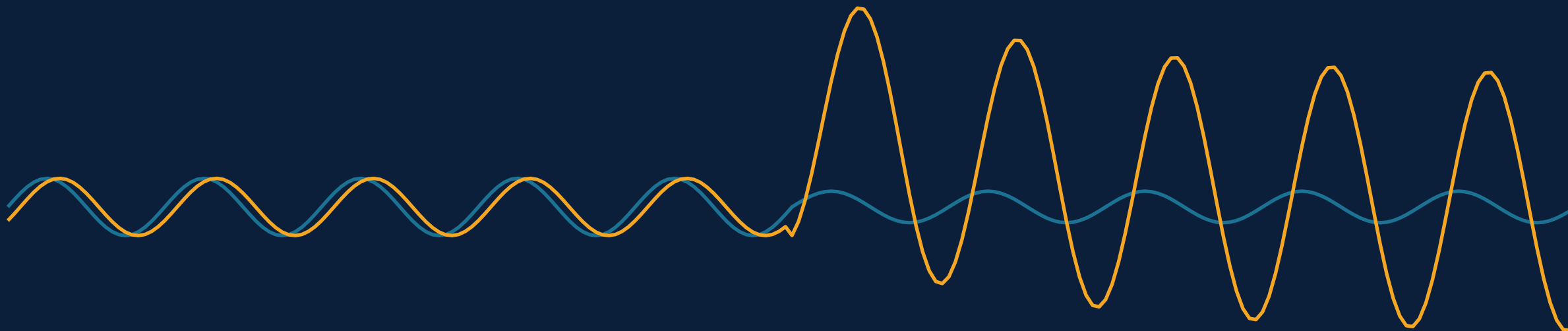


세니온 DFR 기술이전

킵오프 미팅 사전 브리핑

기술 검토 브리핑 (HW · SW) — 사우디 기술 요건 대비 갭, 확인 질문과 예상 답변, 검증 계획, 개발자 온보딩

APMTech 기술팀 (HW · SW) | 2026. 09. 22 (v3, 기술 관점) | 대외비



이 자료의 구성과 작성 방법 (기술 담당자용)

1 사전지식

- 세니온 기술 프로파일과 [SPR-K010](#) 사양
- [DFR 101](#), HW 벤치마크, SW·표준 스택
- 사우디 기술 요건(계통·환경·인증·보안)
- HW / SW 평가 프레임

2 확인 질문 · 예상답변

- HW 질문 14 / SW 질문 16 (우선순위 순)
- 각 질문별 예상 답변 · 원하는 답 · 레드플래그
- 검증 방법 태그: 문서 / 벤치 시험 / 코드 리뷰 / 인증

3 실행 · 부록

- 대상물(HW/SW 패키지) 체크리스트
- 기술 레드플래그, 기술 리스크 Top 5
- 킥오프 기술 세션 아젠다, 기술 평가 로드맵
- 부록 A 기술 에이전트 의견 / 부록 B 개발자 온보딩(10장) / 부록 C 약어 설명 — 본문 약어(점선 밑줄) 클릭 시 이동

작성 방법

- 웹·표준·문서 조사: 세니온 홈페이지·2026 카탈로그·특허, 사우디 Grid Code(2024)·[NCA OTCC](#), [IEEE C37.111/232/114/238](#), [IEC 61850-61869-9-60255-26/27](#), [GE/Siemens/Qualitrol/SEL/Elspec](#) 사양
- 기술 관점 에이전트 협의: 보호·변전자동화 엔지니어 / 회사·제품 실사 / 사우디 기술 요건 — 의견을 교차 검토해 통합 (사업·계약 관점은 이 판에서 제외)
- 우선순위 점수화: 30개 기술 질문 각각에 '킥오프에서 물을 시점', '기술적 타당성 영향도', '회피 답변 가능성', '검증 방법', '사전 준비'를 기준으로 점수 산출

한 장 요약: 기술 담당자가 킥오프에서 확정할 4가지

1 [공통] 무엇이 '제품'이고 무엇이 '플랫폼'인가

SPR-K010은 48 AI/96 DI, 7,680Hz, COMTRADE, C37.118 PMU, IRIG-B/PTP를 갖춘 독립형 DFR. 그러나 CPU·전원·통신 보드와 61850-COMTRADE 코드는 보호 IED와 공용일 가능성 → 보드 목록·소스 트리의 공용/전용 경계부터 확정

2 [HW] 사우디 요건 대비 갭은 어디인가

60Hz·115V/5A는 적합. 확인 필요: 55°C 연속 동작 데이터, IEC 60255-26/-27 국제 공인 성적서, PTP HW 타임스탬핑·홀드오버, 48ch 이상 확장 구조, 부품 EOL(2015 설계), DC 220V 옵션

3 [SW] 인증·보안·재현 가능성

확인 필요: DFR 명의 UCA 61850 Ed.2 인증, COMTRADE 판(1999→2013), NCA OTCC 대응 보안(계정·로그·서명), 영문 HMI 리소스 구조, 소스 전량 + 빌드 재현, 3rd-party 라이선스(SBOM)

4 [통합] APM과 묶을 수 있는가

고장파형 + 부분방전 이벤트 상관분석이 우리 기술 축. DFR의 이벤트 알림·파일 API, 공통 PTP 시각, 하나의 SCD로 통합 가능한지 아키텍처 확인. SI M73의 SV 스택 재사용 가능성도 함께

킥오프 기술 세션 목표: ① 제품·플랫폼 정의 확정 ② HW/SW 갭 목록 초안 ③ 실사·샘플 벤치 시험에 필요한 자료·샘플 합의 ④ 검증 방법(문서/벤치/코드/인증)별 담당 지정

세니온(SANION) 회사 프로파일

출처: sanion.com 회사개요·연혁·2026 종합카탈로그, 잡코리아/NICE 재무, 한국전력신문, 동아경제(2026.06), 머니투데이(2026.07)

기본 정보

- 설립 1997.08. 본사 인천 서구 검단(2016 문래동에서 이전), 나주공장(혁신산단)
- 대표 이동률(삼성전자 출신, 창업 이래 계속). 직원 72명(개발 37명, 커미셔닝 17명)
- 매출(억원): 2022 190 → 2023 246 → 2024 174 → 2025 171. 영업이익 14.5억, 흑자 유지, NICE 신용 '우수' → 급매 아님
- 주력: 154/345kV 보호계전 IED·보호배전반, IEC 61850 SA 운영시스템, Smart IED SIM73(머징유닛 통합), 배전자동화 FRTU·DWB, 배전반
- 파트너: 한전, 한전KPS, 한전KDN, 포스코. 효성중공업과 머징유닛 특허 공동출원(2023), 시스코·효성 디지털변전소 검증 참여(2026.07)
- 해외: 베트남 EVN-SPC 110kV 시범사업(2019.10) 1건. 중동·사우디 실적·계획은 공개자료에 없음 → 킥오프에서 직접 확인
- 인증: ISO 9001/14001/45001, INNO-BIZ, NEP 2건(2013, 2020), 한전 품질평가 최우수(2014)
- 특허: 세니온 명의 58건 중 DFR 자체 청구항 특허는 없음. 관련: Σ ADC PPS 동기화(KR102117292B1), 고장점 검출(KR100920946B1)

연혁 (DFR 관점)



세니온(SANION) 기술 프로파일

출처: sanion.com 회사개요·연혁·인증현황·2026 종합카탈로그, Google Patents, 동아경제(2026.06), 머니투데이(2026.07)

기술 조직 · 플랫폼 · 특허

- 1997년 설립, 인천 검단 본사·나주공장. 직원 72명 중 개발/설계 37명(박사 2, 석사 7), 커미셔닝 17명 — DFR 전담 인력 규모는 미공개
- 제품 플랫폼: 154/345kV 보호 IED(SLP/STP/SBP), Bay Controller, Smart IED SIM73(머징유닛+IED, 9-2LE SV 8 SVCB, HSR/PRP, PTP, DNP3), IEC 61850 SA 운영시스템, FRTU·DWB
- 모든 보호 IED가 1ms 이벤트 + COMTRADE 파형 저장 기본 탑재 → COMTRADE-이벤트·61850 모듈은 공통 플랫폼 코드일 가능성 높음
- 특허 58건 중 DFR 자체 청구항은 없음. 관련: Σ ADC PPS 동기화(KR102117292B1, 2020), 광CT/PT 머징유닛 위상보정(KR102327251B1), 보호/제어 로직 병렬처리(KR20220055683A), 송전선로 고장점 검출(KR100920946B1, 2009), 효성중공업 공동 머징유닛 특허(KR20240175587A)
- R&D 흐름: 2014 Process Bus IED → 2020 모션보호 NEP → 2023 765kV IED → SIM73 → 2026.07 시스코·효성 디지털변전소 검증에서 시험 시나리오 설계 담당
- 해외: 베트남 110kV(2019) 1건. 중동 납품·인증 이력은 공개자료에 없음

연혁 (DFR·플랫폼 관점)



평가 대상: SPR-K010 공개 사양과 사우디 기술 적합성 1차 체크

세니온은 '보호계전 IED 회사'. DFR은 2015년 설계 후 단일 모델. IED 플랫폼과의 공용 부분을 먼저 가려야 한다

송전선로 보호

SLP-K140 / K310 (87+21, 7" 터치, 이중화 Ethernet)

변압기 · 모선 보호

STP-K110/120/130, SBP-K110-CU/BU (분산형 87B, 1Gbps 광)

Smart IED · SA

SIM73: 머징유닛+IED, 9-2LE SV 8 SVCB, HSR/PRP, PTP, DNP3 / IEC 61850 SA 운영시스템

고장기록장치 SPR-K010 「전력동요기록 기능부 고장기록장치용 IED」 — 2026 카탈로그 공개 사양

샘플링

7,680 Hz (60Hz 기준 128 s/c)

아날로그 입력

48ch = PT 12 + CT 36 (115V, 5A)

디지털 I/O

DI 96 (외부 트리거 포함) / DO 8

트리거

레벨·변화율(V/I/f/P), 접점, 전력동요, 수동/자동

기록·전송

IEEE C37.111 COMTRADE, 이벤트 자동 전송

동기페이지

IEEE C37.118, 최대 120 fps (WAMS 연계)

시각동기

IRIG-B120, PTP(카탈로그 추가)

통신

Ethernet 2포트, IEC 61850 ·C37.118-TCP/IP, 광포트

기타

고장점 표정, 자기진단, 10.4" LCD, 독립형 490×307×289mm

사우디 기술 적합성 1차 체크

- 60Hz · 115V/5A 정격 적합 (사우디 60Hz)
- 48 AI / 96 DI 중소 변전소 적합, 380kV 대형은 확장 필요
- COMTRADE · C37.118 PMU 적합, 판(1999/2013)-인증 확인
- IRIG-B120 · PTP PTP 실측 확인
- 25~+55°C 경계선 — 고온 시험 데이터 필요
- 영문 HMI·문서·분석SW 미확인
- 국제 형식시험·UCA 61850 인증 미확인 (국내 성적서 위주 추정)
- NCA OTCC 보안 미확인

DFR 101: 디지털 고장기록장치란

변전소에서 고장 순간 전후의 전압·전류 파형과 접점 이벤트를 고속으로 기록해 고장 원인 분석·보호계전 검증·고장점 표정에 쓰는 장치

시각동기 GPS · IRIG-B · PTP(IEEE 1588 / C37.238) · SNTP

모든 샘플·이벤트에 $\pm 1\mu\text{s}$ 급 타임스탬프 → 다중 장치 상관분석·PMU의 전제

입력

CT 5A / PT 110/V3V 2차
접점(DI) 64~384ch
DC 트랜스듀서
[디지털변전소] SV 9-2LE 스트림,
GOOSE



DFR 본체

AFE-절연

안티에일리어싱
서지·EMC 내성

ADC

16~24bit $\Sigma\Delta$
동시샘플링
1~24kHz

트리거

레벨·변화율·대칭분
고조파·접점·GOOSE

기록·저장

고속/저속/연속
pre/post fault
순환 버퍼 SSD



출력

COMTRADE(.cfg/.dat/.cff)
SER/SOE 이벤트
IEC 61850 MMS · DNP3
고장점 표정 · PMU(C37.118)

분석 소프트웨어 · 상위 시스템

파형 뷰어(오버레이·페이저·고조파·임피던스 궤적), 보호요소 재현, 자동 리포트
NG-SA 고장기록 수집서버·SCADA(IEC 104) 연계, WAMS(PMU) — APMTech의 C#/WPF 역량이
직접 투입될 영역

왜 사우디 계통운영자(NG-SA)가 사는가

고장 원인 규명·보호계전 검증·고장점 표정으로 정전 복구 단축
사우디 Grid Code(2024) 4.6.5.4: TSP는 계통 성능 기록용 Disturbance Recorder-Event Logger
를 설치해야 함. 380kV 고장제거 80ms 등 성능 검증 근거

DFR 하드웨어: 글로벌 벤치마크 vs 확인 포인트

사우디 SEC/NG-SA DFR 규격서(TES/구매사양)는 입찰서류로만 제공 → 현지 파트너·EPC를 통해 최신본 확보 후 대조 필요

항목	세니온 SPR-K010 (카탈로그)	Qualitrol BEN 6000	Siemens 7KE85	GE Reason RPV311	SEL Axion/RTAC	Elspec G5	확인할 것
ADC	미공개 (ΣΔ 추정)	16-bit (ch당 1 ADC)	—	—	24-bit	24-bit	분해능·동시샘플링·ENO B
샘플링	7,680Hz (128 s/c)	1~12kHz / 연속 6kHz	1~16kHz 가변	진행파 5MHz	24kHz / 연속 3ksps	256~1024 s/c 연속	다중속도, 연속기록
채널	48 AI / 96 DI / 8 DO	192 AI / 384 DI	40 AI / 43 BI	64 AI + 256 DI + SV 8	96 AI / 512+ DI	모듈형	확장·분산 취득유닛
시각동기	IRIG-B120, PTP	IRIG-B, ch간 <5μs	IRIG-B, PTP	IRIG-B, PTP	서브μs	GPS/PTP	PTP 실측, 홀드오버
저장	미공개	순환 버퍼	16GB 분배형	>30GB SSD	2TB, 연속 10일+	PQZIP 1년+	용량·순환·정전 보존
부가기능	고장점 표정, PMU 120fps	PQ, PMU	PQ, PMU(C37.118)	고장점(TW), PMU	고장점, CT/PT 감시	PQ Class A, PMU	고장점 정확도, PQ

SPR-K010의 128 s/c는 ERCOT 128 s/c·NERC PRC-028-1 64 s/c 요건을 충족하는 수준. 사우디 입찰에서는 GE RPV311·Siemens 7KE85와 같은 표로 비교되므로 채널 확장성·연속기록·PTP 실측·고온 데이터가 스펙 갭. 미공개 항목(ADC, 저장, 연속기록)이 실사의 핵심.

