‘26 OCP KOREA TECH DAY

AI 데이터센터 운영

4대 핵심 과제와 OCP 표준화

Four Essentials for AI Data Center Operations
and OCP Standards

밀도는 10배, 대응 시간은 1/100로 바뀌었습니다.
설비를 바꾸는 것만으로는 운영이 성립하지 않습니다.

Density rose tenfold; response time shrank a hundredfold.
Changing the equipment alone does not make operations work.

SPEAKER PROFILE

박재욱 SK브로드밴드 / DC솔루션개발팀장

S System Architecture

시스템 아키텍처 · 10 Years

게임을 만들고 싶어 시작한 프로그래밍이었는데,
주로 시스템 레벨의 커널·네트워크 프로그래밍을 했습니다.

- SYSTEM PROGRAMMING — Low-level Optimization
- LINUX KERNEL — Core Subsystem Dev
- TCP/IP STACK — Network Performance

D Career Evolution in DC

데이터센터 15년 · 운영에서 플랫폼 개발까지

01 **DC 네트워크 운영 및 인프라 안정화**
Network operations and infrastructure stabilization

02 **운영 및 고객 서비스 개발 (NMS / 패킷 분석 시스템)**
Operations and customer service development

03 **DCIM을 넘어선 SKB DC 자체 운영 플랫폼 개발 중**
Building SKB's own DC operations platform, beyond DCIM

설비 관점이 아니라, 운영 데이터를 기반으로 시스템으로 만들어 본 사람의 관점에서 말씀드립니다.

AI DC는 세 가지를 동시에 바꿉니다.

AI DC Changes Three Things at Once

밀도 Density	5 ~ 15 kW	→	**130 kW** *200KW'26.2H → 600kW'27 → 1MW*	**랙 하나가 소형 센터 한 층의 전력을 씁니다** A single rack draws what a small floor once did
속도 Speed	Minute	→	**Sec, mSec**	**사람이 화면을 보고 판단할 시간이 없습니다** There is no time to look at a screen and decide
피해 Damage	Service Down	→	**+ GPU Server Damage**	**냉각수가 하드웨어와 같은 공간을 지납니다** Coolant now shares space with the hardware

세 가지 변화가 동시에 함께오다. 그래서 기존 운영 체계로는 감당되지 않습니다.

These did not arrive separately but together — which is why existing operations cannot absorb them.

사고는 사람이 판단할 수 있는 구간 밖에서 일어납니다

Failures Occur Outside the Range Where Humans Can Decide

사건이 요구하는 대응 시간

Response time each event demands

DC 아크 DC arc	**수십 ms**	**전류 영점이 없어 스스로 꺼지지 않습니다** No current zero-crossing; it will not self-extinguish
GPU 전력 급변 GPU power surge	**1초**	**수십~수백 kW가 밀리초 단위로 오르내립니다** Tens to hundreds of kW swing in milliseconds
누수 Coolant leak	**5초**	**전원이 살아 있는 상태에서 물이 닿습니다** Liquid reaches hardware while power is live
열 도달 Heat arrival	**10~30초**	**발열이 콜드플레이트와 냉각수 루프를 거쳐 계측 지점에 도달하는 시간입니다.** **칩 정션 온도 자체는 수십 ms 안에 오릅니다.** *Time for heat to reach the coolant loop where it can be measured — junction temperature itself rises within tens of milliseconds*

사람의 대응은 알람 확인부터 조치까지 15~20분입니다. 네 사건 모두 이 범위 밖에 있습니다.

자동화는 선택이 아니라 물리적 요구입니다. 그리고 자동화는 표준 없이 확장되지 않습니다.

Automation is a physical requirement, not a choice — and it does not scale without standards.

SECTION 1 · THE COST OF FAILURE

피해 비용 시뮬레이션 — 가장 보수적으로 잡아도

Damage Cost Simulation — Even on the Most Conservative Assumptions

전제 Assumptions · 100MW AI 데이터센터 기준

IT 부하	랙 구성	GPU 규모	GPU 자산
약 88MW (PUE 1.14)	약 675랙 (130kW/랙)	약 48,000장	약 2.7조 원

장비 피해는 즉시 소손이 아니라 잔열에 의한 수명 단축입니다

Equipment damage is not instant burnout but heat-soak that shortens life

① GPU는 스스로 멈춥니다
80~85℃ 스로틀링 → TjMax 90℃대 긴급 셧다운
Throttles at 80-85 °C, shuts down near TjMax 90 °C

→

② 그러나 열은 남습니다
냉각이 멈춰 잔열이 빠지지 않습니다
Cooling has stopped, so the residual heat stays

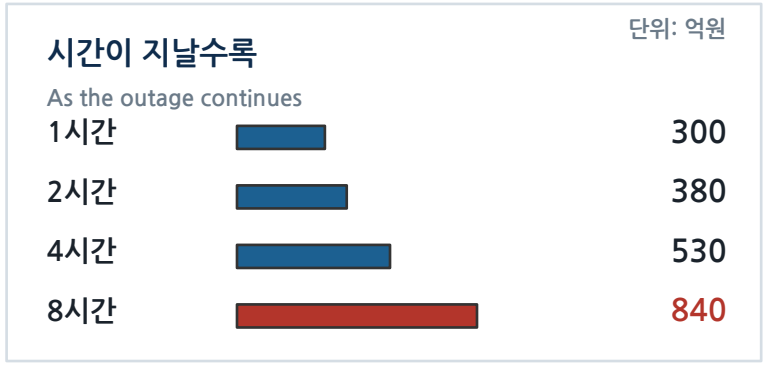
→

③ 주변 부품이 상합니다
전해 커패시터·VRM·솔더·써멀 인터페이스
Capacitors, VRM, solder joints and thermal interfaces

