

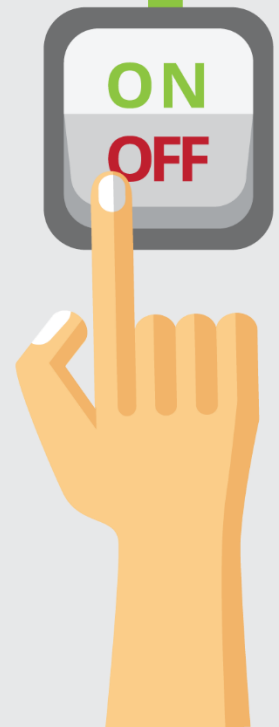


고려대학교 ERC 연구센터 복원력을 가진 자율 운영 전력망 연구: 3그룹 복원력 관련 연구 내용 소개

2024. 04. 25.

고려대학교

주성관



발표 순서

1

고려대 ERC 사업: RAG 연구센터 소개

2

계통 복원력 필요성 및 정책 동향

3

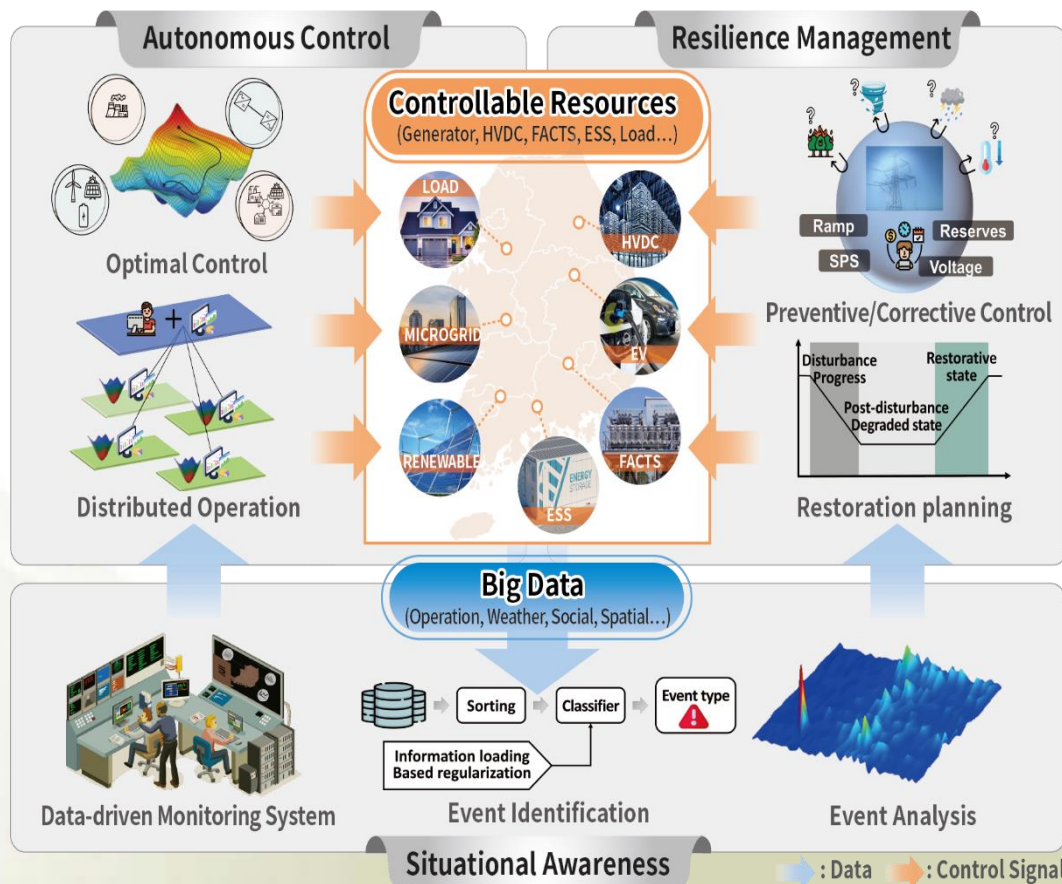
3그룹 복원력 관련 연구 내용



고려대 ERC 사업: RAG 연구센터 소개

고려대 ERC 사업: RAG 연구 센터의 연구 목표

- RAG 연구센터는 “복원력을 가진 자율제어 전력망의 구축”을 목표로 함
 - RAG 원천 기술을 **상황인지 기술**, **자율제어 기술**, **복원력 확보 기술**로 구분



Situational Awareness

자율 운영 전력망 상황 인지 기술

국가 단위 전력망의 방대한 데이터에 AI기술을 접목한 전력망의 정적·동적 상태 평가 및 신뢰성 확보

Autonomous Control

제어 가능 자원의 자율제어 기술

발전원 및 다양한 이종 자원의 자율 제어 기술 개발을 통한 변동성 전원 기반 전력망의 계획과 운영

Resilience Management

불확실성에 대비한 복원력 확보 기술

재해·재난 상황에 대비한 계통 복원력 강화를 통해 전력망 사고 사전예방 및 신속한 복구

3그룹 세부 연구 (복원력 확보 기술)

복원력 확보 기술을 전력망 계획과 운영 단계로 구분

- (전력망 계획) 자연재해에 대비하기 위한 중·장기적 **설비계획**과 **보호기술**의 적용
- (전력망 운영) 상정사고 발생에 대비한 **예방제어 기술**, 상정사고 중 적응력 확보 및 사고파급 방지를 위한 **교정제어 기술**, 사고의 신속한 복구를 위한 **복구제어 기술**로 구분

RAG Level 1 (2023~2024)

