

IT 인프라 아키텍처 설계

Session 8

HA · 용량 · 관찰성 · 장애 · 자동화

Day 2 · TA의 운영 종합 세션

고가용성 · SLA · 클러스터링 · 용량 산정 · 관찰성 3대 축 · 장애 대응 · IaC · SRE

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

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

왜 HA·용량·장애인가 — 국내 서비스 장애 3선

① KT 라우팅 마비

2021.10.25 (월)

야간 승인 작업을 **주간**에 진행하던 중 라우팅 명령어 한 단어 누락
→ 전국 **89분 인터넷 마비**. 결제·증권 HTS·POS 동시 정지.

- 작업관리자 부재 (협력업체 단독 작업)
- 변경 윈도우(승인 시간) 위반
- 통신사 BGP 라우팅 SPOF

 **교훈** — 변경관리 SOP(CR·CAB·승인 윈도우)·작업관리자 의 무·BGP 라우팅 격리 시험

참고: 과기정통부 「KT 네트워크 장애 원인분석」 보도자료

② LG U+ 디도스·고객정보 유출

2023.01.29 / 1~2월

1.29 새벽·오후 3회·총 63분 인터넷 마비 (DDoS). 별건으로 1월
29만 명 가입자 정보 다크웹 유출 — 18만 명 현행, 11만 명은 **해지**
고객 보관 데이터.

- 분리 보관 중인 해지 고객 DB까지 노출
- DDoS 방어·관찰성·격리 모두 부족
- 과징금 68억 + 과태료 2,700만 (방통위)

 **교훈** — DDoS 방어(BGP Blackhole·세션 외부화)·관찰성 (NW 알람)·개인정보 보존 정책·해지 데이터 격리

참고: 정책브리핑 「LGU+ 고객정보 유출·디도스 원인분석」

③ 정부24 개인정보 오발급

2024.04~05

납세증명서 서식 변경 시 **소스코드 수정 후 핵심 테스트 누락** → 교
육증명서·납세증명서 발급 시 **타인 정보 1,233건 노출**. 한 달간 미
공개로 추가 비판.

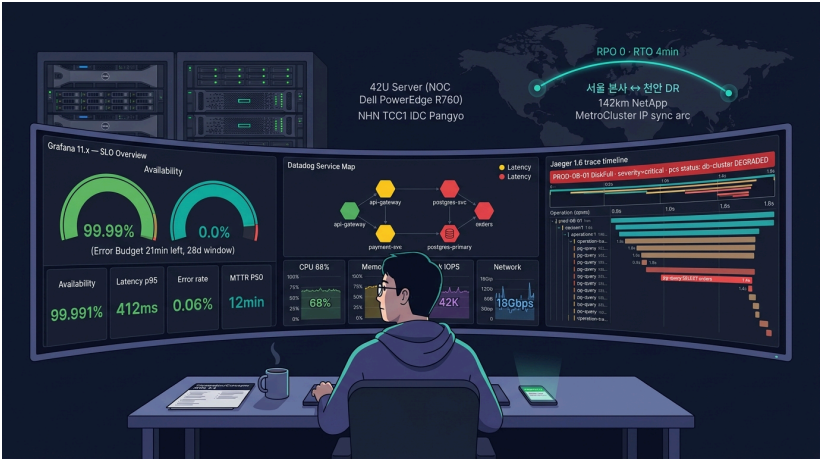
- 변경 테스트 SOP 누락 (단위·통합·회귀)
- 한 달간 사실 은폐
- 행안부에 과징금 2.7억

 **교훈** — CI/CD 회귀 테스트·캐시·세션 격리·변경 후 모니터링·
장애 보고 SOP(공개 의무)

참고: 경향신문 「정부24서 1200건 문서 오발급」

 **이번 세션의 시각** — 위 3건은 「**변경관리 SOP 부재**」, 「**관찰성·격리 부족**」, 「**테스트·자동화 누락**」. 본 세션의 **HA 패턴·SLA·용량 산정·관찰성·장애 5종·IaC**가 직접 해법.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화



Day 2 · TA의 운영 종합 세션

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

Session 8 — 회차 메타데이터

📄 세션 정보

- 회차: 9 / 15
- 소속: Day 2 — HA·운영·관찰성 통합
- 카테고리: operations-architecture
- 예상 분량: 본문 86 슬라이드 + 이미지 16장
- 강의 시간: 60분
- 강사: 박수현 — 젠아이랩스(GenAI Labs) CEO / CTO

🎯 핵심 메시지

TA는 멈추지 않게(HA) · 감당하게(용량) · 보이게(관찰성) · 회복하게(장애 대응) · 반복 가능하게(자동화) 만든다. 다섯 축은 따로가 아니라 한 묶음의 운영 시스템.

🎯 학습 목표

1. HA 패턴 5종 — N+1·N+M·2N·2N+1·Active-Active의 비용·복잡도·가용성 비교
2. SLA 매트릭스 — 99~99.9999% 6단계의 다운타임·비용·적용 영역 환산
3. 클러스터링 5계층 — App·DB·OS·HW·Storage·Network 대표 솔루션과 동작 원리
4. 용량 산정 5단계 — 요구사항→TPS→CPU/Mem/IOPS/NW→마진→검증 수행
5. 관찰성 3대 축 — Metrics·Logs·Traces 역할 분담과 대표 스택 설계
6. 장애 대응 5단계 — Detection→Containment→Investigation→Recovery→Postmortem + RCA 5기법
7. SRE·IaC — SLI/SLO·Error Budget·Toil 자동화·IaC 도구 체계 도입

PART A

HA 패턴 · SLA — 서비스 무중단을 보장하는 SLA

무중단 서비스 = **SLA로 정의한 가용성 목표** + **HA 패턴으로 구현한 이중화 구조**.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

HA — 왜 필요한가



다운타임의 비용

- **이커머스 1시간 다운** — 매출 손실 + 평판 + 환불·보상
- **금융 코어 1시간 다운** — 거래 정지·집단민원·금감원 보고
- **공공 LMS 1시간 다운** — 시험·강의 중단, 민원 폭주
- **통신 코어 1분 다운** — 119·112 영향, 사회 인프라
- **평균 비용** — 분당 수백만~수억 원 (산업별 상이)



HA가 보장하는 것

- **계획된 다운** (패치·업그레이드) 중에도 서비스 유지
- **HW·SW·NW 단일 고장(SPOF)** 발생 시 자동 회복
- **사이트 재해**(화재·정전·랜섬웨어) 발생 시 DR 사이트로 절체



HA = 3계층 동시 설계

1. **인프라 계층** — 전원 A/B·UPS·발전기·이중 회선·이중 스위치
2. **HW·OS 계층** — PSU 이중화·NIC Bonding·HBA Multipath·RAID
3. **App·DB·MW 계층** — LB+다중 노드·DB 클러스터·세션 공유·MQ 클러스터



TA의 흔한 오해

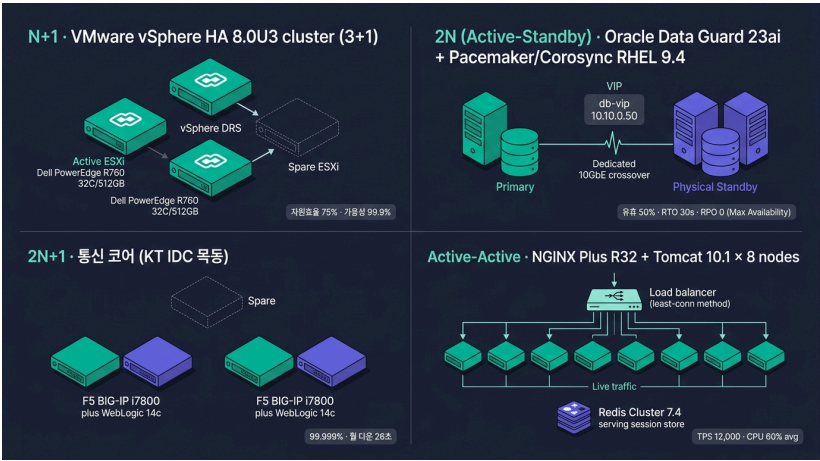
- "이중화만 하면 가용성이 100%" — **틀림**. 가용성은 **곱셈으로 감소**
- "Active-Active가 무조건 우수" — **틀림**. 정합성·운영 복잡도가 비싸짐
- "DR 사이트가 있으니 충분" — **틀림**. **훈련 안 된 DR**은 거의 작동 안 함

HA는 "장비를 더 사는 것"이 아니라 "장애를 견디는 구조를 설계하는 것" — 가장 약한 고리가 전체를 결정한다.

HA 패턴 — *N+1 · N+M · 2N · 2N+1 · Active-Active*

패턴	구성	자원 효율	비용	가용성	적합
N+1	N대 운영 + 1대 예비	높음 (N/(N+1))	낮음	중간 (단일 노드 장애만)	VMware HA-K8s 클러스터
N+M	N대 운영 + M대 예비	높음	중간	높음 (M개 동시 장애)	대규모 클러스터-HPC
2N (Active-Standby)	1:1 페어 (전체 이중화)	50% (유휴)	중간	높음	DB Standby-FW HA-전원 A/B
2N+1	2N + 1대 예비	낮음	높음	최고	통신 코어-미션 크리티컬
Active-Active	양쪽 모두 운영, 부하 분산	최고	중간	매우 높음	Web-WAS-NoSQL-Geo

선택 기준: 자원 효율(N+1) ↔ 가용성(2N+1) 사이의 **트레이드오프**. TA는 시스템 등급(BIA) × 라이선스 비용 × 운영 복잡도 3축으로 결정한다.



HA 패턴 다이어그램 (삽화)

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

Active-Active vs Active-Passive — 언제 어느 쪽?

● Active-Active

- 두 노드 모두 요청 처리
- 부하 분산 (LB·DNS·Anycast)
- 자원 100% 활용
- 장애 시 잔존 노드가 전 부하 인수 → 사전 용량 마진 필수
- 세션 공유 (Redis·Memcached·Sticky)
- 데이터 정합성 부담 (Conflict resolution)
- 적합: 무상태 Web/WAS, NoSQL, K8s, Web Cache

● Active-Passive (Active-Standby)

- 한 노드만 운영, 다른 노드는 대기
- 단순한 구조 · 정합성 부담 없음
- 자원 50% 유향 (비용 부담)
- 절체 시 수십 초~수 분 다운 (RTO)
- 적합: RDBMS (Oracle DG·MSSQL AG), 파일 서버, MQ, Stateful 일반

TA의 결정 규칙: 무상태(Web-API) → A/A 우선. 상태 보유(DB·MQ·파일) → A/S 우선. 단, 읽기 부하가 큰 DB는 Read Replica 패턴으로 A/A 흉내 가능.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

9 / 87

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

Geographic Redundancy — HA를 사이트 단위로 확장

📏 거리 설계 원칙 (HA 관점)

- 동기 복제 한계 ≈ 100km 이내 (RTT 2ms 부담)
- 동일 도시 50~100km 분리 — 지진·정전 동시 영향 회피
- 비동기 복제 — 거리 제약 없음, RPO 존재
- 3-Site (Tri-Site) — 동기 1조 + 비동기 1조 = 통신·금융 핵심
- HA 패턴(2N·Active-Active)을 사이트 간으로 확장한 형태

📖 Multi-Site 패턴 본문(Cold DR · Pilot Light · Warm · Hot) 은 Session 6 ## DR 5단계 참조 — RTO/RPO·비용 표와 등급별 채택 패턴 포함.

🇰🇷 한국 사례 — 동기 복제 한계 100km

- 금융권 — 본사(서울) + DR(천안·대전·세종) — 거리 100~150km, 100km 이내 구간은 동기 복제
- 공공 — 정부세종청사 + 광주·대구 DR
- 이커머스 — 자가 IDC + AWS 멀티 리전
- 재난 통신 — 본사 + 부산 + 제주 3-Site

⚠️ HA 함정 (사이트 단위)

- DR 사이트 = 평소 미사용 → 훈련 부족 → 실제 재해 시 작동 안 함
- DR 회선 단일 → 사이트 절체 시점에 회선도 동시 절단 사례
- DB만 복제·App·MW 미동기화 → 절체 후 부정합

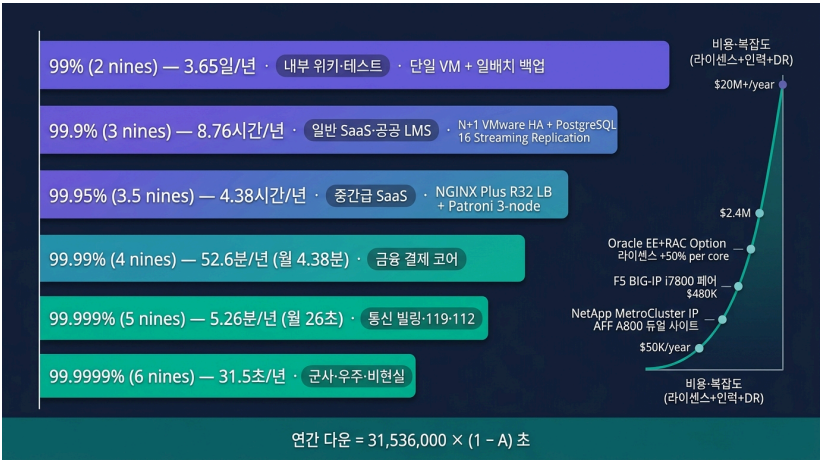
© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

10 / 87

SLA 매트릭스 — 9의 개수로 환산하는 다운타임

가용성	9 개수	연간 다운	월간 다운	주간 다운	일일 다운	적용 영역
99%	2 nines	3.65일	7.2시간	1.68시간	14.4분	내부 위키·테스트
99.9%	3 nines	8.76시간	43.8분	10.1분	1.44분	일반 업무·중소 SaaS
99.95%	3.5 nines	4.38시간	21.9분	5.04분	43.2초	중간급 SaaS
99.99%	4 nines	52.6분	4.38분	1.01분	8.64초	금융·결제·코어 업무
99.999%	5 nines	5.26분	26.3초	6.05초	0.86초	통신·119·112
99.9999%	6 nines	31.5초	2.63초	0.6초	0.09초	군사·우주·비현실

환산 공식: 연간 다운(초) = 31,536,000 × (1 - 가용성). 이 표는 TA가 외워야 하는 핵심.



SLA 등급 차트 (삽화)

SLA 위반 — 계약 페널티의 구조

📄 표준 SLA 계약 조항

- **가용성 약정** — 월간 99.9% 이상
- **응답시간 약정** — 평균 1초 이내, p95 3초 이내
- **장애 통지** — 5분 이내 1차, 30분 이내 상세
- **복구 약정** — RTO 4시간, RPO 1시간
- **위반 페널티** — 월 사용료의 5%·10%·25% 단계 환불

🔥 실제 위반 사례

- **AWS S3 2017** — 4시간 다운, 다수 SaaS 동반 장애
- **Facebook 2021** — 6시간 BGP 설정 오류
- **카카오 2022** — 데이터센터 화재 9시간+
- **MS Azure 2024** — CrowdStrike 패치 8.5M 시스템 다운

💰 페널티 구조 예시

- 월 가용성 99.9% 약정 → 99.5% 실측
- 위반 시간 = $(99.9 - 99.5)\% \times 30\text{일} = \text{약 } 2.88\text{시간}$
- 단계별 환불:
 - 99.9 → 99.0%: 5% 환불
 - 99.0 → 95.0%: 10% 환불
 - 95.0% 미만: 25% 환불

⚠️ TA의 관심사

- **SLA 측정 주기** — 월·분기·연 (분기가 가장 흔함)
- **계획된 점검 제외** 약정 — 사전 통지 시 다운타임 제외
- **불가항력 제외** — 재해·국가 비상사태
- **연쇄 장애 책임 한계** — 3rd party 의존 시 분리

가용성 공식 — 직렬·병렬·MTBF·MTTR

📄 기본 공식

- 가용성 $A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$
- **MTBF** (Mean Time Between Failures) — 고장 간 평균 시간
- **MTTR** (Mean Time To Repair) — 평균 복구 시간
- MTBF↑ + MTTR↓ → 가용성↑

🔗 직렬 시스템 (Series)

- 두 컴포넌트가 직렬 연결 → **곱셈으로 감소**
- $A_{\text{total}} = A_1 \times A_2 \times A_3$
- 예: $99.9\% \times 99.9\% \times 99.9\% = \textbf{99.7\%}$ (8.76시간 → 26시간)
- **약한 고리가 전체를 결정**

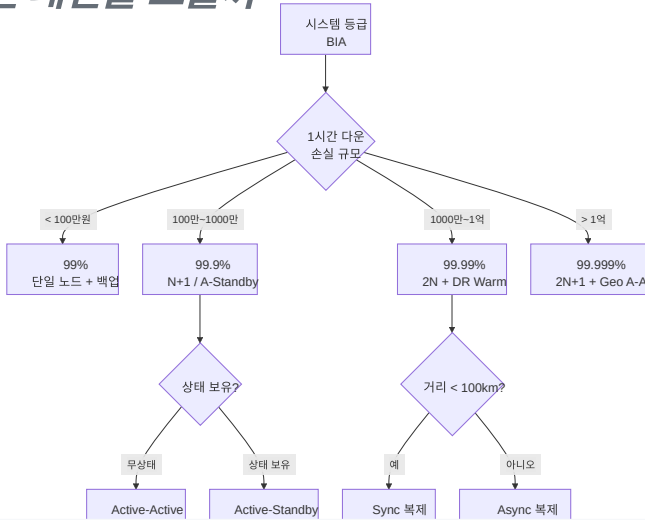
≡ 병렬 시스템 (Parallel·이중화)

- 두 컴포넌트가 병렬 → **장애 확률 곱셈**
- $1 - A_{\text{total}} = (1 - A_1) \times (1 - A_2)$
- 예: $99\% \times 99\%$ 병렬 = **99.99%** (3.65일 → 53분)
- **이중화의 수학적 위력**

📐 복합 예시

- DB Active-Standby (각 99.9%) → **병렬 → 99.9999%** (이론)
- 그 위에 NW-App 직렬 → **현실은 99.95~99.99%**
- 결국 **NW-App이 병목**이 되는 경우가 가장 흔함

HA 결정 트리 — 어떤 패턴을 고를까



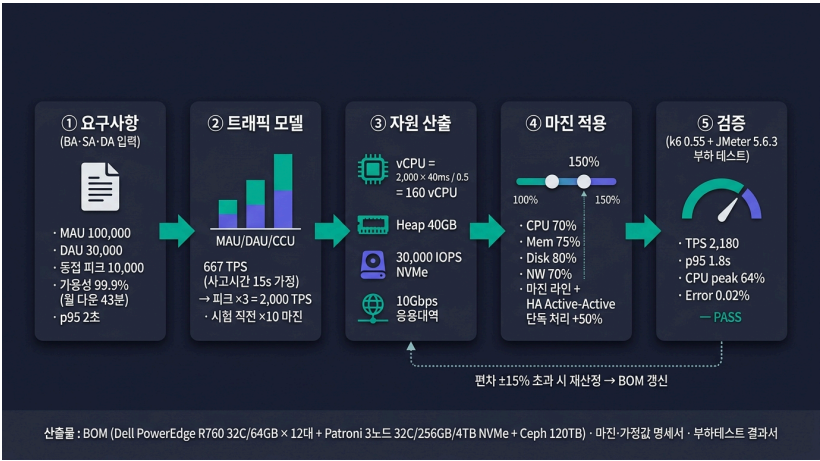
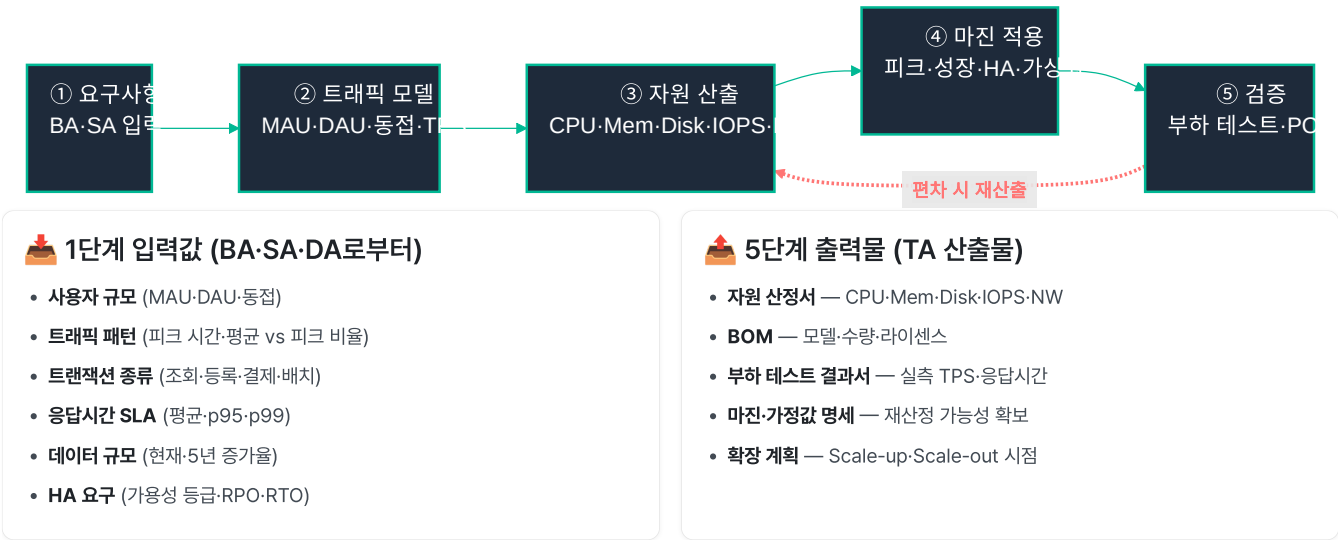
결정 입력값: 시스템 등급(BIA) · 상태 보유 여부 · 라이선스 비용 · 운영 인력 · DR 거리 — 5개를 항상 함께 본다.

PART C

용량 산정 5단계 — 요구사항부터 검증까지

"감으로 사이징"이 아니라 **공식 + 가정값 + 마진**의 조합.

용량 산정 — 5단계 워크플로



용량 산정 흐름 (삼화)

TPS 산정 — *MAU·DAU·동접·세션*

사용자 지표 변환

- **MAU** (Monthly Active User) — 월간 활성
- **DAU** (Daily Active User) $\approx$ MAU $\times$ **10~30%**
- **MAUR** (Monthly Active Use Ratio)
- **동접** (Concurrent User) $\approx$ DAU $\times$ **5~15%** (피크 시점)
- **세션 수** $\approx$ 동접 $\times$ **1.2~1.5** (멀티 디바이스)

TPS 공식

- 사용자당 **TPS** = $1 \div$ 평균 사고시간(Think Time, 초)
- 사고시간(Think Time) = 사용자가 한 화면에 머무는 시간 (*accident 아님*)
- **총 TPS** = 동접 $\times$ 사용자당 TPS
- **피크 TPS** = 평균 TPS $\times$ **2~3배** (이벤트 마진)

사고시간(Think Time) 표준값

시스템 유형	사고시간(Think Time)	사용자당 TPS
일반 업무-인트라넷	30~60초	0.02~0.03
포털-게시판	10~30초	0.03~0.1
이커머스-금융	5~15초	0.07~0.2
게임-실시간	1~5초	0.2~1.0
결제-인증 API	즉시	1+

예시 산정

- **공공 LMS** — MAU 10만 $\rightarrow$ DAU 2만 $\rightarrow$ 동접 2,000 $\rightarrow$ TPS = $2,000 \times (1/30) =$ **67 TPS**
- 피크 마진 3배 $\rightarrow$ **200 TPS** 목표

TPS — *평균·피크·이벤트 분리*

시간대별 분포

- **업무 시스템**: 09~11시·14~16시 더블 피크
- **이커머스**: 12시 점심·20~22시 저녁 피크
- **공공 민원**: 09~10시 단일 피크
- **공공 LMS**: 학기 초·시험 직전 폭증 (10배+)
- **결제·세금**: 분기말·연말 폭증

마진 계수

- **일중 피크/평균 비율** — 2~5배
- **연간 이벤트 피크** — 5~20배 (공공 시험·블랙프라이데이)
- **HA 절체 마진** — Active-Active 한쪽 죽었을 때 단독 처리 가능

산정 등급별 목표

- **평균 부하 처리** — CPU 30~40%
- **피크 부하 처리** — CPU 50~60%
- **이벤트 부하 처리** — CPU 70~80%
- **HA 단독 처리 시** — CPU 80~90%

함정

- 평균만 산정 $\rightarrow$ 피크에 다운
- 피크만 산정 $\rightarrow$ 평소 자원 낭비
- 이벤트 무시 $\rightarrow$ 시험 직전 폭증 시 사고
- **HA 절체 마진 0** $\rightarrow$ 한쪽 죽으면 동반 다운

TA의 관행: 평균 산정 후 피크 $\times$ 3배 마진 + HA 절체 마진 +50% = 안전한 사이징.

CPU 산정 — *SPECint · TPC-C · TPS/Core*



CPU 성능 지표

- **SPECint / SPECfp** — 정수·부동소수점 벤치마크
- **SPECjbb** — Java 비즈니스 벤치마크
- **CoreMark** — 임베디드 멀티코어
- **TPC-C / TPC-H / TPC-E** — DB OLTP·DSS·증권
- **TPS/Core** — 실제 트랜잭션 처리량 (가장 직관적)



산정 공식

- 필요 **vCPU** = $TPS \times (\text{트랜잭션당 CPU ms}) \div 1000 \div \text{목표 사용률}$
- 목표 사용률 — **50~60%** (피크 마진)
- 예: $100 \text{ TPS} \times 40\text{ms} \div 1000 \div 0.5 = \mathbf{8 \text{ vCPU}}$



트랜잭션당 CPU ms 표준값

트랜잭션 유형	CPU ms
단순 조회 (SELECT)	5~20ms
일반 업무 트랜잭션	20~50ms
복잡한 보고서·집계	100~500ms
결제·인증 (암호화 포함)	50~200ms
배치·ETL	초~분



추가 가산

- **가상화 오버헤드** +5~10%
- **컨테이너 오버헤드** +3~5%
- **암호화 (TLS·DB TDE)** +10~30%
- **세션 인증** +5~10%

CPU 사이징 — *6단계 실무 절차*



사이징 6단계 절차 (실무 워크플로)

1. **워크로드 분류** — OLTP·OLAP·WAS·게사·AI
2. **TPS·동접·세션 도출** — 현행 운영 매트릭
3. **단위 처리당 vCPU** — PoC·과거 데이터 환산
4. **평균/피크 사용률** — 평균 50~60%·피크 ≤80%
5. **라이선스 영향** — Per-Core SKU 역산 (Compute 회차 참조)
6. **BOM 확정 + 마진** — 증설·HA 여유 20~30%



단계별 산출물

- ① → 워크로드 매트릭스 (시스템별 분류표)
- ② → TPS 산정표 (현행/목표/피크)
- ③ → 단위 vCPU 환산표 (트랜잭션당 CPU ms)
- ④ → 사용률 목표 (평균·피크·HA 절체)
- ⑤ → SKU 후보군 (Per-Core 라이선스 역산)
- ⑥ → 최종 BOM (모델·수량·라이선스 합계)



단계별 핵심 결정

- ① **워크로드 분류** — OLTP는 코어 수보다 클럭(IPC) 중시, OLAP는 코어 수 우선
- ② **TPS 도출** — 평균이 아닌 피크 기준, 마진 ×3 적용
- ③ **vCPU 환산** — PoC 측정값 없으면 트랜잭션당 40ms (일반 업무 관행)
- ④ **사용률 목표** — 평균 50~60%·피크 ≤80% 유지 (HA 절체 시 단독 처리 마진)
- ⑤ **라이선스 영향** — Oracle DB EE·MS SQL EE·VMware vCF Per-Core, SKU 선택이 비용 수억 좌우
- ⑥ **BOM 확정** — 증설·HA 여유 20~30% 마진 포함, 향후 3년 증가율 반영



흔한 실수

- ⑤ 단계 생략 — 같은 성능이면 **코어 적고 클럭 높은 SKU**가 라이선스비 수억 절감
- "코어 많을수록 좋다" 논리 금융 — Per-Core 라이선스 시 비용 폭증

라이선스가 SKU를 결정 — Oracle DB EE·MS SQL EE·VMware vCF가 모두 **Per-Core** 라이선스라, 같은 성능이면 **코어 수가 적고 클럭이 높은 SKU** (예: Xeon Gold 6444Y 16C @ 4.0 GHz)가 라이선스비를 수억 원 단위로 줄인다. 산정 6단계 ⑤에서 SKU가 뒤집히는 사례 찾음 — 자세한 라이선스 비교는 Session 3 [## CPU 산정 \(라이선스\)](#) 참조.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

Memory 산정 — *Working Set·OS 캐시·DB 버퍼풀·세션*



OS·App 메모리

- **OS 기본** — Linux 2~4GB·Windows 4~8GB
- **JVM Heap** — 동접 × 세션메모리 (1MB~수MB)
- **JVM Non-Heap** + Native = Heap × 0.5~1.0
- **컨테이너 베이스 이미지** — Alpine 50MB·Ubuntu 200MB
- **Working Set** — 평소 활성 영역 (RSS)
- **OS Page Cache** — 파일 IO 캐시



DB 메모리

- **Oracle SGA** — 데이터 크기의 20~50%
- **Oracle PGA** — 동시 세션 × 5~20MB
- **MySQL InnoDB Buffer Pool** — 데이터의 50~70%
- **PostgreSQL shared_buffers** — 시스템의 25%
- **MSSQL Buffer Pool** — 가용 메모리의 70~80%



산정 예시 (LMS WAS)

- 동접 2,000명, 세션 4MB
- Heap = 2,000 × 4MB = **8GB**
- Non-Heap + OS = 8GB × 1.5 = **12GB**
- 컨테이너 2개 운영 → 노드당 **24GB**
- 마진 30% → **32GB RAM**



산정 예시 (PostgreSQL DB)

- 데이터 200GB, shared_buffers 25% → **50GB**
- work_mem × 동접 100 × 64MB = **6.4GB**
- effective_cache_size = 시스템의 50% = **100GB**
- 마진 → **128GB RAM** 권장

격언: "DB는 메모리가 곧 성능" — RAM 부족하면 SAN 성능 무관하게 응답 지연.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

23 / 87

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

IOPS 산정 — *Random vs Sequential · Block · Queue Depth*



IOPS 핵심 파라미터

- **Block Size** — 4KB(DB)·64KB(가상화)·1MB(백업)
- **R/W 비율** — OLTP 70:30·DW 95:5·로그 0:100
- **Random vs Sequential** — Random이 5~50배 부담
- **Queue Depth** — 1~8·32 (높을수록 처리량 ↑)
- **Latency** — μ s~ms (NVMe < 0.1ms, HDD 5~10ms)



산정 공식

- **DB IOPS** = TPS × (트랜잭션당 IO 수)
- 일반 OLTP 트랜잭션 — **10~30 IO/TX**
- **백업 IOPS** = 데이터량 ÷ 백업 윈도우
- **로그 IOPS** = TPS × 1~3 (Sequential)



매체별 IOPS·Latency

매체	Random R IOPS	Latency
HDD 7.2K SATA	75~100	8~12ms
HDD 10K SAS	130~150	4~7ms
HDD 15K SAS	175~200	3~5ms
SSD SATA	50,000~100K	0.1~0.5ms
SSD SAS	100K~200K	0.1ms
NVMe Gen 4	500K~1M	<0.1ms
NVMe Gen 5	1M~3M	<0.05ms



예시

- 100 TPS × 20 IO/TX = **2,000 IOPS** 필요
- 마진 ×2 = **4,000 IOPS**
- HDD로 총당 = 40+ 디스크 / NVMe 1대로 충분

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

24 / 87

네트워크 대역 — *Concurrent × bps · 피크 마진*

🌐 산정 공식

- **응용 대역** = $\text{TPS} \times (\text{트랜잭션당 페이로드 bytes}) \times 8 \text{ (bit)}$
- **세션 동시 대역** = 동접 × 평균 bps
- **클라이언트 ↔ Web** = 평균 페이지 1~3MB × TPS
- **Web ↔ WAS** = 200KB ~ 1MB × TPS
- **WAS ↔ DB** = 50~200KB × TPS

📊 표준 대역

- **사무실 단말** — 1Mbps 평균, 10Mbps 피크
- **VDI** — 200Kbps~5Mbps (PCoIP-Blast)
- **Voice (VoIP)** — 80~100Kbps/세션
- **영상 회의 HD** — 1~2Mbps/세션
- **4K 스트리밍** — 25Mbps

🔗 백본·서버 NIC

- **사무실 액세스 스위치** — 1Gbps × 포트
- **분산층 업링크** — 10Gbps
- **코어 스위치** — 40/100Gbps
- **서버 NIC 표준 (2026)** — 25Gbps (2장 LACP)
- **GPU 클러스터** — 100Gbps RoCE / IB NDR 400G

📐 산정 예시

- 100 TPS, 페이지 평균 500KB
- $100 \times 500\text{KB} \times 8 = \mathbf{400 \text{ Mbps}}$ 응용 대역
- 피크 마진 × 3 = **1.2 Gbps**
- → **10G NIC + 25G 백본** 충분

스토리지 용량 — *저장량 · 증가율 · 보관기간 · 압축*

📊 운영 용량 공식

- **운영 = 현재 + (일증가 × 365일 × 5년)**
- **인덱스 가산** — 데이터의 30~50%
- **임시·로그** — 데이터의 20~30%
- **메타데이터** — 5~10%
- **여유 마진** — 30~50%
- 운영 디스크 사용률 70% 이내 유지

📊 백업 용량 공식

- **백업 = (Full × 세대) + (Incremental × 일수)**
- **압축률** — 일반 데이터 2~3:1, DB 4~5:1
- **중복제거** — 백업 10~20:1
- **WORM/Object Lock** — 추가 5~10%

📐 산정 예시 (학사 정보 DB)

- 현재 200GB
- 일증가 500MB → 5년 = **900GB**
- 인덱스 +50% → 1.35TB
- 임시·로그 +30% → 1.75TB
- 마진 +50% → **2.5TB 운영**

📐 백업 산정

- 일 Full 5세대 + 30일 Incremental
- = $(1.35\text{TB} \times 5) + (50\text{GB} \times 30) = \mathbf{8.25\text{TB}}$
- 압축 2:1 + Dedup 5:1 → **0.8TB 실제**
- 마진 +50% → **1.2TB 백업**

