 4 는 통합 안테나를 위한 광범위한 기술 툴박스를 보여주고 있습니다. 모바일 및 인프라 어플리케이션의 경우 설계 옵션에 다음이 포함됩니다:

- ▶ 기판 내 안테나
- ▶ 안테나 모듈
- ▶ DSBGA
- ▶ 안테나 레이어 기판이 통합된 웨이퍼 레벨 팬 아웃(WLFO)
- ▶ 안테나 온 패키지가 있는 고밀도 팬 아웃(HDFO)
- ▶ 안테나 온 몰드

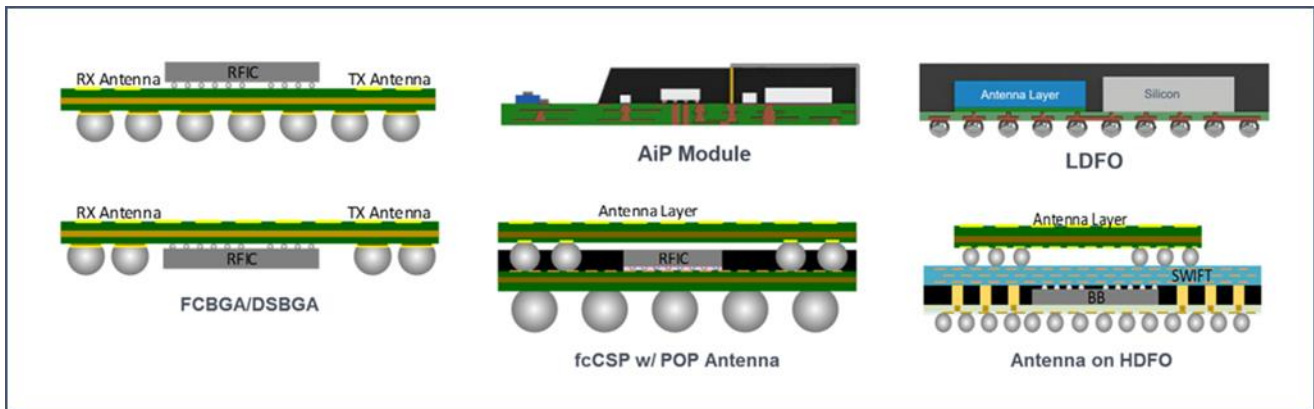


그림 4. 다양한 패키지 플랫폼이 포함된 통합 안테나용 기술 툴박스

다른 어플리케이션의 경우, 안테나는 SiP 모듈 안테나 또는 패키지 온 패키지(PoP) 안테나가 있는 플립칩 칩 스케일 패키지(fcCSP)가 될 수 있습니다. 다양한 디자인 옵션은 다음과 같습니다:

- ▶ SiP 밀리미터파 안테나 모듈
- ▶ 부분 몰딩
- ▶ 수동/필터 통합
- ▶ 배열 안테나 설계
- ▶ 소형 폼팩터

차폐

더 높은 수준의 시스템 통합의 경우 첨단 SiP와 RF 차폐 기술이 사용됩니다. RF SiP는 통합된 안테나와 안테나 매칭 회로가 있는 완전한 베이스 대역 시스템 기능을 포함할 수 있습니다. 그 결과, 적어도 한 개의 완전한 RF 시스템의 요소가 단일 반도체 패키지에 포함된 완전 통합 Antenna in Package가 구현됩니다.

RF 차폐 기술에는 양면 몰드, 컨포멀 차폐, 컴파트먼트 차폐, 부분 몰딩, 선택적 컨포멀 차폐와 하이브리드 SiP 설계가 포함됩니다. 이 기술은 전도성 리드, 접합, 비접합 및 저열팽창 계수(CTE) 기판과 혁신적인 차폐 재료가 포함된 다양한 재료를 구현합니다. 그림 5는 서로 다른 차폐 기술 구현을 위한 핵심 기술을 보여줍니다.


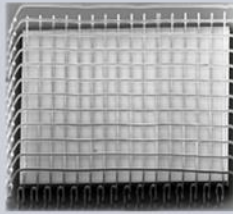
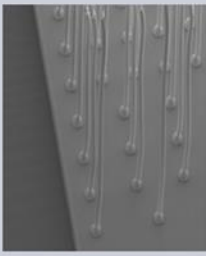
	Wire Fence	Wire Cage	Vertical Wire
Fixture			
Key Technology	High loop wire bonding	High loop wire bonding	Vertical wire bonding and wire reveal

그림 5. 서로 다른 설계 요구사항을 해결하는 다양한 SiP RF 차폐 기술

AiP 차폐 유형은 성능에 상당한 영향을 미칠 수 있습니다. 그림 6은 분산된 컨포멀 차폐가 있는 SiP가 전자기 호환성/전자기 간섭(EMC/EMI) 성능을 실질적으로 향상시켜, 비차폐 SiP를 능가하는 것을 보여줍니다.

