

IT 인프라 아키텍처 설계

데이터센터 전력 · 냉각 · 물리 인프라 · BCP

Session 1 · Day 1 — TA의 데이터센터 전권

Tier 표준 · 전력 토폴로지 · UPS · 디젤발전기 · CRAC · Liquid Cooling · 랙 · 케이블링 · 물리 보안 · 화재진압 · BCP

강사 박수현 ·  젠아이랩스(GenAI Labs)

데이터센터 · 서버·OS·DB·GPU · 가상화·컨테이너 · 네트워크 L1~L7 · 스토리지 · 백업·DR · 보안 6대 도메인 · HA · 용량·성능·관찰성 · 설계 워크숍 · RFP · 5종 실전 케이스

데이터센터가 멈추면 무엇이 멈추는가 — 국내 3대 사례

🔥 ① SK C&C 판교 DC 화재

2022.10.15 (토)

배터리실 화재 → 카카오톡·다음·카카오페이 약 127시간 장애 (역대 최장 메신저 장애).

- 화재 원인: 리튬이온 UPS 배터리
- 영향: 카카오 자회사 다수
- 사회 파장: 「카카오 먹통 보상」 국정감사·법안

💡 교훈 — DR 사이트 분리·BCP 시험·UPS 배터리실 별도 구획

참고: 「2022 판교 데이터센터 화재」 검색

🔥 ② KT 아현 통신구 화재

2018.11.24 (토)

서울 서대문구 아현지사 통신구 화재 → 강북·은평·마포·중구 KT 유·무선 마비 (최대 1주일).

- 119·112 전화·결제·POS·ATM 중단
- 카드 결제 불가 → 자영업자 피해
- 통신 3사 의무 「우회 회선」 강화

💡 교훈 — 통신구 이중화·우회 경로·BCP 통신망 다중화

참고: 「KT 아현화재」 검색

🔥 ③ 국가정보자원관리원 대전 화재

2025.09.26 (금)

대전 본원 전산실 화재 → 정부 시스템 709개 마비 (당초 647개 → 정정). 모바일 신분증·국민신문고·우체국 금융 등.

- 배터리 이설 작업 중 일부 전원 미차단
- 노후 인프라 (2005년 건립·구 KT 건물)
- 배터리·서버 미분리 공간
- 4주+ 복구 (대구 센터로 96개 이전)

💡 교훈 — 노후 DC 점검·배터리실 분리·DR 사이트 사전 준비

참고: 위키백과 「2025년 국가정보자원관리원 화재」

📌 이번 세션의 시각 — 위 3건은 모두 「Tier 등급 미달」「BCP·DR 시험 누락」「우회 경로 부재」가 공통 원인. TA가 결정해야 할 5축(전력·냉각·상면·보안·BCP)을 한 번에 다룬다.



Session 1 · Day 1 — TA의 데이터센터 전권

Session 1 — 회차 메타데이터

세션 정보

- **회차:** 1 / 15 — 데이터센터 전권
- **소속:** Day 1 — IT 인프라 큰 그림 + 서버·NW 기초
- **카테고리:** 인프라 도메인 ① (데이터센터·전력·냉각·물리)
- **예상 분량:** 본문 56 슬라이드 + 이미지 12장
- **강의 시간:** 약 90~120분
- **강사:** 박수현 — 젠아이랩스(GenAI Labs) **CEO / CTO**

핵심 메시지

데이터센터는 **건물**이다 — **전력·냉각·상면·보안·BCP** 5축이 무너지면 어떤 서버도 살릴 수 없다.

학습 목표 (Learning Objectives)

1. **DC 분류·Tier** — Enterprise·Colo·Edge·Hyperscale + Uptime Tier I~IV의 차이와 가용성 수치를 설명한다
2. **전력 토폴로지** — 한전 2회선·ATS·UPS·디젤발전기·PDU·A/B 이중화의 전체 경로를 그릴 수 있다
3. **냉각 설계** — CRAC/CRAH·In-Row·Containment·Free Cooling·Liquid Cooling의 장단점을 비교한다
4. **상면·랙·케이블링** — 면적·하중·랙·ToR vs EoR·구조화 배선을 산정·표준화할 수 있다
5. **물리 보안·화재** — 출입통제·CCTV·맨트랩·FM-200·VESDA의 결정 포인트를 안다
6. **현장 환경·BCP** — 풍하중·낙뢰·접지·KS/IEC 표준·환경시험성적서·정전 BCP를 점검할 수 있다

본 세션의 지도 — 8개 PART · 56 슬라이드

Part A~D (전반부 · 약 60분)

- **A. 데이터센터 큰 그림** — 분류·Tier·5대 영역
- **B. 전력 인프라** — 한전·UPS·발전기·ATS·PDU·이중화
- **C. 냉각 인프라** — CRAC·In-Row·Containment·Free·Liquid
- **D. 상면·랙·케이블링** — 면적·하중·42U·ToR/EoR·배선

Part E~H (후반부 · 약 70분)

- **E. 물리 보안** — 출입통제·CCTV·맨트랩·무인경비
- **F. 화재 진압·VESDA** — FM-200·Inergen·Novec-1230·CO2
- **G. 현장 환경·표준** — 풍하중·낙뢰·접지·KS/IEC·KOLAS
- **H. 운영·BCP·산출물** — DCIM·PUE·체크리스트·TA 결정

PART A

데이터센터 큰 그림 — *분류 · Tier · 5대 영역*

"데이터센터는 서버를 두는 방이 아니라 전력·냉각·보안의 통합 시설이다."

데이터센터란 — 일반 서버실과 무엇이 다른가 (5대 영역)

① 전력 인프라

- 일반 서버실 — 상용 전원 1계통. 정전 시 서비스 중단.
- 데이터센터 — 이중 전력 인입(Dual Feed) + UPS + 비상 발전기 + ATS(자동 절체 장치). 정전이 발생해도 서비스가 계속 유지되도록 설계.

② 냉각 인프라

- 일반 서버실 — 일반 에어컨.
- 데이터센터 — CRAC·CRAH·수냉식·외기 냉방(Free Cooling). 수백~수천 대 서버의 열을 지속적으로 제거.

③ 네트워크 인프라

- 일반 서버실 — 인터넷 회선 1~2개.
- 데이터센터 — 다수 통신사 회선 + 백본 연결 + MMR(Meet-Me Room). 회선 장애가 발생해도 통신 유지.

④ 물리 보안

- 일반 서버실 — 출입문 잠금 수준.
- 데이터센터 — 출입카드 + 생체인증 + CCTV + 24시간 관제. 일반 사무실보다 훨씬 강한 보안 수준.

⑤ 재해 대응

- 일반 서버실 — 소화기 수준.
- 데이터센터 — 가스 소화설비 + 누수 감지 + 지진 대응 + 재난 복구 체계. 시설 자체가 재난 상황을 고려하여 설계.

핵심 — 5축 (Power · Cooling · Space · Network · Security/BCP) 이 중 하나라도 결함이 있으면 데이터센터의 가치를 상실한다.

데이터센터의 정량 지표 — PUE · 바닥 하중 · 천장 높이

PUE (Power Usage Effectiveness)

- 공식 — $PUE = \frac{\text{전체 시설 전력}}{\text{IT 장비 전력}}$
- 이상 1.0, 하이퍼스케일 1.1~1.3, 신규 IDC 1.2~1.5, 기존 IDC 1.5~2.0
- 목표 표현 정정 — "1.4 이하 목표" 보다는 「최근 데이터센터는 PUE 1.2~1.5 수준을 목표」가 정확.
- 이후 PART C(냉각)에서 상세 다룸.

바닥 하중 (Floor Load)

- 일반 사무실 300 kg/m² → IDC 부적합
- 데이터센터 750~1,500 kg/m²
- 풀랙 1대 무게 500~1,500 kg
- 특히 GPU 서버 · 스토리지 · HCI 노드는 매우 무거움 → 신규 도입 시 반드시 사전 산정

천장 높이 — 3.5~4.5m

- 단순히 "Hot Aisle 환기" 때문이 아니라 여러 설비가 천장 위 공간을 공유하기 때문.
- 필요한 공간:
- 케이블 트레이 (강전·약전 분리)
- 공조 설비 (덕트·환기구)
- 소방 설비 (스프링클러·VESDA·가스 노즐)
- Hot/Cold Aisle Containment 격벽
- 유지보수 작업 공간

데이터센터의 5대 영역 (요약)

1. 전력 (Power) — 한전 수전·변압기·UPS·배터리·발전기·PDU
2. 냉각 (Cooling) — CRAC·CRAH·항온항습·수냉·외기 냉방
3. 상면 (Space) — 랙·케이블링·면적·바닥 하중
4. 네트워크 (Network) — 통신사 회선·MMR·코어 스위치·백본
5. 보안 + BCP — 출입 통제·CCTV·화재 대응·DR·BCP

데이터센터 4대 분류 — 규모·운영주체별

Enterprise DC (자가)

- **운영주체:** 기업 직접 운영
- **규모:** 100~1,000랙
- **사례:** 통신사·금융 본사·정부 통합전산센터
- **TCO:** 초기 CapEx 매우 큼, 장기 운영비 유리
- **통제력:** 최고

Colocation (상면 임대)

- **운영주체:** IDC 사업자 (KT·LGU+·SK)
- **규모:** 1/4랙 ~ 풀랙 단위 임대
- **사례:** 대다수 중견 기업 IT 인프라
- **TCO:** 월 임대료 + kWh 전기료
- **통제력:** 중간 (서버까지만 입주사 권한)

Edge DC

- **운영주체:** 통신사·CDN·5G MEC
- **규모:** 1~20랙, 분산 배치
- **사례:** 자율주행·실시간 영상·IoT 게이트웨이
- **목적:** 저지연 (10ms 이내)
- **위치:** 도시 거점·통신사 국사

Hyperscale DC

- **운영주체:** AWS·Azure·GCP·NCP
- **규모:** 10,000~100,000랙
- **사례:** 클라우드 리전·AI 학습 클러스터
- **특이성:** PUE 1.1대·OCP·수냉 도입 선도
- **건설:** 부지·전력 계약 단위 GW

Tier 표준 — *Uptime Institute Tier I~IV*

Uptime Institute 표준

- 세계 표준 데이터센터 등급 인증
- **TIA-942**와 유사하지만 별도 체계
- 4단계: **Tier I → II → III → IV**
- 각 등급은 **누적 요건** (상위는 하위 요건 모두 포함)
- 인증: **Tier Certification of Design Documents (TCDD) + Constructed Facility (TCCF)**

