

AI활용을 위한
태양광 모니터링 시스템

Solar Power Monitoring System
Using AI Utilization

표준초안 검토 위원회 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 표준분과위원회
표준안 심의 위원회 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 총회

	성명	소 속	직위	위원회 및 직위
표준(과제) 제안	김명일	한국과학기술 정보연구원	책임	표준분과장
	손명우	한국광기술원	책임	표준분과 위원
	김정기	제이케이코어	부장	표준분과 위원
표준 초안 에디터	김정기	주식회사 제이케이코어	부장	표준분과 위원
사무국 담당	최진철	(재)천안과학산업진흥원	팀장	간사

본 문서에 대한 저작권은 CISTEP에 있으며, CISTEP과 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

발행인 : 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 의장
발행처 : 천안과학산업진흥원, 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼
31035, 충남 천안시 서북구 직산읍 직산로 110
Tel : 041-588-9161, Fax : 041-588-8827
발행일 : 2025.09.03.

서 문

1 표준의 목적

이 표준은 태양광 발전소 운영·유지관리(O&M) 효율화를 위해 인공지능(AI)을 활용한 통합 모니터링 시스템의 구성 요소, 데이터 수집 항목, 운영환경 및 주요 기능을 정의함으로써, 국내 태양광 산업의 디지털 전환과 K-ESG 기반 에너지 혁신을 촉진하는 것을 목적으로 한다. 또한 이 표준은 발전사업자, 솔루션 공급자, 공공기관 간의 기술 호환성과 신뢰성을 높이고, 국내 기술의 표준화된 해외 진출 기반을 마련하고자 한다.

2 주요 내용 요약

본 표준은 다음과 같은 주요 내용을 포함한다.

- (시스템 구성요소 정의) 수집 서버, 연산 서버, API 서버, 웹 서버, 데이터베이스 등 시스템 구성 및 기능 정의
- (운영환경 사양 제시) 기술 공급자 및 수요자 기준의 운영환경(OS, CPU, RAM, DB 등) 제시
- (데이터 구조 명세화) 설비 정보, 모듈 정보, 발전량 정보, 일사량/온도 데이터, AI 기반 고장진단 항목의 필드 및 데이터 타입 정의
- (AI 기반 진단 구조) 실제 계측값, 물리모델 결과, ML 예측 결과를 비교하여 고장 상태를 진단하는 구조 제공
- (보안 및 접근관리) SHA-512 기반 암호화, TLS 통신, 사용자 정보 보호 및 접근 로그 관리 방식 정의
- (주요기능 목록) 대시보드, 발전통계, 고장진단, 설비 및 사용자 관리 등 핵심 기능 설명

이 표준은 태양광 O&M 시스템의 일관된 데이터 정의와 인터페이스 구조를 제공하여 다양한 인공지능 분석 및 진단 기술과의 확장성, 호환성, 실증 용이성을 확보한다.

3 인용 표준과의 비교

해당 사항 없음

Preface

1 Purpose

This standard aims to establish the framework for a solar power monitoring system utilizing artificial intelligence (AI) to enhance the efficiency of operation and maintenance (O&M) in solar photovoltaic (PV) power plants. By defining system architecture, data collection parameters, operational environments, and core functionalities, the standard promotes the digital transformation of the domestic solar energy sector and aligns with K-ESG innovation initiatives.

Furthermore, the standard facilitates interoperability and reliability among power generators, solution providers, and public institutions, serving as a foundation for the standardized export of domestic solar monitoring technologies.

