

차세대 광 I/O(CPO) 기술 트렌드 분석 및 크레셈(CRESSEM)의 전략적 대응 방안

문서번호 CRSM-AI-2026-AUTO

작성일 2026-07-28

작성 Cresseem AI 시스템 (자동 생성)

보안등급 사내 비밀 (Confidential)

버전 v1.0

목 차

차세대 광 I/O(CPO) 기술 트렌드 분석 및 크레셈(CRESSEM)의 전략적 대응 방안	3
개요: AI 인프라의 병목 현상과 CPO의 부상	3
CPO 기술 메커니즘 및 기존 Pluggable 방식 비교	4
결론 및 시사점	9
참고 자료	9

차세대 광 I/O(CPO) 기술 트렌드 분석 및 크레셈(CRESSEM)의 전략적 대응 방안

AI 데이터센터의 전력 및 대역폭 한계를 극복하기 위한 핵심 기술인 CPO(Co-Packaged Optics)의 기술적 메커니즘과 시장 전망을 분석합니다. 글로벌 주요 플레이어의 기술 로드맵을 검토하고, 이를 바탕으로 크레셈의 고정밀 광학 검사 및 AI 비전 기술을 활용한 시장 선점 전략을 제안합니다.

개요: AI 인프라의 병목 현상과 CPO의 부상

AI(Artificial Intelligence) 모델의 파라미터 수가 급격히 증가하고 초거대 언어 모델(LLM)의 학습 및 추론 수요가 폭증함에 따라, 데이터센터 내의 컴퓨팅 성능은 단순히 개별 칩(Chip)의 연산 능력을 넘어 칩과 칩, 그리고 서버와 서버 간을 연결하는 **인터커넥트(Interconnect)** 기술의 성능에 의해 결정되는 시대로 진입했습니다. 현재 AI 인프라가 직면한 가장 치명적인 병목 현상은 데이터 전송 속도의 한계와 그에 따른 막대한 전력 소비, 그리고 열 밀도(Thermal Density)의 상승입니다.

1. 기존 구리 기반 전기 신호(Electrical Signaling)의 물리적 한계

전통적인 데이터센터 아키텍처는 구리(Copper) 배선을 통한 전기적 신호 전송 방식을 채택해 왔습니다. 그러나 데이터 전송 대역폭이 112Gbps를 넘어 차세대 224Gbps SerDes(Serializer/Deserializer) 기술 환경으로 진입함에 따라, 구리 배선의 물리적 특성은 심각한 한계점에 도달했습니다.

첫째, **신호 손실(Signal Loss)** 및 **전송 거리의 급감**입니다. 고주파 신호일수록 구리 배선을 통과할 때 감쇄(Attenuation) 현상이 심화됩니다. 현재의 고속 데이터 전송 환경에서 구리 배선의 유효 전송 거리는 수 센티미터(cm) 수준으로 극도로 단축되었습니다. 이를 극복하기 위해 기존 시스템은 신호를 증폭하고 재정렬하는 **리타이머(Retimer)**나 고성능 **디지털 신호 처리기(DSP)**를 중간중간 배치해야만 했습니다 [출처: engineering-ladder.tistory.com].

둘째, **전력 효율성(Power Efficiency)의 저하**입니다. 신호 손실을 보상하기 위해 추가된 DSP 및 리타이머는 데이터센터 전체 전력 소비를 급증시키는 주범이 되고 있습니다. 특히 네트워크 장비 전체 전력 중 DSP가 차지하는 비중은 약 50%에 달할 정도로 매우 높습니다 [출처: engineering-ladder.tistory.com]. 이는 AI 가속기가 요구하는 극도의 전력 효율성을 저해하며, 운영 비용(OPEX) 상승의 직접적인 원인이 됩니다.

셋째, **열 관리(Thermal Management) 문제**입니다. 전력 소비가 늘어난다는 것은 곧 그만큼의 에너지가 열로 변환됨을 의미합니다. 칩과 인터커넥트 사이의 열 밀도가 상승하면 냉각 시스템에 과도한 부하를 주게 되며, 이는 시스템 전체의 신뢰성을 저하시키고 성능 스로틀링(Throttling)을 유발하는 악순환을 만듭니다.