1시간 정지 시 피해

Damage from one hour of outage

장비 열화	Accelerated wear	272억원	자산의 1%만 수명 영향으로 가정
학습 무효화	Training lost	26억원	12시간분만 재실행으로 가정
서비스 중단	Service outage	2~4억원	GPU 장수 * 시간 단가
복구 비용	Recovery	5억원	인력·재기동·검증
1시간 합계		약 300억원	Total for one hour



모든 항목을 업계 하한으로 잡은 값입니다. 실제 사고에서는 이보다 훨씬 커집니다.

Every figure uses the industry floor — a real incident runs far higher.

AI DC OPERATIONS

LIKE F1: HIGH INVESTMENT, HIGH RISK, HIGH REWARD

MISSION: Run AI DC with No Error

KEY RISKS

- Power Failure
- Cooling Failure
- Hardware Failure
- Network Outage
- AI Workload Error

SUCCESS

- High Performance
- High Reliability
- Business Continuity

AI DC OPERATION FLOW

MONITOR — See Everything → **ANALYZE** — Understand Fast → **DECIDE** — Act Precisely → **EXECUTE** — Operate Flawlessly → **OPTIMIZE** — Improve Continuously

CONTINUOUS IMPROVEMENT

GOAL: ZERO ERROR, MAXIMUM PERFORMANCE, AND TRUSTWORTHY AI DC

SECTION 2 · THE FOUR

AI DC 운영에 필요한 네 가지

Four Essentials for AI DC Operations

01	**Data — 수집과 품질** 수집 및 품질 · Data Collection and Quality	**고정밀·고해상도 데이터와 안정 네트워크, 시간 동기화** High-precision data, stable network, time synchronization	표준화 · 네트워크와 NMS · 시간 동기화
02	**Process & Knowledge** 프로세스와 지식화 · Process and Knowledge	**운영 지식의 시스템화와 AI Agent 협업** Systematized knowledge with agent collaboration	지식 표준화 · Agent 표준화 · 관리 체계
03	**AI DC 인프라** 기반 환경 변화 대응 · AI DC Infrastructure	**전력·냉방 설비 대전환과 ms 단위 초연결성 대응** Power and cooling transformation, millisecond-level coupling	전력 · 냉각 · 초연결 제어
04	**운영자의 변화** 데이터로 일하기 · Operators Working with Data	**SRE형 조직과 멀티 센터 통합, 설계 단계부터 참여** SRE-style organization, multi-site operations, design participation	역량 · 역할 · 참여 시점

핵심 목표 지표 — 대형 장애 대응, MTTR 단축, 데이터 수집 99.9%, 시각 오차 ±1μs

Targets — major incident response, MTTR down , 99.9% collection, ±1 μs time accuracy

Data — 모든 운영과 AI 분석의 기반

Data — The Foundation of All Operations and AI Analysis

데이터가 부정확하면 자동화는 빠르게 틀리는 시스템이 됩니다.

With inaccurate data, automation becomes a system that fails quickly.

데이터 품질 표준화

Data quality standardization

현재 Current

벤더마다 이름·단위·주기가 다르고, 수집률과 결측을 측정하는 기준이 없습니다.

Names, units and cadence differ by vendor; no criteria for collection rate or gaps.

제안 Proposed

데이터 리스트와 성능 수치 기준 (속도·정확도·상세도)을 표준화

Standardize the data list and performance criteria

네트워크와 NMS

Network and NMS

현재 Current

텔레메트리가 서비스망과 혼재해 지연이 생기고, 폴링 방식이라 부하도 큽니다.

Telemetry shares the service network, adding latency; polling adds load.

제안 Proposed

L3 Leaf-Spine과 10G 광 기반 이중화 전용 텔레메트리 망, NMS Observability 강화

Redundant L3 Leaf-Spine with 10G optics, stronger NMS observability

시간 동기화

Time synchronization

현재 Current

설비마다 시계가 수십 ms 어긋나 장애의 선후를 판별할 수 없습니다.

Devices drift by tens of milliseconds, making event ordering impossible.

제안 Proposed

NTP/PTP 연동 구조를 계층으로 구축, 자체 시간을 만들지 못하는 설비까지 포함 설계

Establish a hierarchical NTP/PTP integrated architecture

규격이 있어도 망이 없으면 받지 못하고, 받아도 시각 기준이 없으면 쓰지 못합니다.

Formats without a network cannot be received; data without a time base cannot be used.

예시 — 데이터 품질이 자동화의 성패를 가릅니다

Example — Data Quality Decides Whether Automation Survives

① 데이터 품질은 네 가지 방향으로 무너집니다

Data quality degrades in four distinct ways

결측	부정확	불일치	시각 오차
Missing	Inaccurate	Inconsistent	Time drift
수집 누락과 통신 단절	센서 오차와 교정 미실시	벤더별 단위와 주기 상이	설비 간 시계 불일치

어느 하나만 무너져도 그 위의 분석과 자동화는 성립하지 않습니다

If any one of them breaks, the analysis and automation built on top cannot hold

② 예를 들어 시각 오차 하나만으로도

Time drift alone, as one example, is enough

시계 오차 30ms — 30 ms clock error

08:14:32.170	냉각 이상 Cooling
08:14:32.140	전력 스파이크 Power

PTP 동기화 ±1μs — Synchronized to ±1 μs

08:14:32.140	전력 스파이크 Power
08:14:32.152	냉각 이상 Cooling

③ 품질이 무너지면 자동화까지 무너집니다

Broken quality eventually breaks automation itself

분석 Analysis
냉각이 전력을 유발했다고 해석
Reads cooling as the cause

→

학습 Training
뒤집힌 인과로 예측이 반대로 작동
Predictions run backwards

→

자동화 / AI Automation
오탐 반복으로 운영자가 꺼버림
Operators switch it off

특정 항목이 아니라 데이터 품질 전반을 확보해야 자동화가 성립합니다.