2 Summary

This standard includes the following key elements:

- **System Components:** Defines the structure and roles of data collection servers, computation servers, API servers, web servers, and databases.
- **Operational Environment Specifications:** Outlines hardware and software requirements for both technology providers and end users, including OS, CPU, RAM, and database versions.
- **Data Structure Definitions:** Details field names and data types for solar equipment, modules, power generation, irradiance, temperature, and fault diagnostics.
- **AI-based Diagnostic Framework:** Describes a multi-layered diagnostic structure comparing measured values, physical model outputs, and machine learning (ML) predictions to identify faults.
- **Security and Access Control:** Specifies encryption (SHA-512 with salt), TLS communication protocols, data masking, and access log retention policies to ensure data privacy and system integrity.
- **Core System Functions:** Presents major functions such as real-time dashboard, power statistics, AI-based fault diagnosis, equipment/user management, and more.

This standard enables consistent data definitions and interface structures for solar O&M systems, enhancing scalability, interoperability, and ease of AI integration for diagnostic and analytical applications.

3 Relationship to Preference Standards

None

목 차

1	적용 범위	1
2	인용 표준	1
3	용어 정의	1
4	약어	2
5	시활용을 위한 태양광 모니터링 시스템 개요	2
5.1	제품의 운영환경	3
5.2	데이터 수집 항목	4
5.3	태양광 모니터링 시스템 주요기능 목록	8
5.4	적용되는 보안사항	9
부록 I -1	지식재산권 요약서 정보	10
I -2	시험인증 관련 사항	11
I -3	본 표준의 연계(family) 표준	12
I -4	참고 문헌	13
I -5	영문표준 해설서	14
I -6	표준의 이력	15

AI활용을 위한 태양광 모니터링 시스템 (Solar Power Monitoring System Using AI Utilization)

1 적용 범위

본 표준은 태양광 발전소의 운영 및 유지보수를 효율화하기 위해 인공지능(AI)을 활용한 모니터링 시스템의 구성요소, 데이터 수집 항목, 운영환경, 시스템 기능, 보안 요건 등을 정의하며 특히 공공기관, 민간 발전사업자, 시스템 개발자 등 다양한 수요자들이 태양광 설비 데이터를 수집·분석하고, 이를 기반으로 성능진단 및 고장예측을 수행하는 데 필요한 기술적 기준을 제공한다.

2 인용 표준

해당 사항 없음

3 용어 정의

3.1 RTU

Remote Terminal Unit의 줄임말로 태양광 설비의 데이터를 실시간으로 수집하여 상위 시스템으로 전송하는 원격측정자치를 말한다.

3.2 O&M

Operation and Maintenance의 줄임말로 태양광 발전소의 운영 및 유지보수 전반을 의미하며, 성능 모니터링, 고장진단, 점검 등이 포함된다.

3.3 AI

Artificial Intelligence의 줄임말로 본 표준에서는 설비 이상 진단, 출력 예측 등을 위해 활용되는 기계학습 기반의 분석 알고리즘을 말한다.

3.4 고장진단(Fault Diagnosis)

고장진단(Fault Diagnosis)는 측정값, 물리모델 예측값, AI 예측값 등을 비교하여 태양광 시스템의 이상 유무를 판단하는 과정을 말한다.

3.5 물리모델(Physical Model)

물리모델(Physical Model)은 태양광 모듈의 온도, 일사량 등 외부 요인을 고려한 이론적 출력 예측 모델을 말한다.

3.6 ML(Machine Learning) 예측

ML(Machine Learning) 예측은 수집 데이터를 기반으로 학습한 AI 모델이 출력 및 이상 상태를 예측한 값을 말한다.

4 약어

AI	Artificial Intelligence
DB	Database
O&M	Operation and Maintenance
RTU	Remote Terminal Unit
SHA	Secure Hash Algorithm
TLS	Transport Layer Security
UI	User Interface
WAS	Web Application Server

5 AI활용을 위한 태양광 모니터링 시스템 개요

태양광 신재생에너지 발전량을 측정하는 모니터링 시스템의 구성은 수집 서버, 연산 서버, API 서버, 웹 서버, 데이터베이스 등으로 이루어지며 (그림 5-1)과 같으며 구성 요소별 기능설명은 <표 5-1>과 같다.