2. CPO(Co-Packaged Optics)의 부상과 기술적 필연성

이러한 구리 기반 전기 신호의 한계를 돌파하기 위해 등장한 차세대 솔루션이 바로 **공동 패키지형 광학(CPO, Co-Packaged Optics)** 기술입니다. CPO는 기존의 플러그블(Pluggable) 광모듈 방식과 달리, 광학 소자(Photonics)와 반도체 스위치 칩(ASIC/Switch Chip)을 하나의 패키지 기판(Substrate) 내에 통합하는 첨단 인터커넥트 기술입니다 [출처: kai-search.tistory.com].

CPO 기술은 다음과 같은 측면에서 AI 인프라의 게임 체인저로 주목받고 있습니다.

비교 항목	기존 Pluggable 방식	차세대 CPO 방식	기대 효과
-------	-----------------	------------	-------

신호 경로	칩 → 긴 구리 배선 → 광모듈	칩 → 짧은 인터커넥트 → 광 엔진	신호 손실 80% 이상 감소 [출처: engineering-ladder.tistory.com]
전력 소모	DSP 및 리타이머 의존도 높음	DSP 기능 간소화 또는 제거 가능	비트당 전력 소모(pJ/bit) 50% 이상 절감 [출처: engineering-ladder.tistory.com]
포트당 전력	800Gbps 기준 약 15W 소모	800Gbps 기준 약 5.5W 소모	약 63% 이상의 전력 절감 효과 [출처: kai-search.tistory.com]
대역폭 밀도	물리적 공간 및 배선 한계 존재	고밀도 광학 통합을 통한 확장성 확보	AI 가속기 간 초고속 데이터 교환 가능

표 1. CPO(Co-Packaged Optics)의 부상과 기술적 필연성

CPO는 광학 엔진을 프로세서와 물리적으로 매우 가까운 위치에 배치함으로써, 전기적 신호가 이동해야 하는 구리 배선의 길이를 최소화합니다. 이를 통해 신호 감쇄를 근본적으로 차단하고, 신호 복원을 위해 필요했던 무거운 DSP 로직을 걷어낼 수 있습니다. 결과적으로 이는 데이터센터의 전력 밀도를 낮추고, 동일 면적 대비 데이터 전송 대역폭을 극대화할 수 있는 유일한 기술적 경로로 평가받고 있습니다.

결론적으로, AI 인프라가 요구하는 '**초고대역폭(Ultra-high Bandwidth)**', '**저전력(Low Power)**', '**고신뢰성(High Reliability)**'이라는 세 가지 난제를 동시에 해결하기 위해 CPO로의 전환은 선택이 아닌 필수적인 기술적 흐름(Paradigm Shift)이라 할 수 있습니다.

CPO 기술 메커니즘 및 기존 Pluggable 방식 비교

1. 차세대 인터커넥트의 패러다임 시프트: Pluggable에서 CPO로

AI 데이터센터와 초거대 언어 모델(LLM)의 확산으로 인해 네트워크 트래픽은 기하급수적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 데이터 전송 속도(Bandwidth)와 전력 효율(Power Efficiency)은 인프라 구축의 핵심 지표가 되었습니다. 현재 업계에서 널리 사용되는 **플러거블(Pluggable) 광모듈 방식**은 스위치 칩(Switch ASIC)과 광학 모듈이 별도의 물리적 공간을 점유하며, 이들 사이를 구리 배선(Copper Trace)으로 연결하는 구조를 가집니다.

그러나 최근 112G 및 차세대 224G **서데스(SerDes, Serializer/Deserializer)** 기술 환경이 도래함에 따라, 기존 구리 배선의 유효 전송 거리가 수 센티미터(cm) 수준으로 급격히 단축되는 물리적 한계에 직면했습니다. 신호 감쇠(Signal Attenuation)를 극복하기 위해 리타이머(Retimer)나 고성능 디지털 신호 처리기(DSP)를 추가 배치해야 하며, 이는 데이터센터 전체의 전력 소비 급증과 열 밀도(Heat Density) 상승이라는 심각한 부작용을 초래하고 있습니다 [출처: engineering-ladder.tistory.com].