『전력망 계획 및 보호기술』

시공간 이동형
제어자원 기반
전력망 계획

분산전원
연계 운영
기술 개발

AC/DC 전력망
보호 기술

발전설비 및
동기조상기
고장 예방 기술

RAG Level 2 (2025~2026)

『신 전력망 예방/교정/복구 기술』

전력망 복구
제어 기술

분산전원
연계 운영
기술 개발

AC/DC 전력망
보호 기술

발전설비 및
동기조상기
고장 예방 기술

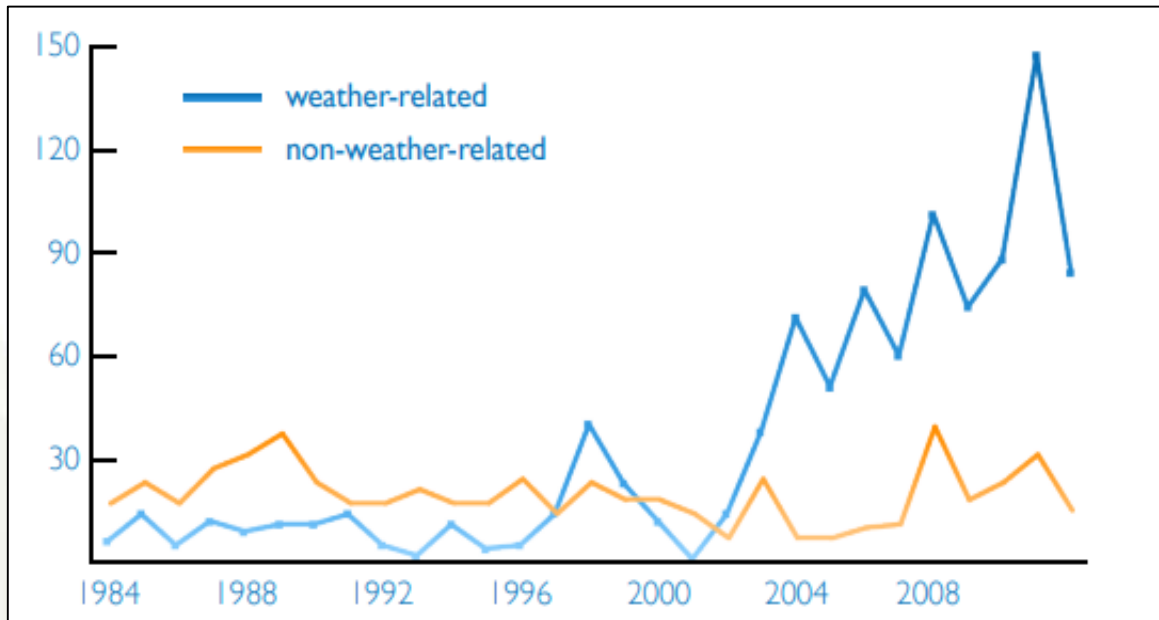


계통 복원력 필요성 및 정책 동향

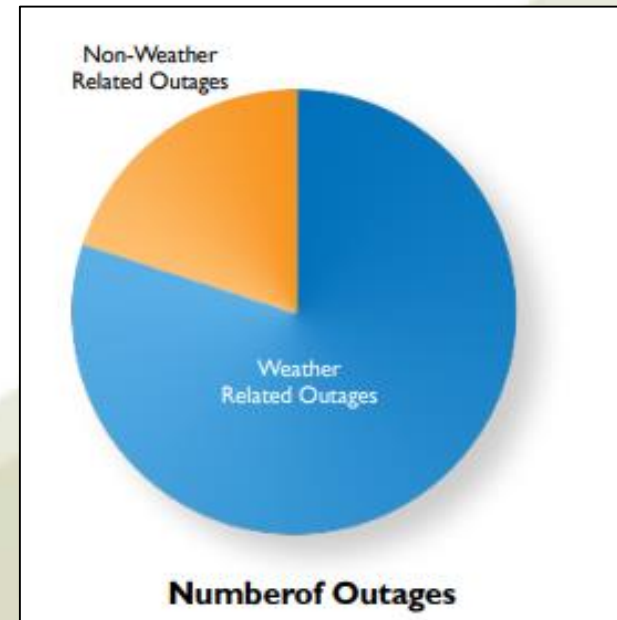
북미지역 자연재해에 의한 정전피해 현황

■ 북미 정전사고의 주요원인

- 2000년대 자연재해로 인한 대규모 정전사고의 빈도는 1980~1990년대 초기에 비해 10배 이상 증가함
- 2003~2012년 대규모 정전사고의 주요원인 중 자연재해가 전체의 80%를 차지함