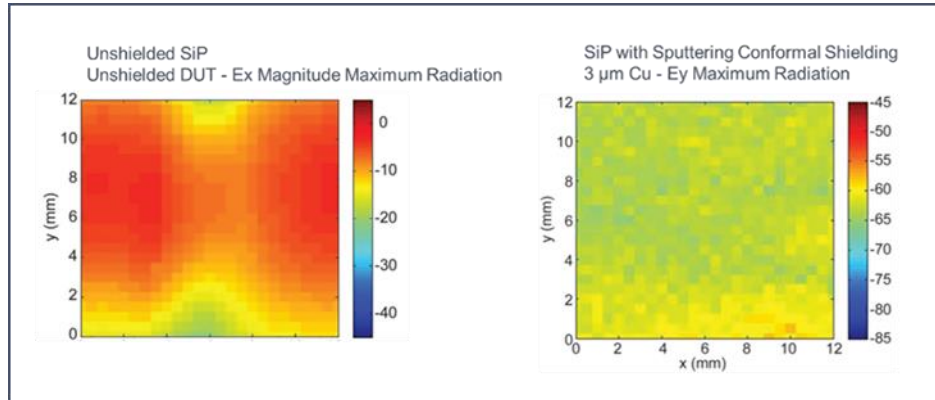


그림 6. 100 MHz 에서 6GHz 까지 근거리 컨포멀 차폐 성능 측정

재료

차폐와 마찬가지로 재료 선택도 AiP 설계와 성능에 중요한 영향을 미치며, 다양한 재료는 각기 다른 성능 수준을 충족하는 설계 옵션을 제공합니다. 안테나 기판은 밀리미터파 차폐용 재료뿐 아니라 다음을 포함합니다:

- ▶ 비대칭 스택업
- ▶ <3.3 비유전율(Dk) 재료
- ▶ <0.005 유전손실률(Df) 재료
- ▶ Ra >300 nm (구리 추적 표면 거칠기)
- ▶ 낮은 Dk/Df 솔더 저항

웨이퍼 레벨 프로세싱 및 WLFO 패키지에는 다음이 포함됩니다:

- ▶ 낮은 Dk/Df 패시베이션 및 몰드/전자기 호환성(EMC)
- ▶ 두꺼운 패시베이션 개발
- ▶ T 라인/도파관용 다층 RDL
- ▶ 웨이퍼 레벨 자기 차폐

첨단 고주파 이산 안테나/송신기 어플리케이션은 웨이퍼 레벨 패키지 기술을 채택하고 안테나 소자를 형성하는 금속 RDL은 고정밀도 및 재현성이 있으며 어플리케이션에 맞게 쉽게 조정할 수 있습니다. 특정 AiP 플랫폼 구현에는 다음이 포함됩니다:

- ▶ 상단 레이어 어셈블리
- ▶ 양면 어셈블리

- ▶ 양면 몰드 어셈블리
- ▶ 노출 다이 양면 몰드 어셈블리

특정 설계에 적합한 패키지 플랫폼 선택에는 OSAT 패키지 설계자와 OEM 시스템 설계자 간의 논의가 필요합니다. 5G 서브스트레이트용 설계시 도체, 유전 손실, 누수 및 방사 손실 등 다양한 패키지 레벨 신호 손실을 고려해야 합니다. 도체 손실은 도금, 두께, 표면 거칠기를 해결해야 합니다. 유전 손실에 영향을 미치는 핵심 요소에는 기판 재료의 소산 계수와 유전 상수가 있습니다. 기판 재료의 두께 또한 신호 무결성(예: 코어, 프리프레그 및 솔더 마스크 두께)에 직접적인 영향을 미칩니다. 에폭시 몰드 화합물(EMC) 역시 EMC가 유전체로 이용되는 구조에서도 사용될 수 있습니다. 누수 손실은 과소 식각된 시드 레이어로 인해 평면 내 그리고 RDL 및 비아 패턴 결함으로 인해 서브스트레이트 레이어 간에 나타날 수 있습니다. 방사 손실은 다음과 같은 이유로 발생할 수 있습니다:

