

스마트 그리드용 통신망 아키텍처 시뮬레이션 방법

김 영 선[°], 오 휘 명^{*}, 최 성 수^{*}A Method for Simulation of Smart Grid Communication
Network ArchitectureYoungsun Kim[°], Hui-Myoung Oh^{*}, Sungsoo Choi^{*}

요 약

본 논문은 최근 다양하게 진행되고 있는 스마트그리드 관련 연구개발에 있어 양방향 정보 전송을 위한 통신망 아키텍처 시뮬레이션 방법에 관한 것이다. 제주에서의 실증 사업 및 다양한 기기별 시범사업을 통해 대두되는 스마트미터를 비롯한 다양한 스마트그리드 구성용 전력설비들의 정보전송 트래픽 시뮬레이션을 위한 방법론을 제시함으로써 스마트그리드 통신망 아키텍처 설계에 대한 기반을 제공하고자 한다.

Key Words : Smart Grid, Communication Network, Architecture, Simulation, Information Delivery

ABSTRACT

This paper shows the method for simulating the two-way communication network to transmit information in Smart Grid, which is currently investigated by many researchers. The simulation method can be basically applied to analysis of data traffic for various electric devices such as smart meters, which were tested in Jeju island and massively deployed with nationwide scale.

I. 서 론

최근 활발하게 진행되고 있는 전력설비의 스마트그리드 추진은 전통적인 전력산업의 고도화 및 에너지의 효율적인 사용을 위해 다양한 분야에서 연구개발 및 시범사업들이 수행되고 있다. 2010년 스마트그리드 국가로드맵에 발표되었으며 이에 따라 스마트그리드 표준화 포럼이 결성되었다^{1,2}. 로드맵은 지능형 전력망, 소비자, 운송, 신재생 및 전력서비스의 5대 분야로 이루어져 2030년까지 국가단위의 전력망 지능화 완성을 목표로 하고 있다. 실제로 정부는 제주도를 스마트그리드 실증단지로 선정하여 2010년부터 실증사업을 진행했으며 현재 기술검증 및 보완 단계에 있다. 2030년까지 민관공동으로 총 27조 5,000억 원이 투자될 스마트그리드 산업은 대규모 국책연구개발 및 사

업으로서 진행 중에 있다.

스마트그리드의 필수 요소인 양방향 통신 네트워크는 국가단위의 에너지관리시스템(EMS : Energy Management System)구축을 통해 에너지 소비의 효율화를 꾀한다. 지능형 계량 인프라(AMI : Advanced Metering Infrastructure) 및 EMS 구현을 위한 다양한 양방향 통신방법으로 Zigbee, BCDMA, 전력선통신(PLC : Power Line Communication) 등이 적용되고 있다. 전력선통신의 경우 국가표준이 존재하고 있으며 스마트그리드 환경에서 요구되는 통신 인터페이스 조건 및 그리드 구축 기준에 따라 전기자동차에의 적용 등 다양한 기술 분석이 있었다³⁻⁵. 스마트미터의 경우 2020년까지 전국단위로 1700만대 이상이 보급될 예정으로 있어 이를 감안한다면 대규모의 스마트그리드용 통신망에 대한 아키텍처 설계 및 시뮬레이션이 필

※ 본 연구는 한국전기연구원 고유사업(12-12-N0101-15)의 지원으로 수행되었습니다

° 주저자 겸 교신저자 : 한국전기연구원 차세대전력망연구본부 전기정보망연구센터, yskim@keri.re.kr, 종신회원

* 한국전기연구원 차세대전력망연구본부 전기정보망연구센터, hmoh@keri.re.kr, 종신회원, sschoi@keri.re.kr, 정회원

논문번호 : KICS2012-08-405, 접수일자 : 2012년 8월 31일, 최종논문접수일자 : 2013년 1월 7일

요한지를 알 수 있다⁶⁾. 이를 위해 다양한 전력설비들의 통신과 관련된 프로파일에 대해 알아보고 통신망 아키텍처를 설계하는데 있어서 정보전송 트래픽 시뮬레이션 방법 및 시뮬레이션 시나리오에 대해 알아본다. 마지막으로 스마트그리드용 통신망 아키텍처 설계를 위한 향후 연구방법들에 대해 탐색해보고자 한다.