<1984-2012년까지 미국 정전 빈도 비교>



<2000-2012년 정전사고의 주요원인>

전력계통 복원력의 필요성

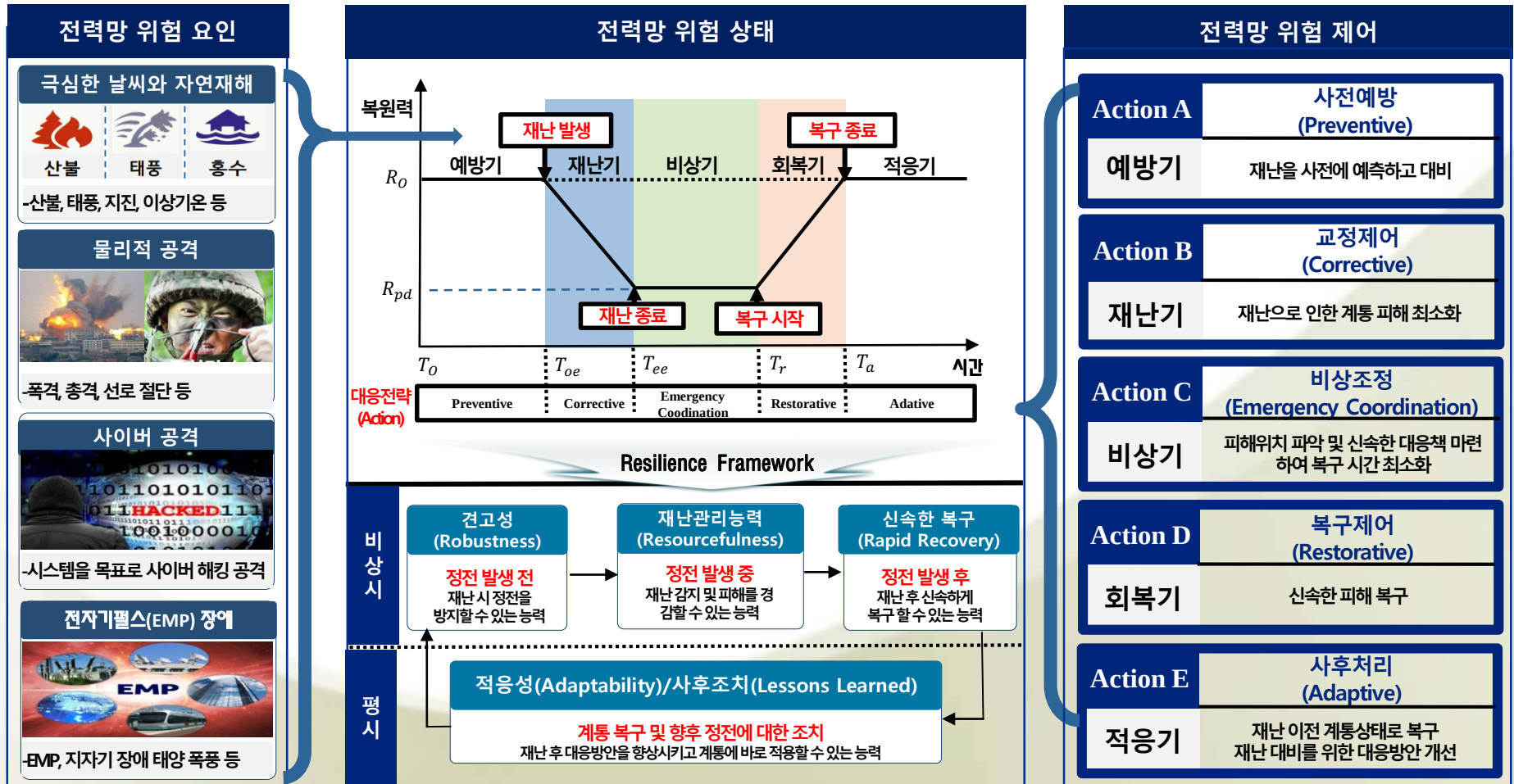
- 신뢰도 기준으로는 높은 영향력, 낮은 확률 특성의 자연재해에 대비할 수 없음
 - (신뢰도 정의) 계통 운영 시 일상적인 불확실성(낮은 영향력, 높은 확률)에 대비하여 고객에게 안정적으로 전력공급을 유지할 수 있는 능력을 의미
 - (복원력 정의) 자연재해와 같은 높은 영향력 낮은 확률의 사건들에 대하여 사전에 예측하여 이를 대비하고, 피해감소 및 신속하게 복구할 수 있는 능력을 의미

<일반 고장과 자연재해에 의한 고장의 차이점>

일반 고장	자연재해에 의한 고장
낮은 영향력, 높은 확률	높은 영향력, 낮은 확률
제어가능성이 높음	제어가능성이 상대적으로 낮음
무작위한 위치와 시간에 발생	시공간적인 상관관계
제한된 숫자의 상정사고	다수의 상정사고
네트워크가 유지	네트워크의 대부분이 파괴될 수 있음
신속한 복구 가능	복구에 오랜 시간이 소요

계통 복원력 강화 프레임워크

- 복원력 강화는 위험요인 예측, 전력망 상태 식별, 전력망 위험 제어로 구분



전력망 복원력 확보를 위한 해외 정책 동향

- 미국의 경우 복원력을 평가하고 규제하는 담당기관은 존재하지 않지만, 州 정부와 유틸리티에서 복원력 향상을 위한 다양한 정책을 추진하고 있음
 - (DOE) 전력산업 연구기관에 복원력 가치평가 및 투자에 대한 연구비 지원
 - (NERC) 복미 신뢰도 기준에 복원력 개념을 포함하여 관리
 - (유틸리티) 안정적인 전력공급을 위한 재난 대응전략을 수립하고, 복원력 향상을 위한 지속적인 투자를 계획 중

<미국 복원력 향상을 위한 정책 동향>

일시	기관	주요 내용
'17. 09월	DOE	전력공급의 복원력 향상을 위한 발전소 보조금 제도 제안
'18. 01월	FERC	복원력의 필요성을 인정하고 각 전력기관에 정보 제공을 요청 및 향후 조치 여부 검토
'18. 05월	NERC	신뢰도에 복원력을 포함시키기 위한 프레임워크 제안
'18. 09월	RTO/ISO	복원력 정보를 제출하고, 평가기준 및 법적보상을 FERC에 요청

국내 신뢰도 규제체계 및 복원력 대응현황

■ 국내의 경우 『신뢰도 및 전기품질 유지기준』을 통해 계통 신뢰도 관리

- 국내 신뢰도 정의는 전력계통 정상상태 또는 상정사고 발생 시 전력수요를 충족시키기 위한 공급 적정성과 고장 시 견딜 수 있는 계통 안정성을 의미
- 전기 품질, 상정 고장, 계통 운영, 계통 복구, 설비별 신뢰도 기준을 수립하고 운영 중
- 전력거래소는 안정적인 전력수급을 유지하기 위해 아래의 운영예비력 기준을 운영

