



한국 실정에 맞는 전력시장과 Smart Grid 추진방향

윤용태
서울대 전기공학부
2011. 7. 5

목 차

I. 개요

II. 환경 변화

III. 전력산업 운영현황

IV. 문제점 및 대응방안

V. 한국형 SG 운영체계 재정립(안)



I . 개요

개요

국내 전력시스템 운영 구조의 현황 분석



소비자측면의 전력산업이해

국내외 전력산업 동향 파악 및 미래방향 예측



전력산업 Mega Trend 제시

스마트그리드 이행을 위한 실행 전략 제시



Regional EMS의 구축

1. 소비자관점의 스마트그리드 추진

■ 국민의 수용성 제고를 위한 소비자 편의 중시

- 스마트그리드 구축 비용으로 국민적 부담은 가중될 수 있음
 - 국가에너지 효율에 기여하는 행동을 하는 소비자에게 인센티브가 제공되어야 함
- 국민의 부담이 기업의 이익이 되는 형태로 진행되어서는 안됨

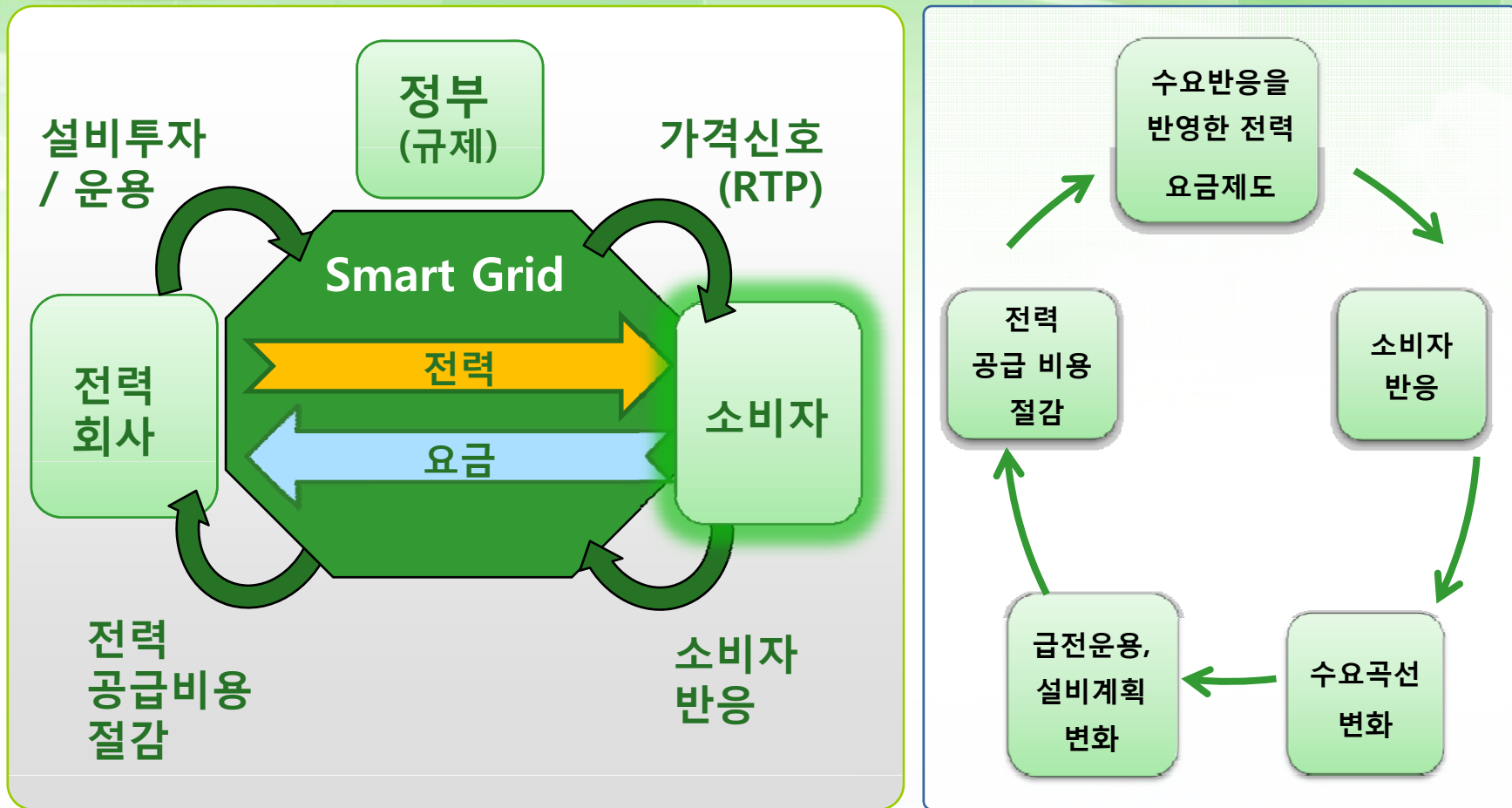
■ 접근성이 높고 활용이 쉬운 정보 제공

- 제공되는 정보가 뛰어나도 소비자가 활용하지 못하면 소비자 부담만 발생
- 소비자가 활용하기 쉽도록 소비자 입장에서 정보 제공
- 소비자의 욕구를 충족하는 서비스와 모델 제공