📐 비정형 (영상·이미지)

- 일증가 폭증 위험 — 별도 산정
- **Tiering** (Hot-Warm-Cold) 설계

산정 사례 — 동접 10,000 LMS 5년 운영

입력값

- MAU 100,000명·DAU 30,000명·동접 피크 10,000명
- 트랜잭션 — 강의 시청·과제·시험
- 사고시간 — 평균 15초 (LMS 표준)
- 응답시간 — p95 2초
- 가용성 99.9% (월 다운 43분)
- 데이터 — 강의 영상 + 학습 로그
- 보관기간 5년

산정 결과

- TPS — $10,000 \times (1/15) = 667 \text{ TPS}$
- 피크 마진 3배 = **2,000 TPS**
- CPU — $2,000 \times 40\text{ms} \div 0.5 = 160 \text{ vCPU}$
- 노드 분산 (32C × 10대) + HA = **12대**

메모리·스토리지·NW

- WAS Memory — $10,000 \times 4\text{MB} = 40\text{GB Heap} \times 12\text{노드} = 64\text{GB/노드}$
- DB Memory — 200GB 데이터 × 50% = 100GB Buffer + 마진 = **256GB RAM**
- DB IOPS — $2,000 \times 15 \text{ IO} = 30,000 \text{ IOPS}$ → NVMe 필수
- 스토리지 (영상) — 일증가 50GB × 5년 = **90TB** + 마진 → **120TB Object**
- 네트워크 — 영상 1Mbps × 10,000 = **10Gbps** → 25G NIC × LACP

BOM

- App — 32C/64GB × 12대 (Web/WAS)
- DB — Patroni 3 노드 (32C/256GB/4TB NVMe)
- Object — Ceph 120TB (Erasure 8+3)
- NW — Spine 100G × 4, Leaf 25G × 12

산정 사례 — 동접 500 학사 행정 시스템

입력값

- MAU 2,000명·DAU 800명·동접 500명 (수강신청 기간 5,000명 폭증)
- 트랜잭션 — 학적·성적·등록
- 사고시간 평균 30초·수강신청 1초
- 응답시간 p95 3초
- 가용성 99.9%
- 데이터 50GB·일증가 20MB

평시 산정

- TPS = $500 \times (1/30) = 17 \text{ TPS}$
- 피크 마진 ×3 = **50 TPS**
- CPU = $50 \times 40\text{ms} \div 0.5 = 4 \text{ vCPU} \rightarrow 8\text{C 권장}$

수강신청 폭증 산정

- 동접 $5,000 \times (1/1) = 5,000 \text{ TPS}$ (10배+ 폭증)
- $5,000 \times 40\text{ms} \div 0.6 = 333 \text{ vCPU}$
- → 평시 분리 운영 권장 (Auto-Scale 또는 분리 인스턴스)

BOM

- WAS — 평시 16C/32GB × 2대 + 폭증 시 32C × 8대 (Cloud Burst)
- DB — Active-Standby PostgreSQL 16C/64GB
- 스토리지 — 1TB NVMe + 백업 NAS 4TB
- NW — 10G NIC

결정 포인트

- 수강신청 폭증 = 별도 인스턴스 운영 (메인 분리)
- 또는 **Cloud Burst** (하이브리드)
- 평소 자원 낭비 방지

PART D

성능 도구·부하 테스트 — 측정 없이 산정 없다

산정은 가정 + 공식 + **실측 검증**. 부하 테스트 도구 없이 산정은 추측에 불과.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

부하 테스트 도구 — 애플리케이션 부하

Java/Heavy

- **Apache JMeter** — 가장 흔한 표준, GUI·CLI, 플러그인 풍부
- **Gatling** — Scala 기반, 코드형 시나리오, 리포트 미려
- **Tsung** — Erlang 기반, 대규모 분산

경량·CLI

- **wrk / wrk2** — C, 초경량
- **hey** — Go, Apache Bench 후속
- **vegeta** — Go, 일정 RPS 테스트
- **Apache Bench (ab)** — 단순 벤치 표준

현대·DevOps

- **k6 (Grafana)** — JavaScript, 모던 표준, CI 통합
- **Locust** — Python, 분산 부하, 직관적
- **Artillery** — Node.js, YAML 시나리오
- **Drill** — Rust, HTTP 부하

DB·내부

- **HammerDB** — TPC-C·TPC-H 표준 DB 부하
- **sysbench** — MySQL·PostgreSQL 표준
- **pgbench** — PostgreSQL 전용
- **fio** — IO 직접 부하 (스토리지)
- **iozone** — 파일시스템 IO

상용

- **LoadRunner** (OpenText·구 HPE)
- **NeoLoad** (Tricentis)
- **BlazeMeter** (Perforce, JMeter as a Service)
- **LoadView** (Dotcom-Monitor)

선택 기준

- 개발팀 친화 — k6·Gatling (코드)
- 표준·교과서 — JMeter
- 대규모 — Tsung·Locust
- DB 단독 — HammerDB·sysbench
- CI/CD 통합 — k6 (CLI·Cloud)

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

시스템 모니터링 CLI — *perf · sar · iostat · vmstat · top*

CPU·프로세스

- **top / htop / btop** — 실시간 프로세스
- **pidstat** — PID별 상세
- **mpstat** — CPU 코어별
- **perf** — 커널 프로파일링
- **strace / ltrace** — 시스템콜·라이브러리
- **uptime / w** — 부하 평균

메모리

- **free -h** — 사용량
- **vmstat 1** — VM·스왑·CPU·IO
- **smem** — 프로세스별 PSS
- **slabtop** — 커널 슬랩
- **/proc/meminfo** — 상세

IO·디스크

- **iostat -x 1** — 디스크 통계 (await-svctm-util)
- **iotop** — 프로세스별 IO
- **dstat** — 통합 (CPU·IO·NW)
- **blktrace** — 블록 IO 추적
- **fio** — IO 부하 도구
- **df / du / ncdu** — 사용량

네트워크

- **ss / netstat** — 소켓
- **iftop / nload** — 인터페이스
- **nicstat** — NIC 상세
- **ethtool** — NIC 설정·통계
- **tcpdump / tshark** — 패킷
- **ip / ifconfig** — 인터페이스

통합·연속 측정

- **sar (sysstat)** — 모든 자원 시계열 기록·재생
- **collectl** — 통합 측정
- **dstat** — 실시간 통합
- **atop** — 프로세스 + 시스템
- **glances** — Python 통합 대시보드
- **nmon (AIX·Linux)** — 시계열 리포트

TA의 사용 습관

- **장애 시** — top/iostat/vmstat 3종 우선
- **상시** — sar로 시계열 저장
- **GUI 분석** — kSar-collectl reader

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

31 / 87

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

네트워크 도구 — *iperf3 · Wireshark · MTR · tcpdump*

처리량·연결

- **iperf3** — TCP/UDP 처리량 측정 (대역폭 표준)
- **ntopng / nProbe** — NetFlow-sFlow 시각화
- **bmon** — 대역폭 실시간

패킷 분석

- **Wireshark / tshark** — 패킷 분석 표준
- **tcpdump** — CLI 패킷 캡처
- **ngrep** — grep 스타일 패킷 검색
- **httprry** — HTTP 트래픽 전용

경로·연결

- **ping** — ICMP 도달
- **traceroute / tracepath** — 경로 추적
- **MTR (My Traceroute)** — ping + traceroute 통합
- **mtr --report** — 지속 모니터링
- **dig / nslookup** — DNS 조회
- **nmap** — 포트 스캔 (TA 진단 용)

TA의 진단 시퀀스

1. **ping** — 도달 여부
2. **MTR** — 경로 지연·손실
3. **iperf3** — 실측 대역폭
4. **tcpdump → Wireshark** — 페이로드 분석

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

32 / 87

부하 테스트 시나리오 — 5종 표준 패턴



테스트 종류

1. **Smoke Test** — 최소 부하로 동작 확인 (5~10분)
2. **Load Test** — 예상 평균 부하 (1~2시간)
3. **Stress Test** — 한계까지 증가 (점진 증가)
4. **Spike Test** — 갑작스러운 폭증 (이벤트 대응)
5. **Soak Test** — 장시간 (8~24시간, 메모리 누수)



워크플로 구간

- **Ramp-up** — 부하 점진 증가 (10~20분)
- **Plateau** — 목표 부하 유지 (30분~수시간)
- **Ramp-down** — 부하 감소
- **Recovery** — 시스템 복귀 관찰



측정 지표

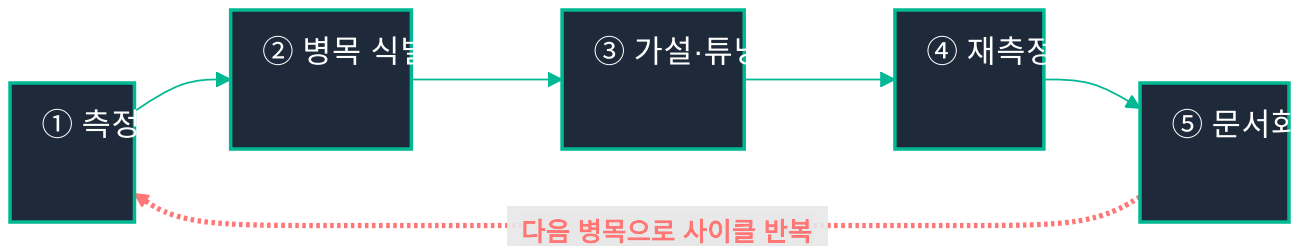
- **TPS-RPS** — 처리량
- **응답시간** — 평균·p50·p95·p99
- **에러율** — 5xx·timeout·connection refused
- **자원 사용률** — CPU·Mem·IO·NW
- **포화점 (Knee)** — 응답시간 급증 지점



흔한 실수

- **테스트 환경 ≠ 운영 환경** — 결과 신뢰성↓
- **외부 의존 미복합** — 실제 NW·DB 부하 거의 없음
- **단일 시나리오만** — 복합 시나리오 누락
- **로컬 부하기** — NIC 병목, 분산 부하기 필요

성능 튜닝 — 5단계 사이클



튜닝 대상 계층

- **App 코드** — 알고리즘·캐싱·async
- **JVM** — Heap·GC·MetaSpace
- **DB** — 인덱스·쿼리·풀
- **OS** — sysctl·ulimit·sched
- **HW** — CPU 코어·NIC·디스크 매체



튜닝 원칙

- **한 번에 하나만 변경** — 효과 측정 가능
- **Baseline 확보** — 비교 기준
- **변경 사항 문서화** — 롤백 가능
- **Premature Optimization 회피** — 측정 후 튜닝
- **80/20 법칙** — 병목 20%가 80% 효과

PART E

관찰성 3대 축 — *Metrics · Logs · Traces*

모니터링은 "정해진 것을 본다", 관찰성은 "모르는 것을 캐낼 수 있다".

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

Observability vs Monitoring — 무엇이 다른가

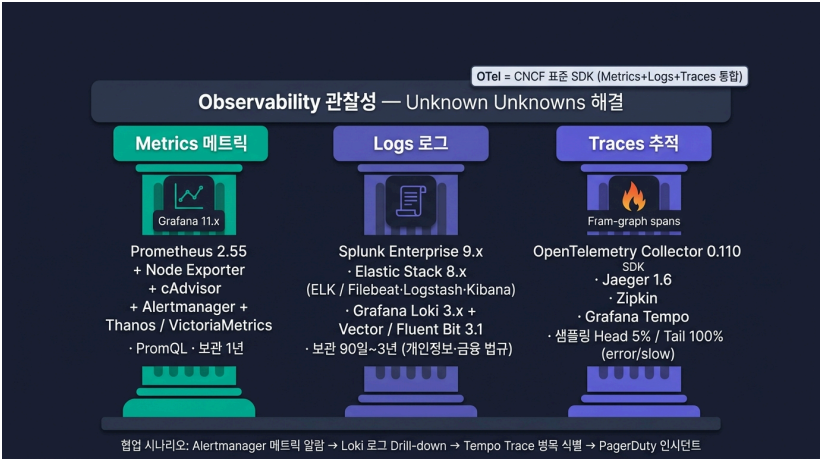
Monitoring (전통)

- 사전 정의된 메트릭 수집
- 임계치 기반 알람 (CPU > 80%)
- **What's wrong?** (무엇이 문제인가)
- **Known unknowns** 대응
- 대시보드 중심
- 예: Zabbix·Nagios·PRTG

Observability (현대)

- 시스템 상태를 외부에서 추론 가능
- **임의 질문에** 답할 수 있음 ("왜 이 요청만 느리지?")
- **Why?** (왜 그런가)
- **Unknown unknowns** 대응
- 탐색 중심 (Drill-down)
- 3대 축: **Metrics · Logs · Traces**

관찰성은 모니터링의 상위 개념 — 모니터링이 가능한 시스템 + 임의 질문에 답할 수 있는 시스템.



관찰성 3대 축 (삽화)

Metrics · Logs · Traces — 역할 분담

Metrics (메트릭)

- 숫자 시계열 — 시간별 값
- 예: CPU% · 메모리 · TPS · 응답시간 · 에러율
- 집계·평균·트렌드
- 저장 효율 — 매우 높음 (시계열 DB)
- 보관 — 장기 (수개월~연)
- 알람: SLO 지표 산출 기반
- 도구: Prometheus-VictoriaMetrics-InfluxDB-Datadog

Logs (로그)

- 이벤트 기록 — 텍스트·JSON
- 예: 액세스 로그·에라·감사·디버그
- 특정 시점 상세 정보
- 저장 효율 — 낮음 (텍스트 풍부)
- 보관 — 법규 단계·중기 (3개월~3년)
- 누가·언제·무엇 검색
- 도구: ELK-Loki-Splunk-Graylog

Traces (분산 추적)

- 요청 흐름 추적 — Span 트리
- 예: 단일 요청이 거친 모든 서비스·DB-API
- MSA-분산 시스템의 핵심
- 저장 효율 — 중간 (샘플링)
- 보관 — 단기 (수일~주)
- 병목 위치·연쇄 장애 분석
- 도구: OpenTelemetry-Jaeger-Zipkin-Grafana Tempo

3축 협업 예: Metrics 알람("응답시간 급증") → Logs 검색("어떤 요청이?") → Traces 분석("어디서 지연?")

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

NMS — Network Management System 카탈로그

🔧 오픈소스·표준

- **Zabbix** — 한국 표준 오픈소스, 강력·복잡
- **Nagios / Nagios XI** — 전통 표준
- **LibreNMS** — Observium 후속, SNMP 자동발견
- **Observium** — 무료/상용 분리
- **Cacti** — RRDtool 기반 그래프
- **Icinga** — Nagios 포크, 모던 UI
- **Checkmk** — 오픈소스 + Enterprise

👛 상용

- **SolarWinds NPM** — 글로벌 표준
- **PRTG (Paessler)** — 센서 단위 라이선스
- **ManageEngine OpManager** — 한국 점유율 높음
- **LogicMonitor** — SaaS·자동발견
- **Datadog Infrastructure** — SaaS 종합
- **Auvik** — MSP 친화
- **Cisco DNA Center** — Cisco 통합

🗣️ TA의 결정

- **공공·SI 표준** — Zabbix · SolarWinds
- **클라우드** — Datadog · LogicMonitor
- **소규모** — PRTG · LibreNMS

📖 **NMS 대시보드 reference** - Zabbix 공식 데모 — zabbix.com/demo - Nagios XI Dashboard — nagios.com/products/nagios-xi - SolarWinds NPM 스크린샷 — solarwinds.com/network-performance-monitor - PRTG 데모 — paessler.com/prtg/demo - ManageEngine OpManager — manageengine.com/network-monitoring

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화



NMS — Network Management System 카탈로그

APM — Application Performance Monitoring

 **한국 APM**

- **Pinpoint** — Naver 오픈소스, Java 강점
- **Scouter** — LG CNS 오픈소스, 한국 SI 표준
- **Jennifer** — 제니퍼소프트 상용, 한국 1위 점유율
- **WhaTap** — SaaS 형태 한국 APM

 **글로벌 상용 APM**

- **New Relic** — SaaS 표준
- **AppDynamics** — Cisco 인수, 엔터프라이즈
- **Datadog APM** — 종합 플랫폼
- **Dynatrace** — AI 기반 자동 분석 (Davis AI)
- **Instana** — IBM, 자동 발견
- **Splunk APM (Observability)** — Splunk 통합

 **APM 측정 항목**

- **응답시간** — 평균-p95-p99
- **TPS-에러율**
- **트랜잭션 분해** — 단계별 시간
- **DB 쿼리 분석** — Slow Query
- **외부 API 호출** — 지연 분포
- **JVM** — Heap-GC-Thread-CPU
- **사용자 경험 (RUM)** — 실제 브라우저 측정
- **Synthetic Monitoring** — 가짜 사용자 시뮬레이션

 **TA의 결정**

- **공공·금융 (한국)** — Jennifer · Scouter
- **신규 SaaS** — Datadog · New Relic
- **자동화 강점** — Dynatrace
- **오픈소스** — Pinpoint + Elastic APM

 **APM 콘솔 reference**

- Pinpoint (Naver) — github.com/pinpoint-apm/pinpoint (스크린샷 풍부) - Scouter (LG CNS) — github.com/scouter-project/scouter - Jennifer (제니퍼소프트) — jennifersoft.com - Datadog APM Service Map — docs.datadoghq.com/tracing/services/service_map - Dynatrace Smartscope — dynatrace.com/platform

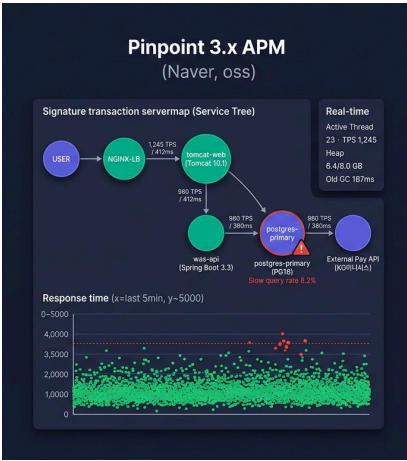
© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

41 / 87

#42

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

Pinpoint 3.x APM
(Naver, oss)



Scouter Suite 2.x APM (LG CNS, oss)
+ Jennifer 6 sidebar

APM — Application Performance Monitoring

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

42 / 87

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 21 / 130

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

로그 통합 — *ELK · Splunk · Loki · Fluentd*

● ELK Stack (Elastic Stack)

- **Elasticsearch** — 검색 엔진 (Lucene 기반)
- **Logstash** — 수집·가공 파이프라인
- **Kibana** — 대시보드·검색 UI
- **Beats** (Filebeat·Metricbeat) — 경량 수집기
- 무료 → **Open Distro** · **OpenSearch (AWS Fork)**

■ 상용 로그

- **Splunk Enterprise / Cloud** — 압도적 표준, 비싼 라이선스
- **Sumo Logic** — SaaS 표준
- **Graylog** — 오픈/상용
- **Datadog Logs** — 통합 플랫폼

■ 수집기·파이프라인

- **Fluentd** — CNCF, Ruby
- **Fluent Bit** — 경량, C
- **Vector** — Rust, 빠름
- **Logstash** — Elastic
- **rsyslog** · **syslog-ng** — 전통 syslog

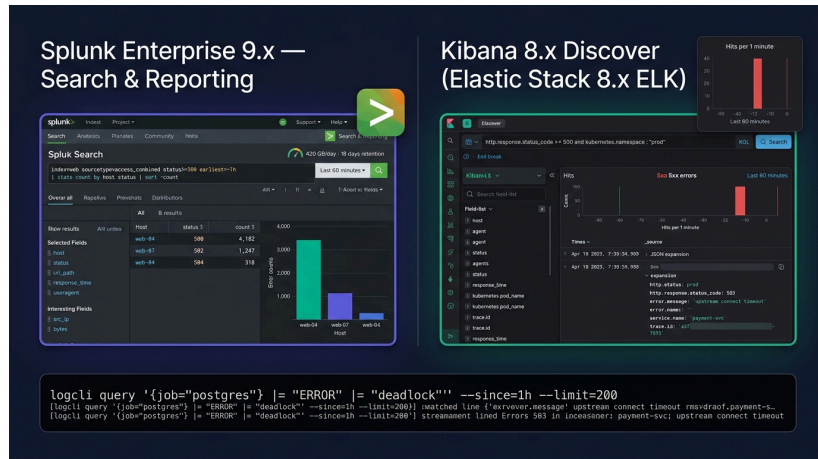
NEW 클라우드 네이티브

- **Loki (Grafana)** — Prometheus 스타일 로그, 저렴
- **Tempo (Grafana)** — Trace 통합
- **AWS CloudWatch Logs**
- **GCP Cloud Logging**
- **Azure Monitor Logs**

2026 추세: 비용 부담 큰 ELK·Splunk → **Loki + Grafana** 또는 **Vector + ClickHouse** 이전.

📦 **로그 통합 콘솔 reference** - Splunk Search & Reporting — splunk.com/en_us/products/splunk-enterprise.html - Kibana Discover — elastic.co/kibana - Grafana Loki + Explore — grafana.com/oss/loki - Graylog — graylog.org - Datadog Logs Explorer — docs.datadoghq.com/logs

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화



로그 통합 — *ELK · Splunk · Loki · Fluentd*

메트릭 — Prometheus · Grafana · InfluxDB · Thanos



Prometheus 생태계

- Prometheus — CNCF, Pull 방식 표준
- Node Exporter — 시스템 메트릭
- cAdvisor — 컨테이너
- Pushgateway — 배치 작업
- Alertmanager — 알람 라우팅·중복 제거
- PromQL — 표준 쿼리 언어



장치 저장·확장

- Thanos — 멀티 클러스터·장치 저장
- Cortex — 멀티 테넌시·장치 저장
- Mimir (Grafana) — Cortex 후속
- VictoriaMetrics — 고성능 대안
- M3DB (Uber) — 대규모 분산



시계열 DB (TSDB)

- InfluxDB / InfluxDB Cloud
- TimescaleDB — PostgreSQL Extension
- OpenTSDB — Hadoop 기반
- Graphite — 전통 표준
- QuestDB — 신규 고성능



시각화·대시보드

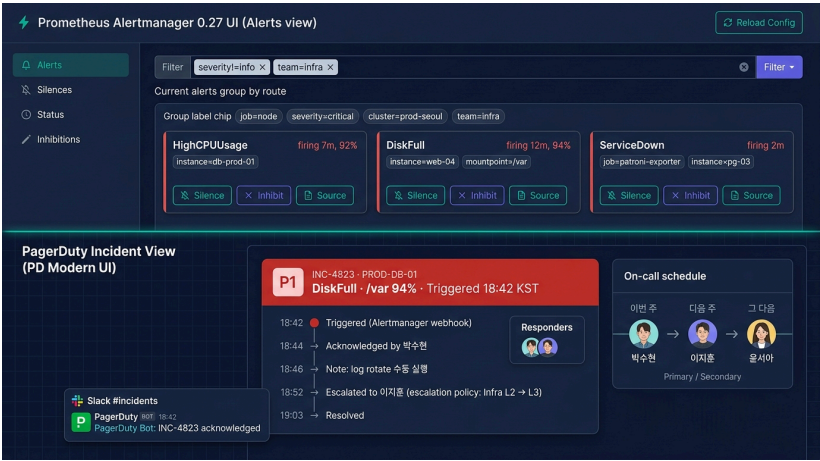
- Grafana — 압도적 표준
- Kibana — Elastic 통합
- Chronograf — InfluxDB 통합
- Datadog 대시보드



TA의 결정

- 표준 조합 — Prometheus + Grafana + Alertmanager
- 장기 보관 — Thanos · VictoriaMetrics
- 상용 SaaS — Datadog · New Relic

☛ 메트릭·알람·APM 대시보드 reference - Grafana 공식 dashboards — grafana.com/grafana/dashboards - Prometheus Alertmanager UI — prometheus.io/docs/alerting/latest/alertmanager - PagerDuty Incident Console — pagerduty.com/platform/incident-management - Datadog APM Service Map — docs.datadoghq.com/tracing/services/service_map - Dynatrace Smartscope (Davis AI) — dynatrace.com/platform - New Relic One — newrelic.com/platform - VictoriaMetrics — victoriametrics.com



메트릭 — Prometheus · Grafana · InfluxDB · Thanos

알람·On-Call — PagerDuty · OpsGenie · 알람 피로



알람 도구

- **PagerDuty** — 글로벌 표준, on-call 로테이션
- **OpsGenie (Atlassian)** — Jira 통합
- **Splunk On-Call (구 VictorOps)**
- **Squadcast · Better Stack · Grafana OnCall**
- **Slack·Teams·Webhook** — 가벼운 통보
- 카카오톡·SMS·전화 — 한국 NOC 운영



라우팅·중복 제거

- **Alertmanager (Prometheus)** — Group-Inhibit-Silence
- **PagerDuty Event Rules**
- **에스컬레이션 정책** — 5분 미응답 → 다음 사람



알람 피로 (Alert Fatigue)

- 알람이 너무 많으면 무시·번아웃
- 진짜 장애 알람 놓침
- **사라져야 할 알람:**
- 자동 회복하는 일시 장애
- 임계치 너무 낮음
- 중복·반복
- 실행 불가 (Actionable 아님)



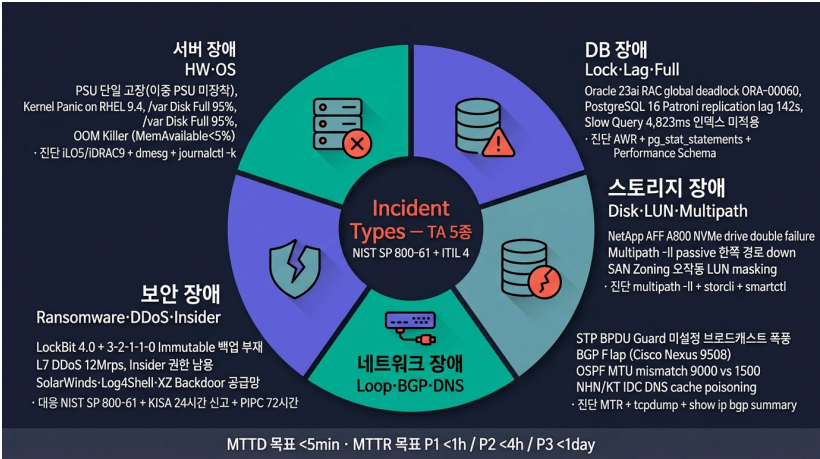
알람 설계 원칙

- **Actionable** — 받은 사람이 행동 가능
- **사람 알람 + 자동 복구 분리**
- **SLO 기반** — Error Budget 소진 시 알람
- **심각도별 라우팅** — P1 즉시·P3 다음날

PART F

장애 시나리오·대응 — 5종 장애 · 5단계 절차 · RCA 5기법

모든 시스템은 결국 망가진다. **얼마나 빨리 회복하고 배우는가**가 TA의 진짜 실력.



장애 5종 wheel (삽화)

서버 장애 — HW · OS · 메모리 · 디스크

🔥 HW 장애

- **PSU (Power Supply)** — 전원 끊김, 이중 PSU 필수
- **Fan 고장** — 발열 → 자동 정지
- **메모리 ECC 정정** — 경고 → 교체 예고
- **메모리 Uncorrectable** — 즉시 정지
- **CPU 손상** — 매우 드물
- **디스크 SMART 경고** — 사전 교체 (예방 정비)
- **NIC/HBA 고장** — Bonding/Multipath로 회피

🛡️ OS 장애

- **Kernel Panic (Linux)** — 커널 충돌, 자동 재부팅
- **BSOD (Windows)** — Blue Screen
- **메모리 누수** — OOM Killer 발동
- **디스크 풀 (/var/tmp)** — 로그 폭증
- **Zombie/Defunct 프로세스 폭증**

🔍 진단 시퀀스

1. **iLO/iDRAC 콘솔 접근** — HW 상태 확인
2. **SEL (System Event Log)** — HW 이벤트
3. **dmesg / journalctl -k** — 커널 메시지
4. **/var/log/messages-syslog** — 시스템 로그
5. **top-iostat-vmstat** — 자원 상태
6. **df -h-du** — 디스크 사용량
7. **SMART (smartctl)** — 디스크 건강

📋 사전 예방

- **iLO/iDRAC 알람** → NMS-SIEM 연동
- **디스크 SMART 임계** 자동 발주
- **메모리 ECC 카운터** 임계 알람
- **디스크 사용률 80%** 알람
- **세션 누수** 모니터링

DB 장애 — Lock · Slow Query · Replication Lag

🔥 흔한 DB 장애

- **테이블 락 (Deadlock/Lock Wait)** — 트랜잭션 충돌
- **Slow Query** — 인덱스 누락·통계 오래됨
- **Replication Lag** — Standby 뒤처짐
- **Standby 깨짐** — 복제 끊김
- **TEMP-UNDO 풀** — 대용량 정렬·트랜잭션
- **Connection Pool 고갈** — 연결 누수·과다 요청
- **Disk Full** — 로그·아카이브 미회수
- **Statistics Stale** — 옵티마이저 오판
- **Index Bloat** — 재구성 필요

🔧 진단 도구

- **AWR / Statspack** (Oracle)
- **pg_stat_statements** (PostgreSQL)
- **Performance Schema** (MySQL)
- **DMV** (MSSQL)

🚗 대응 절차

1. **활성 세션** — `v$$session.pg_stat_activity.sp_who2`
2. **Lock 분석** — Holder vs Waiter
3. **Slow Query** — TOP-N 쿼리·실행 계획
4. **Replication Status** — Lag·last_replay_time
5. **Resource** — CPU·IO·메모리
6. **즉시 조치** — Lock Holder Kill·Standby 재구성
7. **사후** — 인덱스 추가·통계 갱신·튜닝

📋 예방

- **Slow Query 알람** — > 3초 알람
- **Lock Wait 임계** — 30초 알람
- **Replication Lag 임계** — 60초 알람
- **Connection Pool 사용률 80%** 알람

```
[park@bastion ~]$ kubectl logs -f deploy/payment-svc -n prod --tail=200 (Kubernetes v1.31, cluster=prod-seoul-rke2)
2026-05-30T03:42:11.182Z ERROR [ HikariPool-1 ] could not acquire connection from pool (timeout 5000ms,
active=50/50, idle=0, pending=18) - exhausted
2026-05-30T03:42:12.041Z WARN [ orderRepl ] slow query detected: 4823ms SELECT o.* FROM orders o JOIN payments
p ON p.order_id=o.id WHERE o.created_at > $1 - missing index on (created_at, status)
2026-05-30T03:42:13.118Z ERROR [ tx-mgr ] org.springframework.transaction.CannotCreateTransactionException
2026-05-30T03:42:14.012Z INFO [ actuator ] health check ok (db=UP redis=UP rabbit=UP)
2026-05-30T03:42:14.012Z INFO [ actuator ] health check ok (db=UP redis=UP rabbit=UP)
[park@bastion ~]$

$ kubectl describe pod payment-svc-7d8c4f9-xz9k2 -n prod
Status: Running (Last Probe Failed)
Conditions:
  Initialized=True ContainersReady=False PodScheduled=True
Containers Restart Count: 3
Last State: Terminated Reason: OOMKilled Exit Code: 137 Started: ... Fin
03:40:17Z
Events:
  Type State Age Status User
Warning Unhealthy 2m kubelet Liveness probe failed: HTTP 503 /
Warning BackOff 1m kubelet Back-off restarting failed container /
Normal Pulled 30s kubelet Container image registry.lg-cns.com/payment-svc:v2.14.7 pulled

$ kubectl get pods -A --field-selector=status.phase!=Running
NAME STATUS AGE
paym-svc-7d8c4f9-xz9k2-v8b7 NotRunning CrashLoopBackOff 1m
paym-svc-7d8c4f9-xz9k2-v8b7 Running Pending 1s
paym-svc-7d8c4f9-xz9k2-v012 Running Pending 1s
paym-svc-7d8c4f9-xz9k2-v8b9 Running Evicted 1s
```

DB 장애 — Lock · Slow Query · Replication Lag

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

스토리지 장애 — *Disk · LUN · Multipath · Snapshot*

흔한 스토리지 장애

- **디스크 단일 고장** — RAID로 회피, 재구성
- **다중 디스크 고장** — RAID 6도 위험
- **LUN Masking 오류** — 호스트 접근 차단
- **WWN 변경 미반영** — HBA 교체 후
- **Multipath 실패** — 한쪽 경로만 사용 → 성능↓
- **Zoning 오류** — SAN 패브릭 격리
- **Snapshot Full** — Snapshot 영역 포화
- **Replication 끊김** — Primary-Secondary
- **Controller Failover** — 짧은 IO 지연

진단 도구

- **multipath -ll** (Linux)
- **storcli-megacli** (RAID 컨트롤러)
- **smartctl** (디스크 SMART)
- **vendor CLI** — NetApp `sysstat` · Dell `solutions enabler`

대응 절차

1. **알람 확인** — NMS·벤더 콘솔
2. **경로 점검** — Multipath 양쪽 활성화
3. **RAID 상태** — Degraded·Rebuilding
4. **Snapshot 영역** — 용량·자동 회수
5. **벤더 콜** — H/W 교체 (Hot Spare)
6. **재구성 모니터링** — Rebuild 시간 (시간~일)
7. **사후** — Hot Spare 재배치·정기 점검

예방

- 다중 RAID 1+0·6 + Hot Spare 설계
- Multipath 양쪽 정상 알람
- Snapshot 영역 80% 알람
- Replication Lag 알람
- 벤더 자동 콜홈 (Phone Home)

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

53 / 87

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

네트워크 장애 — *Loop · BGP · MTU · ARP · DNS*

흔한 NW 장애

- **케이블 단선** — 물리적·뱃힘
- **STP Loop** — 미설정 포트 → 브로드캐스트 폭풍
- **BGP Flap** — Peer 다운·정책 오류
- **OSPF Adjacency** — 인증·MTU 불일치
- **MTU Mismatch** — Jumbo Frame 부분 적용
- **ARP Storm** — Proxy ARP·Gratuitous ARP
- **DNS 장애** — 외부 DNS·Cache 오염
- **NTP 어긋남** — 인증서·로그 시간 오류
- **DDoS** — 외부 폭주
- **VLAN 누락** — Trunk 미허용
- **Asymmetric Routing** — 응답 경로 불일치

진단 시퀀스

1. **인터페이스 상태** — `show interface·ethtool`
2. **CDP/LLDP 이웃** — 연결 확인
3. **STP 상태** — Root-Blocked Port
4. **MAC 학습** — `show mac address-table`
5. **ARP 캐시** — `arp -an`
6. **라우팅 테이블** — `show ip route`
7. **MTU·DF bit** — `ping -M do -s 8972`
8. **DNS·NTP** — `dig·chronyc·ntpq`
9. **패킷 캡처** — `tcpdump·SPAN`

예방

- BPDU Guard·Root Guard·Loop Guard
- 포트 모니터링·LLDP 의무화
- DNS 이중화 (Primary + Secondary)
- NTP Stratum 1 + Stratum 2 이중화

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

54 / 87

보안 장애 — *Ransomware · DDoS · Insider · Supply Chain*

 흔한 보안 장애

- 랜섬웨어 — 파일 암호화·금전 요구
- DDoS — 외부 트래픽 폭주
- 내부자 유출 — 권한 남용·실수
- 계정 탈취 — 피싱·비밀번호 재사용
- 공급망 공격 — 3rd party SW 침해 (SolarWinds·Log4Shell·XZ Backdoor)
- APT — 장기간 잠복·표적
- 악성 코드 — 트로이·웜·키로거
- 웹쉘 업로드 — 파일 업로드 취약점
- SQL Injection — DB 직접 접근

 탐지 도구

- EDR / XDR
- SIEM 롤·이상행위
- WAF / Anti-DDoS
- NDR (Network Detection & Response)

 인프라 운영 관점 — 감지·격리 2축

- 감지 — SIEM·EDR·이상 트래픽·NDR 롤 → 자동 알람을 NOC/SOC 통합 채널로
- 격리 — 망 차단(VLAN/ACL)·계정 잠금(IAM)·VM 스냅샷·세션 강제 종료

 NIST SP 800-61 6단계

(Preparation·Detection·Containment·Eradication·Recovery·Lessons Learned) 본문은 Session 7 ## 침해 사고 대응 참조 — KISA 72시간 신고 등 한국 절차 포함.