Automation holds only when data quality is secured as a whole, not item by item.

TASK 01 | DATA – THE FOUNDATION OF ALL OPERATIONS AND AI ANALYSIS

MISSION: Capture **accurate, synchronized,** and **complete** data in real time so automation and AU can make **the right decisions.**

GOOD DATA = RIGHT DECISIONS

ACCURATE & COMPLETE
Clear visibility,
reliable analysis.

REAL-TIME & STABLE
Detect quickly,
act with confidence.

PERFECT SYNC
One timeline,
one source of truth.

NO DATA = NO STANDARD
↓
NO STANDARD = NO AUTOMATION
↓
NO AUTOMATION = NO CONTROL

BAD / NO DATA = WRONG DECISIONS

MISSING / INACCURATE
If wrong,
wrong decision.

DELAYED / BROKEN
Late detection,
missed actions.

TIME ERROR
Out of sync,
wrong outcomes.

GOOD DATA Capture accurately → **TRUSTED AUTOMATION** Run with confidence → **FASTER RESPONSE** Act in real time → **HIGHER RELIABILITY** Stable, predictable operations

POOR DATA CAUSES FAILURE | **MISSING DATA** Blind spots → **INACCURATE DATA** Wrong decisions → **INCONSISTENT DATA** Conflicting actions → **TIME ERROR** Broken correlation → **AUTOMATION LOSES TRUST, BUSINESS IMPACT**

DATA IS THE FOUNDATION. WITHOUT DATA, THERE IS NO BASIS FOR DECISIONS – AND WE DON'T KNOW WHAT TO DO.

Process & Knowledge — 운영 노하우를 시스템(AI Agent)화한다

Process and Knowledge — Systematizing Operational Know-how

판단 기준이 사람 머릿속에만 있으면 자동화도 AI도 시작할 수 없습니다.

If criteria live only in people's heads, neither automation nor AI can begin.

운영 지식 Operational knowledge "Facts First, LLM Last"	현재 **절차서·이력·도면이 흩어져 있고, 같은 장애에 매번 다르게 대응합니다.** Fragmented operational data leads to inconsistent incident response.	→	제안 **이벤트·메트릭·구성정보(SLD, P&ID)와 운영 매뉴얼 (EOP·SOP·MOP)을 표준 형식으로 지식화** Centralize and standardize operational knowledge for uniform response
판단 집행 Executing judgment "Human in the Loop"	현재 **장애 시 설비 확인, 매뉴얼 조회, 과거 사례 검색에 15~20분이 걸립니다.** Identifying a cause takes 15-20 minutes	→	제안 **기본적인 프로세스는 자동화(AI Agent) 하고 전문가가 최종 조치 결정** Agent-automated workflows with Human-in-the-loop decisions
신뢰 확보 Establishing trust "Step by Step"	현재 **자동 조치의 오탐율을 측정하지 않아 어디까지 자동화 할 지 정할 수 없습니다.** Without measuring false positives, we can't decide how much to automate.	→	제안 **안정적이고 쉬운 것부터 순차 자동화 단계적 확대.** Expand automating the stable and simple cases first

자동화는 만드는 것보다 믿게 만드는 것이 어렵습니다. 신뢰할 수 있는 지표 제시

Trust is harder than building — without measured false positives, automation stalls.

예시 — 자동화는 검증할 수 있는 곳에서 시작합니다

Example — Automation Starts Where You Can Verify It

운영 지식을 Agent로 옮길 때, 무엇부터 시작할지가 성패를 가릅니다.

When moving operational knowledge into agents, where you start decides the outcome.

이벤트 로그(Event Log) 부터

Why the event log is the right starting point

입력을 이미 알고 있습니다

The input is already known

운영자가 매일 읽어온 텍스트입니다.
무엇이 정상이고 무엇이 이상인지 답을 압니다.

Text operators have read every day — they already know the answer

출력도 텍스트입니다

The output is text too

LLM Agent의 답변이 문장으로 나옵니다.
읽는 즉시 맞는지 틀린지 판단할 수 있습니다.

The agent answers in sentences, so correctness is judged on sight

실패해도 위험이 없습니다

Failure carries no risk

설비를 제어하지 않습니다.
틀리면 무시하면 되고, 그 기록이 개선 자료가 됩니다.

It controls nothing; a wrong answer is simply discarded and logged

실제 동작

How it actually runs

이벤트 로그 Event log

CDU-01 SEC_SUPPLY_TEMP HIGH
FLOW_SEC 142 LPM (-11%)
DP_FILTER 0.42 bar (+16%)

→

Agent 답변 Agent response

"필터 막힘으로 판단됩니다. 유량이 11% 낮고 차압이 16% 높습니다.
조건 COOL-CDU-FILTER-001 기준이며, 정비 지시를 제안합니다."

