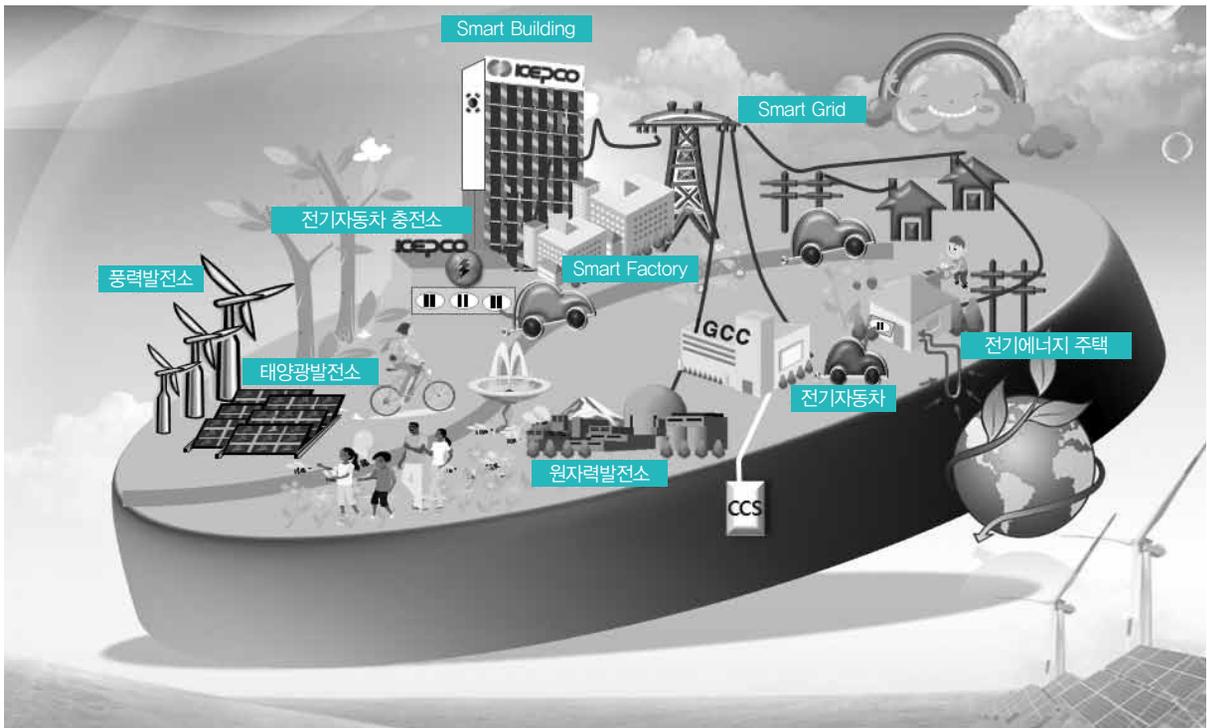


스마트그리드 대비 고압고객용 차세대 전력계량시스템 개발 추진 현황

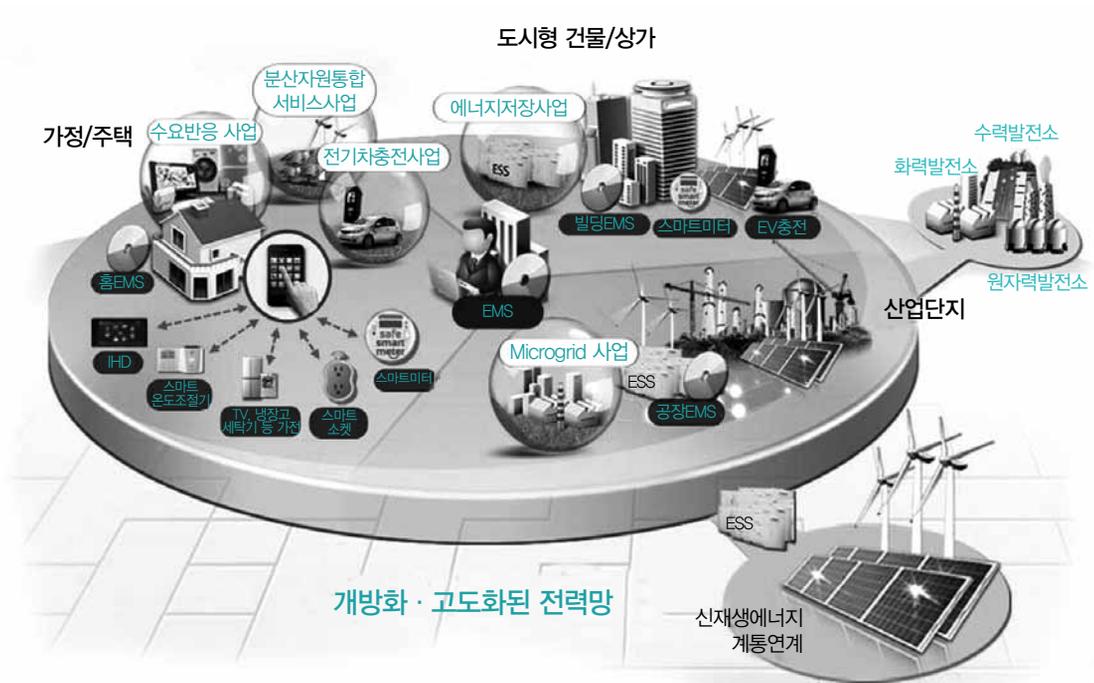


조재형
한전 배전운영처 전력계량팀장

1. 개황

스마트그리드는 기존 전력망에 통신 기술을 접목하여 공급자와 수요자 간 실시간으로 양방향 전력정보를 교환함으로써, 효율적인 전력생산·배분·사용이 가능하도록 하는 전력인프라 시스템이다. 스마트그리드 개요를 나타내는 [그림 1]에서 보듯, 스마트그리드에서는 기존 전력계통과 다르게 다양한 발전원 연계로 인하여 양방향 전력공급이 이루어지고, 전기자동차 충전소와 같은 신개념 부하시스템이 연계된다. 또한, 전력사용에 대한 실시간 정보와 부가서비스 제공이 가능하게 된다.