(그림 5-1) 태양광 신재생에너지 모니터링 시스템 구성도

<표 5-1> 시스템 구성요소

구성 요소	주요 기능
수집 서버 v1.0	RTU로부터 실시간 데이터 수신 및 저장
연산 서버 v1.0	수집된 데이터를 기반으로 발전 진단, 고장 진단 등 연산로직 수행
API 서버(WAS) v1.0	프론트엔드와의 통신을 위한 RESTful API 제공
웹 서버 v1.0	사용자 UI 제공 및 웹 클라이언트 서비스 담당
데이터베이스 v1.0	수집 데이터, 분석 결과, 사용자 정보, 시스템 설정값 등 저장 및 관리 (MariaDB 사용)

5.1 제품의 운영환경

본 표준에서 제시하는 태양광 모니터링 시스템은 안정적인 데이터 수집과 인공지능 분석 처리를 위해 일정 수준 이상의 하드웨어 및 소프트웨어 환경을 필요로 한다.

운영환경은 시스템 공급자(서버 운영자)와 수요자(일반 사용자 또는 현장 관리자) 측면으로 구분되며, 각 역할에 적합한 최소 요구사항을 정의함으로써 모듈 호환성, 처리 안정성, 시스템 성능 일관성을 확보하도록 구성한다.

서버 환경은 Linux 기반의 고성능 연산 환경을 기준으로 하며, 사용자 단의 클라이언트 운영환경은 Windows 기반의 범용 시스템에서 웹 기반 UI를 통해 접근 가능하도록 설계되었다.

아래 <표 5-2>는 공급자, <표 5-3>은 수요자 기준으로 요구되는 하드웨어 및 소프트웨어 사양을 각각 정리한 것이다.

<표 5-2> 서버 세부 구성(기술 공급자)

항목	사양
OS	Linux기반 OS(Amazon Linux 2 / Ubuntu 22.04 LTS 등)
CPU	서버 : Intel Xeon (4코어 이상) 일반 PC : Intel Core i5이상 (4코어 이상)
RAM	8GB 이상
HDD	1TB 이상
DB	MariaDB 10.4 이상

<표 5-3> 서버 세부 구성(기술 수요자)

항목	사양
OS	Windows 10 이상
CPU	Intel Core i3 이상 (2코어 이상)
RAM	8 GB 이상
HDD	50GB 이상 여유 공간
Web Browser	Chrome 100 이상 / Edge 등 지원



(그림 5-2) 제품의 운영환경 기능별 구성도

5.2 데이터 수집 항목

AI 기반의 고장진단 및 성능 분석 기능을 효과적으로 수행하기 위해서는 태양광 발전소의 다양한 설비로부터 정밀하고 구조화된 데이터를 수집하는 것이 필수적이다.

본 표준에서는 설비 정보, 모듈 정보, 발전량 및 전력 품질 정보, 일사량 및 온도 정보, 그리고 물리모델 및 AI 예측 결과 등을 포함하여 실시간 수집 대상 데이터 항목을 정의하였다.

수집 항목은 시스템 설계 시 데이터베이스 테이블 구조와 직접 연결되며, 정형화된 데이터 타입, 단위, 예시 값을 기준으로 구성되어 있어 타 시스템과의 연동 및 분석 알고리즘 적용에 용이하다.

아래 표는 수집 대상 데이터의 유형별 구조를 항목별로 정리한 것으로, 태양광 O&M 시스템의 통합 데이터 관리 및 인공지능 기반 진단 서비스 구현을 위한 기준값으로 활용된다.