이러한 한계를 돌파하기 위해 등장한 **공동 패키징형 광학(CPO, Co-Packaged Optics)** 기술은 광학 소자(Photonics)와 반도체 스위치 칩을 하나의 패키지 기판(Package Substrate) 내에 통합하는 첨단 인터커넥트 기술입니다. CPO는 전기 신호가 이동해야 하는 구리 배선의 길이를 최소화하여 신호 손실을 획기적으로 줄이고, 데이터 전송의 지연(Latency)을 개선하는 것을 핵심 메커니즘으로 합니다 [출처: kai-search.tistory.com].

2. CPO의 핵심 기술 구성 요소 및 작동 원리

CPO 기술의 구현은 단순한 물리적 통합을 넘어, **실리콘 포토닉스(Silicon Photonics)**와 고도의 패키징 기술이 결합된 복합적인 공정을 요구합니다.

2.1. 실리콘 포토닉스(Silicon Photonics) 기반의 광학 통합

CPO의 중추는 실리콘 웨이퍼 위에 광학 회로를 구현하는 실리콘 포토닉스 기술입니다. 기존에는 개별적인 광학 부품을 사용했으나, CPO 환경에서는 실리콘 기판 위에 광 도파로(Optical Waveguide), 변조기(Modulator), 광 검출기(Photodetector) 등을 집적합니다. 이를 통해 전기 신호를 광 신호로 변환하는 과정에서의 에너지 손실을 최소화하며, 칩 수준에서 광 신호를 직접 제어할 수 있게 됩니다.

2.2. SerDes 및 인터페이스 최적화

CPO는 고속 데이터 전송을 위해 고성능 서데스(SerDes) 기술을 활용합니다. 기존 플러거블 방식에서는 긴 구리 경로를 통과하기 위해 매우 복잡하고 전력 소모가 큰 DSP 기반의 SerDes가 필요했습니다. 반면, CPO는 칩과 광학 엔진(Optical Engine) 사이의 거리가 극도로 짧기 때문에, SerDes의 기능을 간소화하거나 DSP를 완전히 제거할 수 있습니다. 이는 비트당 전력 소모(pJ/bit)를 절감하는 결정적인 요인이 됩니다 [출처: engineering-ladder.tistory.com].

2.3. 2.5D/3D 패키징과의 연계

CPO는 단일 칩의 성능을 넘어, 2.5D 및 3D 패키징 기술과의 결합을 통해 완성됩니다. 실리콘 인터포저(Silicon Interposer)나 고밀도 기판을 사용하여 스위치 ASIC과 광학 엔진(EIC, Electronic Integrated Circuit 포함)을 초정밀하게 정렬(Alignment)함으로써, 데이터 전송 대역폭을 극대화합니다. 이는 최근 HBM(High Bandwidth Memory)에서 요구되는 고단 적층 및 하이브리드 본딩 기술과도 궤를 같이하는 고난도 공정입니다 [출처: sbdi.co.kr].

3. Pluggable 방식 vs CPO 방식 정량적 비교 분석

두 방식의 가장 큰 차이점은 '전기 신호의 물리적 경로 길이'와 그에 따른 '에너지 변환 효율'에 있습니다. 아래의 비교는 현재 업계에서 논의되는 기술적 성숙도와 성능 지표를 바탕으로 합니다.