 사전 예방

- Immutable 백업 (3-2-1-1-0)
- MFA 의무화
- 권한 최소화 (PoLP)
- 공급망 SBOM 관리
- 모의 침투·취약점 진단 정기

장애 대응 5단계 — *Detect · Contain · Investigate · Recover · Postmortem*



탐지 → 격리 → 조사 → 복구 → 회고의 **사이클**. 회고에서 도출된 개선이 다음 사이클의 탐지 역량으로 환류된다.

장애 대응 — 단계별 행동 가이드

① Detection (탐지)

- 알람·로그·고객 신고
- 영향 범위 1차 확인
- 등급 판정 (P1·P2·P3)

② Containment (격리)

- 영향 확산 차단
- 트래픽 차단·계정 정지
- 백업·증거 보존

③ Investigation (조사)

- 원인 분석·재현
- 로그·트레이스·메트릭 협업
- 5 Why·Fishbone

④ Recovery (복구)

- 정상 상태 복귀
- 데이터 정합성 확인
- 모니터링 강화

⑤ Postmortem (회고)

- Blameless** — 사람 비난 금지, 구조 개선
- 타임라인·원인·교훈
- Action Item 추적
- 개선 사항 → 다음 Detection 강화

🎯 KPI

- MTTD** (Mean Time To Detect) — 탐지까지
- MTTR** (Mean Time To Recover) — 복구까지
- MTBF** — 장애 간 평균
- MTBI** — 사고 간 평균

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

57 / 87

#58

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

P1 (코어 다운, 매출 영향) → 1시간 안에 5단계 완주 · P2 4h · P3 1day

① Detection 탐지	② Containment 격리	③ Investigation 조사	④ Recovery 복구	⑤ Postmortem 회고
Tools Prometheus 2.55 Alertmanager + Zabbix 7.0 + Datadog	Tools F5 BIG-IP iRules 트래픽 차단 + Cisco ASA shun + Active Directory 계정 정지 + K8s NetworkPolicy isolate	Tools Splunk Enterprise 9.x SPL + Grafana Loki logcli + Jaeger 1.6 trace + 5 Why + Change Analysis	Tools Pacemaker pcs resource cleanup + Patroni failover + Ansible Automation Platform 2.5 rollback Playbook + Argo CD sync	Tools Atlassian Confluence Postmortem 양식 + Jira Action Items + Blameless 5 Why + Fishbone 6M
KPIs · MTTD <5min · Detection Rate 90%+ · False Positive <5%	KPIs MTTC <10min	KPIs RCA 도출 <30min	KPIs · MTTR P50 12min · P95 38min · P1 <1h	KPIs · Action Item 종료율 90%+ · Repeat Rate <5%

개선 → 강화된 탐지 (알람 룰 갱신 · Runbook 추가 · SOP 보강)

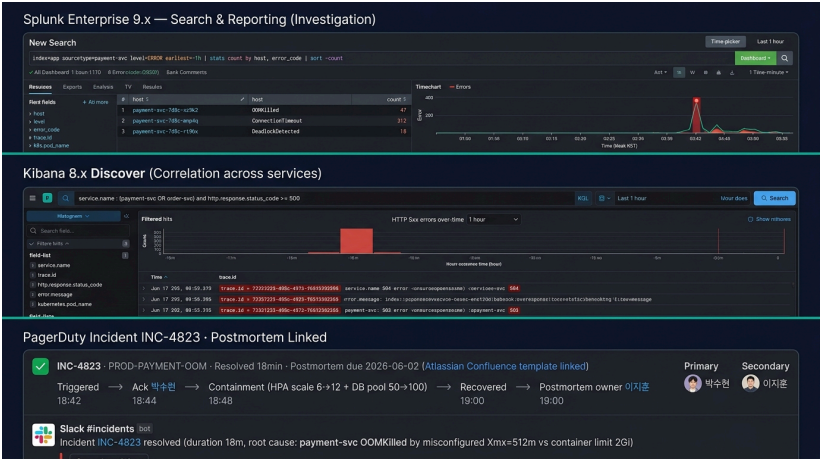
장애 대응 5단계 흐름 (삽화)

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

58 / 87

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 29 / 130



장애 대응 콘솔 사이클 (삽화)

RCA — Root Cause Analysis 5기법

🧐 5 Why

- 왜?를 5번 반복하여 근본 원인 도달
- 가장 단순-강력
- 예: "사이트 다운 → DB 다운 → 디스크 풀 → 로그 미회수 → 회수 스크립트 미작동 → cron 권한 변경"
- 마지막 Why가 구조적 원인 = 진짜 RCA

🐟 Fishbone (특성요인도-이시카와)

- 6M (Man-Machine-Material-Method-Measurement-Environment)
- 또는 4P (Policy-Process-People-Plant)
- 시각적 가치치기
- 협업-브레인스토밍에 적합

🌳 Fault Tree Analysis (FTA)

- Top Event (장애) → 하위 원인 트리
- AND-OR 게이트로 논리 결합
- 항공-원자력-의료 표준
- 확률 계산까지 가능

📊 Pareto Analysis

- 80/20 법칙 — 20% 원인이 80% 장애
- TOP-N 빈도 분석
- 우선순위 결정

🔄 Change Analysis

- 변경 전후 비교 — "무엇이 바뀌었나?"
- 80% 이상 장애는 변경 직후 발생
- 변경관리 (CR-CAB) 기록 필수

궤언: "장애 원인의 80%는 직전 변경" — Change Analysis가 가장 빠른 RCA.

장애 KPI — MTTR · MTBF · Detection Rate



핵심 KPI

- **MTTD** (Mean Time To Detect) — 발생 → 탐지
- 목표: < 5분 (자동 알람)
- **MTTA** (Mean Time To Acknowledge) — 탐지 → 인지
- 목표: < 5분 (on-call)
- **MTTR** (Mean Time To Recover) — 탐지 → 복구
- 목표: 등급별 (P1 1시간·P2 4시간·P3 1일)
- **MTBF** (Mean Time Between Failures) — 장애 간격
- **MTBI** (Mean Time Between Incidents) — 사고 간격



부가 KPI

- **Detection Rate** — 자동 탐지 비율 (목표 90%+)
- **False Positive Rate** — 오탐 비율 (목표 < 5%)
- **Auto-Remediation Rate** — 자동 복구 비율
- **Repeat Rate** — 동일 원인 재발률
- **SLO 위반 빈도**



산업 표준 목표

- 공공·금융 코어 — MTTR < 1시간
- 일반 업무 — MTTR < 4시간
- 저관심 시스템 — MTTR < 1일

PART G

IaC · SRE · 자동화 — 반복 가능한 운영

한 번 손으로 한 작업은 두 번부터 자동화한다 — **Toil**은 SRE의 적.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

IaC — *Infrastructure as Code* · 왜 필요한가

💡 IaC가 해결하는 문제

- 수동 설정 → 환경 차이 (Snowflake)
- 재현 불가 → 장애 시 복구 어려움
- 기록 없음 → 변경 추적 불가
- 인력 의존 → 숙인화·휴가 시 정지
- 확장 한계 → 노드 추가 시 시간 소요

🎯 IaC 핵심 원칙

- 선언적 (Declarative) — "어떤 상태인지" 선언
- 버전 관리 (Git) — 변경 추적·롤백
- 멍등성 (Idempotent) — 여러 번 실행해도 같은 결과
- 자동화 (CI/CD) — 사람 개입 최소화

📊 도구 분류

- 구성 관리 — 기존 서버 설정 (Ansible·Puppet·Chef·SaltStack)
- 프로비저닝 — 신규 자원 생성 (Terraform·Pulumi·CloudFormation)
- 컨테이너 오케스트레이션 — K8s·Helm·Kustomize
- GitOps — Argo CD·Flux

⚠️ IaC 함정

- State 파일 충돌 — Terraform state lock 필수
- Secrets 관리 — Git에 평문 금지 (Vault·SOPS)
- Drift — 손으로 변경 → IaC와 불일치
- 테스트 부족 — IaC도 코드, 테스트 필요

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

63 / 87

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

구성 관리 — *Ansible · Puppet · Chef · SaltStack* 비교

🔧 4대 도구 비교

도구	언어	Agent	학습
Ansible	YAML	Agentless (SSH)	쉬움
Puppet	DSL	Agent	중간
Chef	Ruby DSL	Agent	어려움
SaltStack	YAML	Agent (ZeroMQ)	중간

🎯 한국 SI 표준

- Ansible — 압도적 1위 (Agentless 편의)
- Puppet — 글로벌 엔터프라이즈 잔존
- Chef — 게임·웹 일부
- SaltStack — 대규모 분산 일부

⚠️ 도구 선택 기준

- 1000+ 노드 → Pull 모델 (Puppet·Salt) 유리
- 비동기 작업 → 별도 Job 큐 필요
- 신규 도입 → Ansible 우선

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

64 / 87

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

🏆 Ansible (Red Hat) — 깊이 + 사용 사례

🏆 Ansible 핵심 개념

- **Agentless** — SSH만 있으면 동작
- **Playbook** — YAML 선언적 정의
- **Inventory** — 호스트 그룹 관리
- **Module 풍부** (3,000+)
- **Roles** — 재사용 표준화
- **Ansible Vault** — 비밀 암호화
- **AWX / Tower / AAP** — Red Hat Web UI

📋 한국 SI 운영 사용 사례

- **OS 표준화** — 초기 설정-정기 패치
- **App 배포** — 멀티 노드 동시 배포
- **DB 스키마 변경** — 정형 작업 자동화
- **NW 장비 설정** — Cisco-Juniper 모듈
- **컴플라이언스 체크** — CIS Benchmark
- **장애 대응 Runbook** — Playbook으로 코드화

📖 **Ansible-kubectl-Helm-docker CLI / 콘솔 reference** - Ansible 공식 문서 — docs.ansible.com - Red Hat Ansible Automation Platform (구 Tower) / AWX — ansible.com/products/automation-platform - kubectl Cheat Sheet — kubernetes.io/docs/reference/kubectl/cheatsheet (`kubectl get pods` · `kubectl describe pod` · `kubectl logs -f`) - Helm — helm.sh (`helm install` · `helm upgrade` · `helm list`) - Docker / Docker Compose — docs.docker.com (`docker ps` · `docker-compose up`) - Rundeck Runbook UI — rundeck.com

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 8 · HA · 용량 산정 · 관찰성 · 장애 대응 · 운영 자동화

```
ansible-playbook site.yml -i inventories/prod --check --diff (Ansible Automation Platform 2.5 / ansible-core 2.17)

PLAY [webservers] *****

TASK [common : install nginx 1.26 LTS] *****
ok: [web-01.prod.lg-cns.com]
ok: [web-02.prod.lg-cns.com]
changed: [web-03.prod.lg-cns.com]

PLAY RECAP *****
web-01      : ok=12  changed=2  unreachable=0  failed=0  skipped=1  rescued=0  ignored=0
web-02      : ok=12  changed=2  unreachable=0  failed=0  skipped=1
web-03      : ok=11  changed=3  unreachable=0  failed=0  skipped=1

Vault: ansible-vault edit group_vars/prod/secrets.yml

●●● kubectl get pods -n prod -o wide (Kubernetes v1.31, rke2)
NAME      READY   STATUS    RESTARTS   AGE   IP            NODE      NOMINATED NODE   READINESS GATES
payment-svc-7d8c-xz9k2  1/1     Running   0           4h12m  10.42.1.18    worker-03
payment-svc-7d8c-mnp4q  0/1     CrashLoopBackOff  7       12m    10.42.2.41    worker-05
order-svc-9bf6-qz2t8    2/2     Running   0           2d     10.42.3.7     worker-08

●●● helm upgrade --install lms-app ./chart -f values-prod.yaml --namespace prod --atomic --timeout 5m (Helm 3.15)
NAME: lms-app - LAST DEPLOYED: 2026-05-30 - NAMESPACE: prod
STATUS: deployed - REVISION: 14 - TEST SUITE: None

●●● docker ps --format "table {{.ID}}\t{{.Image}}\t{{.Status}}\t{{.Names}}" (Docker 27.x)
CONTAINER ID   IMAGE                                     STATUS      NAMES
da078080c28a   registry.lg-cns.com/payment-svc:v2.14.7  Up 4 hours  payment-svc:v2.14.7
f3898e0872da   postgres:16.4                           Restarting 32s ago  postgres16
625678555463   redis:7.4-alpine                         Up 4 hours   redis:7.4-alpine
```

구성 관리 — Ansible · Puppet · Chef · SaltStack

프로비저닝 — Terraform · Pulumi · CloudFormation

 Terraform (HashiCorp → IBM)

- HCL (HashiCorp Configuration Language)
- Multi-Cloud — AWS-Azure-GCP-NCP-VMware
- State 파일 — 원격 백엔드 (S3-GCS-Consul)
- Module — 재사용
- 2023 라이선스 변경 (BSL) → OpenTofu 포크

 Pulumi

- 실제 프로그래밍 언어 (Python-TS-Go-.NET)
- 로직-조건문 자유로움
- 학습 곡선 가파름

 클라우드 네이티브

- AWS CloudFormation — JSON/YAML
- AWS CDK — 코드 기반 (TS-Python)
- Azure ARM / Bicep — JSON DSL
- GCP Deployment Manager

 Crossplane (CNCF)

- K8s 네이티브 IaC
- CRD로 클라우드 자원 관리
- K8s + Multi-Cloud 통합

 OpenTofu (Linux Foundation)

- Terraform 1.5 포크
- MPL 라이선스 유지
- 2024+ 채택 증가

 한국 환경

- 공공-하이브리드 — Terraform + Ansible 조합
- 단일 클라우드 — 네이티브 도구 (CloudFormation-Bicep)
- K8s 중심 — Crossplane-Argo CD

 사용 패턴

- Terraform → VM-NW-스토리지 프로비저닝
- Ansible → OS 설정-App 배포
- Argo CD → K8s 매니페스트 GitOps

 IaC-GitOps 콘솔 reference - Terraform / OpenTofu CLI — developer.hashicorp.com/terraform/cli · opentofu.org (terraform plan · terraform apply -auto-approve) - HashiCorp Terraform Cloud UI — app.terraform.io - Argo CD UI — argo-cd.readthedocs.io - Flux CD — fluxcd.io - Spinnaker — spinnaker.io - HashiCorp Vault UI (시크릿 관리 참조) — vaultproject.io

 HashiCorp Terraform 1.10 / OpenTofu 1.8
— terraform plan -out=tfplan

```
workspace = prod · backend: s3 (s3://lg-cns-tfstate/prod/lms.tfstate · DynamoDB lock) · provider aws ~> 5.70

+ aws_instance.web[0] (t3.xlarge, ami-0c9c942bd7bf113a2)
+ aws_instance.web[1]
~ aws_lb.web (1 to change: idle_timeout 60 → 120)
- aws_security_group.legacy_ssh (will be destroyed)

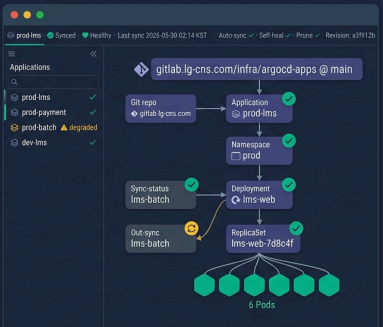
Plan: 2 to add, 1 to change, 1 to destroy.
Saved the plan to: tfplan

> terraform apply -auto-approve tfplan
aws_instance.web[0]: Creating...
aws_instance.web[0]: Creating...
aws_instance.web[0]: Still creating... [10s elapsed]
aws_instance.web[0]: Creation complete after 42s
[id=i-0a1b2c3d]

Apply complete! Resources: 2 added, 1 changed, 1 destroyed.

} 'vault kv get -mount-kv prod/aws/access_key' (HashiCorp Vault 1.16 secret lookup)
```

 Argo CD 2.13
Application Tree (GitOps)



Crossplane v1.18 + Argo CD = K8s native IaC pipeline

프로비저닝 — Terraform · Pulumi · CloudFormation

CI/CD — *Jenkins · GitLab · GitHub Actions · Argo CD*



CI (Continuous Integration)

- **Jenkins** — 가장 흔한 표준, 플러그인 풍부, 복잡
- **GitLab CI** — GitLab 통합, YAML
- **GitHub Actions** — GitHub 통합, Marketplace 풍부
- **Tekton (CNCF)** — K8s 네이티브
- **Drone CI** — 컨테이너 네이티브
- **CircleCI · Travis CI** — SaaS



CD (Continuous Deployment)

- **Argo CD** — K8s GitOps 표준
- **Flux** — K8s GitOps (CNCF)
- **Spinnaker** — 멀티 클라우드 (Netflix-Google)
- **Harness** — 상용 SaaS
- **AWS CodeDeploy / Azure DevOps**



배포 전략

- **Recreate** — 전체 중지 후 새 버전 (간단·다운타임)
- **Rolling Update** — 점진 교체 (K8s 기본)
- **Blue/Green** — 동시 운영 → 스위치
- **Canary** — 일부 트래픽 → 점진 확대
- **Feature Flag** — 기능 토크 (LaunchDarkly·Unleash)
- **A/B Testing** — 사용자 그룹 분리



TA의 관심사

- 무중단 배포 — Rolling-Blue/Green
- 롤백 시간 — < 5분 목표
- 승인 단계 — 운영 환경 수동 승인 (한국 SI)
- 변경관리 (CAB) 연동

SRE — *Site Reliability Engineering 원칙*



SRE 핵심 원칙 (Google SRE Book)

1. 신뢰성은 가장 중요한 기능
2. **SLO 기반 운영** (SLA가 아닌 SLO)
3. **Error Budget** — SLO 여유 = 새 기능 개발 가능
4. **Toil 자동화** — 반복 수작업 50% 이하
5. **Blameless Postmortem**
6. 점진적 변경 + 빠른 롤백
7. 공유 책임 — 개발 + 운영 공동
8. 자동 복구 + **Human-in-the-loop**



SLI · SLO · SLA

- **SLI** (Indicator) — 측정값 (응답시간·에러율·가용성)
- **SLO** (Objective) — 내부 목표 (99.9%)
- **SLA** (Agreement) — 외부 계약 (99.5%로 더 낮게)



Error Budget

- **Error Budget = 1 - SLO**
- SLO 99.9% → Budget = **0.1%** = 월 43분
- Budget 남음 → 새 기능 배포 OK
- Budget 소진 → 새 기능 중단, 신뢰성 작업만
- 개발팀과 운영팀의 공통 언어



Toil (반복 수작업)

- 수동·반복·자동화 가능·진행성 없는 작업
- 목표: **50% 이하** (나머지는 개발·개선)
- 예: 수동 배포·수동 알람 처리·수동 사용자 추가
- 자동화 → 코드·도구로 흡수

SRE vs DevOps vs 운영팀 — 어떻게 다른가



전통 운영팀 (Ops)

- 개발 ↔ 운영 분리
- 수동 배포·수동 패치
- 알람 받고 대응 (Reactive)
- 변경관리·CAB 중심
- 안정성 중시·변화 회피
- **KPI**: 다운타임·MTTR
- 혼한 한국 SI 형태



DevOps (문화·실천)

- 개발 + 운영 통합 문화
- CI/CD·IaC·자동화
- "You build it, you run it"
- 협업·도구 중심
- 빠른 배포·실험
- **KPI**: Deployment Frequency·Lead Time
- 도구가 많이 보이는 형태



SRE (직무·역할)

- 신뢰성을 코드로 보장
- SLO·Error Budget 운영
- Toil 자동화
- 사고 후 Blameless 회고
- 개발자급 코딩 스킬
- **KPI**: SLO·Error Budget·Toil%
- Google·대규모 SaaS 출신

관계: DevOps는 문화, SRE는 그 문화를 구현하는 직무, 운영팀은 전통 모델. SRE = 코드로 운영을 자동화하는 DevOps의 한 형태.

운영 자동화 사례 — Toil 제거 5가지



자동화 적용 영역

1. 사용자 계정 관리 — Self-Service Portal + LDAP
2. 인증서 갱신 — Cert-Manager-Let's Encrypt
3. 백업 검증 — 자동 복구 테스트
4. OS 패치 — 정기 Ansible Playbook
5. 알람 → 자동 조치 — Runbook 자동화
6. DB Slow Query 자동 알림 + 인덱스 제안
7. 디스크 풀 자동 회수 — 로그 압축·이동
8. Failover 자동화 — Pacemaker-Patroni



자동화 도구

- **Ansible Tower / AWX** — 작업 스케줄링
- **Rundeck** — Runbook 자동화
- **StackStorm** — 이벤트 기반 자동화
- **n8n / Zapier** — 워크플로 자동화



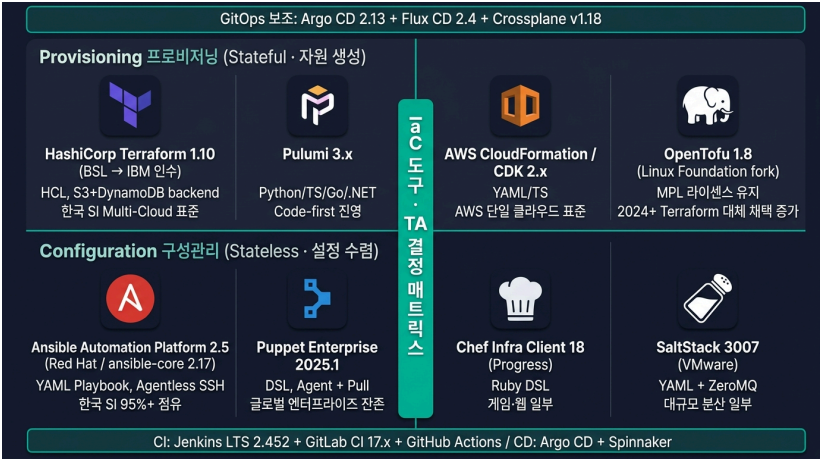
자동화 ROI 계산

- **Toil 시간** — 작업당 시간 × 빈도 × 인원
- **자동화 비용** — 개발 시간 + 유지
- **ROI** — Toil 절감 ÷ 자동화 비용
- 손익분기 < 12개월 → **자동화 OK**



자동화 우선순위

1. **고빈도·고리스크** — 즉시 자동화 (계정·인증서)
2. **고빈도·저리스크** — 점진 자동화 (백업 검증)
3. **저빈도·고리스크** — 절차서 + 훈련 (DR Failover)
4. **저빈도·저리스크** — 그대로 (1년 1회 작업)



IaC 도구 매트릭스 (삽화)

PART H

산출물·결정·정리 — TA가 결정해야 할 12가지

이 세션이 끝나면 TA는 12개 결정 포인트와 6대 산출물을 정리해 두어야 한다.

TA의 12 결정 — HA · 운영 설계에서

🎯 HA·SLA 결정

- 1. 시스템 등급 — BIA 기반 SLA 매기기
- 2. HA 패턴 선택 — N+1·2N·Active-Active
- 3. DR 모드 — Cold·Pilot Light·Warm·Hot
- 4. DR 거리 — 동기 가능 여부 (100km)

📏 용량·자원 결정

- 5. TPS 가정값 — 사고시간 표준
- 6. CPU 마진 비율 — 평균·피크·이벤트
- 7. DB 메모리 비율 — 데이터의 30~50%
- 8. 스토리지 유형 — Block·File·Object·Tape

🔬 관찰성·운영 결정

- 9. 관찰성 스택 — Prometheus·Datadog·Splunk
- 10. 알람 정책 — Actionable·SLO 기반
- 11. 장애 대응 등급 — P1~P4·에스컬레이션
- 12. 자동화 우선순위 — Toil ROI 계산

📋 산출물 6종

- 1. HA 매트릭스 — 패턴별 비용·가용성
- 2. SLA 정의서 — 가용성·페널티
- 3. 용량 산정서 — 5단계 + 가정값
- 4. 관찰성 설계서 — 3축 + 도구
- 5. 장애 대응 SOP — 5단계·등급·통신
- 6. 자동화 계획서 — Toil 분석·로드맵

산출물 템플릿 — 6대 문서 구조

📊 1. HA 매트릭스

시스템	등급	HA 패턴	DR	SLA
결제 코어	1	2N+1	Hot	99.99%
LMS	2	Active-Active	Warm	99.9%
내부 위키	4	단일	Backup	99%

📊 2. SLA 정의서

- 가용성 목표·측정 방법
- 페널티 단계
- 제외 조항 (점검·재해)

📏 3. 용량 산정서

- 1장. 입력값·가정값
- 2장. 5단계 산출
- 3장. CPU·Mem·IOPS·NW 표
- 4장. 마진 적용
- 5장. 검증 결과
- 6장. BOM·라이센스

🔬 4. 관찰성 설계서

- Metrics 스택·메트릭 목록
- Logs 스택·보관 정책
- Traces 스택·샘플링
- 알람 매트릭스

🔥 5. 장애 대응 SOP

- 등급 정의 (P1~P4)
- 에스컬레이션 매트릭스
- 5단계 절차
- 통신 템플릿
- Postmortem 양식

📅 6. 자동화 계획서

- Toil 분석 (현황)
- 우선순위 매트릭스
- 도구 선정
- 로드맵 (분기별)
- ROI 계산

부록 — 핵심 용어 정리

HA·SLA

- **HA** — High Availability
- **DR** — Disaster Recovery
- **SLA** — Service Level Agreement
- **SLO** — Service Level Objective
- **SLI** — Service Level Indicator
- **MTBF** — Mean Time Between Failures
- **MTTR** — Mean Time To Recover
- **MTTD** — Mean Time To Detect
- **RPO** — Recovery Point Objective
- **RTO** — Recovery Time Objective

클러스터링

- **RAC** — Real Application Cluster
- **AG** — Always On Availability Group
- **VCS** — Veritas Cluster Server

용량·성능

- **TPS** — Transactions Per Second
- **IOPS** — Input/Output Per Second
- **MAU·DAU** — Monthly/Daily Active User
- **SPECint** — Standard Perf Eval Corp int
- **TPC-C** — TPC Benchmark C

관찰성

- **NMS** — Network Management System
- **APM** — Application Performance Monitoring
- **SIEM** — Security Info & Event Management
- **OTel** — OpenTelemetry

SRE·IaC

- **SRE** — Site Reliability Engineering
- **IaC** — Infrastructure as Code
- **CI/CD** — Continuous Integration/Delivery
- **CAB** — Change Advisory Board
- **CR** — Change Request

장애·RCA

- **RCA** — Root Cause Analysis
- **FTA** — Fault Tree Analysis
- **NIST SP 800-61** — Incident Handling Guide

도구

- **ELK** — Elasticsearch-Logstash-Kibana
- **EFK** — Elasticsearch-Fluentd-Kibana
- **PLG** — Prometheus-Loki-Grafana
- **GitOps** — Git 기반 운영

한국 SI 단골

- **JEUS·WebtoB·Tibero** — TmaxSoft 3종
- **Pinpoint·Scouter·Jennifer** — APM 3종
- **Zabbix·SolarWinds** — NMS 표준

부록 — 9의 개수별 다운타임 환산표

가용성	9 개수	연간	분기	월간	주간	일일
90%	1	36.5일	9.13일	3.04일	16.8시간	2.4시간
95%	1.5	18.25일	4.56일	1.52일	8.4시간	1.2시간
99%	2	3.65일	21.9시간	7.2시간	1.68시간	14.4분
99.5%	2.5	1.83일	10.95시간	3.6시간	50.4분	7.2분
99.9%	3	8.76시간	2.19시간	43.8분	10.1분	1.44분
99.95%	3.5	4.38시간	1.10시간	21.9분	5.04분	43.2초
99.99%	4	52.6분	13.15분	4.38분	1.01분	8.64초
99.995%	4.5	26.3분	6.57분	2.19분	30.2초	4.32초
99.999%	5	5.26분	1.31분	26.3초	6.05초	0.86초
99.9999%	6	31.5초	7.88초	2.63초	0.6초	0.09초

TA의 기준값 외우기: 99.9% = 월 43분·99.99% = 월 4.38분·99.999% = 월 26초.

부록 — 용량 산정 체크리스트 (20개 항목)

✓ 입력값 확보 (1~10)

- [] MAU·DAU·동접 산정 기준
- [] 사고시간 가정값 (시스템 유형별)
- [] 평균 vs 피크 비율 (시간대별)
- [] 이벤트 폭증 계수 (수강신청·할인)
- [] 응답시간 SLA (평균·p95·p99)
- [] 데이터 현재량·일증가율
- [] 보관기간·법규 요구
- [] HA 등급·DR 모드
- [] 라이선스 모델 (Core·Socket·User)
- [] 가상화·컨테이너 오버헤드

✓ 산출·검증 (11~20)

- [] TPS 산정 (평균·피크·이벤트)
- [] CPU 산정 (트랜잭션 ms × 마진)
- [] Memory 산정 (WAS·DB·OS)
- [] IOPS 산정 (DB·로그·백업)
- [] NW 대역 산정 (응용·세션·백업)
- [] 스토리지 용량 (운영·백업·DR)
- [] 마진 적용 (피크·성장·HA)
- [] 부하 테스트 실측
- [] 가정값·산정 근거 문서화
- [] 1년차 재산정 일정

부록 — 장애 대응 통신 템플릿

📞 1차 통지 (탐지 5분 이내)

[장애 발생] {시스템명} 일부 영향
- 발생 시각: YYYY-MM-DD HH:MM
- 영향 범위: {서비스명·기능}
- 상태: 조사 중
- 다음 업데이트: 30분 후
- 담당자: {이름·연락처}

📞 2차 통지 (30분 이내)

[장애 업데이트] {시스템명}
- 원인 가설: {1차 가설}
- 임시 조치: {차단·우회}
- 영향: {업무·사용자}
- ETA: 복구 예상 {시각}
- 다음 업데이트: 1시간 후

📞 복구 완료 통지

[장애 복구] {시스템명}
- 복구 시각: YYYY-MM-DD HH:MM
- 다운타임: {합계}
- 원인: {요약}
- 조치: {요약}
- 사후 분석: Postmortem 작성 중
- 보고서: 1주 이내

📞 Postmortem 양식

1. 개요·타임라인
2. 영향 분석 (사용자·매출)
3. 근본 원인 (RCA)
4. 무엇이 잘 되었나
5. 무엇이 잘못 되었나
6. Action Items (담당자·기한)
7. 재발 방지 항목

부록 — 관찰성 알람 매트릭스 표준

인프라 알람 (CPU·Mem·Disk·NW)

자원	경고	위험	조치
CPU 5분 평균	70%	85%	부하 분산·증설
Memory	80%	90%	누수 조사
Disk Used	80%	90%	회수·증설
Disk IO Wait	20%	40%	IO 병목 분석
NW 대역	70%	85%	트래픽 분석
NW 패킷 손실	0.1%	1%	NW 진단

응용·DB 알람

항목	경고	위험	조치
응답시간 p95	1초	3초	APM 트레이스
에러율	0.5%	2%	로그 분석
DB Connection %	70%	90%	Pool 조사·증설
Slow Query	1초	3초	인덱스·튜닝
Replication Lag	30초	60초	복제 점검
GC Pause	1초	3초	JVM 튜닝

부록 — Ansible·Terraform 미니 예제

Ansible Playbook 예제

```
- name: Install Nginx
hosts: webservers
become: yes
tasks:
  - name: Install Nginx package
    apt:
      name: nginx
      state: present
      update_cache: yes
  - name: Start Nginx service
    service:
      name: nginx
      state: started
      enabled: yes
  - name: Deploy config
    template:
      src: nginx.conf.j2
      dest: /etc/nginx/nginx.conf
    notify: Reload Nginx
handlers:
  - name: Reload Nginx
    service:
      name: nginx
      state: reloaded
```

Terraform 예제 (AWS)

```
provider "aws" {
  region = "ap-northeast-2"
}

resource "aws_instance" "web" {
  count      = 2
  ami       = "ami-0c9c942bd7bf113a2"
  instance_type = "t3.medium"
  tags = {
    Name = "web-${count.index}"
    Env  = "prod"
  }
}

resource "aws_lb" "web" {
  name                = "web-lb"
  load_balancer_type = "application"
  subnets            = var.subnets
  tags = {
    Env = "prod"
  }
}
```


부록 — Prometheus 알람 룰 예제

```
groups:
- name: infrastructure
  interval: 30s
  rules:
    - alert: HighCPUUsage
      expr: 100 - (avg by(instance) (rate(node_cpu_seconds_total{mode="idle"}[5m])) * 100) > 85
      for: 5m
      labels:
        severity: warning
      annotations:
        summary: "High CPU on {{ $labels.instance }}"
        description: "CPU usage is {{ $value }}% (>85%) for 5min"
    - alert: DiskFull
      expr: 100 - ((node_filesystem_avail_bytes / node_filesystem_size_bytes) * 100) > 90
      for: 10m
      labels:
        severity: critical
      annotations:
        summary: "Disk almost full on {{ $labels.instance }}"
    - alert: ServiceDown
      expr: up == 0
      for: 1m
      labels:
        severity: critical
      annotations:
        summary: "Service {{ $labels.job }} is down"
```

부록 — SLO 정의서 예제

 **LMS 강의 시청 서비스 SLO**

- 서비스: 강의 동영상 재생
- SLI #1 가용성:
 - HTTP 2xx/3xx ÷ 전체 응답
- 측정: Prometheus blackbox_exporter
- SLO: 30일 99.9%
- Error Budget: 월 43분
- SLI #2 응답시간:
 - p95 < 2초
- 측정: APM 트레이스
- SLO: 30일 95% 요청 충족
- SLI #3 영상 시작 시간:
 - 첫 프레임 < 3초
- SLO: 30일 90%

 **알람·조치**

- Error Budget 50% 소진 → 경고
- Error Budget 75% 소진 → 신기능 배포 중단
- Error Budget 100% 소진 → 신뢰성 작업만
- 연속 5분 5xx > 5% → P1 알람
- 응답시간 p95 > 5초 → P2 알람

 **검토 주기**

- 월간: Error Budget 잔여 검토
- 분기: SLO 임계값 재조정
- 연간: SLA 재협상

부록 — *Blameless Postmortem* 양식

Postmortem: [장애 제목] (YYYY-MM-DD)

1. 요약

- 장애 시작: YYYY-MM-DD HH:MM ~ HH:MM (총 X분)

- 영향: {서비스·사용자 수·매출 영향}

- 등급: P1·P2·P3

- 책임자: {이름}

2. 타임라인

- HH:MM — 알람 발생

- HH:MM — 1차 대응 시작

- HH:MM — 원인 파악

- HH:MM — 임시 조치

- HH:MM — 영구 복구

- HH:MM — 정상화 확인

3. 근본 원인 (RCA)

- 직접 원인: {기술적 원인}

- 기여 요인: {프로세스·모니터링·문화}

- 5 Why 결과

4. 잘 된 점

- {탐지 빠름·협업 원활 등}

5. 참고된 자료

Blameless 원칙: "누가 잘못했나" 대신 "어떤 시스템·프로세스가 이 실수를 가능케 했나" — 학습 조직의 핵심.