운영자가 한 번 읽고 맞는지 판단합니다

검증이 쉬운 곳에서 신뢰를 쌓은 뒤에야 제어로 넘어갈 수 있습니다.

Only after trust is built where verification is easy can automation move on to control.

TASK 02 | PROCESS & KNOWLEDGE – THE SYSTEM BEHIND SMART OPERATIONS

MISSION: Systematize operational knowledge and collaborate with AI agents so the right actions are executed every time.

1. CAPTURE & SYSTEMATIZE KNOWLEDGE

Capture field experience during operations.

Turn experience into standard playbooks.

2. STANDARD PROCESS

PLAYBOOK

Clear conditions → Standard actions → Repeatable

Consistent, reusable, auditable

3. AI AGENT COLLABORATION

RECOMMEND

EXECUTE & VERIFY

HUMAN APPROVAL

LEARN & IMPROVE

AI suggests, humans decide, systems execute.

Human in the loop, AI in the loop, continuous learning.

EXPERIENCE & KNOWLEDGE

- Field experience
- Lessons learned
- Best practices

OPERATE LIKE AN F1 TEAM

OUTCOME

- Fewer issues
- Faster resolution
- Higher reliability
- Better performance

EXISTING EXPERIENCE & KNOWLEDGE = AUTOMATE THE PROCESS

SYSTEMATIZED KNOWLEDGE → SMARTER DECISIONS → CONSISTENT EXECUTION → LOWER RISK → HIGHER PERFORMANCE

WITHOUT SYSTEMATIZED KNOWLEDGE

Unclear roles, Confusion → Siloed teams, Poor handoffs → Late involvement, More rework → Skills gap, Slow response → Low trust, Blame culture → **HIGHER RISK, SLOWER RESPONSE, POOR OUTCOMES**

SYSTEMATIZE KNOWLEDGE. AUTOMATE THE PROCESS. EMPOWER HUMANS + AI. WIN EVERY RACE.

AI DC 인프라 — 변화에 대응한다

AI DC Infrastructure — Responding to a Changing Foundation

전력과 냉각이 동시에 바뀌고, 초 단위로 맞물립니다.

Power and cooling change together, and now interlock within seconds.

전력 설비

Power infrastructure

HVDC 정류기 · 800VDC 버스바 · BBU · 슈퍼커패시터 · SSCB

HVDC rectifier, 800 VDC busbar, BBU, supercapacitor, solid-state breaker

효율 Efficiency

부하율 · 변환 효율 · 역률

Load factor, conversion efficiency, power factor

안정 Safety (화재)

아크 광신호 · 절연 저항 · 셀 온도와 내부저항

Optical arc, insulation, cell temperature and ESR

냉각 설비

Cooling infrastructure

CDU · 매니폴드 · 콜드플레이트(D2C) · 열교환기 · 리어도어

CDU, manifold, cold plate (D2C), heat exchanger, rear door

효율 Efficiency

접근온도차 · 유량 대비 발열 · 펌프 소비전력

Approach temp, flow per kW, pump power

안정 Safety (누수)

습도 · 압력 · 유량 편차 · 존별 누수 접점

Humidity, pressure, flow deviation, zoned leak sensing

초연결 제어

Coupled control

온도가 오른 뒤 냉방을 증대합니다. 열 전달 지연 탓에 이미 스로틀링이 걸린 뒤입니다.

Cooling increases only after temperature rises — already past the throttling point.

제안 Proposed

파이프라인 최선두 정보(AI Workload)와 랙 전력을 선행 신호로 확보해 선제적 냉방 대응.

Secure AI workload and rack power as the leading signal for pre-emptive cooling.

새로운 설비의 수집 데이터를 정하고, 이를 기반으로 안정적이고 효율적인 서비스를 만들어 갑니다.

Standardizing new equipment telemetry to drive service stability and efficiency

예시 — 초연결성, 열이 오기 전에 식히는 방법

Example — Coupling: Cooling Before the Heat Arrives

전력과 냉각은 이제 별개 설비가 아니라 하나의 사슬입니다.

Power and cooling are no longer separate systems but a single chain.

AI 워크로드 Workload → GPU 전력 GPU power → 전력 계통 Power system → **발열 Heat** → 냉각 대응 Cooling

앞단에서 잡을수록 빠릅니다 Earlier in the chain means faster

두 단계로 넓혀갑니다

Expanding in two stages

1단계 랙 전력 신호

Stage 1 — Rack power signal

신호	rPDU 랙 전력 급변
선행 시간	수 초
고객 협조	불필요

지금 바로 시작할 수 있습니다

2단계 AI 워크로드 신호

Stage 2 — AI workload signal

신호	작업 시작 · 집합통신 구간
선행 시간	수십 초
필요 조건	GPU 텔레메트리 확보

전력이 오르기도 전에 대응할 수 있습니다

감지 Detect
1초 이내

대응 Respond
10초 이내

확보 리드타임 Lead time
10~30초+
AI Workload, 전력 검출 → 냉각수 온도 상승 계측까지

펌프 에너지 Pump energy
절감 여지 有

전력이 오른 뒤 열이 도달하기까지의 지연은 어떤 사양서에도 없습니다. 직접 측정해야만 얻는 값입니다.

The lag from power rise to heat arrival appears in no datasheet — it exists only if measured.

TASK 03 | AI DC INFRASTRUCTURE – BUILT FOR POWER, COOLING, AND MILLISECOND CONNECTIVITY

MISSION: Provide the infrastructure that handles extreme power density, keeps liquid and power safe, and responds in milliseconds.