비교 항목	Pluggable 광모듈 방식	CPO (Co-Packaged Optics) 방식	비고
연결 구조	스위치 칩 → 구리 배선 → 광모듈	스위치 칩 → 패키지 내 광학 엔진	CPO의 경로 단축
신호 손실 (Loss)	높음 (구리 배선 길이에 비례)	매우 낮음 (Short-reach 인터페이스)	CPO가 80% 이상 감소 가능
전력 효율 (pJ/bit)	상대적으로 높음 (DSP 의존도 높음)	매우 높음 (DSP 간소화/제거)	CPO가 50% 이상 절감 가능
열 관리 (Thermal)	모듈 분산형 (관리 용이)	칩 집적형 (고난도 열 설계 필요)	CPO의 주요 해결 과제
대역폭 밀도	제한적 (포트 물리적 크기 한계)	매우 높음 (패키지 내 집적)	CPO의 핵심 강점

표 2. Pluggable 방식 vs CPO 방식 정량적 비교 분석

특히, 전력 소모 측면에서의 개선 효과는 매우 극명합니다. 800Gbps 급의 고속 포트를 기준으로 할 때, 기존 플러거블 방식은 포트당 약 15W 수준의 전력을 소모하는 반면, CPO 기술을 적용할 경우 이를 5.5W 수준까지 낮출 수 있는 것으로 분석됩니다 [출처: kai-search.tistory.com].

800Gbps 포트당 전력 소모 비교



그림 1. 800Gbps 포트당 전력 소모 비교

CPO 기술적 시사점 및 요구사항



Cressem · 결정론 렌더

그림 2. CPO 기술적 시사점 및 요구사항

CPO 시장 성장 핵심 지표



Cressem · 결정론 렌더

그림 3. CPO 시장 성장 핵심 지표

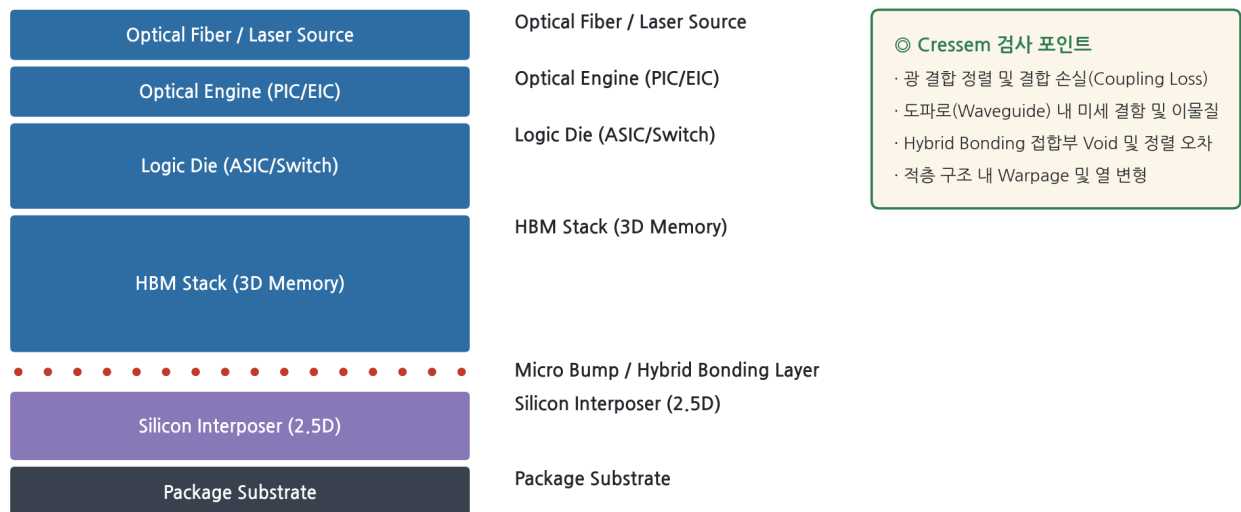
CPO(Co-Packaged Optics) 기술 구조 및 시장 동력 분석