DFR 소프트웨어·표준 스택: 알아야 할 6가지

세니온 구현 수준을 판단하는 기준. 각 카드의 '확인'이 킥오프/실사 질문으로 이어짐

1 COMTRADE

IEEE C37.111-2013 = IEC 60255-24 Ed.2. 2013판은 단일 .CFF, float32, UTF-8, time_code/leapsec 필드(ns). 국내 장비 다수는 1999판(ASCII/16-bit)

확인: 어느 판? CFF·float32 지원?

2 COMNAME

IEEE C37.232-2011 표준 파일명: 시작일,시각,타임코드, 변전소,장치,회사,,사용자.확장자. NERC PRC-028-1 요구

확인: 파일명 규칙 표준 적용?

3 IEC 61850

Station bus MMS(RDRE/RADR/RBDR 논리노드로 기록 파일 노출), GOOSE 트리거, Process bus SV 9-2LE(80/256 s/c) 또는 IEC 61869-9(4800/14400sps). 한전 Ed.2 전환 중

확인: 스택 출처·라이선스, Ed.2, SV 수신

4 DNP3 / IEC 104

SEC 급전소(PCC) SCADA 연계는 IEC 60870-5-104/DNP3가 일반적. 세니온 SA HMI가 61850 + DNP 지원 → DFR도 DNP3 TCP 가능성

확인: SCADA 연계 프로토콜·포인트 매핑 문서(영문)

5 고장점 표정

IEEE C37.114-2014. 단단 임피던스법(수 % 오차) → 양단 동기법 → 진행파(MHz 취득, 1~2경간). 병행 2회선 상호임피던스 보정이 실무 난제

확인: 알고리즘·실계통 오차 통계

6 PMU · PQ 통합

C37.118 동기페이저, IEC 61000-4-30 Class A PQ. 글로벌 DFR은 DFR+PMU+PQ 멀티평선으로 수렴. 프로컴시스템 P Q 감시 DFR 특허 보유

확인: 로드맵, 특허 회피

사우디 기술 요건: 제품이 넘어야 할 기술 관문

출처: Saudi Arabian Grid Code(SERA, 2024.05) · NCA OTCC-1:2022 · KTL/UCA · IEC 60255-60068. 규격서(TES) 원문은 미확인

계통 · 성능 요건 (HW+SW)

- 60Hz(59.9~60.1, 비상 57.0~62.5Hz), R-Y-B 상회전. 송전 110/115/132/230/380kV → 정격 115V/√3, 5A(1A 옵션)
- Grid Code 4.6.5.4: TSP가 Disturbance Recorder-Event Logger 설치. 고장제거 380kV 80ms / 230kV 100ms / 132kV 이하 120ms → pre/post fault 창과 SOE 1ms 정밀도
- IEC 61850 기반 SAS 표준, 프로세스버스(SV)·PTP 확산. SCADA 연계는 IEC 60870-5-104/DNP3
- 장거리 380kV 선로 → 고장점 표정 정확도, PMU (C37.118) WAMS 연계

환경 · 형식시험 (HW)

- 주변온도 50~55°C, 모래·먼지, 실내 패널도 55°C 연속 동작 시험 요구가 일반적 → IEC 60068-2-2 건열, -2-30 습열, 먼지(IP 등급)
- IEC 60255-26 EMC(서지-EFT-ESD·전도/복사 내성), IEC 60255-27 안전(절연·내전압), IEC 60255-21 진동·충격
- 국제 공인 시험소(ILAC MRA) 성적서 — KERI/KTL은 KOLAS 인정기관이나 성적서에 ILAC 마크. 국제 규격판 명시 필요
- 전원 DC 110/125/220V 옵션, 패널 IP 등급. 케이블 인입 규격

통신 · 보안 · 문서 (SW)

- IEC 61850 Ed.2 적합성 인증(UCA 공인 시험소: KEMA/DNV, KTL Level A) — DFR 모델 명의
- NCA OTCC-1:2022(4 도메인·47 통제·122 하위): 장치 계정·역할, 감사 로그, 펌웨어 무결성, 포트·서비스 최소화, 취약점 관리 → IEC 62351/62443 매핑
- COMTRADE 2013(.cff, float32, time_code) 및 CO MNAME 파일명 — 운영자 분석툴 호환
- 영문 HMI·매뉴얼·시험 절차서 필수, 아랍어 선택. 원격 펌웨어 업데이트·설정 백업

HW 관점 평가 프레임: 블록별 확인 항목 · 검증 방법 · 예상 갭

샘플 1대 + 설계 자료로 우리가 직접 검증할 수 있도록 블록 단위로 정리. 검증 방법: 문서 / 벤치 시험 / 인증

블록	확인 항목	검증 방법	예상 갭 (공개 사양 기준)
<u>AFE</u> · <u>ADC</u>	<u>ADC</u> 종류·분해능·동시샘플링, <u>안티에일리어싱</u> 컷오프, <u>절연변성기</u> 정격(30~40×In), <u>ENOB</u> ·채널간 skew	벤치: <u>신호발생기</u> (OMICRON) 주입 → <u>COMTRADE</u> 비교, <u>THD</u> ·skew 측정	분해능 미공개($\Sigma\Delta$ 추정). 24-bit 여부· <u>ENOB</u> 실측 없음
채널 · 확장	보드당 채널, 슬롯 수, 분산 취득·광링크, 확장 시 샘플 동기	문서(블록도) + 벤치(2대 동기 시험)	48 AI 고정. 380kV 대형 변전소용 확장 구조 미확인
시각동기	<u>IRIG-B</u> 종류, <u>GPS</u> 내장, <u>PTP</u> HW 타임스탬핑, 홀드오버 오실레이터·드리프트	벤치: <u>PTP</u> 그랜드마스터 대비 1PPS 오차, 위성 차단 후 드리프트 측정	<u>PTP</u> 구현 세부·홀드오버 미공개
전원 · 절연 · <u>EMC</u>	DC 110/125/220V, 절연 내력, <u>IEC 60255-26/-27</u> 시험 이력·판	인증: 성적서 검토 → 부족 항목 재시험	DC 220V 옵션, 국제 공인 성적서 여부 미확인
환경	55°C 연속 동작, 습열, 먼지, <u>LCD</u> · <u>SSD</u> ·전해캡 온도등급	벤치: 환경 챔버 55°C 24h 기능 시험 / 인증: <u>IEC 60068</u>	55°C는 경계선. 고온 시험 데이터 없음
플랫폼 · <u>EOL</u>	<u>MCU/DSP/FPGA/SoC</u> , 메모리, <u>SSD TBW</u> , <u>PHY</u> , 리비전 이력, 대체 설계	문서: <u>EOL</u> 표기 <u>BOM</u> ·리비전 이력	2015 설계 → 단종 부품 존재 가능성 높음
기구 · 패널	랙 장착, 패널 도면, 단자대, <u>IP</u> 등급, 케이블 인입	문서: 도면 / 벤치: 기계 치수 확인	패널 도면이 한전 규격 전용일 가능성
제조 · 시험	캘리브레이션 절차·치구, 생산 시험 장비, 출하 검사, <u>FAT</u> 절차서 (영문)	문서 + 공장 견학	절차서 국문, 치구 도면 유무 미확인

SW 관점 평가 프레임: 계층별 확인 항목 · 검증 방법 · 예상 갭

소스 접근 전에는 문서·벤치로, 접근 후에는 코드 리뷰로. 검증 방법: 문서 / 벤치 시험 / 코드 리뷰 / 인증

계층	확인 항목	검증 방법	예상 갭 (공개 사양 기준)
펌웨어 아키텍처	OS/RTOS, 언어, 모듈 구조, IED 공통 코드 경계, 빌드 시스템·툴체인	코드 리뷰: 소스 트리·의존성 그래프, 빌드 재현 시연	IED 공용 코드 혼재 가능성, 빌드 환경 특정 PC 의존
취득 · 트리거 · 기록	트리거 종류·판정 주기·히스테리시스, pre/post, 다중속도·연속기록, 링버퍼·정전 보존	벤치: 트리거 시나리오 주입, 오프트리거·pre-fault 손실 확인	단일 속도, 연속기록 미표기
COMTRADE · 파일	판(1999/2013), CFF·float32·time_code, 다중률, COMNAME, 파일 무결성	코드 리뷰 + 벤치: 파서(Python comtrade)로 검증	1999판 추정, 파일명 자체 규칙 추정
IEC 61850	스택 출처·라이선스, Ed.2, RDRE/RADR/RBDR, ICD/CID·PIXIT, GOOSE 성능, SV 수신 로드맵	인증: UCA 인증서 / 벤치: 61850 클라이언트 툴로 브라우징·파일 전송	DFR 명의 인증서 미확인, SV 미구현
시각 · 동기 SW	PTP 프로파일(C37.238/9-3), 품질 플래그, PPS 위상고정, 윤초	벤치: PTP 마스터 대비 시험, 품질 플래그 로그 확인	PTP 신규 구현 → 검증 이력 부족 가능성
알고리즘	고장점 표정(단단/양단, 루프 선택), PMU 필터·P/M class, 대칭분·고조파	벤치: RTDS/COMTRADE 재생 케이스로 오차 측정	검증 데이터·PMU 성능 시험 미공개
보안	계정·역할, 감사 로그, 펌웨어 서명·보안 부트, 포트·서비스, IEC 62351/62443, NCA OTCC 매핑	벤치: 포트 스캔·취약점 스캔 / 코드 리뷰: 인증 로직	기본 패스워드 수준 추정, OTCC 대응 미확인
분석 SW · HMI · 운영	언어/프레임워크, 기능, 영문 리소스 구조, 원격 업데이트·롤백, 설정 관리, APM 통합 API	코드 리뷰 + 문서	국문 위주, 리소스 구조·API 미확인
라이선스 · 품질	SBOM, GPL/상용 스택, 버그 트래커, 회귀 테스트	문서: SBOM·라이선스 계약 / 코드 리뷰	SBOM 부재 가능성

대상물 체크리스트 (기술 패키지)

킵오프에서 '이 목록 기준으로 인벤토리를 제출해 달라'고 요청. 검수 조건: 우리 환경 빌드 재현 + 샘플 벤치 시험 통과 + 시제품 3대 제작·시험 통과

A. HW 설계 패키지

- 회로도 원본 CAD(Altium/OrCAD 등), PCB 아트워크·스택업·Gerber·드릴·조립도
- BOM(제조사 P/N, 대체품, EOL 상태, 온도등급), 리비전 이력
- 블록도, 보드 목록(공용/전용), 기구 2D/3D, 패널·단자대·배선 도면
- AFE 캘리브레이션 절차·치구 도면, 전원·정격 옵션표

B. SW 패키지

- 펌웨어 소스 전량 + 빌드 환경(툴체인·컴파일러 버전·라이선스), 부트로더, 서명키 관리 절차
- 분석 SW·설정툴 소스, 영문 리소스 파일, HMI 문자열 테이블
- IEC 61850 스택 출처·라이선스, ICD/CID·SCL, PIXIT/MICS/TICS, DNP3/104 포인트 맵
- SBOM, 오픈소스 목록, Git 전체 히스토리, 버그 트래커, 테스트 케이스·자동화 스크립트

C. 시험 · 인증 자료

- IEC 60255-26/-27, 60068, 60255-21 형식시험 성적서(발행기관·규격판·ILAC 여부)
- IEC 61850 적합성 인증서(UCA 공인, DFR 명의), 상호운용성 시험 결과
- ADC ENOB-skew, 시각동기 정확도·홀드오버, 고장점 표정 오차, PMU 성능 실측 보고서
- 한전 인정시험 성적서(품질 증빙용), NEP 인증서

D. 제조 · 시험 절차

- 제조 공정서, 검사 기준서, 출하 시험 절차서, FAT 절차서(영문)
- 생산 시험 장비·지그 목록(모델·일련번호), 지그 도면
- 협력사(PCB, SMT, 판금) 리스트·공정 능력 자료
- MTBF 계산서, 현장 고장 이력, 자기진단 항목표

E. 운영 · 문서

- 영문 사용자 매뉴얼, 설치·시운전 매뉴얼, 설정 가이드, 보안 하드닝 가이드
- 펌웨어 업데이트·롤백 절차, 설정 백업/복원 포맷 문서
- COMTRADE 파일 구조 문서, 파일명 규칙, 샘플 기록 파일 세트
- APM 통합용 이벤트·파일 API 문서

