ISSN(Print): 2287-5891

http://dx.doi.org/10.3745/KTCCS.2012.1.3.171

Study on Development Method of MDMS for AMI Operation based on Common Information Model

Jung Nam-Joon† · Jin Young-Taek†† · Chae Chang-Hun††† · Choi Min-Hee††††

ABSTRACT

In the development of MDMS(Meter Data Management System) based on CIM(Common Information Model), which is international standard in information model and data exchange on power system, the two focused issues are the effective management of data collected in a shorter time period and the way to integrate services supporting legacy system to use the AMI(AMI, Advanced Metering Infrastructure) data. In this paper, we propose MDMS implementation methods and functions in AMI environment which are differ from existing AMR system environments in that the methods support bi-directional service infrastructure. The proposed MDMS in this paper has two unique features, one is the secure of interoperability by utilizing the CIM and ESB, the other is the improvement of field application by implementing system module based on components. On an implementation of smart grid, the result of proposed methods is expected to contribute to the efficient development and operation of CIM-based power system.

Keywords : CIM, IEC61968, MDMS, ESB

CIM 기반 AMI용 미터데이터관리시스템(MDMS) 개발 방안 연구

정 남 준† · 진 영 택†† · 채 창 훈††† · 최 민 희††††

요 약

전력시스템의 배전분야 정보모델 및 데이터교환 국제표준인 CIM(Common Information Model, IEC61968) 기반 MDMS(Meter Data Management System, 미터데이터관리시스템) 개발에 있어서, 가장 중점을 두는 부분은 짧은 주기로 수집되는 데이터의 효과적인 관리와 AMI 데이터를 활용하기 위하여 상위시스템들과 어떻게 통합서비스 할 것인가에 대한 이슈이다. 본 논문에서는 기존의 AMR 환경과 다르게 양방향 서비스 인프라를 제공하는 AMI 환경에서 MDMS 구현 방안과 기능들을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 MDMS의 특징은 국제전력표준인 CIM과 통합서비스버스(ESB)를 활용하여 상호운영성을 확보했다는 점과 컴포넌트 기반으로 시스템 모듈을 구현하여 현장 활용도 향상이 가능하다는 점이다. 본 연구의 제안된 결과는 지능형전력망 구현에 있어서 CIM 기반 전력시스템의 효율적인 개발 및 운영에 기여할 것으로 기대한다.

키워드 : 전력공통정보모델, IEC61968, 미터데이터관리시스템, 통합서비스버스

1. 서 론

지능형 전력망을 실현하기 위한 기술의 하나로 AMI는 전력회사와 최종 소비자 사이의 정보화 인프라로서, 기존의 자동원격검침시스템(AMR, Automatic Meter Reading)이라고 하는 단방향의 전력 미터 데이터 수집 목적의 단일 시스템형태에서, 홈네트워크를 연계한 양방향 통신 및 정보 제공, 시스템간 연동 기능을 갖춘 전력회사와 최종 전력 소비자 사이의 정보전달 인프라 기능을 수행하고 있다[1]. 홈 네트워크(HAN, Home Area Network)와 스마트미터(Smart Meter), SUN(Smart energy Utility Network) 그리고 MDMS와 같은 AMI 기술요소 중 MDMS는 수많은 수요측 데이터를 수집, 취득하고, 이들 데이터를 처리, 분석하여 가치 있는 정보로 변환하여 제공하는 역할을 수행하는 핵심 소프트웨어로서, 배전분야 전력시스템 정보모델 및 데이터 교환 국제표준인 CIM(IEC61968)과 통합서비스버스(ESB, Enterprise Service Bus)를 이용한 유틸리티 내 여러 애플리케이션과의 정보 교환 및 공유체계의 구현이 일반적인 트랜드이며, 중요 요소이다[2][3][4]. 그러나 전력공통정보모델 CIM을 활용한 시스템 개발수준은 기업마다 초기 단계에 있으며 시험적인 표준의 대한 적용이라는 측면에서 아직 성숙