<표 5-4> 태양광 설비 정보

순번	명칭	설명	단위	데이터 타입	표시 예시
1	CID	설비 고유 식별자	-	bigint(20)	10000000001
2	설비 명	설비의 이름(사용자 정의)	-	varchar(255)	태양광_설비_1
3	설비용량	해당 설비의 정격 발전용량	kW	double	99.84
4	방위각	모듈이 향한 방향의 각도 (남쪽 기준, 시계방향)	deg	double	180.0
5	경사각	모듈이 수평면과 이루는 각도	deg	double	25.0
6	설비상태코드	설비 상태를 나타내는 코드값	코드값	int(11)	0 (정상), 1 (경고) 등
7	RTU 통신상태	RTU 통신 연결 상태	코드값	int(11)	0 (정상), 1 (결함) 등
8	모듈직렬개수	직렬로 연결된 모듈 개수	개	int(11)	20
9	모듈병렬개수	병렬로 연결된 모듈 개수	개	int(11)	5
10	RTU 포트	RTU가 사용 중인 포트 번호	번호	int(2)	1
11	위상종류	전력 계통의 위상 구성	-	varchar(255)	3상4선식
12	비고	추가 설명이나 특이사항	-	varchar(255)	발전기 연결됨
13	최종수신일	RTU로부터 가장 마지막으로 데이터 수신된 일시	datetime	datetime(6)	2025-06-20 15:30:25.000000
14	최초수신일	해당 설비에서 처음으로 데이터가 수신된 일시	datetime	datetime(6)	2024-03-01 09:00:00.000000
15	설비설치일시	설비가 설치된 시점의 일시	datetime	datetime(6)	2024-02-25 13:00:00.000000
16	RTU AS 만료일	RTU 보증 기간(After Service) 만료 일자	date	date	2026-02-25
17	생성일자	DB에 해당 설비 데이터가 생성된 날짜	datetime	datetime	2024-02-26 10:00:00
18	수정일자	최근 데이터가 갱신된 날짜	datetime	datetime	2025-06-15 11:22:00
19	인버터 FK	연계된 인버터의 외래키(고유번호)	-	bigint(20)	3000000021
20	발전소 FK	연계된 발전소의 외래키(고유번호)	-	bigint(20)	2000000005
21	RTU FK	연계된 RTU의 외래키(고유번호)	-	bigint(20)	4000000001
22	모듈 FK	연계된 모듈의 외래키(고유번호)	-	bigint(20)	5000000008
23	RTU 통신 ID	RTU의 통신 식별자	-	varchar(255)	RTU_001_001

<표 5-5> 태양광 모듈 정보

순번	명칭	설명	단위	데이터 타입	표시 예시
1	모듈 구분번호	모듈 고유 식별 번호	-	bigint(20)	500000001
2	모듈 모델명	제조사 제공 공식 모델명	-	varchar(255)	JK-Solar-MP- 455
3	최대출력	STC 기준 모듈당 최대 출력	W	double	455.0
4	최대전류	모듈 출력 전류 중 최대치	A	double	10.21
5	최대전압	모듈 출력 전압 중 최대치	V	double	44.5
6	단락전류	단락 시 전류	A	double	10.8
7	개방전압	개방 회로에서의 전압	V	double	50.0
8	전류 온도계수	온도 상승에 따른 전류 변화율	%/℃	double	-0.03
9	전압 온도계수	온도 상승에 따른 전압 변화율	%/℃	double	-0.32
10	셀 종류	셀 타입: 0=단면 / 1=양면	-	bigint(20)	1
11	전류 커브 피팅 A	전류 곡선 피팅계수 A	-	double	0.0012
12	전류 커브 피팅 B	전류 곡선 피팅계수 B	-	double	0.215
13	전압 커브 피팅 A	전압 곡선 피팅계수 A	-	double	-0.015
14	전압 커브 피팅 B	전압 곡선 피팅계수 B	-	double	1.83
15	전압 커브 피팅 C	전압 곡선 피팅계수 C	-	double	-0.0001
16	K FACTOR A	고장진단 알고리즘용 계수 A	-	double(20,5)	0.24567
17	K FACTOR B	고장진단 알고리즘용 계수 B	-	double(20,5)	1.87654
18	생성일자	모듈 DB 최초 등록일	datetime	datetime	2024-01-15 10:00
19	수정일자	모듈 DB 최근 수정일	datetime	datetime	2025-05-10 16:00
20	모듈 제조사 번호	제조사 코드 또는 고유번호	-	bigint(20)	7000000003