▶ 다만, 국내의 경우 **복원력의 정의와 관련 체계에 대해 고려되지 못하는 상황**

<국내 계통 운영예비력 기준>

예비력 분류		확보 시간	유지 시간	기준량 (만kW)	비고
운영 예비력	주파수 제어	5분	30분	70	AGC
	1차	10초	5분	100	운전
	2차	10분	30분	140	AGC
	3차	30분	-	140	운전/정지
속응성 자원		20분	4시간	200	정지

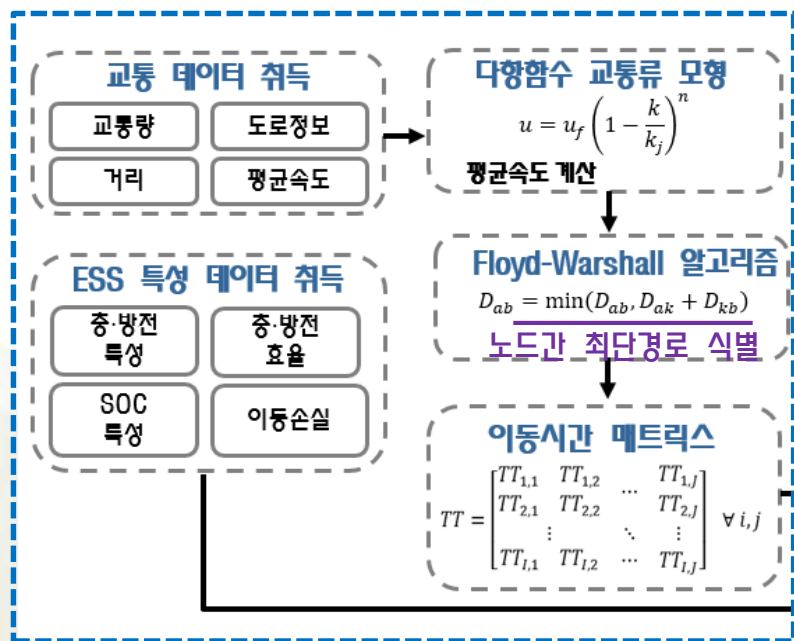


3그룹 복원력 관련 연구 내용

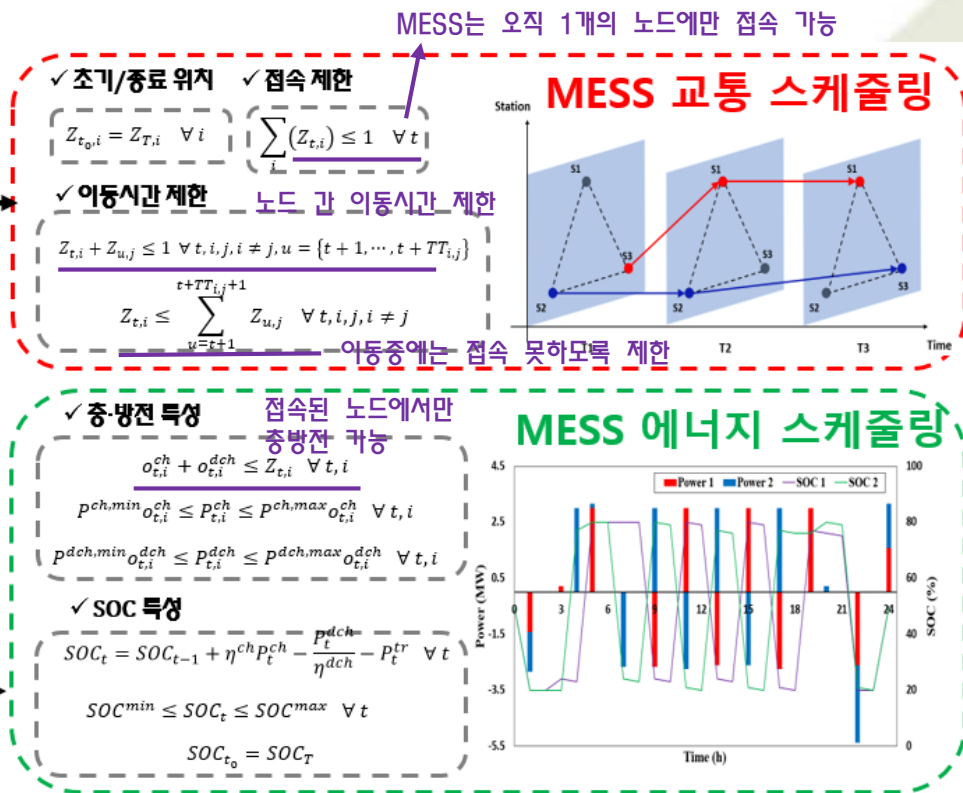
시공간 이동형 제어자원을 이용한 복원력 강화

시공간 이동형 에너지자원 (Mobile Energy Resource)

- 이동형 에너지자원은 트럭, 기차, 배 등의 운송수단에 에너지자원을 실어 이동할 수 있는 자원을 의미하며, 에너지와 이동경로를 동시에 고려하여 스케줄링을 수행
- 사고 발생 전·후 위험지역으로 이동시켜 사고파급 방지와 신속한 복구에 사용할 수 있음