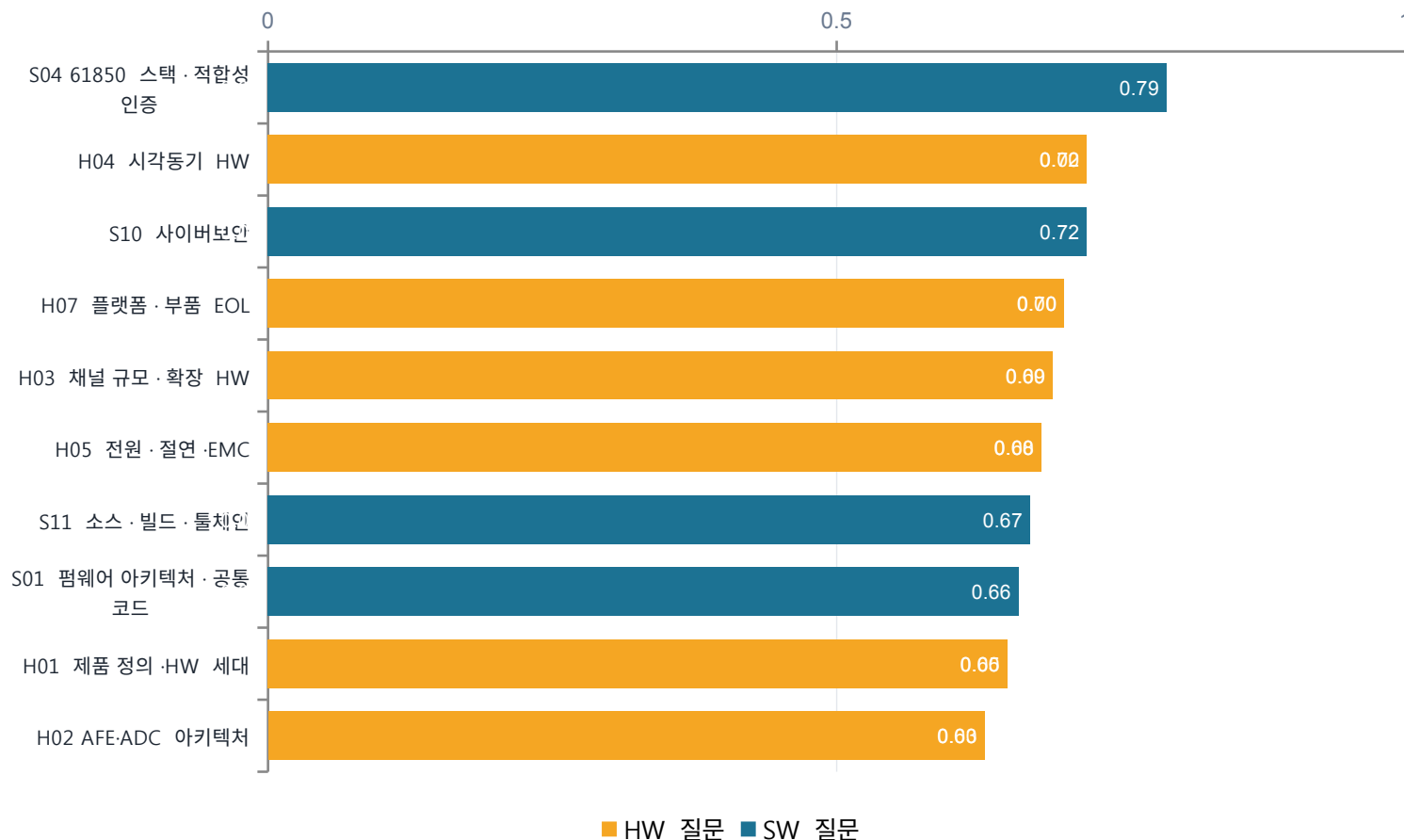
F. 샘플 · 지원

- 평가용 샘플 2세트(1세트는 환경 챔버·EMC 예비 시험용)
- 기술지도 계획서(HW/FW/SW 담당자·인월), 인수시험 절차·합격 기준
- 핵심 개발자 명단·재직 확약, 질의 응답 채널

질문 우선순위 판단 결과 (기술 관점)

30개 기술 질문을 5가지 기준으로 점수화. 우선순위 = P(킵오프에서 물어야 함) × 기술적 타당성 영향도(0~3)/3. 가중치 조정 가능

킵오프 우선순위 점수 (상위 10 개)



판단 방법과 해석

- 시점: 킵오프 기술 세션에서 직접 물을 것 27개, 실사·벤치로 미룰 것 3개(고장점 표정 검증, 제조 설비, 결함 이력). 기술 세션은 대부분을 직접 다루는 것이 맞다는 판단
- 영향도(0~3): 기술적 타당성 기준. 상위 = 61850 인증, 시각동기 HW, 보안, 부품 EOL, 채널 확장, EMC 성적서, 소스·빌드
- 회피 답변 가능성(확률): 평균 0.57. 가장 높은 3개 = S11, H11, S10 → 문서를 사전 요청하고 배석 전문가가 심층 질의
- 검증 방법: 문서 9 / 벤치 시험 10 / 코드 리뷰 9 / 인증 2 → 샘플 2세트와 소스 접근이 평가의 전제
- 사전 준비: 거의 전부 '사전 문서 요청'. 펌웨어 아키텍처(S01)만 '전문가 배석' → 임베디드 FW 담당이 반드시 참석
- 해석 주의: 점수는 우선순위 보조 지표. 최종 판단은 팀이 한다

HW 관점 질문 14개 — 우선순위 순 (1/3)

AFE·ADC, 시각동기, 전원·EMC, 환경, EOL, 기구, 제조. 태그: [영향도 · 회피 가능성 · 검증 방법 · 시점]

질문 (왜 중요한가)	예상 답변 (세니온)	우리가 원하는 답	레드플래그
H04. 시각동기 HW 구성은? <u>IRIG-B</u> 입력 종류(<u>B00x DC/B12x AM</u>), <u>GPS</u> 수신기 내장 여부, <u>PTP</u> HW 타임스탬핑(<u>PHY/MAC</u> 지원), <u>홀드오버</u> <u>오실레이터(TCXO/OCXO)</u> 사양과 <u>드리프트</u> <u>SOE</u> 1ms·양단 고정점 표정· <u>PMU</u> 의 전제. <u>PTP</u> 는 HW 타임스탬핑 없이는 $\pm 1\mu s$ 불가 [영향 2.3 · 회피 43% · 검증: 벤치 · 킥오프]	" <u>IRIG-B120(AM)</u> 입력, <u>PTP</u> 는 카탈로그에 추가됨(구현 세부 미공개)"	<u>PTP</u> HW 타임스탬핑 <u>PHY</u> 확인, <u>홀드오버</u> <u>드리프트</u> 스펙(예: $1\mu s/1h$), 실측 보고서	<u>PTP</u> 가 <u>SW</u> 타임스탬핑, <u>홀드오버</u> 스펙 없음
H07. 메인 프로세서(MCU/DSP/FPGA/SoC)·메모리·SSD·ADC·PHY의 부품 EOL 현황과 대체 설계 계획은? 2015년 설계 이후 <u>리비전</u> 이력은? 10년 경과 설계. 핵심 부품 단종은 재생산 불가와 재인증을 동시에 유발 [영향 2.5 · 회피 64% · 검증: 문서 · 킥오프]	"일부 <u>MCU/ADC</u> 단종, 대체품 검토 중"	<u>EOL</u> 상태가 표기된 <u>BOM</u> , <u>리비전</u> 이력, 대체 설계 착수 여부	핵심 <u>FPGA/ADC</u> 단종에 대체 설계 미착수
H03. AI/DI 보드 단위 채널 수와 최대 슬롯, 분산 취득유닛·광링크 확장 HW가 있는가? 확장 시 샘플 클럭 동기는 어떻게 유지되는가? 사우디 380kV 변전소는 64~192 AI급 요구가 혼함. 벤치마크 BEN6000 192AI, RVP311 64AI+256DI+광 8링크 [영향 2.1 · 회피 43% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"48 AI/96 DI 고정, 증설은 장치 추가 (별도 시각동기)"	모듈 확장 또는 다수 장치 <u>PPS</u> 공유 구조, 확장 시 동기 검증 데이터	확장 시 장치 간 샘플 정렬 불가
H05. 전원 정격(DC 110/125/220V, AC 옵션)·절연 내력·서지·EMC 설계 수준은? <u>IEC 60255-26(EMC)/-27(안전)</u> 형식시험을 어느 판·어느 기관에서 통과했는가? 사우디 규격은 <u>IEC 60255-26/-27</u> 국제 공인 성적서를 요구하는 것이 일반적. 한전 규격 전용 시험이면 재시험 [영향 2.4 · 회피 49% · 검증: 인증 · 킥오프]	"DC 125V(90~140V), 한전 규격 기준 <u>KE RI/KTL</u> 시험"	<u>IEC 60255-26/-27</u> 항목별 성적서(<u>ILAC</u> 마크 여부), 전원 옵션표	성적서가 한전 규격 전용·구버전, DC 220V 옵션 없음
H01. 이전·평가 대상의 정확한 HW 정의는? <u>SPR-K010</u> 단일 보드 세대(<u>리비전</u>), '고장기록장치반 2종'의 HW 차이, 보호 <u>IED(SLP/STP)</u> 와 공유하는 공통 보드(<u>전원·CPU·통신</u>)는 무엇인가? 카탈로그상 <u>SPR-K010</u> 은 48 AI/96 DI, 7,680Hz 독립형. <u>IED</u> 공통 플랫폼 보드가 섞여 있으면 이전 범위·재생산 범위가 달라짐 [영향 2.1 · 회피 56% · 검증: 문서 · 킥오프]	"CPU·전원·통신 보드는 <u>IED</u> 와 공통, AI/DI 보드가 <u>DFR</u> 전용"	보드 목록(도면번호·리비전·공용/전용 구분)과 블록도 제시	보드 구성·리비전을 즉답 못함, 도면번호 관리 없음

HW 관점 질문 14개 — 우선순위 순 (2/3)

AFE·ADC, 시각동기, 전원·EMC, 환경, EOL, 기구, 제조. 태그: [영향도 · 회피 가능성 · 검증 방법 · 시점]

질문 (왜 중요한가)	예상 답변 (세니온)	우리가 원하는 답	레드플래그
H02. 아날로그 프론트엔드와 ADC 구성은? ADC 종류·분해능 (16/24bit)·채널당 ADC·동시샘플링·안티에일리어싱 컷오프·입력 절연변성기 정격(30~40×In 내량)·ENOB 실측치 파형 품질·PQ/PMU 확장·CT 포화 후 소전류 정밀도를 결정. 글로벌 기준 24-bit $\Sigma\Delta$ 동시샘플링, 채널간 skew <1 μ s [영향 2.5 · 회피 59% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"동시샘플링 7,680Hz" — 분해능 미공개. 특히 KR102117292B1($\Sigma\Delta$ ADC PPS 동기)로 $\Sigma\Delta$ 추정	AFE 회로도·ADC 데이터시트·ENOB/skew 실측 보고서	16-bit 순차(MUX) 샘플링, 실측 데이터 없음
H11. 회로도 원본(CAD 포맷), PCB 아트워크·스택업·Gerber, BO M, 기구 3D/2D, AFE 캘리브레이션 절차·치구를 전량 제공하는가? CAD 틀·버전은? 재생산·개량의 전제. Gerber만 받으면 설계 변경 불가 [영향 2.6 · 회피 76% · 검증: 문서 · 킥오프]	"회로도·Gerber 제공, CAD 원본은 협의"	CAD 원본(Altium/OrCAD 등) + 캘리브레이션 절차·치구 도면 전량	Gerber만 제공, 캘리브레이션 절차 구두 전수
H14. 보유 형식시험 성적서(EMC·안전·환경·기계)의 발행기관·규격판·시험조건 목록은? KERI/KTL 성적서의 ILAC 상호인정 마크 유무는? 사우디 SEC/NG-SA 제품 승인은 국제 공인 시험소 성적서 요구. 미인정 시 KEMA/CESI 재시험(6~12개월) [영향 2.3 · 회피 50% · 검증: 문서 · 킥오프]	"2017~18년 KERI/KTL 성적서(한전 규격)"	성적서 원본·항목표·ILAC 마크, 국제 규격 대응표 작성 가능 여부	대응표 작성 불가한 한전 전용 시험
H06. 동작 온도 -25~+55°C의 근거(부품 온도등급, 방열 설계)와 55°C 연속 동작 시험 데이터는? LCD·SSD·전해캐패시터 등 고온 취약 부품의 사양과 디레이팅은? 사우디 요구는 통상 55°C 이상(야외 설비는 그 이상). 55°C는 경계선. 10.4인치 LCD·SSD가 병목 가능 [영향 2.4 · 회피 51% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"55°C 보증, 시험은 국내 규격 기준. LCD 는 산업용"	IEC 60068-2-2 건열 시험 결과, 부품 온도등급표, 70°C 옵션(LCD 제거형) 가능성	고온 시험 데이터 없음, LCD 0~50°C 등급
H09. 장치 기구(490×307×289mm 독립형)의 19인치 랙 장착 옵션, 패널(고장기록장치반) 도면, 단자대·배선 규격, 사우디 패널 요구(IP 등급, 케이블 인입)에 맞출 수 있는가? 사우디 EPC는 패널 단위로 규격을 봄. 기구 변경은 기계·환경 재시험 유발 [영향 1.9 · 회피 44% · 검증: 문서 · 킥오프]	"독립형·패널형 모두 납품 경험, 도면 제공 가능"	패널 도면·단자대 규격·IP 등급, 랙 장착 옵션	패널 도면이 한전 규격 전용, IP 등급 미기재

HW 관점 질문 14개 — 우선순위 순 (3/3)

AFE·ADC, 시각동기, 전원·EMC, 환경, EOL, 기구, 제조. 태그: [영향도 · 회피 가능성 · 검증 방법 · 시점]