Session 8 최종 정리 — *오늘 정리한 핵심*

5

HA 패턴

N+1·N+M·2N·2N+1·A/A

6

SLA 등급

99~99.9999%

5

클러스터 계층

App·DB·OS·Storage·NW

5

용량 산정 단계

요구→TPS→자원→마진→검증

3

관찰성 축

Metrics·Logs·Traces

5

장애 대응 단계

Detect·Contain·Invest·Recov·Post

12

TA 결정 카탈로그

6

산출물 6대 문서

다섯 축(HA·용량·관찰성·장애·자동화)을 한 묶음의 운영 시스템으로 정리했다.

Session 8 종료

무중단 운영 · 정량 산정 · 관찰성 · 신속 복구 · 자동화

HA · 용량 · 관찰성 · 장애 대응 · IaC/SRE — 다섯 축의 운영 시스템

다섯 축은 따로가 아니라 한 묶음의 운영 시스템. TA의 12 결정 · 6대 산출물이 모두 정리됐다.

IT 인프라 아키텍처 설계

구조도 읽기 SPOF 식별 · 위험도 매트릭스 · 권고안

Session 9 · Day 3 — 09:00 ~ 10:00 (60분)

구성도 5종 · 트래픽 흐름 · SPOF 체크리스트 · 4단계 위험도 · TTA 감리 양식

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

Session 9 — 회차 메타데이터

📋 세션 정보

- **슬롯:** Day 3 · 09:00 ~ 10:00 (60분)
- **카테고리:** 분석 방법론 — 구조도·SPOF
- **연계 워크시트:** D3-0 「구조도 읽기·SPOF 식별」
- **선행 학습:** Day 1-2 전반 (인프라·NW·스토리지·보안·HA)
- **후속 학습:** Day 3 워크숍·RFP-5 케이스 — SPOF 분석을 직접 적용

🎯 핵심 메시지

「TA는 구성도에서 SPOF를 찾아내고, 위험도로 우선순위화하고, 한 페이지 권고안으로 의사결정자에게 전달한다」

🎯 학습 목표 (LO)

1. **구성도 5종 구분** — 논리·물리·NW·보안·DR
2. **트래픽 흐름 추적** — 단계별 경로·프로토콜·SLA 분해
3. **SPOF 식별** — 체크리스트 23항 활용
4. **위험도 매트릭스** — 영향도·확률 기반 4단계
5. **이중화 패턴 선택** — 비용·복잡도 비교
6. **권고안 작성** — TTA 감리 표준 1쪽 양식

Session 9 — 오늘의 흐름 (60분)

🌍 Part A~C (전반부 · 30분)

- **A. 구성도 5종 구분** — 논리·물리·NW·보안·DR
- **B. 구성도 읽기** — 트래픽 흐름 추적법
- **C. SPOF 식별 절차** — 23항 체크리스트

🌍 Part D~F (후반부 · 30분)

- **D. 위험도 매트릭스** — 영향도×확률 4단계
- **E. SPOF 대응 패턴** — Active-Active-Standby-Cluster
- **F. TTA 감리 양식 + 워크시트 D1-6 연계**

Part A. 구성도 5종

논리 · 물리 · NW · 보안 · DR

8 슬라이드 · 약 13분

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 9 · 구조도 읽기 · SPOF 식별 · 권고안 작성

왜 구성도가 5종인가?

🎯 TA가 다루는 5가지 관점

- ① 논리 구성도 (Logical) — 기능 흐름·계층
- ② 물리 구성도 (Physical) — 실제 장비·랙·전원
- ③ NW 구성도 (Network) — VLAN·라우팅·방화벽
- ④ 보안 구성도 (Security) — 망분리·통제·인증
- ⑤ DR 구성도 (Disaster Recovery) — 백업·복제·사이트

📌 누가 어느 것을 보는가?

- CIO·임원 → ① 논리
- TA·시스템 운영자 → ②③ 물리·NW
- CISO·보안 → ④ 보안
- BCP 담당 → ⑤ DR

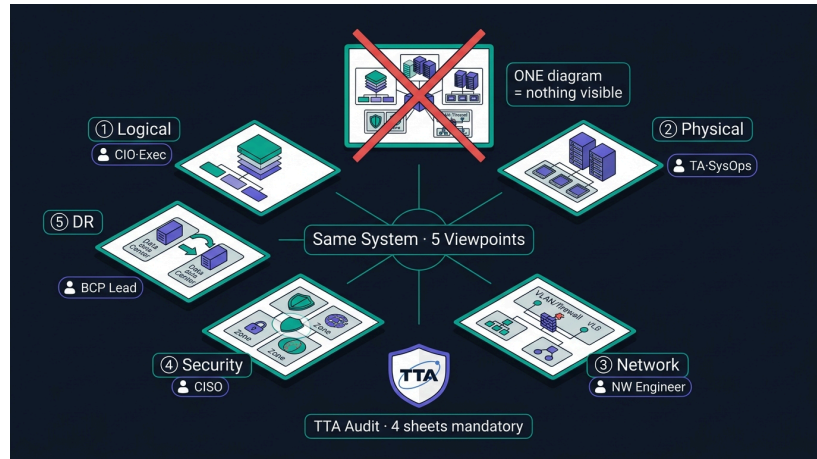
🇰🇷 국내 표준 (TTA 감리 가이드)

TTA 감리 점검 항목 중 「설계 산출물」 분류: - 📄 시스템 구성도 (논리·물리 필수)
- 📄 네트워크 구성도 (필수) - 📄 보안 구성도 (필수) - 📄 DR 구성도 (가용성
요구 시 필수)

⚠️ 「하나의 그림으로 다 표현」 실패

- 한 그림에 5가지 다 넣으면 → 아무것도 안 보임
- 5장으로 분리해야 각자 점검 가능

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 9 · 구조도 읽기 · SPOF 식별 · 권고안 작성



왜 구성도가 5종인가?

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

6 / 40

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 9 · 구조도 읽기 · SPOF 식별 · 권고안 작성

① 논리 구성도 vs ② 물리 구성도

① 논리 구성도 (Logical)

무엇을 보여주나 - 기능 블록 (Web-WAS-DB-Cache) - 데이터 흐름 (화살표) - 인터페이스·프로토콜 - 외부 시스템 연계

누가 그리나: TA · 아키텍트 도구: draw.io · Visio · PowerPoint TTA 양식: 박스 + 화살표 · A4 가로

핵심 — 「장비 모델·랙 위치는 안 그린다」

② 물리 구성도 (Physical)

무엇을 보여주나 - 실제 장비 모델·시리얼 - 랙 위치 (Rack-U) - 전원 (A·B선) - 케이블링 (FC·Ethernet 종류) - 면적·하중

누가 그리나: 시스템 운영자 · 설치업체 도구: AutoCAD · Visio Rack Shape TTA 양식: 랙 도면 + BoM 표

핵심 — 「실제 손으로 만질 수 있는 모든 것」

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

7 / 40

③ NW 구성도 — VLAN · 라우팅 · 방화벽

📡 무엇을 보여주나

- L2 — 스위치·VLAN·STP
- L3 — 라우터·서브넷·라우팅
- L4 — 방화벽·LB
- L7 — WAF·Anti-DDoS
- IP 주소·VLAN ID
- 케이블 종류·속도
- 외부 회선 (KT·SKB·LGU+)
- 💡 표기 표준
 - VLAN: 색깔 구분 (DMZ=빨강·업무망=초록)
 - IP: CIDR (10.0.0.0/24)
 - 회선: 굵기 표현 (10G·40G·100G)

🔧 국내 표준 도구

- NetSpot · NetDiscover (한국 SI)
- SolarWinds Network Topology Mapper
- draw.io + Cisco/F5 Stencil
- Cisco Network Assistant
- 국가공공기관: 자체 양식 (한컴 한셀)

📋 필수 표기 항목

- 모든 장비 호스트명·IP·VLAN
- 회선 ISP·속도·계약 번호
- 방화벽 룰 요약 (상세는 별도 문서)
- 인터넷 게이트웨이·DMZ·내부망 경계

🇰🇷 TTA 점검 항목 (5개)

1. 망분리 구조 명확성
2. 이중화 표기 (실선·점선)
3. 회선 사양 명시
4. 보안 장비 위치
5. 외부 인터페이스

④ 보안 구성도 — 망분리 · 통제점 · 인증

🔒 무엇을 보여주나

- 망분리 구조: DMZ · 업무망 · 관리망 · 게스트
- 보안 장비 위치: NGFW · WAF · IPS · Anti-DDoS · SAC
- 인증 시스템: AD · LDAP · OAuth · SSO
- 암호화 경계: TLS·VPN·IPSec 시작·종료
- 로그 수집 위치: SIEM·ESM
- 백업·DR 경로

🇰🇷 국내 표준 표기

- KISA 망분리 가이드 권장 도식
- ISMS-P 인증 심사용 별도 양식
- 국정원 보안적합성 검토용 양식 (공공)
- 금융보안원 점검표 (금융)

📋 필수 통제 표기

- ☐ DMZ 경계 (외부 ↔ DMZ)
- ☐ 업무망 경계 (DMZ ↔ 내부)
- ☐ 관리망 분리
- ☐ 인증 통제점 (모든 진입로)
- ☐ 로그 수집 통제점
- ☐ 백업 망분리

⑤ DR 구성도 — 백업 · 복제 · 사이트 이중화

SOS 무엇을 보여주나

- **Primary Site** (운영)
- **DR Site** (대기 · 별도 건물·지역)
- 복제 경로 (Sync·Async)
- 백업 매체 (Disk·Tape·Object)
- **RPO·RTO 표기**
- **Failover 절차** (자동·수동)

 국내 표준 패턴

- **Active-Standby** (가장 흔함)
- **Active-Active** (대형·금융)
- **Hot Standby** (1시간 내 절체)
- **Warm Standby** (1일 내)
- **Cold Standby** (백업만 보관)

 국내 표준 요구

- 전자금융감독규정 제17조 — 백업·DR 시설 의무
- 행정기관 정보시스템 BCP 지침
- 개인정보보호법 시행령 §30 — 백업 암호화
- TTA 감리 — RPO·RTO 산정 근거

 핵심 표기 항목

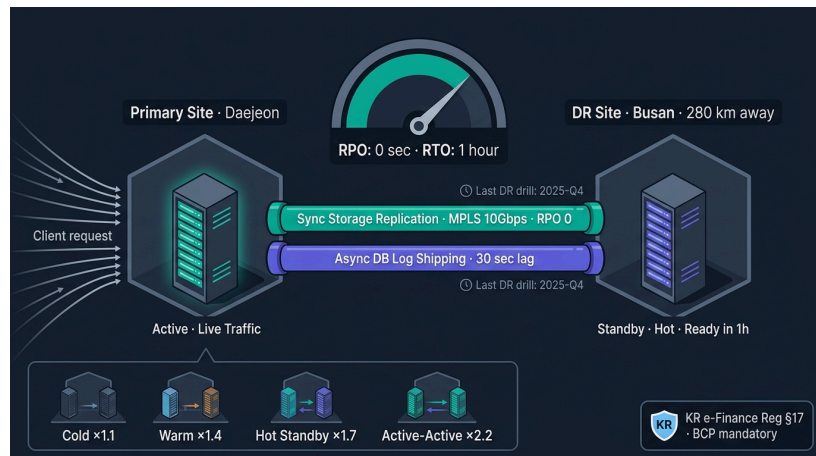
- 두 사이트 간 거리 (km)
- 회선 사양 (전용회선·MPLS)
- 복제 방식 (Storage-DB-App)
- RPO·RTO 목표 + 측정값
- 마지막 DR 시험 일자

 비용 차이

- Active-Standby: 1x → 1.7x
- Active-Active: 1x → 2.2x
- 별도 사이트: 추가 5~20억

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

10 / 40



⑤ DR 구성도 — 백업 · 복제 · 사이트 이중화

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

11 / 40

Part B. 구성도 읽기

트래픽 흐름 추적 · 도식 기호 해석

7 슬라이드 · 약 11분

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 9 · 구조도 읽기 · SPOF 식별 · 권고안 작성

구성도 읽기 — TA의 5단계 점검법

1 외부에서 시작 — 입력점 찾기

- 인터넷·외부 시스템·내부 사용자가 어디로 들어오나
- 회선·IP·도메인 확인
- **체크**: 입력점이 다중인가? (Web + API + Mobile)

2 보안 경계 통과

- DMZ·방화벽·WAF 순서
- **체크**: 보안 장비 단계별 누락 없나? Anti-DDoS·WAF·NGFW·IPS·SAC

3 부하 분산 (LB)

- L4/L7 LB 위치·이중화
- **체크**: SSL Termination 위치는?

4 응용 계층 (Web·WAS·API GW)

- 각 계층 인스턴스 수
- **체크**: 인스턴스 1대인 곳 (SPOF!)

5 데이터 계층 (Cache·DB·Storage)

- DB 이중화·Storage RAID
- **체크**: DB Primary 1대? Storage 단일?

🎓 5단계 점검 후 「3가지」 정리

1. **SPOF 목록** (단일 구성 컴포넌트)
2. **이중화 패턴** 각 계층 어떤 패턴
3. **보안 통제점** 누락 여부

구성도 도식 기호 — 국내 표준 표기

기호	의미	비고
▣ 사각형 박스	시스템·서버·서비스	색깔로 영역 구분
● 원형	외부 시스템·사용자	'Internet','User'
⇨ 둥근 사각형	DB·Storage	Cylinder도 동일
○ 육각형	인증·게이트웨이	OAuth-API GW
— 실선	정상 트래픽	굵기로 회선 속도 표현
- - 점선	백업·이중화 경로	Standby 연결
■ 빨강 박스	DMZ · 외부 노출	위험 표시
■ 초록 박스	업무망 · 내부	안전 영역
■ 노랑 박스	관리망 · 격리	SSH-OOB 전용
⚡ 번개 아이콘	SPOF · 위험점	강조

좋은 구성도 vs 나쁜 구성도

✓ 좋은 구성도

- 계층이 명확 — 위에서 아래로 외부→내부
- 이중화 표현 — 실선·점선·박스 분리
- 장비명·IP·VLAN 명시
- 범례·기호 정의 좌하단
- A4 한 장에 들어감 (또는 A3)
- 버전·날짜·작성자 우상단

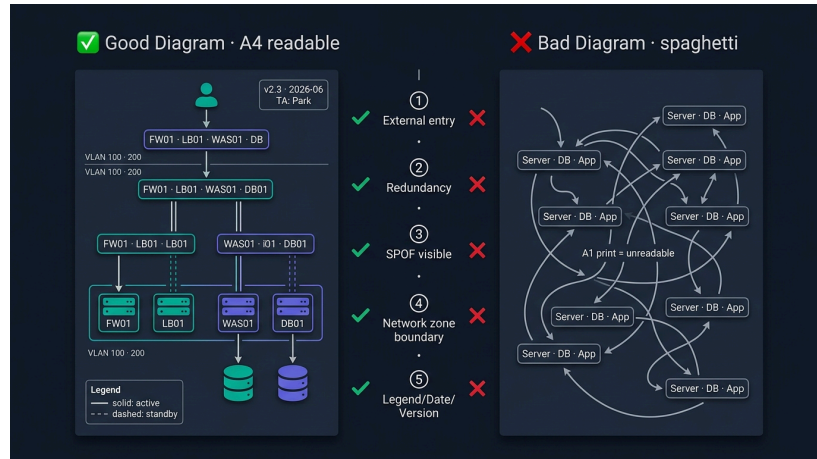
✗ 나쁜 구성도

- 화살표가 거미줄 — 어디서 어디로 가는지 모름
- 이중화가 안 보임 — 한 박스에 모두 표현
- 장비명 부재 — 「Server」,「DB」만 적힘
- 외부 인터페이스 누락
- A1 크기 인쇄 시 글자 안 보임
- 버전 없음 — 5년 전 그림인지 알 수 없음

📌 점검 5문

- 외부 입력점이 어디인가?
- 이중화 패턴이 명확한가?
- SPOF가 보이는가?
- 망분리 경계가 명확한가?
- 범례·날짜·버전 있는가?

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 9 · 구조도 읽기 · SPOF 식별 · 권고안 작성



좋은 구성도 vs 나쁜 구성도

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

16 / 40

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 9 · 구조도 읽기 · SPOF 식별 · 권고안 작성

한국 SI 구성도 — 현장 관행

🚧 일반적 관행

- A3 PDF 출력이 표준 (회의용)
- 한컴 한셀 또는 PowerPoint
- 벤더 로고 그대로 사용 (Cisco·F5·Oracle·NetApp)
- 계층별 색깔 — DMZ 빨강·업무 초록·관리 노랑
- 「★」「☆」표기로 SPOF·중요 강조
- 한글 위주 — 영문은 제품명만

📁 발주처별 차이

- 공공기관: TTA 양식 또는 자체 양식
- 대기업: 자체 표준 양식 (삼성·LG·SK 등)
- 금융: 금융보안원 양식
- 대학: 자유 (도구·양식 일관성 약함)

🎓 TA가 알아야 할 「현장 코드」

- 「원장 그림」 — 가장 최신·공식 구성도
- 「현행화 그림」 — 실제와 일치하는 갱신본
- 「제안 그림」 — RFP 응답서 첨부
- 「최종본」 — 감리·승인 후 확정본

💡 「그림과 실재가 다를 때」

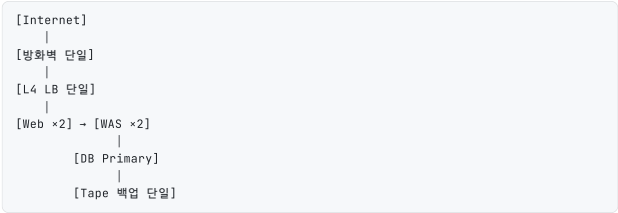
- 가장 흔함 (현행화 미흡)
- TA는 실측 + 갱신 책임
- 변경관리(CMDB) 활용
- 분기 1회 점검 권장

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

17 / 40

실습 — 구성도 1장에서 무엇을 찾는가? (3분)

예시 구성도 (텍스트)



발견 SPOF 5건

1. 방화벽 단일 → 외부 진입 차단 위험
2. L4 LB 단일 → 분산 실패
3. DB Primary 단일 → 데이터 손실
4. Tape 백업 단일 → 복구 실패
5. 인터넷 회선 1개? → DR 회선 X

식별 흐름

- 위 그림에 SPOF 지점은 빨강 $\sphericalangle$ 로 표시
- 위험도 매트릭스 적용 (다음 Part D)
- 권고안 작성 (Part F)

TTA 점검 결과

- 가용성 점검 23항 중 8항 미달
- ISMS-P 2.9.2 위반
- 「가용성 등급 표」 작성 필요
- 권고: 즉시 이중화 검토

Part C. SPOF 식별 절차

정의 · 체크리스트 23항 · 식별 패턴

10 슬라이드 · 약 15분

SPOF (Single Point of Failure) — 정의와 유형

정의

SPOF = 단일장애점 — 한 구성 요소의 장애가 전체 시스템 또는 핵심 기능을 중단시키는 지점

SPOF 4가지 분류

- 1. **하드웨어 SPOF** — 서버·NW·Storage 단일
- 2. **소프트웨어 SPOF** — DB·WAS·인증서 단일
- 3. **인프라 SPOF** — 전원·냉각·회선 단일
- 4. **운영 SPOF** — 특정 인력·문서·계정 단일

ISMS-P 관점

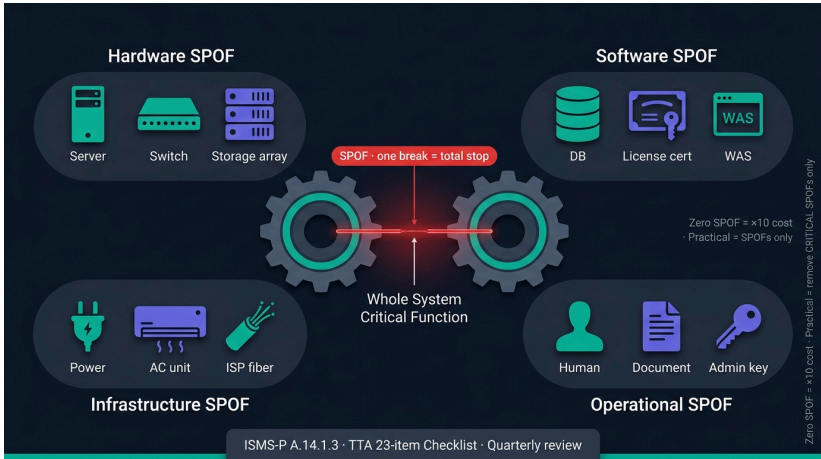
- 2.9.2 「성능 및 장애관리」 — SPOF 식별·이중화
- 2.11.5 「사고 대응 및 복구」 — SPOF 장애 대응
- 2.12.1 「재해·재난 대비 안전조치」 — SPOF 영향평가

TTA 감리 점검

- 「가용성 점검 23항」 — SPOF 명세 의무
- 「SPOF 분석 보고서」 — 표준 산출물
- 분기 1회 점검 권장

💡 「SPOF가 0개?» 비현실적

- 모든 SPOF 제거 시 비용 ×10
- 실용: **Critical SPOF**만 제거
- 「수용 가능 SPOF」 결정도 TA 역할



SPOF (Single Point of Failure) — 정의와 유형

SPOF 체크리스트 23항 — Part 1: 인프라 영역

✂ 전원·DC (5항)

1. ☐ 외부 전원 (한전 2회선)

2. ☐ UPS (이중화 N+1)

3. ☐ 디젤발전기

4. ☐ 분전반 (A·B선)

5. ☐ DC 냉각 (CRAC 이중화)

🌐 네트워크 (5항)

6. ☐ 외부 회선 (다중 ISP)

7. ☐ 외부 DNS

8. ☐ Core 라우터·스위치

9. ☐ Distribution 스위치

10. ☐ ToR 스위치

🛡 보안 (4항)

11. ☐ Anti-DDoS

12. ☐ WAF

13. ☐ NGFW (외부·내부)

14. ☐ SAC·인증 서버

💻 서버·OS (4항)

15. ☐ Web Server

16. ☐ WAS

17. ☐ API Gateway

18. ☐ Cache (Redis)

SPOF 체크리스트 23항 — Part 2: 데이터·운영

🗄 DB·Storage (3항)

19. ☐ DB Primary

20. ☐ Storage (SAN/NAS)

21. ☐ 백업 시스템

🔄 DR·BCM (1항)

22. ☐ DR Site 또는 백업 사이트

👥 운영 (1항)

23. ☐ 핵심 운영 인력 (Single Person Dependency)

🎯 「체크」 방법

• ☐ 미점검 → 「확인 안 함」 → 점검 필요

• ☒ SPOF 있음 → 위험도 평가 → 권고

• ☒ 이중화 있음 → 상세 확인 (Sync/Async)

📋 산출물 형식

• 23항 점검표 (Excel)

• 「☒·☒·☐」 + 위험도 등급

• 미흡 항목별 권고안

💡 운영 SPOF (23번) 흔히 누락

• 「김OO 대리만 그 시스템 알아요」

• → 문서화·교차 훈련·OnCall 로테이션

• 휴가·이직 시 즉각 장애 가능

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

23 / 40

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 55 / 130

SPOF 식별 예시 — 그룹웨어 5계층 점검

#	계층	발견된 SPOF	영향	즉각 위험?
1	외부 회선	단일 ISP (LG U+)	회선 장애 시 도달 불가	✓
2	외부 DNS	1대 (사내 BIND)	DNS 장애 시 전체 중단	✓
3	보안	NGFW 단일 + WAF 단일	외부 진입 차단	✓
4	LB	L4 LB 1대 (HAProxy)	백엔드 분산 실패	⚠
5	Web	Nginx 2대 (정상)	—	✗
6	WAS	Tomcat 2대 (정상)	—	✗
7	DB	Oracle Primary 1대	데이터 손실·전체 중단	✓✓
8	Storage	NetApp 1대 (Dual Ctrl)	Ctrl 절체로 OK	⚠
9	백업	Tape Library 1대	백업 실패	⚠
10	운영	인력 2명·DBA 1명	DBA 휴가 시 위험	⚠

⚠ Critical SPOF 4개 (1·2·3·7) 즉각 조치 권고 · ⚠ Medium 4개 (4·8·9·10) — 6개월 내 개선



SPOF 식별 예시 — 그룹웨어 5계층 점검

SPOF 식별 도구·기법

 ㉠ Fault Tree Analysis (FTA)

- 「상위 사고 → 하위 원인」 트리
- 「전체 중단」 → AND/OR 조합으로 추적
- 단일 OR 노드 = SPOF
- 도구: draw.io · isograph FaultTree+

 ㉡ Dependency Mapping

- 시스템 간 의존성 도식
- CMDB (Configuration Mgmt DB) 활용
- 도구: ServiceNow CMDB · Device42

 ㉢ Chaos Engineering (선택)

- 의도적 장애 주입 (실험)
- Netflix Chaos Monkey · Gremlin
- 한국 도입 적음 (위험 회피 문화)

 ㉣ Walkthrough (가장 흔함)

- 실제 시스템 룰·구성도 동행 점검
- 운영자와 함께 「만약 이게 멈추면?» 질문
- 시간: 시스템당 2~4시간
- 산출: 점검 일자 + SPOF 목록

 ㉤ DR Test (실측)

- 실제 절체 시험으로 SPOF 발견
- 「의외의 SPOF」 발견율 30%+
- 분기 1회 권장
- 위험: 운영 영향 → 야간·휴일

 가장 효과적 — 「㉣ Walkthrough」

- 비용·시간 적음
- 운영자 지식 활용
- 즉시 권고안 작성 가능

Part D. 위험도 매트릭스

영향도 × 확률 4단계 · Critical~Low

5 슬라이드 · 약 8분

위험도 4단계 — *Critical · High · Medium · Low*

등급	정의	발생 빈도	영향 시간	예시
Critical	전체 중단 또는 데이터 손실	연 1회+	4h+	DB Primary 단일 · DC 정전
High	부분 서비스 영향 또는 일시 중단	연 1~4회	1~4h	NGFW 단일 · LB 단일
Medium	일부 사용자 영향 또는 단시간	연 < 1회	30분~1h	NW 카드 · 라이선스 서버
Low	자동 복구 또는 영향 없음	연 0회	즉시	Web/WAS 이중화 완료

🔴 TA 의사결정 원칙 - Critical: 즉각 조치 (3개월 내) - High: 6개월 내 개선 - Medium: 연간 계획 - Low: 모니터링만

영향도 × 확률 매트릭스 — 위험도 계산법



영향도 (1~5)

- 5 전체 중단·데이터 손실
- 4 핵심 기능 중단
- 3 일부 사용자 영향
- 2 성능 저하만
- 1 영향 없음



확률 (1~5)

- 5 연 2회+ 발생
- 4 연 1회
- 3 1~2년 1회
- 2 3~5년 1회
- 1 10년+ 1회



점수 = 영향도 × 확률

- 20~25 → Critical
- 12~19 → High
- 6~11 → Medium
- 1~5 → Low



예시

- DB Primary 단일: 5×4 = 20 → Critical
- L4 LB 단일: 4×3 = 12 → High
- 라이선스 서버 단일: 3×2 = 6 → Medium
- 사용자 PC 1대 고장: 1×5 = 5 → Low



실무 적용

- 점수가 같아도 「영향도 우선」
- 영향도 5 → 무조건 Critical/High

우선순위 결정 — ROI를 함께 본다



우선순위 공식

우선순위 = (영향도 × 확률) ÷ 도입 비용



예시 — 그룹웨어 SPOF 4건

SPOF	위험도	비용(억)	우선순위
DB Primary	20	1.8	11.1
외부 DNS	16	0.05	320 ★
NGFW	12	0.8	15
Tape 백업	9	1.2	7.5

외부 DNS가 1순위 — 비용 500만원으로 위험 16점 해결



ROI 계산

- 다운타임 1회 손실: 추정 3억 (그룹웨어)
- DB DataGuard 도입: 1.8억 · 5년 회피 확률 90%
- 회수 기간: 1억 8천 ÷ 3억 = 0.6년 (8개월)
- 5년 ROI: 1,000%+



TA의 '3가지 ROI 분석'

- 도입 비용 (HW·SW·인력)
- 운영 비용 (라이선스·유지보수)
- 회피 손실 (다운타임 × 발생률)



발주처 보고용

- 위 표를 A4 한 장으로 정리
- 우선순위 1·2·3만 강조
- 「투자 ↔ 회피 손실」 비교

위험도 평가 — 자주 하는 실수 5가지



실수 1 — 「확률 낮음」으로 무시

- 「DB 다운은 10년에 한 번 → Low」
- 한 번 발생 시 손실 100억 → 영향도 5
- 진짜 위험도: 5 × 2 = 10 (Medium)



실수 2 — 위험도와 비용 분리 평가

- 「Critical이니 무조건 즉각 조치」
- 비용 50억 → 예산 부족 → 결국 안 함
- ROI 함께 계산



실수 3 — 「확률」을 과거 데이터만

- 「3년간 무사고 → 확률 0」
- 다음 해 첫 사고 → 통계 0



실수 4 — 영향도를 「기술」로만

- 「DB 다운 → DB 다시 켜면 됨」
- 실제: 학기 등록 마감 직전 다운 = 사회 문제
- 비즈니스 영향 포함



실수 5 — 「모두 Critical」

- 위험 회피하려고 다 Critical
- 의사결정자: 「다 중요하면 다 안 중요」
- 정직한 등급 분류



TA의 「위험도 평가 원칙」

- 영향도: 기술 + 비즈니스 + 사회
- 확률: 과거 + 미래 + 외부 환경
- 비용: 도입 + 운영 + 회피 손실

Part E. SPOF 대응 패턴

Active-Active · Standby · Cluster · DR

6 슬라이드 · 약 10분

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 9 · 구조도 읽기 · SPOF 식별 · 권고안 작성

SPOF 대응 — 5패턴 한 줄 카탈로그

Active-Standby · Active-Active · N+1 (Cluster) · Hot Standby (DR) · Cold Standby (백업)

SPOF가 식별되면 위 5패턴 중 하나로 묶어 결정한다 — **절체 시간 · 비용 · 상태 보유 여부** 3축이 결정 변수.

 본문은 Session 8 **## HA 패턴 (N+1·N+M·2N·2N+1·A-A 5종 비교 + 다이어그램)** 에서 다룬다. - 계층별 대응(DNS·WAF·NGFW·LB·Web·WAS·DB·Storage) 표 - Active-Active vs Active-Standby 결정 카드 (Stateless ↔ Stateful) - Split-Brain 방지 (Quorum · STONITH · Fencing)

본 회차에서는 SPOF 식별→등급→수용 결정의 흐름에만 집중한다.

「수용 가능 SPOF」도 TA의 결정 — 비용 vs 위험

🎯 모든 SPOF 제거가 불가능한 이유

- 비용 ×3~10
- 운영 복잡도 ↑
- 「이중화의 이중화」 끝없음

📋 「수용 가능 SPOF」 예시

- 사용자 PC (개인 책임)
- 외부 ISP 회선 (다중 ISP 비용 부담 시)
- DC 단일 (별도 DR Site 비용 부담 시)
- 운영 인력 단일 (24x7 OnCall 부담)

💡 결정 기준

- 연 손실 < 도입 비용 일 때 수용
- 단, 공식 문서화 필수
- 의사결정자(CIO-CISO) 결재

📄 「수용 SPOF 등록부」 작성

- TTA 감리 산출물의 한 종류
- 등록 항목:
- SPOF 명
- 위험도 · 영향
- 미해결 사유 (비용·기술·운영)
- 보완책 (백업·수동 절제)
- 결재자 · 결재일
- 재검토 주기 (분기 1회)

🇰🇷 ISMS-P 인증 시

- 수용 SPOF는 1.2.4 보호대책 선정 영역 (위험 수용)
- 위험 수용 보고서 제출
- 감리·심사 시 정당성 입증

Part F. TTA 감리 양식 + 워크시트 연계

6 슬라이드 · 약 10분

TTA 감리 — '가용성 진단 보고서' 표준 양식

표준 5절 구성

1. **현황 요약** — 시스템 개요 + SLA 목표 + 운영 인력
2. **위험도 평가** — Critical/High/Med/Low 등급별 SPOF 개수
3. **우선순위별 개선안** — 1·2·3순위 + 구체적 방안
4. **예상 일정·비용** — 총 비용 + 단계별 일정
5. **ROI** — 도입 비용 ÷ 회피 손실

분량

- A4 1쪽 (요약) + 부록 (상세)
- CIO·임원 보고 양식

✓ TTA 점검 시 확인 사항

- ☐ 위험도 등급 기준 명시
- ☐ 영향도·확률 정의
- ☐ 우선순위 결정 근거
- ☐ ROI 계산 과정
- ☐ 의사결정자 결재란
- ☐ 재검토 주기 명시

💡 자주 빠지는 것

- **ROI 계산** — 「Critical이라 해야 한다」만으로는 부족
- **재검토 주기** — 분기 1회 또는 반기 1회
- **이행 점검표** — 권고안만 있고 이행은 누가?