- ▶ 회로 구성: 스트립라인, 동일 평면 및 마이크로 스트립
- ▶ 비아 스텝 (방사능 및 반사)
- ▶ 임피던스 전환 및 불연속
- ▶ 가짜 공명 주파수 스펙트럼

안테나 성능을 개선할 수 있는 또 다른 설계 요소는 기판 두께를 최적화하는 것입니다(그림 7 참조). 수신/송신(RX/TX) 신호와의 직접적인 연결은 수신기 신호 감도에 부정적인 영향을 미치고 송신기의 전력 소비를 증가시킬 수 있는 신호 불일치를 줄여줍니다.

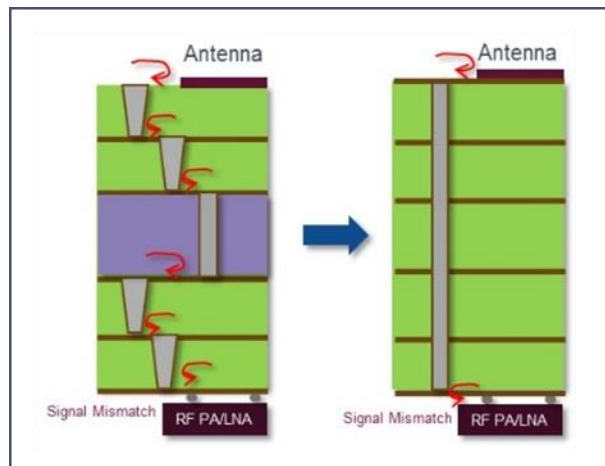


그림 7. 신호 불일치를 줄여 안테나 성능을 향상시키는 최적화된 기판 스택업 및 RDL/비아 라우팅

AiP 용 다양한 패키징 기술의 다른 설계의 특정 구현은 다음을 포함합니다:

- ▶ 다양한 폼팩터 옵션이 있는 최대 23.0 mm x 6.0 mm 본체 사이즈
- ▶ 기판 레이어 최대 14 개
- ▶ 77 GHz 이상 어플리케이션용 박막 RDL 및 유전체

밀리미터파 어플리케이션의 경우, 적절한 AiP 설계는 여러 핵심 시스템 이점을 제공합니다. AiP 기술을 통해 시스템 설계자는 다음을 확보할 수 있습니다:

- ▶ 공간 최소화를 위한 더 작은 풋프린트 위상 안테나 배열 설계
- ▶ 밀리미터파 제품용 신호 감쇠 감소
- ▶ 더 낮은 전력 소모
- ▶ 장치의 범위 개선
- ▶ 공급업체에 의해 인증된 설계

안테나에 대한 신호 손실을 줄이면 기존 안테나에 비해 필요한 전력을 줄일 수 있습니다. 또한 AiP 는 설계 및 제품이 공급업체에 의해 인증 받았기 때문에 OEM 에 필요한 엔지니어링 노력과 리소스를 줄여줍니다. 이 인증을 기반으로, OEM 은 통합 안테나로 안정적인 제품을 보다 빠르고 자신있게 시장에 출시할 수 있습니다. 실제, 앰코는 최대 77 GHz 까지 검증된 AiP 패키징 기술을 통해 현재 60 GHz 이상에서 작동하는 제품을 출하하고 있습니다.

AiP 사용 사례

현재 다음과 같은 다양한 AiP 사용 사례가 있습니다.

스마트폰

- ▶ 초고속 5G 휴대전화 연결
- ▶ 세 가지 AiP 제품이 포함된 삼성 갤럭시 S10
- ▶ 2020 년에 시장 출시되는 일부 신규 5G 스마트폰 (서브 6 GHz)

스몰셀

- ▶ 실내외 어플리케이션용 스몰셀 안테나 배열

- ▶ 가정에 고속 네트워크를 제공하는 라스트 마일 커넥티비티
- ▶ 오피스 빌딩의 고속 연결
- ▶ 경기장, 공항 등 공공 장소에서의 연결

보안 카메라

- ▶ 네트워크에 5G 지원 보안 카메라 연결
- ▶ AiP 로 인한 폼팩터 감소 효과

자율주행차량

- ▶ 인포테인먼트, 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) 및 무선(OTA) 업데이트용 차량용 다중 커넥티비티 모드
- ▶ 인포테인먼트용 고대역폭 5G 연결
- ▶ 3D 이미지 및 풍부한 콘텐츠 검색