BUILT FOR EXTREME PERFORMANCE

- **EXTREME POWER DENSITY** — Stable power to win the race
- **ADVANCED COOLING** — Keep in the optimal window
- **MILLISECOND CONNECTIVITY** — Ultra-low latency, precise control
- **SAFETY & RELIABILITY** — Protect power, liquid, and hardware

RUN LIKE A HIGH-PERFORMANCE F1 CAR

Every component connected.
Every millisecond matters.

RISKS IN AI DC

- **POWER FAILURE** — Instant shutdown
- **COOLING FAILURE** — Overheat & throttle
- **LATENCY SPIKE** — Delay & timeout
- **SDC (SILENT DATA CORRUPTION)** — Silent error, wrong results

WHAT IS SDC?

Silent Data Corruption

Data is corrupted silently without any error message.

HOW SDC HAPPENS

Electrical Noise → Overheat → Hardware Fault → Communication Error → Data Corruption

THE IMPACT

Small issue → **Big impact**

Corrupted data → Wrong results → Wasted training → Business loss

AI DC NEEDS

- High-density power architecture
- Advanced liquid cooling system
- Ultra-low latency network
- Real-time monitoring & protection
- Built-in reliability & fault isolation

FAST DETECT → FAST ACT → MINIMIZE IMPACT

- **DETECT** — Real-time monitoring
- **RESPOND** — Milliseconds count
- **PROTECT** — Isolate & recover safely
- **SUSTAIN** — Stable operation, max performance

OUTCOME

- Zero silent data corruption
- Stable, reliable operations
- Max performance
- Lower risk, higher value

IF WE FAIL

Overheat & throttle → Latency spike → SDC (Silent Data Corruption) → Training fails or wrong results → Hours/Days lost Huge business impact

IN AI DC, SMALL ISSUES DON'T STAY SMALL. THEY BECOME BIG FAILURES – FAST.

BUILT FOR EXTREME. CONNECTED IN MILLISECONDS. PROTECTED EVERYWHERE. THAT'S HOW AI DCs WIN.

운영자의 변화 — 설비와 일하기에서 데이터로 일하기로

Operators — From Working with Equipment to Working with Data

설비를 보던 사람이 데이터를 보는 사람으로 바뀌어야 앞의 세 과제가 작동합니다.

The first three tasks only work if operators shift from watching equipment to reading data.

	현재		제안
역량의 전환 Shift in capability	설비 경험 중심의 인력 구성이며, 데이터 분석은 새로운 영역입니다. Staffing focus on equipment experience	→	SRE(Site Reliability Engineer) 형 운영자 데이터를 기반으로 다영한 설비와 시스템을 운영 SRE-driven operators who analyze multi-facility data to optimize operations
새로운 역할 New role(s)	단순 알람 대응 중심 (판단 기준 정의 및 개선 역할 부재) Reactive alarm response	→	멀티 센터 통합 운영, 데이터 처리 시스템의 지속 고도화 unified multi-site operations, and continuously improving systems
참여 시점의 전환 Shift in timing	계측점·배선이 확정된 후 투입되어 설계 변경 불가 Late onboarding at handover	→	설계 단계에서 포인트 리스트 표준화와 네트워크 구조 설계 참여, 구축 단계에서 Commissioning Early engagement from design to commissioning

센터가 늘어도 인력이 비례해 늘지 않으려면, 사람 수가 아니라 사람당 처리량을 늘려야 합니다.

For headcount not to scale with sites, throughput per person must rise instead.

예시 — 데이터로 일하기까지

Example — Working with Data

데이터로 일하면서 실제 설비 운영을 효율화 합니다.

Data-driven intelligence empowering facility operations

일하는 방식 Way of working	설비를 돌며 눈으로 확인 Walking the floor, checking by eye	→	데이터로 판단하고 조건을 설계 Judging by data, designing conditions
사용하는 것 What they use	점검표와 경험, 개인의 기억 Checklists, experience, personal memory	→	조건 레지스트리와 Agent 근거 A condition registry and agent evidence
관할 범위 Scope of coverage	한 센터, 담당 설비군 One site, one equipment group	→	여러 센터를 하나의 화면에서 Multiple sites on a single view

통합 운영이 가능해지는 조건

What makes unified operations possible

같은 규격 — Same schema

센터마다 이름과 단위가 같아야 한 화면에 모입니다

Only identical naming and units can share one view

같은 시간축 — Same time base

서로 다른 센터의 사건을 나란히 놓을 수 있습니다

Events from different sites can be placed side by side

같은 판단 기준 — Same conditions

한 곳에서 만든 조건을 그대로 이식합니다

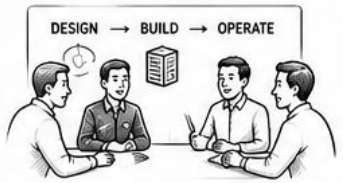
A condition written once is ported everywhere

센터가 늘어도 인력이 비례해 늘지 않으려면, 사람 수가 아니라 사람당 처리량을 늘려야 합니다.

For headcount not to scale with sites, throughput per person must rise instead.

TASK 04 | OPERATORS WORKING WITH DATA – THE HUMAN EDGE IN AI DC OPERATIONS

MISSION: Empower operators with data, skills, and the right role to run safe, fast, and reliable AI data centers.