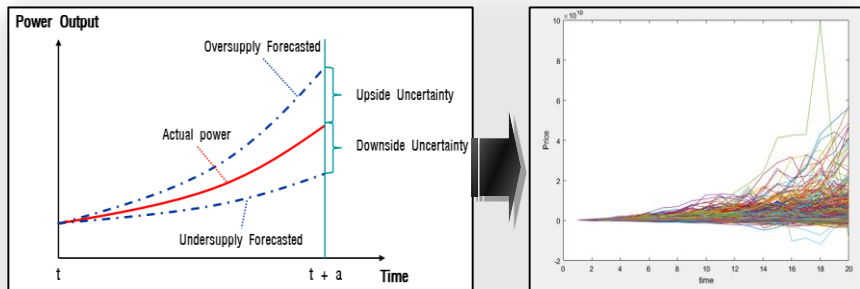
전력 및 교통 데이터 취득



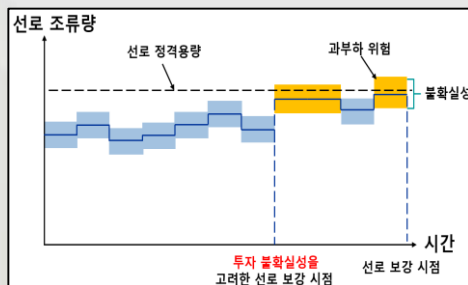
시공간 이동형 에너지자원 기반 전력망 계획

■ 시공간 이동형 에너지자원을 이용한 NWA(Non-Wire Alternative) 수립

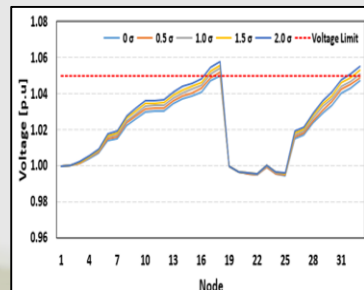
- 이동형 에너지자원의 Mobility 특성을 이용하여 여러 기간에 대해 위치를 조정해가며 선로 신규건설이 어려운 여러 지역의 **선로투자 대체 및 지연**을 시킬 수 있음.



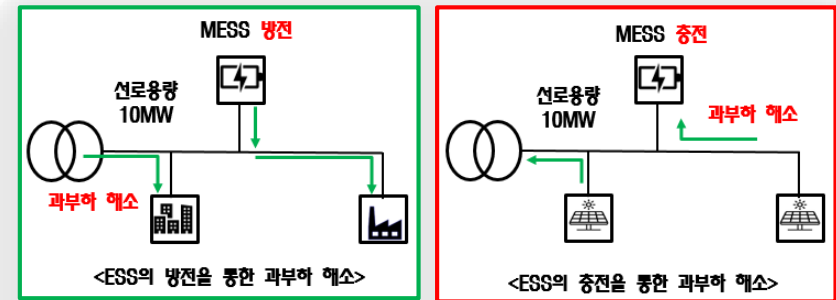
[불확실성 개념 및 시나리오 생성]



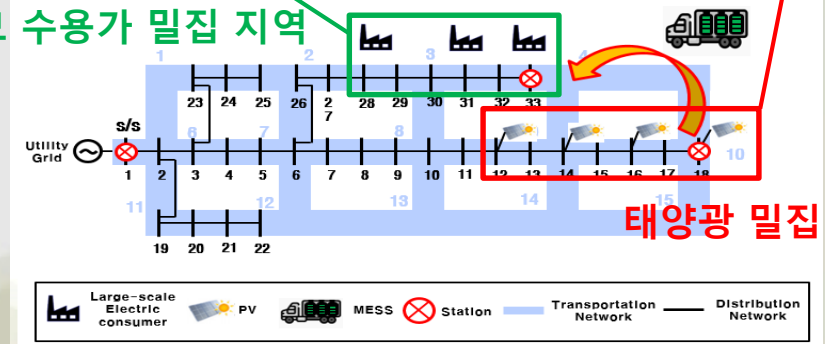
[선로 과부하 위험 식별]



[과전압 위험 노드 식별]