† 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
†† 종신회원 : 한밭대학교 컴퓨터공학과 교수
††† 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 일반연구원
†††† 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
논문접수 : 2012년 11월 5일
심사완료 : 2012년 11월 15일
* Corresponding Author : Jung Nam-Joon(njjung@kepco.co.kr)

단계에 있지 않으며 시스템 성능의 효율성을 논하기는 아직 이른 상황이다. 본 논문에서는 CIM 기반 MDMS 개발에 있어서 요구되는 표준과 기술들을 정의하고, CIM 기반으로 MDMS를 구현하는 방법과 절차 그리고 구현된 시스템의 특징을 공유하고자 한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 AMI 기반 MDMS 개발 동향 그리고 통합서비스버스를 활용한 AMI 어플리케이션 통합 패턴 연구, MDMS 기능 도출 방안 및 전력공통정보모델(CIM)의 개요와 적용 방안 등과 관련된 연구 내용을 살펴본다.

2.1 AMI 기반 MDMS 개발 동향

AMI 기반 MDMS 개발을 위해서는 먼저 MDMS가 가지는 기능에 대한 연구가 필요하다. AMI 기반의 MDMS 구현을 위한 기능도출에 대한 기존 연구로는 미국 남부 캘리포니아의 1차 전기공급회사인 SCE(Southern California Edison)에서 전반적인 AMI 전개를 위하여 2006년도에 개발된 AMI 유스케이스가 그 기초를 이루고 있으며, 구체적인 구현을 위한 기능 및 프로세스에 대한 사양에 대한 연구는 캐나다 온타리오주의 IESO(Independent Electricity System Operator)가 정의한 4종의 MDM/R 관련 자료에서 찾아 볼 수 있다[5][6][7][8]. 일반적인 MDMS는 크게 스마트미터로부터 SUN을 통해 전력사용량 데이터를 수집하고, 수집된 수많은 데이터를 저장, 관리하며, 이들 데이터를 처리, 분석하는 데이터 수집·관리·처리기능과 처리된 정보를 통합서비스버스(ESB, Enterprise Service Bus)를 이용하여 다양한 애플리케이션과 교환 및 공유하는 인터페이스 기능 그리고 공유 정보를 통해 전력소비자에게 부가서비스를 제공하는 기능으로 구분할 수 있다[2][9].

AMR 또는 AMI를 통하여 수집된 전력사용량 데이터 및 소비자 자원 정보는 전력회사에서 운영하는 요금계산 및 요금 정보시스템, 정전관리시스템, 수요반응시스템, 네트워크운영시스템, 고객정보시스템 등과 같은 상위 시스템들과의 효과적인 정보 연계가 필요하다. 상위 전력회사의 전력시스템으로부터 AMI를 통하여 전력소비자에게 Seamless한 정보교환을 위해서는 AMI 운영에 필요한 하드웨어 및 네트워크 자원 그리고 운영시스템들간의 상호운용성 확보가 무엇보다도 중요하며 지능형전력망의 등장과 함께 고민하고 있는 부분이다[10][11].

해외에서 AMI 전개에 도입되어 운영 중인 MDMS 제품 동향을 살펴보면, 기존 유틸리티 기업 중에서는 Ecologic Analytics, eMeter, EnergyICT, Generis, Netinium, Powel and Process Vision 등이 그리고 기업 소프트웨어 산업 리더인 Oracle과 SAP, 주요 미터링 업체인 Itron과 Landis+Gyr 등이 MDMS 사업에 참여하고 있다. 2010년 Gartner의 조사 자료에 따르면, Itron과 eMeter가 해외