IN F1 RACING		IN AI DATA CENTER OPERATIONS	
	RIGHT PEOPLE, RIGHT ROLES Clear roles. Everyone knows their part.		**CLEAR ROLES & RESPONSIBILITIES** Define roles & authority. Operate like an SRE team. ✓ Clear roles ✓ 24/7 coverage ✓ Accountability
	DESIGN TO RACE, NOT AFTER THE RACE Join early. Plan together. Better design, fewer surprises.		**JOIN FROM DESIGN STAGE** From design to operation. Design with operability and maintainability in mind. ✓ Early involvement ✓ Operability by design ✓ Fewer issues later
	PRACTICE, REVIEW, KEEP IMPROVING Review every lap. Learn, adapt, improve.		**DATA-DRIVEN IMPROVEMENT** Use data. Review incidents. Improve continuously. ✓ Metrics & dashboards ✓ Post-incident review ✓ Continuous improvement
	WIN AS A TEAM One team, one goal: win the race. Trust, communicate, succeed together.		**ONE TEAM, ONE GOAL** Safe, reliable, efficient AI DC operations. Trust, collaborate, achieve together. ✓ Strong collaboration ✓ Shared goal ✓ Celebrate success

RIGHT PEOPLE Right roles → **RIGHT SKILLS** Data & digital skills → **RIGHT TIME** From design stage → **RIGHT CULTURE** Data-driven & collaborative → **SAFER, FASTER, MORE RELIABLE AI DC**

WITHOUT THE OPERATOR EDGE

Unclear roles, Confusion → Siloed teams, Poor handoffs → Late involvement, More rework → Skills gap, Slow response → Blame culture, Low trust → **HIGHER RISK, SLOWER RESPONSE, POOR OUTCOMES**

같은 문제를 OCP도 표준화 과제로 다루고 있습니다

OCP Is Addressing the Same Problems as Standardization Work

2025년 10월, OCP는 Open Data Center for AI 이니셔티브를 신설해 전력·냉각·기계·관리 텔레메트리를 다루고 있습니다.

In October 2025, OCP launched the Open Data Center for AI initiative covering power, cooling, mechanical and management telemetry.

우리 네 과제와 연결되는 OCP 사양 *OCP specifications tied to our four tasks*

그룹 1

데이터 규격

How data is defined and received

- Hardware Management (Redfish)
- Data Center Telemetry Project
- DCF — Platform Power Telemetry
- Time Appliances Project (TAP)

그룹 2

고장 지식과 자동 대응

Failure knowledge and automated response

- FMEA Workstream
- Leak Detection and Intervention
- HMLC Sub-Project

그룹 3

설비 사양과 커미셔닝

Equipment specifications and commissioning

- Open Rack v3 (ORv3)
- Mt. Diablo / Diablo 400
- Project Deschutes CDU
- OAI Liquid Cooling Guidelines
- CDU Screening & Commissioning

이어지는 세 장에서 각 그룹의 사양이 무엇을 규정하고 어느 과제에 쓰이는지 설명합니다.

The next three slides explain what each specification defines and which task uses it.

SECTION 3 · OCP · GROUP 1

그룹 1. 데이터 규격 — 무엇을, 어떤 이름으로 받을 것인가

Group 1. How Data Is Defined and Received

장비가 바뀌어도 같은 이름으로 데이터를 받게 해 주는 규격들입니다.

Specifications that keep data arriving under the same names even when the equipment changes.

Hardware Management (Redfish)

하드웨어 관리 표준 · DSP0266 / DSP0268 / DSP8010

서버와 랙의 온도·전력을 제조사와 무관하게
같은 이름, 같은 형식으로 읽는 방법

One vendor-neutral way to read temperature and power

인렛 온도와 랙 전력을 한 가지 방식으로 수집

연결 과제 01 의미 모델 · 02 Agent 조회 · 03 설비 계측

Data Center Telemetry Project

수집 항목과 목적 정의

무엇을 왜 수집할지를 정리하고,
운영자용과 고객(테넌트)용으로 구분

Operator: fault detection and PUE · Tenant: workload profiling

센서를 어디에 몇 개 달지 정하는 기준

연결 과제 01 계측 범위 설계

DCF — Platform Power Telemetry

IT 전력 기반 냉각 제어 백서

IT 장비 전력과 시설 데이터를 한곳에 모아
냉각을 제어하는 방법

OCP racks monitor via RMC; traditional racks aggregate in software

랙 전력이 오르면 냉방을 미리 대응하는 경로

연결 과제 01 수집 경로 · 03 초연결 제어

Time Appliances Project (TAP)

데이터센터 시각 동기화

데이터센터 전용 시각 동기화(PTP) 규격과
일반 서버를 시각 기준으로 쓰는 방법

Open Time Server and Time Card turn commodity servers into the time source

모든 로그의 시계를 맞춰 사건의 선후를 확정

연결 과제 01 ±1μs 구축 · 02 인과 분석

SECTION 3 · OCP · GROUP 2

그룹 2. 고장 지식 — 무엇을 보고 어떻게 판단할 것인가

Group 2. Failure Knowledge and Automated Response

고장의 종류와 대응 순서를 이미 정리해 둔 자료들입니다.

Work that has already catalogued the failure modes and the order of response.