대규모 수용가 밀집 지역



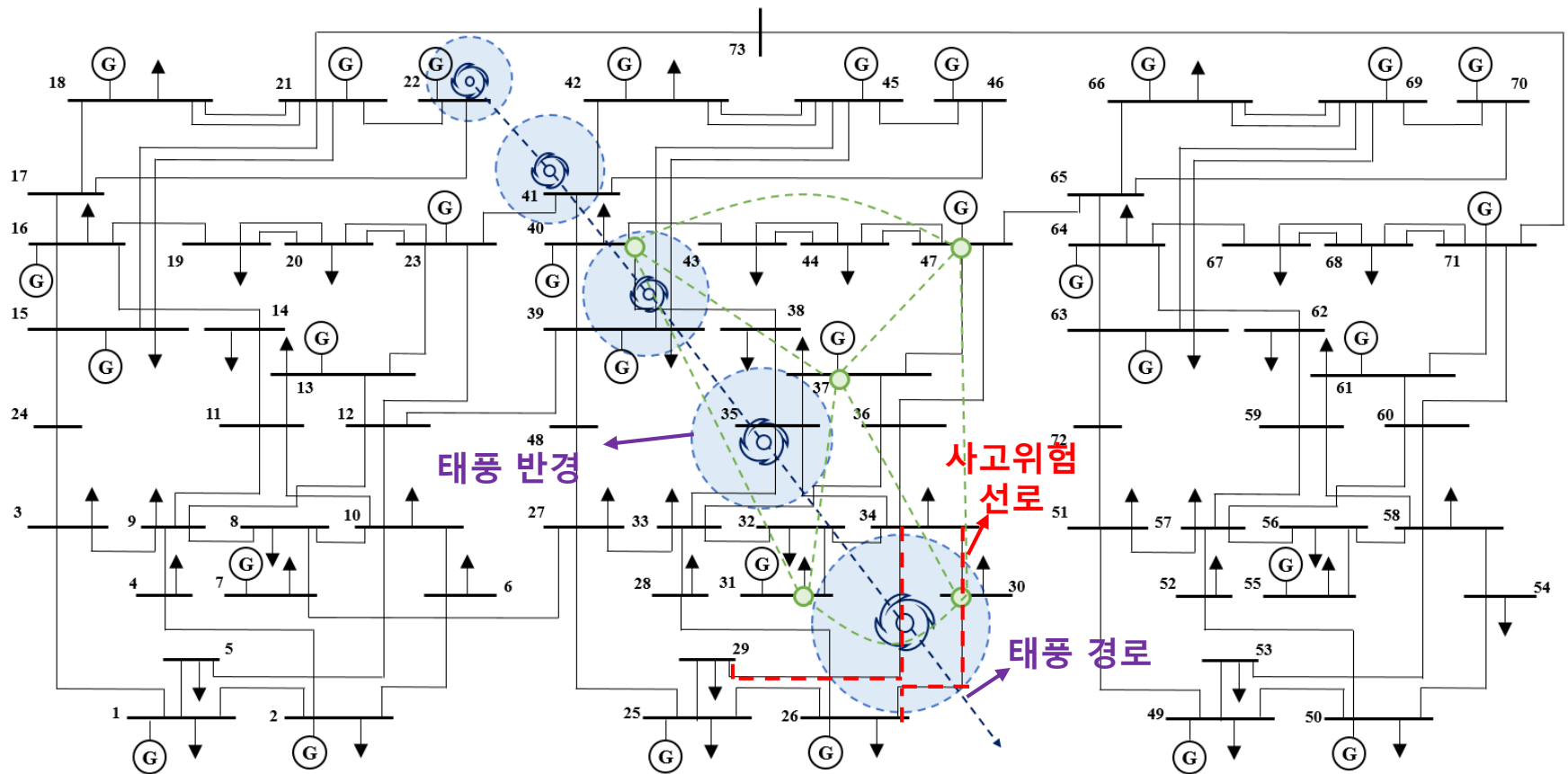
태양광 밀집 지역

[이동형 에너지자원 기반 선로투자 대체 및 지연 방법]

예방제어(Preventive Action) 적용 방안

■ 선로 상정사고 시나리오들을 고려한 확률론적 에너지 스케줄링을 통해 위험 예방

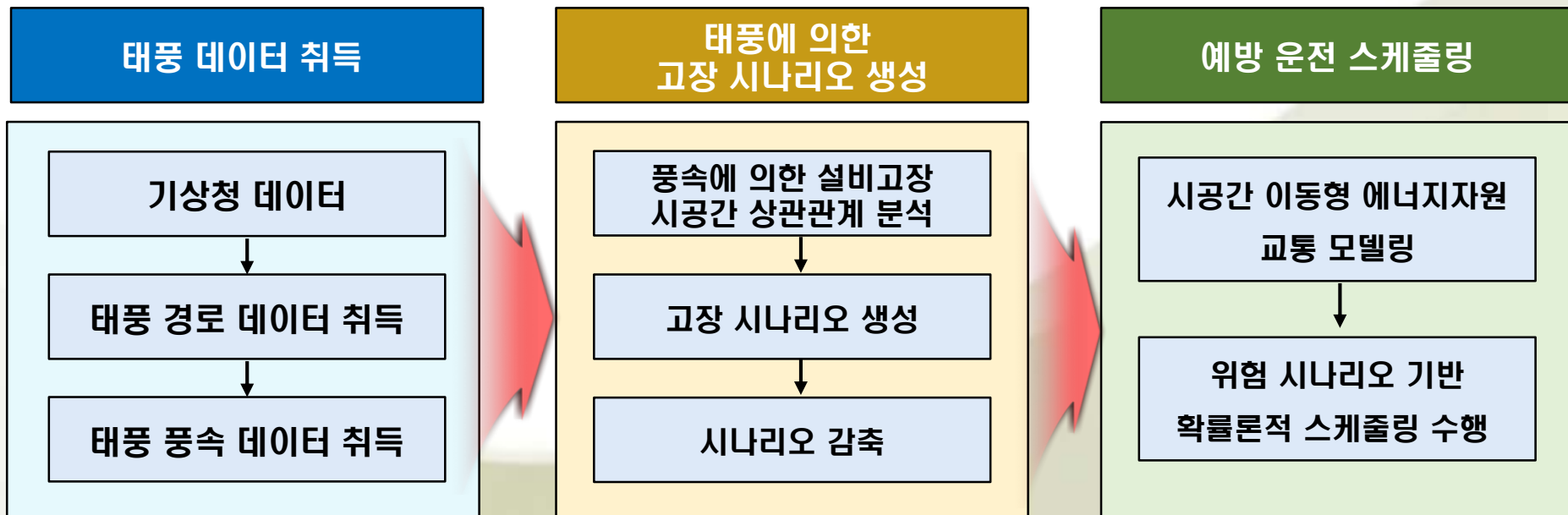
- 태풍의 경로와 범위에 따른 **선로 상정사고** 가능성을 예측하고, 이를 대비하기 위한 하루전 발전기 기동정지계획 수립과 **이동형 에너지자원을 위험지역으로 이동**시켜 계통 위험을 사전에 예방