권고안 1쪽 — 예시 (그룹웨어 시스템)

가용성 진단 권고안

[현황] 본 그룹웨어는 5,000명이 24×7 사용하는 핵심 시스템이나, DB Primary·방화벽·LB·백업이 단일 구성으로 SLA 99.5% 미달 위험 상존. 최근 6개월 5건 장애 중 4건은 단일장애점 직접 영향.

[위험도 평가] Critical 2건(DB·DC 전력) · High 3건(방화벽·LB·백업) · Medium 1건(NW 카드). Critical 2건 미해결 시 99.9% SLA 달성 불가.

[우선순위별 개선안] - **1순위** DB DataGuard Standby (1.8억·6개월) — RPO 0·RTO 30s - **2순위** NGFW + L4 LB Active-Standby 이중화 (1.4억·3개월) — 외부 진입 안정화 - **3순위** Veeam + Object Storage 오프사이트 백업 (1.2억·3개월) — 랜섬웨어 대응

[예상 일정·비용] 총 4.4억 · 9개월. ROI: 다운타임 1회당 손실 추정 3억(생산성+기회비용) → 연 1회 회피 시 회수.

[결재] 작성: TA 박OO · 검토: CIO 김OO · 승인: CEO 이OO · 일자: 2026-XX-XX

워크시트 D1-6 연계 — 직접 작성한다

워크시트 D1-6 과제

1. **트래픽 흐름 단계별 분석** (8단계)
2. **SPOF 분석 보고서** (6개 SPOF)
3. **위험도 매트릭스** (4단계 분류)
4. **권고안 작성** (TTA 양식 1쪽)

진행 가이드 (60분)

- **이론 강의** (60분) ← 지금까지
- 워크시트는 D1 16시까지 진행
- 강사 답안·해설 별도 배포

정답 힌트

- 슬라이드 18·19 (23항 체크리스트) 활용
- 슬라이드 24·25 (위험도 매트릭스) 적용
- 슬라이드 36 (권고안 양식) 그대로

산출물 평가 기준

1. SPOF 6개 식별 정확성
2. 위험도 4단계 분류 합리성
3. 권고안 우선순위 + 비용
4. ROI 계산
5. 「수용 가능 SPOF」 명시

Session 9 — 정리

오늘 다룬 것

1. **구성도 5종** — 논리·물리·NW·보안·DR
2. **구성도 읽기 5단계** — 외부에서 안으로
3. **SPOF 체크리스트 23항** — 전원·NW·보안·서버·DB·운영
4. **위험도 매트릭스** — 영향도×확률 4단계
5. **대응 패턴 5종** — A-A-A-S-N+1·Hot/Cold Standby
6. **TTA 감리 양식** — 1쪽 권고안

핵심 메시지 (TOP 3)

1. **TA는 구성도에서 SPOF를 찾아내는 사람** — 못 본 SPOF는 반드시 장애로
2. **위험도는 영향도×확률** — 비용·ROI 함께 본다
3. **수용 가능 SPOF도 의사결정** — 문서화·결재 필수

표준 참조

- **국내:** TTA 가용성 점검 23항 · ISMS-P 2.9.2 · 행정기관 BCP · 전자금융감독규정 §17
- **글로벌:** ITIL 4 Availability · ISO 22301 BCM

Session 9 — 마무리

📝 워크시트 D3-0

- 본 강의 직후 진행 (60분)
- 슬라이드 18·19·24·36 표준 그대로 활용
- 강사 답안 + 해설 별도

🎓 학습 가치

- 「SPOF 식별」은 모든 케이스 분석의 출발점
- 본 회차 직후 RFP 분석·5 케이스에 그대로 적용
- 실무에서는 분기 1회 SPOF 점검 정착이 목표

📁 실무 적용 — 이번 주

1. 현재 시스템 구성도 5종 점검 (오래된 것 갱신)
2. 23항 체크리스트 직접 적용
3. 위험도 매트릭스 작성 → CIO 보고
4. 수용 SPOF 등록부 시작 (없다면 작성)
5. 분기 1회 점검 일정 등록

🚀 GenAI Labs

강사 박수현 · 젠아이랩스(GenAI Labs) CEO / CTO

Session 10 TA 설계 워크숍

고객관리 시스템 설계 실습 · Day 3 · 09:00~17:00

요구사항 → NFR → 아키텍처 → 산출물 8종 → 리뷰 → 발표

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

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)



고객관리 시스템 설계 실습 · Day 3 · 09:00~17:00

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

회차 메타데이터 — 전일 워크숍

📅 세션 정보

- **회차:** 8 / 14 — Day 3 전일 (단일 세션)
- **카테고리:** workshop (실습 중심)
- **분량:** 본문 74 슬라이드 + 이미지 10장
- **강의 시간:** 480분 (오전 강의·오후 실습·발표)
- **강사:** 박수현 — 젠아이랩스(GenAI Labs) **CEO / CTO**

🎯 핵심 메시지

"완벽한 답이 아니라 합리적인 답" — 가장·트레이드오프·결정 사유를 한 줄로 기재한다. 발표력은 TA의 실력이며, 설명력으로 판가름난다.

🎯 학습 목표

1. TA 설계 사고 프레임(요구사항 → NFR → 아키텍처 → 산출물)을 적용한다
2. NFR 6대 영역(가용성·성능·보안·확장성·운영성·유지보수성)을 정량 매트릭스로 산정한다
3. 4계층(Edge-Web-WAS-DB) 표준 골격으로 논리 구성도·물리 배치도를 작성한다
4. 8종 산출물(구성도·BOM·산정서·정책표·백업/DR 설계서·SOP·위험 등록부·TCO)을 도출한다
5. 12항 체크리스트로 자체 점검·동료 점검을 수행하고 발표한다

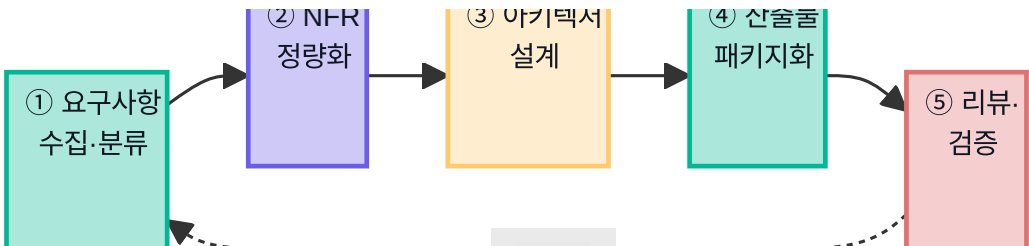
PART A

TA의 설계 사고 프레임 — 7 슬라이드

요구사항 → NFR → 아키텍처 → 산출물 → 검증

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

TA 설계 사고 프레임 — 표준 흐름



각 단계의 산출물

- ① **요구사항**: FR/NFR 분류표, 가정 등록부
- ② **NFR**: 정량 매트릭스 (수치)
- ③ **아키텍처**: 논리·물리 구성도
- ④ **패키지**: 8종 산출물 + 발표 자료
- ⑤ **리뷰**: 12개 체크리스트 + 위험 등록부

사고 프레임이 주는 가치

- 체크리스트화로 누락을 방지한다
- 신입도 시니어 흐름을 따라간다
- 결정 근거가 문서로 남는다
- 이해관계자와 동일 언어로 협의한다
- 리뷰·인수인계 부담을 줄인다

요구사항 분류 — 기능(FR) vs 비기능(NFR)

⚙️ 기능 요구사항 (FR)

- "무엇을 하는가"
- 화면·기능·업무 흐름
- 고객·조회·등록·수정·통계
- PM·SA·BA 책임 영역
- TA는 구현 가능 여부와 인프라 영향만 확인
- 예: "고객 정보 등록·조회·수정·삭제"

🔧 비기능 요구사항 (NFR) — TA 책임 영역

- "얼마나 / 어떻게"
- 성능 — 응답시간·TPS·동접
- 가용성 — RTO·RPO·SLA
- 보안 — 망 분리·접근통제·암호화
- 확장성 — 사용자 N배·5년 후
- 운영성 — 모니터링·백업·패치
- 유지보수성 — 문서·코드·인수인계

"동시 사용자 500명"은 NFR(성능 요건)이다. 면접·실무 빈출 항목.

NFR 6대 영역 — TA가 책임지는 영역

①

가용성
Availability

②

성능
Performance

③

보안
Security

④

확장성
Scalability

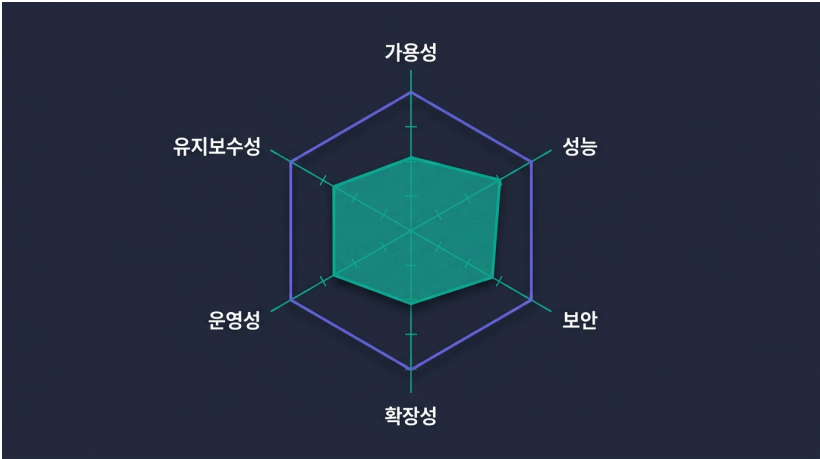
⑤

운영성
Operability

⑥

유지보수성
Maintainability

모든 설계 결정마다 6대 영역 중 무엇을 우선했고 무엇을 포기했는지 한 줄로 답할 수 있어야 한다.



NFR 6각형 (삽화)

NFR 6대 영역 — 정량 매트릭스 예시

영역	측정 지표	측정 단위	표준 등급
가용성	SLA · RTO · RPO	% · 시간 · 시간	99.9% / 4h / 1h
성능	TPS · 응답시간 · 동접	TPS · ms · 명	51 TPS / 200ms / 500
보안	망 분리 · 인증 · 암호화	단계 · 인자 · bit	3단계 / 2FA / TLS1.3-AES256
확장성	Scale-Out 가능 · 5년 증가율	노드 · %	+N 노드 / +200%
운영성	모니터링 항목 · 패치 주기	항목 · 일	50+ / 분기
유지보수성	문서화율 · 인수인계 시간	% · 일	80%+ / 5일

정량화의 효과

- "충분합니다" 대신 수치로 약정한다
- 건적·검수·SLA의 기준점이 된다
- 분쟁 시 객관 근거로 활용한다
- 운영팀 인수 기준이 명확해진다

정량화 시 유의

- 가정값을 함께 기재한다
- 등급은 비용과 직결된다
- 99.9% → 99.99%는 비용 10배
- 미충족 항목은 위험 등록부에 등재한다

TA 설계 6원칙 — 모든 결정의 기준

❶ SPOF 제거

- 단일 장애점을 0으로
- LB·FW·DB·전원·스위치 이중화
- N+1·2N·Active/Standby

❷ 계층 분리

- Edge·Web·WAS·DB 분리
- 망·역할·권한 분리
- 보안 경계 명확화

❸ 표준 준수

- KS·IEC·ISO·NIST·CSAP
- 사내 표준 (코드·문서·태그)
- 벤더 모범 사례

❹ 운영 자동화

- IaC (Ansible·Terraform)
- CI/CD 파이프라인
- 백업·패치·모니터링 자동화

❺ 관찰성 내장

- 메트릭·로그·트레이스 3축
- 처음부터 설계에 포함
- 사후 추가는 어렵다

❻ 비용 효율

- TCO 10년 기준
- 등급별 비용 차이 인식
- 과스펙 = 낭비, 저스펙 = 위험

6원칙은 체크리스트가 아니라 설계 사상이다. 결정 회의마다 "어느 원칙을 우선했는가"에 답할 수 있어야 한다.

PART B

실습 과제 — 고객관리 시스템 설계

가상 고객사 · 요구사항 · 산출물 8종 · 평가 기준

가상 고객사 — 중견 제조업 K사

🏢 회사 개요

- **업종:** 자동차 부품 제조
- **위치:** 경기 화성 본사 + 충북 청주 공장 + 베트남 호치민 법인
- **임직원:** 3,000명 (사무 1,200 / 생산 1,500 / 해외 300)
- **연매출:** ₩6,800억 (2025)
- **IT 인력:** 정보팀 12명 · 인프라 4명 · 보안 2명

📦 기존 시스템

- ERP (SAP ECC, 2018 도입)
- 그룹웨어 (사내 클라우드)
- MES (자체 개발, EOSL)

🎯 신규 과제 — 고객관리 시스템

- **목적:** 영업·CS·품질 클레임 통합 관리
- **사용자:** 사무직 1,200명 (사내) · 동시 500명 (피크)
- **데이터:** 고객 기본·계약·발주·클레임·CS 이력
- **접속 경로:** 사내망 전용 · 외부 접속 차단
- **운영 환경:** 온프레미스 (본사 전산실)
- **예산:** HW/SW ₩8억 + 구축 ₩3억 (단년)
- **일정:** 6개월 (2026 상반기)

본 워크숍은 인프라(TA) 영역에 집중한다. 응용 개발은 PM-SA-BA가 별도 수행한다.

시스템 요구사항 (FR) — 수령한 요구사항

📝 기능 요구사항 (PM 제공)

1. **고객 관리:** 등록·조회·수정·삭제 (CRUD)
2. **계약 관리:** 계약 등록·갱신·종료·이력
3. **발주 관리:** 발주서 등록·승인·발송
4. **클레임 관리:** 접수·할당·처리·통계
5. **CS 이력:** 통화·메일·미팅 기록
6. **통계 대시보드:** 매출·클레임·고객사 분석
7. **권한 관리:** 영업/CS/관리자 역할 분리

👤 외부 인터페이스

- **SAP ERP** — 고객 마스터 · 매출 데이터 (배치)
- **그룹웨어** — SSO (LDAP)
- **MES** — 클레임 → 품질 데이터 연계
- **메일 서버** — CS 알림 발송

📁 데이터 추정

- 고객 30,000사 · 계약 8만 건 · 발주 50만/년 · 클레임 2만/년
- 첨부 파일 (사진·문서) — 평균 5MB × 20만 건

FR은 목록 수준으로만 확인한다. 인프라 영향은 NFR 슬라이드에서 다룬다.

비기능 요구사항 (NFR) — 수령한 항목 + 가정

#	영역	수령한 요구사항	TA 가정 (보강)
1	가용성	"업무시간 중 장애 최소화"	SLA 99.9% · RTO 4h · RPO 1h
2	성능	"동시 사용자 500명"	TPS 51 (피크) · 응답 200ms 이하
3	보안	"DB 직접 접근 금지·운영자 통제"	망 3단계 · 2FA · TLS1.3 · AES256 · PAM
4	확장성	(명시 없음)	5년 후 동접 800명·데이터 +200%
5	운영성	"모니터링·로그 관리"	Zabbix + ELK · 알람 3채널 · 분기 점검
6	유지보수성	(명시 없음)	문서화 80%+ · 인수인계 5일 · IaC 30%+
7	백업	"DB 일 1회 백업"	Full 일 1회 + Archive Log 1h · 30일 + 분기 Tape
8	DR	(명시 없음)	DR 사이트 미도입(위험 등록) — 백업 복구 기반

"명시 없음" 칸은 TA가 가정값으로 채워되 반드시 가정 등록부에 기재한다. 가정 없는 NFR은 산출물이 될 수 없다.

팀별 산출물 8종 — 전체 패키지

① 논리 구성도

Edge·Web·WAS·DB·Storage·Backup·NW 계층 구조

② 물리 배치도 (랙 elevation)

랙 위치·케이블링·전력·발열

③ BOM (자재 명세서)

서버·스토리지·NW·SW 라이선스 항목·수량·단가

④ 용량 산정서

동접·TPS·CPU·Mem·Disk·IOPS·NW 대역

⑤ 보안 정책표

방화벽 정책·접근통제·계정 정책·암호화

⑥ 백업·DR 설계서

백업 정책·매체·일정·복구 절차

⑦ 운영 SOP (Standard Operating Procedure)

변경관리·장애 대응·백업·패치 4종

⑧ 위험 등록부 + 10년 TCO

SPOF·미해결 항목·CAPEX/OPEX 누적

8종은 TA의 표준 산출물 패키지이며, 면접 포트폴리오로도 활용 가능하다.

PART C

요구사항 분석 · *NFR* 정량화 — 11 슬라이드

모호한 요건을 수치로 바꾸는 절차

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

요구사항 → 기능 매트릭스 — 변환 예시

FR	인프라 영향	NFR 매핑	추가 가정
고객 CRUD	DB 트랜잭션	성능 · 가용성	TPS 30 (평균)
계약 등록-이력	DB + 파일 첨부	성능 · 스토리지	첨부 5MB × 20만 = 1TB
발주서 발송	메일 연동 · 외부 NW	보안 · 가용성	SMTP 릴레이
클레임 통계	DB 집계 · OLAP	성능	집계 야간 배치
권한 관리	LDAP 연동	보안 · 운영	SSO 표준
외부 연계 ERP	배치 ETL · NW	보안 · 가용성	야간 1회

FR을 NFR로 변환하지 못하면 TPS 산출 단계에서 막힌다. 매트릭스 양식이 출발점이다.

NFR 정량화 사례 — 가용성 99.9% → 산출

가용성 99.9% 의미

- 연간 다운타임 8.76시간 허용
- 월간 약 43분
- 주간 약 10분

RTO 4h

- 장애 발생 후 4시간 내 복구
- HA(자동 failover) 필요 X
- 백업 복구 + 수동 절차로 가능

RPO 1h

- 데이터 손실 허용 1시간
- Full 백업만으로는 불가 (24h 손실)
- Archive Log 1h 주기 백업 필수

결정 사항

- DB HA: **Active-Standby** (수동 promotion)
- 백업: Full 1일 + Archive Log 1시간
- 복구 SOP: 30분 인지 + 3시간 복구 = 3.5h

"가용성 99.9% + RTO 4h + RPO 1h"라는 한 줄의 NFR이 DB HA·백업 정책·복구 SOP 셋을 동시에 확정한다.

가용성 등급별 비용 — 9의 자릿수 비용 곡선

SLA	연간 다운	월 다운	비용 배수	표준 적용
99%	87.6h	7.3h	1×	사내 시범
99.9%	8.76h	43m	2~3×	사내 일반
99.99%	52.6m	4.3m	10~15×	외부 핵심
99.999%	5.26m	26s	50~100×	통신·금융 핵심
99.9999%	31.5s	2.6s	200×+	항공 관제

본 과제 결정

- 99.9% 채택**
- 사내 + 업무시간 중심
- HA는 DB만 적용 (Active-Standby)
- LB는 단일 (위험 등록)

99.99% 미채택 사유

- 비용 5배 증가
- LB·FW 모두 이중화 필요
- DR 사이트 필요
- 본 예산(W8억)으로 불가

사용자 시나리오 — 3가지 User Story

시나리오 ① · 영업 사원 (피크)

오전 10시, 영업 사원 A가 사내망 PC에서 고객 정보 조회 → 신규 계약 등록 → 발주서 1건 생성 → SAP ERP 연동 → 발송 완료까지 5분 이내

- 동시 접속: 500명
- 평균 트랜잭션: 3건/분/명
- 응답시간: 200ms 이하

시나리오 ② · CS 담당 (일상)

오후 2시, CS 담당 B가 클레임 접수 → 담당자 자동 배정 → 처리 진행 상황 업데이트 → 통계 대시보드 조회

- 첨부 파일 업로드: 10MB
- 조회 응답: 500ms 이하

시나리오 ③ · 야간 배치 (운영)

23:00 ~ 03:00: SAP ERP 매출 데이터 동기화 + 일일 통계 집계 + DB Full 백업 + Archive Log 마무리

- ETL 시간: 30분
- 통계 집계: 1시간
- DB 백업: 2시간

트래픽 분포

- 피크: 09:00~11:00 (40%) · 14:00~16:00 (35%)
- 평균: 13시간 업무 시간
- 야간: 배치만

시나리오 3종으로 피크·평균·야간 트래픽 모델을 확정한다.

트래픽 모델 — 피크·평균·동접 산출

지표	산출 공식	값
사내 사용자	요건	3,000명
본 시스템 사용자	사무직 비중 60%	1,800명
일일 활성 사용자(DAU)	1,800 × 70%	1,260명
동시 접속 (평균)	DAU × 0.2	252명
동시 접속 (피크)	DAU × 0.4	504명 ≈ 500 ✓
평균 사고 시간	가정	30초
평균 TPS	504 ÷ 30	17 TPS
피크 TPS	× 3 마진	51 TPS
일일 트랜잭션	504 × 30 × 8h × 0.6	218,000건/일

시간대별 분포 (가정)

- 09~10시: 15% (피크)
- 10~11시: 12% (피크)
- 11~12시: 8%
- 13~14시: 10%
- 14~15시: 13% (피크)
- 15~16시: 12% (피크)
- 16~18시: 합계 30%

마진 정책

- × 3 마진 표준 (피크/평균)
- 5년 증가 시 × 1.5 추가
- 클라우드 버스팅 미사용 (온프레)
- 잔여 마진은 위험 등록

데이터 모델 — 3종 분류

① 마스터 데이터 (정적)

- 고객 30,000사
- 임직원 1,800명
- 코드·분류 1,000건
- 총 약 200MB
- 증가율: 연 +5%

② 트랜잭션 데이터 (동적)

- 계약 80,000건
- 발주 50만/년 × 5년 = 250만
- 클레임 2만/년 × 5년 = 10만
- 총 약 50GB (5년 후)

③ 첨부·파일 데이터 (대용량)

- 평균 5MB × 20만 = 1TB
- 5년 후 5TB+
- 사진·계약서·클레임 증빙

④ 로그 데이터 (관찰성)

- 응용 로그 5GB/일
- DB Archive Log 2GB/일
- 시스템 로그 3GB/일
- 총 10GB/일 × 30일 = 300GB

데이터 3종은 스토리지 Tier를 분리하는 것이 표준이다. 마스터·트랜잭션은 DB(SAN), 파일은 NAS, 로그는 ELK로 적재한다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

22 / 71

#150

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

NFR 정량화 매트릭스 — 완성본

영역	측정 지표	본 과제 값
가용성	SLA · RTO · RPO	99.9% · 4h · 1h
성능	동접 · 피크 TPS · 응답	500 / 51 / 200ms
보안	망 단계 · 인증 · 암호화	3단계 · 2FA · TLS1.3-AES256
확장성	5년 동접 · 데이터 증가	800명 / +200%
운영성	모니터링 항목 · 백업	80+ / Full 일 1+ Log 1h
유지보수성	문서화 · IaC	80% · 30%

매트릭스의 효과

- 모든 결정의 수치 기준이 된다
- 8종 산출물의 출발점이다
- 발표 첫 슬라이드로 사용한다
- 검수·인수의 객관 기준이 된다

워크숍 작성 요령

- 가장 먼저 작성한다
- 빈 칸 없이 모두 채운다
- 명시 없음 항목은 가정값으로 채운다
- 가정의 근거를 한 줄씩 기재한다

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

23 / 71

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 75 / 130

NFR 가정 등록부 — 문서화 양식

#	영역	가정 사항	근거	확인 필요
1	가용성	RTO 4h · RPO 1h	"업무시간 중 장애 최소화" 해석	발주처
2	성능	사고시간 30초	화면 5건/사용자/분 표준	(TA 추정)
3	성능	마진 × 3	업계 표준	(TA 표준)
4	확장성	5년 +200%	매출 +10%/년 가정	경영지원
5	보안	망 3단계	DMZ-내부-관리망	보안팀
6	보안	2FA	"운영자 통제" 해석	정보보안
7	백업	30일 + 분기 Tape	일반 기업 표준	발주처
8	백업	Archive Log 1h	RPO 1h 충족 위해	(TA 결정)

작성 원칙

- 가정 1건당 1행으로 기재한다
- 근거를 함께 적는다
- 확인 주체(발주처·EA·보안팀 등)를 지정한다
- 발표 전 재검토한다

실수 사례

- 가정 누락 → 질의에 답할 수 없다
- 근거 누락 → 임의 결정으로 의심받는다
- 확인 미실시 → 산출 후 변경 비용 폭발

NFR 트레이드오프 표 — 본 과제 결정

결정 항목	선택	미선택	사유
DB HA	Active-Standby	Active-Active (RAC)	비용 차 4배 · RTO 4h로 충분
LB 이중화	단일 (위험 등록)	이중화	예산 제약 · 위험으로 가시화
백업 매체	디스크 + Tape	디스크 전용	랜섬웨어 대비
DR 사이트	미도입 (위험 등록)	Warm Standby	예산 · 1단계 백업 복구로
모니터링	OSS (Zabbix+ELK)	상용 (Datadog)	OPEX 70% 절감
가상화	KVM (Proxmox)	VMware	라이선스 부담
보안 등급	ISMS-P 준수	ISMS-P 인증	인증 비용 6개월 + ₩1억

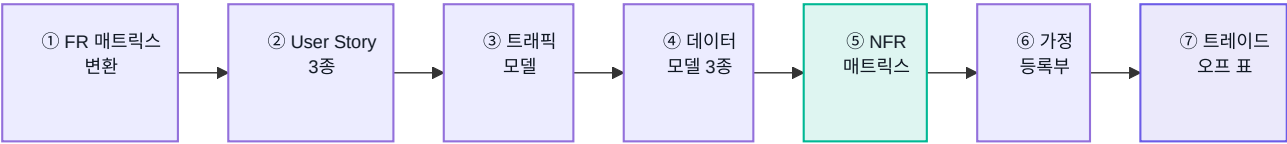
결정의 일관성

- 모두 "비용 효율" 6원칙을 우선 적용한다
- 가용성 등급을 99.9%로 일관 적용한다
- 위험은 모두 위험 등록부에 가시화한다

단계별 업그레이드 로드맵

- 1년 차: LB 이중화 도입
- 2년 차: DR 사이트(Warm Standby) 검토
- 3년 차: ISMS-P 인증 추진
- 단계별 로드맵으로 제시한다

PART C 요약 — NFR 정량화 7단계



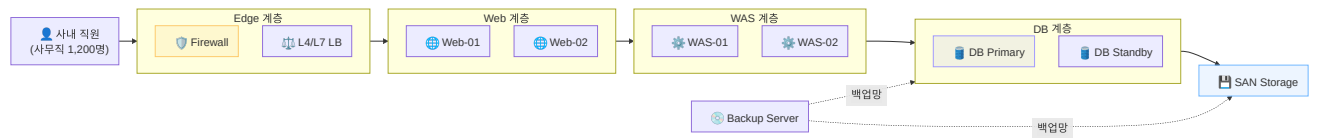
7가지 산출물을 약 2시간 안에 완성하는 것이 본 워크숍 전반의 목표다.

PART D

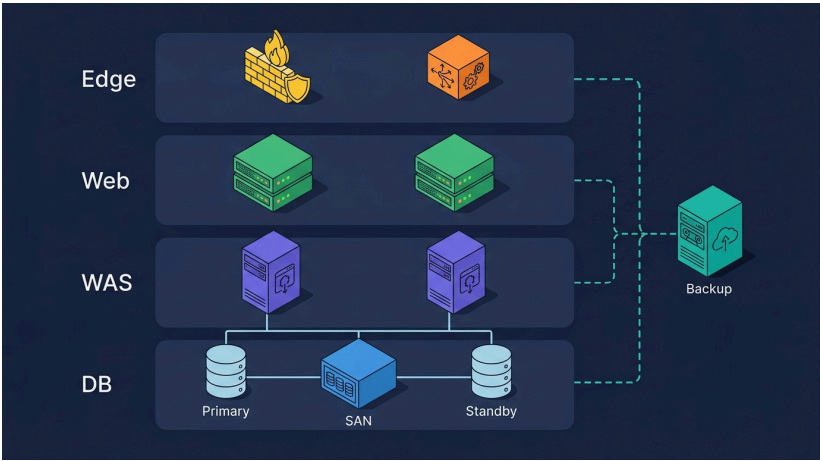
아키텍처 설계 단계 — 18 슬라이드

4계층 · 논리·물리 구성도 · 사이징 · HA · 백업·DR · 보안

4계층 아키텍처 — 표준 골격



4계층은 Edge-Web-WAS-DB가 표준이다. Storage-Backup-Network-Security는 횡단 영역으로 별도 설계한다.



4계층 아키텍처 (상화)

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

횡단 영역 4종 — Storage·Backup·NW·Security

Storage

- SAN (DB용) — Tier-1 SSD
- NAS (파일용) — Tier-2 SAS
- Object (백업) — Tier-3 HDD/Tape
- Snapshot · Thin Provisioning

 Backup

- 백업 서버 + Tape Library
- 백업망 (10G 전용)
- 3-2-1 규칙 적용
- 분기 복구 시험

 Network

- VLAN 분리 (사용자·서버·관리·백업)
- L3 코어 스위치 + L2 ToR
- 방화벽 2단계 (외부·DB)
- 관리망 OOB

 Security

- NGFW · WAF · IPS
- EDR · DLP · DRM
- LDAP · 2FA · PAM
- 로그 통합 (SIEM)

4계층 + 4횡단 = TA 아키텍처 8영역이며, 8영역 모두 산출물에 기재해야 한다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

30 / 71

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

논리 구성도 작성 가이드 — 4단계 절차

단계 1: 4계층 골격

- Edge → Web → WAS → DB
- 좌→우 또는 위→아래
- 색상 일관성

단계 2: 이중화 표기

- 같은 계층 노드 2개
- LB·HA 표기 (↔)
- SPOF 0 확인

단계 3: 망 구간 표기

- 방화벽 (🛡️) 2단계
- VLAN 박스 (점선)
- 관리망·백업망 분리

단계 4: 외부 연계

- SAP ERP (배치 화살표)
- LDAP (SSO 화살표)
- 메일 서버 · 모니터링
- 외부 NW는 색 구분

도구 선택

- **Draw.io / diagrams.net** — 무료, 표준
- **Lucidchart** — 협업, 유료
- **Visio** — 사내 표준 (MS)
- **Mermaid Live** — 텍스트 기반
- **Excalidraw** — 화이트보드 느낌

본 워크숍은 Draw.io 또는 Mermaid 사용을 권장한다. 무료·협업·빠른 작성이 가능하다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 감사 박수현

31 / 71

물리 배치도 — 랙 *elevation* 표기

Rack-01 (Server)		Rack-02 (Server)		Rack-03 (NW + Storage)	
42U	■ KVM	42U	■ KVM	42U	■ KVM
40U	Web-01 1U	40U	Web-02 1U	40U	Core Sw
39U	WAS-01 2U	39U	WAS-02 2U	39U	ToR Sw 1
				39U	ToR Sw 2
36U	DB-01 2U	36U	DB-02 2U	36U	FW (NGFW)
					LB (L4/L7)
30U	Backup 2U	30U		30U	SAN Switch
					SAN-01 4U
					Tape Lib 6U

표기 항목

- 장비명·U 수
- 랙 위치·랙 번호
- 전원 A/B PDU
- KVM·콘솔

점검 항목

- 무게·전력 합산
- 발열 분포
- 케이블 경로
- 운영 동선

네트워크 토폴로지 — *VLAN·DMZ·관리망*

VLAN	용도	대역	게이트웨이
10	사내 사용자	10.10.10.0/24	10.10.10.1
20	DMZ (Web)	10.20.20.0/24	10.20.20.1
30	WAS	10.30.30.0/24	10.30.30.1
40	DB	10.40.40.0/24	10.40.40.1
50	관리망 (OOB)	10.50.50.0/24	10.50.50.1
60	백업망	10.60.60.0/24	10.60.60.1
70	외부 연계 (ERP)	10.70.70.0/24	10.70.70.1

망 분리 원칙

- 물리 분리 권장 영역: 관리·백업
- 논리 분리: 사용자·DMZ·WAS·DB
- VLAN 간 통신은 방화벽 경유
- Trunk port·STP 점검

코어 스위치 구성

- L3 코어 1조 (스택 또는 VSS)
- ToR L2 스위치 2대/Rack
- 백업망 10G 별도
- 관리망 1G 별도

서버 사이징 절차 — 공식과 산정표

계층	산정 공식	결과 (대당)	대수
Web	TPS × 0.05 vCPU + OS 2 vCPU	4 vCPU · 8GB	2
WAS	TPS × 0.2 vCPU + OS 2 vCPU + Heap 4G	12 vCPU · 16GB	2
DB Primary	데이터 40% Buffer + 동접 + 인덱스	16 vCPU · 64GB	1
DB Standby	Primary 동일	16 vCPU · 64GB	1
Backup	(작업량)	8 vCPU · 16GB	1

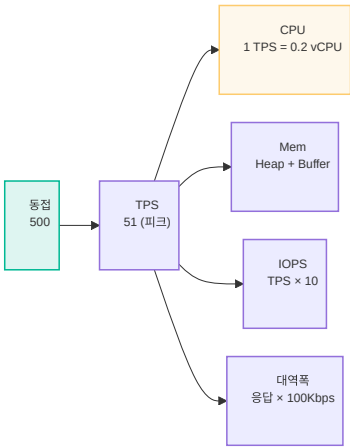
산정 5요소

- **CPU**: 1 TPS ≈ 0.2 vCPU (WAS 기준)
- **Mem**: Heap + Buffer + OS
- **IOPS**: TPS × 10 (DB 기준)
- **대역폭**: 응답 크기 × 100Kbps
- **OS 오버헤드**: 항상 +2 vCPU

가정·보정 원칙

- 가정값(× 0.05·× 0.2 vCPU 등)은 산업 평균
- 실제 값은 **부하 시험(JMeter-k6)** 으로 보정
- 산정 근거는 가정 등록부에 1줄로 기재
- 마진 30%는 산정 마지막에 일괄 가산

서버 사이징 — 산정 흐름도



동접 → TPS 한 줄에서 모든 자원 산정이 분기한다. TPS가 틀리면 5종 자원이 동시에 흔들린다.