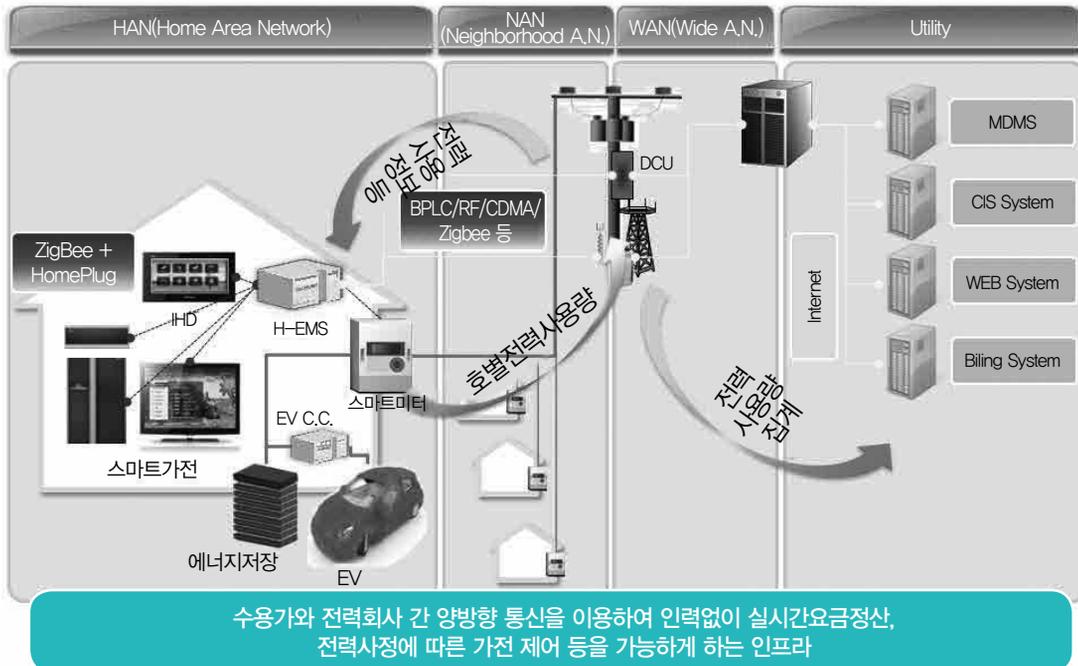
한전에서는 이와 같은 스마트그리드의 핵심사업인 AMI (Advanced Metering Infrastructure) 사업을 추진 중이다.



[그림 1] 스마트그리드 개요

AMI는 기존의 전력계량 기능 이상의 다양한 계통정보 계측을 통하여 복잡해지는 전력계통의 운영효율

을 제고시키며, 사용자에게는 경제적인 전기사용이 가능하도록 다양한 부가서비스를 제공한다. 또한, 분



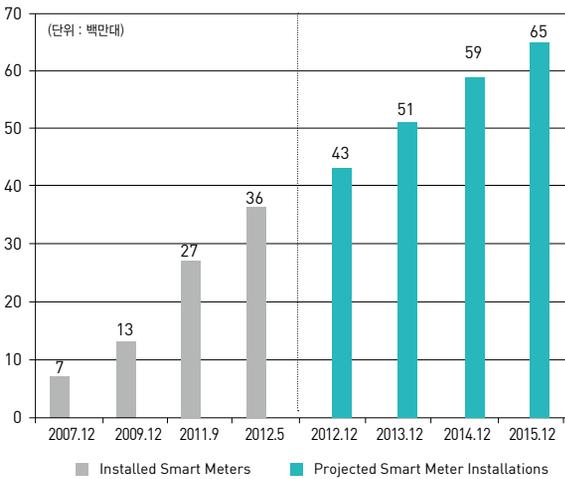
[그림 2] AMI 구성도

산전원, 전기자동차, 수요반응 등 새로운 전력계통 운영을 위한 관리기반으로서의 역할도 가능하다.