AiP 설계 서비스/설계 기능

모든 AiP 기술을 다루려면 회로 밀도를 최대화하고 5G 및 모든 밀리미터파 설계의 대량 생산에 필요한 정교한 패키징 포맷을 지원하는 광범위한 툴셋이 필요합니다. 5G 또는 저전력 광역 네트워크(LPWAN) 또는 기타 커넥티비티에 상관없이, 고객은 애플리케이션 요구사항에 따라 상위 레벨 시스템 및 서브시스템 통합 구현을 위해 저손실 계수/유전율 서브스트레이트, 방열용 열 인터페이스 재료(TIM), 다양한 유형의 패키지 아키텍처를 선택할 수 있어야 합니다. 이러한 설계 옵션에는 설계, 신호 무결성 시뮬레이션, 테스트 및 특성화 서비스뿐만 아니라 고객을 위한 전기적, 열적 및 기계적 시뮬레이션의 정교한 모델이 필요합니다.

첨단 멀티 다이 통합 툴박스와 RF SiP 설계 및 시뮬레이션 노하우 외, 기타 기능에는 다음이 포함되어 있어야 합니다.

- ▶ 멀티 다이 설계를 위한 fcCSP, WLCSP, WLFO 및 HDFO 제품의 광범위한 포트폴리오
- ▶ 성숙하고 안정적인 공급망
- ▶ 글로벌 어셈블리 규모 및 시스템 테스트 투자

마지막으로, 시스템 설계자를 위한 완전한 설계 가이드라인은 그들의 요구사항을 충족시킬 OSAT과 자신있게 작업할 수 있게 합니다.

여러분 손 안의 5G

차세대 설계에는 AiP 를 통합하는 패키지 옵션이 많습니다. 가장 빠르고 쉬운 구현을 위해 OSAT 의 패키지 또는 SiP 는 차세대 밀리미터파 제품 설계를 지원할 수 있는 대량 생산 능력을 갖추어야 합니다.

논의된 패키지의 대부분은 이미 생산되고 있으며, 앰코는 5 년 넘게 5G 밀리미터파 AiP 어플리케이션을 대량 생산해 왔습니다. 여기에는 라미네이트 기판 기반 안테나 소자를 송수신기 및 관련 부품과 회로와 통합하여 서브 6Ghz 및 진정한 밀리미터파 제품을 다루는 기존 및 고급 패키징 기술이 모두 포함됩니다.

결론

앰코는 회로 밀도를 극대화하고 양면 어셈블리, 다이 내장 기판, 박막 RDL 및 유전체, 다양한 RF 차폐 기술 등 5G 어플리케이션 생산에 요구되는 고급 패키징 포맷을 해결하기 위해 광범위한 툴세트를 개발했습니다. RF 및 안테나 패키지 설계 전문 지식이 결합된 이 툴세트를 통해, 앰코는 5G 네트워크에 필요한 여러 IC 와 첨단 패키지 어셈블리 및 테스트 기술 결합시 발생 가능한 과제와 높은 투자 문제를 아웃소싱하고자 하는 고객에게 독보적인 서비스를 제공합니다. 5G 지원이 가능한 패키지 수요 급증에 대응하여, 앰코는 이미 AiP 기술을 성공적으로 구현하고 있습니다.

참고 자료

[1] "Millimeter Wave (MMW) Technology Market, Industry Report 2018-2025," Grand View Research; <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/millimeter-wavemmw-technology-market>

© 2021, Amkor Technology, Inc. All rights reserved.

약력



Curtis 는 앰코테크놀로지 첨단패키지 & 기술 통합팀의 이사입니다. 그는 콜로라도 주립 대학에서 기계 엔지니어링 학사를, 피닉스 대학에서 MBA 를 취득했습니다. 이메일: curtis.zwenger@amkor.com



Vik Chaudhry 는 앰코테크놀로지의 제품 마케팅 & 비즈니스 개발팀의 수석입니다. 그는 인도 보팔의 국립 공과 대학에서 전자공학 학사를, 애리조나 주립 대학에서 전기 엔지니어링 석사와 MBA 를 취득했습니다. 이메일: vikrant.chaudhry@amkor.com

앰코테크놀로지의 AiP/AoP 에 대한 더 많은 정보는 <https://amkor.com/AiPAoP> 를 참고하시기 바랍니다.