II. 본 론

2.1. 스마트그리드 기술 동향 및 시사점

1992년 유엔환경개발회의에서 기후변화협약이 채택된 이후 선진국의 온실가스 배출량을 줄이기 위한 교토의정서가 2005년 공식 발효되었다. 우리나라는 향후 선진국으로의 진입이 예상되어 온실가스 배출을 감축시켜야 하며 이를 위한 적절한 대비를 해야만 했다. 이를 위한 첫 행보로 우리나라는 2009년 7월 G8 확대정상회의에서 스마트그리드 선도국으로 지정되었다. 스마트그리드는 전기 전송을 위한 전력망에 양방향 통신 인프라를 포함한 개념으로 에너지의 공급자와 수요자의 지속적이며 유기적인 정보교환을 통하여 전체 에너지 소비의 효율화를 달성하는데 그 목표가 있다.

스마트그리드를 구성하는 기본적인 근간은 발전, 송전, 배전 등을 포함하는 전력망이지만 가까운 미래에는 더 나아가 자동차, 가전기기, 신재생에너지 등의 다양한 산업분야가 접목되어 그야말로 에너지를 소비하거나 생산하는 주체가 존재하는 모든 영역을 스마트그리드의 영향 내에 포함하게 된다. 자동차 분야의 경우를 예를 들면, 현재의 주된 에너지원인 화석연료의 에너지 효율을 높이기 위한 노력으로 하이브리드 차량 등이 출시되고 있으며 더 나아가 전기자동차로의 진화를 진행 중에 있다. 이를 구현하기 위해 전기자동차를 충전하기 위한 인프라, 더 많은 에너지를 저장하기 위한 전지, 짧은 시간 내에 충전하기 위한 급속 충전기술, 에너지 사용을 위한 인증, 계량, 과금 등을 위한 정보통신 시스템 등이 필요하게 되며 궁극적으로는 전력망에 연동되어 거시적인 에너지 소비의 효율화를 달성하게 된다. 이와 같이 전기자동차의 일례에서 본 바와 같이 스마트그리드 기술은 전 산업 분야에 포함되어 에너지의 소비가 이루어지는 작은 영역까지 파급될 것으로 예상된다. 이렇게 국가적 아젠다로 선정된 스마트그리드는 2010년 1월 제정되어 현재 시행중인 ‘저탄소 녹색 성장 기본법’ 및 2011년 11월에 제정된 ‘지능형전력망법’에 근거하여 산업 기술

의 모든 분야에서 지속적인 관심이 증대되어 다양한 연구개발 및 실증이 이루어지고 있다. 올해 7월에는 ‘제 1차 지능형 전력망 기본계획’이 발표됨에 따라 각 분야별 발전 계획 및 로드맵이 가시화되었다⁷⁾.

