

# 800V 배전 이후의 변환단과 양면 직접냉각

조진현 쿨스 대표 [jhcho@cools.co.kr](mailto:jhcho@cools.co.kr)

## SUMMARY

AI 랙 배전이 800 VDC로 바뀌어도 고전압을 저전압 대전류로 바꾸는 변환단은 GPU 직전에 남는다. 이 변환단을 부하 쪽으로 옮기지 못하게 막는 것은 열이다. 단면냉각 패키지는 열출구가 하나이고 TIM 계면이 열저항의 큰 몫을 차지한다. RBSC 두 전극면을 직접냉각면으로 쓰는 양면 구조와 냉각 슬롯 삽입 조건을 다룬다.

# 수백 개 GPU를 하나의 컴퓨터로 만드는 마지막 조건

800 V가 전력을 가져오고, COOLS RBSC가 그 전력을 GPU 옆에서 처리한다

The Last Enabler of the Rack-Scale AI Computer | 800 V delivers the power. COOLS RBSC makes the power density possible.

**576 GPU**

하나의 NVLink 도메인으로  
묶는 것이 목표

**600 kW**

Kyber 세대 랙 전력  
2027년 도입 목표

**2%**

한국 화합물 전력반도체  
글로벌 점유율

**COOLS QoolTile™ AI-800 · 800 V AI 랙용 RBSC 양면 직접냉각 SiC 전력타일**

(주)쿨스가 판매하는 것은 방열기판이 아니다. 한 랙에 더 많은 GPU를 넣을 수 있는 조건이다.

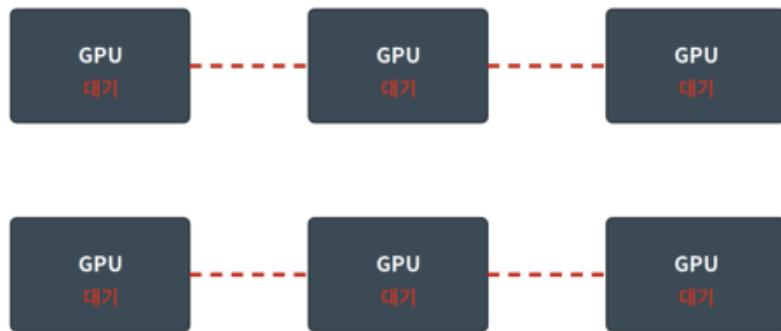
# AI 성능의 단위가 바뀌었다

GPU 한 개의 속도가 아니라, 하나의 저지연 도메인에 몇 개를 묶는가가 성능을 가른다.

## AI 성능의 단위가 GPU 한 개에서 스케일업 도메인으로 바뀌었다

거대 모델, MoE 전문가 라우팅, 장문맥 추론은 GPU 간 집단연산과 동기화를 반복한다.

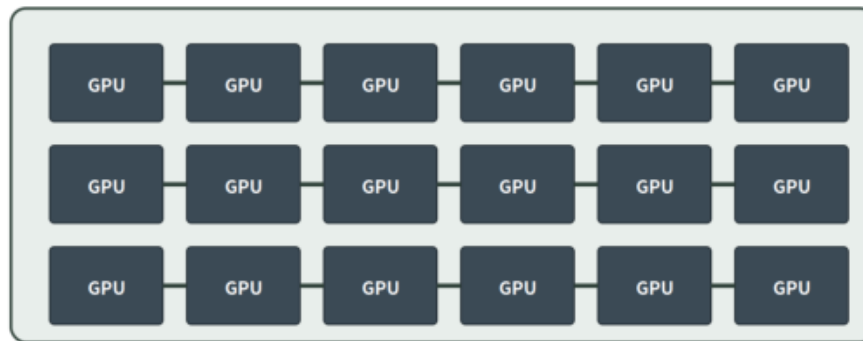
GPU가 멀리 흩어진 경우



통신 지연이 커지면 연산이 아니라 대기가 늘어난다.

GPU 이용률과 토큰 처리량이 함께 내려간다.

하나의 저지연 스케일업 도메인



짧고 균일한 링크로 묶이면 하나의 연산공간처럼 동작한다.

동일 모델을 더 적은 통신정체로 처리한다.

구리 NVLink의 실용적 도달거리는 약 2 m다. 스케일업 도메인의 크기는 물리적 근접성이 결정한다.