평가 축

1. 이중화 (**$N+1$** · **$2N$**)
2. 동시 유지보수 가능성 (**Concurrently Maintainable**)
3. 장애 허용성 (**Fault Tolerance**)
4. 인증 다운타임 (**Annual Downtime**)

한국 현황

- 상용 IDC 대부분 = **Tier III 또는 동등 수준**
- Tier IV = **금융·국방·통신 코어** 일부
- 공공 통합전산센터 = Tier III 수준 (대전 본원·광주)
- 신축 IDC는 **Tier III Constructed** 인증 추진 추세

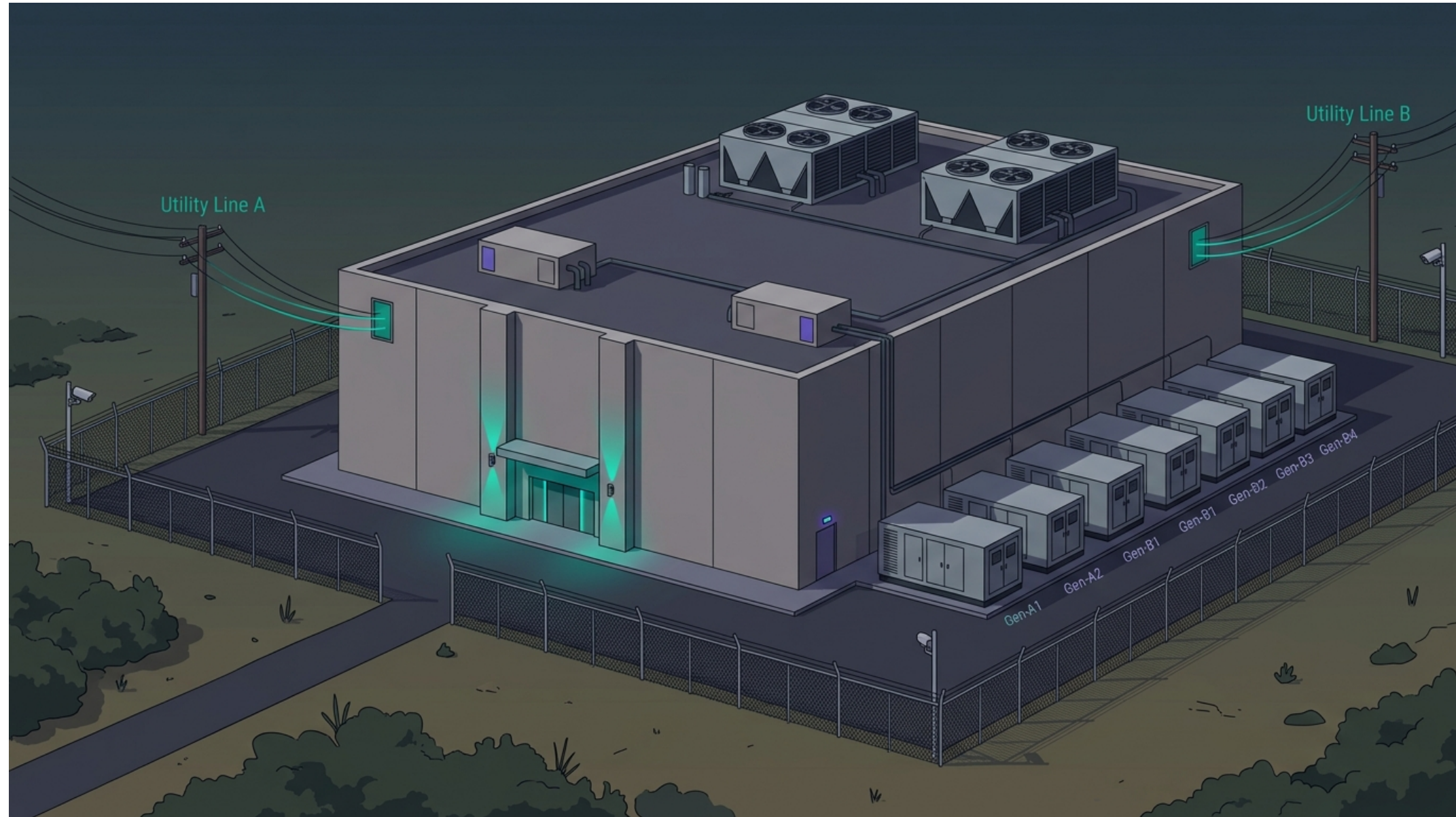
TA의 확인 항목

- 공식 인증서 vs "Tier III 동등"이라는 마케팅 문구
- 전원·냉각·NW 인입 경로 수
- 동시 유지보수 시 **실제 가용 잔여 용량**

Tier I·II·III·IV — 완전 매트릭스

등급	가용성	연간 다운	이중화	핵심 특성	일반 용도
Tier I	99.671%	약 28.8시간	단일 경로 (N)	점검 시 전체 중단	소형 사무실·실험실
Tier II	99.741%	약 22시간	부분 이중화 (N+1)	점검 시 일부 중단	중소 사이트·연구실
Tier III	99.982%	약 1.6시간	N+1 (모든 컴포넌트)	동시 유지보수 가능	대부분 기업 IDC (표준)
Tier IV	99.995%	약 26.3분	2N 또는 2(N+1)	완전 장애 허용 (FT)	금융·국방·통신 코어

TA의 의사결정 가이드: 기업·공공 표준은 Tier III. Tier IV는 비용이 1.5~2배이며, 99.995%가 정말 필요한 워크로드(증권 매매·결제망·국방 C4I)에만 정당화.



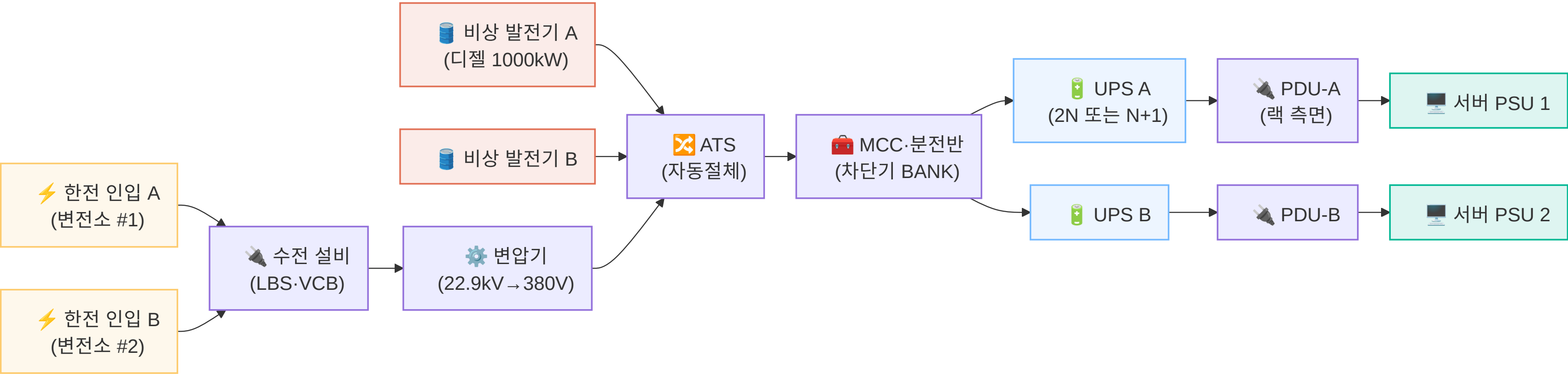
Tier IV급 데이터센터 외관 (삽화)

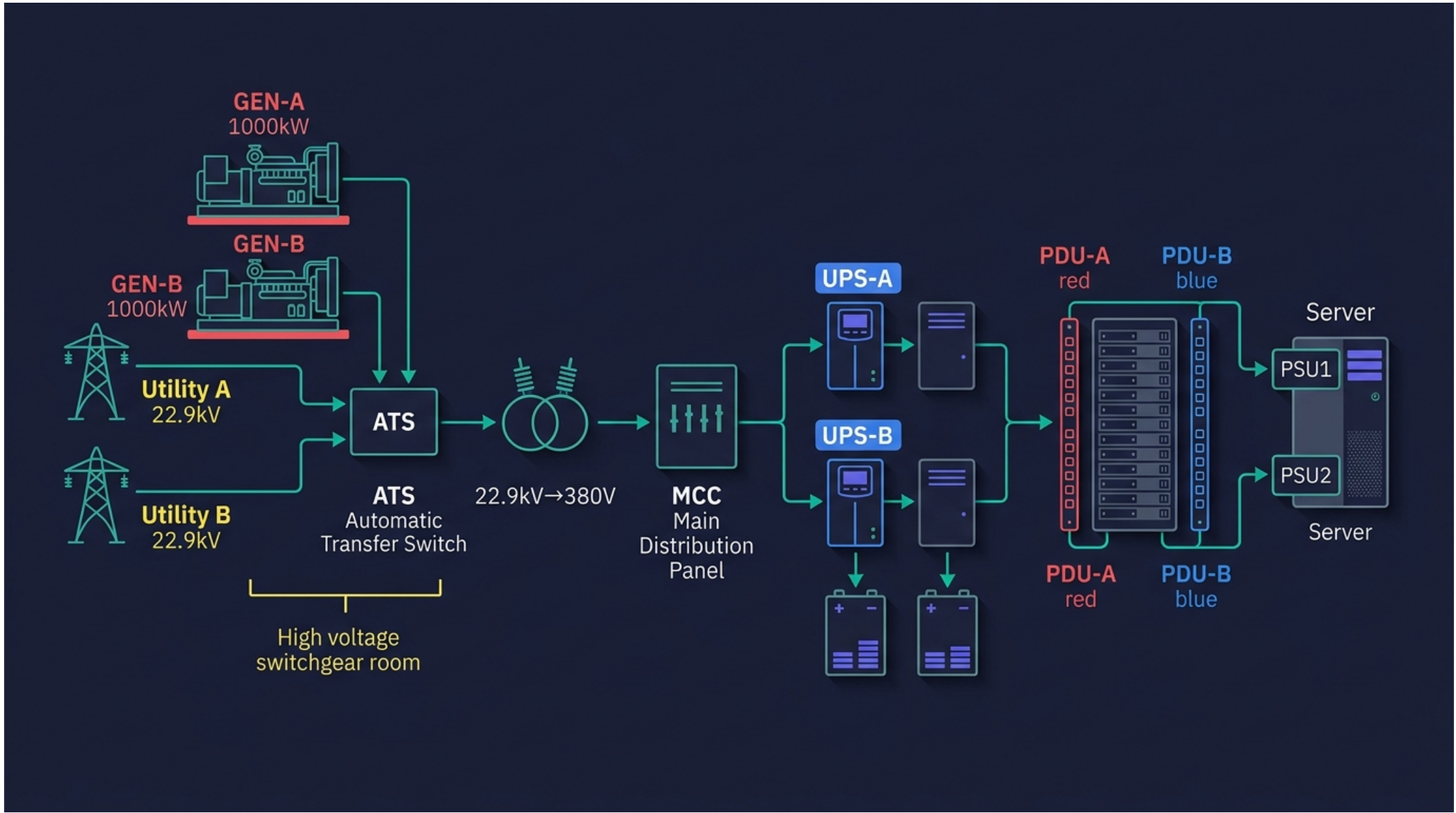
PART B

전력 인프라 — 무중단이 설계의 출발점

전력은 단일 장애점이 가장 많고, 장애 시 모든 IT 인프라가 즉시 정지하는 영역.