예방제어(Preventive Action) 적용 방안

■ 자연재해에 대비한 Preventive 운영 절차

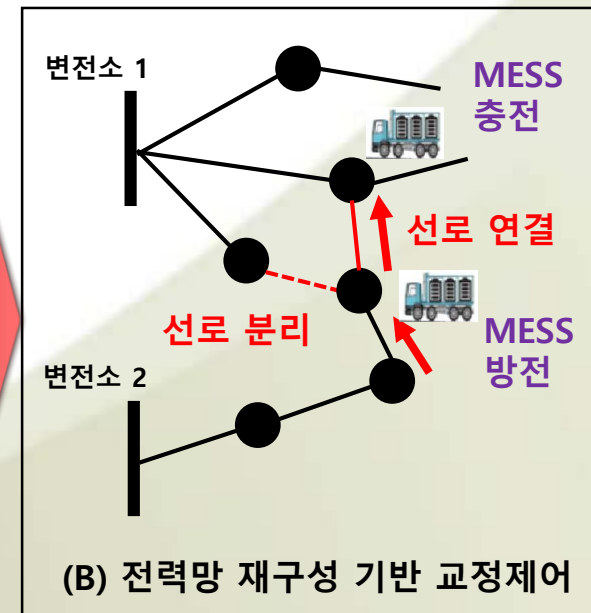
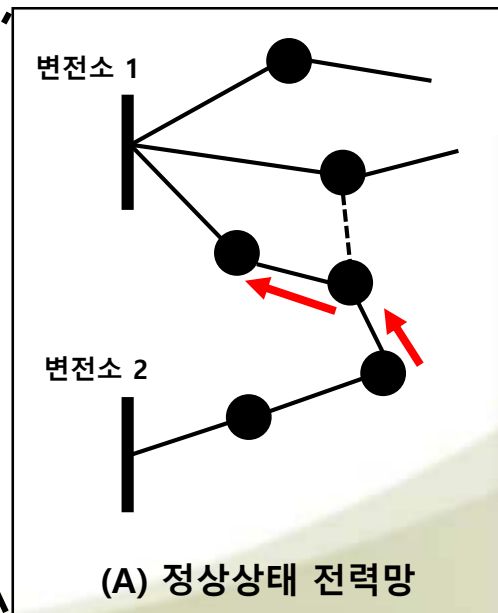
- (Step 1) 태풍의 과거 데이터를 기반으로 경로 및 풍속 데이터 취득
- (Step 2) Fragility Curve를 이용하여 태풍경로와 풍속에 따른 고장 시나리오를 생성하고, 위험분석을 통한 대표 시나리오 추출.
- (Step 3) 선로 상정사고에 대비한 이동형 에너지자원을 고려한 확률론적 스케줄링 수립



교정제어(Corrective Action) 적용 방안

■ 전력망 재구성을 이용한 피해 최소화

- **전력망 재구성**이란 재난 발생 시 사고의 파급 방지를 위해 선로 개폐기를 On/Off 하여 **네트워크의 토폴로지 구조를 변경**하는 과정을 의미