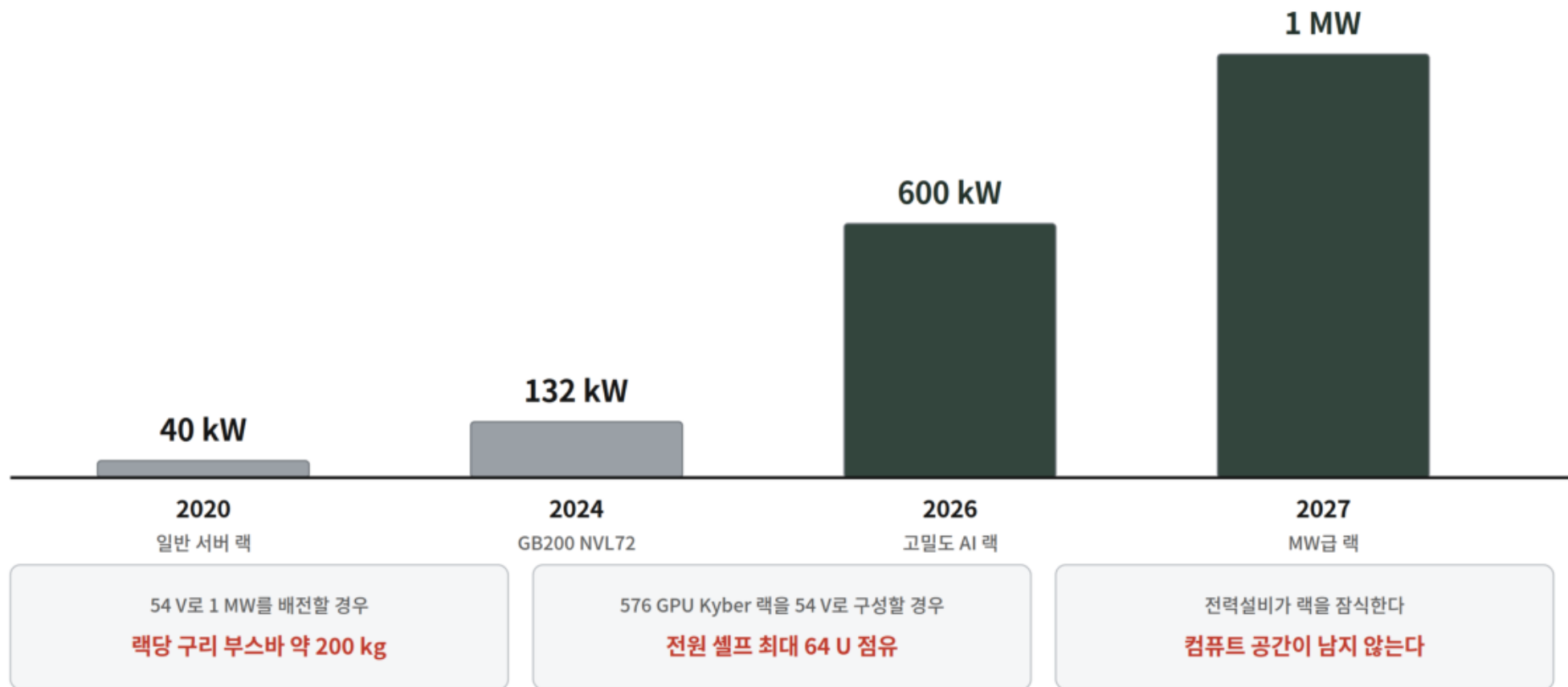
따라서 랙 하나에 GPU를 얼마나 조밀하게 넣을 수 있는가가 시스템 성능의 상한을 만든다.

수백 개 GPU를 한 랙에 넣는 것은 숫자를 늘리는 것이 아니라 하나의 거대한 AI 프로세서로 바꾸는 것이다.

## 집적을 막은 것은 전력설비의 부피였다

54 V 구조를 유지하면 전원 셀프가 컴퓨트 공간을 잠식한다.

격전지는 AI 데이터센터다 — 랙 전력의 이동



# 그래서 배전이 800 VDC로 바뀐다

전력부품을 줄여 GPU를 더 넣기 위한 전기적 조건이다.

## 그래서 배전 아키텍처가 800 VDC로 바뀐다

### 기존 구조

변환 단수 5회, 랙 내부에 전원 셀프 다수 배치



### 800 VDC 구조

변환 단수 축소, 랙 내 전원 셀프 제거, 2027년 MW급 랙 도입 목표



중단 효율 최대 5% 개선, 유지비용 최대 70% 절감, 총소유비용 최대 30% 절감이 제시되어 있다.

NVIDIA, TI, ST, Eaton, Flex, Delta가 동일 아키텍처를 전제로 제품을 내놓고 있다.

NVIDIA 레퍼런스 설계를 전제로 TI, ST, Eaton, Flex, Delta가 이미 제품을 내놓고 있다.