소비자 관점의 SG 추진방향

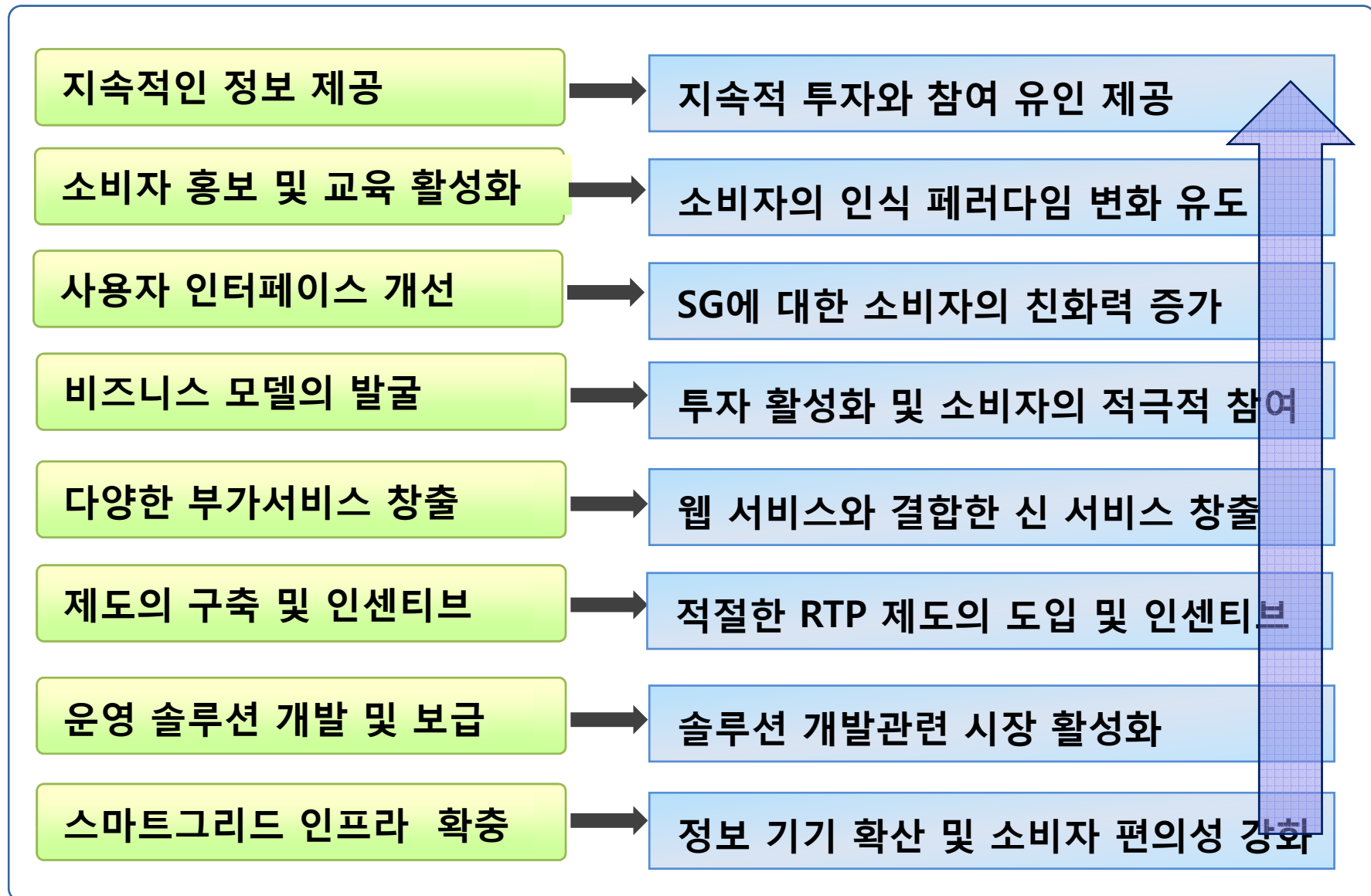
- 스마트그리드는 소비자 편의성 고려와 사회 전체 투입비용 최소화 관점에서 추진되어야 함
- 스마트그리드는 기술진보를 통하여 경제성 확보 후 확대 보급해야 자생적 시장 형성 가능
 - ◆ 초기 시장형성을 위해 정부지원은 필요하나, 장기적으로 모델별 자체 경제성 확보가 필요

2. 스마트그리드 환류체계



정부 지원이 줄어든 후에도 스마트그리드에 대한 지속적인 투자와 개선이 이루어지기 위해서는 투자 대비 소비자 효용이 증가할 수 있는 선순환적 구조의 확보가 필수

3. 소비자 참여 활성화 방안



4. 스마트그리드 선결 과제 및 추진방향

■ 스마트그리드 선결 과제

- 전력설비의 디지털화
 - ◆ 실시간 정보수집, 고장 사전진단 및 자동복구체계를 구축하는 등 지능화된 전력망 구축을 위한 다양한 전력기기의 디지털화 및 지능화의 선행
- 스마트미터 등 인프라 구축
 - ◆ 실시간 정보의 교환을 위해 디지털전력량계인 스마트미터로 교체
- 지능형 가전기기로의 단계적 전환
 - ◆ 스마트그리드의 편리함과 효율을 최대화하기 위해 소비자 가전기기가 원격제어 기능을 갖추어야
- 소비자의 인식 변화
 - ◆ 에너지를 효율적으로 사용할 수 있도록 실시간 정보를 제공함으로써 합리적인 에너지 소비 유도과 가정내에 스마트그리드 인프라를 갖추기 위한 투자가 선행되어야

■ 국가 차원의 SG 추진방향

- 스마트그리드 의 목적은 전력피크 감축, 기후변화에 대응을 위한 CO₂ 절감, 에너지 이용 효율화에 있으며, 이는 기술과 서비스를 통해 구현되는 것
- 고부가가치 창출이 가능한 핵심기술 개발과 국가표준화 활동을 통하여 국제표준 선점
- 경쟁력 있는 비즈니스모델 개발과 수출사업화 기반 마련에 집중



II. 환경 변화

해외 환경

시장경쟁 → 확장과 통합을 통한 경쟁력 제고로 패러다임 변화

구분	1980년대	1990년대	2000년 이후
전력산업 글로벌 트렌드	수직통합 국가적인 전력설비 및 전력망 구축 • 수직통합 형태 산업구조 • 전력 인프라 확보 관심	시장메커니즘 도입/민영화 경쟁 도입을 통한 효율성 증대 • 시장메커니즘 도입 확대 - 발전, 판매부문 신규 - 사업자 허용 및 시장개방	경쟁과 통합의 조화 새로운 패러다임에 부합하는 실리적 운영 • 국가별 전력산업 구조의 다양성 인정 • 수직·수평적 확장과 통합을 통한 경쟁력 제고