전력 전체 경로 — 한전 → 서버 PSU





전력 토폴로지 (삽화)

UPS (Uninterruptible Power Supply) — 분 단위 전원 보전

정의·역할

- 정전 시 즉시 배터리로 전환 (0~10ms)
- 가동 지속: **5~30분** (통상 15분)
- 역할: 발전기 기동까지의 공백 보전
- 또한 전원 품질 안정화:
 - 전압 sag/swell 보정
 - 고조파 (Harmonic) 필터링
 - 노이즈·서지 흡수
- IT 부하의 **약 1.3배** 용량으로 산정 (효율 마진)

UPS 구성

- 정류기 (Rectifier) — AC → DC 변환
- 인버터 (Inverter) — DC → AC 재변환
- 배터리 — 정전 시 DC 공급
- 바이패스 (Bypass) — UPS 고장 시 상용 직결
- 모니터링 — SNMP·Modbus·BMS 연동

용량 단위: **kVA**(피상전력)·**kW**(유효전력). 역률 0.8~1.0 적용.

UPS 3종 — *Online · Line-Interactive · Standby*

종류	절체 시간	보호 수준	효율	가격	용도
Standby (Offline)	4~10ms	정전만	95~98%	저가	소형 PC·홈 NAS
Line-Interactive	2~4ms	정전 + 전압 sag/swell	90~95%	중가	소형 서버실·SOHO
Online (Double Conversion)	0ms	모든 전원 이상	88~94%	고가	DC·금융·의료 표준

Online UPS 동작

- 평시에도 정류 → 인버터 항상 동작
- 부하는 항상 인버터 출력 사용
- 정전 시 절체 없이 배터리 → 인버터
- 완전한 절연 — 모든 입력 이상 차단
- 에코 모드 가능 — 평시 바이패스로 효율 ↑

DC급 표준

- Online + N+1 또는 2N 이중화
- 용량 100~500 kVA 모듈 다수 병렬
- 모듈러 UPS (Hot-swap) 추세
- 대표 벤더: Schneider (APC) · Vertiv (Liebert) · ABB · Eaton · Riello · Fuji
- 국산: LG·동아일렉콤·삼화EOC

디젤 발전기 — 시간 단위 장기 전원

디젤 발전기 (Diesel Generator)

- **연료:** 경유 (Diesel) — 가장 흔함
- **기동 시간:** 10~30초 (Cold Start)
- **운전 지속:** 연료 탱크에 따라 **24~72시간**
- 옥상·지하·옥외 별도 설치
- 1MW 디젤 발전기 = 시간당 약 **200~250 리터** 소모
- 연료 탱크: 옥외 매설 또는 옥상 day tank

환경 영향

- **배기·매연** — 도심 IDC에서 민감
- **소음** — 80~95 dB → 방음 격실 (Acoustic Enclosure)
- **진동** — 방진 패드·격실

대체·보조

- **가스 터빈 발전기** — 도심 IDC (LNG 연료, 소음 낮음)
- **연료전지 (Bloom Energy)** — Hyperscale 도입 사례
- **이중연료 (Bi-fuel)** — 경유 + LNG

TA의 운영 점검

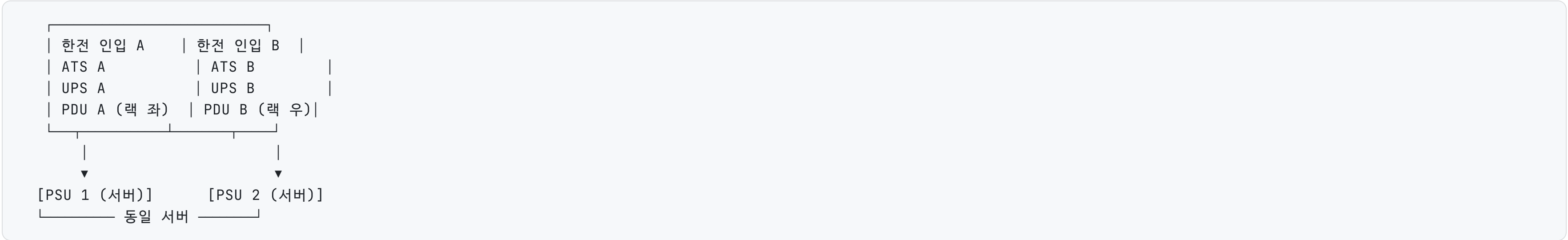
- **월 1회 무부하 시험 (Auto-Start)**
- **분기 1회 부하 시험 (실제 전환)**
- **연료 잔량 점검** — 항상 70% 이상
- **윤활유·냉각수·배터리** 정기 교체
- **연료 장기 보관 (1년+) 부적합** — 산화·미생물

TA의 실수 사례: 정전 발생 → 발전기 자동 기동 실패 → 원인은 배터리 방전. 발전기 시동 배터리도 UPS 못지않게 중요.



UPS·발전기 룸 (삽화)

A/B 이중 전원 — 모든 단일 장애점을 두 계통으로



올바른 A/B 구성

- 서버는 **2개의 PSU** 보유 (1+1 Redundant)
- PSU 1 → PDU A → UPS A → ATS A → 한전 A
- PSU 2 → PDU B → UPS B → ATS B → 한전 B
- **어느 한 쪽 계통이 완전 다운**해도 무중단
- 네트워크 장비도 동일 원칙 (이중 전원)

흔한 실수

- 서버 PSU 2개를 **동일 PDU**에 연결 → A/B 의미 상실
- 한전 A·B를 동일 변전소에서 인입 → 변전소 장애 시 동시 정전
- UPS 1대로 A/B 모두 공급 → UPS 장애 시 동시 정전
- 발전기 1대만 → 발전기 시동 실패 시 전면 정전
- **단일 전원** 서버 (1 PSU) 사용 시 외부 ATS·STS 필요

전력 산정 — 현장 공식과 단위

기본 공식

- $W = V \times A \times \text{역률 (PF)}$
- $kVA \times PF = kW$ (역률 0.8~0.95)
- $kWh = kW \times \text{시간 (전기료 단위)}$
- $BTU/h = W \times 3.412$ (열량 변환)
- 단상 **220V 30A** = 6.6 kVA (한국 일반)
- 3상 **380V 30A** = 19.7 kVA

한국 전기 요금 (산업용 갑1·2025년 기준)

- 계약 전력 기본료 + 사용량 요금
- 고압 A 선택 II: kWh 약 130~180원
- 심야 vs 주간 요금 차이 큼 (3~5배)

산정 사례 (1랙)

1U 서버 400W × 20대 = 8,000 W = 8 kW
스위치 200W × 2대 = 400 W
2U 서버 600W × 5대 = 3,000 W
KVM 50W × 1대 = 50 W

랙 소비 전력 = 11.45 kW

전류 (3상 380V, PF 0.9):
 $I = 11,450 / (380 \times \sqrt{3} \times 0.9)$
≈ 19.3 A

PDU 정격 32A 선정 (80% 룰)
연 전기료 = 11.45 × 24 × 365 × 150원
≈ 1,500만원/년

현장 감각: 11~12 kW 랙 1구 연 전기료 약 1,500만원. IDC 임대료(랙 200만/월)와 거의 동일 규모.

PART C

냉각 인프라 — 전력 = 열, 1:1 변환

서버가 소비한 1kW는 모두 열로 배출. 데이터센터는 본질적으로 열관리 시설.

냉각의 본질 — $1W \text{ 전력} = 3.412 \text{ BTU/h 발열}$

열역학 1법칙

- 에너지 보존: 입력 전력 = 출력 (열)
- $1W = 3.412 \text{ BTU/h} = 0.86 \text{ kcal/h}$
- 11 kW 랙 → **37,500 BTU/h** 냉각 필요
- 1톤(RT) = 12,000 BTU/h $\approx$ 3.5 kW

항온항습 기준 (ASHRAE TC 9.9)

- 권장 (Recommended): 18~27°C / 40~60% RH
- 허용 (Allowable A1): 15~32°C / 20~80% RH
- 결로점 (Dew Point) 9~15°C
- IDC 일반: **22~24°C / 45~55% RH**

냉각 사이클 (Vapor Compression)

1. **Evaporator (증발기)** — 실내 열 흡수
2. **Compressor (압축기)** — 압축·온도 ↑
3. **Condenser (응축기)** — 옥외 방열
4. **Expansion Valve** — 팽창·온도 ↓
5. → 다시 Evaporator

냉매

- R-410A·R-134a·R-407C (HFC)
- **R-1234ze·R-32** (저GWP, 2024+ 추세)

CRAC vs CRAH — 전산실용 항온항습기 2종

❄️ CRAC (Computer Room AC)

- **Direct Expansion (DX)** — 자체 압축기 보유
- 냉매 사이클을 CRAC 단독으로 완결
- 옥외 응축기 (Condenser) 짝
- 설치 간편 (소규모·중규모 IDC)
- 효율 중간 (PUE 1.4~1.8)
- 단가 저렴·고장 1대 영향 국한
- 대표: **Liebert (Vertiv)·Stulz·Schneider Uniflair**

💧 CRAH (Computer Room Air Handler)

- **냉수 코일 (Chilled Water Coil)** — 중앙 칠러에서 냉수 공급
- 옥상·옥외 **칠러 + 펌프 + 배관**과 함께 운영
- 대형 IDC 표준 (수십~수백 랙)
- 효율 우수 (PUE 1.2~1.4)
- 칠러 1대로 다수 CRAH 운영
- 단가 비쌈·설치 복잡 (배관)
- 대표: **Trane·Carrier·York·LG·삼성**

TA의 선택 기준: 50랙 미만 = CRAC, 50랙 이상·대형 IDC = CRAH + 중앙 칠러.