## 그러나 GPU 직전 구간은 그대로다

고전압을 저전압 대전류로 바꾸는 변환단은 800 V 전환 이후에도 반드시 남는다.

그러나 마지막 구간의 전류는 그대로 남는다

800 V 배전 구간



**1,250 A**

800 VDC · 1 MW 기준

50 V 중간 버스



**12,500 A**

600 kW 기준 · ST 공개자료

1 V 이하 GPU 코어



**수천 A**

다상 벽 · 수천 A 급

800 VDC 전환은 랙 앞단까지의 손실만 줄인다.

GPU 직전의 저전압 대전류 구간은 변환단을 GPU에 붙여야만 줄어든다.

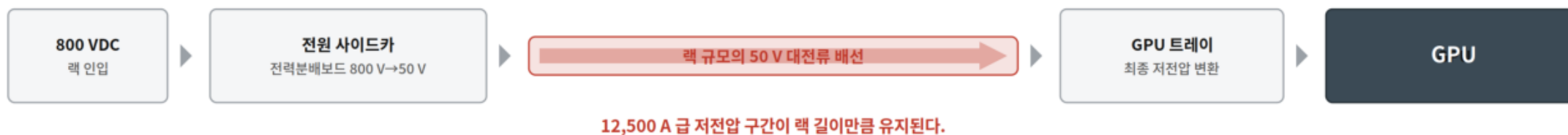
# 질문은 하나다 — 변환단을 어디까지 붙일 수 있는가

해법은 전압을 더 높이는 것이 아니라 저전압으로 바꾸는 위치를 부하 앞으로 옮기는 것이다.

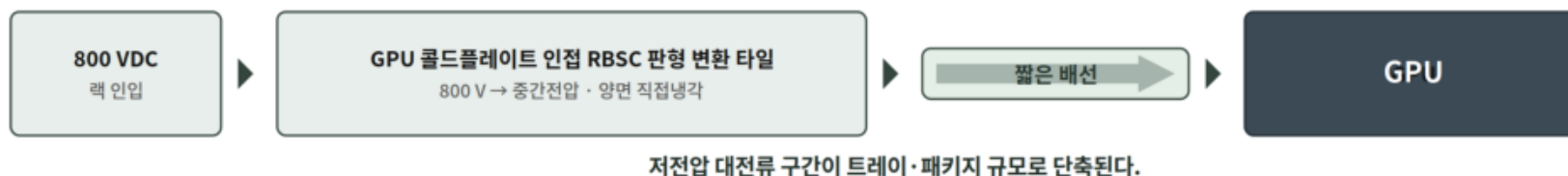
## 전력변환의 위치를 옮긴다 — Power Sidecar에서 Power Cold Plate로

800 V는 랙까지의 문제를 해결한다. 남은 것은 GPU 직전 구간이다.

### 현재 구조 — Power Sidecar



### COOLS 구조 — Power Cold Plate



RBSC의 역할은 기존 컨버터를 더 차갑게 만드는 것이 아니라, 컨버터가 설치될 수 있는 장소를 바꾸는 것이다.

800 V가 고전압 배전의 구리를 줄인다면, COOLS는 마지막 저전압 배선의 구리를 줄인다.

The incumbents optimize the die. COOLS relocates the power stage.

# 이동을 막는 것은 전기가 아니라 열이다

변환단의 위치는 전력 설계가 아니라 냉각 구조가 결정한다.

## 변환단을 GPU에 붙이지 못하는 이유는 전기가 아니라 열이다



즉 800 VDC 시대의 병목은 배전이 아니라 변환단의 배치이며, 배치를 막는 것은 냉각 구조다.

# 단면냉각은 열출구가 하나뿐이다

한 면이 기판, 반대 면이 몰드인 구조에서 열은 하부로만 빠진다.