질문 (왜 중요한가)	예상 답변 (세니온)	우리가 원하는 답	레드플래그
H08. 50/60Hz 설정, CT 1A/5A, PT 110/115/120V, DI 24/48/125V 등 정격 옵션이 HW로 어떻게 구현되는가(보드 교체/점퍼/설정)? 사우디 60Hz는 적합하나 GCC 인접국 50Hz·다양한 정격 요구. HW 변경이 필요하면 재인증 범위가 커짐 [영향 1.8 · 회피 34% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"60Hz 기본, 50Hz는 펌웨어 설정. CT 1A는 보드 옵션"	정격 옵션표(HW/FW 구분), 옵션별 시험 이력	60Hz 고정, CT 1A 미지원
H10. 자기진단 범위(전원·ADC·시계·저장·통신), 위치독, MTBF 산출 근거, 현장 고장 통계(FIT)는? 운영 신뢰도와 유지보수 설계. 사우디 규격은 MTBF·자기진단 알람을 요구하기도 함 [영향 2.1 · 회피 60% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"자동 상시 자기진단(카탈로그), MTBF 계산서는 확인 필요"	자기진단 항목표, MTBF 계산서(MIL-HDBK-217/Telcordia), 현장 고장 이력	MTBF 계산서 없음, 고장 이력 미관리
H13. 저장 매체(SSD/eMMC) 용량·수명(TBW)·정전 시 보존 방식, 통신 포트(Ethernet 2, 광, RS-232) HW 이중화 구성은? 연속기록·장기 운영 시 저장 수명이 고장 원인. HSR/PRP 이중화는 사우디 신규 변전소에서 요구 증가 [영향 1.9 · 회피 48% · 검증: 문서 · 킥오프]	"SSD 내장, 용량 미공개. Ethernet 2포트 (용도 분리)"	저장 용량·TBW·정전 보존 시험, 이중화(HSR/PRP) 지원 여부	저장 수명 관리 없음, 이중화 불가
H12. 생산 시험(캘리브레이션, 절연·내전압, 기능 시험)에 쓰는 장비·지그·절차서는? 출하 검사 기준과 FAT 절차서(영문)는? 재생산 시 동일 품질 재현의 핵심. 사우디 FAT은 영문 절차서로 진행 [영향 2.0 · 회피 58% · 검증: 문서 · 실사]	"OMICRON 등 계전기 시험기 + 자체 지그. 절차서는 국문"	설비 목록(모델·일련번호), 지그 도면, 영문 FAT 절차서	지그가 특정 담당자 제작·도면 없음

SW 관점 질문 16개 — 우선순위 순 (1/4)

펌웨어·트리거·COMTRADE·61850·보안·분석SW·빌드·라이선스·APM 통합. 태그: [영향도 · 회피 가능성 · 검증 방법 · 시점]

질문 (왜 중요한가)	예상 답변 (세니온)	우리가 원하는 답	레드플래그
S04. IEC 61850 스택은 자체/상용(SISCO·TMW)/오픈소스(libie c61850)? Edition 1/2 지원, 논리노드(RDRE/RADR/RBDR) 모델, ICD/CID, UCA 공인 적합성 인증서(DFR 모델 정의) 유무는? 사우디 승인은 UCA 공인 인증서 요구가 일반적. 상용 스택은 라이선스 이전 제약 [영향 2.5 · 회피 57% · 검증: 인증 · 킥오프]	"자체 개발 + 일부 오픈소스, 인증은 IED 기준"	DFR 명의 Ed.2 인증서, 스택 출처·라이선스, ICD /CID 샘플, PIXIT/MICS	'인증은 IED 것으로 대체', GPL 정적 링크
S10. 계정·역할 관리, 감사 로그, 펌웨어 서명·보안 부트, 개방 포트·서비스 목록, 취약점 관리, IEC 62351/62443 대응 수준은? 사우디 NCA OTCC-1:2022 통제에 매핑할 수 있는가? NCA OTCC는 중요 인프라 OT 장치에 의무. 보안 미비는 기술 평가 탈락 사유 [영향 2.6 · 회피 72% · 검증: 코드 · 킥오프]	"기본 패스워드, 별도 보안 기능 없음"	보안 기능 목록, 포트 스캔 결과, 하드닝 가이드, 로드맵	기본 패스워드·텔넷 개방, 계획 없음
S11. 펌웨어·분석SW·설정용 소스 전량, 빌드 환경(툴체인·컴파일러 버전·라이선스), Git 히스토리, CI 여부, 우리 환경에서 빌드 재현 시연이 가능한가? 소스만 받고 빌드가 안 되면 무용지물. 특정 개발자 PC 의존이 흔한 함정 [영향 2.7 · 회피 78% · 검증: 코드 · 킥오프]	"소스 제공, 빌드는 특정 개발자 PC. CI 없음"	레포 전량 + 빌드 재현 시연을 검수 조건으로, 툴체인 라이선스 이전	바이너리 위주, 툴체인 라이선스 non-transferable
S01. 펌웨어 아키텍처는? OS(RTOS/Linux/bare-metal), 언어, 모듈 구조(취득·트리거·기록·통신·HMI), 보호 IED와 공유하는 공통 코드(COMTRADE·61850·이벤트) 경계는? 공통 플랫폼 코드가 섞여 있으면 이전 범위·라이선스 경계·빌드 재현이 복잡해짐 [영향 2.3 · 회피 68% · 검증: 코드 · 킥오프]	"IED 공통 플랫폼 위에 DFR 모듈. 61850·COMTRADE 라이브러리 공용"	모듈 의존성 다이어그램, 공용/전용 소스 트리 구분 목록	경계를 설명 못함, 단일 레포에 IED 전체 혼재

SW 관점 질문 16개 — 우선순위 순 (2/4)

펌웨어·트리거·COMTRADE·61850·보안·분석SW·빌드·라이선스·APM 통합. 태그: [영향도 · 회피 가능성 · 검증 방법 · 시점]

질문 (왜 중요한가)	예상 답변 (세니온)	우리가 원하는 답	레드플래그
S16. APMTech APM(부분방전·자산진단)과의 통합을 위해 DFR 이벤트/파일 API, 공통 시각 기준, SCD 통합(하나의 61850 데이터 모델)이 아키텍처상 가능한가? 고장파형 + PD 이벤트 상관분석이 우리의 기술 차별화 축. 인터페이스가 닫혀 있으면 통합 불가 [영향 2.0 · 회피 57% · 검증: 코드 · 킥오프]	"61850 MMS로 파일 접근 가능, 별도 API 없음"	이벤트 알림(GOOSE/MMS 리포트) + 파일 접근 API 문서, 공통 PTP 시각	독점 프로토콜만, 문서 없음
S12. 3rd-party 라이브러리(61850 스택, RTOS, TCP/IP, 압축, GUI 프레임워크)의 목록과 라이선스(GPL/LGPL/상용)는? SBOM을 제공하는가? GPL 정적 링크·상용 스택 non-transferable은 재배포·이전 모두를 막음 [영향 2.5 · 회피 67% · 검증: 코드 · 킥오프]	"자체 + 일부 오픈소스, 목록은 정리 필요"	SBOM(SPDY/CycloneDX), 상용 라이선스 계약서 사본	SBOM 없음, GPL 코드 정적 링크
S08. PC 분석 SW·설정들의 언어/프레임워크, 기능(오버레이·페이지·고조파·임피던스 궤적·리포트), 소스 제공·리브랜딩 가능 여부, 영문화 상태는? APMTech C#/WPF로 재구현·APM 통합 판단. 사우디 고객은 영문 SW 필수 [영향 1.9 · 회피 71% · 검증: 코드 · 킥오프]	"자체 뷰어(C++/Delphi 등), 국문 위주, 소스는 협의"	소스 + 기능 목록 + 영문 리소스, 또는 우리 뷰어로 대체 가능한 파일 포맷 문서	3rd-party 뷰어 의존, 영문화 계획 없음
S06. PTP 스택(C37.238/61850-9-3 프로파일), 시각 품질 플래그(locked/holdover/free-run) 처리, 샘플 클록 PPS 위상고정 구현, 윤초 처리, COMTRADE time_code 기록은? 양단 표정·SOE 신뢰성. 시각 품질을 기록에 남기지 않으면 분석 시 오류를 구분 못함 [영향 2.4 · 회피 50% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"IRIG-B 동기, PTP 추가 구현. 품질 플래그는 내부 로그"	PTP 프로파일 준수 시험, 품질 플래그를 기록 메타데이터에 포함	NTP 수준, 품질 플래그 없음

SW 관점 질문 16개 — 우선순위 순 (3/4)

펌웨어·트리거·COMTRADE·61850·보안·분석SW·빌드·라이선스·APM 통합. 태그: [영향도 · 회피 가능성 · 검증 방법 · 시점]

질문 (왜 중요한가)	예상 답변 (세니온)	우리가 원하는 답	레드플래그
S15. 펌웨어 원격 업데이트(서명 검증·롤백), 설정 파일 백업/복원·버전 관리, 다수 장치 일괄 설정 도구가 있는가? 사우디 다수 변전소 운영 시 원격 유지보수 필수. 롤백 없는 업데이트는 현장 사고 위험 [영향 2.0 · 회피 53% · 검증: 코드 · 킥오프]	"USB/Ethernet 업데이트, 롤백은 수동"	서명 검증·듀얼 बैं크 롤백, 설정 내보내기 포맷 문서	현장 방문 업데이트만
S05. GOOSE 구독(트리거)·발행 구현 여부와 성능은? Sampled Values(9-2LE/61869-9) 수신 기록 로드맵과 SIM73 Smart IED의 SV 스택 재사용 가능성은? 프로세스버스 변전소에서 SV 수신형 DFR이 필수가 됨. SIM73에 기술은 있음 [영향 2.2 · 회피 63% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"GOOSE는 지원, SV 수신은 DFR 미구현. SIM73 스택은 별도"	GOOSE 성능(수신 지연), SV 수신 프로토타입 계획, SIM73 스택 재사용 조건	프로세스버스 무관심
S14. 장치 HMI(10.4인치 LCD)·설정툴·매뉴얼의 영문화 수준은? 다국어 리소스 구조(문자열 테이블/폰트)가 있어 아랍어 추가가 가능한가? 사우디 고객·EPC는 영문 필수. HMI 문자열이 코드에 하드코딩되면 영문화가 대규모 작업 [영향 1.6 · 회피 51% · 검증: 코드 · 킥오프]	"HMI 영문 전환 가능, 매뉴얼은 국문 위주"	리소스 파일 구조 확인, 영문 매뉴얼·시험 절차서	문자열 하드코딩, 영문 매뉴얼 없음
S02. 트리거 알고리즘(레벨/변화율/대칭분/고조파/접점/GOOSE/전력동요)의 판정 주기, 히스테리시스·데드밴드, pre/post fault 설정 범위, 재트리거 연장, 다중 속도·연속기록 지원은? 오토리거·저장 고갈·pre-fault 손실이 현장 클레임의 주원인. 다중속도·연속기록은 글로벌 기본 [영향 2.1 · 회피 50% · 검증: 벤치 · 킥오프]	"레벨·변화율·접점·전력동요, 단일 속도 7,680Hz, 연속기록 없음"	트리거 사양서, 판정 지연 실측, 연속기록·다중속도 로드맵	레벨 트리거만, 히스테리시스 없음

SW 관점 질문 16개 — 우선순위 순 (4/4)

펌웨어·트리거·COMTRADE·61850·보안·분석SW·빌드·라이선스·APM 통합. 태그: [영향도 · 회피 가능성 · 검증 방법 · 시점]

질문 (왜 중요한가)	예상 답변 (세니온)	우리가 원하는 답	레드플래그
S03. COMTRADE 어느 판(1999/2013)을 구현했나? CFF·BINARY32/FLOAT32·time_code·leapsec 지원, 다중 샘플링률 구간, IEEE C37.232 파일명 적용, 검증 툴 결과는? 사우디 운영자 분석툴(SIGRA, Synchrowave, TOP)과 호환. 규격서에 2013판 요구 가능 [영향 1.8 · 회피 43% · 검증: 코드 · 킥오프]	"1999판 BINARY, 파일명 자체 규칙"	2013판 + 1999 하위호환, COMNAME, 파서 검증 결과	1999 ASCII만, 자체 파일명
S09. DNP3/IEC 60870-5-104 지원 범위(포인트 맵), MMS 파일 전송·FTP/SFTP, 자동 전송(이벤트 푸시) 구현, SCADA 연계 문서 (영문)는? 사우디 급전소(PCC) 연계는 IEC 104/DNP3가 일반적. 파일 수집 자동화가 운영 요건 [영향 1.7 · 회피 54% · 검증: 문서 · 킥오프]	"DNP3 TCP 가능(IED 공통), 파일은 FTP·MMS"	프로토콜 적합성 시험 결과, 포인트 맵 문서, SFTP 지원	FTP 평문만, 포인트 맵 없음
S07. 고장점 표정 알고리즘(단단/양단, 고장 루프 선택, 병행 2 회선 보정)과 검증 데이터는? C37.118 PMU(120fps)의 필터·성능(P/M class) 시험 결과는? 사우디 장거리 380kV 선로에서 표정 정확도가 핵심 기능. PMU는 WAMS 연계 요건 [영향 2.2 · 회피 65% · 검증: 벤치 · 실사]	"단단 임피던스법(특허 KR100920946B1), PMU는 C37.118 전송" — 검증 데이터 미공개	알고리즘 문서, RTDS/실계통 오차 통계, PMU 성능 시험(IEC/IEEE 60255-118-1)	'계산식만 있다', PMU 성능 시험 없음
S13. 버그 트래커·릴리스 노트·알려진 결함과 워크어라운드, 회귀 테스트(자동화) 범위, 현장 오프리거·통신 장애 이력은? 품질 수준과 유지보수 부담을 가늠. 테스트 자산이 없으면 개량 시 회귀 위험 [영향 1.9 · 회피 66% · 검증: 문서 · 실사]	"릴리스 노트 있음, 자동화 테스트는 없음"	버그 트래커 내보내기, 테스트 케이스·시험 자동화 스크립트	이력 미관리