Hot/Cold Aisle Containment — 공기 분리

기본 원리

- **Cold Aisle:** 랙 정면, 차가운 공기 흡입 (22°C)
- **Hot Aisle:** 랙 뒷면, 뜨거운 공기 배출 (35~40°C)
- **Containment:** 양쪽 공기를 물리적으로 분리
- 천장 격벽·문·바닥 격리로 혼합 방지
- 효율 20~40% 향상 (PUE ↓)

2가지 방식

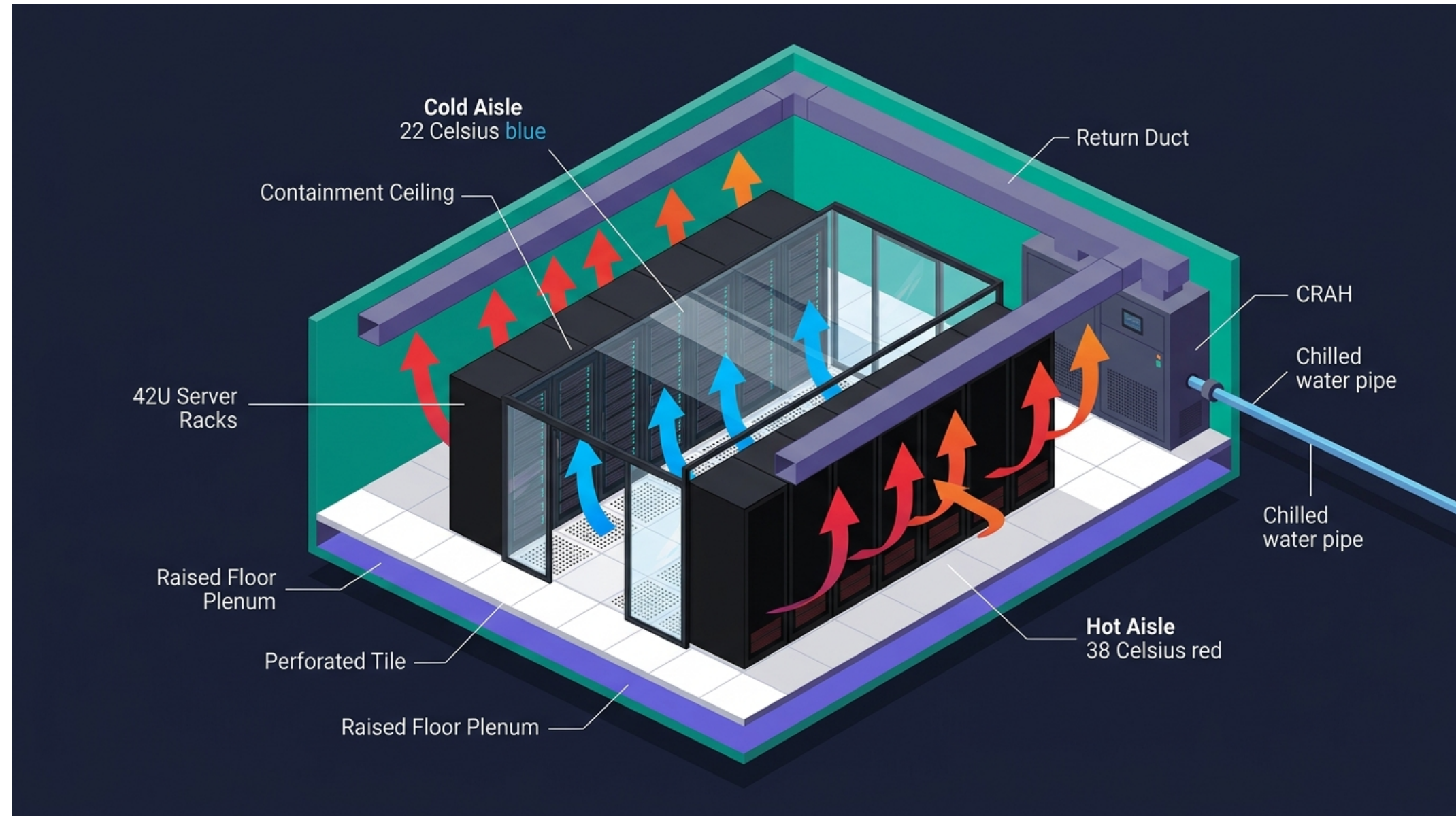
- **Cold Aisle Containment** — 차가운 공기 영역을 막음
- **Hot Aisle Containment** — 뜨거운 공기 영역을 막음 (더 효율적)

Containment 없는 경우

- 차가운 공기가 천장으로 새어 Hot Aisle 진입
- CRAC가 차가운 공기와 뜨거운 공기 혼합 흡입
- 냉각 효율 저하 → 전력 낭비
- 일부 랙에서 **Hot Spot** 발생

발열 등급별 권장

- 저밀도 (3~5 kW/랙): CRAC만으로 충분
- 중밀도 (5~15 kW): Containment 권장
- 고밀도 (15~30 kW): In-Row + Containment
- 초고밀도 (30 kW+): Liquid (D2C·Immersion)



Cold/Hot Aisle Containment 단면도 (삽화)

Liquid Cooling — AI·HPC 시대의 표준

Direct-to-Chip (D2C)

- CPU·GPU 다이 위에 **콜드 플레이트** 부착
- 냉각수 (보통 PG 25%·DI Water)가 순환
- 80~90% 열을 액체로 제거
- 나머지 공기 냉각
- 랙당 **50~150 kW** 처리
- **CDU (Coolant Distribution Unit)** 필요
- 대표: NVIDIA HGX H100/B200 표준

Immersion (침지)

- 서버 전체를 **유전체 액체**에 침지
- Single-phase (광물유)·Two-phase (3M Novec)
- 80% 이상 전력 절감 (팬 제거)
- 랙당 **100~200 kW**
- 인프라 (탱크·펌프)·작업성 (장갑) 부담

TA의 결정 포인트

- **AI 학습 클러스터** = Liquid Cooling 필수
- **추론 (Inference)** = 공랭 + Rear Door 충분
- **신규 IDC**: D2C-Ready 배관 사전 설계
- **기존 IDC**: D2C 후순위 (배관·CDU 추가)
- 냉각수 온도 30~40°C (Warm Water Cooling) → 외기 자연 냉각 가능

단가

- D2C 시스템: 랙당 1~3억 (기존 대비 2~3배)
- 운영비: 전력 절감으로 회수

2026년 추세: NVIDIA Blackwell (B200) 800W·1000W TDP → 공랭 불가, D2C 필수.

PUE (Power Usage Effectiveness) — 데이터센터 효율 지표

PUE 정의

PUE = $\frac{\text{데이터센터 전체 전력}}{\text{IT 장비 전력}}$

PUE 1.0 = 모든 전력이 IT에만 (이상)
PUE 2.0 = IT가 절반, 나머지는 냉각·조명

등급

- 1.0~1.2: 최우수 (Hyperscale)
- 1.2~1.5: 우수 (신규 IDC 평균)
- 1.5~2.0: 보통 (기존 IDC)
- 2.0+: 개선 필요

글로벌 평균

- Google·Meta: PUE 1.10~1.12
- AWS·Azure: PUE 1.15~1.25
- Equinix 평균: 1.48
- 한국 IDC 평균: 1.5~1.7
- 네이버 각: 1.09 (한국 최저 수준)
- 2030 EU 규제: 신축 PUE 1.3 이하

PUE 개선 수단

- Free Cooling
- Containment
- Liquid Cooling
- 고효율 UPS (Eco Mode)
- 외기 ASHRAE A2~A4 확대

PART D

상면·랙·케이블링 — 공간과 배선의 표준

상면 설계가 잘못되면 확장이 막히고, 케이블 표준이 없으면 운영이 무너진다.

상면 설계 — 면적·하중·천장·진동

면적 산정

- 랙 1구당 면적: 통로 포함 약 **3~5 m²**
- 200랙 IDC = 600~1,000 m² 상면 + 30% (전기실·UPS·CRAC) → 약 1,300 m²
- 확장 마진 30~50% 권장
- 천장 높이 **3.5~4.5 m** (Hot Aisle 환기)
- 이중 바닥 **60~100 cm**

바닥 하중 (Floor Load)

- 일반 사무실: 300 kg/m² → IDC 부적합
- 데이터센터: **750~1,500 kg/m²**
- 풀랙 무게 500~700 kg + 통로 3 m² → ≈ 200 kg/m² (장비)
- 안전계수 2~3 고려

진동·내진

- 내진 설계 등급 II 이상 (특등급 = 1,000년 빈도)
- 랙 베이스 **앵커 볼팅** 또는 진동 격리
- 진동 한계: **0.5G 이하** (지진계 측정)
- 회전 장비 (CRAC·UPS) 진동 격리

누수 감지·방수

- 누수 감지 케이블 — 바닥 아래·CRAC 주변
- 배관은 **상면 위로** 통과 금지
- 칠러 누수 시 자동 차단 밸브

환기·정전기

- 정전기 방지 바닥재 (ESD)
- 양압 유지 (외부 먼지 유입 방지)

랙 — 19인치 EIA-310 표준

표준 치수

- **EIA-310-D** — 국제 표준
- 폭: **19인치 (482.6mm)** — 마운트 레일
- 깊이: 600·800·1000·**1200 mm** (서버 깊이에 맞춤)
- 높이 단위: **U** (1U = 44.45 mm = 1.75인치)
- 일반 사이즈: **42U** (1991 mm)·48U·52U
- 풀랙 무게: 빈 랙 약 100 kg + 장비 500~700 kg