2. 현황

가. 국외 AMI 구축 현황

해외의 경우에는 미국과 유럽을 중심으로 AMI를 대량(Nationwide)으로 구축 중에 있으며, 이는 국내와 다르게 근본적으로 전자식 전력량계 보급사업과

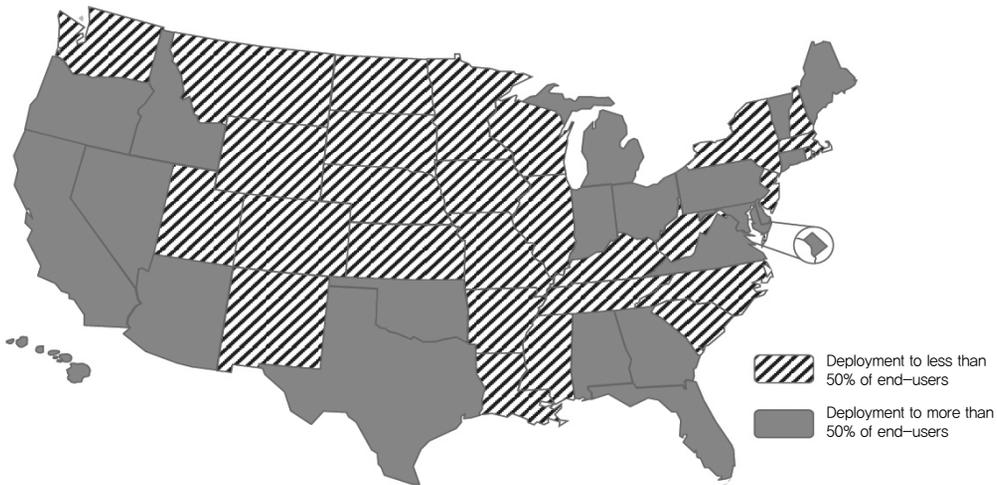


[그림 3] 미국의 스마트미터 구축현황 및 계획

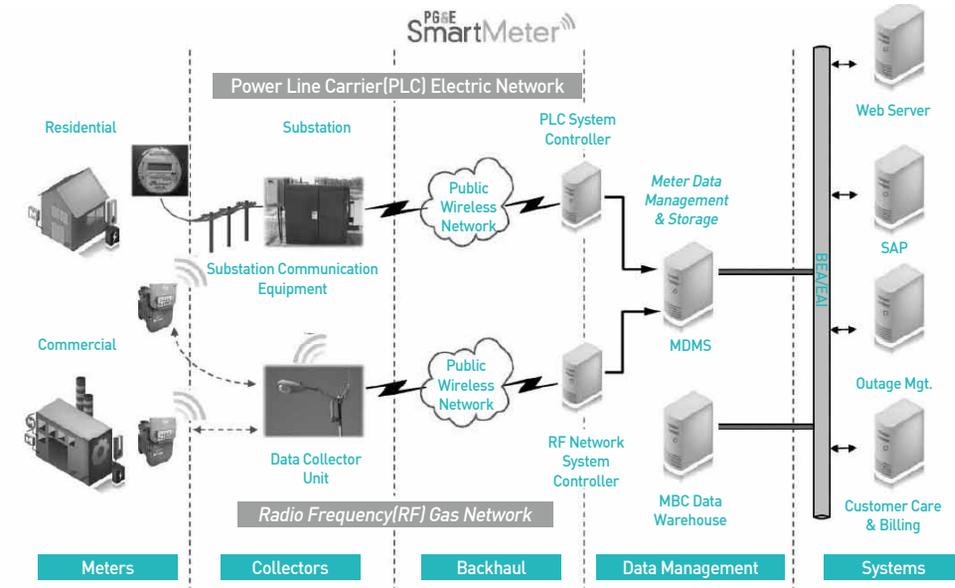
AMI 도입을 통한 수요반응 서비스를 제공하기 위한 법적 제도가 마련되어 있기 때문이다. 특히 미국의 경우에는 [그림 3, 4]와 같이 2012년 기준으로 3,600만 대의 전자식 전력량계를 설치했으며, [표 1]과 같이 대부분 서부와 동부를 중심으로 설치되어 있다. 또한, Incentive-based demand response 제공 및 전력 도매시장의 가격 탄력성을 직접 반영하여 하루 중 지속적인 가격변동을 보여주는 실시간요금제(RTP, Real-Time Pricing) 및 수요관리형 선택요금제(CPP, Critical Peak Pricing)를 의무적으로 제공하는 지역도 생기고 있다.