해외 환경

정책과 기술환경 변화로 글로벌 기업 출현 및 전방위적 성장전략 추세

정책 환경

- 공공성 위주의 정부 주도에 의한 산업운영
- ↓
- 민영화 및 시장메커니즘 도입
- ↓
- 시장 경쟁과 규모의 경제와의 밸런스 지향

글로벌 리더 기업 출현

- 수직적 확장
 - 발전/판매 결합 포트폴리오
- 수평적 확장
 - 전기/가스 등 통합 유틸리티
 - 전력사 인수합병을 통한 사업규모 확장
- 환경친화 에너지 확대
 - 원전/신재생 에너지 확대

기술 환경

- 화력발전 중심
 - 원전 안전성 논란
- ↓
- 저탄소 녹색 성장
 - 온실가스 감축의무
 - 원자력 르네상스

국내 환경

국내 전력산업 환경과 스마트그리드에 적합한 운영 체계 재편 요구

2000년

국내

IMF, 규제 후진국, Follower

국외

전력산업구조개편의 Global 확산

- 전력시장 경쟁체제 도입
- 경영효율성 효율성 제고 및 투자 유치

2010년

국내

가격정상화, 원전수출, SG Leader

국외

기후변화 대응, 자원민족주의 팽배

- 스마트그리드 산업선점 및 수출 역량 강화
- 분산전원·신재생 전원 도입
- ➡ 전력망 운영의 안정성 제고

- 2000년과 2010년의 대내·외 여건 변화로 전력산업 운영체계 재정립 필요
- 시장경쟁 도입 : 경쟁을 통한 효율성 증대 → 재통합구조 : 전력산업 성장 및 수출 육성



III. 전력산업 운영현황

해외 전력산업 운영현황 - 미국



연방단위가 아닌 주(州) 단위 자치규제

몬테나

- 송배전/발전 분리 구조조정법 폐기
- North-Western(송배전Inc.)社의 발전소 보유 허용

캘리포니아

- 시장경쟁 도입후 정전증가, 전력요금 상승 및 경영악화
- 소매부문 시장경쟁 도입 중단 (2001년)

버지니아

- 전력사용량 5MW이하 수요자 기존독점시장 복원
- 버지니아주 법인위원회 소매요금 규제강화

• 연방단위가 아닌
주단위 자치규제

• 시장경쟁도입의
실질 효과에 대한
부정적 견해 증가



시장 매커니즘 도입 결과에 대한 부정적 견해 증가

- 구조개편 이후 요금인상과 정치적 혼란 발생
➔ 구조조정의 미래는 불투명함

PIRGIM

- 자유화 이후 모든 지역에서 전기요금 상승
➔ 경쟁으로 얻는 소비자 편익은 없음

ELCON

- 버지니아주의 전력산업 규제 강화
➔ 전력회사의 신용강화에 긍정요인

S&P

- 시장경쟁 도입후 판매부분 경쟁 효과 미미
➔ 낮은 가격인하 효과, 제한적 상품 옵션

FERC

- 시장체제 후 송·배전 설비 투자의욕 저하
➔ 송·배전설비 건설 위한 자원조달 곤란

FERC

- 장기적 전력수급계획수립 권한 상실
➔ 전력공급 신뢰도에 부정적인 결과 초래

PIRGIM

해외 전력산업 운영현황 - 유럽



국가별로 독립적인 전력산업 구조개편 이행

영국

- 90년대부터 민영화 및 경쟁도입
 - ✓ 2010년 현재 발전 및 소매부문 재통합社 출현
- 독립 ISO (National Grid) 및 3개 송전사업자 체제

프랑스

- 민영화 계획 미정 : EDF 정부지분 85% (08년말)
- 송전망은 EDF에서 운영
 - ✓ 회계 분리 및 독립적 경영이 이루어짐

독일

- 수직통합형태의 민영 기업들이 지역시장 독과점
- 송전망의 법적분리, 소유권 미분리
 - ✓ 4대 전력기업은 송전 포함 수직통합형태 유지

이탈리아

- 99년 이후, 6년에 걸쳐 점진적 민영화 실현
 - ✓ ENEL 정부지분 감소 : 68% → 31%
- TO/SO 완전분리 : 단계적 추진

• 국가별 전력산업 정책에 따라 송전망 개방 또는 독립 운영

• 수직통합 운영 구조 재출현

해외전력산업 운영현황 – SO/TO

구분		MO	SO	TO	비고
유럽	영국	ESIS(NGC자회사)	NGC		• 독점 구조 ✓ SO-TO 통합
	프랑스	Powernext	RTE		
	노르웨이	Nord-Pool	Statnett SF		
	스웨덴	Nord-Pool	Svenska Kraft		
	뉴질랜드	M-Co	Transpower		
	스페인	OMEL	REE		
	캘리포니아	CPX	ISO	다수 전력회사	• 경쟁구조
미국	뉴욕	NYPX		다수 전력회사	
	PJM	PJM		다수 전력회사	
호주		NEMMCO		다수 전력회사	✓ SO-TO 분리
캐나다	온타리오	IMO		다수 전력회사	