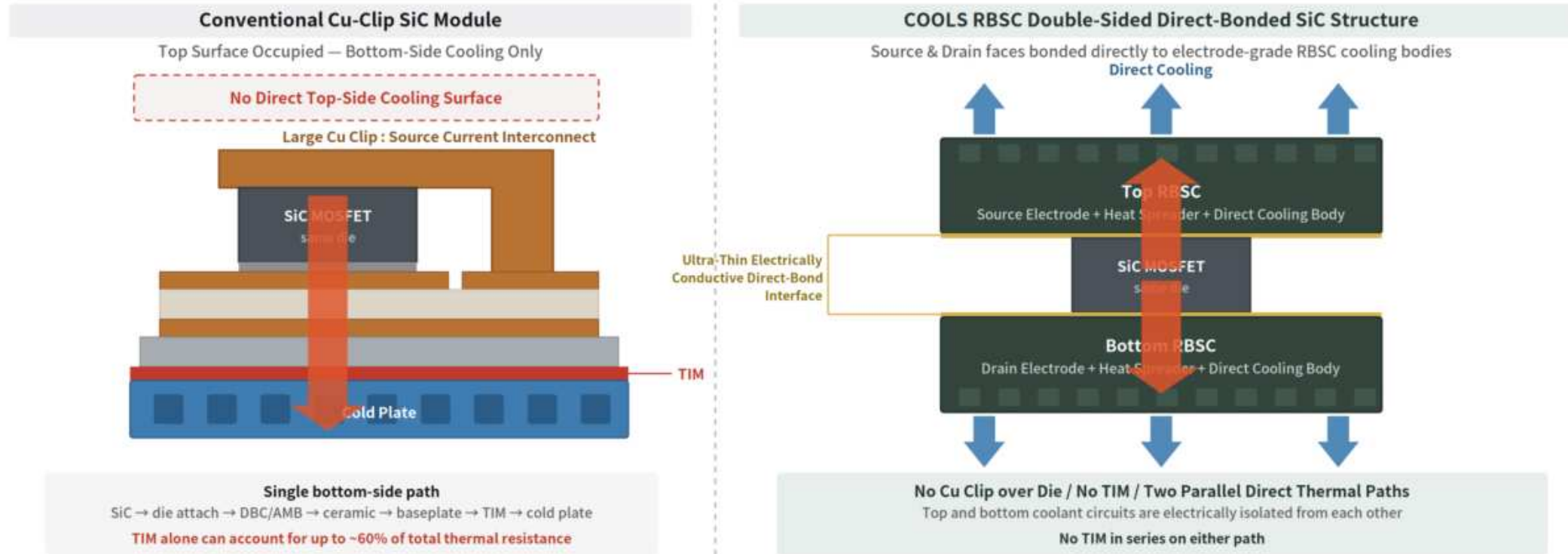


그림 1. 기존 Cu 클립 단면냉각 구조와 COOLS RBSC 양면 직접냉각 구조의 비교

기존 구조는 대형 Cu 클립이 칩 상면을 점유하여 열이 하부 한 경로로만 빠지며, 그 경로에는 TIM 계면이 직렬로 남는다. COOLS 구조는 동일한 칩의 Source 면과 Drain 면을 상·하부 RBSC에 직접 결합하여 짧은 두 개의 병렬 열경로를 만든다.

■ RBSC (SiC계 세라믹) ■ SiC 칩 ■ 직접결합 계면 ■ Cu 클립 ■ TIM ■ 냉각판 / 냉각수 ■ 열흐름

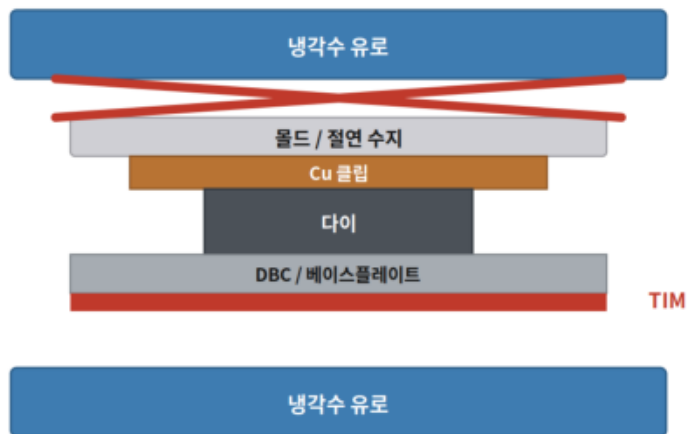
# COOLS는 두 전극면을 그대로 냉각면으로 쓴다

인터포저와 추가 접합계면 없이 양면이 전극이자 직접냉각면이 되고, TIM 계면이 사라진다.

기존 패키지는 판형 직접냉각에 최적화되어 있지 않다

기존 클립 · 몰드 패키지

한 면은 기판, 반대 면은 몰드



상면이 몰드이므로 직접 냉각면이 되지 않는다.

양면냉각을 하려면 인터포저와 접합계면이 추가된다.

COOLS RBSC 양면 판형

두 면 모두 전극이자 냉각면



두 전극면이 그대로 직접 냉각면이 된다.

몰드도 기판도 없으며 TIM 계면이 존재하지 않는다.