<표 5-6> 태양광 수집 데이터 정보

순번	명칭	설명	단위	데이터 타입	표시 예시
1	CID	수집 데이터 고유 식별 번호	-	bigint(20)	800000001
2	수집일시	데이터 수집 시각	-	datetime	2025-06-20 13:00
3	누적발전량	총 발전량 누적치	kWh	double	15234.7
4	데이터 상태 코드	데이터 이상 여부 식별 코드	코드값	bigint(20)	0 (정상)
5	에러코드	발생한 에러 메시지 코드 (있을 경우)	-	text	INV_OVER_TEM P
6	주파수 수치	시스템 주파수	Hz	double(6,2)	59.98
7	입력전류 수치	인버터 입력 전류	A	double(20,5)	12.45678
8	입력전력 수치	인버터 입력 전력	W	double(20,5)	5023.12345
9	입력전압 수치	인버터 입력 전압	V	double(20,5)	450.32154
10	출력전류 수치	인버터 출력 전류	A	double(20,5)	11.87654
11	출력전력 수치	인버터 출력 전력	W	double(20,5)	4980.87412
12	출력전압 수치	인버터 출력 전압	V	double(20,5)	400.58213
13	역률 비율	전력 역률	-	double(6,2)	0.98
14	R상 전류	R상 기준 전류	A	double(20,5)	4.32154
15	R상 전압	R상 기준 전압	V	double(20,5)	229.12458
16	S상 전류	S상 기준 전류	A	double(20,5)	3.98145
17	S상 전압	S상 기준 전압	V	double(20,5)	228.95325
18	T상 전류	T상 기준 전류	A	double(20,5)	4.11012
19	T상 전압	T상 기준 전압	V	double(20,5)	229.87412
20	등록일시	해당 레코드의 생성 시각	-	timestamp	2025-06-20 13:00:00

<표 5-7> 일사량, 모듈온도 수집 데이터 정보

순번	명칭	설명	단위	데이터 타입	표시 예시
1	일사량계 ID	해당 센서 고유 식별 번호	-	bigint(20)	900000001
2	수집일시	데이터 수집 시간	-	datetime	2025-06-20 13:00
3	경사일사량	경사진 모듈면 기준 일사량	W/m ²	double(10,5)	812.54231
4	모듈 표면온도	모듈 뒷면 기준 온도	℃	double(10,5)	47.65312

<표 5-8> 고장진단 정보

순번	명칭	설명	단위	데이터 타입	표시 예시
1	CID	고장진단 데이터 식별 번호	-	bigint(20)	910000001
2	수집일시	데이터 수집 시각	-	datetime	2025-06-20 13:00
3	경사일사량	현장 기준 일사량	W/m ²	double(20,5)	785.12431
4	모듈 표면온도	모듈 온도	℃	double(20,5)	46.73215
5	측정직류전압	실제 측정된 DC 전압	V	double(20,5)	430.21567
6	측정직류전류	실제 측정된 DC 전류	A	double(20,5)	9.81235
7	측정직류전력	실제 측정된 DC 전력	W	double(20,5)	4222.45325
8	물리모델 직류전압	물리모델 예측 DC 전압	V	double(20,5)	445.00012
9	물리모델 직류전류	물리모델 예측 DC 전류	A	double(20,5)	10.01235
10	물리모델 직류전력	물리모델 예측 DC 전력	W	double(20,5)	4450.56789
11	ML 예측 직류전압	AI 예측 DC 전압	V	double(20,5)	437.21478
12	ML 예측 직류전류	AI 예측 DC 전류	A	double(20,5)	9.83412
13	ML 예측 직류전력	AI 예측 DC 전력	W	double(20,5)	4287.21918

5.3 태양광 모니터링 시스템 주요기능 목록

태양광 발전소의 안정적인 운영과 효율적인 유지보수를 위해서는 실시간 데이터 수집뿐 아니라, 이를 활용한 직관적 시각화, 고장진단, 통계 분석, 설비관리 기능이 함께 제공되어야 한다.