실제로 2009년 12월에 시작된 스마트그리드 제주 실증단지 사업은 2013년 5월까지의 목표로 다양한 스마트그리드 분야 기술의 구현 및 실증을 진행하고 있다⁸⁾. 제주도 구좌읍 일대에서 진행되고 있는 실증단지 사업은 지능형 전력망(Smart Power Grid), 지능형 전력 서비스(Smart Electric Service), 지능형 운송(Smart Transportations), 지능형 신재생에너지(Smart Renewable), 지능형 소비자(Smart Place)의 다섯 개의 영역으로 나누어지며 여기에는 총 12개의 컨소시엄이 참여하였다. 이중 지능형 소비자는 양방향 통신 인프라와 연계하여 스마트미터 등을 통한 에너지 소비의 최적화를 목표로 하며 더 나아가 소비자의 에너지 생산 및 저장의 개념까지도 바라보고 있다. 지능형 전력서비스는 다양한 요금제 및 수요반응(Demand Response)을 통해 지능형 전력거래를 유도하여 이를 통해 에너지 소비의 효율화를 역시 달성하고자 하고 있다. 이외에도 사용자에게 전력정보를 제공해주는 스마트미터 디스플레이(IHD : In Home Display), 스마트미터 및 에너지 저장장치의 보급 사업이 꾸준히 진행 중에 있다. 정부는 올해 제1차 지능형전력망 기본계획을 통해 그간의 성과 평가를 내놓았다. 국가적인 접근을 통해 조속한 제도 개선 및 기반 구축이라는 긍정적인 부분이 있는 반면에 기술개발의 체계성, 시장 창출의 미흡 등은 스마트그리드의 활성화를 위한 과제로 인식되었다.

이중 통신망 아키텍처 설계의 부분에 있어서는 기술개발의 단-중-장기적 실행계획이 없는 것이 현실이다. 일부에서는 실증사업을 통해 다양한 통신 방식이 적용되었으며 운영기술 또한 완성되었다고 발표하였다. 그러나 이는 향후 전국단위로 스마트미터만 1700만대 이상이 보급되며 모두가 양방향 통신망에 연결되어야 한다는 사실 앞에서는 조금 더 체계적이며 미래지향적인 기술개발 접근 방식을 필요로 하게 된다. 스마트그리드 내에서는 스마트미터 외에도 다양한 에너지 생산/소비 기기들이 전력망에 연동되었을 때 전체 전력계통의 안정을 지속적으로 유지하며 유사사고 발생 등이 발생했을 경우 신속하고 정확한 복구가 가능하도록 전력기기들을 감시/제어할 수 있는 통신 인프라가 설계되어있어야 한다. 이는 전력계통이 전기의 안정적인 운송을 통해 국민들의 삶의 기본적인 영역

을 책임지고 있다는 것과 관련되어 있기 때문이다. 그러므로 스마트그리드용 통신망내의 데이터 트래픽은 우선순위(Priority), 최소 지연시간(Latency), 트래픽 용량(Traffic Capacity) 등이 설계되어 다양한 상황별로 시뮬레이션을 수행해야 하며 최악의 경우를 대비하여 통신망 아키텍처가 설계되어야 한다.

2.2. 스마트그리드 응용 분야별 트래픽

본 절에서는 스마트그리드 통신망 아키텍처 설계에 있어서 트래픽을 고려하기 위한 각 전력계통의 응용 분야별 서비스를 구분한다. 전력계통은 발전소에서 생산된 전기를 소비자 또는 수용가에 전달하기 위한 시스템으로서 크게 발전, 송변전, 배전 계통 그리고 소비자 영역으로 나뉜다. 전력계통의 운영은 안정성과 효율성 유지를 목표로 하며 수급조정, 계통해석, 휴전 검토, 계통 보호, 실시간 급전운영 등이 이루어지며 각 행위에 따른 트래픽이 발전부터 배전계통까지 발생된다. 이를 통해 중앙급전소의 정보에 따라 발전설비의 기동, 정지 및 출력조정과 송변전계통의 종합적인 감시제어가 이루어진다. 생산된 전기는 저장에 어려워 소비가 동시에 이루어져야 하므로 전력계통은 전력수급의 전체적인 안정성을 유지하기 위해 발전량과 부하의 균형을 주파수 추종운전(GF : Governor Free), 자동발전제어(AGC : Automatic generation control)를 통해 확보한다.