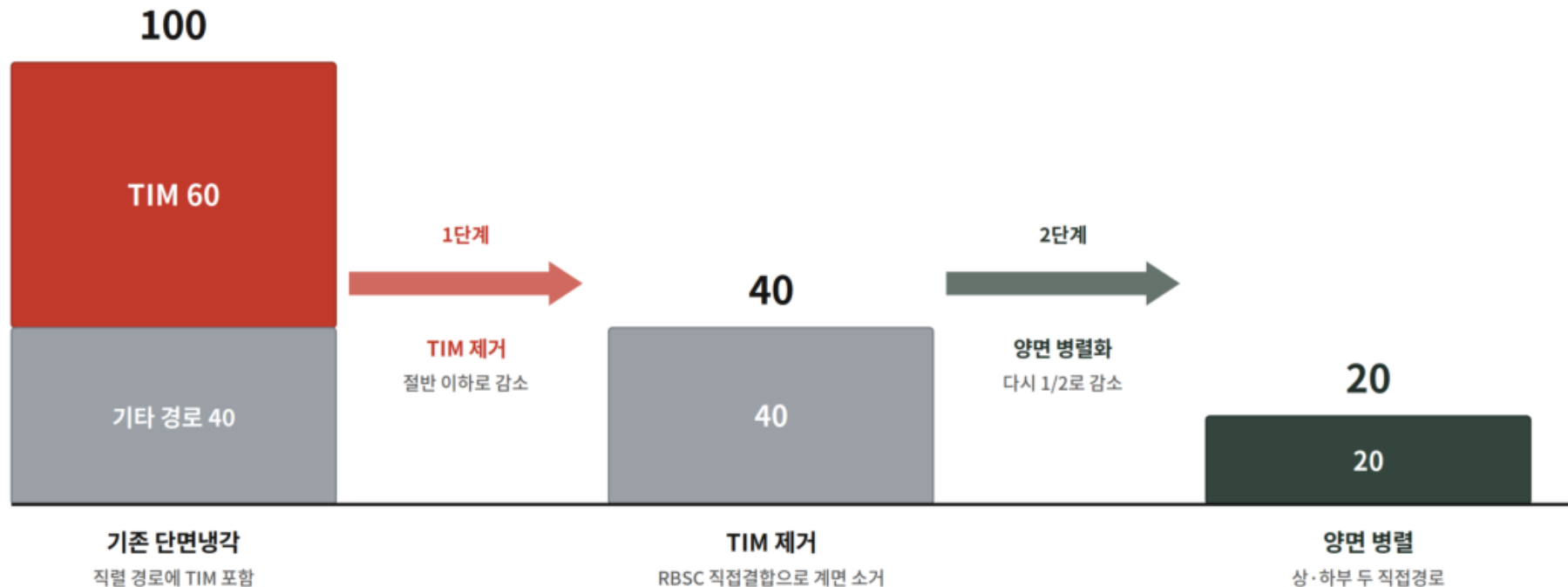
기존 구조는 양면냉각을 구현하더라도 인터포저와 추가 접합계면을 거친다.  
COOLS는 칩의 두 전극면 자체를 냉각면으로 노출한다. 이것이 계면 수와 두께의 차이를 만든다.

# 가장 큰 열저항인 TIM을 먼저 없앤다

TIM 제거로 절반 이하, 양면 병렬로 다시 절반. 최종 방열성능 약 5배다.

## 열저항은 두 단계로 낮아진다 — TIM 제거와 양면 병렬

기존 총 열저항을 100으로 두고, TIM 비중을 60%로 놓은 대표 설계 모델



가장 큰 단일 열저항인 TIM을 제거해 절반 이하로 낮추고, 양면 병렬로 다시 절반으로 낮춘다.

총 열저항 100 → 20, 즉 약 1/5. 동일  $\Delta T$  기준 방열성능 약 5배.

Representative design model · 대표 설계 모델의 계산값이며 시제품 실측값이 아니다.

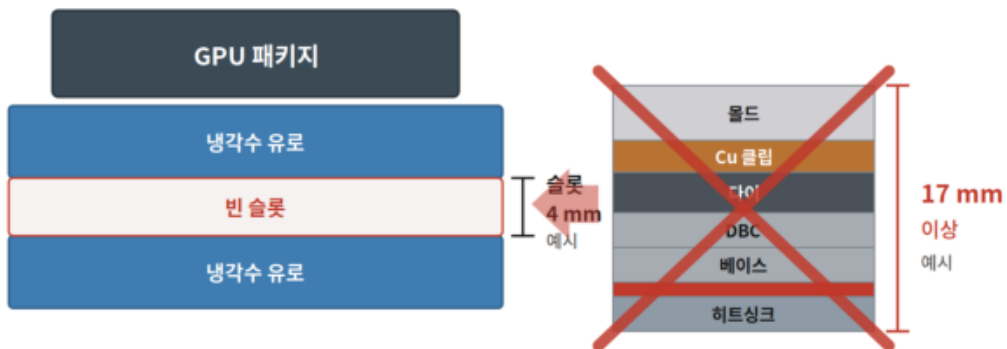
# 그래서 GPU 하부 냉각 슬롯에 들어간다

제약은 소자 성능이 아니라 두께와 면 구성이다. 아래 치수는 설계 예시 기준의 비교다.