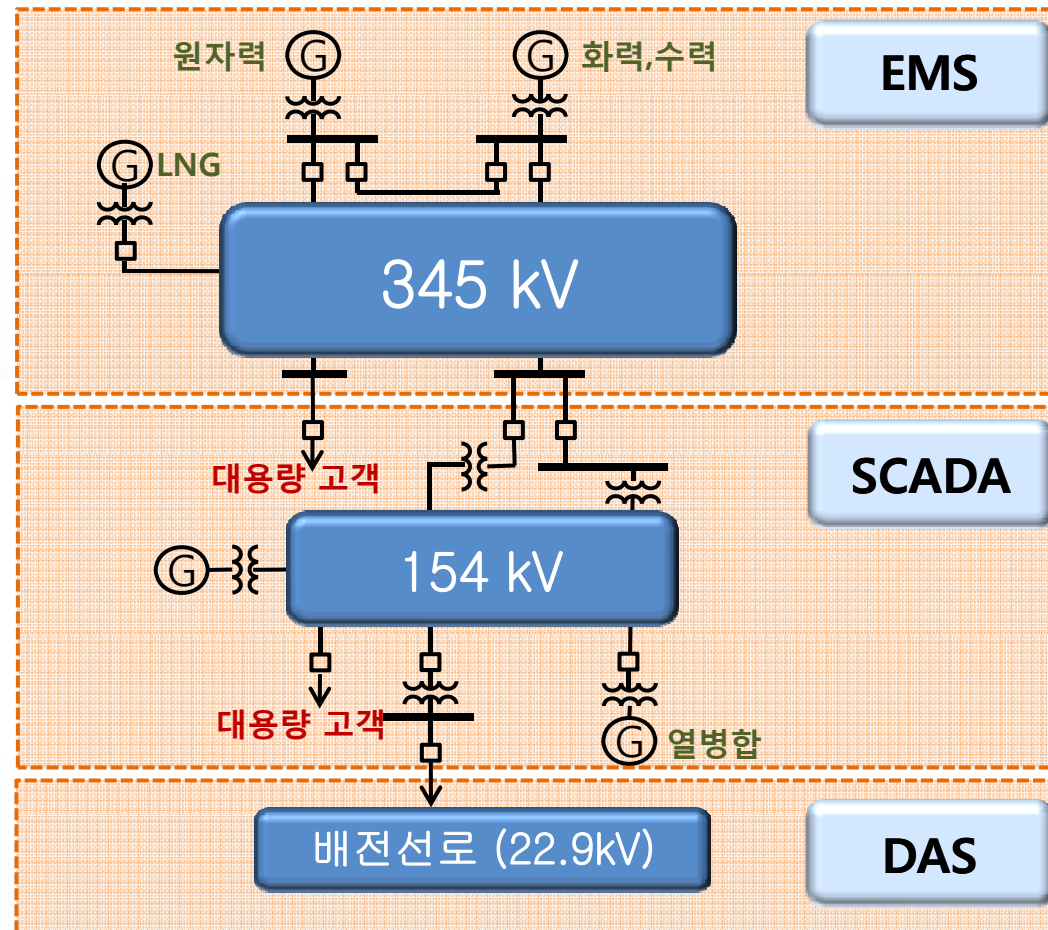
* MO : Market Operator * SO : System Operator * TO : Transmission Owner

국내 전력산업 운영체제

SO와 TO 기능의 소유, 운영주체 분리



운영체제



특징

- EMS
 - ✓ 대형 발전기 제어 중심
- SCADA
 - ✓ Offline 해석 (PSS/E)
 - ➡ 실시간 계통해석 (PNA)
 - ✓ 5분단위 자동계통 해석을 통한 실시간 위험성 평가 및 예보
- DAS
 - ✓ F.I 정보를 통한 고장 인지 및 원격 제어

- * PSS/E : Power System Simulator for Engineering
- * PNA : Power Network Analysis
- * F.I : Fault Indicator



IV. 문제점 및 대응방안

SO/TO 분리의 문제점

전력공급 안정성 확보 곤란

- 계통운영과 송전망 소유의 분리 → 송전설비 최적 투자 제약
 - ※ 미국 송전분야 투자 규모 성장률 : 15%(SO/TO분리전) → 4%(SO/TO분리후)
- 광역정전 등 고장발생에 대한 신속한 처리 곤란
 - ✓ 정전 복구시간 : 제주 TL고장 5~39분('99) → 제주 해저케이블고장 28~154분('06)

적기 발전설비투자 곤란 및 경제성 저하

- 시장제도와 전력수급기본계획의 불일치로 기저설비 적기 확보 미흡
 - ✓ 기저발전설비부족량 : 11,106 MW (2007년) → 연간 2조원 추가비용 발생
- 발전사별 개별 연료구매로 연료구매비용 증가
 - ✓ 평균 17% (최소 9% ~ 최대 26%)의 추가 연료구매비용 지출

SO/TO가 분리된 운영체제로 스마트그리드 도입시 비효율성은 더욱 심화

구분 내용	SO-TO 분리 (현재)		SO-TO 통합	
	2010년	2030년	2010년	2030년
투자의 비효율성	12%	25% (2배 ↑)	5%	0%
사고대처	10%	20% (2배 ↑)	5%	0%
운영의 비효율성	15%	25% (2배 ↑)	8%	0%

*SO-TO 통합시의 상황을 0%로 가정하여 2030년 상황 추정

*맥킨지 보고서 및 국회의원 최철국 국정감사 자료 근거

*한국전력산업 통계 01~09 자료 활용

- SO-TO가 분리된 현체계 유지시 적정 설비투자, 고장처리 및 시스템운영의 비효율성 심화
- 현행 EMS의 KPX 주도적 운영으로 인해 전력시스템 운영상의 비효율성 가중

바람직한 대응방안

현행 전력시스템 운영체제

- 전력산업 구조 개편안 : SO - TO가 분리된 현 체계 유지
- 기존의 확장형 EMS의 구축 방향 : 시장기반, 발전기 운영 중심, 분산전원 제어권 확보



바람직한 대응안 ▶ Regional EMS 구축

- 전력 시스템 기반, 계통 운영 중심 System 운영
- 계통해석 정확성 및 계통운영 효율성 확보 (실질적 계통 운영 주도)
- 분산전원 운영 및 제어권 선점을 위한 방안으로 활용
- SO - TO 통합 후 계통제어, 발전제어의 연계 효율성 극대화



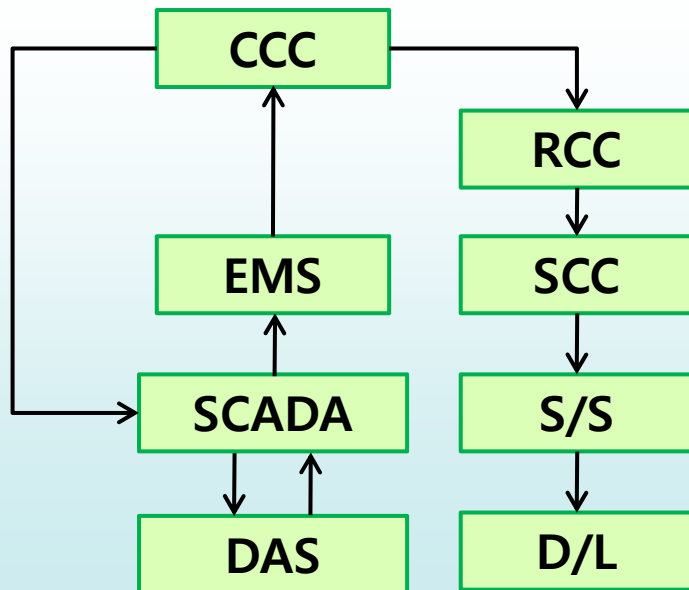
V. 한국형 SG운영체계 재정립(안)