[표 1] 북미 주요 전력사의 스마트미터 구축 현황

구 분	적용대수
CenterPoint	220만호
Duke Energy	38만호
FirstEnergy Corp	6천호
Oncor	250만호
Pacific Gas & Electric	480만호
Southern California Edison	390만호
Southern Company	399만호
State Program(Pennsylvania)	140만호



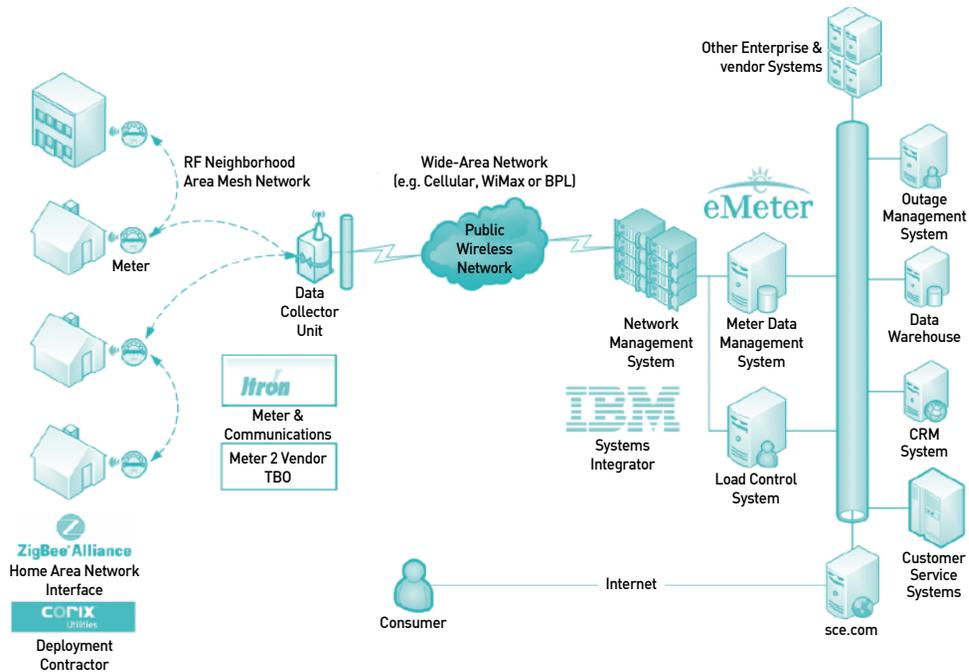
[그림 4] 미국의 스마트미터 설치 분포도



[그림 5] PG&E사의 AMI 구성도

북미의 AMI 시스템에서 근거리 통신방식은 처음에는 ZigBee 방식을 선호하였으나, 대부분의 수용가 밀집도가 낮기 때문에 전력사가 별도의 주파수 스펙트럼을 할당받아 사용하는 통신방식을 적용하여 근

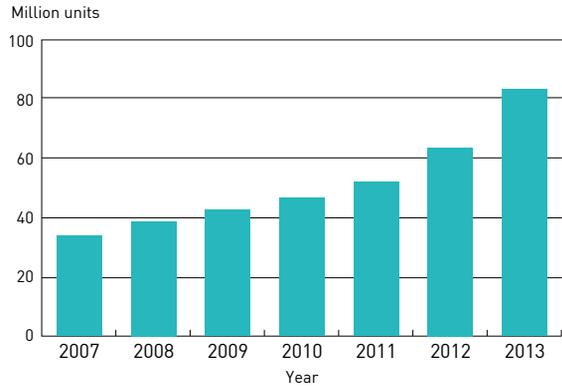
거리 및 중거리 통신망을 구축하였다. MDMS(Meter Data Management System) 및 ADCS(Automatic Data Collection System)는 Itron, E-meter 등의 스마트미터 제조사가 제공하는 시스템을 활용하고



[그림 6] SCE사의 AMI 구성도

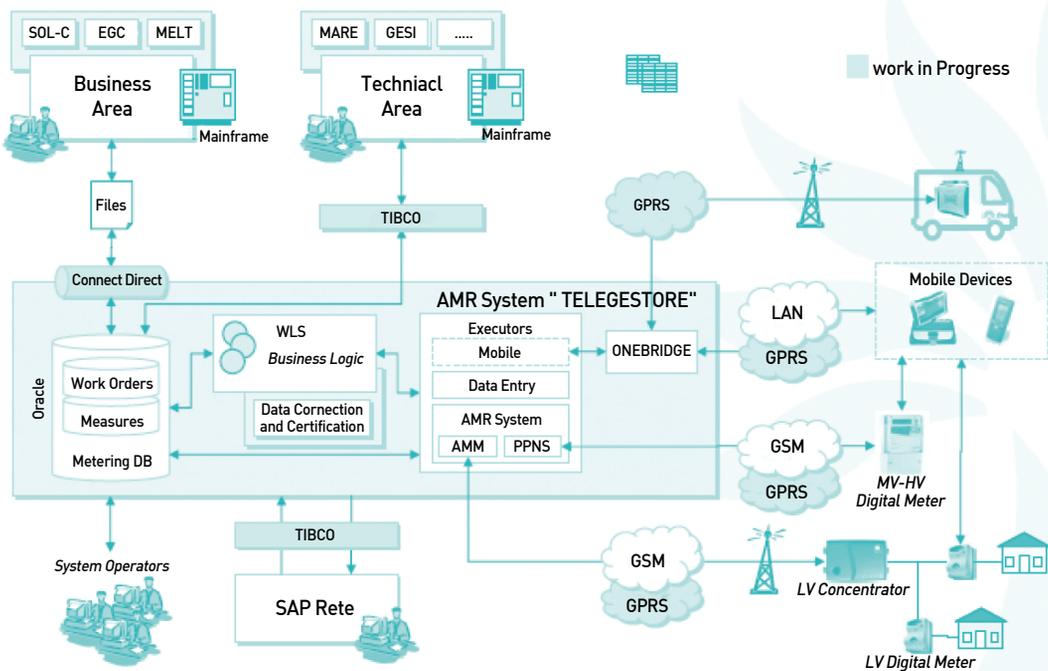
있으며, WAN(광역 통신망, Wide Area Network) 통신망은 광통신 또는 이동통신망을 사용하고 있다. 또한, SI(System Integration)사에서 스마트미터부터 MDMS까지 전체 시스템을 통합하여 솔루션 형태로 제공하는 것이 일반적이다.