원자력, 화력, 수력, 풍력 등을 이용하여 발전소에서 생산된 전기는 765kV 또는 345kV의 송전선로를 통해 변전소까지 전달된다. 2012년 3월 기준으로 우리나라의 발전설비는 7,965만kW로 세계 13위 수준이며 발전기대수는 3,683기에 이른다. 석탄이 31.7%, LNG가 27.4%, 원자력이 23.6% 등의 순서로 발전원을 구성하고 있다. 변전소에서는 345kV의 전기를 154kV 및 22.9kV로 낮추어 소비자근처에 있는 주상변압기로 공급하게 된다. 발전, 송변전과 배전 계통에 있어서는 급전자동화 설비(EMS)를 통한 실시간 운전자료 취득(매 2초)과 급전운영을 위한 트래픽이 존재하며 향후 스마트그리드가 완성됨에 따라 모든 전기설비들과 EMS간에 양방향 트래픽을 발생하게 된다. 또한 원방감시제어시스템(SCADA : Supervisory control and data acquisition)을 이용하여 발전기, 변압기, 개폐기 등의 전력설비의 자료를 취득, 처리, 저장 및 원격제어를 함으로써 전력설비의 과부하를 예방하고 전력계통의 전압이 실시간으로 적절히 유지될 수 있도록 운영하고 있다. 제주 스마트그리드 실증사업에서는 분산형 전원과 관련된 아날로그 데이터를

DNP 3.0 프로토콜을 사용하여 매 2초마다 중앙관제센터에 전송하였다. 이를 통해 분산형 전원에 설치된 감시 장비를 통해 각종 데이터 및 이벤트정보를 데이터베이스에 저장하고 중앙관제센터에서 분산형 전원에 대한 계측 및 각종 설정을 원격으로 가능케 된다.

소비자영역의 지능형 전력량계의 경우에는 2020년까지 한국전력이 전국 1900만 모든 가구에 보급할 계획이 확정됨에 따라 스마트그리드 통신망에 있어서 가장 많은 트래픽을 발생시킬 분야로 보인다. 전력품질 및 전력사용량 정보 제공과 더불어 자동원격검침을 위한 양방향 통신이 가능하며 가정용 전자제품의 직접제어를 가능하게 한다. 그러므로 시뮬레이션에 있어서 지능형전력량계의 통신 사양 및 미래에 대두되는 요구사항에 대한 반영이 스마트그리드 통신망 아키텍처 시뮬레이션의 정확도를 좌우할 것이다. 실제로 현재 보급되고 있는 지능형 전력량계는 G-type과 E-type이 있다. G-type의 경우에는 모뎀과 전력량계가 적외선통신으로 E-type의 경우에는 RS-485 직렬통신방식이 사용되며 두 경우 모두 데이터 저장 장치(DCU : Data Collecting Unit)와의 PLC 통신이 가능하다. 관련하여 한국전기산업진흥회표준으로 일반 수용가용 삼상 교류 전자식 전력량계가 있으며 지능형 전력량계는 IEC의 인용 표준인 KS C IEC 62056 (DLMS/COSEM) 등을 만족하도록 규정하고 있다⁹⁾. 이상의 전력계통 영역 및 트래픽 발생 서비스는 아래와 같이 정리될 수 있다.

- 발전 계통
 - 실시간 급전운영(발전기기동, 정지, 출력조정)
 - 보조 서비스(주파수 조정, GF, AGC 등)
- 송변전 계통
 - 실시간 급전운영(송변전 감시용 SCADA)
- 배전계통
 - 실시간 급전운영(보호장치, 개폐기용 SCADA)
- 소비자 영역
 - 지능형 전력량계(계량 데이터 양방향 전송)
 - 지능형 계량 인프라(AMI 운용 양방향 통신)
 - 분산형 전원(배전 계통연계용 관리시스템 통신)
 - 전기자동차(충전 및 전기자동차와 단말간 통신)
 - 지능형 전력량계(원격자동검침 및 부가서비스)

2.3. 스마트그리드용 통신망 운용 시나리오

스마트그리드 내에서 응용 서비스별로 발생하는 트래픽과 더불어 전체적인 트래픽의 수요 변동 시나리오 또한 고려되어야 한다. 수요 변동의 요소는 경기동향, 계절, 요일, 기상, 기타 사회적 이벤트와 전력계