기존 EMS 연계형 Regional EMS 체계 운영

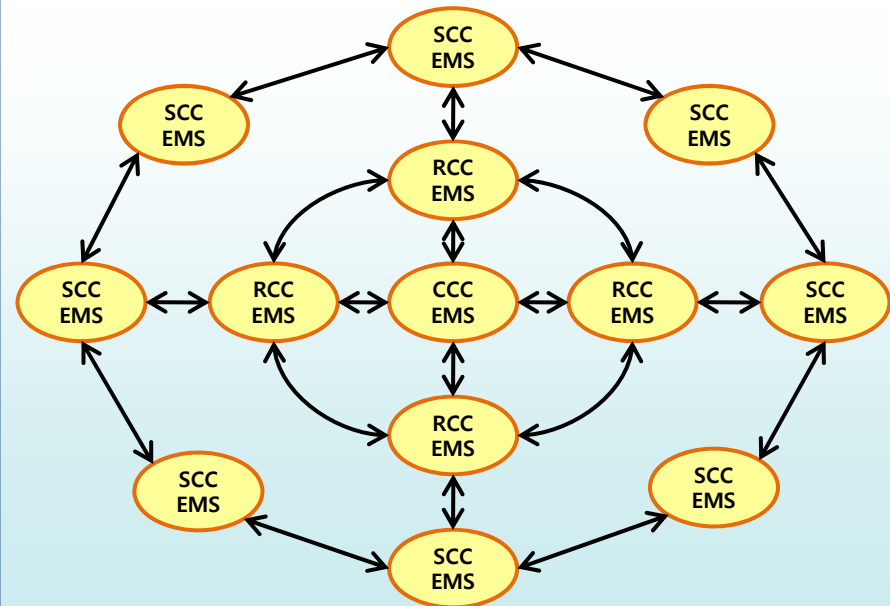
기본 개념

- 계층(Hierarchical) & 수직(Vertical) 체계 ➡ 평행(Parallel) & 분산(Distributed) 체계
- 중앙(Centralized) SCADA ➡ 분산화(Distributed) & Web 기반 SCADA

기존 EMS



Regional EMS



* CCC:Central Control Center * RCC:Regional Control Center * SCC:Section Control Center

기존 EMS와 Regional EMS 비교

기존 EMS

- 345KV 이상의 발전운영 중심

- 계통상황 추정 ➡ 대형발전기 급전 지시

- Public Network

- 시장 기반

- 필터를 활용한 CIM-like 인터페이스 구축

제어
기준

주요
목적

네트워크

기 반

DB
구축

Regional EMS

- 154KV 이하의 계통운영 중심

- 정확한 계통해석 ➡ 효율적 계통운영
(T/P, S/E, N/A)