스토리지 사이징 — 5종 영역

영역	산정 공식	5년 후	마진	최종
DB 데이터	250만 row × 2KB + 인덱스 30%	50GB	× 3	150GB
DB 첨부	5MB × 20만 + 증가 200%	3TB	× 1.5	5TB
DB Log (Archive)	2GB × 7일 보관	14GB	× 1.5	20GB
시스템 로그	10GB × 30일	300GB	× 1.3	400GB
백업 저장소	(DB + 첨부) × 30세대 × 0.5 압축	75TB	× 1.2	90TB

Tier 분리

- Tier-1 SSD: DB · DB Log
- Tier-2 SAS: 첨부 · 시스템 로그
- Tier-3 HDD/Tape: 백업

IOPS 산정

- DB: 51 TPS × 10 × 3 = **1,500 IOPS**
- 첨부: 50 IOPS (낮음)
- 로그: 100 IOPS

RAID 정책

- DB: RAID 10 (성능+가용성)
- 첨부: RAID 6 (가용성)
- 로그: RAID 5
- 백업: RAID 6 + Tape 복제

솔루션 후보

- SAN: Dell PowerStore · NetApp AFF
- NAS: NetApp FAS · Dell PowerScale
- Tape: IBM TS4300 · Quantum Scalar

DB HA 설계 — Active-Standby 채택

후보 비교

- Oracle DG (Data Guard) — 라이선스 큼
- Oracle RAC — 비용 4배
- MySQL InnoDB Cluster — 신뢰성 ↓
- PostgreSQL + Patroni — OSS 대안
- MS SQL Always On AG — 원도

본 과제 선택

- PostgreSQL 16 + Patroni
- Synchronous Replication
- etcd 3노드 (Witness)
- HAProxy로 read/write 분리

선택 사유 (트레이드오프)

- 비용 효율 6원칙 우선
- 사내 PostgreSQL 운영 경험 있음
- Oracle 대비 라이선스 ₩0
- 단점: RAC 대비 정합성 보장 약함 → Sync 모드로 보완

Failover 시나리오

- Primary 장애 감지 (Patroni 5초)
- Standby 자동 promotion (30초)
- HAProxy VIP 전환 (10초)
- 총 ~45초 → RTO 4h 충족

백업·DR 설계 — 3-2-1 규칙

3-2-1 규칙

- 3 복사본 (원본 + 백업 2개)
- 2 매체 (디스크 + Tape)
- 1 오프사이트 (Tape는 분기 분실 대비)

본 과제 적용

- 원본: DB Primary + Standby
- 백업 1: 디스크 (백업 서버)
- 백업 2: Tape (월 1회 외부 보관)

복구 시간 산출

- 감지: 30분
- 의사결정·소집: 1시간
- 복구 작업: 2시간 (Standby 승격)
- 검증: 30분
- 총 4시간 ✓ RTO 충족

DR 사이트 (1단계 미도입)

- 위험 등록부에 명시
- 2년 후 Warm Standby 검토
- 본사 화재 시 가정: Tape 복구로 24h

보안 다층 설계 — 7대 영역 (솔루션 카탈로그)

영역	솔루션	본 과제 적용
방화벽	NGFW (Palo Alto · Fortigate)	2단계 (외부·DB)
WAF	F5 · Imperva · Cloudbric	DMZ 전단
IPS	Cisco · Trend · 시큐아이	Inline
EDR	CrowdStrike · V3 · MS Defender	전 서버
DLP	Symantec · Forcepoint · 소만사	내부망
DRM	Fasoo · 마크애니	문서
SIEM	Splunk · Elastic SIEM · 이글루	로그 통합

표의 7대 영역은 솔루션 카탈로그다. 다음 슬라이드에서 망 분리·인증·암호화·감사 4축으로 본 과제에 적용한다.

보안 다층 설계 — 본 과제 적용 4축

망 분리 (3단계)

- 외부 **NW**: 차단
- DMZ**: Web만
- 내부 **NW**: WAS·DB
- 관리망: OOB

인증·접근통제

- LDAP (SSO)
- 2FA (OTP 또는 OAuth)
- RBAC (3등급)
- PAM (DB·관리망)

암호화

- 전송: TLS 1.3
- 저장: AES-256 (DB TDE)
- 키 관리: HSM 또는 KMS
- 백업: 디스크·Tape 암호화

감사·컴플라이언스

- 로그 보관 1년+
- 분기 점검
- 개인정보보호법 + ISMS-P 준수
- 정기 모의훈련

망 분리·인증·암호화·감사 4축은 보안 설계의 골격이며, 한 축이라도 빠지면 산출물이 반쪽이 된다.

관찰성 설계 — 3축 + 알람

3축

- 메트릭** (Prometheus + Grafana)
- 인프라: CPU·Mem·Disk·NW
- 응용: TPS·응답·에러율
- 비즈니스: 등록건수·발주건수
- 로그** (ELK 또는 Loki)
- 시스템 (syslog)
- 응용 (JSON 표준)
- 보안 (SIEM 연계)
- 트레이스** (Jaeger 또는 Tempo)
- HTTP 요청 흐름
- SQL 실행 시간
- 외부 API 호출

알람 채널 3종

- Slack** (정상 알람)
- SMS** (중요 알람)
- 전화** (Critical 24×7)

알람 임계치

- CPU 80%+ 5분 → 경고
- DB 응답 1s+ → 경고
- 디스크 90%+ → 중요
- 서비스 다운 → Critical

대시보드

- TA 대시보드 (인프라)
- 운영 대시보드 (서비스)
- 임원 대시보드 (KPI)

운영 자동화 설계 — *laC + CI/CD*

laC (Infrastructure as Code)

- **Terraform** — VM·NW 프로비저닝
- **Ansible** — OS·미들웨어 설정
- **GitLab** — 버전 관리
- **GitOps** — 변경 = 코드 PR

자동화 대상

- VM 생성 (Proxmox API)
- OS 설정 (Ansible playbook)
- DB 초기 구성
- 백업 스케줄

CI/CD (응용은 SA 영역)

- Jenkins 또는 GitLab CI
- 빌드·테스트·배포
- 무중단 배포 (Blue/Green)

자동화 효과

- 변경 작업 시간 70%↓
- 인적 오류 90%↓
- 인수인계 문서 = 코드
- 재현성 100%

단계적 도입

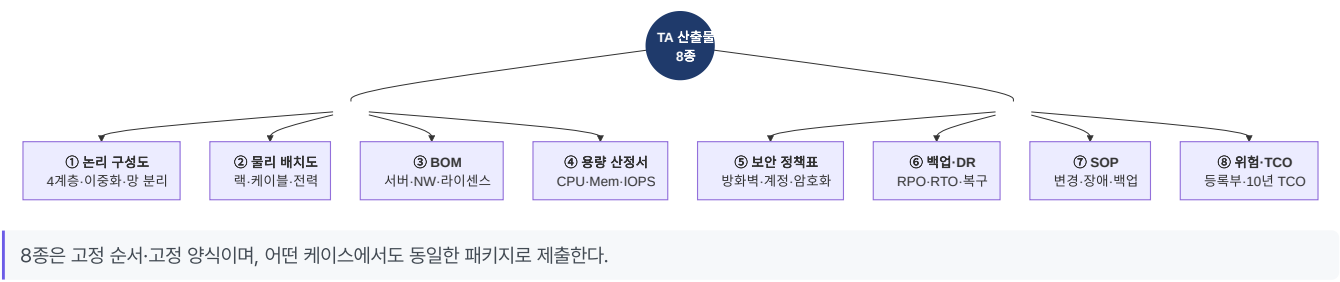
- 1단계: VM·OS (30%)
- 2단계: 응용 배포 (50%)
- 3단계: 보안·백업 (70%)

PART E

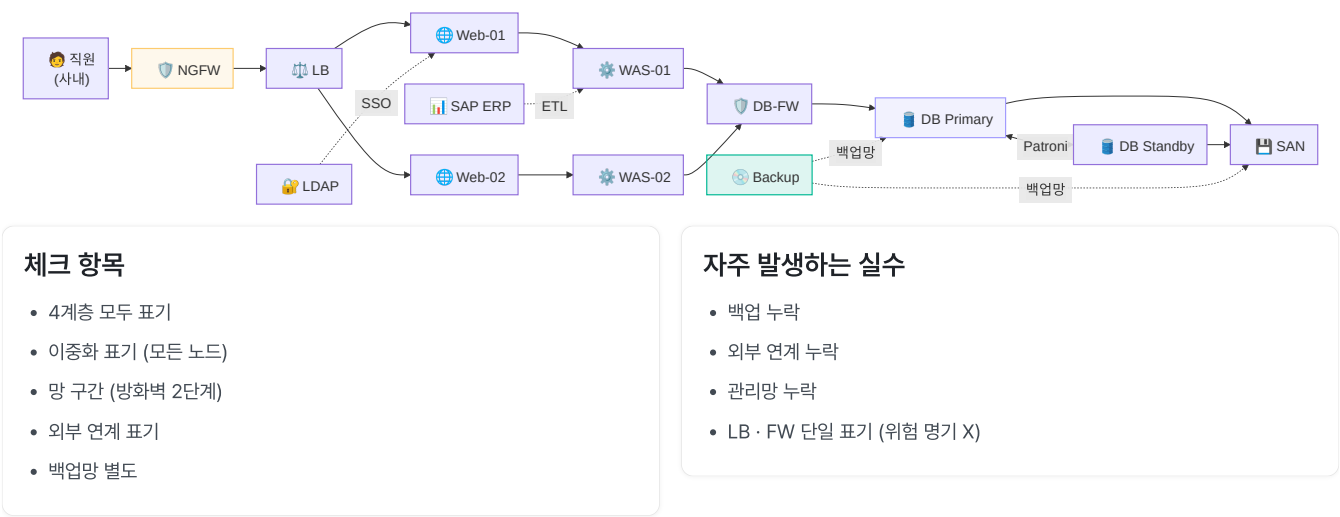
산출물 패키지 8종 — 26 슬라이드

논리·물리·BOM·산정서·보안·백업·SOP·위험/TCO

산출물 8종 — Wheel 다이어그램



산출물 1 — 논리 구성도



산출물 2 — 물리 배치도 (랙 elevation)

Rack	U	장비	모델 (예시)	전력(W)
R-01	40~39	Web-01 (1U)	Dell R650 · 2× Silver 4314 · 64GB	600
R-01	38~37	WAS-01 (2U)	Dell R750 · 2× Gold 6338 · 128GB	900
R-01	36~35	DB-01 (2U)	Dell R750 · 2× Gold 6438 · 256GB	1100
R-01	34~33	Backup (2U)	Dell R750 · 1× Silver · 64GB	700
R-02	40~39	Web-02 (1U)	Dell R650 동일	600
R-02	38~37	WAS-02 (2U)	Dell R750 동일	900
R-02	36~35	DB-02 (2U)	Dell R750 동일	1100
R-03	40~37	Core SW · ToR SW	Cisco Nexus 9300 ×2	700
R-03	36~35	NGFW ×2	Palo Alto PA-3220	400
R-03	34~33	L4/L7 LB	F5 BIG-IP iSeries	350
R-03	30~26	SAN	Dell PowerStore 500T (4U)	1500
R-03	24~18	Tape Library	IBM TS4300 (6U)	600

총 전력 합산 + 30% 마진 + PDU 산정 + 발열(BTU/h) 산출까지 포함한다.

산출물 3 — BOM (자재 명세서)

#	분류	품목	모델	수량	단가(만원)	합계
1	서버	Web	Dell R650 · 4 vCPU·64GB	2	800	1,600
2	서버	WAS	Dell R750 · 12 vCPU·128GB	2	1,500	3,000
3	서버	DB	Dell R750 · 16 vCPU·256GB	2	2,500	5,000
4	서버	Backup	Dell R750 · 8 vCPU·64GB	1	1,000	1,000
5	스토리지	SAN	Dell PowerStore 500T · 50TB SSD	1	8,000	8,000
6	스토리지	NAS	Dell PowerScale · 100TB	1	5,000	5,000
7	스토리지	Tape	IBM TS4300 + LTO-9 × 30	1	3,500	3,500
8	네트워크	Core SW	Cisco Nexus 9300	2	1,200	2,400
9	네트워크	NGFW	Palo Alto PA-3220	2	2,000	4,000
10	네트워크	LB	F5 BIG-IP iSeries	1	2,500	2,500
11	SW	PostgreSQL 지원	EDB Standard · 4 sockets	1	1,500	1,500
12	SW	Proxmox 지원	Community → Business	8	200	1,600
13	SW	Veeam B&R	Universal License · 10 instances	1	1,500	1,500
14	SW	Zabbix·ELK 지원	(선택)	1	500	500
		합계				41,100만원

HW + SW = ₩4.1억. 예산 ₩8억 + 구축비 ₩3억 → 잔여 ₩4.9억으로 보안·전기·설치·예비비를 흡수한다.

산출물 4 — 용량 산정서 (완성본)

항목	가정값	공식	결과
동시 사용자	500	요건	500
사고 시간	30초	가정	30
평균 TPS	500 ÷ 30		17
피크 TPS	× 3 마진		51
Web vCPU	4 vCPU/대	× 2 이중화	4 × 2
WAS vCPU	12 vCPU/대	× 2	12 × 2
WAS RAM	Heap 8G + OS 8		16 GB × 2
DB vCPU	16 vCPU/대	Primary + Standby	16 × 2
DB RAM	데이터 50% Buffer	데이터 150GB	256 GB × 2
DB SSD	× 3 마진		500 GB
첨부 NAS	5MB × 20만 × 마진		5 TB
Backup	× 30세대 × 0.5 압축		90 TB
IOPS	51 × 10 × 3		1,500
대역폭	500 × 100Kbps × 1.5		75 Mbps
5년 후 마진	× 1.5		(전 항목 확인)

가정값을 표 안에 함께 기재한다. 가정 없는 산정서는 검수 대상이 아니다.

산출물 5 — 보안 정책표 (방화벽 규칙)

#	Source	Destination	Port	Proto	용도	만료
1	Internal-User	LB-VIP	443	TCP	HTTPS 사내 접속	-
2	LB	Web	8080	TCP	LB → Web	-
3	Web	WAS	8009	TCP	AJP	-
4	WAS	DB-VIP	5432	TCP	PostgreSQL	-
5	DB-Standby	DB-Primary	5432	TCP	Replication	-
6	Patroni-etcd	etcd cluster	2379	TCP	Patroni	-
7	Backup	All-Tier	10001	TCP	Veeam Agent	-
8	Admin-Net	All-Servers	22	TCP	SSH (PAM 경유만)	-
9	Admin-Net	iLO-Net	443	TCP	원격관리	-
10	Monitoring	All-Servers	9100, 161	TCP/UDP	node_exporter · SNMP	-
11	LDAP	LDAP-Server	636	TCP	SSO	-
12	WAS	SMTP-Relay	587	TCP	메일 알림	-
13	ETL	SAP ERP	22	TCP	SFTP 배치	2027-12-31
99	Any	Any	Any	Any	Deny (묵시 차단)	-

방화벽 정책표는 묵시 차단 + 명시 허용 원칙이다. 마지막 행(#99)에 Deny Any 한 줄이 빠지면 정책표가 아니다.

산출물 5 — 보안 정책표 (접근통제·계정 정책)

 접근통제 정책

- **LDAP SSO + 2FA (OTP)** — 단일 로그인 + 2차 인증
- **RBAC 3등급** — 영업·관리자·시스템 분리
- **DB 직접 접근 금지** — 모든 DB 접근은 PAM 경유
- **관리자 IP whitelist** — 관리망 + 사전 등록 IP만
- **세션 타임아웃** — 30분 무동작 시 자동 로그아웃
- **권한 변경 감사** — 등급 변경 100% 로그 기록

 추가 통제

- **OOB 관리망 분리** — 서비스망과 물리 분리
- **퇴직 즉시 비활성** — HR 연계 자동 처리
- **외주 계정 분리** — 명시 만료일 강제

 계정 정책

- **비밀번호**: 12자 이상·영문/숫자/특수문자 조합·90일 변경
- **잠금**: 5회 실패 → 30분 잠금
- **휴면**: 90일 미사용 → 자동 휴면 처리
- **퇴직**: HR 통보 즉시 비활성
- **공용 계정**: **전면 금지** (감사 적발 시 인사 조치)
- **임시 계정**: 14일 자동 만료
- **이력 보관**: 5세대 이전 비밀번호 재사용 금지

 점검 주기

- 분기 계정 감사 (휴면·과권한)
- 반기 방화벽 룰 정리 (만료·미사용)
- 연 1회 권한 매트릭스 재검토

접근통제·계정 정책은 *방화벽 정책표(앞 슬라이드)*와 짝이다. 망 통제(룰)와 사람 통제(권한)가 모두 잡겨야 보안 정책표가 완성된다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

50 / 71

#178

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

산출물 6 — 백업·DR 설계서 (백업 매트릭스)

대상	주기	방식	매체	보관	RTO	RPO
DB 전체	일 1회	Full (야간)	Disk + Tape	30일 + 분기 Tape	3.5h	24h
DB Archive Log	1시간	WAL Archive	Disk	7일	(시점복구)	1h
WAS 설정	변경 시	수동 + Ansible	Disk	1년	1h	변경 시점
NAS (첨부)	일 1회	Incremental	Disk + Tape	30일 + 분기	4h	24h
OS 이미지	분기 1회	이미지	Disk	1년	4h	분기
설정·문서	일 1회	Git push	GitLab	영구	30분	변경 시점

"백업 = 일 1회" 요건은 Full(일 1회) + Archive Log(1시간) 조합으로 RPO 1h를 달성한다. Archive Log 한 줄이 빠지면 RPO가 24시간으로 추락한다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

51 / 71

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 89 / 130

산출물 6 — 백업창·복구 절차·시험



백업창

- 22:00 ~ 04:00 (6시간)
- 서비스 영향 X (사내 업무시간 외)
- 백업량 10G 전용 (서비스 트래픽과 분리)
- 압축률 0.5 가점
- 윈도우 초과 시 알람 + 보고



솔루션

- Veeam Backup & Replication — 전체 백업 오케스트레이션
- pgBackRest — PostgreSQL Full + WAL Archive
- Bareos — Tape 라이브러리 보조
- 동일 콘솔에서 통합 모니터링



복구 절차 (DB 시점복구·PITR)

1. Standby promote (Patroni 30초)
2. VIP 전환 (HAProxy 10초)
3. WAL 적용 (시점 복구·30분~1시간)
4. 응용 재가동 (Web·WAS·LB)
5. 검증 (스모크 테스트·30분)
6. 총 3.5h ≤ RTO 4h ✓ 마진 0.5h



시험 — 복구가 진짜 되는지

- 분기 1회 부분 복구 (단일 테이블)
- 연 1회 전체 시뮬레이션
- 측정 RTO 갱신·SOP 보정
- 외부 보관 Tape 인출 시험 (반기)

백업이 돌아간다고 복구가 된다는 다르다. 분기 부분 복구·연 1회 전체 시뮬레이션이 운영 SOP의 기본.

산출물 7 — SOP 4종 (운영 절차서)

① 변경 관리 SOP

1. RFC 작성 (변경 요청서)
2. CAB 검토 (주 1회)
3. 변경 윈도우 지정 (야간/주말)
4. Rollback 계획
5. 변경 후 검증
6. 변경 로그 기록

② 장애 대응 SOP

1. 감지 (Alert·신고)
2. 1차 분류 (P1·P2·P3)
3. 호출 (On-call)
4. 격리·복구
5. 검증·종료
6. Postmortem (1주 내)

③ 백업 SOP

1. 백업 정책 준수
2. 백업 결과 모니터링
3. 실패 시 재시도 (3회)
4. 분기 복구 시험
5. Tape 외부 보관 (월 1회)
6. 보고서 작성

④ 패치 SOP

1. CVE 모니터링
2. 우선순위 분류 (Critical 7일 / High 30일 / Other 분기)
3. 시험 환경 검증
4. 변경 RFC 연계
5. 야간 적용
6. 패치 이력 기록

SOP는 체크리스트 양식이 표준이며, 신규 인력도 즉시 절차를 수행할 수 있어야 한다.

산출물 8 — 위험 등록부 + 10년 TCO

#	영역	위험	영향	확률	대응	권고
1	가용성	LB 단일	중	중	(없음)	1년 후 이중화
2	가용성	DR 사이트 없음	고	저	백업만	2년 후 Warm Standby
3	성능	5년 후 DB 한계	중	고	모니터링	3년 후 RAC 검토
4	보안	ISMS-P 미인증	중	중	준수만	3년 후 인증
5	운영	KVM 사내 경험 부족	중	중	교육	외주 보조 6개월
6	보안	백업 Tape 분실	중	저	외부 보관	암호화 + 추적
7	운영	복구 시험 미실시	고	중	분기 시험 도입	(해소 예정)
8	비용	Oracle vs Postgres 정합성	중	저	Sync Replication	1년 후 평가

10년 TCO — CAPEX + OPEX

분류	항목	1년차	2~5년 (4년)	6~10년 (5년)	합계
CAPEX	HW-SW 도입	4.1억	-	(5년 교체) 3억	7.1억
	구축비	3억	-	-	3억
	전기-설치	0.5억	-	-	0.5억
OPEX	유지보수 (HW SLA)	-	0.4억/년 × 4	0.3억/년 × 5	3.1억
	SW 라이선스	-	0.5억/년 × 4	0.5억/년 × 5	4.5억
	전기로	0.3억	0.3억 × 4	0.3억 × 5	3.0억
	운영 인력	-	1.5억/년 × 4	1.5억/년 × 5	13.5억
	보안 인증-점검	-	0.1억/년 × 4	0.2억/년 × 5	1.4억
				10년 TCO	약 36억

CAPEX vs OPEX

- CAPEX: 약 30% (10.6억)
- OPEX: 약 70% (25.5억)
- 운영 인력이 최대 비중

비용 절감 포인트

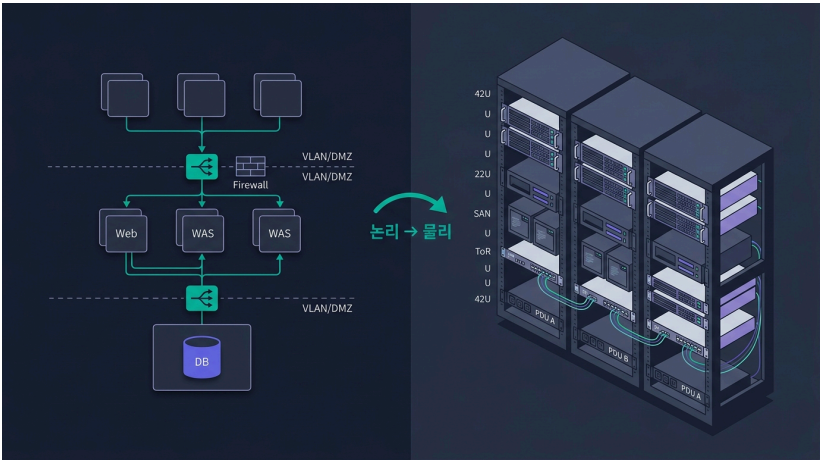
- OSS 채택 (Proxmox-Postgres) → 5억+
- IaC 도입 → 인력 효율 30% ↑
- 모니터링 OSS → 1억+

10년 TCO는 의사결정자(임원-CIO)의 결정 근거다. CAPEX 1억 추가로 OPEX 5억을 회수하는 경우가 흔하다.

산출물 8종 — 점검 매트릭스

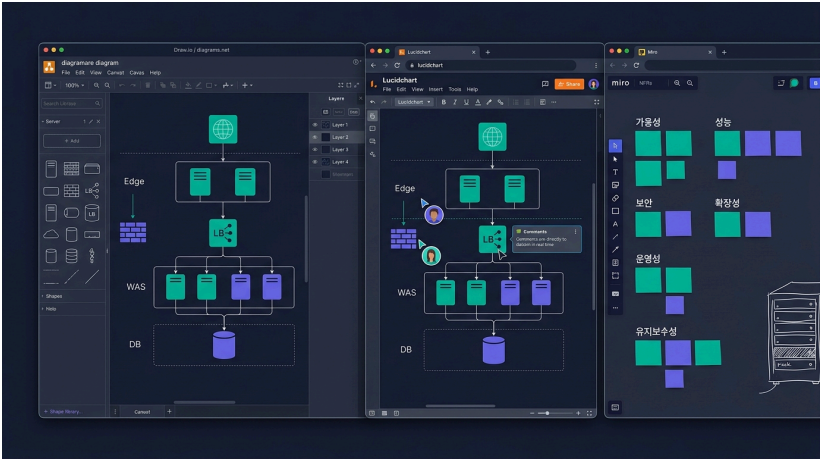
#	산출물	필수 항목	자주 빠지는 항목
1	논리 구성도	4계층 · 이중화 · 망 분리 · 외부 연계	백업량 · 관리량
2	물리 배치도	랙 · 모델 · 전력 · U수	케이블 경로 · 발열 BTU/h
3	BOM	모델 · 단가 · 수량 · 합계	SW 라이선스 · 마진
4	용량 산정서	가정 · 공식 · 결과	5년 증가 · IOPS
5	보안 정책표	FW 규칙 · 계정 · 암호화	만료일 · PAM
6	백업·DR	RPO · RTO · 시점복구	Archive Log · 시험
7	SOP	변경 · 장애 · 백업 · 패치	Postmortem · 패치 우선순위
8	위험·TCO	위험 5+ · 10년 TCO	트레이드오프 · 로드맵

"필수 항목" 칸이 모두 채워졌는지 발표 전 점검한다.



논리 → 물리 변환 흐름

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)

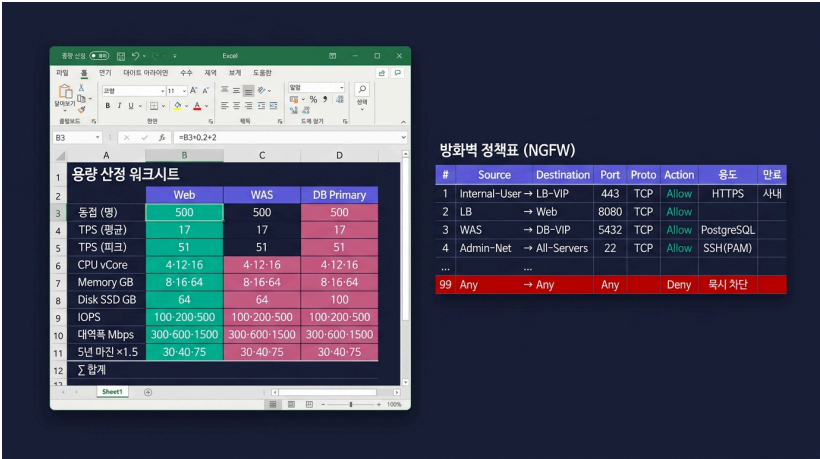


협업 도구 화면 — Draw.io · Lucidchart · Miro 보드

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)



산출물 mockup — 논리 구성도 · 물리 랙 배치도



산출물 mockup — 용량 선정 워크시트 · 방화벽 정책표



산출물 mockup — 위험 등록부 · 10년 TCO 누적 그래프

TA 리뷰 체크리스트 — 표준 12항목

가용성 (4)

- ✓ SPOF 없는가
- ✓ DB HA 표기
- ✓ 방화벽·LB 이중화 (또는 위험 명기)
- ✓ 백업·DR 표기

성능 (3)

- ✓ 산정 가절값 명기
- ✓ 5년 증가분 반영
- ✓ 피크 마진 적정

보안 (3)

- ✓ 망 분리 (3단계+)
- ✓ 방화벽 정책 명시
- ✓ 관리망·백업망 분리

운영성 (2)

- ✓ 모니터링·로그 계획
- ✓ 백업 + 복구 시험 명시

12항 체크리스트는 면접·실무에서 그대로 활용 가능한 표준 양식이다.

SPOF 식별 — 5단계 절차

① 모든 노드 나열

② 화살표 추적

③ 단일 경로 발견

④ 영향 분석 (다운 시?)

⑤ 대응 (이중화·등록)

#	점검 항목	본 과제 결과
1	외부 NW 입구	NGFW 이중화 ✓
2	LB	단일 (위험 등록)
3	Web	2대 ✓
4	WAS	2대 ✓
5	DB	Active-Standby ✓
6	SAN	RAID 10 + 컨트롤러 이중 ✓
7	백업 서버	단일 (저영향)
8	전원	A/B PDU + UPS ✓
9	스위치	Core 2대 + ToR 2대 ✓
10	DNS · LDAP	외부 의존 (가정 이중)

성능 병목 점검 — 7대 영역

#	영역	점검 항목	본 과제
1	CPU	평균 60% 이하·피크 80%	산정 시 마진 × 3
2	메모리	90% 이하·Swap 최소화	DB Buffer 50%
3	디스크 IOPS	가용 IOPS의 70%	1,500 IOPS · SSD
4	네트워크	80% 이하	75 Mbps · 1G 충분
5	DB 연결	Pool 크기 적정	WAS Pool 50
6	외부 연계	응답 시간 SLA	SAP ETL 30분
7	캐시	Hit율 80%+	(응용 영역)

측정 도구

- JMeter / k6 — 부하 테스트
- sar / iostat / vmstat — OS
- pg_stat_ — DB
- Prometheus — 메트릭

사전 대응

- 인덱스 점검
- 쿼리 분석 (slow log)
- 캐시 활용
- Connection Pool

보안 취약점 점검 — OWASP + 내부 위협

OWASP Top 10 (응용 영역)

1. Broken Access Control
 2. Cryptographic Failures
 3. Injection
 4. Insecure Design
 5. Security Misconfiguration
 6. Vulnerable Components
 7. Identification Failures
 8. Software/Data Integrity
 9. Logging Failures
 10. SSRF
- 응용 영역, TA는 **WAF + 표준 인증**

TA가 직접 점검

- 망 분리 (3단계+)
- 방화벽 묵시 차단
- 관리자 PAM 경유
- 전송·저장 암호화
- 백업 암호화
- 로그 보관·접근통제
- 패치 주기 준수
- 계정 정책 (공용 금지)

운영성·유지보수성 점검

운영성 체크

- 모니터링 항목 50+
- 알람 채널 3종
- 로그 통합 (SIEM)
- 백업 자동화
- 복구 시험 분기
- 패치 주기 명시
- SOP 4종 작성
- On-call 체계

유지보수성 체크

- 문서화율 80%+
- 인수인계 5일 이내
- 코드·설정 Git 관리
- IaC 30%+
- 변경 이력 추적
- 신입 OJT 자료
- EOSL 관리 캘린더
- 라이선스 만료 알람

운영성·유지보수성은 사후 추가 비용이 3배이므로 설계 초기부터 포함한다.



팀 리뷰 회의 장면

PART G 정리 — 리뷰·발표 핵심 5

①
12항목
체크리스트

②
SPOF
5단계 점검

③
발표 4장
슬라이드

④
설명력 =
TA 실력

⑤
피드백
즉시 기록

실전에서 마주칠 어려움 7가지

① 요구사항이 명확하지 않다

- 발주처도 모른다
- 가정 + 질의 + 명문화

② 결정이 안 모인다

- 부서 간 갈등
- 6원칙 + 위험 등록

③ 예산이 부족하다

- 항상 부족
- 트레이드오프 + 로드맵

④ 일정이 압박

- 단축 요구
- 단계 분할 + 위험 명기

⑤ 신기술 채택 압력

- "이거 한번 해보자"
- 검증 + 위험 + 대안

⑥ 운영팀과 마찰

- 구축 후 인수 거부
- 운영 SOP 사전 합의

⑦ 사후 변경 요청

- "이거 더 추가"
- 변경관리 SOP

공통 대응

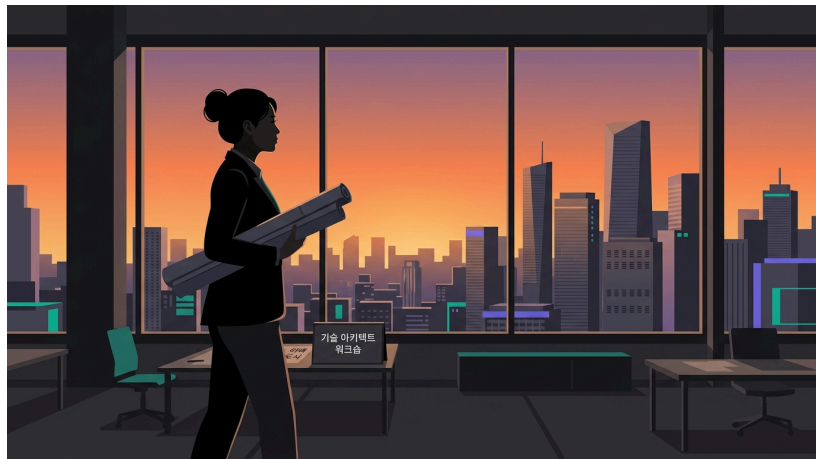
- 문서화 + 트레이드오프 + 가시화

PART 8

"구조를 그리지 못하면, 설계도 운영도 할 수 없다"

본 워크숍에서 그린 첫 구조도가 TA 경력의 출발점이다.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 10 · TA 설계 워크숍 (고객관리 시스템 설계 실습)



"구조를 그리지 못하면, 설계도 운영도 할 수 없다"

IT 인프라 아키텍처 설계

Session 11

RFP 분석 실습과 사례 연구

9단계 절차 · 5종 카테고리 · 실전 케이스 5종 안내

Day 3 · RFP 한 권을 분해·정량화·물리화하는 TA의 표준 절차

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

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)



9단계 절차 · 5종 카테고리 · 실전 케이스 5종 안내

회차 메타데이터 — 세션 정보와 학습 목표

📋 세션 정보

- **회차:** 9 / 15 — Day 3 두 번째 세션
- **카테고리:** rfp-workshop (실전·실습)
- **분량:** 본문 66 슬라이드 + 이미지 2장
- **강의 시간:** 120분
- **강사:** 박수현 — 젠아이랩스(GenAI Labs) CEO / CTO

🎯 핵심 메시지

RFP는 두꺼운 종이 묶음이 아니라 TA가 분해·정량화·물리화해야 하는 입력 명세서다. 9단계 절차 + 5대 아키텍트 매트릭스 + 5종 카테고리로 어떤 RFP 에도 동일한 절차로 대응한다.