통 사고(지역 또는 광역 정전 등)가 있을 수 있다. 실제로 전력 수요 변동은 지속적으로 나타났다. 1981년 이후 에어컨 보급이 확대됨에 따라 최대전력 수요가 하계에 발생했으며 1999년 이후에는 값싼 심야전력의 수요가 대폭 증가했으며 2009년 이후에는 다시 동계 난방수요가 증가하였다. 최근에는 9.15 정전과 같이 계절이 바뀌는 봄, 가을에 최대 전력수요가 발생하고 있다고 한다. 그러므로 이러한 변동 상황을 반영한 시나리오를 작성해야 한다. 2024년까지의 국내의 전력 수요의 변동은 제 5차 전력수급기본계획을 참고할 수 있다¹⁰⁾. 더불어 전력계통 사고시 원인에 따라 다양한 트래픽이 발생하게 되나 정전피해의 최소화와 고장파급 방지를 위한 매우 순위가 높은 트래픽위주의 시나리오가 고려되어야 한다.

표 1은 스마트그리드 통신망 아키텍처 설계를 위한 응용 분야 및 시나리오별 항목별 관련 규격을 나타냈다. 현재 EMS에서는 발전소와 765/345kV 변전소, 154kV 변전소 345kV 이상의 변전소들과 발전기들은 RTU(Remote Terminal Unit)를 이용해 데이터통

신이 가능하며 154kV 이하의 변전소는 지역급전소(RCC : Regional Control Center, 지역 급전소)를 통해 데이터 통신이 이루어진다. 데이터의 내용은 유효 전력, 무효전력, 주파수, 전압 등이며 매 2초에서 4초 단위로 약 29,830건의 상태정보와 15,220개의 아날로그 정보가 RTU와 RCC를 통해 전달된다.

실제 연구사례를 살펴보면, 간단한 스마트그리드 통신 네트워크를 구성하여 트래픽을 분석한 결과가 있다¹²⁾. 발전을 제외한 2개의 변전소와 2,000개의 수용가 미터기, 10개의 지능형 건물, 2개의 분산전원을 고려하였을 경우 하루에 약 67,000개의 메시지를 전송하게 되며 6 Mega-bytes 정도의 트래픽 총량이 나온다고 한다. 여기서 더 큰 전국 단위의 스마트그리드를 고려하여 트래픽 시뮬레이션을 해야 할 필요성은 여전히 남아있다. 또한 향후 예상되는 전력설비의 발전방향도 반영하여야 할 것이다.

표 1. 스마트그리드 통신망 설계를 위한 응용 분야 및 시나리오별 항목과 관련 규격
Table 1. Various scenarios and specifications for a design of smart grid communication network

classification	item	specification	Etc.
application	generation	Maintenance guideline for confidence level of power system and quality of electricity ¹¹⁾	EMS(dispatch and watch)
	transmission	IEC 61850, SCADA	EMS
	distribution	distribution automation system	EMS
	consumer	KS C IEC 62056	smart meter
scenario	demand variation	market trends, basic plan on electricity demand and supply	Ministry of Knowledge Economy
	accident	facility for dispatch	event specification