EU는 미국과 달리 기후변화협약에 적극 대응하고자 신재생에너지를 지속적으로 도입하고 있으며, 온실효과를 저감하기 위해 이탈리아, 스웨덴, 덴마크 등의 북유럽 국가를 중심으로 대규모 AMI 사업을 구축하고 있다. [그림 7]과 같이 2007~2013년 사이 약 3,500만개의 스마트미터가 유럽에 설치되었다. 유럽 대부분의 국가는 저압구간에는 저속(협대역) PLC(Power Line Communication) 기술을 활용하고 있는데, 이는 북미의 근거리 무선방식과 차별되고 있으며, 최근에는 미터링(Metering) 및 스마트그리드 목적으로 규격을 완성한 협대역 OFDM(Optical Frequency Division Multiplexing) 기술을 사용하는 G3-PLC, PRIME 사용이 보편화되고 있다.



[그림 7] EU 25개 국가의 스마트 미터 설치 대수(2007~2013)

WAN 통신방식으로는 GPRS(3G 통신) 및 광통신방식을 사용한 것이 일반적이며, [그림 8]과 같이 Enel사가 3,500만호를 대상으로 구축한 시스템은 일 2회 전력계량 데이터를 수집하는 AMR 시스템이므로 현재 전력계량 데이터 수집 주기를 줄이고 수요반응을 제공할 수 있는 AMI 시스템으로 업그레이드를 진행 중에 있다.



[그림 8] 이탈리아 Enel사의 AMI 구성도

[표 2] 주요 국외 전력회사 스마트미터

제조사	GE	Itron	Landys+Gyr	Elster
사진				
주요 기능	<ul style="list-style-type: none"> • Tamper 기능 • 최대수요 전력 • 전력품질감시 • 양방향 계량 • TOU/LP 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamper 기능 • 최대수요 전력 • 전력품질감시 • 양방향 계량 • TOU/LP/ CPP/RTP • 원격제어 	<ul style="list-style-type: none"> • 최대수요 전력 • 전력품질감시 • 양방향 계량 • TOU/LP • 가스/수도 	<ul style="list-style-type: none"> • 목표 Demand • 도달시 자동제어 • 정전기록 • 양방향 계량 • TOU/LP

나. 국내 추진 현황

우리나라는 부족한 발전예비력을 회복하고, 분산 전원, 전기자동차와 같은 신개념 전력설비 도입에 따른 운영기술 최적화를 위해 정부정책에 발맞추어 자체적인 AMI 구축사업을 추진 중에 있다. [표 3]은 정부의 스마트그리드 단계별 투자계획이며, 한전도 이에 맞추어 AMI 구축사업을 추진하고 있다.

한전은 2000년부터 고압고객에 대하여 원격검침을 도입하여 현재 전 고압 고객에 대하여 시행 중이고 취득된 계량데이터를 활용하여 수요관리 등 기본적인 서비스를 제공하고 있으며, 저압고객은 2010년 50만호에 대한 원격검침 시범사업을 거쳐 AMI를 구축하기 위한 전자식계기의 보급을 확대 추진 중에 있다.

다. 스마트그리드 대비 고압고객용 차세대 전력계량시스템 개발

1) 사업 개요

저압고객은 스마트그리드를 대비하여 G-type 스마트미터를 개발 완료하였으며, Ea-type은 올 연말을 목표로 도입을 추진 중에 있다. 또한, 저압고객용 AMI 운영시스템인 AOS(AMI Operation System)는 2013년 8월부터 개발을 추진하여 현재 시범운영 중에 있으며 향후 본격 적용할 예정이다.