기술 레드플래그: 이 답이 나오면 평가를 멈추고 재검토한다



[HW] "ADC는 16-bit 순차(MUX) 샘플링" / 실측 데이터 없음

채널간 위상 오차 → 임피던스·페이저 정확도 저하. 사우디 입찰 비교표에서 탈락 수준



[HW] "PTP는 SW 타임스탬핑" / 홀드오버 스펙 없음

$\pm 1\mu s$ 불가. 양단 표정·PMU·크로스 트리거 신뢰 불가 → AFE·CPU 보드 재설계 범위



[HW] "55°C 시험 데이터 없음" / LCD·SSD 온도등급 모름

사우디 환경 규격 탈락 위험. 고온 시험 후 부품 교체·기구 변경 가능성



[HW] 핵심 FPGA/ADC 단종 + 대체 설계 미착수 / Gerber만 제공

재생산 불가·재인증 동반. CAD 원본 없이는 개량도 불가



[SW] "61850 인증은 IED 것으로 대체" / GPL 정적 링크 / 상용 스택 non-transferable

DFR 명의 UCA 인증 재취득(6~12개월) + 스택 교체(libiec61850 등) 개발



[SW] "빌드는 특정 개발자 PC에서만" / 소스 일부 비공개

재현 불가 = 이전 실패. 검수 조건에 빌드 재현 시연을 넣어야 함



[SW] 기본 패스워드·텔넷 개방, 보안 로드맵 없음

NCA OTCC 대응을 우리가 처음부터 개발. 계정·로그·서명·보안 부트 전체



[SW] HMI 문자열 하드코딩 / 분석 SW가 3rd-party 뷰어 의존

영문화가 대규모 작업. 분석 SW는 우리 C#/WPF로 대체 설계가 현실적

기술 리스크 Top 5와 완화책 (HW / SW)

#	리스크	왜 발생하나	완화책 (기술 실행)
1	[HW] 국제 형식시험·환경 시험 재수행	한전 규격 전용 성적서, 55°C 데이터 부재, DC 220V 옵션 없음	키크오프 직후 성적서 항목표 ↔ IEC 60255-26/-27-60068 대응표 작성. 샘플로 환경 챔버·EMC 예비 시험 → 재시험 범위 확정 후 KEMA/CESI 견적
2	[HW] 2015 설계의 부품 EOL·재현 실패	핵심 ADC/FPGA/SSD 단종, CAD 원본·캘리브레이션 치구 부재	EOL BOM 즉시 확보, 대체 부품 설계 착수, CAD 원본·치구 도면을 검수 조건화. 장기적으로 24-bit AFE 보드 재설계 로드맵
3	[SW] 61850 스택·3rd-party 라이선스 제약	상용 스택 non-transferable, GPL 정적 링크, DFR 명의 인증서 없음	SBOM 선행 검토. 필요 시 libiec61850(LGPL) 또는 직접 라이선스로 교체, DFR 명의 UCA Ed.2 인증 계획 수립
4	[SW] 보안·영문화·프로세스버스 등 대규모 개발 부담	NCA OTCC 대응, HMI 문자열 하드코딩, SV 수신 미구현	우리가 주도할 모듈(보안·영문 HMI·분석 SW·SV 수신)과 세니온 유지 모듈을 분리. 분석 SW는 C#/WPF 자체화, SV는 SIM73 스택 재사용 검토
5	[공통] 암묵지·빌드 미이전과 검증 데이터 부재	핵심 개발자 부재, 빌드 특정 PC 의존, ENOB·시각동기·표정 오차 실측 없음	빌드 재현 시연 + 벤치 시험(신호 주입·PTP·환경) 통과를 인수시험으로 정의. 기술지도 12개월, 공동 시험 1회 이상

kick-off 기술 세션 아젠다 (2~3시간) · 사전 요청 자료 · 배석

#	항목	세션에서 확정	실사·벤치로
1	제품·플랫폼 정의: 보드 목록(공용/전용), 소스 트리 경계, HW 세대·FW 버전	정의 확정	—
2	HW 세션 ①: AFE·ADC·시각동기 — 아키텍처 설명, 실측 데이터 유무	갭 목록 초안	ENOB·skew·PTP 벤치 시험
3	HW 세션 ②: 전원·EMC·환경·EOL·기구 — 성적서 목록, BOM EOL, 55°C	성적서 대응표 작성 착수	환경 챔버·EMC 예비 시험, 재시험 범위
4	SW 세션 ①: 펌웨어 아키텍처·빌드·라이선스 — OS, 모듈, 툴체인, S BOM	코드 접근 범위·빌드 재현 시연 일정	코드 리뷰
5	SW 세션 ②: 61850·COMTRADE·시각 SW·보안 — 인증서, 판, PTP 프로파일, 보안 기능	인증서·문서 제출 목록	61850 클라이언트·포트 스캔 벤치
6	SW 세션 ③: 분석 SW·HMI·운영·APM 통합 — 언어, 영문 리소스, 업데이트, API	통합 인터페이스 방향	API 문서 검토
7	샘플·자료: 평가용 샘플 2세트, 체크리스트 A~F 인벤토리 제출 기한	기한·담당	—
8	검증 계획: 문서/벤치/코드/인증별 담당자·일정, 다음 회의	담당 지정	—

세션에서 피할 것

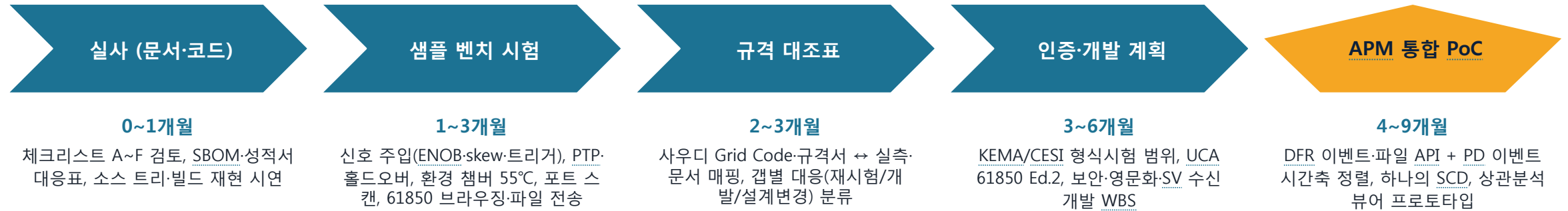
- 사업·계약 조건 논의(별도 트랙)
- '카탈로그에 있다'로 확인 종료 — 실측·문서로 재확인
- 우리 설계 의도(APM 통합·재설계 계획) 과다 노출(NDA 전)
- 구두 설명만 듣고 갭 목록을 닫는 것

우리 측 준비·배석

- 1주 전 사전 자료요청(체크리스트 A~C 우선) 발송
- 배석: 아날로그 HW, 임베디드 FW, 통신·61850, 보안, 분석 SW(C#/WPF)
- 사우디 기술 요건 요약표 + 벤치 시험 계획 초안
- 질문지 인쇄본(HW 14 / SW 16), 노트북에 61850 클라이언트·COMTRADE 파서

기술 평가 로드맵: 실사 → 벤치 시험 → 인증 → 통합 PoC

사업 일정과 무관하게 기술팀이 통제할 수 있는 검증 순서. 각 단계의 산출물이 다음 단계의 입력



벤치 시험 항목 (샘플 2세트 기준)

- AFE·ADC: OMICRON 3상 주입 → COMTRADE 비교, THD·ENOB·채널간 skew, 20×In 클리핑
- 트리거: 레벨/변화율/접점 시나리오, 히스테리시스, pre-fault 손실, 오프리거 부하 시험
- 시각동기: PTP 그랜드마스터 대비 1PPS 오차, IRIG-B 전환, 위성 차단 후 홀드오버 드리프트
- 환경: 챔버 55°C 24h 연속 기록·LCD·SSD 동작, 저온 -25°C
- 통신·보안: 61850 클라이언트 브라우징·MMS 파일 전송·GOOSE 지연, 포트·취약점 스캔
- 파일: 생성된 COMTRADE를 Python 파서·SIGRA로 검증, 파일명 규칙

우리가 주도할 개발 후보 (갯 확정 후)

- [SW] 보안 모듈: 계정·역할, 감사 로그, 펌웨어 서명·보안 부트 — NCA OTCC 매핑
- [SW] 영문 HMI 리소스화, 분석 SW C#/WPF 자체화(오버레이·페이지·표정·리포트)
- [SW] COMTRADE 2013(.cff/float32/time_code) + COMNAME, SFTP 자동 전송
- [SW] SV 수신 기록(9-2LE/61869-9) — SIM73 스택 재사용 검토
- [HW] 24-bit ΣΔ AFE 보드 재설계, PTP HW 타임스탬핑 PHY, 고온 대응(LCD 제거형 옵션)
- [통합] DFR 이벤트·파일 API + APM 공통 시각·SCD 통합

부록 A. 기술 관점 전문가 에이전트 협의 요약

같은 질문을 서로 다른 기술 관점에 던져 교차 검증. 사업·계약 관점 의견은 이 판에서 제외



보호·변전자동화 엔지니어 (HW·시스템)

- SPR-K010은 60Hz·48ch·PMU로 기본기 있음. 사우디 비교표 갭은 채널 확장·연속기록·PTP 실측·고온
- 글로벌 기준은 24-bit $\Sigma\Delta$ 동시샘플링, 채널간 skew <1 μ s, PTP HW 타임스탬핑 $\pm$ 1 μ s, 다중속도 + 연속기록
- SV 수신형 DFR(SIM73 기술)이 프로세스버스 시대의 핵심. 세니온 $\Sigma\Delta$ ADC PPS 동기 특허는 재사용 가치
- APMTech DSP 경험(TMS320F28388D)은 24-bit AFE 재설계에 직접 활용 가능



제품·코드 실사 관점 (SW)

- 모든 보호 IED가 COMTRADE·이벤트 기록을 기본 탑재 → 코드베이스 공유 가능성 높음. 소스 트리 경계 확정이 1순위
- 세니온 명의 DFR 전용 특허 없음 → 가치는 소스·설계·시험데이터에 있음. 빌드 재현이 검수 핵심
- 3rd-party 61850 스택·RTOS 라이선스와 SBOM 이 이전·재배포의 숨은 장벽
- 분석 SW는 우리 C#/WPF로 대체하는 편이 영문화·APM 통합에 유리



사우디 기술 요건 관점

- 60Hz·110~380kV·고장제거 80ms 등 Grid Code 요건은 SPR-K010 사양으로 충족 가능
- 관문은 국제 공인 형식시험(IEC 60255-26 /-27·60068)·UCA 61850 Ed.2 인증·55°C 데이터·NCA OTCC 보안
- 영문 HMI·매뉴얼·FAT 절차서, SCADA IEC 104 연계, 원격 업데이트·롤백이 운영 기본 요건
- GE RPV311·Siemens 7KE85와 같은 표에서 비교되므로 실측 데이터(ENOB·동기·표정 오차)를 우리가 확보해야 함

참고 자료 · 출처

- 세니온 회사개요·연혁·인증현황: sanion.com/default/company/sub2.php, [sub3.php](http://sanion.com/default/company/sub3.php), [sub8.php](http://sanion.com/default/company/sub8.php) · [SPR-K010: /default/product1/sub2_51.php](http://sanion.com/default/product1/sub2_51.php) · 2026 종합카탈로그(자료실)
- 세니온 재무·인원: 잡코리아, 사람인, 캐치, NICE기업정보 · 코머신 · 동아경제 2026.06.01 · 머니투데이 2026.07.16
- 세니온 특허: KR102117292B1, KR100920946B1, KR102327251B1, KR20240175587A(효성 공동) · 프로컴시스템 KR102418288B1·KR101722156B1 (patents.google.com)
- Saudi Arabian Grid Code, Updated May 2024 ([SERA](http://sera.gov.sa)): 2.4.2 주파수, 2.5.2.6 고장제거시간, 4.6.5.4 Disturbance Recorder — sera.gov.sa
- trade.gov 'Saudi Arabia – Power' 가이드(계통 규모), [SEC](http://se.com.sa) 승인 제조사 목록(se.com.sa Our-Partners) — 기술 요건 맥락만 사용
- [NCA OTCC-1:2022: nca.gov.sa/otcc_en.pdf](http://nca.gov.sa/otcc_en.pdf) · [KTL IEC 61850 시험 안내\(customer.ktl.re.kr\)](http://customer.ktl.re.kr) · [KS C IEC 60255-26](http://ks.c)
- 한국전력신문(보호계전기 국산화, 디지털변전소), 전기저널(상호운용성 검증) — 세니온 개발 이력 맥락
- [IEEE C37.111-2013 \(COMTRADE\)](http://IEEE.org), [PSRC 보고서\(2013판 변경점\)](http://PSRC.org), [IEEE C37.232-2011 \(COMNAME\)](http://IEEE.org), [IEEE C37.114-2014 \(고장점 표정\)](http://IEEE.org), [IEEE C37.238 / IEC 61850-9-3 \(PTP\)](http://IEEE.org)
- [IEC 61850-9-2LE vs IEC 61869-9 \(nettedautomation, OPAL-RT\)](http://nettedautomation.com), [NERC PRC-002/PRC-028-1](http://NERC.gov), [ERCOT NOGRR255](http://ERCOT.org)
- SEL Advanced [DFR / Axion-RTAC](http://SEL.com); Siemens SIPROTEC 7KE85; GE Vernova Reason RPV311; Qualitrol BEN 6000; Elspec G5
- Saudi Aramco SAES-P-114 (Power System and Equipment Protection) — 보호·기록 요건 참고
- Python 'comtrade' 패키지, [libiec61850\(LGPL\)](http://libiec61850.org), [OMICRON SVScout](http://OMICRON.com), Wireshark 61850 디섹터 — 벤치 시험 도구
- 질문 우선순위 산출 기준·원자료: docs/kickoff_research/questions_ranked.json
- 기술 조사 보고서: docs/kickoff_research/01_DFR_기술_브리핑.md, 03_세니온_회사조사.md — 출처 URL 목록 포함
- 주의: [SEC/NG-SA DFR](http://SEC/NG-SA) 규격서(TES) 원문은 공개 웹에서 확인 불가 → 입찰서류·EPC 통해 확보 필요. Grid Code 원문은 DR·주파수·고장제거시간 조항만 발췌 확인