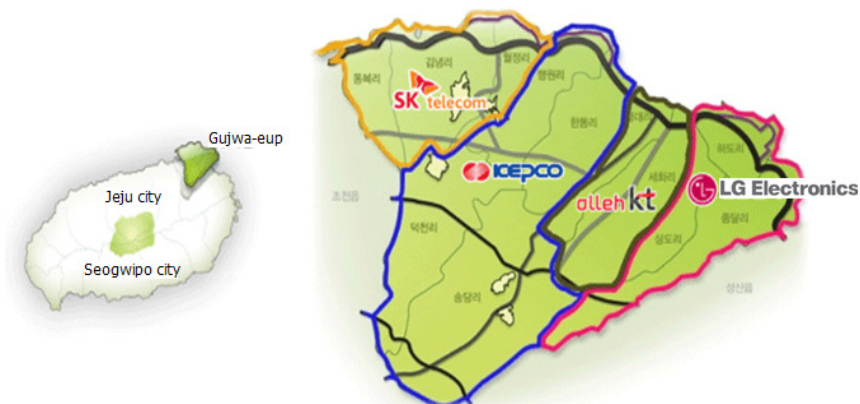


그림 1. 스마트그리드 제주 실증 단지의 지능형 소비자 컨소시엄별 실증지역
Fig. 1. Jeju smart grid test-bed for smart place consortia

표 2. 스마트그리드 통신망 설계를 위한 응용 분야 및 시나리오별 항목과 관련 규격
 Table 2. Various items and specifications for a design of Smart Grid communication network

item	content	Etc.
data	remote metering	DCU/meter, typically 500kbyte, (UL 300kbyte, DL 200kbyte) period: 1/5/10/15/30/60 min. with changeable
	IP data	data transmit usage
# of meters per DCU	< 200	depends on # of meters
transmit-receive changing time	transmit < 5ms, receive < 2ms	KEPCO specification
method	PLC, Zigbee, B-CDMA, Celluar, WLAN, etc.	required minimum transmission speed of 9600bps between DCU and meter (KEPCO specification)
without DCU	IEEE 802.11ah, 802.15.4g, 802.22b, 802.16p, 3GPP, etc.	meter and backbone network is directly connected
topology	Tree, Mesh , etc.	have freedom to design
encryption	block encrypted ARIA or AES	128bit algorithm

표 3. 스마트그리드 통신망용 전력설비의 데이터 전송 사양
 Table 3. Data transmit specifications for elements of Smart Grid

element	data	Latency	Reliability	speed (Mbps)	Etc.
EV	authentication/metering/ accounting data	Low	High	4 ~ 10	ISO/IEC 15118
	IP data	Medium	Medium	2	for data transmission
HAN	IP data	Medium	High	Low (~ 0.1)	IHD (In Home Display), sensor and load control system
	demand response	Low	High	Low (~ 0.1)	
smart meter	connectin, metering, F/W update, etc.	High (~15sec)	Medium	Low (~ 0.1)	IEEE 802.16 SRD KS C 1231, DLMS/COSEM
transmission	teleprotection	Very low (<10ms)	Very High	High	
distribution	data for distribution automation	Low	High	Low (~ 0.1)	DNP3.0 for protection, IEC61850 protocol, etc.

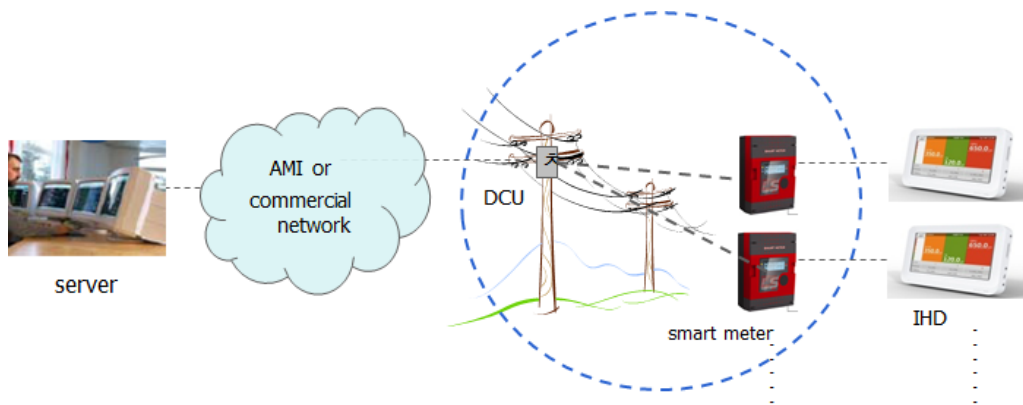


그림 3. 스마트미터를 중심으로 한 스마트그리드 통신망
 Fig. 3. Smart Grid communication network (smart meter - centered)