## GPU 하부 냉각 슬롯 — 들어가는 것과 들어가지 못하는 것

축척 1 mm = 10 px · 표기된 치수는 모두 설계 예시이며 산업 공통 규격이나 실측 확정치가 아니다

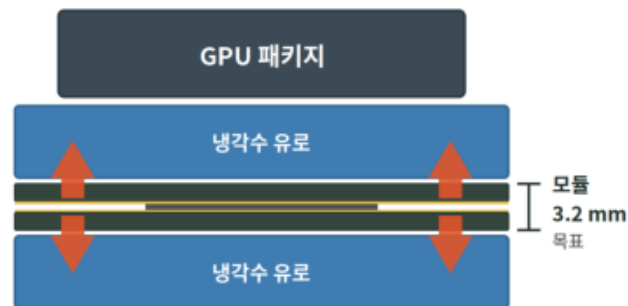
기존 클립 · 몰드 모듈



**슬롯 간극의 4배 이상이다.**

두께를 줄여도 상면이 몰드인 한  
그 면은 열출구가 되지 않는다.

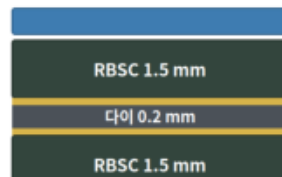
COOLS RBSC 양면 판형



**슬롯 안에 그대로 들어간다.**

두 면이 모두 냉각수에 접하므로  
열이 위아래로 동시에 빠진다.

확대 4배



몰드 · 기판 · TIM 없음

**4 mm**

예시 냉각 슬롯 설계조건

**17 mm 이상**

대표 상용 모듈 · 냉각체 조합 예시

**3.2 mm**

COOLS 개념 설계 목표두께

제약은 소자 성능이 아니라 두께와 면 구성이다. 다이를 개선해서가 아니라 패키지 구조를 바꿔야 해소된다.

Concept target · 설계 예시 기준의 비교이며, 특정 제품의 실측 치수 비교가 아니다.

# 전력변환단이 GPU 냉각계 안으로 이동한다

저전압 대전류 배선길이를 랙 규모에서 트레이·패키지 규모로 단축한다.

전력변환단을 GPU 쿨드플레이트 인접부로 이동시킨다



저전압 대전류 배선길이를 랙 규모에서 트레이·패키지 규모로 단축하는 것을 목표로 한다.

중앙집중식 저전압 변환·배전 기능의 일부가 컴퓨터 트레이와 냉각계 내부로 분산되면서, 전력설비가 점유하던 랙 공간의 일부를 연산공간으로 전환할 수 있다. 변환 손실은 이미 흐르고 있는 냉각수가 회수한다.

중앙집중식 저전압 변환·배전 기능의 일부가 컴퓨터 트레이와 냉각계 내부로 분산되면서, 전력설비가 점유하던 랙 공간의 일부를 연산공간으로 전환할 수 있다.

# 부수 효과는 냉각이 아니라 전원 응답이다

AI 부하의 급변에 대한 전원 응답이 배선 길이에 직접 좌우된다.

## 변환단이 가까워지면 전원 응답이 달라진다

AI 서버의 과도부하 변화는 일반 서버 대비 3~4배로 보고된다.

저전압 전력루프 길이

랙 규모



트레이 · 패키지 규모

배선 인덕턴스

높음



낮음

부하 급변 시 순간 전압강하

큼



작음

대형 벌크 커패시터 의존도

높음



낮음

RBSC는 GPU를 더 차갑게 만드는 기술이 아니라, GPU가 요구하는 순간전력을 더 가까운 곳에서 공급하게 하는 기술이다.

공식 아키텍처와 RBSC 구조를 결합한 기술적 추론이며, 시제품 실측 이전 단계의 예상 효과다.