- Private Network

- 시스템 기반

- CIM, GID 기반 ➡ 상호운용성, 표준 확보

* CIM : Common Information Model

* GID : Generic Interface Device

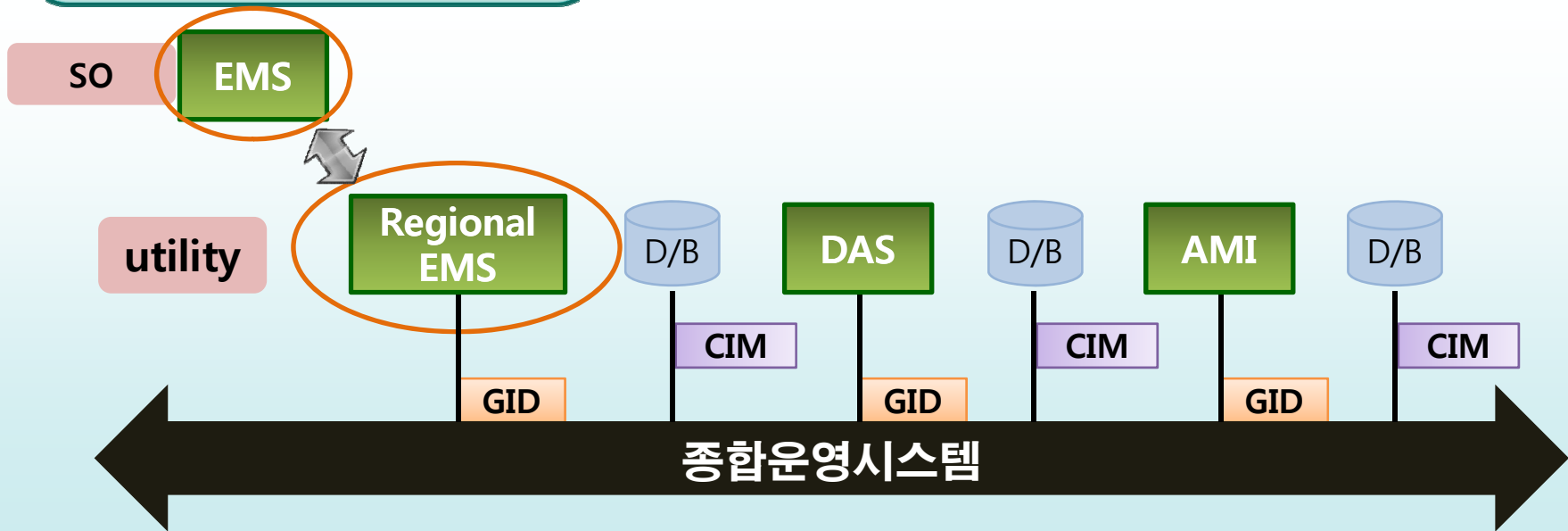
* T/P : Topology Process

* S/E : System Estimation

* N/A : Network Analysis

Regional EMS 개요

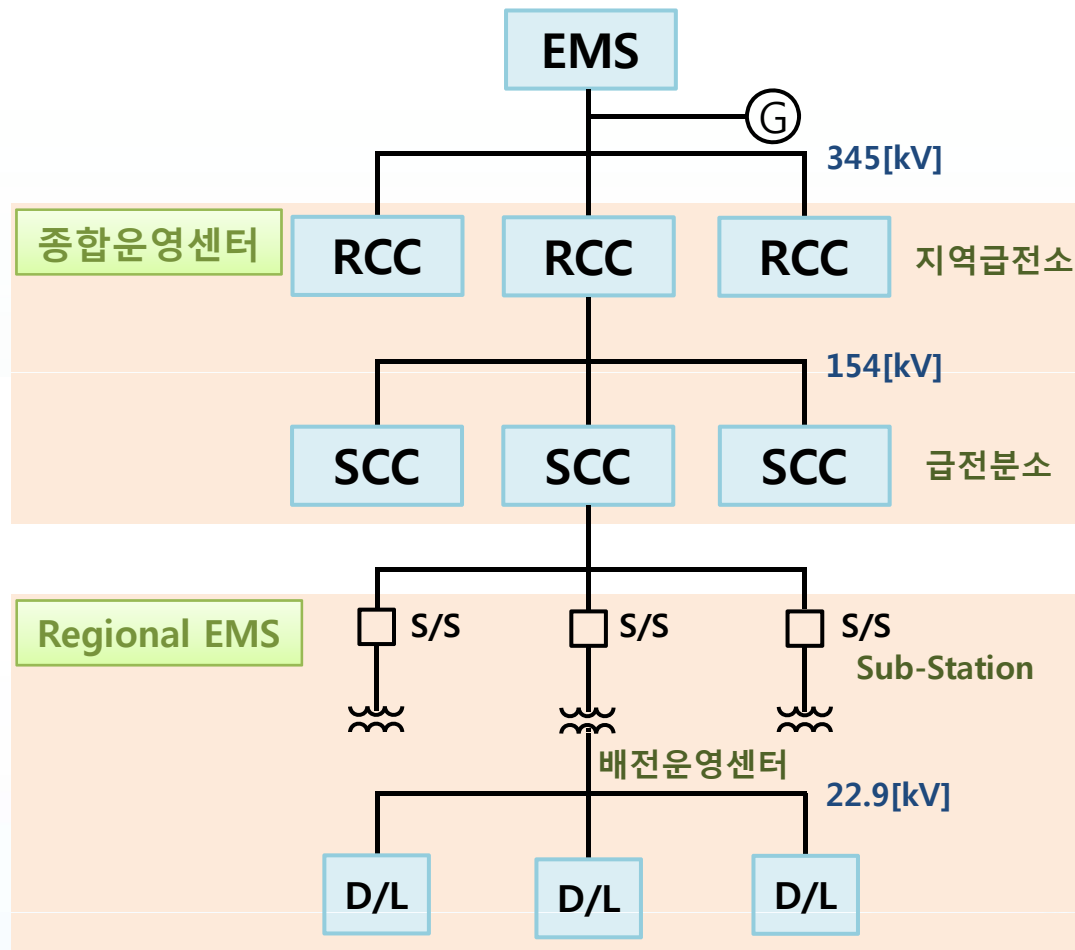
개념도



- 스마트그리드 이행에 따라 기존의 EMS 기능을 Regional EMS가 대체
 - 계통운영과 발전운영의 연계 가능
- Regional EMS의 DB를 CIM, GID기반으로 구현
 - 표준화, 상호운용성 확보, Plug& Play 가능

Regional EMS 구성 및 특징

구성도

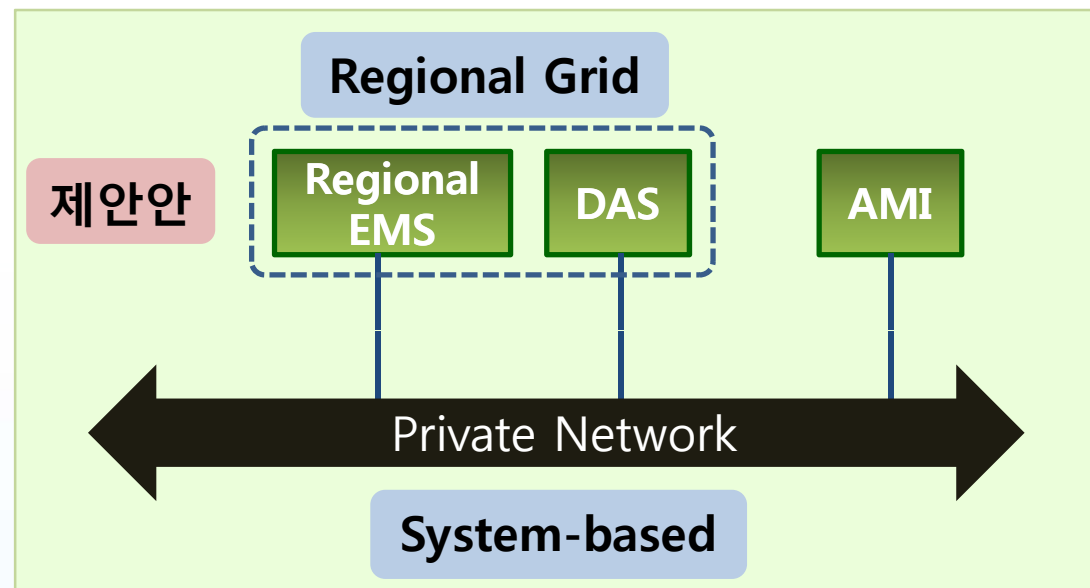
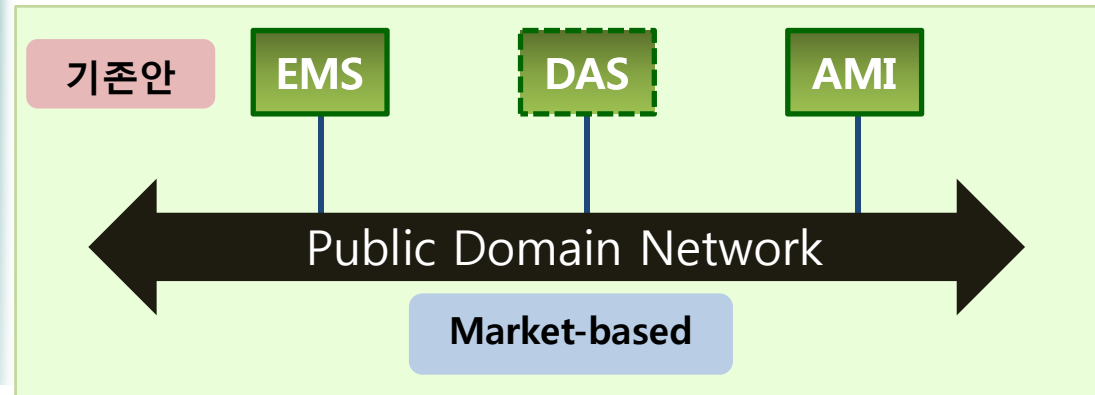