저압고객용 스마트미터 도입 및 AMI 시스템 개발에 이어, 고압고객용 양방향 계량, 전력품질관리, 새로운 요금체계 지원을 위한 고기능 스마트미터의 도입과 실시간 양방향 정보교환을 지원하는 검침통신망과, 자동화된 원격 전력량계 운영시스템 등의 검침

[표 3] 정부의 스마트계량기 도입 계획

구 분	현재	1단계				2단계			
	~2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
고객호수(만호)	1,914	1,949	1,984	2,019	2,054	2,089	2,124	2,159	2,194
AMI보급(만대)	62.5	200	250	250	287.5	250	250	330	314
누적율(%)	3.3	14	25	37	51	62	73	87	100

인프라를 선진화할 계획으로, 한전 전력연구원에서 연구개발을 수행하고 있으며 사업기간은 2014년 1월부터 2016년 2월까지이다.

2) 고압고객용 스마트미터(S-type)

전력량계는 기본 전력계량 기능에 양방향 계량, 시간대별/단가별 TOU(Time Of Use)기능, CPP, RTP, OPP(Over Peak Pricing) 등의 실시간 및 DR(Demand Response) 지원이 가능하며, 또 복잡한 전력계통 운영으로 인한 전기품질 문제에 대한 대비를 위해 전기품질 기능을 대폭 강화하였다. 고조파의 경우에는 전압 THD(Total Harmonic Distortion) 및 차수별 고조파전류를 산출할 수 있으며, 순간전압변동 발생 시 이에 대한 지속시간과 크기에 대한 이벤트 기록이 가능하다.

통신 프로토콜은 고압의 경우 현재 한전 자체 프로토콜을 사용하고 있지만, AMI 전력량계에는 DLMS(Device Language Message Specification, IEC

60256 시리즈) 프로토콜이 적용된다. 이 밖에 전력량계 원격 기능변경 및 펌웨어 업그레이드가 가능하고, 최근 문제가 되고 있는 보안에 대해서는 정부정책에 일관된 최적화된 시스템을 적용할 예정이며, 현재 단계에서는 USIM 기반의 보안기능 적용을 검토하고 있다. 새로 개발되는 고압 AMI 전력량계의 주요사양은 [표 4]와 같다.

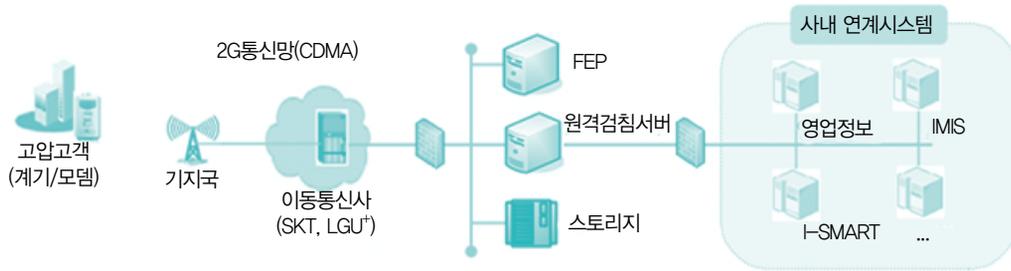
3) 고압고객용 AMI 운영시스템

현재 고압 원격검침 시스템의 전력계량 데이터 수집엔진은 최초 1일 1회 검침을 목적으로 설계되었으나, 현재 15분 단위의 검침수집 간격 단축화 사업을 추진 중이다. 그러나 AMI에서는 실시간요금제 및 DR 구현을 위한 5분 주기의 실시간 양방향 검침으로 전환을 추진할 예정이다. 이를 위해 5분 검침이 가능한 전력계량 데이터 수집 스케줄링 및 알고리즘 개발과 함께 국제표준 기반의 개방형 계량 프로토콜 및 검침수집 프로토콜 제정, 전자식 전력량계 및 통신모