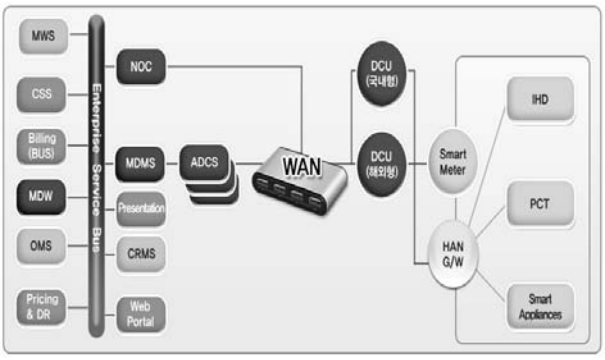


Fig. 1. Architecture of AMI system

MDMS 시장의 리더로서 역할을 하고 있는 것으로 조사되고 있다. 또한 MDMS 산업이 빠른 성장을 보이고 있으며, IDC 에너지 인사이트 자료에 의하면 북미 시장의 경우 2008년 기존 2억 3천 9백만 달러 규모의 사업이 2013년까지 29.4%의 성장세를 구사하여 2013년에는 8억 6천 9백만 달러의 규모로 성장할 것으로 예측하고 있다.

2.2 통합서비스버스를 이용한 AMI 어플리케이션 통합 패턴 연구

최AMI 시스템 통합의 경우 다양한 구성 시스템들을 클라이언트, 서버, ESB, 어댑터 등으로 구분할 수 있으며, 통합서비스버스를 이용한 요청(Request)/응답(Reply) 사례, 이벤트 발생의 경우 처리, 트랜잭션 처리의 경우, 어댑터가 필요한 경우 사례, 복잡한 메시징처리 및 AMI 어플리케이션 레벨의 적용 사례 등과 같은 메시지처리 및 통합서비스버스 활용에 대한 사례는 2009년 EPRI 자료를 통하여 확보가 가능하고 적용이 용이하다[12][13].

Fig. 2에서 처럼 '클라이언트와 서버' 관점에서의 모델은 직접적으로 또는 중개자(Intermediary)를 통해 간접적으로 통신할 수 있는데, 일반적으로 통합서비스버스는 중개자들을 관리하는데 사용되며 통합서비스버스를 통해 다양한 통

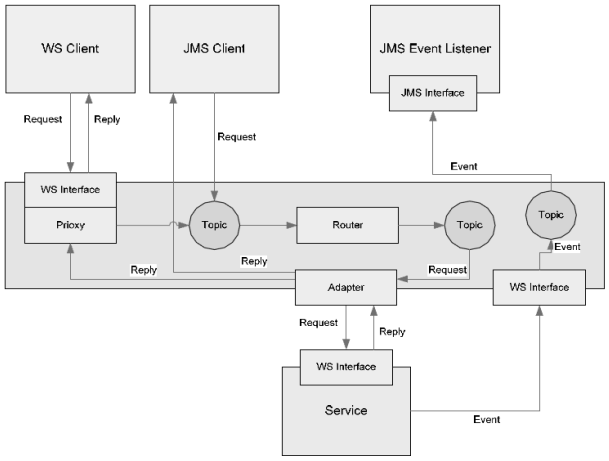


Fig. 2. A ESB pattern with functions of proxy, router and adapter

신 패턴을 활용할 수 있다. 또한 버스 관점의 통합서비스버스 활용 패턴은 여러 가지의 서비스 환경을 고려하여, JMS를 이용한 통합서비스버스 메시징 패턴, 웹서비스 요청을 이용한 통합서비스버스 메시징 패턴, 어댑터를 통한 통합서비스버스의 요청 처리 패턴, 맞춤형(Custom) 통합 패턴 등과 같은 형태로 적용이 가능하다.