특징

- 지역(Region) 개념의 계통 운영 중심
- 정확한 T/P (Topology Process), S/E (System Estimation)을 통한 계통운영
- 부하의 효율적 배분을 통한 설비 이용률 증대

Regional EMS Network 구축

구성도

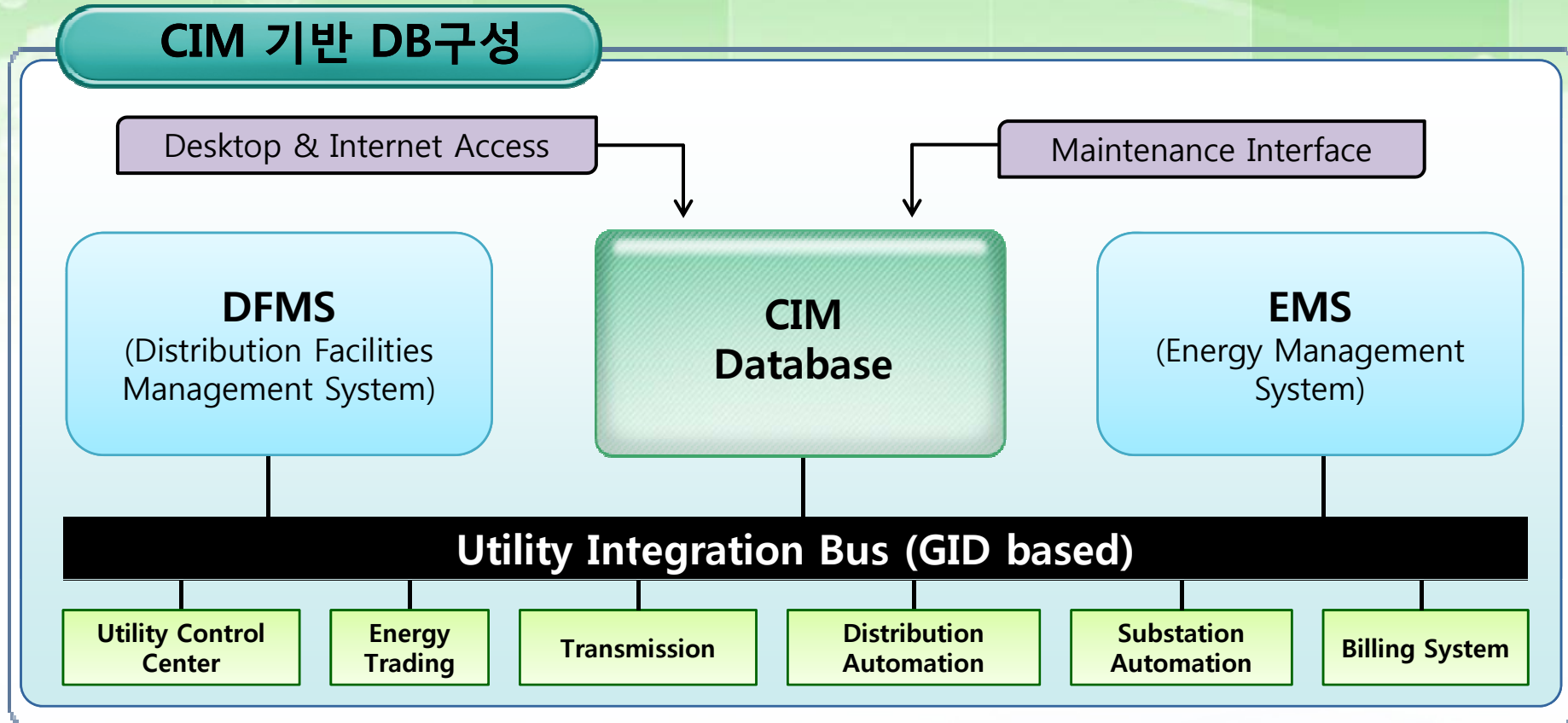


특징

- 기존의 확장형 EMS는 Public Domain Network를 활용하며, 정보보안 및 사생활 침해문제가 있음
- Regional EMS는 utility 소유의 Private Network를 활용하여 필요정보만을 공개
- utility의 계통정보확보 및 보유권 유지 가능