한국 KS 표준

- **KS C 0806** — 19인치 랙
- **EIA-310**과 호환

랙 종류

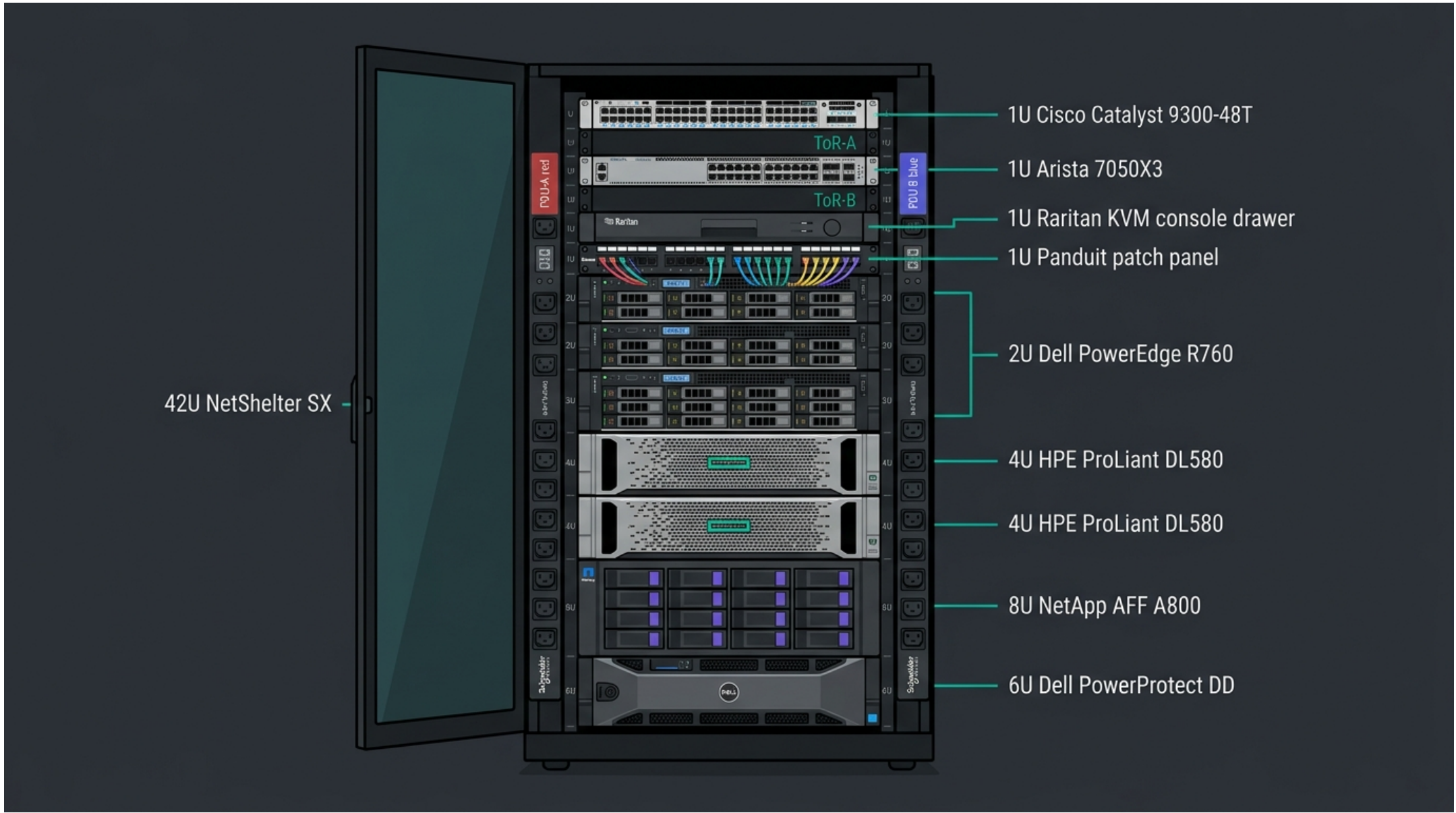
- **서버랙** — 통풍구·깊이 1000~1200 mm
- **NW랙** — 깊이 600~800 mm·HING 케이블 매니저 다수
- **전력랙·UPS랙** — 보강 프레임·하중 ↑
- **사운드 랙 (Soundproof)** — 사무실 설치용

출입·잠금

- **전후 도어** — 통풍 70% 이상 개구
- **사이드 패널** — 케이블 정리
- **전자식 잠금** (NFC·RFID)·감사 로그

통풍

- 도어 통풍구 60~70% 개구율
- 블랭킹 패널로 빈 U 막기



랙 배치도 — 42U + Hot/Cold (삽화)

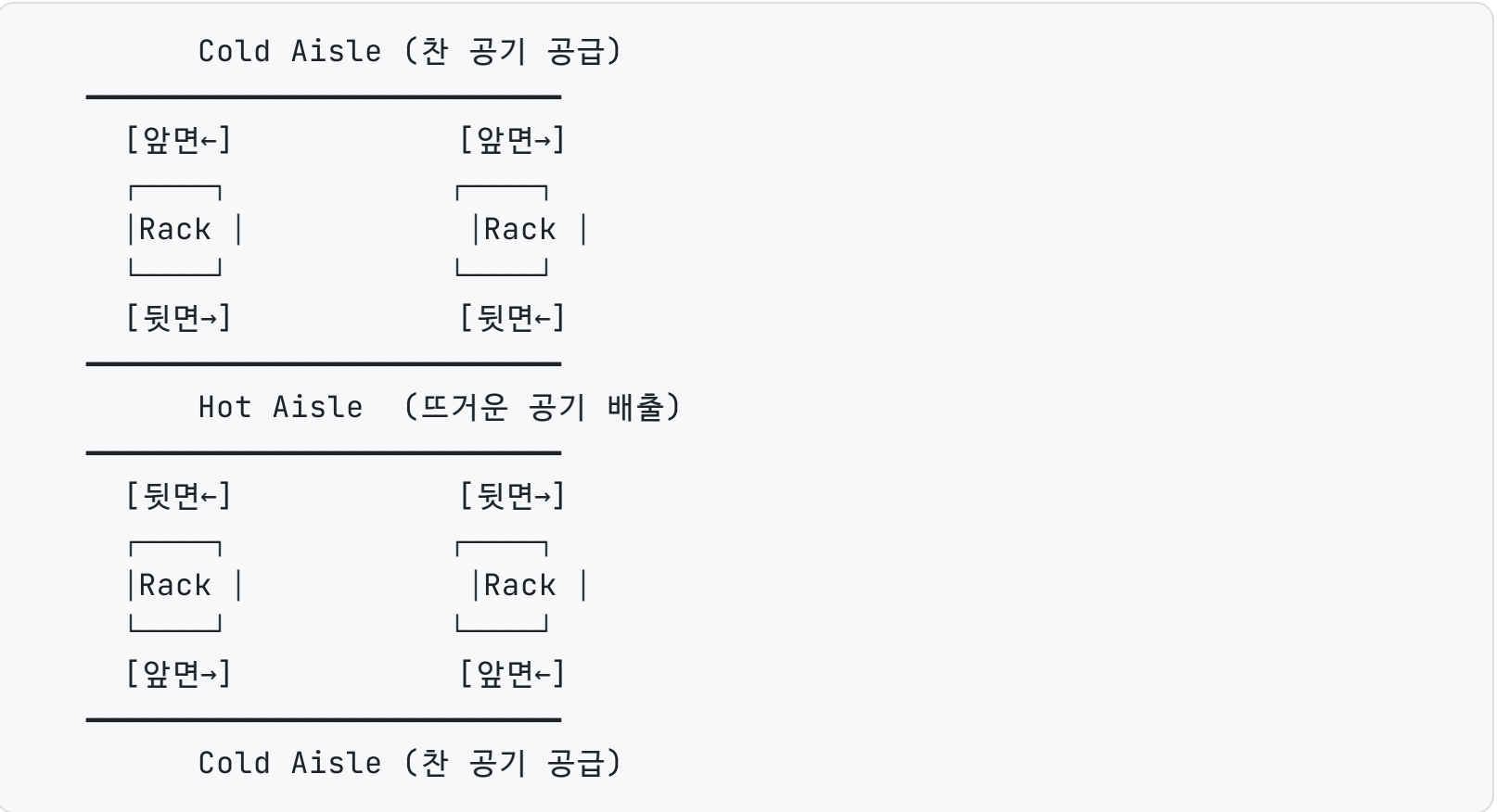
Hot/Cold Aisle — 랙 실장 구조

❌ 잘못된 배치 — 모든 랙 같은 방향



문제 — 서버는 앞에서 찬 공기 흡입 → 뒤로 뜨거운 공기 배출하는데, 옆 랙이 그 뜨거운 공기를 다시 빨아들임. 이것 **Hot Air Recirculation** 이라 함.

✅ 올바른 배치 — Hot/Cold Aisle 교차



Hot/Cold Aisle — 표준 배치 규칙·흔한 실수

표준 배치 규칙

- 랙은 정면 ↔ 정면, 뒷면 ↔ 뒷면으로 마주보게
- 정면 사이 = **Cold Aisle** (퍼포레이트 타일로 찬 공기 공급)
- 뒷면 사이 = **Hot Aisle** (천장 환기로 뜨거운 공기 배출)
- 두 줄을 한 단위로 반복 (Row 1·Row 2...)
- Aisle 폭: Cold 1.2 m, Hot 1.0 m 권장

통로 폭

- 점검 동선 확보 (1.0 m 이상)
- 장비 반입 동선 (1.5 m 이상)
- 비상 출구 폭 KS 표준 (1.2 m)

흔한 실수

- 모든 랙을 같은 방향으로 배치 → 인접 랙 Hot 흡입
- 플로딩 → Hot Spot
- 블랭킹 패널 미설치 → 차가운 공기가 랙 내부 우회

추가 설계

- 랙 위 케이블 트레이 (강전·약전 분리)
- 바닥 아래 전원 케이블 + 일부 약전
- 명찰 (Rack Tag) — 좌측 상단 통일

다음 단계 — Containment: Hot/Cold Aisle 배치는 기본, 그 위에 천장 격벽·문으로 공기 흐름을 완전히 분리하면 효율 20~40% 더 향상. 신규 IDC는 거의 100% Containment 도입.