본 표준에서 제시하는 태양광 모니터링 시스템은 인공지능 기반의 고장진단 알고리즘을 중심으로, 발전소 관리자가 장애 여부, 성능 저하, 환경 변화 등에 신속히 대응할 수 있도록 다음과 같은 핵심 기능들을 포함한다.

각 기능은 UI 기반의 웹 플랫폼에서 제공되며, 발전소 및 설비 단위로 데이터를 분석하고 이력을 관리할 수 있도록 설계되어 있다.

아래는 본 시스템에서 제공하는 주요 기능 항목을 구성요소별로 정리한 것이다.

<표 5-9> 태양광 모니터링 시스템 주요기능 목록

구성 요소	주요 기능
대시보드 (에너지 현황)	전체 발전소의 상태와 실시간 발전 현황을 한눈에 확인할 수 있는 화면
발전통계	실시간 발전량 및 발전시간, 인버터별 상태와 출력 모니터링 기능 제공
고장진단	인공지능 기반 날짜/인버터별 고장진단 결과와 출력 정보 그래프 및 표 제공
수집 데이터	설비별 실시간으로 수집되는 발전 데이터를 표로 표출
발전소 관리	발전소 이름, 주소, RTU 통신 설정 및 비상발전기 여부 등 정보 관리
설비 관리	설비의 발전소, 인버터, 모듈, RTU 통신 ID 등 정보 관리
일사량계/ 인버터/모듈 관리	각 구성요소의 모델명, 제조사, 용량 등 상세 정보 관리
사용자 관리	사용자 ID, 이름, 비밀번호, 이메일, 연락처, 계정 잠금 여부 등 정보 관리

5.4 적용되는 보안사항 (GS인증 기준)

비밀번호는 SHA-512 해시 알고리즘과 Salt를 적용하여 암호화되며, 보안 강화를 위한 해시 방식으로 복호화가 불가능하다. 접속 및 행위에 대한 접근 로그(IP, 사용자 ID, 메뉴 경로 등)는 자동 저장되며, 로그는 최대 365일간 보관 후 자동 삭제된다.

OpenSSL 기반 TLS 암호화 통신이 적용되어 모든 데이터 전송 구간을 보안 채널로 보호하며 개인정보 보호를 위해 핸드폰 번호는 화면 출력 시 자동 마스킹 처리된다.

부 록 I-1

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

지식재산권 확약서 정보

아래에 기재된 지식재산권 확약서 이외에도 본 표준이 발간된 후 접수된 확약서가 있을 수 있으니, 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 웹사이트에서 확인하시기 바랍니다.

해당 사항 없음.

부 록 1-2

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

시험인증 관련 사항

해당 사항 없음.

부 록 1-3

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

본 표준의 연계(family) 표준

해당 사항 없음.

부 록 I-4

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

참고 문헌

아래 기재된 참고 문헌의 발간일이 기재된 경우, 해당 표준(문서)의 해당 버전에 대해서만 유효하며, 연도를 표시하지 않은 경우에는 해당 표준(권고)의 최신 버전을 따른다.

해당 사항 없음.

부 록 1-5

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

영문표준 해설서

해당 사항 없음.

부 록 1-6

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

표준의 이력

판수	채택일	표준번호	내용	담당 위원회
제1판	2025.09.03.	제정 ESGTVS-1-2025-01-R1-V1.0	AI활용을 위한 태양광 모니터링 시스템	표준분과위원회