FMEA Workstream

액체냉각 고장모드·영향 분석
Failure Mode Effect Analysis

액체냉각에서 생길 수 있는 고장을
유형별로 나누고, 무엇으로 알아채고
어떻게 조치할지까지 목록으로 정리

A clogged filter is detected by falling flow
and rising ΔP, mitigated by replacement

필터 막힘 = 유량 ↓ + 차압 ↑ → 교체
곧 에이전트의 판단 조건이 됩니다

연결 과제 02 조건 목록 03 고장모드

Leak Detection & Intervention

누수 감지와 개입 규격
TCS 범위와 대응 계층

누수를 어디서 감지하고,
누가 어떤 순서로 차단할지를
계층별로 규정

Rack level: CDU to Rack Manager
Row level: CDU directly to BMS

랙 하나면 CDU ↔ Rack Manager
열 전체면 CDU ↔ BMS

연결 과제 02 대응 계층 03 누수 안전

HMLC Sub-Project

액체냉각 Redfish 프로파일
Hardware Management – Liquid Cooling

CDU와 리어도어 같은 냉각 장비를
Redfish로 읽는 규격을
DMTF와 함께 만드는 중

Door HX has a draft; the CDU profile
is still under discussion

CDU 유량·차압을
서버와 같은 방식으로 수집

연결 과제 02 Agent 03 CDU 제어

SECTION 3 · OCP · GROUP 3

그룹 3. 설비 사양 — 정상과 이상을 가르는 숫자

Group 3. Equipment Specifications and Commissioning

판단 기준을 세우려면 숫자가 있어야 합니다. 그 숫자가 여기에 있습니다.

Rules need numbers to stand on — and the numbers are already written here.

Project Deschutes CDU

2MW급 CDU 사양 · Approach temp 3°C

접근온도차 3℃ · 0.2μm 여과 · 펌프 이중화
2MW급 CDU가 지켜야 할 성능 기준

4℃를 넘고 5분 지속되면 이상 — 알람 조건을 숫자로

연결 과제 03 냉각 사양 | 02 판단 임계값

OAI Liquid Cooling Guidelines

액체냉각 운전 기준 · 1.25~2.0 LPM/kW

칩을 식히는 데 필요한 물의 양과 온도 상승 폭 · PG25 기준

100kW 랙이면 150 LPM이 정상 — 적으면 막힘 의심

연결 과제 03 운전 범위 | 02 정상 범위 판단

Open Rack v3 (ORv3)

랙 전력 구조와 관리 컨트롤러

랙 전력을 48V 버스바로 공급하고 RMC가 직접 감시
BBU는 2ms 안에 인계 · 46V 이상 유지

별도 계측기 없이 표준 경로로 랙 전력 수집

연결 과제 01 랙 전력 수집 | 03 전력 아키텍처

Mt. Diablo / Diablo 400

분리형 전력 사이드카 사양

정류를 옆 랙(사이드카)에 모아 ±400·800VDC 공급
100kW ~ 1MW 랙이 대상

기존 변압기·UPS를 유지한 채 열 단위로 증설

연결 과제 03 전력 구조 | 01 아크·절연 계측

CDU Screening & Commissioning

CDU 선정과 시운전 표준화

CDU를 어떻게 고르고 어떻게 시운전할지 절차를 표준화

우리는 이렇게 씁니다
운영자가 설계·시운전부터 참여할 근거

04 커미셔닝 참여
01 데이터 검증

STANDARDS DRIVE PERFORMANCE. OCP POWERS OUR STANDARDIZATION.

EXPAND STANDARDS. SOLVE BIGGER. WIN TOGETHER.

OPEN Compute Project®

SAME CHALLENGES
- Power / Cooling / Latency
- Silent Data Corruption (SDC)
- Operational Complexity

→

OCP INITIATIVE
In Oct 2025, OCP launched
Open Data Center for AI
Covering power, cooling, mechanical & management telemetry.

→

EXPAND STANDARDS
- Use OCP specifications
- Standardize together
- Solve bigger, faster
- Better AI DC for everyone

OCP SPECIFICATIONS TIED TO OUR FOUR TASKS

GROUP 1
DATA STANDARDS
How data is defined and received
- Hardware Management (Redfish)
- Data Center Telemetry Project
- DCF — Platform Power Telemetry
- Time Appliances Project (TAP)

GROUP 2
FAILURE KNOWLEDGE & AUTOMATED RESPONSE
Failure knowledge and automated response
- FMEA Workstream
- Leak Detection and Intervention
- HMLC Sub-Project

GROUP 3
EQUIPMENT SPECS & COMMISSIONING
Equipment specifications and commissioning
- Open Rack v3 (ORv3)
- Mt. Diablo / Diablo 400
- OAI Liquid Cooling Guidelines
- Project Deschutes CDU
  CDU Screening & Commissioning

CONNECTING TO OUR FOUR TASKS

TASK 01 DATA FOUNDATION

TASK 02 PROCESS & KNOWLEDGE

TASK 03 AI DC INFRASTRUCTURE

TASK 04 OPERATORS WITH DATA

STANDARDIZATION IS OUR COMPETITIVE EDGE. OCP IS OUR PLATFORM. TOGETHER, WE WIN.

정리 · In closing

AI DC 운영에 필요한 네 가지를 말씀드렸습니다.

We covered four essentials for AI data center operations.

01	Data	고정밀 데이터와 안정 네트워크, 시간 동기화 Data — precision, stable network, time sync
02	Process & Knowledge	운영 지식을 시스템화(AI Agent) 해 대응 속도를 압축한다 Systematize know-how to compress response
03	AI DC Infrastructure	전력·냉방 대전환과 초연결성에 대응한다 Respond to the power, cooling and coupling shift
04	Operators	설비와 일하기에서 데이터로 일하기로 전환한다 From working with equipment to working with data

네 가지 모두 OCP 안에서 시작할 수 있습니다. 이미 있는 것은 쓰고, 없는 것은 함께 만들면 됩니다.