ToR vs EoR — 케이블링 토폴로지

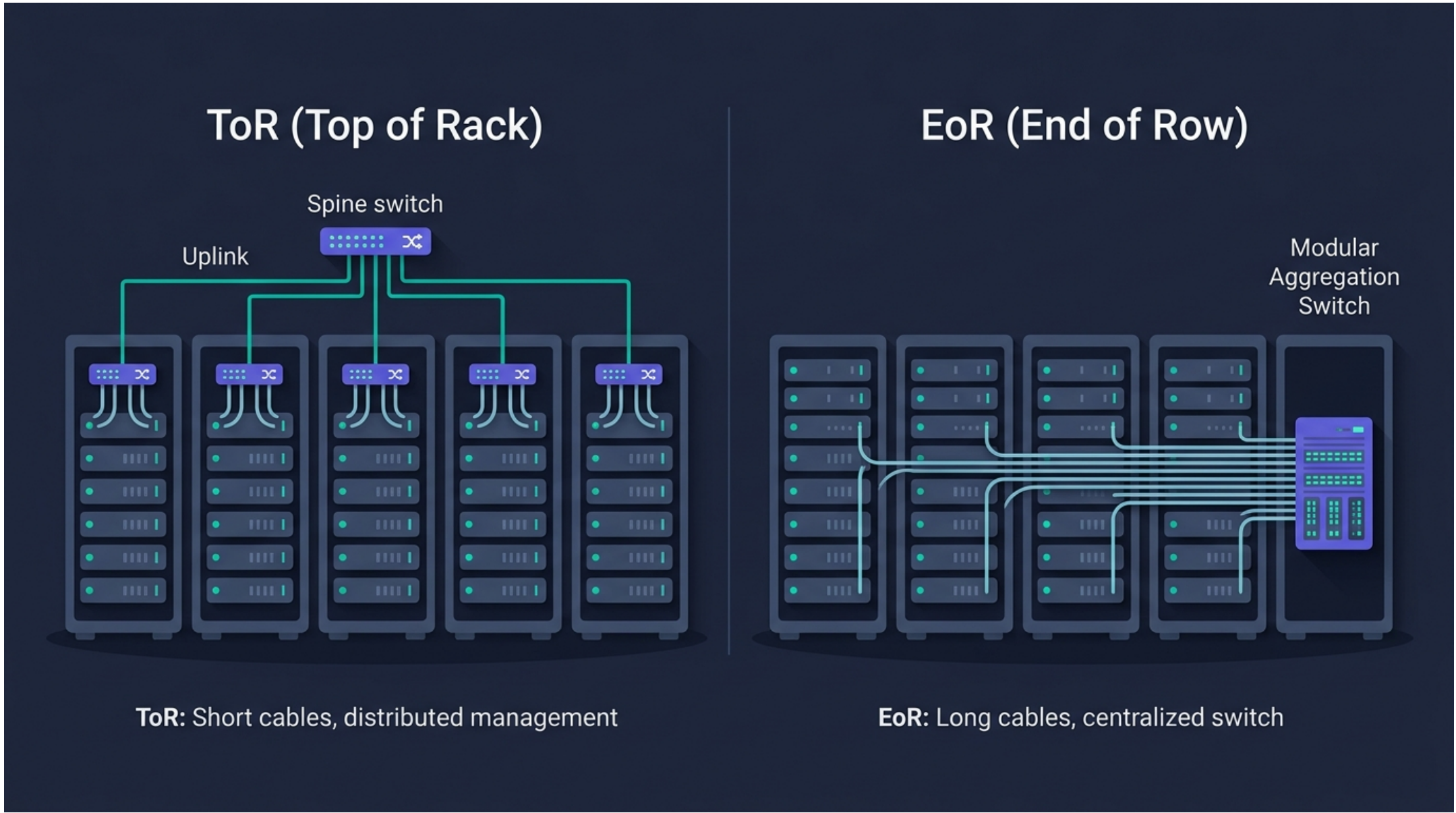
ToR (Top of Rack)

- 랙 최상단 (1U)에 스위치 1~2대
- 서버 ↔ ToR 케이블 모두 랙 내부에서 완결
- 랙 간 연결만 광 케이블 (Trunk)
- **장점:** 케이블 짧고 단순·관리 쉬움·모듈화
- **단점:** 랙마다 스위치 → 포트 활용률 낮음·관리 포인트 많음
- **표준:** 현대 IDC 대부분 ToR
- **Spine-Leaf** 토폴로지와 궁합

EoR (End of Row)

- 줄(Row) 끝에 대형 모듈러 스위치
- 줄 전체 서버 케이블을 한 스위치로 집중
- **장점:** 포트 활용률·관리 포인트 적음
- **단점:** 케이블 길이 → 관리 복잡·고장 시 줄 전체 영향
- **MoR (Middle of Row)** 변형도 있음
- 구형 3-Tier 토폴로지의 표준
- 현재는 점차 ToR로 대체

2026 추세: GPU 클러스터·고밀도 = **ToR + Spine-Leaf** 표준. EoR은 일부 레거시·소규모.



ToR vs EoR 비교 (삽화)

광 커넥터·트랜시버 — SFP 패밀리

광 커넥터

- **LC** — 가장 흔함, Duplex·Push-Pull
- **SC** — 구형, Square·Snap
- **MTP/MPO** — 12·24심, 40G/100G/400G용
- **ST** — 구형 BNC형
- **FC** — 산업용 나사식

SFP 패밀리

- **SFP** — 1G
- **SFP+** — 10G
- **SFP28** — 25G
- **QSFP+** — 40G (4×10G)
- **QSFP28** — 100G (4×25G)
- **QSFP-DD** — 200G·400G
- **OSFP** — 400G·800G (신규)

거리·파장

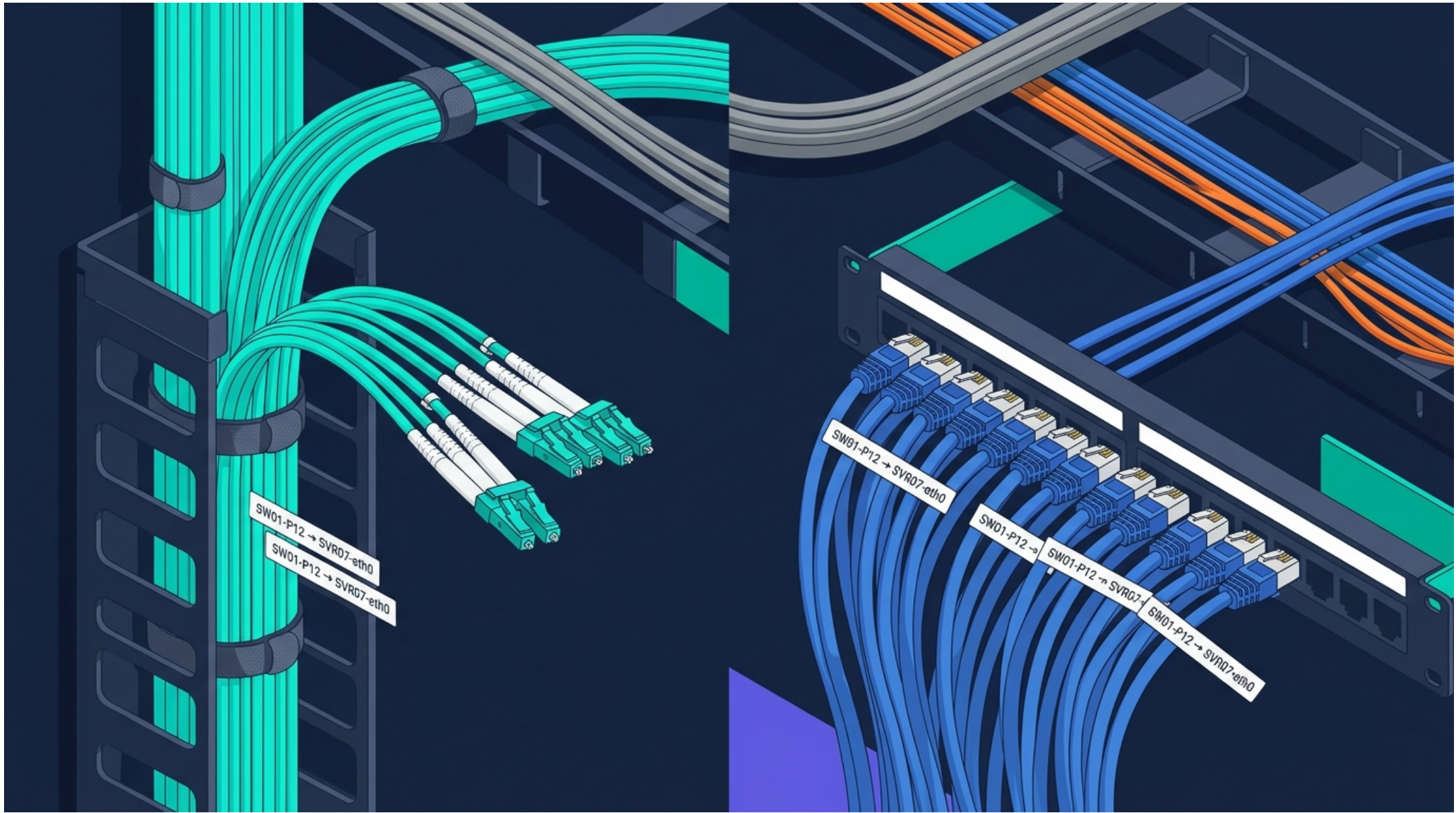
- **SR (Short Reach)** — MMF 100~400m
- **LR (Long Reach)** — SMF 10km
- **ER (Extended)** — SMF 40km
- **ZR** — SMF 80km
- **CWDM·DWDM** — 다중 파장 다중화

TA의 결정

- 랙 간 25G: SFP28 SR + OM4
- 코어 100G: QSFP28 LR + OS2
- AI 클러스터 400G: OSFP + OM5/OM4

단가

- SFP28 SR 모듈 약 10~20만원
- QSFP28 LR 100~300만원
- OSFP 400G 500만원+



케이블링 (삽화)

PART E

물리 보안 — *외곽부터 랙까지 동심원*

"원격 해킹보다 **물리적 침입**이 더 치명적" — 물리 보안은 보안의 시작이자 끝.