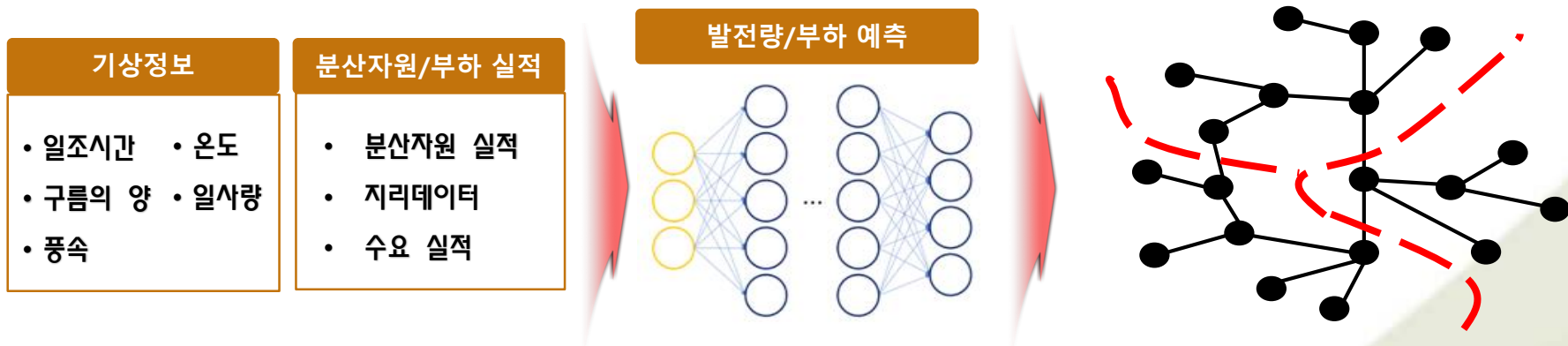


시공간 이동형 제어자원을 이용한 전력망 복구 연구

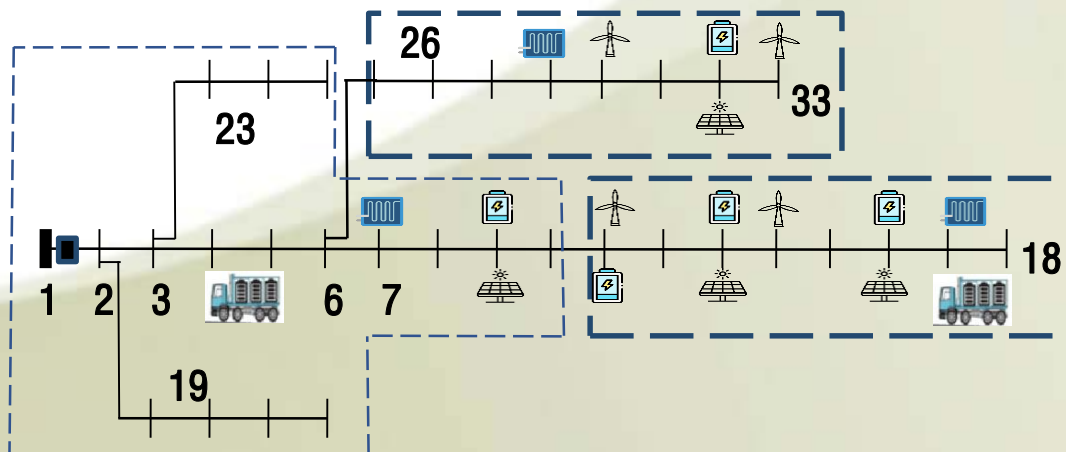
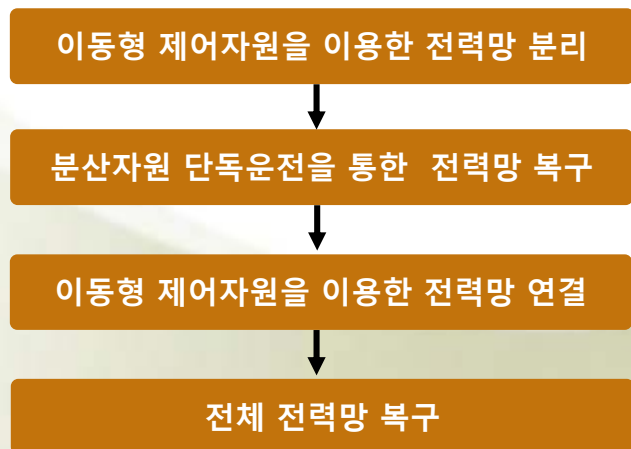
지역별 수급균형률을 고려한 전력망 복구 절차

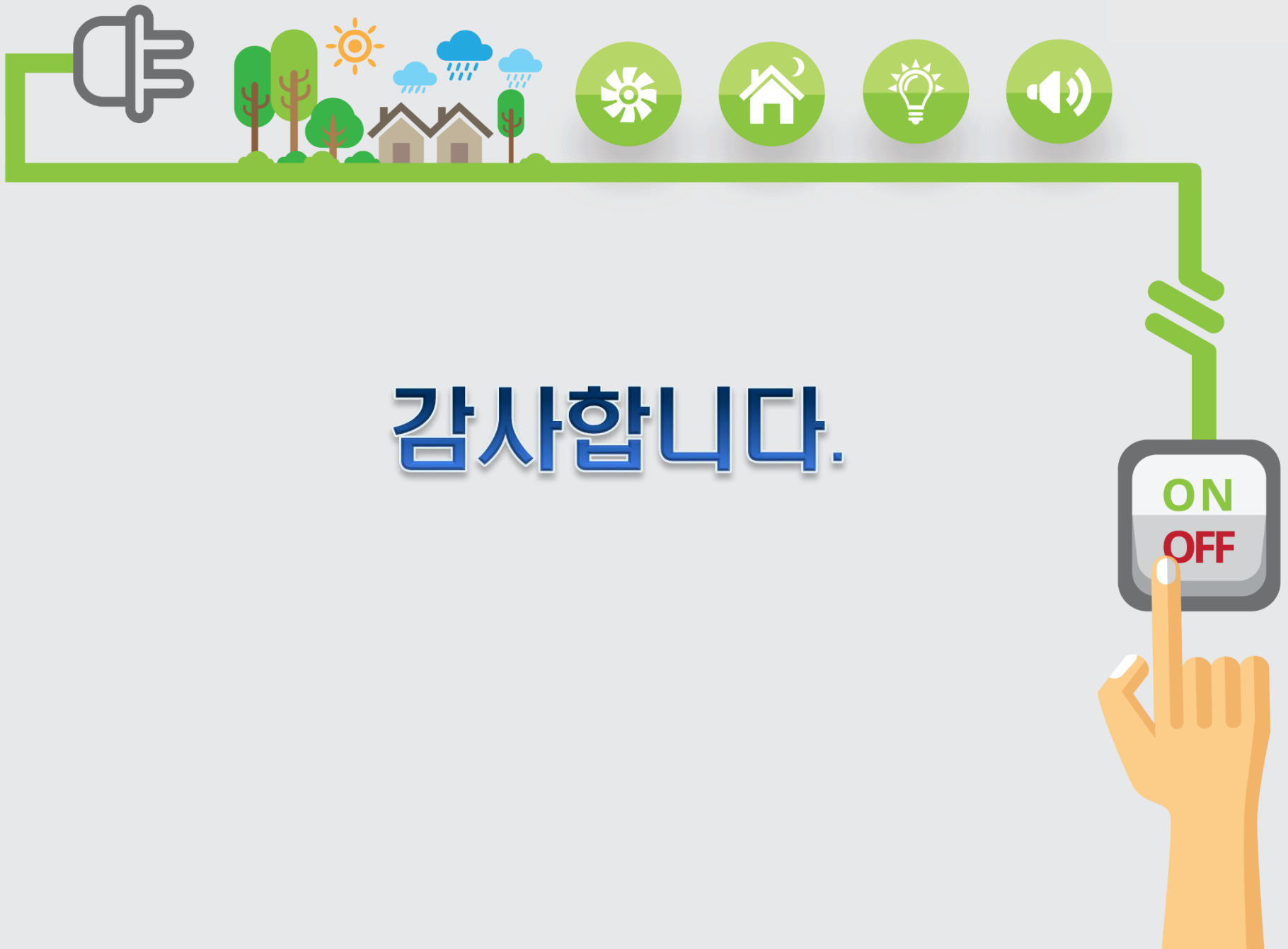
지역별 분산자원 발전량 및 부하예측

수급 균형을 고려한 Partitioning



시공간 제어자원을 이용한 전력망 연결·분리 기반 전력망 복구





감사합니다.