부록 B. DFR 온보딩 학습 — 사내 초보 개발자용

DFR을 처음 만지는 개발자가 '무엇을 왜 기록하는지'와 '코드가 다뤄야 할 데이터가 어떻게 생겼는지'를 1시간 안에 잡도록 구성

1 전력계통의 고장

정상 파형과 고장 파형이 어떻게 다른지, 보호계전과 DFR의 역할 차이

2 신호 체인

CT/PT → ADC → DSP → 저장까지 숫자(5A, 115V, 7,680Hz, 24bit)의 의미

3 샘플링·트리거·버퍼

s/c(samples per cycle), 나이퀴스트, 링버퍼, pre/post fault

4 COMTRADE 파일

.cfg/.dat 구조를 읽고 파서를 짤 수 있는 수준

5 시각동기·통신

왜 1μs가 중요한지, IRIG-B/PTP, IEC 61850-DNP3에서 DFR의 위치

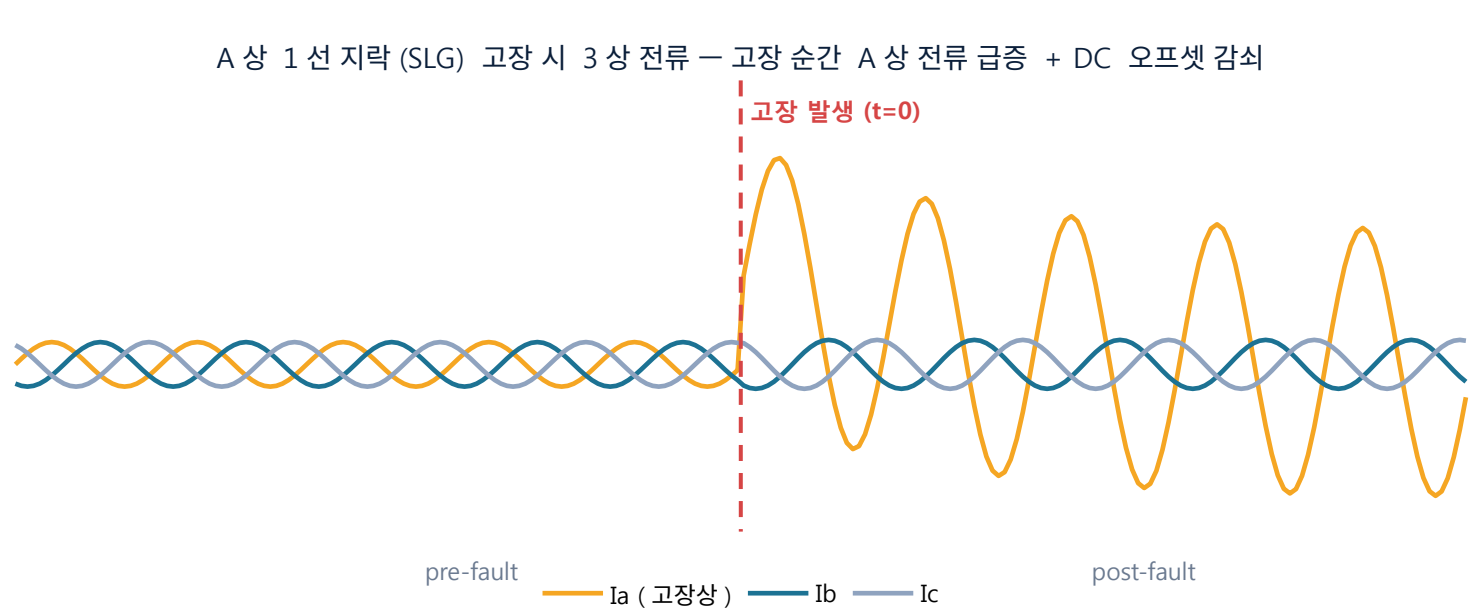
6 고장점 표정

임피던스법 공식을 손으로 계산해 보기

권장 학습 순서: 이 섹션(1시간) → 실제 COMTRADE 파일 열어보기(Python comtrade 라이브러리, 30분) → 사내 APM 데이터와 시간축 맞춰보기(1시간). 마지막 장에 30/60/90일 로드맵이 있습니다.

고장(Fault)이란: 정상 파형과 고장 파형

DFR 온보딩 학습 2/10 · 보호계전기는 '끊는' 장치, DFR은 '기록하는' 장치. 둘 다 같은 CT/PT 신호를 본다



1선 지락 (SLG) 가장 흔함(~70~80%). 한 상이 대지로. 영상분(3I0) 발생	선간 (LL) 두 상 사이 단락. 영상분 없음, 역상분 큼
2선 지락 (LLG) 두 상 + 대지	3상 (3Ph) 가장 심각, 대칭. 정상분만 존재

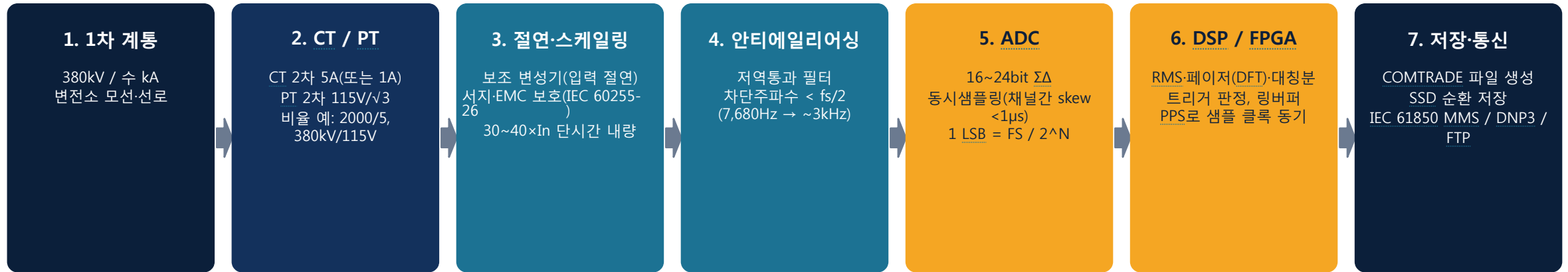
대칭분(정상·역상·영상)은 고장 종류 판별의 핵심. DFR 분석 SW는 이를 페이지로 표시한다.

고장 이후 시간축 (380kV 기준, 사우디 Grid Code 2.5.2.6: 1차 보호 고장제거 ≤ 80ms)



신호 체인: 현장의 kV·kA가 파일의 정수가 되기까지

DFR 온보딩 학습 3/10 · 각 블록의 숫자를 알면 사양서와 코드가 읽힌다



손계산 예제: 코드에서 보는 정수 → 실제 전류

- ADC 16bit, 입력 풀스케일 ±100A(2차 기준) → 1 LSB = $200/65536 \approx 3.05\text{mA}$ (2차)
- 샘플값 raw = 12,000 → 2차 전류 = $12,000 \times 3.05\text{mA} \approx 36.6\text{A}$ (순시값)
- CT비 2000/5 = 400 → 1차 전류 = $36.6 \times 400 \approx 14.6\text{kA}$ (순시값) → 고장!
- COMTRADE .cfg의 a, b 계수가 바로 이 변환식: 값 = $a \times \text{raw} + b$
- RMS는 한 사이클(128샘플) 제공평균의 제공근. 페이저는 같은 창에 DFT

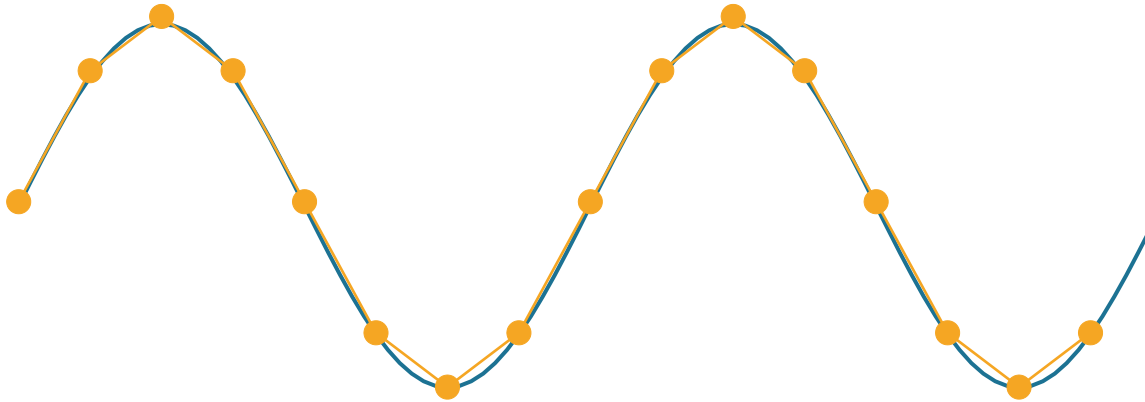
개발자가 자주 헷갈리는 것

- 순시값(sample) vs 실효값(RMS) vs 페이저(크기+각) — DFR 파일은 순시값, 계전기 정정은 RMS/페이저
- 1차/2차 값: 파일에는 보통 2차 값 또는 1차 환산값이 저장되며 .cfg의 'P/S' 필드가 알려준다
- 정격 5A의 20~40배까지 들어온다: 풀스케일을 작게 잡으면 고장 파형이 잘린다 (클리핑)
- 동시샘플링이 아니면(MUX 순차) 채널 간 위상 오차 → 임피던스 계산이 틀어진다
- 60Hz 계통(한국·사우디 모두)에서 $128 \text{ s/c} = 7,680\text{Hz}$. 50Hz 계통이면 같은 s/c라도 6,400Hz

샘플링: s/c, 나이퀴스트, 분해능

DFR 온보딩 학습 4/10 · '7,680Hz 24bit'라는 사양 한 줄을 읽는 법

연속 파형 위에 8 s/c 로 찍은 샘플점 (실제 DFR 은 64~256 s/c)



s/c (samples per cycle)

한 주기(60Hz → 16.67ms)당 샘플 수. $128 \text{ s/c} \times 60\text{Hz} = 7,680\text{Hz}$. 표준·규격은 보통 s/c로 요구(NERC PRC-028 64 s/c, ERCOT 128 s/c)

나이퀴스트

$f_s/2$ 이상의 성분은 가짜 저주파로 접힌다 (에일리어싱). 그래서 ADC 앞에 저역통과 필터가 필수. 7,680Hz면 ~3kHz(50차 고조파)까지 안전

분해능·ENOB

24bit라도 잡음 때문에 유효비트(ENOB)는 18~20bit. 고장 시 $20 \times I_n$ 과 정상 부하 $0.1 \times I_n$ 을 한 스케일로 다루려면 높은 분해능이 필요

진행파(TW) DFR

고장점 표정을 수십 m 정확도로 하려면 MHz급 (예: 5MHz) 샘플링 별도 채널이 필요 — 일반 DFR과 다른 하드웨어

코드에서: 한 사이클 RMS와 기본파 페이저(DFT) 계산

```
N = 128 // samples per cycle
rms = sqrt( sum(x[k]^2 for k in 0..N-1) / N )
re = (2/N) * sum( x[k] * cos(2*pi*k/N) )
im = -(2/N) * sum( x[k] * sin(2*pi*k/N) )
mag = sqrt(re^2 + im^2) / sqrt(2) // RMS 크기
ang = atan2(im, re) // 위상 (기준 채널과의 차이가 의미 있음)
// 대칭분: I1 = (Ia + a·Ib + a^2·Ic)/3, I2 = (Ia + a^2·Ib + a·Ic)/3, I0 = (Ia + Ib + Ic)/3, a = 1∠120°
```

트리거와 링버퍼: '고장 전'을 어떻게 기록하는가

DFR 온보딩 학습 5/10 · DFR은 항상 녹음 중이다. 트리거는 '지금부터 저장'이 아니라 '방금 지나간 것을 버리지 말라'는 신호



개발 시 함정: ① 오프트리거(전압 순시 강하마다 기록)로 저장 고갈 → 데드밴드·최소 재트리거 간격 필요 ② 트리거 판정 지연이 길면 pre-fault가 잘림 → 판정은 샘플 단위(μs급)로 ③ 정전 시 RAM 버퍼 소실 → 비휘발성 저장으로 즉시 플러시 ④ 여러 DFR이 같은 고장을 기록하려면 시각동기 + 크로스 트리거

COMTRADE 파일 해부: .cfg + .dat (+ .hdr, .inf / 2013판 .cff)