물리 보안 5중 동심원 — 외곽 → 랙

● 5중 방어

1. 외곽 (Perimeter) — 펜스·CCTV·경비
2. 건물 입구 (Building) — 출입통제·로비 경비
3. 데이터 홀 입구 (Hall) — 맨트랩·생체인증
4. 랙존 (Cage) — 케이지·고객사 격리
5. 랙 (Rack) — 전자식 도어록·감사 로그

🎯 원칙

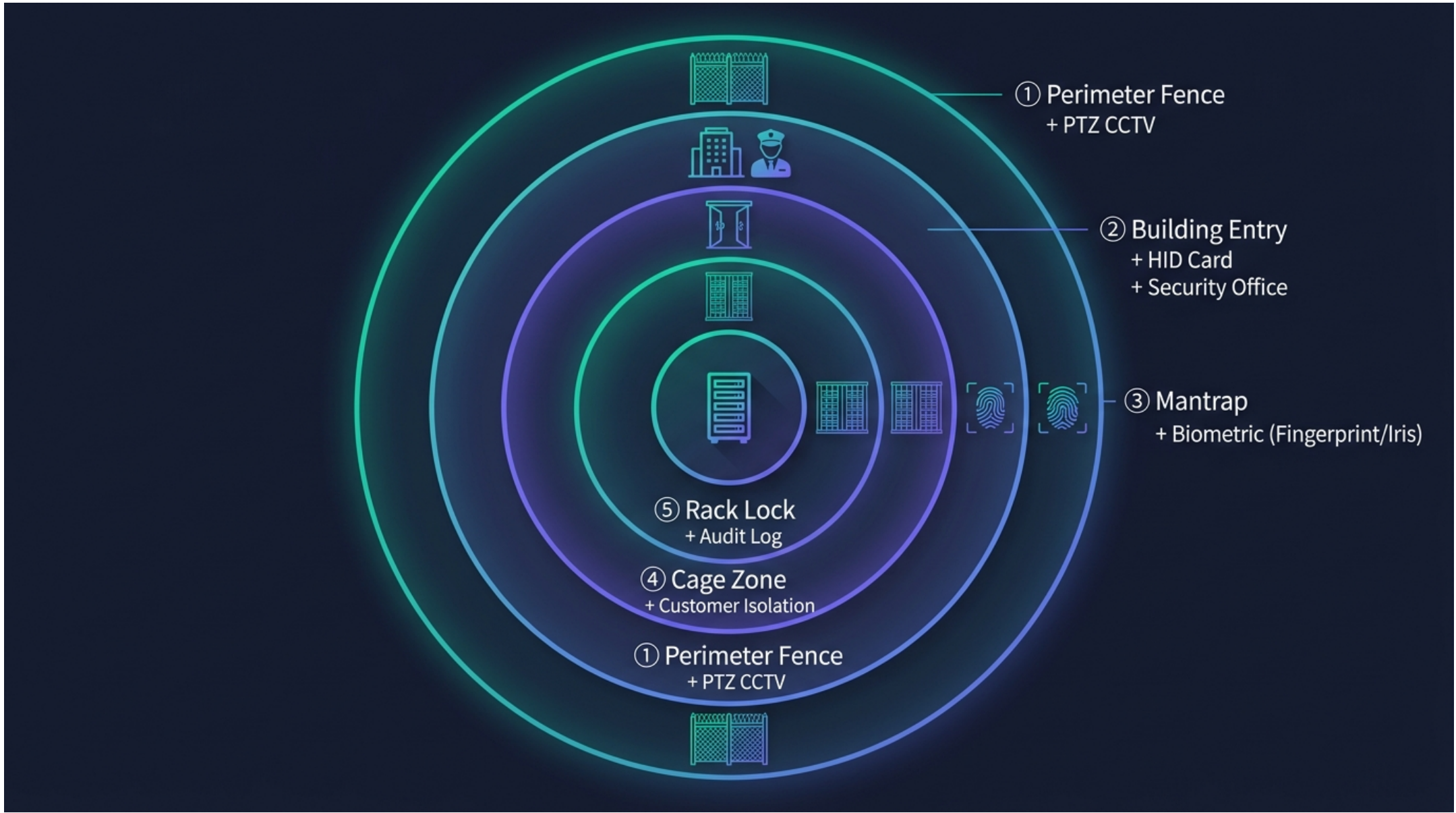
- Defense in Depth — 다층 방어
- Anti-Pas6-Back — 동일 카드 중복 입출 차단
- 2-Person Rule — 중요 구역 2인 동시 출입
- 시간·구역 제한 — 카드별 ACL

🧱 동심원별 통제

- 외곽: 펜스 2m+·침입 감지 와이어·PTZ CCTV
- 건물: HID 카드·금속 탐지·경비실 출입 기록
- 홀: 맨트랩 (Mantrap) + 생체 (지문·홍채·정맥)
- 케이지: 별도 RFID 카드·고객 격리
- 랙: 전자식 도어록 (NFC·블루투스) + 감사 로그

🎤 TA의 점검

- 카드 ACL 갱신 (퇴사·이동)
- 임시 카드 회수
- 출입 로그 월간 검토



물리 보안 동심원 (삽화)

PART F

화재 진압 · VESDA — *전산실 전용 소화 설비*

일반 스프링클러는 IDC에서 **금기** — 전자장비가 침수되면 즉시 폐기.

VESDA — 공기 흡인식 조기 감지

VESDA (Very Early Smoke Detection Apparatus)

- 공기 흡인식 (Aspirating) 연기 감지기
- 천장 격자 모양으로 흡입 파이프 배설
- 미세 연기 0.005% 감지 가능
- 일반 감지기보다 **100~1000배 민감**
- 4단계 경보: 1. **Alert** — 직원 점검 2. **Action** — 사전 조치 3. **Fire 1** — 자동 소화 준비 4. **Fire 2** — 가스 살포

대표 제품

- Xtralis (Honeywell) — 시장 표준
- 한국에서 "VESDA" = 일반명사화

전산실 화재의 특이성

- 케이블 절연 손상 → 연기 → 화재
- 배터리 스웰링 → 가스 → 폭발
- **PSU 노화** → 스파크
- 화재 발생 시 **수 분 내 전산실 전체 손실**

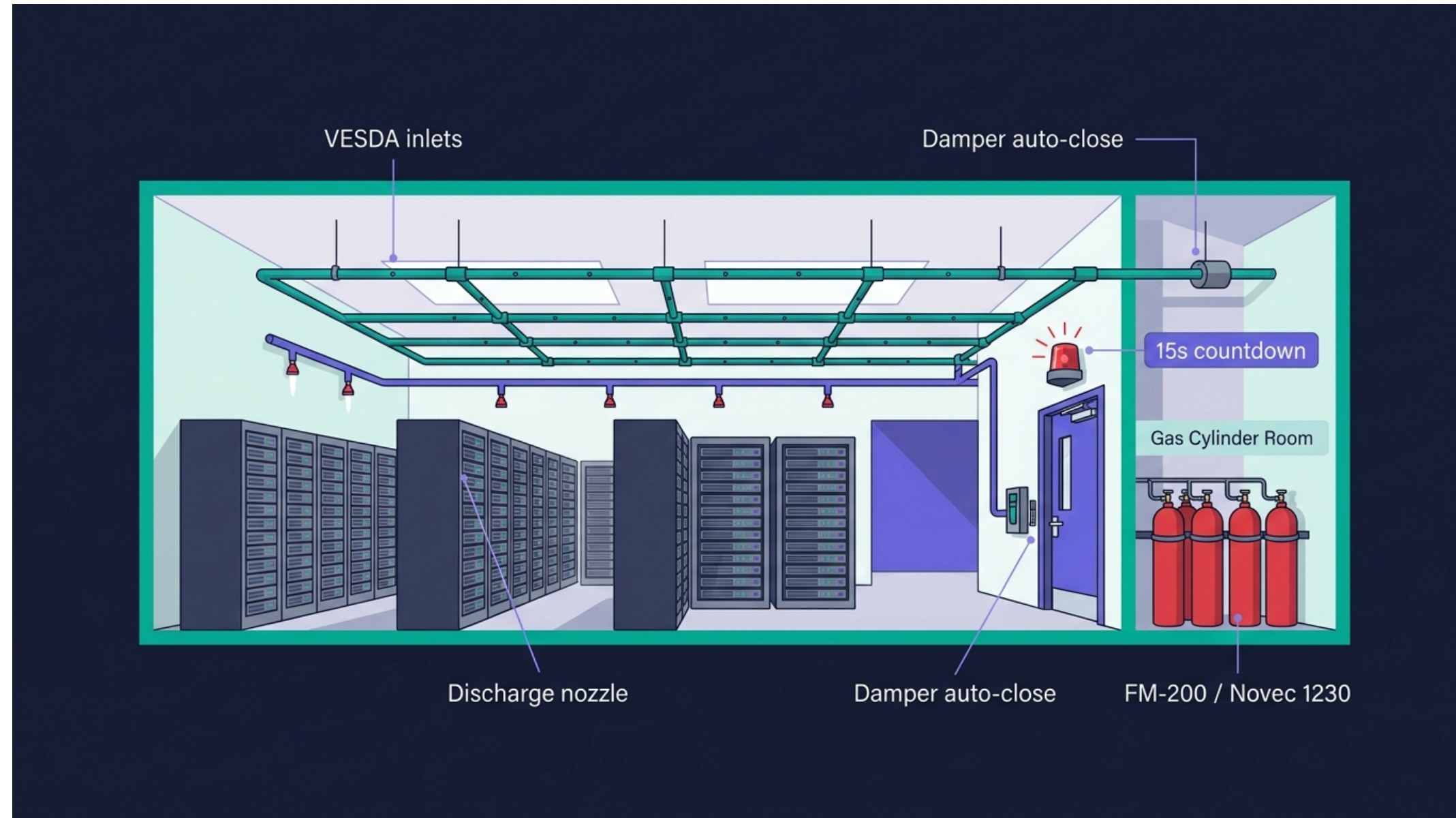
TA의 운영

- VESDA 흡입구 **막힘 점검** (먼지)
- 분기 1회 시험 살포
- **이중 감지** + 가스 살포 (오작동 방지)

가스 소화 시스템 — *FM-200·Inergen·Novec-1230·CO2*

종류	화학식	작동 원리	인체 안전	환경 (GWP)	가격
FM-200 (HFC-227ea)	C ₃ HF ₇	화학 억제 (열·라디칼)	안전	GWP 3220 (높음)	중
Novec 1230	C ₆ F ₁₂ O	화학 억제 + 흡열	안전	GWP <1 (우수)	고
Inergen (IG-541)	N ₂ + Ar + CO ₂	산소 농도 ↓ (12.5%)	안전 (잠시 호흡)	GWP 0	고
CO2	CO ₂	산소 농도 ↓ (5% 이하)	위험 (질식)	GWP 1	저
Argonite (IG-55)	N ₂ + Ar	산소 농도 ↓	안전	GWP 0	중

TA의 표준 선택 (2026): - 신규 IDC: Novec 1230 (환경 + 안전) - 기존 IDC: FM-200 (가성비) - 무인 구역만: CO2 (저비용, 무인 전제) - Inergen: 대형 공간·다중 위험



화재 진압 시스템 (삽화)

PART G

현장 환경 · 표준 — 풍하중 · 낙뢰 · 접지 · *KS/IEC*

함체 사양서·환경시험성적서가 **RFP 요구 항목**에 자주 등장.