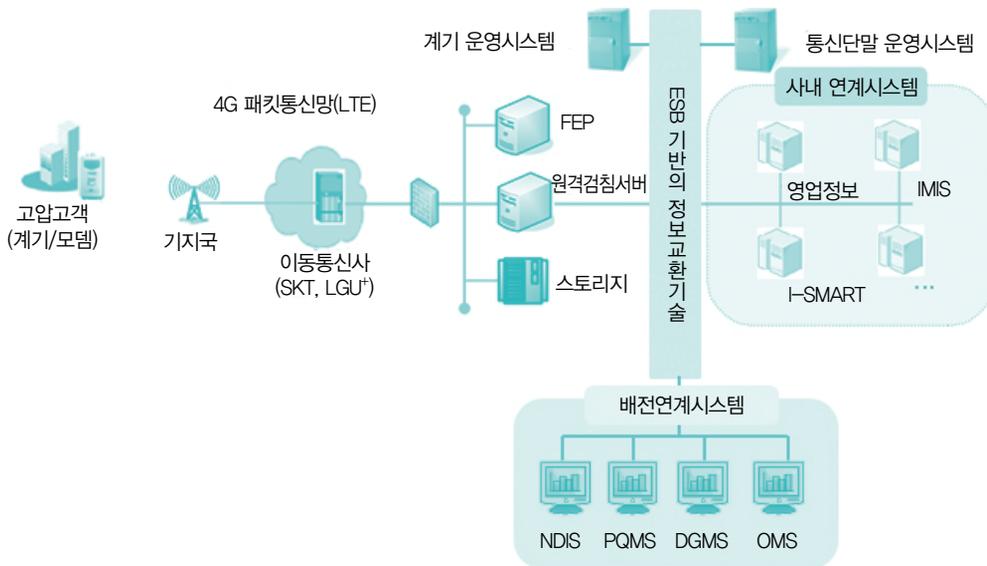
[표 4] 현재 고압 전력량계 및 S-type 전력량계 주요사양 비교

구 분	고압계기	S-type
정밀도/계량방식	0.5급/단방향	0.2급/양방향
기본 계량기능	유/무효, 피상, 최대수요, 역률	기존과 동일
전기품질	THDi 순시값	Sag, Swell THDv, 차수별고조파전류
자기진단 기능	배터리, 메모리, 전압결상, 역방향, 오결선, 자계	기존기능 + 온도, 자계, 커버, 펌웨어 조작방지
TOU	계절별 4단계, 4단계 요금단가 1일 8단계 시간대별	계절별 4단계, 8단계 요금단가 1일 12단계 시간대별
프로토콜	한전 표준	DLMS(IEC 62056)
동작 온도	-20~65도	-30~80도
CPP/OPP	없음	CPP/OPP지원
F/W업그레이드	없음	Full 기능 지원(표준기반) ¹⁾
보안기능	없음	USIM기반 보안지원 ²⁾

1) DLMS 상세규격 반영 및 계량하면서 F/W 업그레이드 지원, F/W 데이터 사이즈를 줄이기 위한 델타전송방식 적용
 2) Universal Subscriber Identity Module, 이동통신 전화에서 사용하는 방식으로 단말 인증, 보안 등의 서비스를 통합적으로 제공할 수 있는 있는 모듈



[그림 9] 현행 원격검침시스템 개요



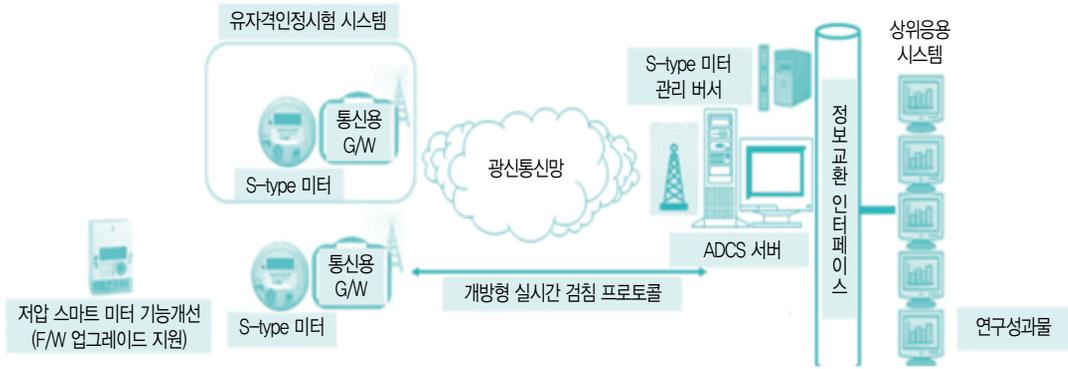
[그림 10] AMI 원격검침시스템 개요

템을 대상으로 F/W(Firmware) 업그레이드를 포함한 원격단말 관리 시스템 개발, 실시간 양방향 정보 교환이 가능한 4G망 구축 기술 및 각종 배전계통 운영시스템에서 요구하는 연계 인터페이스 기술개발 등을 통해 DR, 정전정보 감시, 원격부하제어 등을 종합적으로 지원할 수 있는 핵심 인프라 기술을 개발 중이다. 또한, 이동사의 4G 통신망을 기본으로 사용하되, 다양한 통신조건 중 현장 환경에 적합한 최적화된 통신망을 설계할 예정이다.