침시스템(AMR : Automatic meter reading)으로부터 발전할 것으로 예상된다. 한국전력에서 진행 중인 AMR 사업은 전자식전력량계를 보급하는데 그 목적이 있으며 앞으로 스마트미터로 대체될 것으로 예상된다. AMR 역시 AMI를 거쳐 스마트그리드로 진화될 것이다. 그림 3에서와 같이 수용가에서 발생하는 에너지와 관련된 데이터뿐만 아니라 다양한 부가서비스를 포함한 정보가 스마트그리드 통신망을 통해 양방향으로 전송된다. 현재 AMR 시스템의 네트워크 토폴로지는 스타형 네트워크로서 주상변압기의 DCU를 중심으로 미터 또는 모뎀이 연결되어 있다. 중앙 집중적인 데이터 처리가 필요치 않은 경우에는 미터 또는 모뎀이 새로운 리피터로 동작하는 메쉬형 네트워크도 고려할 수 있다. 현재 AMR 시스템에서는 DCU가 15분 내에 최대 200대의 전력량계의 검침 데이터를 수집하도록 하고 있다. 검침 데이터의 내용으로는 정기검침, 현재검침, 계기ID 등이 있으며 IHD에 요금정보를 전송해준다. 이외에도 DCU는 변압기와 관련된 전압, 전류, 전력 등의 감시데이터를 수집하는 동시에 다양한 데이터 통신 인터페이스를 지원한다.

그러므로 통신망 아키텍처 시뮬레이션은 한 개의 DCU와 연결되는 200개의 전력량계(모뎀) 또는 IHD를 시뮬레이션 기본 element로 정의한 뒤 element의 수를 증가시켜 증가되는 데이터 트래픽의 관점에서 접근하도록 한다. element내에서는 트래픽과 관련된 데이터크기(byte), 해당 데이터의 비중(%), 발생빈도, 발생간격, 지연시간, 전송방향성 등을 규정지어야 한다. 이와 관련된 규격은 현재 제정중인 지능형 전력량계에 대한 표준안을 참고할 수 있다. 기본 element 시뮬레이션을 위한 다양한 통신망 파라미터의 사양은 표 2를 참고할 수 있다. 더불어서 표 3은 송전, 배전 및 수용가에 이르는 스마트그리드 통신망용 전력설비의 데이터 전송 사양을 나타내고 있으며 관련 규격을 참조하도록 한다. 시나리오와 연동된 데이터의 변동치는 적절한 가중치로서 트래픽을 가감하도록 한다. 전력 element의 수량 증가로 인한 네트워크의 규모는 지속적인 증가는 가능하나 일차적으로는 제주 실증단지의 규모인 30개의 element(6,000가구)를 고려하는 것이 바람직하다. 시뮬레이션 도구로서는 널리 알려진 네트워크 시뮬레이터인 NS-3, OMNeT 등은 기본 element 시뮬레이션을 위한 적용이 가능하며 전국단위의 동시 시뮬레이션은 C언어, Matlab 연동 등의 추가적인 방법이 고려되어야 한다. 이는 네트워크와 관련된 모든 계층의 파라미터들의 명시에 어려움이 있