Regional EMS 정보 시스템 구축

CIM 기반 DB구성

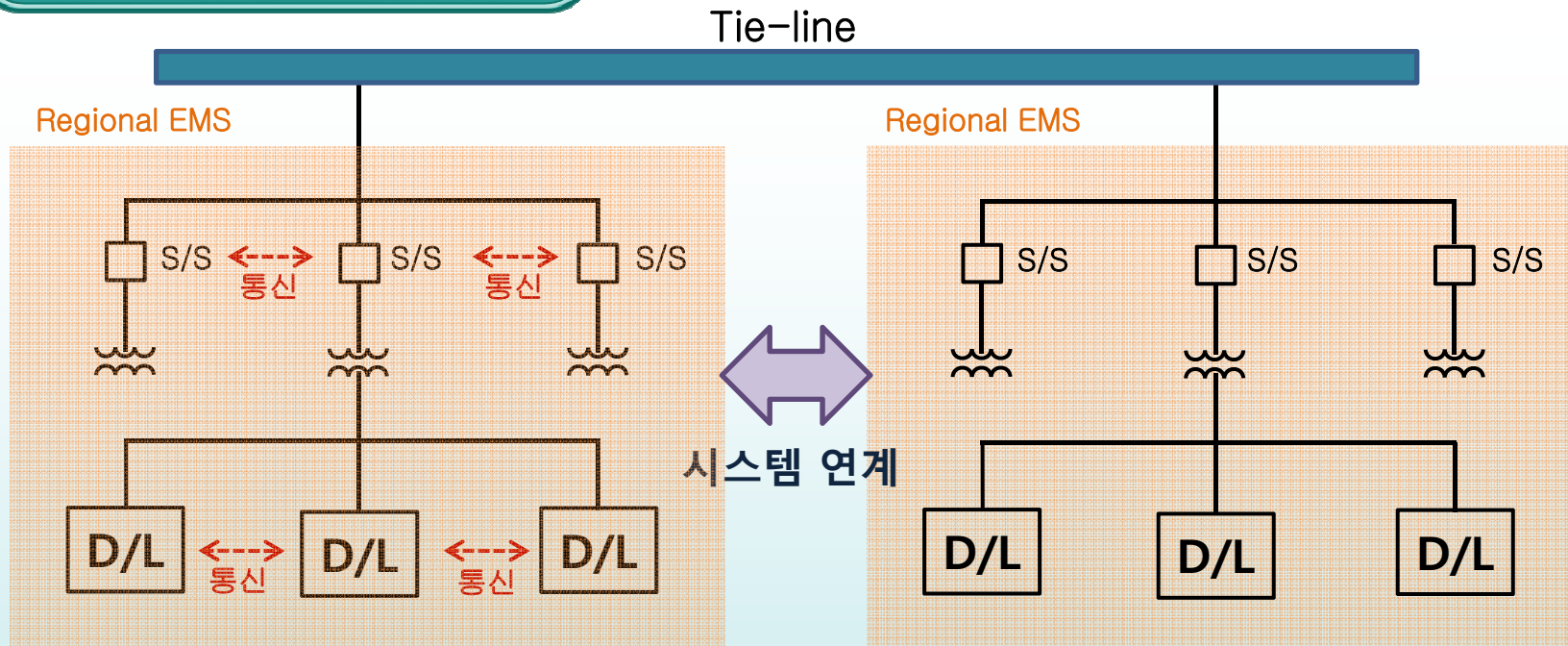


CIM 특징

- CIM은 전력시스템의 개체, 특성, 관계를 규정함

Regional EMS 시스템간 연계

개념도

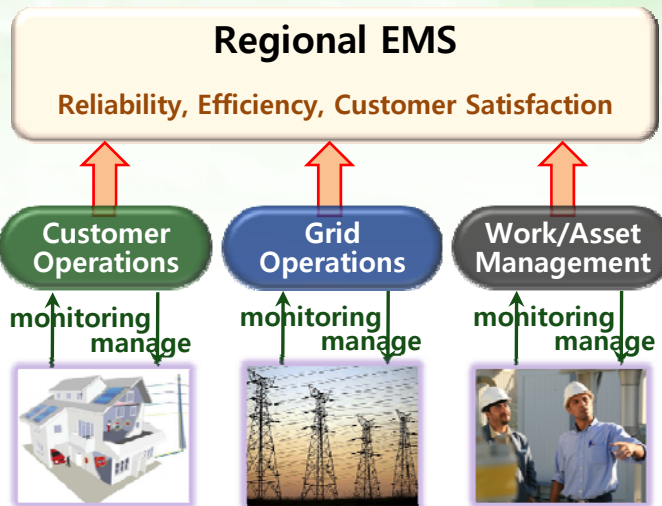


- 지역 내에서의 효율적 부하배분 → 설비 이용률 개선
- Regional EMS간 Tie-line을 통한 정보의 공유 및 협조제어

단계별 구축 전략

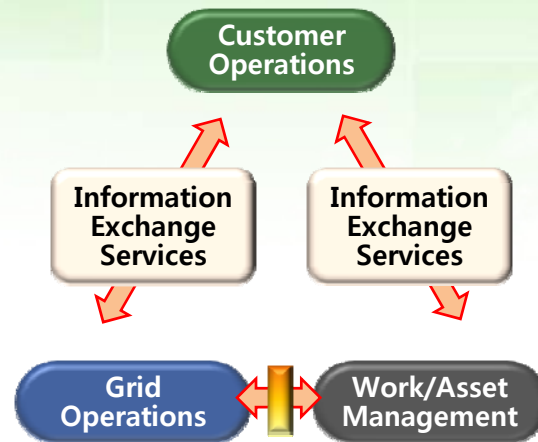
1단계

- 최소 단위 Regional EMS 설계



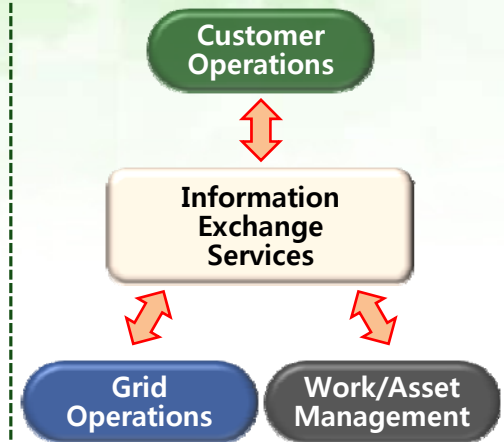
2단계

- Regional EMS 실계통 연계



3단계

- Regional EMS 확대 적용



Key Success Factors

- Regional EMS 개념모델 설계
- 세부Spec 결정 및 시뮬레이션 통한 검증 작업

- 신뢰도와 안정성 확보를 위한 시험운전
- Regional EMS 통합 및 실계통 연계 실증

- 전국적 확대 적용
- 상호 운용성, 표준화 및 시스템 확장성 확보

**한국 실정에 맞는 전력시장과
Smart Grid 추진방향**

감사합니다