Cressem · 결정론 렌더

그림 4. CPO(Co-Packaged Optics) 기술 구조 및 시장 동력 분석

CPO 기반 2.5D/3D 패키징 통합 단면도



Cressem · 결정론 렌더

그림 5. CPO 기반 2.5D/3D 패키징 통합 단면도

CPO(Co-Packaged Optics) 기술 및 시장 분석



Cressem · 결정론 렌더

그림 6. CPO(Co-Packaged Optics) 기술 및 시장 분석

CPO 시장 대응을 위한 크레셈(CRESSEM) 역량 매트릭스

	AI 비전 솔루션	고정밀 광학 모듈	2.5D/3D 기판 기술
CPO 핵심 과제	● 핵심	●	○
미세 정렬(Alignment) 확보	●	● 핵심	● 핵심
이물질(Particle) 검출	●	● 핵심	● 핵심
데이터 기반 수율 분석	● 핵심	○	●

Cressem · 결정론 렌더

그림 7. CPO 시장 대응을 위한 크레셈(CRESSEM) 역량 매트릭스

5. 결론 및 전략적 제언

크레셈에게 CPO 기술의 도입은 단순한 신규 시장 진입이 아닌, 기존의 기판 검사 기술력을 고부가가치의 광학/메모리 패키징 검사 영역으로 확장할 수 있는 결정적 기회입니다.

[전략적 로드맵 요약]

1. 단기(Short-term): 2.5D/3D 인터포저 및 고밀도 기판 검사 시장에서의 레퍼런스를 공고히 하며, CPO용 미세 Bump/Ball 검사 모듈을 고도화함.

2. **중기(Mid-term):** 하이브리드 본딩(Hybrid Bonding) 대응을 위한 초고해상도 3D AOI 기술을 완성하고, AI 기반 결함 분류 알고리즘을 장비에 통합함.

3. **장기(Long-term):** 검사 데이터를 공정 피드백과 연계하는 'AI-Driven 스마트 팩토리 솔루션'을 완성하여, 단순 장비 제조사를 넘어 고객사의 수율 파트너(Yield Partner)로 도약함.

크레셈이 보유한 광학계-기구부-소프트웨어의 통합 설계 능력과 AI 알고리즘 내재화 역량을 결합한다면, 급변하는 AI 반도체 공급망 내에서 대체 불가능한 핵심 검사 솔루션 프로바이더로 자리매김할 것입니다.

결론 및 시사점

차세대 광 I/O(CPO, Co-Packaged Optics) 기술은 AI 데이터센터의 폭발적인 대역폭 수요와 전력 효율성 문제를 동시에 해결할 수 있는 핵심 인터커넥트(Interconnect) 솔루션으로 부상하였습니다. 기존의 플러그블(Pluggable) 광모듈 방식이 가진 물리적 한계를 넘어, 실리콘 포토닉스(Silicon Photonics)와 반도체 스위치 칩을 하나의 패키지에 통합하는 CPO 기술은 향후 AI 인프라 구축의 필수적인 패러다임이 될 것으로 전망됩니다.

본 보고서에서 분석한 바와 같이, CPO 시장의 급격한 성장과 기술적 고도화는 검사 기술의 난이도를 기하급수적으로 상승시키고 있습니다. 특히 2.5D 및 3D 패키징 기술과의 결합, 그리고 미세한 광학 정렬(Optical Alignment) 및 열 관리(Thermal Management) 이슈는 단순한 제조 공정을 넘어, 수율(Yield) 확보를 위한 고정밀 검사 솔루션의 중요성을 시사합니다.

이러한 시장 환경 변화 속에서 **크레셈(CRESSEM)**은 다음과 같은 전략적 포지셔닝을 통해 차세대 시장의 핵심 플레이어로 도약해야 합니다.

핵심 전략 방향	세부 실행 과제	기대 효과
기술적 우위 확보 (Market Leader)	Hybrid Bonding 및 2.5D/3D 패키징 대응 초고해상도 3D AOI 기술 고도화	초미세 정렬 오차 및 이물질(Particle) 검출력 극대화
수율 최적화 솔루션 (Yield Optimization)	AI 기반 결함 분류(Defect Classification) 및 실시간 데이터 분석 플랫폼 통합	과검(Over-kill)을 최소화 및 공정 피드백을 통한 수율 향상
전략적 로드맵 실행 (Strategic Roadmap)	고객사(SK하이닉스, 삼성전자, TSMC 등) 맞춤형 모듈화 검사 시스템 공급	고객사 공정 특성에 최적화된 솔루션 제공 및 락인(Lock-in) 효과