DFR 온보딩 학습 6/10 · IEEE C37.111 / IEC 60255-24. 파서를 짜려면 이 두 파일만 이해하면 된다

예시 .cfg (1999판, 일부)

```
RIYADH_380_SS12,SPR-K010,1999      ← 변전소, 장치 ID, 판 연도
5,4A,1D                             ← 총 채널 5 = 아날로그 4 + 디지털 1
1,IA,A,,A,0.003052,0,0,-32768,32767,2000,5,P ← ch번호,이름,상,회로,단위, a, b, skew,
min, max, CT1차, CT2차, P/S
2,IB,B,,A,0.003052,0,0,-32768,32767,2000,5,P
3,IC,C,,A,0.003052,0,0,-32768,32767,2000,5,P
4,VA,A,,V,0.005000,0,0,-32768,32767,380000,115,P
1,CB_TRIP,,,0                      ← 디지털 ch: 번호,이름,상,회로,정상상태
60                                  ← 계통 주파수
1                                  ← 샘플링률 구간 수
7680,7680                          ← 샘플링률, 그 율의 마지막 샘플 번호
15/03/2026,14:22:31.123456         ← 첫 샘플 시각
15/03/2026,14:22:31.323456         ← 트리거 시각
BINARY                             ← .dat 형식 (ASCII / BINARY / BINARY32 /
FLOAT32)
1.0                                ← 시간 배율
```

.dat 바이너리 레코드 구조 (샘플 1개 = 1 레코드)

샘플 번호	타임스탬프	IA	IB	IC	VA	디지털 16비트 묶음
uint32	uint32 (μs × 배율)	int16	int16	int16	int16	uint16

실제값 = $a \times \text{raw} + b$ (a, b는 .cfg 채널 행에서). raw = -32768~32767 (16bit). 0x8000은 '결측' 표시.
레코드 크기 = $4 + 4 + 2 \times (\text{아날로그 수}) + 2 \times \text{ceil}(\text{디지털 수}/16)$ 바이트 → 위 예: $4+4+8+2 = 18 \text{ B}$
 $7,680\text{Hz} \times 5\text{초} \times 18\text{B} \approx 690\text{KB}$. 48ch 장치라면 샘플당 $4+4+96+12 = 116\text{B}$ → 5초에 4.4MB

1991

ASCII 중심, 단일 샘플링률

1999

BINARY int16, 다중 샘플링률, 시간 배율. 국내 장비 대부분

2013

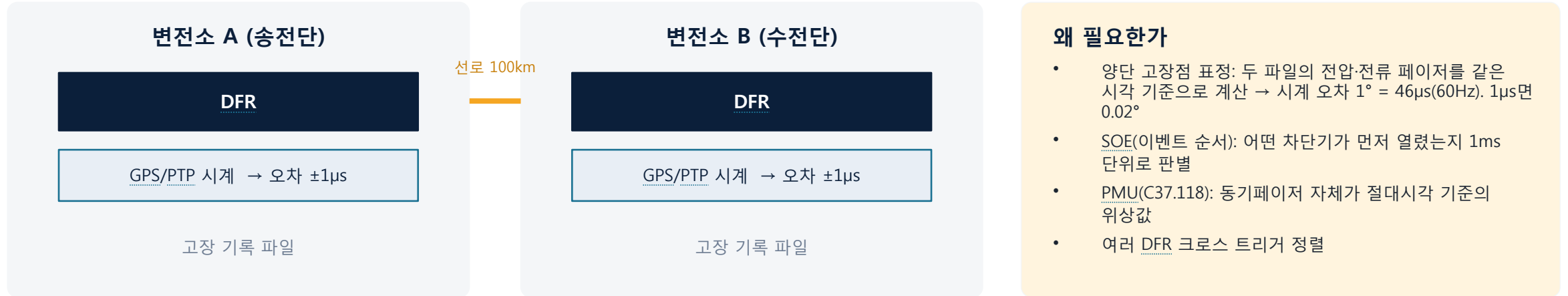
단일 파일 .cff, BINARY32/FLOAT32, UTF-8, time_code-leapsec 필드(ns). = IEC 60255-24 Ed.2

파서 작성 체크리스트 (C# / Python)

- ① .cfg는 줄 단위 CSV — 채널 행의 필드 수가 판(1991/1999/2013)마다 다르니 판 연도로 분기
- ② 다중 샘플링률 구간(nrates>1)은 endsamp로 구간 경계 계산
- ③ 타임스탬프가 0이면 샘플 번호 × (1/fs)로 시간 복원
- ④ int16 결측(0x8000) 처리
- ⑤ 디지털 채널은 비트 언팩(LSB부터)
- ⑥ 파일명 규칙 IEEE C37.232(COMNAME): 시작일,시각,타임코드,변전소,장치,회사,,사용자.cfg
- ⑦ 검증: Python 'comtrade' 패키지 결과와 대조

시각동기: 왜 1μs가 중요한가

DFR 온보딩 학습 7/10 · 두 변전소가 기록한 같은 고장을 겹쳐 보려면, 두 시계가 같아야 한다



GPS 1PPS

위성 수신기 → 초당 1펄스. 절대시각 기준. 안테나 설치 필요

±100ns

IRIG-B

1초 프레임에 시각 정보를 실은 직렬 코드(B00x DC, B12x AM 변조). 전용 케이블

±1μs

PTP (IEEE 1588)

이더넷으로 시각 배포. Power Profile C37.238 / IEC 61850-9-3. HW 타임스탬핑 필요. 디지털변전소 표준

±1μs

SNTP/NTP

일반 네트워크 시각. 백업용

~1~10ms

개발자 관점: 샘플 클럭을 PPS에 위상고정(PLL)해서 '초 경계에서 샘플 번호 0'이 되게 한다(세니온 특허 KR102117292B1이 이 주제). 시각 품질(locked/holdover/free-run)을 매 기록의 메타데이터로 남기고, COMTRADE 2013의 time_code-tm_q_code 필드에 기록한다. 홀드오버(위성 유실 후 자체 발진기로 버티는 시간)의 드리프트 스펙을 확인할 것.

통신과 상위 시스템: 변전소 안에서 DFR의 자리

DFR 온보딩 학습 8/10 · 개발자 관점의 DFR = 데이터 취득기 + 실시간 트리거 엔진 + 파일 서버



개발 언어·스택 힌트: 펌웨어(C/C++, RTOS 또는 Linux) · 61850 스택(libiec61850 LGPL, 상용 SISCO/TMW) · 분석 SW(C#/WPF, Python) · 시험 도구(OMICRON, SVScout, Wireshark 61850 디렉터)

IEC 61850 (MMS)

DFR은 '서버'. RDRE(기록 기능)·RADR(아날로그 채널)·RBDR(디지털 채널) 논리노드로 기록 목록을 노출하고, 클라이언트가 파일 전송으로 COMTR ADE를 가져간다. ICD/CID 파일이 장치의 데이터 모델 설명서

GOOSE

IED 간 1~4ms 멀티캐스트. DFR은 계전기 트립 GOOSE를 구독해 트리거하거나, 자기 상태를 발행

Sampled Values

미터링유닛이 4,800/15,360 sps로 보내는 디지털 CT/PT. SV 구독형 DFR은 아날로그 입력 없이 기록 — 차기 규격 핵심

DNP3 / IEC 104

SCADA와 이벤트·상태 교환. 파일 전송보다 포인트 기반. 레거시 연계

보안

계정·감사로그·펌웨어 서명, IEC 62351/62443. 사우디는 NCA OTCC -1:2022, 한전은 정보보호 인증 요구 증가

고장점 표정(Fault Location) 기초: 손으로 계산해 보기

DFR 온보딩 학습 9/10 · IEEE C37.114. DFR 기록에서 가장 실용적인 산출물



실무에서 틀리는 이유 (알고리즘보다 데이터가 문제)

- 선로 정수(x_1, x_0 , 상호임피던스)가 DB에 잘못 들어있음 — 병행 2회선은 영상분 상호임피던스 보정 필요
- CT 포화: 큰 고장전류에서 CT 2차가 왜곡 → 페이지 계산 창을 포화 전 구간으로
- 고장 종류 판별 오류(어느 루프 임피던스를 쓸지): SLG면 $V_a/(I_a + k_0 \cdot 3I_0)$, LL이면 $(V_a - V_b)/(I_a - I_b)$
- DC 오프셋과 고조파: 한 사이클 DFT로 기본파만 추출, 필터 응답 시간 고려
- 시각동기 불량(양단법): 시각 품질 플래그를 확인하고 free-run이면 단단법으로 풀백

① 단단 임피던스법 (one-end)

$Z_{app} = V_A / I_A$ (고장 루프 기준)

$d = \text{Im}(Z_{app}) / x_1$

예: $X_{app} = 30 \text{ } \Omega \rightarrow d = 30/0.5 = 60 \text{ km}$

오차: 고장저항·반대편 전원 유입·부하 전류 → 수 % (수 km)

② 양단 동기법 (two-end)

양단 V, I 를 같은 시각 기준으로 → 고장저항 영향 제거

$d = (V_A - V_B + Z_L \cdot I_B) / (Z_L \cdot (I_A + I_B)) \times L$

시각동기 필수($1\mu\text{s}$ 급). 정확도 1% 이내

③ 진행파법 (traveling wave)

고장 시 발생한 서지가 양단에 도달하는 시각차 Δt

$d = (L - v\Delta t)/2$, $v \approx$ 광속의 98%

MHz급 샘플링·서브 μs 동기 필요 → 1~2 경간(수백 m) 정확도

개발자 학습 로드맵 30/60/90일 · 용어집 · 실습 과제

DFR 온보딩 학습 10/10 · 읽기 → 파일 열기 → 만들기 순서. 표준 원문은 요약본으로 시작해도 된다

1 30일: 읽고 열어본다

- 이 섹션 + IEEE C37.111 요약본 + PSRC 'COMTRADE 2013 변경점' 보고서
- Python 'comtrade' 패키지로 공개 샘플 파일 로드, 3상 전류 플롯
- RMS-DFT-대칭분 함수를 직접 구현해 라이브러리 결과와 대조
- [SPR-K010](#) 카탈로그 사양을 이 섹션 용어로 다시 써보기

2 60일: 파서·뷰어를 만든다

- C#/WPF [COMTRADE](#) 파서(1999-2013) + 파형 오버레이 뷰어
- 트리거 시뮬레이터: 레벨/변화율/히스테리시스로 오프트리거 실험
- 단단 임피던스 고장점 표정 구현, 공개 케이스로 오차 측정
- Wireshark로 [IEC 61850 MMS-GOOSE](#) 캡처 읽기

3 90일: 시스템을 이해한다

- [libiec61850](#) 예제로 [RDRE](#) 논리노드 서버·파일 전송 실습
- [PTP/IRIG-B](#) 시각 품질 플래그 처리 설계
- 사우디 Grid Code-[SEC](#) 규격서에서 [DFR](#) 관련 요구 추출표 작성
- [APM\(PD\)](#) 이벤트와 [DFR](#) 기록의 시간축 정렬 프로토타입

[DFR / DR](#)

Digital Fault Recorder / Disturbance Recorder. 사우디 Grid Code는 'Disturbance Recorder'로 부름(4.6.5.4)

[s/c](#)

samples per cycle. 128 [s/c](#) @60Hz = 7,680Hz

[SOE / SER](#)

Sequence of Events (Recorder). 접점 변화의 1ms 타임스탬프 목록

[COMTRADE](#)

IEEE C37.111 / IEC 60255-24 파형 교환 포맷

[COMNAME](#)

IEEE C37.232 파일명 규칙

[IED](#)

Intelligent Electronic Device. 계전기-[DFR-BCU](#) 등 61850 장치

[MMS / GOOSE / SV](#)

61850의 세 통신: 클라이언트-서버 / 고속 이벤트 / 샘플값 스트림

[PMU / PDC](#)

동기폐이저 장치 / 수집기 ([IEEE C37.118](#))

[IRIG-B / PTP](#)

시각동기 코드 / 이더넷 정밀시각 프로토콜

[대칭분 I1/I2/I0](#)

정상/역상/영상분. 고장 종류 판별

[ENOB](#)

유효 비트 수. [ADC](#) 실제 분해능

[pre/post fault](#)

트리거 전/후 기록 길이

부록 C. 약어 · 용어 설명

본문에서 점선 밑줄이 있는 약어를 클릭하면 이 부록의 해당 페이지로 이동합니다 (총 102개, 6페이지, 알파벳·주제 순)

1

신호·취득

ADC, AFE, ENOB, LSB, MUX, $\Sigma\Delta$, s/c, DFT, RMS, THD, DC 오프셋, CT/PT

2

시각동기

GPS, PPS, IRIG-B, PTP, SNTP, TCXO/OCXO, PHY

3

통신·표준

IEC 61850(MMS/GOOSE/SV), ICD/CID/SCD, RDRE/RADR/RBDR, DNP3, IEC 104, HSR/PRP, COMTRADE, COMNAME, C37.118/114/238

4

시험·인증·보안

IEC 60255-26/27/21, IEC 60068, KEMA/CESI, KERI, KTL, UCA, ILAC/KOLAS, NCA OTCC, IEC 62351/62443

5

사우디·기관

SEC, NG-SA/TSP, SERA, PCC, TES, EPC, FAT/SAT

6

제품·조직

SPR-K010, SIM73, SLP/STP/SBP, FRTU, BCU, IED, APM, PD, GIS

약어 · 용어 설명 (1/6)