All four can start inside OCP — adopt what exists, and build together what does not.

용어를 기능 정의 없이 쓰면 안 됩니다

Terminology Without Functional Definition Is a Risk

같은 용어를 발주자와 공급자가 서로 다르게 이해한 채 계약이 진행됩니다.

Buyer and supplier proceed with a contract while reading the same term differently.

DDC/PLC Direct Digital Controller Programmable Logic Controller	공장 장치와 디지털 신호처리에서 출발 Born from factory control and digital signal processing	→	지금은 기능이 유사해졌지만 용어는 남아 있습니다 The functions have converged; the labels remain
BMS / BAS vs EPMS Building Management(Automation) System Electrical Power Management System	건물 환경 제어와 전력 제어에서 각각 출발 Born from building environment control and power control	→	이름에 'Cooling'이 없는 이유가 태생에 있습니다 The absence of "Cooling" in the name traces back to its origin
DCIM Data Center Infrastructure Management	'관리'라는 말에 무엇이 포함되는지 규정이 없음 No standard defines what "Management" actually covers	→	발주자와 공급자가 서로 다른 것을 상상합니다 Buyer and vendor each picture something different

예시 — DCIM을 세부 기능으로 정의하면 (당신의 DCIM은?)

Example — defining DCIM as detailed sub-functions

자산 추적 Asset Tracking	케이블 관리 Cable Management	전력·PUE 모니터링 Power & PUE Monitoring	열 매핑 Thermal Mapping	용량 계획 Capacity Planning	변경 관리 Change Management

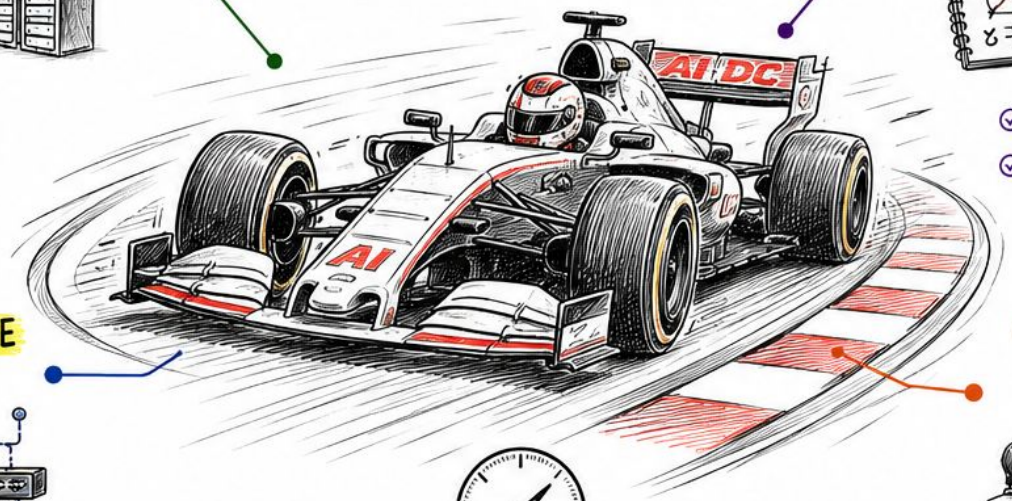
제품명이 아니라 기능으로 이야기해야 하고, 그 정의는 개발 계획 단계에서 이루어져야 합니다.

Discussion must center on function, not product names — and that definition belongs to the planning stage.

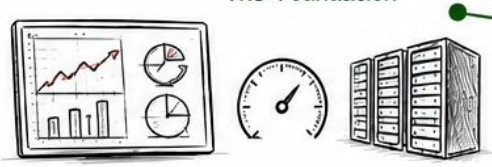
THE FOUR ESSENTIALS FOR AI DATA CENTER OPERATIONS

MISSION: Build a **safe, fast, reliable, and efficient** AI data center through data, knowledge, infrastructure, and empowered operators working together.

LIKE AN F1 CAR,
AI DATA CENTER OPERATIONS WIN
WHEN ALL FOUR WORK TOGETHER.

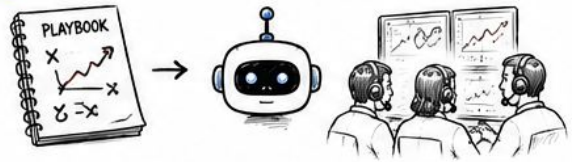


01 DATA
The Foundation



- High-quality, synchronized data in **real time.**
- Accurate telemetry, complete visibility.

02 PROCESS & KNOWLEDGE
The Brain



- Systematized knowledge and playbooks.
- AI agent collaboration for **faster decisions.**

03 AI DC INFRASTRUCTURE
The Body

- Power, cooling, and connectivity built for **extreme density.**
- Millisecond-level response, maximum reliability.

PERFORMANCE AT EVERY MOMENT

04 OPERATORS
The Driver

- Empowered operators working with **data, together.**
- right actions.
- Right people, right time, right actions.

WHEN THE FOUR WORK TOGETHER →

SAFE
Protect people, assets, and services

+

FAST
Detect earlier, respond in seconds

+

RELIABLE
Consistent operations, high availability

+

EFFICIENT
Optimal performance, lower cost

→

MAXIMIZE VALUE
SUSTAINABLE AI DATA CENTER OPERATIONS