함체 + 낙뢰·접지 (삽화)

KS · IEC · EIA — 주요 표준 카탈로그

KS (한국산업표준)

- **KS C IEC 60439** — 저압 배전반
- **KS C IEC 60364** — 전기 설비
- **KS C IEC 60529** — IP 등급 (방수·방진)
- **KS C 0806** — 19인치 랙
- **KS C 0228** — 풍하중
- **KS Q 9001** — 품질 인증

KCS·KDS

- 국가건설기준
- 데이터센터 설계 가이드라인

IEC (국제전기기술위원회)

- **IEC 60439** — 배전반
- **IEC 60364** — 전기 설비
- **IEC 60529** — IP 코드 (IP20~IP68)
- **IEC 61000** — EMC·전자파 적합
- **IEC 62443** — OT 보안
- **IEC 61643** — SPD

EIA·TIA·ANSI

- **EIA-310-D** — 19인치 랙
- **TIA-942** — 데이터센터 표준 (Tier·구조화 배선)
- **TIA-568** — 케이블링
- **TIA-606** — 라벨링·관리
- **TIA-607** — 접지·본딩

ASHRAE

- **TC 9.9** — 데이터센터 환경
- A1~A4 클래스

PART H

운영 · BCP · 산출물 — *TA의 결정과 점검*

설계는 끝났다 — 이제 **운영·BCP·산출물**로 마무리.

DCIM — *Data Center Infrastructure Management*

DCIM의 5대 기능

- 1. 자산 관리 — 랙·서버·NW 인벤토리
- 2. 전력 모니터링 — kW·kWh·PUE 실시간
- 3. 냉각 모니터링 — 온도·습도·풍속
- 4. 케이블 관리 — 결선·포트 매핑
- 5. 용량 계획 — 추세 분석·증설 시점

대표 솔루션

- **Schneider EcoStruxure IT** (StruxureWare)
- **Vertiv Trellis**
- **Nlyte**
- **Sunbird dcTrack**
- **Device42**
- 오픈소스: **NetBox + Grafana**

TA의 활용

- 실시간 대시보드 (전력·온도·PUE)
- 3D 랙 시각화
- 모바일 알람
- 변경관리 자동화 (CR → 결선 갱신)

도입 단가

- 중소: 1~3억 (100랙 기준)
- 대형: 10~30억 (1,000랙+)
- **CMDB·NMS·BMS와 통합** 시 효과 ↑

ROI

- 평균 전기료 8~15% 절감
- 운영 인력 부담 30% 감소

정전 BCP — 시나리오·복구 절차

⚡ 정전 시나리오

1. 순간 정전 (Sag) — UPS 자동 보전, 무중단
2. 단기 정전 (5분 이내) — UPS만으로 대응
3. 중기 정전 (5분~24시간) — UPS + 발전기
4. 장기 정전 (24시간+) — 발전기 연료 보충·대체 사이트
5. 광역 정전 — 한국 전역·지역 단위

🔧 복구 절차

- 0~10초: UPS 자동 전환 (무중단)
- 10~30초: 발전기 자동 기동
- 30초 후: ATS 전환 (5~30초)
- 이상 시: 우선순위에 따라 C·B·A 차단

🎤 TA의 점검 체크리스트

- UPS 배터리 잔여 시간 월 1회
- 발전기 무부하 시험 월 1회
- 발전기 부하 시험 분기 1회
- 연료 잔량 항상 70%+
- 외부 연료 공급 계약 (24시간 가능)
- DR 사이트 자동 전환 시나리오

📄 BCP 산출물

- 정전 대응 SOP
- 발전기 운전 매뉴얼
- 연료 보충 계약서
- 비상 연락망 (한전·발전기 업체)

TA가 결정해야 할 데이터센터 10대 이슈

 ① ~ ⑤

- 1. 자체 DC vs Colocation — 규모·운영 인력 기준
- 2. Tier 등급 — Tier III 표준, Tier IV는 정당화 필요
- 3. 전력 계약 (kVA) — IT 부하 × PUE × 마진 × 미래
- 4. UPS 토폴로지 — N+1 vs 2N
- 5. 배터리 종류 — VRLA vs Lithium-ion

 ⑥ ~ ⑩

- 6. 냉각 방식 — CRAC/CRAH/In-Row/Liquid
- 7. 랙 단위 — 풀랙·1/2랙·1/4랙
- 8. 케이블링 표준 — ToR vs EoR, 명명·색상·라벨
- 9. 물리 보안 — 출입통제·CCTV·맨트랩 수준
- 10. 화재 진압 — FM-200·Novec·Inergen·CO2

TA의 산출물: 10대 이슈마다 결정 근거와 대안 비교가 RFP·설계서에 명시되어야 함.

데이터센터 설계 산출물 패키지

도면 (Drawing)

- 상면 배치도 (Floor Plan)
- 랙 배치도 (Rack Layout)
- 전력 단선도 (One-Line Diagram)
- 냉각 계통도 (Cooling Schematic)
- 케이블 트레이도
- 소화 계통도
- CCTV 배치도

산정서 (Calculation)

- 전력 산정서 (kVA·kW)
- 냉각 산정서 (RT·CFM)
- 면적·하중 산정서
- 연료 산정서 (디젤 보관량)

정책·표준

- 케이블 명명 규칙
- 색상 코드 표준
- 랙 점유율 표준 (70%)
- 출입통제 정책
- 임시 카드 발급 정책

SOP

- 정전 대응 SOP
- 화재 대응 SOP
- 랙 입출고 SOP
- CCTV 운영 SOP

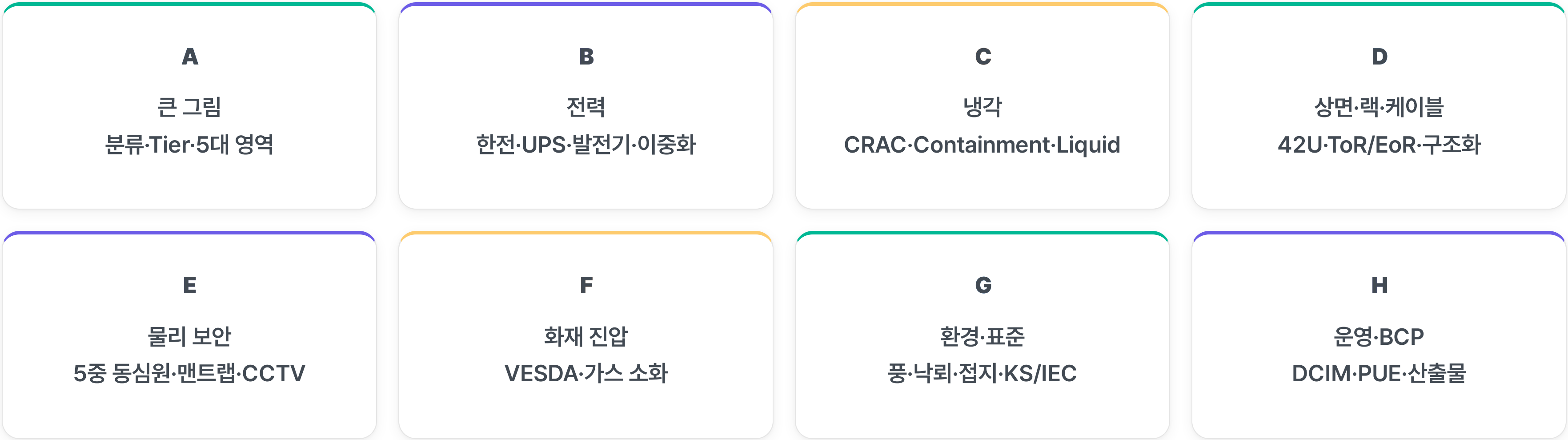
BOM

- 전력 장비 BOM (UPS·발전기·PDU)
- 냉각 장비 BOM (CRAC·칠러)
- 상면 자재 BOM (랙·타일·트레이)
- 케이블 BOM (UTP·광·트레이)

위험·BCP

- DR 사이트 설계
- BCP 시나리오 5종
- 위험 등록부
- 연락망

Session 1 정리 — 8개 PART · 핵심 메시지



본 세션 핵심 메시지: 데이터센터를 건물 단위 인프라 시설로 보는 시야 + 5축(전력·냉각·상면·보안·BCP) 결정 체계.

데이터센터 실사·인수 체크리스트 — TA가 현장에서 확인할 30개 항목

⚡ 전력 (10항)

- [] 한전 인입 2회선 확인
- [] UPS 종류·용량·배터리 수명·잔여 백업 시간
- [] 발전기 연료 잔량·시운전 주기·배기 경로
- [] ATS 절체 시험 기록 (월 1회)
- [] PDU 부하·이중화·계측치
- [] A/B 전원 분리 검증 (Trace 시험)
- [] 누설전류·접지 저항 측정값
- [] SPD 등급·교체 이력
- [] 분전반 회로 명세서·라벨링
- [] 정전 시 30초 가동 검증 (실제 시험 기록)

❄️ 냉각·환경 (10항)

- [] CRAC·CRAH·In-Row 모델·풍량·SLA
- [] Cold/Hot Aisle Containment 시공
- [] 온도 (Cold Aisle 22°C·Hot Aisle 35°C) 실측
- [] 습도 (40~60% RH) 실측
- [] 풍속·풍량 측정값
- [] 누수 감지·배수로
- [] 화재진압 (FM-200·Novec·CO2) 충전량·검수일
- [] VESDA 감도·테스트 기록
- [] 출입통제 (생체·맨트랩·Anti-Pas6-Back)
- [] CCTV 채널·해상도·30일+ 보관

🔧 상면·NW·운영 (10항)

- [] 랙 42U 점유율·발열 균형
- [] 케이블링 (ToR/EoR)·트레이·라벨
- [] 광·UTP·SAN·전원 케이블 분리
- [] OOB 관리 NW 분리
- [] DCIM 도구 도입 여부·자산 매핑
- [] PUE 측정 (12개월 평균)
- [] BCP·DR 사이트 위치·RPO/RTO
- [] 운영팀 교대 근무·SOP 문서화
- [] Tier 등급 인증서 (Uptime/TIA-942)
- [] 보험 가입 (재해·정전·화재·인명)

체크리스트는 인수 1주 전부터 시작 — 30항 중 20항 이상 통과해야 인수 완료. 미통과 항목은 발주처와 협의해 보완 계획 부속서로 첨부.



데이터센터 실사·인수 체크리스트 — TA가 현장에서 확인할 30개 항목