약어 / 원어 / 설명 · 본문의 약어 클릭 시 이 페이지로 이동

약어	원어	설명
ADC	Analog-to-Digital Converter	아날로그 전압·전류를 디지털 샘플로 바꾸는 소자. 분해능(bit)과 샘플링률이 파형 품질을 결정
AFE	Analog Front End	CT/PT 신호를 ADC에 넣기 전 절연·스케일링·필터링하는 아날로그 회로부
API	Application Programming Interface	프로그램 간 기능·데이터를 주고받는 인터페이스 규약
APM	Asset Performance Monitoring (APMTech 제품군)	APMTech의 부분방전·변압기 자산진단 시스템(APM3000~7000)
BCU / Bay Controller	Bay Control Unit	변전소 베이(차단기·단로기) 제어·감시용 IED
BOM	Bill of Materials	제품 구성 부품 목록. 제조사 품번·수량·대체품·EOL 상태 포함
CAD	Computer-Aided Design	회로도·PCB·기구 설계 도면 데이터(Altium, OrCAD 등)
CKD / SKD	Complete / Semi Knock-Down	부품 단위(CKD) 또는 반조립 모듈 단위(SKD)로 수출해 현지에서 조립하는 방식
COMNAME	IEEE C37.232 Common Naming	기록 파일 이름 규칙 표준: 시작일,시각,타임코드,변전소,장치,회사,,사용자.확장자
COMTRADE	IEEE C37.111 / IEC 60255-24 Common Format for Transient Data Exchange	고장 파형 교환 표준 포맷. .cfg(설정)+.dat(데이터), 2013판은 단일 .cff
CT	Current Transformer	1차 대전류를 2차 5A(또는 1A)로 낮춰 계측·보호기기에 공급하는 변류기
PT / VT	Potential / Voltage Transformer	1차 고전압을 2차 115V(또는 110V)/√3로 낮추는 계기용 변압기
DFR	Digital Fault Recorder	고장 순간 전후의 전압·전류 파형과 접점 이벤트를 고속 기록하는 장치. 사우디 Grid Code는 Disturbance Recorder로 부름
DI / DO	Digital Input / Output	접점 입력(차단기 상태·계전기 트립 등) / 접점 출력(알람·트립)
DNP3	Distributed Network Protocol 3	SCADA와 현장 장치 간 통신 프로토콜(북미 계열). IEEE 1815
IEC 104 / IEC 60870-5-104	IEC 60870-5-104	SCADA-RTU/IED 간 TCP/IP 기반 원격제어 프로토콜(유럽·중동 계열)
DSP	Digital Signal Processor	실시간 신호처리(RMS·DFT·트리거 판정)에 특화된 프로세서
DFT	Discrete Fourier Transform	한 사이클 샘플에서 기본파 페이지(크기·위상)와 고조파를 추출하는 변환

약어 · 용어 설명 (2/6)

약어 / 원어 / 설명 · 본문의 약어 클릭 시 이 페이지로 이동

약어	원어	설명
EMC	Electromagnetic Compatibility	전자기 내성·방출 요건. 보호기기는 IEC 60255-26 시험 필요
ENOB	Effective Number of Bits	잡음을 고려한 ADC의 실제 유효 분해능. 24bit ADC라도 18~20bit 수준이 혼합
EOL	End of Life	부품 단종. 재생산·재인증 리스크의 원인
EPC	Engineering, Procurement, Construction	설계·조달·시공 일괄 수행 업체. 사우디 변전소는 EPC가 기기를 패키지로 조달
FAT / SAT	Factory / Site Acceptance Test	공장 출하 시험 / 현장 설치 후 인수 시험
FPGA	Field-Programmable Gate Array	논리회로를 프로그래밍하는 소자. 고속 취득·타임스탬핑에 사용
FRTU	Feeder Remote Terminal Unit	배전선로 개폐기를 원격 감시·제어하는 배전자동화 단말장치(세니온의 출발 제품)
GIS	Gas Insulated Switchgear	SF6 가스 절연 개폐장치. APMTech 부분방전 감시의 주 대상
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Event	IEC 61850의 IED 간 고속(1~4ms) 이벤트 멀티캐스트 메시지
GPS	Global Positioning System	위성 시각 기준. 1PPS(초당 1펄스)로 장치 시각을 동기
PPS	Pulse Per Second	초 경계를 알리는 1초 주기 펄스. 샘플 클럭 위상고정의 기준
HMI	Human-Machine Interface	장치 전면 LCD·버튼 또는 운영 PC 화면
HSR / PRP	High-availability Seamless Redundancy / Parallel Redundancy Protocol	IEC 62439-3 무손실 이더넷 이중화. 디지털변전소 통신망 표준
ICD / CID / SCD / SCL	IEC 61850 System Configuration Language 파일	ICD: 장치 기능 설명, CID: 설정된 장치, SCD: 변전소 전체 구성, SCL: 이들 XML 언어
IED	Intelligent Electronic Device	마이크로프로세서 기반 보호·제어·기록 장치(계전기, DFR, BCU 등)
IEC 61850	IEC 61850	변전소 자동화 통신 국제표준. MMS(감시제어), GOOSE(고속 이벤트), SV(샘플값)로 구성. Ed.2는 2판
MMS	Manufacturing Message Specification	IEC 61850의 클라이언트-서버 통신(감시·제어·파일 전송)
SV / Sampled Values / 9-2LE	IEC 61850-9-2 Sampled Values (9-2 Light Edition)	머징유닛이 CT/PT 샘플값을 이더넷으로 스트리밍하는 프로세스버스 통신. 4,800/15,360 sps

약어 · 용어 설명 (3/6)

약어 / 원어 / 설명 · 본문의 약어 클릭 시 이 페이지로 이동

약어	원어	설명
IEC 61869-9	IEC 61869-9	머징유닛(디지털 계기용변성기) 출력 규격. 4,800/14,400 sps 고정 프로파일
MU / 머징유닛	Merging Unit	CT/PT 아날로그를 디지털 SV 스트림으로 변환하는 장치
IRIG-B	Inter-Range Instrumentation Group time code B	1초 프레임 직렬 시각 코드. B00x(DC), B12x(AM 변조)
PTP / IEEE 1588	Precision Time Protocol	이더넷 정밀 시각동기. Power Profile(IEEE C37.238 / IEC 61850-9-3)로 $\pm 1\mu s$
SNTP / NTP	(Simple) Network Time Protocol	일반 네트워크 시각 동기. ms급, 백업용
ILAC / KOLAS	International Laboratory Accreditation Cooperation / 한국인정기구	시험소 상호인정 체계. KOLAS 인정 시험소의 ILAC 마크 성적서는 해외 인정 근거
KEMA / DNV / CESI	국제 공인 시험소	네덜란드 KEMA(현 DNV), 이탈리아 CESI — 전력기기 형식시험 IEC 61850 인증
KERI	한국전기연구원	KOLAS 인정 전력기기 시험기관(EMC·환경·내전압)
KTL	한국산업기술시험원	IEC 61850 적합성(UCA 공인 Level A)·안전 시험기관
UCA	UCA International Users Group	IEC 61850 적합성 인증 프로그램을 운영하는 사용자 그룹
LSB	Least Significant Bit	ADC 최소 분해 단위. 1 LSB = 풀스케일 / $2^{\text{비트수}}$
MTBF	Mean Time Between Failures	평균 고장 간격. 신뢰성 지표
MUX	Multiplexer	여러 채널을 하나의 ADC로 순차 변환하는 방식. 채널 간 시간 차(skew) 발생
NCA / OTCC	National Cybersecurity Authority / Operational Technology Cybersecurity Controls	사우디 국가사이버보안청과 그 OT 보안 통제(OTCC-1:2022, 47개 통제)
NEP	New Excellent Product 신제품인증	산업부 신제품 인증. 세니온은 154kV 보호반(2013)·모선보호반(2020) 보유
NG-SA / National Grid SA / TSP	National Grid SA / Transmission Service Provider	사우디 송전망 운영사(SEC 자회사). Grid Code상 TSP
SEC	Saudi Electricity Company	사우디 전력공사. 발전·송전·배전의 주 사업자
SERA	Saudi Energy Regulatory Authority	사우디 에너지 규제청. Grid Code 발행 주체

약어 · 용어 설명 (4/6)

약어 / 원어 / 설명 · 본문의 약어 클릭 시 이 페이지로 이동

약어	원어	설명
PCC	Power Control Center	사우디 급전소(SCADA 센터)
PD	Partial Discharge 부분방전	절연 결함에서 발생하는 미세 방전. APMTech 감시 제품의 대상
PMU / PDC	Phasor Measurement Unit / Phasor Data Concentrator	GPS 동기 패이저(IEEE C37.118)를 측정하는 장치 / 그 데이터를 모으는 수집기
WAMS	Wide Area Monitoring System	PMU 데이터를 광역으로 모아 계통 동요를 감시하는 시스템
PQ	Power Quality	전력품질(고조파·불평형·플리커). IEC 61000-4-30 Class A
THD	Total Harmonic Distortion	기본파 대비 고조파 비율(%)
RMS	Root Mean Square	실효값. 한 사이클 샘플 제공평균의 제공근
RTOS	Real-Time Operating System	실시간 응답을 보장하는 임베디드 운영체제
RTDS	Real Time Digital Simulator	계통 실시간 시뮬레이터. 보호·기록 장치 검증에 사용
RDRE / RADR / RBDR	IEC 61850 논리노드	RDRE: 기록 기능, RADR: 아날로그 채널, RBDR: 디지털 채널 — DFR의 61850 데이터 모델
SA / SAS	Substation Automation (System)	변전소 자동화 시스템. IEC 61850 기반 HMI·게이트웨이·IED 통합
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	원격 감시·제어 시스템
SBOM	Software Bill of Materials	소프트웨어 구성요소·라이선스 목록(SPDX/CycloneDX)
SER / SOE	Sequence of Events (Recorder)	점점 변화를 1ms 타임스탬프로 기록한 이벤트 순서
SLG / LL / LLG / 3Ph	고장 종류	1선지락 / 선간 / 2선지락 / 3상 고장
s/c	samples per cycle	한 주기당 샘플 수. 128 s/c @60Hz = 7,680Hz
ΣΔ	Sigma-Delta ADC	오버샘플링·노이즈 셰이핑으로 고분해능(24bit)을 얻는 ADC 방식
SSD / TBW	Solid State Drive / Terabytes Written	반도체 저장장치 / 그 쓰기 수명 지표

약어 · 용어 설명 (5/6)

약어 / 원어 / 설명 · 본문의 약어 클릭 시 이 페이지로 이동

약어	원어	설명
SFTP / FTP	(Secure) File Transfer Protocol	파일 전송 프로토콜. FTP는 평문이라 보안 요건에서 SFTP 권장
SIM73	세니온 Smart IED 모델	머징유닛+IED 통합 제품. 9-2LE SV 8 SVCB, HSR/PRP, PTP 지원
SPR-K010	세니온 DFR 모델	전력동요기록 기능부 고장기록장치용 IED. 48 AI/96 DI, 7,680Hz, PMU
SLP / STP / SBP	세니온 보호 IED 계열	송전선로(SLP) / 변압기(STP) / 모선(SBP) 보호 IED
TES	Transmission Engineering Standards	National Grid SA 송전 기술규격 체계
TW	Traveling Wave 진행파	고장 시 발생한 서지의 도달 시각차로 고장점을 표정하는 방식. MHz급 샘플링 필요
IEC 60255-26 / IEC 60255-27 / IEC 60255-21	계측 계전기·보호기기 규격	-26 EMC, -27 안전(절연·내전압), -21 진동·충격
IEC 60068	환경 시험 규격	-2-2 건열(고온), -2-1 저온, -2-30 습열 등
IEC 62351 / IEC 62443	전력 통신 보안 / 산업 제어 보안 규격	61850-DNP3 통신 보안(62351), OT 시스템·장치 보안 수준(62443)
IEEE C37.118	Synchrophasor 표준	PMU 측정·데이터 전송 표준. IEC/IEEE 60255-118-1로 통합
IEEE C37.114	고장점 표정 가이드	임피던스법·진행파법 등 고장 위치 추정 기법 표준
IEEE C37.238	PTP Power Profile	전력용 PTP 프로파일. IEC 61850-9-3과 정합
NERC PRC-028 / ERCOT	북미 신뢰도 기준 / 텍사스 계통운영자	DFR 최소 샘플링(64 s/c) 등 기록 요건 사례. ERCOT는 128 s/c
NOGRR255	ERCOT Nodal Operating Guide Revision Request 255	ERCOT의 DFR 기록 요건 개정(128 s/c, 2024~)
ARM / MCU / SoC	프로세서 종류	MCU: 마이크로컨트롤러, SoC: 프로세서+FPGA 통합칩(예: Zynq)
PHY	Physical layer transceiver	이더넷 물리계층 칩. PTP HW 타임스탬핑 지원 여부가 중요
TCXO / OCXO	온도보상/항온조 수정발진기	홀드오버(위성 유실 시) 시각 정확도를 결정하는 발진기
OMICRON	계전기 시험기 제조사	CMC 시리즈 3상 전압·전류 주입 시험기. 벤치 시험 도구

약어 · 용어 설명 (6/6)

약어 / 원어 / 설명 · 본문의 약어 클릭 시 이 페이지로 이동

약어	원어	설명
SIGRA / Synchrowave / TOP	COMTRADE 분석 도구	Siemens SIGRA, SEL Synchrowave Event, Electrotek TOP — 운영자가 쓰는 파형 뷰어
libiec61850	오픈소스 IEC 61850 스택	LGPL 라이선스 C 라이브러리(MMS/GOOSE/SV)
SISCO / TMW	상용 IEC 61850 스택 공급사	SISCO(AX-S4 61850), Triangle MicroWorks — 라이선스 이전 조건 확인 필요
GPL / LGPL	GNU (Lesser) General Public License	오픈소스 라이선스. GPL 정적 링크는 소스 공개 의무 유발, LGPL은 동적 링크 시 완화
CI	Continuous Integration	소스 변경 시 자동 빌드·테스트 체계
NDA	Non-Disclosure Agreement	비밀유지계약
PoC	Proof of Concept	개념 검증 프로토타입
WBS	Work Breakdown Structure	작업 분해 구조
IP 등급	Ingress Protection	먼지·물 침입 보호 등급(IP54 등)
FIT	Failures In Time	10억 시간당 고장 수. 신뢰성 지표
OLTC	On-Load Tap Changer	변압기 부하 시 탭 절환기
DC 오프셋	DC offset	고장 순간 전류에 겹치는 지수 감쇠 직류 성분