🎯 학습 목표

1. RFP·RFI·RFQ·과업지시서(TOR)의 차이와 발주 절차를 설명한다
2. 한국 공공·민간 발주 절차(나라장터·조달청 자체 계약·OnBid·SBA)와 평가 방식(기술·가격·협상에 의한 계약·2단계 가격입찰·종합심사·최저가)을 인용한다
3. 9단계 분석 절차(메타 → 요구사항 → NFR → As-Is → 매트릭스 → TA Deep-dive → 일정 → 위험 → 산출물)를 적용한다
4. 5대 아키텍트 매트릭스(EA·BA·SA·DA·TA)로 RFP 책임 분담을 도출한다
5. 5종 카테고리(LMS·e-Commerce·EMR·운영유지·ITS)의 특성·산정 카·주의 점을 도출한다
6. 실전 RFP 5종 표본(강릉 ITS·전주대·서울시립대·명지대·동원과기대)의 학습 포인트·우선 순서를 확정한다

세션 구성 — 5개 Part · 66 슬라이드

Part A. RFP 문서의 본질 (8~10장)

- RFP·RFI·RFQ·TOR 비교
- 공공·민간 RFP 차이
- 발주 절차 · 입찰 방식
- 평가 방식 · 자격 요건

Part B. RFP 분석 9단계 절차 (20~25장)

- 단계 1: 사업 메타 추출
- 단계 2: 요구사항 분류·코딩
- 단계 3: NFR 정량화
- 단계 4: As-Is 추정·발주처 질의
- 단계 5: 5대 아키텍트 매트릭스
- 단계 6: TA Deep-dive 정량 산정
- 단계 7: 이행 일정·입계 경로
- 단계 8: 위험 등록부·SOP·SLA
- 단계 9: 산출물 패키지·10년 TCO

Part C. 사례 5종 카테고리 (15~20장)

- LMS · 쇼핑물 · EMR · 운영유지 · ITS

Part D. 샘플 데이터·도구 (10~12장)

- 샘플 데이터 양식 · Excel/Notion/Confluence
- 다이어그램·AI 도구·HWP/HWPX 변환
- 검색 키워드·채널

Part E. 5종 케이스 안내 (8~10장)

- 강릉 ITS · 전주대 · 서울시립대 · 명지대 · 동원과기대
- 학습 포인트 매트릭스

Part F. 실전 적용·산출물 (8~10장)

- 체크리스트 · 자주 놓치는 7가지
- 사전 협의 안건 10종
- 계약 단계 산출물 · 학습 정리

PART A

RFP 문서의 본질 — RFP·RFI·RFQ·TOR · 발주 절차

9단계 절차를 다루기 전에, RFP가 어떤 문서인지·어떤 단계의 산물인지를 먼저 안다.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

RFx 비교 — RFP · RFI · RFQ · TOR

약어	풀네임	목적	시점	TA 역할
RFI	Request for Information	시장조사 — 솔루션·기술 동향·벤더 파악	발주 6~12개월 전	답변 제출 (보유 솔루션·실적·인증)
RFP	Request for Proposal	제안 요청 — 기술·가격·이행계획	발주 공식 단계	본 세션의 분석 대상 ★
RFQ	Request for Quotation	견적 요청 — 사양 확정 후 단가만	사양·범위가 명확할 때	단가표·BOM 작성
TOR	Terms of Reference (과업지시서)	과업 범위·산출물·일정 명세	RFP 본문 핵심부	RFP에 별첨으로 포함
과업지시서 (별첨)	한국 공공 표준 명칭	공공 RFP의 핵심 별첨 문서	RFP 본문 + 부속서	RFP + 과업지시서를 세트로 분석

한국 공공 입찰 실무: 발주처는 RFP 1책에 사업 개요·요구사항·과업지시서·평가표·계약조건·서식·일반조건을 모두 묶어 배포한다. TA는 4~6개 별개 문서로 인식해 분해한다.

RFx 흐름 — 발주처와 공급자의 시간축

	발주처 (Buyer)	공급자 (Vendor)
T-12 ~ T-6	시장조사 · 동향 분석 ▼	← RFI 답변 (회사·솔루션 소개)
T-6 ~ T-3	예산 확보 · ISP/ISMP 수립 ▼	
T-3	RFP 초안 · 사전규격 공고 ▼	→ 사전규격 의견 제출 (기간 7일)
T-2	RFP 본 공고 · 입찰 공고서 ▼	→ 입찰 의향 등록
T-1.5	사전 설명회 · Q&A ▼	↔ 질의서 제출 · 답변
T-1	제안서 마감 ▼	← 기술/가격 제안서 제출
T-0.5	기술 평가 · 가격 개찰 ▼	→ 기술 발표 · 협상
T-0	우선협상대상자 선정 · 계약 ▼	← 계약 체결 · 착수
T+0 ~ T+M	이행 · 검수 · 준공	→ 공급·구축 수행

RFI는 선택, 사전규격은 7일 의무 공고(지방계약법 시행령 제30조 등). 사전규격 단계에서 산정 가정의 단서를 미리 확보한다.

공공 RFP vs 민간 RFP — 전혀 다른 게임

공공 RFP

- **법적 근거:** 국가계약법·지방계약법·조달사업에 관한 법률
- **공고 채널:** 나라장터(g2b.go.kr) — SSOT
- **공고 의무:** 사전규격 7일·본공고 40일(국제) / 15일(국내)
- **자격 요건:** 면허·실적·재무·인증 명문화
- **평가:** 기술 80~90% + 가격 10~20% (협상에 의한 계약)
- **계약:** 조달청 표준 계약서 · 변경 제한적
- **지체상금:** 일 0.5/1000 (지체일 × 계약금액, 사업별 상이)
- **하자보수:** 1~3년 (시스템별 상이)
- **분쟁:** 국가계약분쟁조정위원회 · 민사소송

민간 RFP

- **법적 근거:** 민법·상법·각사 구매 규정
- **공고 채널:** 자사 홈페이지·이메일·SBA·LinkedIn 등
- **공고 의무:** 없음 (자율 협상)
- **자격 요건:** 자율 (대기업은 협력사 등급제 운영)
- **평가:** 기술·가격·관계·실적 — 가중치 자율
- **계약:** 협상 가능 · 변경 유연
- **지체상금:** 협상 (0.05~0.3%)
- **하자보수:** 협상 (통상 1년)
- **분쟁:** 협상 · 중재(대한상사중재원) · 소송

공공은 절차 준수·문서 완비의 게임, 민간은 관계·신뢰·납기의 게임이다. TA는 두 시장에서 전략을 달리한다.

공공 발주 절차 — 조달청·나라장터·자체 계약



채널별 발주 주체

- 조달청 나라장터(g2b.go.kr): 국가기관·지자체·공공기관 중 조달청 위임 계약
- 자체 계약: 각 기관 자체 계약 부서 (대학 구매팀·정보통신원, 일부 공공기관·지자체)
- OnBid (한국자산관리공사): 공공자산 매각·임대 위주
- SBA (서울산업진흥원): 서울시 중소기업 사업



사업 규모별 채널

- 5천만원 미만: 수의계약 가능
- 5천만~1억: 제한경쟁 일반화
- 1억 이상: 일반경쟁 + 협상에 의한 계약
- 국제입찰: 50만 SDR 초과(약 ₩8.7억), WTO 정부조달협정(GPA) 적용



표준 일정 (협상에 의한 계약)

시점	단계	기간
D-40	사전규격 공고	7일
D-30	본공고 게시	40일 (국제) / 15일 (국내)
D-15	사전설명회	1회
D-7	질의 답변 마감	—
D-0	제안서 마감	—
D+5	기술평가	—
D+10	가격개찰·우선협상	—
D+20	계약 체결	—

TA 시간 배분: 본공고 ~ 마감 40일 중 제안 작성 20~25일, 산정·설계 10~15일, 발표 자료 5일.

입찰 방식 비교 — 일반경쟁 · 제한경쟁 · 수의계약

방식	정의	적용	사업 규모	TA 부담
일반경쟁	자격 요건 충족 시 누구나 참여	1억 이상 표준	중·대형	경쟁사 다수, 제안 품질 결정적
제한경쟁	실적·연하·지역 등으로 자격 제한	특정 기술·실적 요구	중형	자격 확인 후 진입
지명경쟁	발주처가 지명한 5인 이상	특수 기술	중형	지명 풀 등록 필요
수의계약	1인 또는 소수와 협상 체결	5천만 미만·긴급·독점	소형	영업 관계 결정적
2단계 가격입찰	기술 제안 → 가격 봉투 분리 개찰	기술 검증 필요	대형	기술 통과 후 가격 협상
종합심사 (종합심사낙찰제)	기술·가격·실적·재무 종합 평가	대형 SI·건설	대형	모든 영역 균형 필요

한국 SI·IT 인프라 시장의 90%: 일반경쟁 + 협상에 의한 계약(기술 평가 후 가격 협상). 본 세션의 5종 케이스도 모두 이 방식이다.

평가 방식 — 기술 vs 가격 · 협상에 의한 계약

평가 가중치 패턴 (협상에 의한 계약)

사업 유형	기술	가격	본 세션 표본
외 신규 구축	90	10	강릉 ITS · 명지대 AI LMS
시스템 통합	85	15	서울시립대 LMS
운영·유지보수	80	20	전주대 통합유지
공급·납품	70	30	단순 장비 납품
단순 용역	60	40	—
연구 용역 (R&D)	95	5	NTIS 사업

기술평가 세부 항목 (한국 공공 표준)

- 사업 이해도 (10~15)
- 추진 전략·방법론 (10~15)
- 시스템 설계 (20~30) ★ TA 핵심
- 보안·품질·관리 (15~25)
- 조직·인력 (10~15)
- 기대 효과 (5~10)

💰 가격 평가 공식 (협상에 의한 계약)

가격 점수 = (최저가 / 제안가) × 가격 배점

예: 배점 10점, 예가 10억 - 8억 제안 → $(8/8) \times 10 = \mathbf{10점}$ (최저) - 9억 제안 → $(8/9) \times 10 = \mathbf{8.89점}$
점 - 10억 제안 → $(8/10) \times 10 = \mathbf{8.0점}$

💡 협상 단계

1. 기술평가 점수 85% 이상 → 협상 적격
2. 가격 개찰 → 종합점수 1위 → 우선협상대상자 선정
3. 협상에서 기술·가격·일정·SLA 조정
4. 합의 도달 → 계약 체결, 결렬 → 차순위 협상

TA의 가격 전략: 최저가 입찰은 권장하지 않는다. 기술 점수 90% 이상일 때 예가의 85~90% 가격이 최적이다. 가격으로 이기려 하면 이행 단계에서 무리가 따른다.

입찰 자격 요건 — 4대 카테고리

🏆 실적 요건

- **유사 실적**: 최근 3년·5년 누계 금액
- **단일 실적**: 1건 최소 금액 (예: 5억 이상 1건)
- **도메인 실적**: ITS·LMS·EMR 등 동종
- **고객사 등급**: 공공·대기업·중견
- **증빙**: 계약서·완료확인서·세금계산서

📄면허·인증 요건

- **소프트웨어사업자 신고** (소프트웨어진흥법)
- **정보통신공사업 면허** (NW 시공 시)
- **ISO 9001 / ISO 14001 / ISO 27001**
- **GS인증·NEP-NET** (자체 솔루션)
- **CMMI Level 3 이상** (대형 SI)
- **공공SW사업 영향평가** 통과

💰재무 요건

- **자본금** (예: 5억 이상)
- **연간 매출** (예: 20억 이상 3년 평균)
- **부채비율** 200% 이하
- **신용평가 등급** BBB 이상
- **국세·지방세 완납 증명**
- **4대보험 완납 증명**

👥인력·조직 요건

- **기술자 수** — 정보처리·정보통신·전기 등
- **특급·고급 기술자** 최소 인원 (소프트웨어기술자 등급)
- **자격증 보유 인원** (정보관리기술사·정보처리기사·CISSP·PMP)
- **조직도·이력서·재직증명서**
- **하도급 계획서** (대가의 50% 이하)

TA의 첫 번째 작업: RFP 본문 "자격 요건"을 사업 주주 검토 첫날에 확인한다. 자격 미달이면 제안 작성 자체가 불가하다.

PART B

RFP 분석 9단계 절차 — 분해·정량화·물리화

RFP 한 권을 받았을 때 TA가 따라가는 표준 절차. 본 세션의 척추.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

9단계 절차 — 한 장 요약

① 사업 메타 추출 발주처·예산·기간·평가법적 근거 (RFP 표지 1~5쪽)	② 요구사항 분류·코딩 ECR/SFR/PER/SIR/DAR + SER/QUR/COR/PMR/PSR (10종 코딩 체계)	③ NFR 정량화 가용성·성능·보안·확장성·운영 (정성 → 정량 변환)
④ As-Is 추정·질의 RFP 미명시 7~10개 항목 (질의서 Q1~Q10 작성)	⑤ 5대 아키텍트 매트릭스 EA · BA · SA · DA · TA (역할 분담·접점 정의)	⑥ TA Deep-dive NW·서버·스토리지·보안·HA (7축 정량 산정)
⑦ 이행 일정·임계 경로 마일스톤 M0~M+12 (CPM, 자원 표준화)	⑧ 위험 등록부·SOP·SLA 위험 식별·대응 (SOP 4종, SLA 4등급)	⑨ 산출물 패키지·10년 TCO 제안서 10대 목차·BOM·구성도 (5/10년 TCO 산정)

9단계는 순차적이며 누락이 허용되지 않는다. 각 단계의 산출물이 다음 단계의 입력값이 된다.

단계 1 — 사업 메타 추출

📋 추출 대상 (12개 항목)

- 1. 발주처 — 정식 명칭·부서·담당자
- 2. 사업명 — 정식 명칭·약칭
- 3. 예산 — VAT 포함/제외·부속 협약 별도
- 4. 기간 — 착수~준공·검수·하자보수
- 5. 입찰 방식 — 일반/제한/수의/협상
- 6. 평가 비중 — 기술/가격/협상 적격선
- 7. 자격 요건 — 실적/면허/재무/인증
- 8. 법적 근거 — 관련 법령·시행규칙·고시
- 9. 외부 연계 — 상위 시스템·제3자
- 10. 제출 양식 — 분량·서식·매수 제한
- 11. 사전설명회 일정 — 참석 여부·질의 마감
- 12. 하자보수·지체상금 — 율·기간

🔍 RFP 내 위치

- 표지·1~5쪽: 사업명·발주처·예산·기간
- 별첨 입찰공고서: 입찰 방식·평가·자격·일정
- 과업지시서 1~3쪽: 사업 개요·범위·법적 근거
- 부속서: 제출 양식·서식·계약 조항

🔧 도구

- 요약 1페이지 (Notion·Confluence·MS Word)
- 5종 케이스 표준 메타 양식 (메타 양식 예시 슬라이드 참조)
- 나라장터 공고 메타 복사·붙여넣기

⚠️ 자주 누락되는 항목

- VAT 포함/제외 (10% 차이)
- 협약 별도 항목 (예: 강릉 ITS의 모토브 ₩15억)

단계 1 — 메타 양식 예시 (강릉 ITS)

항목	값
발주처	강릉시 특별자치추진단 ITS추진과
사업명	2025년 강릉시 지능형교통체계(ITS) 구축사업
예산	₩68.97억 (VAT 포함) + 부가 ₩15억 모토브 협약 별도
기간	12개월 — 확정설계 3개월 + 구축 + 시험운영 1개월
입찰 방식	일반경쟁·총액·협상에 의한 계약
평가 비중	기술 90% + 가격 10% (85% 이상 협상 적격)
자격 요건	정보통신공사업 면허·유사 실적 3건·재무 BBB 이상
법적 근거	국가통합교통체계효율화법·도로교통법·개인정보보호법·KS R 0083
외부 연계	스마트강원 빅데이터 통합플랫폼
제출 양식	기술 200쪽·가격 별도 봉투·발표 30분
사전설명회	D-15 · 강릉시청 회의실 · 질의 마감 D-7
하자보수·지체	하자 1년 (HW 무상)·지체 일 0.1%

5종 케이스에 동일한 메타 표를 작성하면 비교 분석이 즉시 가능하다. 본 세션의 표준 양식이다.

단계 2 — 요구사항 분류·코딩 (10종 코드)

🔑 10종 요구사항 코드 (본 강의 자체 코딩 체계)

⚠️ 아래 10종 코드는 한국·국제 업계 공식 표준이 아니라, **본 강의에서 RFP 분석을 가르치기 위해 자체 정의한 분류 체계**다. 현장에서는 회사·발주처마다 다른 코드 체계를 쓰며, 본 강의 코드는 그 다양한 체계를 한 번에 학습하기 위한 **교육용 통합 골격**이다.

코드	분류	예시
ECR	환경/제약 Constraint	자가망 6km, 토목-전기
SFR	기능 Functional	AI 위험예측·VMS 표시
PER	성능 Performance	TPS·동시접속·응답시간
SIR	인터페이스	외부 API·표준 코드
DAR	데이터	보관 30일·표준 노드/링크
SER	보안 Security	KCMVP·CC인증·암분리
QUR	품질 Quality	ISO 9001·테스트 절차
COR	비용 Cost	예산 한도·자산 재활용
PMR	PM/관리	주간 보고·CAB·검수
PSR	운영/유지 Support	SLA·예비품·교체 의무

🚧 코딩 절차

- RFP 본문을 형광펜으로 표시한다 (3색) - 🟡 기능 (SFR·SIR·DAR) - 🟢 비기능 (PER·SER·QUR·PSR) - 🔴 제약 (ECR·COR·PMR)
- 각 문장에 코드 번호를 부여한다 (예: SFR-001)
- Excel·Notion에 옮겨 요구사항 추적 매트릭스(RTM)를 작성한다
- 각 요구사항에 출처 페이지·문단을 기재한다
- 중복·모순을 식별해 발주처 질의 항목으로 이관한다

🔧 도구

- Excel RTM (행: 요구사항, 열: 코드·출처·상태·산출물 매핑)
- Confluence Requirements Tracker
- Jira·Polarion (대형 SI)

표준 RFP는 요구사항 50~200건 규모다. 누락 없이 코딩하면 추적성 100%를 확보한다.

단계 2 — 요구사항 추적 매트릭스(RTM) 예시

ID	코드	요구사항	출처	책임	산출물	상태
R-001	ECR-001	사업 기간 12개월	p.3	PM	일정표	✅
R-002	ECR-002	강릉시 행정 구역 내 구축	p.4	TA	현장 답사	⚠️
R-003	SFR-018	AI 위험예측 30초 갱신	p.78	SA·TA	추론 서버 선정	✅
R-004	PER-005	자가망 코어 트래픽 1Gbps 이상	p.45	TA	NW 설계서	✅
R-005	SER-006	국정원 검증필 암호모듈	p.112	TA·보안	BOM	✅
R-006	DAR-003	영상 보관 30일	p.89	TA·DA	스토리지 선정	✅
R-007	PSR-005	장애 회복 12시간	p.134	TA·운영	SLA·SOP	⚠️
R-008	COR-001	예산 한도 ₩68.97억	p.2	PM·TA	TCO	✅
...	...	...	...	...	...	...

RTM 100~200행이 완성되면 검수 시 요구사항 누락 여부를 즉시 확인할 수 있다.

단계 3 — NFR(비기능) 정량화

NFR 4대 축 + 정량값

축	항목	추출/가정
가용성	시스템 가용성	99.0/99.9/99.99/99.999%
	RTO (복구 시간)	분/시간/일
	RPO (데이터 손실)	분/시간/일
성능	MTBF-MTTR	평균 무고장-복구 시간
	동시접속TPS	RFP-BA 입력
	응답 시간	<1s, <3s
	처리량 (Mbps-IOPS)	최선-DB 산정
보안	피크 배수	1.5×~10×
	인증 등급	ISMS-P-CC-KCMVP
	망분리	운영-관리-DMZ
	암호화	저장-전송-키관리
확장성	채널-노드 증설	+20%~+50% 예비
	라이선스 확장	노드-코어-세션

NFR 추출 절차

- RFP 본문 숫자가 들어간 모든 문장 추출
- 단위 표준화 (% , ms, MB, Mbps)
- RFP 명시 vs TA 가정 분리 표기
- 가정값은 출처-근거 함께 기록
- 발주처 질의 시 가정값 합의 확인

SLA 등급 산정 예

- 99% = 월 7.2시간 다운 (낮음)
- 99.9% = 월 43분 (표준)
- 99.99% = 월 4.3분 (금융-의료)
- 99.999% = 월 26초 (통신-항공)
- 99.9999% = 월 2.6초 (군사-우주)

NFR은 BOM 단가의 기능이다. 99.9%는 단순 이중화, 99.99%는 다중 DC 구성이 필요하다. 가용성 한 자리 추가는 비용 2~3배에 해당한다.

단계 3 — NFR 정량값 표 예시 (강릉 ITS)

분류	항목	값	출처 / TA 가정
가용성	센터 시스템 가용성	99.9% (월 43분)	TA 가정 (RFP 미명시)
	장애 회복 시간	12시간 내 (운영 지장)	PSR-005
	통일 증상 3회 → 교체	의무	PSR-005
성능	평시 → 피크 배수	1.5~3× (관광 피크)	TA 가정 (CUR-003)
	자가망 코어 트래픽	615 Mbps peak	TA 산정 (41 노드 × 15M)
	CCTV 동시 모니터링	30 ch	TA 가정
	AI 추론 갱신	30초	SFR-018
보안	국정원 검증필	필수	SER-006
	CC인증 6종	필수	SER-007
	망분리	운영-관리-외부 3망	TA 설계
확장성	카메라 채널 +20%	94→118ch	TA 가정
	자가망 예비 코어	12 코어 예비	TA 가정
운영	예비품 보유율	5%+	PSR-005
	TCO 산출 기간	10년	PSR-005

가정값은 계약 부속서로 명시해 발주처와 합의한다. RFP 미명시 값을 그대로 두면 사후 분쟁의 원인이 된다.

단계 4 — As-Is 추정·발주처 질의

 As-Is 추정 7~10 항목

#	항목	RFP 명시 빈도
1	기존 시스템 구성도	30%
2	서버·스토리지 사양	20%
3	NW 토폴로지·회선	15%
4	OS·DB·미들웨어 버전	10%
5	보안 솔루션·정책	25%
6	운영 인력·SLA 통제	5%
7	사용자 수·트랜잭션	40%
8	데이터 양·증가율	15%
9	외부 연계 시스템·API	35%
10	EOL·라이선스 만료	5%

 발주처 질의 양식

질의서 (Q&A) — RFP 사전설명회·서면 질의 - 질의 번호·페이지·문구·질의 내용·기한 - 답변은 모든 입찰자에게 공개 (공정성)

 질의 우선순위

1. 자격 요건 모호 (즉시)

2. 물량·범위 모호 (1주 내)

3. NFR 미명시 (산정 직전)

4. 외부 연계 사양 (설계 직전)

5. 검수 기준 (제안서 작성 시)

 질의의 가치

• 답변은 계약 효력을 갖는다

• 모호한 RFP의 보완 수단이다

• 경쟁사도 동일한 답변을 받는다

RFP에서 답하지 않은 7개 항목은 TA의 사전 답사·발주처 협의 안건이 된다. 답변 수령 전에는 가정값으로 설계한다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

21 / 61

#220

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

단계 4 — 질의서 예시 (강릉 ITS)

#	페이지	RFP 문구	질의 내용	답변 (요약)
Q1	p.18	"기존 NMS 솔루션 연계"	NMS 모델·OS·EOL?	자가 개발 NMS, EOL 미정
Q2	p.34	"기존 광다중화 장치 1식"	모델·코어수·잔여 보증?	다산 모델 12코어, 보증 종료
Q3	p.56	"CCTV 94 채널"	카메라 해상도·코덱·비트레이트?	HD 60ch + SD 34ch, H.264
Q4	p.78	"AI 위험예측 30초"	학습 데이터 보유 여부·라벨링?	미보유 — 본 사업에서 구축
Q5	p.89	"영상 보관 30일"	영상 보존 방식(파일/RAW)?	NVR 표준 (H.264 MP4)
Q6	p.112	"국정원 검증필 암호모듈"	적용 범위(전체/일부)?	외부 노출 구간 전체
Q7	p.134	"동일 증상 3회 교체"	"동일 증상" 정의?	동일 메시지·동일 부품

질의 7~10개가 표준이다. 답변 수령 후 NFR·As-Is 표를 수정해 단계 3~4를 반복한다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

22 / 61

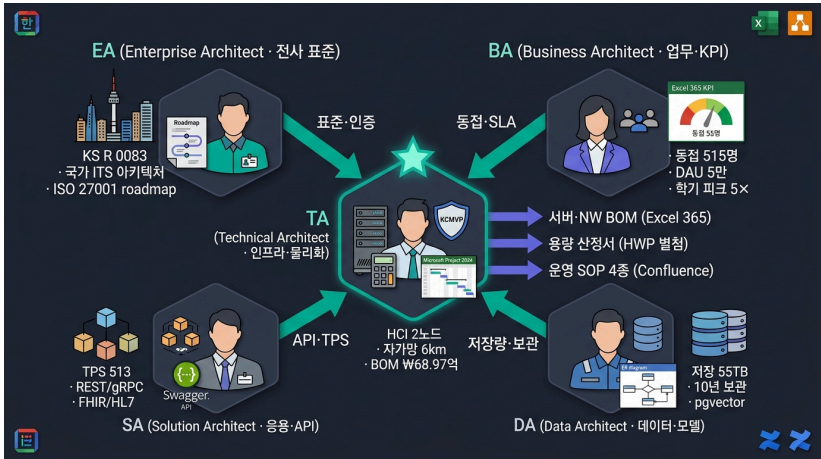
© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 110 / 130

단계 5 — 5대 아키텍트 매트릭스

역할	풀네임	책임 영역	TA에게 주는 입력
EA	Enterprise Architect	IT 전략·전사 표준·아키텍처 원칙·인증 로드맵	표준 기술 스택·금지 솔루션
BA	Business Architect	업무 흐름·KPI·이해관계자·사용자 시나리오	동점·트래픽·피크·SLA 기대치
SA	Solution / Software Architect	응용 아키텍처·API·시퀀스·통합 패턴	API TPS·세션·메시지 크기
DA	Data Architect	논리·물리 데이터 모델·ETL·표준 코드	저장량·증가율·보관기간
TA ★	Technical Architect	서버·스토리지·NW·HA·보안·운영·BOM	4명의 결정을 물리화하여 산정·구성도·BOM 도출

TA의 정체성: 단독 결정자가 아니다. EA·BA·SA·DA의 추상·논리 결정을 받아 물리 BOM·서버 모델·NW 토폴로지·산정서로 변환한다. RFP 분석에서는 Pre-Sales 단계의 TA 역할도 함께 수행한다.



단계 5 — 5대 아키텍트 매트릭스

단계 5 — 5각형 구도 읽는 법

🎯 삽화의 세 가지 관전 포인트

- 1. **TA가 중앙·5각형의 중심** - 5대 매트릭스의 정체성을 한 장으로 시각화
- 2. **입력 화살표 4개 (표준·KPI·API·데이터)** - 각각 EA·BA·SA·DA가 TA에게 흘려보내는 정보
- 3. **출력 화살표 3개 (BOM·산정서·SOP)** - TA가 만들어 다음 단계로 전달하는 산출물

🔗 TA 관점의 활용

- 5각형 삽화는 단순한 도식이 아니라 **RFP 분석 1주차 합의서의 시각 모델** — 회의실 벽에 인쇄해 붙여둘 수 있는 한 장
- 신입 TA가 5각형의 중심에 자신의 이름을 적어 **책임 경계를 인식**하는 도구로 활용
- 4개 입력(EA·BA·SA·DA)이 빠진 채 TA가 단독으로 BOM을 그리기 시작하면, 사후 입력값이 들어오는 시점에 전면 재산정

5각형 삽화 한 장이 9단계 절차의 척추를 시각화한다. 단계 5의 산출물은 이 한 장과 매트릭스 표 두 장이다.

단계 5 — 매트릭스 적용 예 (강릉 ITS)

역할	본 사업 책임 영역	RFP 항목	TA 인터페이스
EA	국가 ITS 아키텍처·KS 표준·2026 세계총회 연계	CUR-001, p.14	표준·인증 제약 → TA 솔루션 후보 축소
BA	택시·교통사고 분석·사용자 시나리오	CUR-002-003-010	동접·트래픽 → TA 사이징 입력
SA	응용·플랫폼·통합	SFR-001~022, ECR-014	API TPS·세션 → TA 서버 산정
DA	노드·링크 표준·저장	DAR-001~005	저장량·보관 → TA 스토리지 산정
TA ★	자가망·HCI·보안·HA·현장 토목·전기	ECR-001~018, CUR-009, SER, PER, PSR	모든 입력을 물리화하여 산정·BOM·구성도 도출

본 사업 특이점: TA가 현장 토목·전기·풍하중·낙뢰 보호까지 책임 범위에 포함된다. IT 외 영역이 30% 비중을 차지하므로 토목·전기 협력사 사전 확보가 필수다.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

단계 6 — TA Deep-dive 정량 산정 (7개 축)

🎯 TA Deep-dive 7개 축

1. **서버 사이징** (CPU·RAM·디스크) - TPS·동접·세션 → CPU 코어 - JVM Heap·DB Buffer → RAM
2. **스토리지 산정** (용량·IOPS·대역) - 데이터 양 × 보관 × 백업 세대 - 워크로드 → IOPS·Latency
3. **네트워크 설계** (대역·토폴로지·HA) - 코어/액세스 분리 - VRRP·MLAG·ECMP·VLAN
4. **보안 설계** (망분리·암호·로그) - 운영·관리·DMZ 3망 - KCMVP·CC 인증 매핑

5. **HA·DR** (이중화·DR 사이트) - SLA → HA 패턴 (N+1·2N·Active-Active) - RPO·RTO → DR 4단계

6. **운영·관찰성** (NMS·APM·SIEM) - 메트릭·로그·트레이스 3축 - 24/7 vs 9-6 vs On-call

7. **BOM·라이선스** (벤더·코어·노드) - 단가 × 수량 × 옵션 - 5년/10년 유지보수

📊 산정 절차

- 가정값 명시 → 공식 → 결과 → 마진
- 마진: 평상시 30%·피크 100%·확장 20%

TA Deep-dive는 9단계 중 가장 노동집약 단계다. Part E의 5종 케이스에서 7축이 모두 다뤄진다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

27 / 61

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

단계 6 — 산정 예 (강릉 ITS HCI 2노드)

💻 HCI 2노드 산정

가정값 - 가상 서버 수: 통합관리(2) + AI 예측(2) + 영상수집(2) + DB(2) + 관제(2) = **10 VM** - 평균 VM 스펙: 8 vCore · 32 GB RAM · 200 GB - 마진 30% (Failover) - vSAN 효율 80%

계산 - 총 vCore = $10 \times 8 \times 1.3 = 104$ vCore - 노드 2개 분산 → 노드당 **52 vCore** - CPU: Xeon Gold 6448Y (32C/64T) × 2소켓 = 64C/128T → 총 분 - RAM: $10 \times 32 \times 1.3 = 416$ GB → 노드당 256 GB - 스토리지: $(10 \times 200 \times 1.3) / 0.8 = 3.25$ TB → vSAN 6 TB

🌐 자가망 6km 산정

가정값 - 노드 41개 (현장 41) + 코어 1 - 노드당 트래픽: HD 영상 4Mbps × 3ch + 데이터 3M = **15 Mbps** - 코어 동시 = $41 \times 15 = 615$ Mbps - 마진 50% (피크·확장)

결과 - 코어 회선: **1G 광 × 2 (Active-Active)** - 액세스: **1G 광 × 1** (단일 노드) - 광케이블: **24코어 SM** (12 사용 + 12 예비) - 스위치: 코어 L3 24P × 2 (VRRP) + 액세스 RT 8P × 41 - 광커넥터 LC/SC, SFP SR/LR

산정의 핵심은 가정값 → 공식 → 결과 → 마진의 4단 구조다. 마진 없는 산정은 운영 단계에서 사고가 난다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

28 / 61

단계 7 — 이행 일정·임계 경로

표준 마일스톤

시점	마일스톤	주요 산출물
M0	착수	착수계·PMP·조직도
M+1	분석	요구사항 분석서·As-Is
M+2	설계	기본 설계서·BOM
M+3	확정 설계	확정 설계서·발주 사양
M+4~9	구축	모듈별 단위 시험
M+10	통합 시험	통합 시험 보고서
M+11	시험 운영	시험 운영 보고
M+12	준공·검수	준공계·인수인계

임계 경로 (Critical Path)

- 장기 lead time 우선 발주
- 광케이블·HCI·GPU: 8~12주
- 토목 인허가: 4~8주
- 선·후행 관계
- 자가망 → HCI 통신 시험
- GPU 입고 → AI 모델 학습 → 운영
- 자원 평준화
- 협력사 인력 피크 분산
- 현장 작업 우선 일정 마진

도구

- MS Project·Smartsheet·Asana
- Gantt·CPM·자원 히스토그램

TA 관점의 임계 경로: 전체 일정의 30~50%가 발주·입고 Lead Time이다. CPM 분석은 착수 1주 안에 마감한다.

단계 8 — 위험 등록부·SOP·SLA

⚠ 위험 등록부 (Risk Register)

ID	위험	영향	확률	대응
R-01	GPU 입고 지연	일정 1개월	30%	대체 GPU·임시 클라우드
R-02	자가망 인허가 지연	일정 1.5개월	40%	사전 협의·임시 회선
R-03	AI 모델 정확도 미달	검수 거부	20%	추가 학습·임계값 조정
R-04	핵심 인력 이탈	일정 1개월	15%	백업 인력·문서화
R-05	환율 상승 (HW 수입)	마진 5%	50%	환헤지·국산 대안

📋 SOP 4종 + SLA

SOP 1. 변경관리 — CR·CAB·롤백 2. 장애 대응 — 등급·에스컬레이션 3. 백업·복구 — 정책·검증 4. 침해 대응 — 탐지·격리·복구

SLA 등급

등급	응답	복구	가용성
Critical	30분	4시간	99.99%
High	1시간	8시간	99.9%
Medium	4시간	24시간	99%
Low	영업일	1주	95%

위험 등록부는 분기 1회 갱신한다. 사정된 표는 무의미하며, 운영 단계에서 살아 있는 문서가 되어야 한다.