표 3. 결론 및 시사점

결론적으로, 크레셈은 이미 확보하고 있는 고성능 머신비전(Machine Vision) 알고리즘과 FC-BGA 및 2.5D 기판 검사 분야에서 축적된 레퍼런스를 바탕으로, CPO 공정의 핵심인 '**초정밀 광학 검사**'와 '**AI 기반 데이터 분석**' 영역으로 기술적 영토를 빠르게 확장해야 합니다. CPO 기술이 상용화 단계에 진입함에 따라, 검사 장비의 정밀도는 곧 고객사의 경쟁력과 직결될 것입니다. 크레셈이 선제적으로 Hybrid Bonding 대응 기술력과 AI 기반 스마트 팩토리 솔루션을 결합한다면, 글로벌 반도체 패키징 검사 시장을 선도하는 독보적인 위치를 점할 수 있을 것으로 판단됩니다.

참고 자료

1. [Cpo 기술 동향 및 국내외 기업 분석 :: 투자연구소 테크센터](<https://engineering-ladder.tistory.com/178>)
2. [공동 패키지형 광학 (CPO) 기술동향 및 시장 전망 2025-2035 - IDTechEx](<https://www.idtechex.com/ko/research-report/co-packaged-optics/1019>)

3. [2026.03 Cpo (공동패키지광학) - Ai 데이터센터의 차세대 광통신 ...](<https://kai-search.tistory.com/46>)
4. [Ai 데이터센터 전력·대역폭 한계...Cpo 중심 광통신 인터커넥트 ...](<https://www.etnews.com/20260529000024>)
5. [Co-Packaged Optics Market Size, Share and Growth Analysis](<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/co-packaged-optics-market-28874835.html>)
6. [Co Packaged Optics Market Report: Size, Growth, Trends & Forecast (2025-2033)](<https://www.verifiedmarketresearch.com/product/co-packaged-optics-market/>)
7. [Co-Packaged Optics (CPO) Market Size to Hit USD 1,055.11 Million by 2034](<https://www.precedenceresearch.com/co-packaged-optics-market>)
8. [Co Packaged Optics Market Size, Share | Growth Report [2034]](<https://www.fortunebusinessinsights.com/co-packaged-optics-market-117954>)
9. [PDF Co-Packaged Optics (CPO) 2025-2035: Technologies, Market, and Forecasts](<http://www.sbdi.co.kr/email/2024/20240826/sample/IDTechExCoPackagedOpticsCPO.pdf>)
10. [PDF IDTechEx Report](<http://www.sbdi.co.kr/email/2026/20260526/sample/IDTechExCoPackagedOpticsCPO2.pdf>)
11. [PDF Co-Packaged Optics Gain Traction in Data Centers](https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/_icsFiles/afieldfile/2026/04/01/2601bttusjie.pdf)
12. [PDF Gtc 2025에서 부각된 Cpo 기술 상용화](<https://stock.mk.co.kr/uploads/20250321/1742510867b612c7d8f97fabda98dd.pdf>)
13. IDTechExCoPackagedOpticsCPO.pdf (사내 자료)
14. IDTechExCoPackagedOpticsCPO2.pdf (사내 자료)
15. 2601bttusjie.pdf (사내 자료)
16. 1742510867b612c7d8f97fabda98dd.pdf (사내 자료)
17. 보고서_삼성전자HBM4전환에따른검사기술동향및대응전략20260509001.pdf (사내 자료)
18. 매뉴얼HBMAdvancedInspectionSyst20260509001.pdf (사내 자료)
19. 분석HBM4세대전환에따른크레셈CRESSEM의검사장20260509001.pdf (사내 자료)
20. 분석_크레셈CRESSEM20260509001.pdf (사내 자료)
21. pdf_인하대학교컴퓨터공학과과의배승환20260509001.pdf (사내 자료)
22. ProfessorSeungHwanBaeReport.pdf (사내 자료)