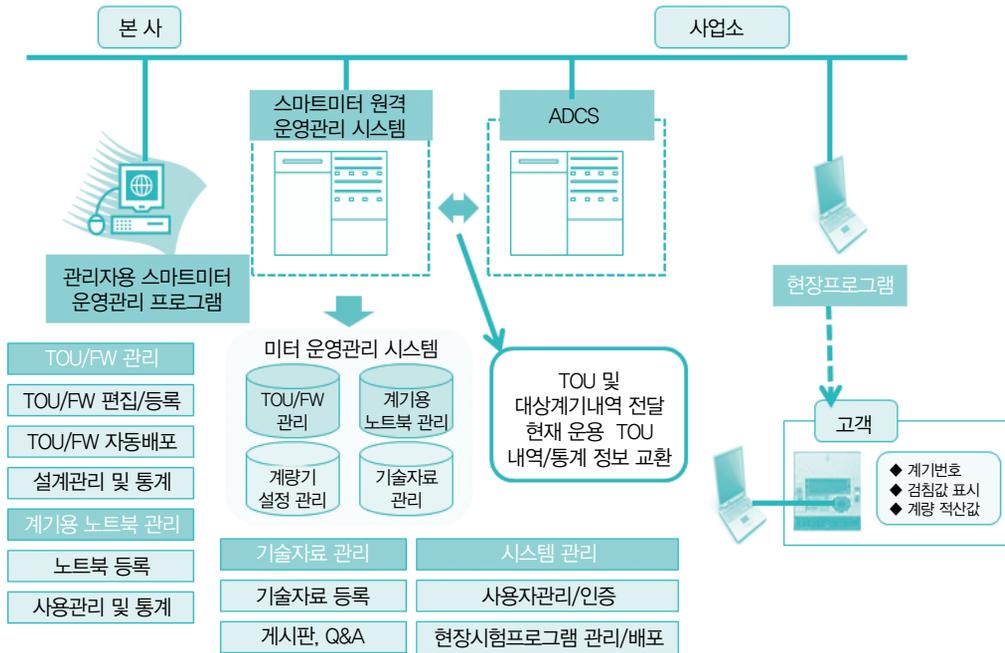
[그림 9, 10]은 현 AMR 시스템과 향후 구축할 AMI 시스템과의 상위 응용시스템간의 연계 방안이며, 현 시스템의 경우에는 필요한 정보 및 인터페이스를 정

의하고 직접 가져가는 방식이기 때문에 확장성과 유연성이 떨어지는데 반해, 구축예정인 시스템은 ESB(Enterprise Service Bus) 구조를 도입하여 필요한 정보를 각각의 상위 응용시스템에 손쉽게 제공할 수 있다.

한전에서 추진하는 전력계량 인프라는 고객에게 설치된 전자식전력량계, 전자식전력량계로부터 전력계량 데이터를 수집할 수 있는 ADCS(Automatic Data Collection System) 및 각종 전력데이터를 운영 및 관리하는 시스템과 구성요소들 간에 양방향 통신을 제공하는 유·무선 통신망으로 구성된다. ADCS는 전자식전력량계가 실시간으로 지원하는 각



[그림 11] AMI 및 기존 운영시스템 연계방법



[그림 12] 고압 AMI 운영시스템 개요

중 전력계량 정보를 최소 지연시간을 가지고 수집하는 역할을 수행하며, 전자식전력량계와 ADCS 간은 다양한 프로토콜을 사용할 수 있지만 가장 많이 사용하고 있는 국제표준인 DLMS 기반의 검침정보 모델링과 TCP/IP 프로토콜을 이용해서 전송하게 된다. 유·무선 통신망은 실시간성이 요구된다면 광통신 또는 이동통신망의 3G/4G기술을 사용하는 것이 일반적이나, CAPEX(Capital Expenditures) 및

OPEX(Operating Expenditures) 비용을 고려, PLC 또는 소출력 무선기술을 사용하여 1차적으로 전력계량 데이터를 수집 후 광통신 또는 이동통신망과 같은 WAN(Wide Area Network)망을 이용해서 2차적으로 전송하는 구조를 적용할 수도 있다

AMI 운영시스템은 ADCS가 수집한 전력계량 데이터 신뢰성을 높이는 VEE(Validation, Estimation 및 Editing) 기능과, 전자식전력량계 및 통신단말/통

신망을 원격에서 F/W 업그레이드, 설정/조회/제어 등을 수행하는 단말 관리 역할과 VEE를 통해서 1차 검증한 전력계량 데이터를 PQMS(Power Quality Monitoring System), OMS(Outage Management System), BS(Billing System) 등에 제공하기 위한 공통정보 인터페이스(ESB, Enterprise Service Bus) 등을 포함할 예정이다.

3. 전망

스마트그리드를 위한 차세대 전력계량시스템이 본격적으로 운영되면 저·고압고객을 위한 실시간 전력사용정보 제공, 전기품질관리, 각종 부가서비스 등 다양한 서비스 제공이 가능해지며 특히 대용량고객

인 고압고객에 대한 실시간 부하관리의 효율을 높일 수 있게 된다.

한전에서 운영하고 있는 고압 전력량계는 약 18만 대 정도로 이는 전체 전력량계에서 약 1%의 점유율을 차지하고 있으나, 사용전력량은 전체 사용량의 75%를 차지하고 있다. 고압고객에 대한 AMI를 적용하게 되면, 최대부하적용 시간에서만 1%의 피크 절감을 가정하더라도 연간 약 1,400억 원의 전력구입비를 절감하는 효과가 있다. 이는 화석연료와 같은 에너지 자원 수입 감소와 CO₂ 발생을 줄일 수 있다.

또한, 국제표준(IEC 62056, DLMS) 기반의 스마트미터와 관련 검침 프로토콜 및 검침수집 엔진 등을 패키지 형태로 개발하여 DLMS를 채택하고 있는 전력사를 대상으로 한 해외수출 모색도 가능할 것으로 예상된다. 