단계 9 — 산출물 패키지·10년 TCO

8대 산출물 패키지

#	산출물	목적
1	시스템 구성도	전체·계층·논리·물리
2	용량 산정서	가정값·공식·결과
3	NW 정책표	VLAN·방화벽·라우팅
4	운영 SOP	변경·장애·백업·침해
5	BOM	벤더·모델·수량·단가
6	DR 설계서	RPO·RTO·사이트·훈련
7	운영 매뉴얼	일·주·월 작업
8	위험 등록부	위험·대응·소유자

제안서 10대 목차

사업이해도·추진전략·아키텍처·NW·서버·보안·백업·운영·일정·인력·기대효과

10년 TCO 산정

구축 (CapEx): 1년차 - HW·SW·NW·라이선스 - 토목·전기·통신 시공 - 컨설팅·설계·시험·교육

운영 (OpEx): 2~10년차 - 유지보수 (HW 8~15%·SW 18~25%) - 인건비 (운영 인력·당직) - 전력·냉각·DC 코로케이션 - 라이선스 갱신 (3~5년) - 클라우드 사용료 (IaaS·백업)

교체 (Refresh): 5년차·10년차 - HW 교체 (5년) - 대규모 업그레이드 (10년)

10년 TCO는 발주처가 가장 무겁게 평가하는 항목이다. 구축비만 보지 말고 운영 8년치를 함께 산정한다.

단계 8 — SLA 매트릭스 심화

SLA 등급별 비용·복잡도

가용성	다운/월	HA 패턴	비용 배수
99%	7.2h	단일 + 백업	1.0x
99.9%	43m	Active-Standby	1.5x
99.99%	4.3m	Active-Active + DR	3.0x
99.999%	26s	Multi-DC + GSLB	6.0x
99.9999%	2.6s	군사·통신 전용	10.0x+

등급 결정 트리

- 고객사 SLA 요구 = 시작점
- 법규 (의료법·금융규정) = 최소선
- TCO 한도 = 상한선
- 운영 인력 가용성 = 현실선

SLA 위반 페널티 구조

표준 페널티 = SLA 미달율 × 월 운영비 × 페널티 계수

예: 월 1억, SLA 99.9% 약정, 실측 99.7% (0.2% 미달) - 페널티 계수 10x → 1억 × 0.2% × 10 = **200만원**

SLA 보고서 표준 항목

- 가용성 측정값 (Uptime/Downtime)
- 장애 건수·등급별
- MTBF·MTTR
- 응답 시간 통계 (P50·P95·P99)
- 페널티 산정 근거
- 개선 계획·재발 방지

SLA 약정은 계약 본문, 페널티는 계약 부속서에 기재한다. 협상 단계에서 명확히 합의한다.

단계 9 — 10년 TCO 산정 예시 (강릉 ITS)

연도	CapEx	OpEx (운영)	OpEx (라이선스)	교체	누적
1년	₩68.97억 (구축)	—	—	—	68.97억
2년	—	₩6.0억	₩2.0억	—	76.97억
3년	—	₩6.2억	₩2.0억	—	85.17억
4년	—	₩6.4억	₩2.0억	₩1.0억 (소모)	94.57억
5년	—	₩6.6억	₩2.5억 (갱신)	₩2.0억 (HW)	105.67억
6년	—	₩6.8억	₩2.5억	—	114.97억
7년	—	₩7.0억	₩2.5억	—	124.47억
8년	—	₩7.2억	₩2.5억	—	134.17억
9년	—	₩7.4억	₩3.0억 (갱신)	₩3.0억 (HW)	147.57억
10년	—	₩7.6억	₩3.0억	—	158.17억
합계	68.97억	₩61.2억	₩22.0억	₩6.0억	₩158.17억

10년 TCO ₩158.17억 ≈ 구축비의 2.3배. 운영·라이선스·교체를 합산하지 않으면 의사결정이 왜곡된다.

단계 9 — 제안서 10대 목차 (한국 공공 표준)

 1~5: 사업 이해·전략

1. 사업 이해도

- 발주처 사업·정책·법적근거 이해 - 본 사업의 가치·필요성

2. 추진 전략

- 핵심 가치 제안 - 차별화 포인트 3~5개

3. 추진 방법론

- 프로젝트 방법론·표준

4. 시스템 아키텍처

- 전체·논리·물리·계층

5. 세부 설계

- 응용·NW·서버·DB·보안

 6~10: 운영·관리·기대

6. 백업·DR·HA

- 보안 6도메인·HA·DR

7. 품질·시험·검수

- 단위·통합·시험·인수

8. 이행 일정·관리

- 마일스톤·CPM·자원

9. 조직·인력·자격

- 조직도·이력서·자격증

10. 기대 효과·교육·이관

- KPI·교육·인수인계·하자

평가 가중치 매핑

• 1·2·3 = 사업 이해 (15~25%)

• 4·5·6 = 기술 (40~50%)

• 7·8·9 = 관리 (15~20%)

• 10 = 기대 (5~10%)

10대 목차는 한국 공공 RFP 평가 항목과 1:1로 매핑된다. 누락 시 즉시 감점된다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

34 / 61

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 116 / 130

Part B 정리 — 9단계의 인풋·아웃풋

단계	인풋	아웃풋	시간
① 사업 메타	RFP 표지·1~5쪽	메타 1페이지	1시간
② 요구사항 코딩	RFP 본문 전체	RTM (100~200행)	2~3일
③ NFR 정량화	RTM·BA 입력	NFR 표	1일
④ As-Is·질의	RFP·현장 답사	질의서 7~10개	2일
⑤ 매트릭스	RTM	5대 아키텍트 매트릭스	0.5일
⑥ TA Deep-dive	NFR·매트릭스	7축 산정서	5~10일
⑦ 이행 일정	산정서·발주 lead time	마일스톤·CPM	1~2일
⑧ 위험·SOP·SLA	산정·일정	위험 등록부·SOP·SLA	1~2일
⑨ 산출물·TCO	모두	제안서·BOM·10년 TCO	5~10일

총 20~30일이 소요된다. 표준 40일 입찰 기간의 절반이며, 나머지 절반은 발표 자료·내부 검토·교정에 배분한다.

PART C

사례 5종 카테고리 — 도메인별 RFP 특성

LMS·쇼핑몰·EMR·운영유지·ITS — 한국 IT 인프라 시장의 90%를 커버.

5종 카테고리 — 한눈에 비교

카테고리	도메인	부하 특성	핵심 NFR	산정 키	주의점
A. LMS	교육	동접·시험 피크	동영상 스트리밍	TPS·CDN	학기 시작 5배 폭증
B. e-Commerce	쇼핑몰	트래픽 폭증·결제	가용성·결제 무중단	피크 TPS·Redis	타임세일 10~50배
C. EMR	의료	24×7·민감 데이터	HIPAA·DR-10년 보관	PACS 영상·DB	의료법·EMR 인증
D. 운영유지	SLA 운영	인력·이중화	SLA-MTTR	인월(M/M)·SLA	야간 온콜·페널티
E. ITS·스마트시티	공공·IoT	IoT-AI·자가망	IoT 처리·관제	단말 수·자가망	토목·전기·낙뢰

진로별 우선순위 - 공공 SI → E (ITS) + C (EMR) - 금융·B2C → B (e-Com) - 교육·R&D → A (LMS) - 사내 운영 → D (운영유지)

카테고리 A — LMS (교육)



특성

- **사용자:** 학생 + 교수 + 조교 + 관리자
- **부하 패턴:** 학기 시작 5배 폭증, 시험 기간 동영상 폭주
- **콘텐츠:** 동영상·과제·게시판·평가
- **외부 연계:** 학사·도서관·결제·SSO



핵심 산정

- 동접률 5~10% × 학생 수
- 학생당 분당 요청 10~20건
- 동영상 평균 500MB
- 시험 피크 평상시 × 3~5



주의점

- 시험 부정 방지·녹화·생체 인증
- 동영상 CDN 별도 산정
- 학기 종료 후 부하 0 → 클라우드 burst 검토



사례 RFP 검색 키워드

- "LMS 구축" "학습관리시스템"
- "차세대 LMS" "AI LMS"
- "스마트 캠퍼스" "교육정보시스템"
- "원격강의 플랫폼"



본 세션 표본 RFP

- **서울시립대 LMS** (₩2.915억, 83p, 90일)
- **명지대 AI LMS** (88p, GPU-RAG)
- **동원과학기술대 통합** (₩1.5억, 44p, 60일)



대표 솔루션

- Moodle · Canvas · Blackboard
- LearnX · 한국형 LMS (Class.U·Learn.U)
- 동영상: Vimeo·Kollus·CDN

LMS는 동영상 스트리밍이 본질이다. Web-WAS·DB만 사이징하지 말고 CDN·NVR를 함께 산정한다.

카테고리 A — LMS 산정 예 (학생 1만)

가정값

- 학생 10,000 + 교수 300 = 10,300
- 동접률 5% = **515명**
- 분당 요청 20건
- 학기당 강의 2,000개
- 동영상 평균 500MB

산정

- 분당 요청 = $515 \times 20 = 10,300$ 건
- TPS = $10,300 \div 60 \approx$ **171 TPS**
- 피크 마진 $\times 3 =$ **513 TPS**

인프라

- WEB 2대 / WAS 2대 / DB 2대 (M-S)
- Redis 2대 (세션-캐시)
- NVR-CDN (동영상 전달)
- 동영상 4 TB + 백업 12 TB = **16 TB**

샘플 이벤트 로그

```
{
  "student_id": "20250001",
  "course_id": "CS101",
  "event": "video_play",
  "ts": "2026-03-02T10:01:22"
}
```

- 1건 $\approx$ 150 bytes
- 일 $\approx$ 82,400건
- 5년 + 30세대 백업 $\approx$ **30 GB**

강의 메타

```
{
  "course_id": "CS101",
  "title": "운영체제 입문",
  "video_count": 16,
  "total_size_mb": 8400
}
```

- 학기당 2,000건 $\times$ 2KB = 4 MB

이벤트 로그는 **개인정보보호법** 적용 — 학번 익명화·접근통제 필수.

카테고리 B — e-Commerce 쇼핑몰

특성

- **사용자**: B2C 대규모·익명·결제
- **부하 패턴**: 타임세일·블랙프라이데이 10~50배
- **핵심 기능**: 카드·결제·재고·배송·리뷰
- **외부 연계**: PG·SMS·택배·검색

핵심 산정

- 동접률 5% $\times$ DAU
- 평균 TPS $\times$ 피크 5~10배
- 재고·결제 = 단일 진실의 원천 (DB)
- Redis 세션·카드 캐시

주의점

- 결제 = PG 위임 (PCI DSS 우회)
- 재고 트랜잭션 정합성
- CDN·이미지 최적화
- 클라우드 burst (피크 임시 확장)

사례 RFP 검색 키워드

- "쇼핑몰 구축" "e-Commerce 플랫폼"
- "온라인몰 고도화" "옴니채널"
- "이커머스 차세대"
- "스마트 커머스 플랫폼"

본 강의에는 케이스 없음 (자율 학습)

- LinkedIn-SBA·민간 자료 활용
- 검색: "쇼핑몰 RFP filetype:pdf"
- 대표 사례: SSG·11번가·쿠팡 등

대표 솔루션

- 자체 개발 (Spring·Node)
- Magento·Shopify Plus
- 한국: 카페24·고도몰·메이크샵

e-Commerce의 본질은 피크 트래픽이다. 평상시 산정 후 5배 마진 + CDN·Cache 적용을 표준으로 한다.

카테고리 B — 쇼핑몰 산정 예 (DAU 5만)

가정값

- 회원 50만, DAU 5만
- 동접률 5% = **2,500명**
- 분당 요청 10건
- 주문 비율 10%
- 피크 ×5 (타임세일)

산정

- 평균 TPS = $2,500 \times 10 \div 60 \approx$ **416 TPS**
- 피크 TPS = $416 \times 5 \approx$ **2,080 TPS**
- 일 주문 = $50,000 \times 10\% =$ **5,000건**

인프라

- WEB 4대 / WAS 4대 / DB 2대 (M-S)
- Redis 2대 + CDN
- 상품 데이터 5 GB + CDN 이미지
- 주문 데이터 1.8 GB/년 → 9 GB (5년)

주문 트랜잭션

```
{
  "order_id": "O-2024050100123",
  "user_id": "U-202204-0521",
  "items": [
    {"sku": "P-1001", "qty": 2, "price": 19000}
  ],
  "total": 76000,
  "payment": "card",
  "address_hash": "a8f3..."
}
```

- 주문 1건 ≈ 1 KB

카트 (Redis 휘발성)

```
{
  "cart_id": "C-U-202204-0521",
  "items": [{"sku": "P-1001", "qty": 2}],
  "ttl_seconds": 7200
}
```

- 카트 1건 ≈ 500 bytes
- 동시 2,500명 × 500B = 1.25 MB → Redis 2 GB 충분

Redis는 백업 산정 제외 (휘발성). 결제는 PG 위임 → PCI DSS 우회.

카테고리 C — EMR (의료)

특성

- 사용자: 의사·간호사·외래·입원
- 부하 패턴: 24×7 무중단·근무 시간 집중
- 핵심 기능: 처방·진료·검사·영상(PACS)
- 외부 연계: HIS·LIS·OCS·국민건강보험·심사평가원

핵심 산정

- 의료진 동접률 40% (근무 시간)
- 분당 요청 30건
- PACS 영상 일 300건 × 50 MB
- 10년 보관 의무 (의료법)

주의점

- 의료법 + 개인정보보호법
- 2주기 EMR 인증 (2025~)
- HL7 / FHIR 표준
- DICOM 영상 압축 불가
- DR 사이트 필수 (가용성 99.99%)

사례 RFP 검색 키워드

- "EMR 구축" "전자의무기록"
- "차세대 의료정보시스템"
- "PACS 통합" "병원정보시스템"
- "원격의료·디지털 헬스"

본 강의에는 케이스 없음 (자율 학습)

- 한국보건의료정보원 (k-his.or.kr)
- 보건복지부 EMR 인증제
- KHIDI 빅데이터 플랫폼

대표 솔루션

- 자체 개발 (대학병원 중심)
- 평화이즈·이지케어텍·BIT컴퓨터
- 미국: Epic·Cerner

EMR은 24×7 + DR 필수 + 10년 보관이 표준이다. 일반 시스템 대비 비용이 +200% 수준이다.

카테고리 C — EMR 산정 예 (종합병원)

- 의사 300 + 간호사 1,000 = 1,300
- 동접률 40% = **520명**
- 분당 요청 30건
- 외래 일 3,000명
- PACS 영상 300건 × 50 MB

- TPS = $520 \times 30 \div 60 = \mathbf{260\ TPS}$
- 피크 ×2 = **520 TPS**

- WEB 2대 / WAS 4대
- DB Active-Standby + **DR 사이트**
- EMR DB = 100 GB + 인덱스 50 GB = **300 GB** (5년)
- PACS = 300×50MB×365×10년 = **55 TB**
- 백업 = **165 TB**

```
{  "encounter_id": "ENC-2026050100912",  "patient_id_hash": "p-7a3f...",  "doctor_id": "D-0142",  "department": "내과",  "diagnosis_codes": ["I20.9"],  "vitals": {"bp_sys": 132, "hr": 78}}  
```

- 진료 1건 ≈ 3 KB
- 일 3,000 × 3KB × 365 × 10 ≈ 33 GB

```
{  "study_uid": "1.2.840.113619...",  "modality": "CT",  "body_part": "CHEST",  "instance_count": 256,  "file_size_mb": 128}  
```

환자 ID **평문 저장 금지** — 해시(SHA-256+salt) 또는 토큰. **HIS-PACS-LIS-OCS** = HL7/FHIR.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

43 / 61

카테고리 D — 운영·유지보수

- **위탁 운영**: 기존 시스템의 일상 운영
- **사업 기간**: 1년 (3년 단위 갱신)
- **SLA**: 평일 9~18시 4시간·24×7 1시간
- **시스템 수**: 30~50종

- 상주 인력 = 4~6명 (PM·운영·개발·DBA·보안)
- 야간 대기 = 1명 (rotation)
- 직급별 단가 × 인월(M/M)
- 자동화 도구 사용 시 절감 근거

- 티켓 처리 통계 = SLA 근거
- 야간 온콜 수당 별도
- SLA 위반 페널티 5~20%
- 인수인계 30일 표준
- 정보보호 인증 유지 의무

- "정보시스템 통합유지보수"
- "정보시스템 운영" "ITO"
- "전산 위탁운영"
- "Help Desk 운영"

- **전주대 유지보수** (₩1.665억, 45p, 12개월)

- 티켓: Jira Service Mgmt·ServiceNow·OTRS
- CMDB: ServiceNow·iTop
- 모니터링: Zabbix·Datadog·SCOM
- ITSM: BMC Remedy·CA

운영 RFP의 핵심은 인력 산정과 SLA 약정이다. 구축형과 사고 패턴이 다르다.

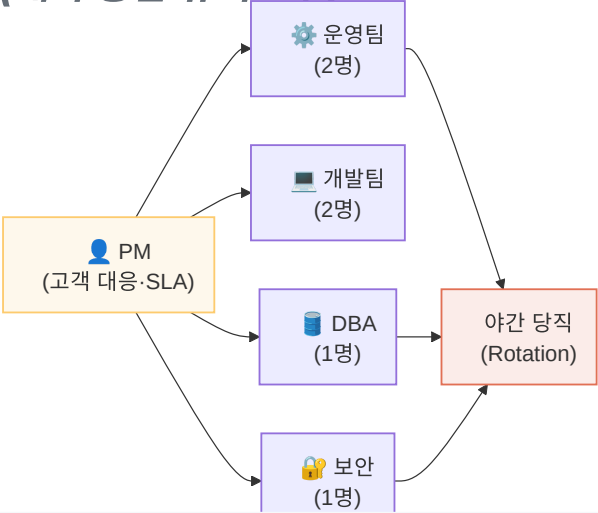
© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

44 / 61

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 121 / 130

카테고리 D — 조직도 (대학 통합 유지보수)



PM 1 + 운영 2 + 개발 2 + DBA 1 + 보안 1 = 7명 풀세트. 야간 당직은 운영·DBA·보안 Rotation으로 부담 분산.

카테고리 D — 역할 분담·SLA 등급

🎯 역할 분담

- **PM** — 고객 인터페이스·월간 보고·SLA
- **운영팀** — 일상 운영·티켓·패치
- **개발팀** — 변경 요청·소규모 개선
- **DBA** — DB 튜닝·백업·복구
- **보안** — 보안 점검·로그·취약점

📅 17. SLA 등급

등급	응답	복구
Critical (전체 다운)	30분	4시간
High (주요 기능)	1시간	8시간
Medium	4시간	24시간
Low	영업일	1주

야간 당직 온콜 수당은 별도 산정한다. SLA 위반 페널티 5~20%는 협상 포인트다.

카테고리 E — ITS · 스마트시티

 **특성**

- **현장:** IoT 단말-CCTV-VMS-신호제어
- **전송:** 자가망 (광케이블) + 백홀
- **센터:** 통합관제-AI 분석-빅데이터
- **외부:** 상위 플랫폼-시민 앱

 **핵심 산정**

- 단말 수 × 주기 = 일 이벤트
- IoT 페이로드 300~500 bytes
- 자가망 코어 트래픽 = 노드 × 단말 트래픽
- CCTV 영상 별도 NVR/오브젝트

 **주의점**

- **토목-전기통신 공사 면허** 필요
- 풍하중-낙뢰-서지 보호
- 자가망 인허가 (도로점용)
- 시계열 DB (InfluxDB-TimescaleDB)
- 라이프사이클 (원시 → 집계 → 폐기)

 **사례 RFP 검색 키워드**

- "지능형교통체계 ITS"
- "스마트시티" "스마트도로"
- "통합관제센터 CCTV"
- "자율주행 인프라"

 **본 세션 표본 RFP**

- **강릉 ITS** (₩68.97억, 163p, 12개월) — ITS 종합 표본

 **대표 솔루션**

- 신호제어: 비츠로테크-KT-LG CNS
- 통합관제: 한컴-이노그리드-다산정보기술
- AI 분석: 자체 모델-NVIDIA Metropolis

ITS의 본질은 IoT 데이터 폭증과 AI 추론이다. 일반 웹 시스템과 산정 방식이 근본적으로 다르다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

47 / 61

#246

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

카테고리 E — IoT 데이터 예 (강릉 ITS)

 **차량 위치 (5초 주기)**

```
{
  "vehicle_id": "BUS-102",
  "lat": 37.751,
  "lng": 128.876,
  "speed_kmh": 52,
  "heading": 95,
  "ts": "2026-05-01T12:01:22"
}
```

- 1건 ≈ 500 bytes
- 일 40대 × 17,280건 = 691,200건
- 연 ≈ **126 GB**

 **횡단보도 센서 (1초)**

```
{
  "crossing_id": "CR-008",
  "pedestrian_count": 4,
  "vehicle_count": 2,
  "phase": "red",
  "ts": "2026-05-01T12:01:22"
}
```

- 1건 ≈ 300 bytes
- 일 8개 × 86,400 = 691,200건

 **CCTV 이벤트 (AI 감지)**

```
{
  "camera_id": "CAM-T-035",
  "event": "wrong_way_vehicle",
  "confidence": 0.94,
  "bbox": [120, 80, 280, 200],
  "ts": "2026-05-01T12:01:22"
}
```

- 1건 ≈ 400 bytes
- 일 약 5,000건 (이벤트만)

원시 데이터(고빈도)와 이벤트(저빈도-고가치)를 2계층 구조로 분리한다. 원시는 30일 후 집계로 전환해 저장량 1/12로 축소한다.

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

48 / 61

© 2026 젠아이랩스 (GenAI Labs) · 강사 박수현

page 123 / 130

카테고리 D — 인력 산정 공식 (운영형)



표준 공식

상주 인력 = 시스템 수 × 복잡도 계수 + 1인당 관리 한도

- 시스템 수: 30~50종
- 복잡도 계수: 단순 0.5·표준 1.0·복잡 1.5
- 1인당 관리 한도: 8~12 (시스템)



직급별 단가 (월, 2026)

직급	단가	비고
초급 (3년 미만)	350~450만	운영원
중급 (3~7년)	500~650만	운영팀장·DBA
고급 (7~10년)	700~900만	보안·아키텍트
특급 (10년+)	900~1,200만	PM·기술사



산정 예 (전주대 유지보수)

가정 - 시스템 38종, 복잡도 1.0 - 1인당 12종 관리

계산 - 인력 = 38 × 1.0 ÷ 12 ≈ **3.2명** → 운영 4명 - + PM 1 + DBA 1 + 보안 1
= **7명** 풀세트 - 야간 1명 rotation = +0.3 인월

인건비 - PM 1명 × 900 = 900 - 운영 4명 × 500 = 2,000 - DBA 1명 × 700
= 700 - 보안 1명 × 700 = 700 - 야간 0.3 × 500 = 150 - 합계 **₩4,450만/월**
→ 연 **₩5.34억**

운영 RFP의 인력 산정은 가격의 70~80%를 차지한다. 직급별 단가·인월(M/M)을 명확히 산정한다.

5종 카테고리 — 비용 구성 분포 (개념)

카테고리	HW·NW	SW·라이선스	인건비	운영·교체	비고
A. LMS	30%	25%	30%	15%	CDN 사용료 변동 큼
B. e-Commerce	25%	30%	30%	15%	피크 대응 클라우드 burst
C. EMR	35%	30%	25%	10%	인종·DR 비용 큼
D. 운영유지	5%	10%	75%	10%	인력이 압도적
E. ITS·스마트시티	50%	15%	20%	15%	토목·전기 별도

도메인별 비용 패턴 - 구축형 (A·B·C·E) = HW·SW 50~65% - 운영형 (D) = 인건비 70~80% - TA는 두 패턴 모두 익혀야 한다

PART E

5종 실전 RFP 표본 — 9단계 절차 적용 지도

실제 공공 RFP 5종을 표본으로 9단계 절차를 그대로 적용.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

5종 실전 RFP 표본 — 한눈에 비교

#	표본 RFP	유형	예산	기간	분량	핵심
1	강릉 ITS	구축형	₩68.97억	12개월	163p	IoT + AI + 자가망 + 통합관제
2	전주대 통합유지	운영형	₩1.665억	12개월	45p	SLA + 인력 + 이중화
3	서울시립대 LMS	단기 구축	₩2.915억	90일	83p	LMS · 강행 일정
4	명지대 AI LMS	AI 구축	중대형	6~12개월	88p	GPU + RAG + ISO 27001
5	동원과기대 통합	통합 구축	₩1.5억	60일	44p	5기간제 통합

5종 합산 = 5개 도메인 × 5개 유형 × 5개 분량(44~163p) × 5개 일정(60일~12개월). 한국 SI 시장의 대표 표본이다.

Case #1 — 강릉 ITS 구축사업

사업 메타

- 발주: 강릉시 ITS추진과
- 사업명: 2025 강릉시 ITS 구축
- 예산: W68.97억 + 모토브 W15억
- 기간: 12개월
- 분량: 163쪽 RFP
- 평가: 기술 90 + 가격 10

학습 포인트

- IoT 단말 + AI 추론 + 자가망 6km
- HCI 2노드 vSAN + 영상 80TB
- 환승허브 9 + 스마트횡단보도 8 + VMS
- 국정원 검증필 암호모듈·CC 인증
- 토목·전기·통신 융합
- 5종 중 가장 종합적인 케이스

9단계 적용 난이도

- ① 메타: ★★ (163p에서 추출)
- ② RTM: ★★★★★ (요구사항 200+개)
- ③ NFR: ★★★★★ (가용성·자가망·AI)
- ④ As-Is: ★★★★★ (노후 NMS·기 광케이블)
- ⑤ 매트릭스: ★★★★★ (5인 + 토목)
- ⑥ TA Deep-dive: ★★★★★ (NW·HCI·GPU)
- ⑦ 일정: ★★★★★ (12개월 압박)
- ⑧ 위험: ★★★★★ (2026 세계총회·환경)
- ⑨ 산출물: ★★★★★ (구축형 풀세트)

권장 학습 시간

6주 (장기 deep-dive)

Case #2 — 전주대 통합유지보수

사업 메타

- 발주: 전주대학교 정보전산원
- 사업명: 정보시스템 통합유지보수
- 예산: W1.665억 (1년)
- 기간: 12개월 (3년 갱신 옵션)
- 분량: 45쪽 RFP
- 평가: 기술 80 + 가격 20

학습 포인트

- 운영형 RFP의 표본
- 시스템 30~50종 통합 운영
- 상주 인력 4~6명 + 야간 당직 rotation
- SLA 4등급 + 페널티 5~20%
- 보안 솔루션 8종 통합 관리
- 인수인계 30일 표준

9단계 적용 난이도

- ① 메타: ★★ (간결)
- ② RTM: ★★ (요구 60개 내외)
- ③ NFR: ★★★★★ (SLA·가용성)
- ④ As-Is: ★★★★★ (운영형 핵심)
- ⑤ 매트릭스: ★★★★★ (운영 중심)
- ⑥ TA Deep-dive: ★★★★★ (인력 산정)
- ⑦ 일정: ★★ (운영은 연간)
- ⑧ 위험: ★★★★★ (SLA 위반·인력 이탈)
- ⑨ 산출물: ★★★★★ (운영 SOP 중심)

권장 학습 시간

3~4주 (운영 패턴 학습)

Case #3 — 서울시립대 LMS 구축

📋 사업 메타

- 발주: 서울시립대학교
- 사업명: 학습관리시스템(LMS) 구축
- 예산: W2.915억
- 기간: 90일 (강행)
- 분량: 83쪽 RFP
- 평가: 기술 85 + 가격 15

🎯 학습 포인트

- 단기 구축의 표본
- 학기 시작 전 90일 강행 일정
- LMS Web-WAS-DB-동영상 구성
- 학사-결제-SSO 외부 연계
- 모바일 우선-웹접근성
- 운영 이관 + 사용자 교육

📊 9단계 적용 난이도

- ① 메타: ★★ (간결)
- ② RTM: ★★★★★ (요구 80개)
- ③ NFR: ★★★★★ (학기 부하)
- ④ As-Is: ★★★★★ (기존 LMS 마이그레이션)
- ⑤ 매트릭스: ★★★★★ (LMS 중심)
- ⑥ TA Deep-dive: ★★★★★ (TPS-동영상-CDN)
- ⑦ 일정: ★★★★★ (90일 압박)
- ⑧ 위험: ★★★★★ (일정-데이터 마이그)
- ⑨ 산출물: ★★★★★ (LMS 플세트)

권장 학습 시간

4주 (단기 압박 시뮬)

Case #4 — 명지대 AI LMS 구축

📋 사업 메타

- 발주: 명지대학교
- 사업명: AI 차세대 LMS 구축
- 예산: 비공개-중대형
- 기간: 6~12개월
- 분량: 88쪽 RFP
- 평가: 기술 90 + 가격 10

🎯 학습 포인트

- AI-GPU 케이스의 표본
- RAG (Retrieval-Augmented Generation)
- 실시간 통번역-자동 채점
- GPU L40S-A100 클러스터
- ISO 27001 인증 의무
- 벡터 DB (pgvector-Milvus)

📊 9단계 적용 난이도

- ① 메타: ★★★★★ (AI 항목 명세)
- ② RTM: ★★★★★ (AI 기능 50+)
- ③ NFR: ★★★★★ (AI 응답-정확도)
- ④ As-Is: ★★★★★ (기존 LMS)
- ⑤ 매트릭스: ★★★★★ (AI-DA 비중 큼)
- ⑥ TA Deep-dive: ★★★★★ (GPU-벡터DB)
- ⑦ 일정: ★★★★★ (GPU lead time)
- ⑧ 위험: ★★★★★ (모델 정확도-환각)
- ⑨ 산출물: ★★★★★ (AI 플세트)

권장 학습 시간

5주 (AI Deep-dive)

Case #5 — 동원과학기술대 통합 구축

📄 사업 메타

- 발주: 동원과학기술대학교
- 사업명: 통합정보시스템 구축
- 예산: ₩1.5억
- 기간: 60일 (극단)
- 분량: 44쪽 RFP
- 평가: 기술 80 + 가격 20

🎯 학습 포인트

- 5개 기간계 통합
- 학사·행정·도서관·포털·재무
- SSO + 표준 코드 통합
- 데이터 마이그레이션
- 60일 극한 일정
- 소규모 + 다영역 통합

📊 9단계 적용 난이도

- ① 메타: ★ (간결)
- ② RTM: ★★★ (5계 통합)
- ③ NFR: ★★ (소규모)
- ④ As-Is: ★★★★★ (5계 분석)
- ⑤ 매트릭스: ★★★★★ (DA-SA 비중)
- ⑥ TA Deep-dive: ★★ (소규모)
- ⑦ 일정: ★★★★★ (60일 극단)
- ⑧ 위험: ★★★★★ (마이그·일정)
- ⑨ 산출물: ★★★ (통합)

권장 학습 시간

3주 (소규모 통합 사례)

5종 케이스 — 학습 포인트 매트릭스

학습 영역	#1 강릉 ITS	#2 전주대	#3 시립대 LMS	#4 명지대 AI	#5 동원과기대
사업 메타 추출	★★	★★	★★	★★★★	★
요구사항 코딩	★★★★★	★★	★★★	★★★★	★★★
NFR 정량화	★★★★	★★★	★★★	★★★★★	★★
As-Is 추정	★★★	★★★★★	★★★	★★★	★★★★★
5대 매트릭스	★★★★	★★★	★★★	★★★★	★★★★
TA Deep-dive	★★★★★	★★★	★★★★	★★★★★	★★
이행 일정	★★★★	★★	★★★★★	★★★	★★★★★
위험-SOP-SLA	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★★
산출물-TCO	★★★★★	★★★	★★★★	★★★★★	★★★

진로별 추천: 공공 SI = #1+#2, 교육 SI = #3+#4+#5, AI-GPU = #4, 운영형 = #2.

5종 케이스 — 적합성 평가 매트릭스

관점	#1 강릉	#2 전주대	#3 시립대	#4 명지대	#5 동원
신입 TA 첫 케이스	★★	★★★★★	★★★★	★★	★★★
3년차 심화	★★★★	★★★	★★★★	★★★★★	★★★
10년차 기술사	★★★★★	★★	★★★	★★★★	★★★
공공 SI 진출	★★★★★	★★★★	★★★	★★★	★★★
민간 SI 진출	★★	★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★
R&D-AI 진출	★★★	★	★★	★★★★★	★
PM 진출	★★★★	★★★★★	★★★★	★★★	★★★★★

진로·연차에 맞춰 1~2개 케이스를 deep-dive하고 나머지는 비교 학습한다.

5종 케이스 — 권장 학습 순서

 **표준 순서 (신입~주니어)**

- 1. 전주대 통합유지 (3~4주) — 운영형, 작고 명확
- 2. 동원과기대 통합 (3주) — 소규모 통합
- 3. 서울시립대 LMS (4주) — 단기 구축
- 4. 명지대 AI LMS (5주) — AI 심화
- 5. 강릉 ITS (6주) — 종합 deep-dive

→ 누적 21~22주 (5~6개월)

 **진로 우선 순서**

공공 SI 1. 강릉 ITS (구축) 2. 전주대 통합유지 (운영)

교육 SI 1. 동원과기대 (소규모) 2. 서울시립대 LMS (단기) 3. 명지대 AI LMS (AI)

AI/GPU 1. 명지대 AI LMS 2. 강릉 ITS (AI 추론)

5종 모두 학습 시 약 6개월 TA 부트캠프가 완성된다. 그 후 실제 RFP 1건으로 OJT를 이어간다.

IT 인프라 아키텍처 설계 · Session 11 · RFP 분석 실습과 사례 연구 (9단계 절차 · 5종 카테고리)

"RFP는 두꺼운 문서가 아니다 — 9단계 절차로 분해·정량화·물리화하는 입력 명세다"

본 세션에서 도출한 도구 — 9단계 절차 · 5대 아키텍트 매트릭스 · 5종 카테고리 · 5종 실전 RFP 표본 · 실전 체크리스트.