기 때문이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 전력산업에 있어서 왕성한 연구개발이 진행되고 있는 스마트그리드 분야 중 통신망 아키텍처 시뮬레이션을 위한 응용분야별 항목과 시나리오별 고려사항에 대해 알아보았다. 정부주도로 진행 중인 제주 실증단지의 사례에서와 같이 통신망의 규모는 한정되어 있어 향후 전개될 국가단위의 스마트그리드 통신망에 대한 고민은 지금이라도 시작해야 하는 시점이다. 현재의 정보통신 인프라로 소규모의 네트워크가 완성되었다고 해서 단순한 확장으로 해결될 것이라고 보는 것은 안일한 시각일 수밖에 없다. 이는 스마트그리드 내에서 양방향 통신을 요구하는 에너지설비들은 폭발적으로 증가할 것이며 무선통신망의 사례에서와는 달리 전력망 자체의 보안성 및 폐쇄성이 보장되어야 하는 영역이 있기 때문이다. 또한 사업자별 스마트그리드 네트워크들의 연계 및 보안 기술의 접목이 함께 고려되어야 한다. 그러므로 본 논문의 기본적인 데이터 트래픽 관점에서의 스마트그리드 통신망 시뮬레이션 방법 제안이 현실적인 시뮬레이션으로 미래의 스마트그리드용 통신망을 설계하는데 새로운 자극이 되기를 기대한다.

References

- [1] *Smart Grid Roadmap*, Retrieved Jan. 25, 2010, from Ministry of Knowledge Economy.
- [2] Smart Grid Standardization Forum, <http://www.sgstandard.org>.
- [3] Korea Standards Association, *Power Line Communications(PLC) - High speed PLC Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY)*, Part 1: General Requirements, Retrieved Oct., 31, 2007, from <http://www.ks.or.kr>.
- [4] S. Choi, Y. Kim, Y. Kim and H. Oh, "A role of power line communications for implementing the smart grid," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 24, Feb. 2011.
- [5] Y. Kim, H. Oh, S. Choi, and Y. Kim, "A

study on the very high-speed power line communication for electric vehicle charging infrastructure,” in *Proc. KICS Winter Conf.* pp. 279, Feb. 2011.

- [6] Y. Kim, H. Oh and S. Choi , “A study on the need of architecture design for smart grid communication network,” in *Proc. KICS Winter Conf.* pp. 588, Feb. 2012.
- [7] *1st Smart Grid Basic Plan*, Retrieved July 18, 2012, from Korean Government.
- [8] Jeju Smart Grid Test-bed, <http://smartgrid.jeju.go.kr>.
- [9] *General Digital Meters for Three Phases and Alternating Power (KOEMA 0511)*, Retrieved 2011, from Korean Electrical Manufacturers Association.
- [10] *5th Basic Plan on Electricity Demand and Supply*, Retrieved Dec. 28, 2010, from Ministry of Knowledge Economy.
- [11] *Maintenance Guideline for Confidence Level of Power System and Quality of Electricity*, Retrieved Dec. 4, 2009, from the Declaration(2009-280) of Ministry of Knowledge Economy.
- [12] *Research on information transfer and Power Operation System based on Smart Grid*, Retrieved June 14, 2011, from KPX.

김 영 선 (Youngsun Kim)



1997년 2월 한양대학교 전자통신공학과 졸업
 1999년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
 2004년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
 2003년 12월~2005년 6월 LG

전자 선임연구원
 2005년 6월~현재 한국전기연구원 선임연구원
 <관심분야> 통신공학, 전기공학, 스마트그리드

오 휘 명 (Hui-Myoung Oh)



1998년 2월 연세대학교 전기공학 학과 졸업
 2000년 2월 연세대학교 전기컴퓨터공학과 석사
 2009년 2월 연세대학교 전기전자공학과 박사
 2002년 1월~현재 한국전기연구

구원 선임연구원
 <관심분야> 통신공학, 전기공학, 스마트그리드

최 성 수 (Sungsoo Choi)



1996년 2월 경원대학교 전자공학과 졸업
 1998년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
 2002년 9월 미네소타대학교 박사조교
 2003년 2월 광주과학기술원

정보통신공학과 박사
 2003년~현재 한국전기연구원 선임연구원
 2004년~현재 과학기술연합대학원대학교 전력정보통신공학 조교수(겸임)
 <관심분야> 차세대 전력망 통신네트워크 및 유·무선 통신신호처리 임베디드 칩 설계