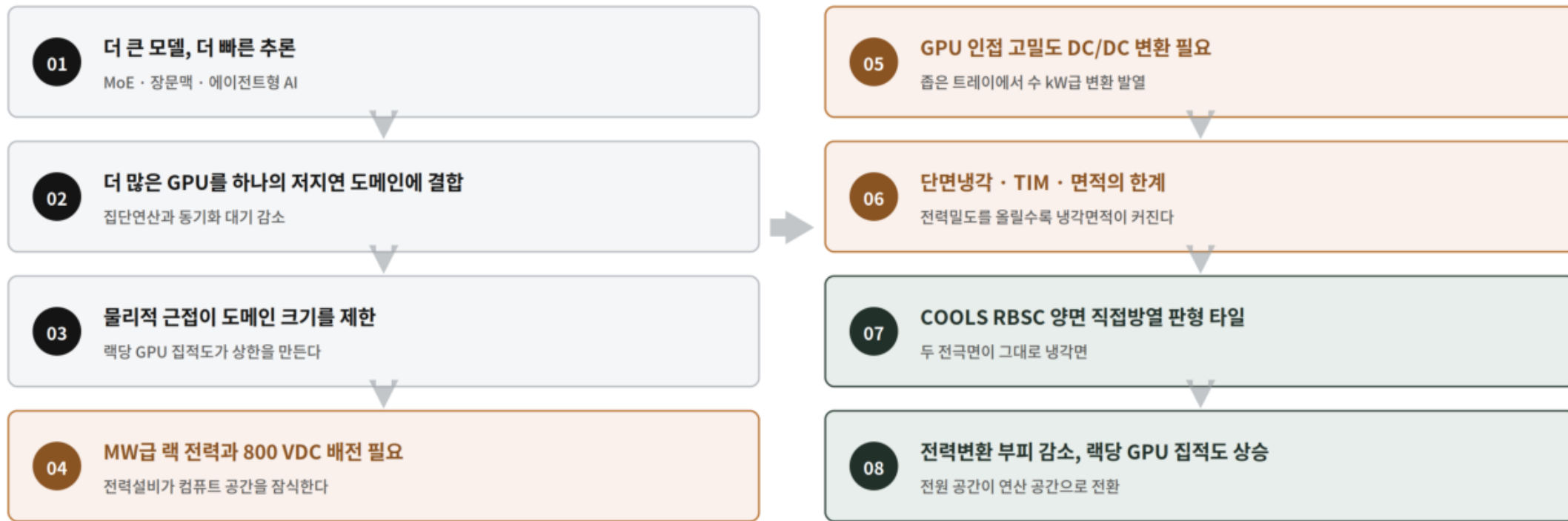
출처: TI 애플리케이션 노트, NVIDIA 800 VDC 공개자료

COOLS는 GPU를 더 차갑게 만드는 기술이 아니라, 순간전력을 더 가까운 곳에서 공급하게 하는 기술이다.

# 논리 사슬

모델 규모에서 전력변환기의 열밀도까지 하나의 사슬로 이어진다.

## 논리 사슬



(주)쿨스가 판매하는 것은 방열기판이 아니라, 한 랙에 더 많은 GPU를 넣을 수 있는 조건이다.

기존 단면냉각 전력모듈의 열밀도 한계가 향후 랙 집적도를 제한할 가능성이 높으며, COOLS RBSC는 이 한계를 제거하기 위해 설계되었다.

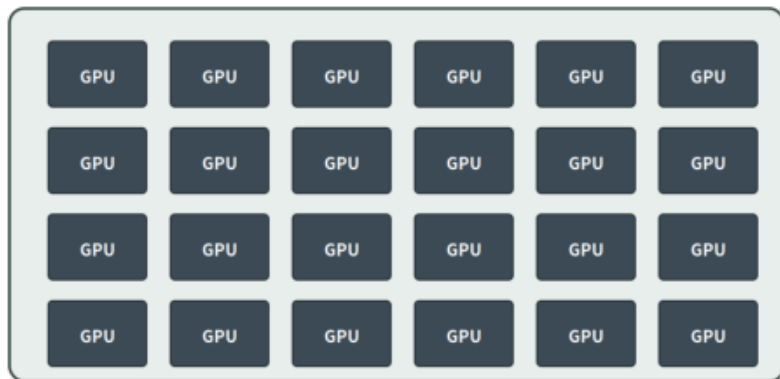
# 같은 논리가 시간축에도 성립한다

데이터센터에서는 공간에 집적하고, 펄스 시스템에서는 시간에 집적한다.

## COOLS가 파는 것은 냉각 성능이 아니라 집적도다

데이터센터에서는 공간에, 펄스 시스템에서는 시간에 집적한다.

### 공간에 집적한다



더 많은 GPU를 하나의 저지연 도메인에  
전력변환기의 부피가 집적도의 상한을 만든다.

### 시간에 집적한다

기존 — 펄스마다 냉각 대기



COOLS — 연속 반복



더 많은 고에너지 작동을 끊임 없이  
전력변환·스위칭부의 열이 반복률의 상한을 만든다.

**COOLS는 기존 시스템의 핵심 작동을 더 조밀하게 집적한다.**

데이터센터에서는 한 랙의 GPU 수를 늘리고, 펄스 산업에서는 한 시스템이 연속 수행할 수 있는 고에너지 작업 수를 늘린다.

한 번 가능한 기술을, 계속 가능한 산업으로.

# 한 번 가능한 기술을 계속 가능한 산업으로

고에너지 시스템의 상한을 정하는 것은 최고출력이 아니라 반복 가능성이다.

## 같은 논리가 적용되는 영역

기존에 한두 번 시연할 수 있던 고에너지 시스템을 계속 작동하는 산업으로 바꾼다.

| 분야       | 지금 가능한 것          | COOLS가 여는 결과           |
|----------|-------------------|------------------------|
| AI 데이터센터 | GPU 개별 작동 ▶       | 수백 GPU를 하나의 거대 컴퓨터로 작동 |
| 관성핵융합    | 핵융합 점화 1회 성공 ▶    | 초당 5~20회 점화해 전기를 계속 생산 |
| 지향성에너지   | 드론 한두 대 요격 시연 ▶   | 군집이 연속 접근해도 계속 교전      |
| 산업용 펄스장비 | 시편 1개에서 공정효과 입증 ▶ | 냉각 정지 없이 생산라인 속도로 가공   |

LLNL은 관성핵융합 발전소가 초당 5~20회의 반복운전을 요구한다고 설명한다. 미국 회계감사원은 냉각 요구가 지향성에너지 무기의 지속운전을 제한한다고 지적한다.

**전력반도체는 앞으로 도래할 응용들을 가능하게 하는 기반기술이다.**

COOLS는 최고출력을 높이는 기술이 아니라, 최고출력을 반복 가능한 산업능력으로 전환하는 기술이다.

# 제품 — COOLS QoolTile™ AI-800

800 V AI 랙용 RBSC 양면 직접냉각 SiC 전력타일.

## QoolTile™ AI-800 — 제품 정의

800 V AI 랙용 RBSC 양면 직접냉각 SiC 전력타일



### TIM-free 상·하부 직접액랭

냉각수가 두 전극면에 직접 접한다

### 상부 RBSC = Source 전극·냉각면

칩 상면을 점유하는 대형 클립이 없다

### 하부 RBSC = Drain 전극·냉각면

DBC·베이스플레이트가 없다

### 쿨드플레이트 내부 삽입형

냉각판 위에 장착하지 않는다

### 타일 병렬 배열로 용량 확장

타일 수만 조정해 100 kW-MW급 구성

전력모듈을 냉각판에 붙이는 시대를 끝내고, 전력모듈 자체를 냉각판으로 만드는 제품.

COOLS QoolTile™ AI-800 · 800 V AI 랙용 RBSC 양면 직접냉각 SiC 전력타일

# 1차 목표 사양과 확장 경로

타일 단위로 용량을 늘리고 동일 냉각 루프를 공유한다.

## QoolTile™ AI-800 — 1차 목표 사양과 확장 경로

| 항목      | 1차 목표 사양                 |
|---------|--------------------------|
| 소자      | 1,200 V급 SiC 하프브리지       |
| 적용      | 800 VDC AI 전력변환          |
| 용량      | 25 kW / 타일, 후속 50 kW급    |
| 외형      | 약 40 × 40 mm, 두께 4 mm 이하 |
| 냉각      | TIM-free 상·하부 직접액랭       |
| 열저항     | 접합부-냉각수 0.10 K/W 이하 목표   |
| 상부 RBSC | Source 전극 · 냉각면          |
| 하부 RBSC | Drain 전극 · 냉각면           |

사양은 개념 설계 목표값이며 시제품 실측값이 아니다.

### 확장 경로



RBSC 직접결합 · 양전극 직접냉각 · TIM-free · 4 mm급 · 800 V AI 쿨드플레이트 삽입형 SiC 전력타일



**주식회사 쿨스**

**대표이사 조진현**

본사 | 경상남도 창원시 의창구 중동북로 23

지사 | 경기도 화성시 동탄구 삼성1로 160

M. 010-2280-9414

E. [jhcho@cools.co.kr](mailto:jhcho@cools.co.kr)

H. [www.cools.co.kr](http://www.cools.co.kr)

---