2.3 MDMS 통신 아키텍쳐 연구

MDMS는 크게 스마트미터로부터 통신 네트워크(SUN)을 통해 데이터를 수집하고, 관리하기 때문에 효율적인 MDMS 운영을 위한 통신 아키텍쳐가 중요하다. 특히, 미터로부터 수신되는 데이터의 주기가 짧아질수록 통신되는 데이터 량이 많아지기 때문에 대용량 데이터에 대한 통신지원 활용이 고려되어야 한다. 기존 연구에 의하면 MDMS를 위한 통신 아키텍쳐를 3가지 정도로 구분이 가능한데 그것은 '중앙집중적인 MDMS 아키텍쳐 통신 모델'과 '분산된 MDMS 통신 모델'로 구성할 수 있고, 분산된 MDMS 아키텍쳐 통신 모델은 여러 개의 분산된 MDMS를 가지고 있어서 MDMS는 미터 데이터를 저장하고 스마트 미터로부터 데이터를 처리하는 '일반형 분산 MDMS 아키텍쳐 통신 모델'과 MDMS를 가진 하나의 운영과 관리 서버를 독립적으로 가지고 있는 '완전한 분산 MDMS 아키텍쳐 통신 모델'로 구분이 가능하다[14].

AMI 전개에 따라 스마트미터로부터 받는 데이터는 단순하게 전력 사용량 정보뿐만이 아니라 정전을 방지하기 위한 이벤트 정보 등 다양한 정보로 확장되기 때문에 AMI 네트워크의 확장성을 고려하는 설계가 매우 주요하게 된다. 비용 측면에서 시뮬레이션 한 결과를 보면 데이터수집장치의 수에 따라 중앙집중적인 MDMS 통신 아키텍쳐가 완전히 분산된 MDMS 통신 아키텍쳐에 비하여 훨씬 많은 비용이 소요됨을 연구 결과로 제시하고 있다.

Table 1. Features of models for MDMS communication architecture

중앙집중적인 MDMS 통신 아키텍쳐	분산된 MDMS 통신 아키텍쳐	완전히 분산된 MDMS 통신 아키텍쳐
- 한 서버로부터 운영 및 관리서비스 - 중앙 MDMS를 통하여 직접 미터 데이터 수집 - Bottleneck 및 통신지연, 데이터 손실	- 스마트미터에 근접하게 복수의 분산 MDMS 운영 - 분산 MDMS에서 처리 및 저장 - 중앙집중형 MDMS 구조 대비 통신 Bandwidth 감소 - 중앙 다른 시스템에서 필요한 데이터는 운영센터에서 재구조화 서비스	- 운영과 관리서버가 MDMS와 함께 분산 - 운영 및 관리서버의 데이터 처리 통신 부담 감소 - 분산 MDMS와 중앙 MDMS 사이의 통신은 미터 수집 데이터가 아닌 요약 정보만을 제공

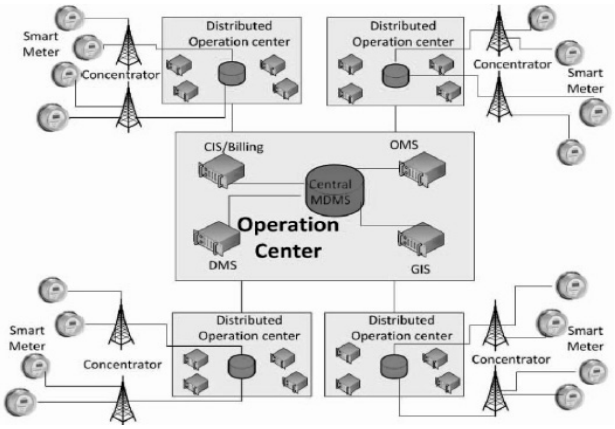


Fig. 3. A fully distributed communication architecture of MDMS

2.4 전력공통정보모델(CIM)

전력기기 및 설비의 디지털화를 위한 노력으로 IEC에서는 Technical Committee 57에서 표준화 노력을 해왔으며, 특히 전력회사의 에너지관리시스템에서 사용되는 전력계통 데이터모델인 발전·송전부분은 Working Group 13에서, 배전계통에서 사용되는 응용프로그램 간 통신을 위한 데이터 모델은 Working Group 14에서 개발한다. WG13과 WG14에서 추진하는 송배전 계통의 특성정보 모델을 전력 공통정보모델(CIM, Common Information Model)이라고 부르고, 전력 공통정보모델(CIM)은 전기 유틸리티의 에너지관리 및 배전시스템에 적용되는 주요 객체들을 표현하고, 관리하기 위한 추상적인 모델이다[3][15].

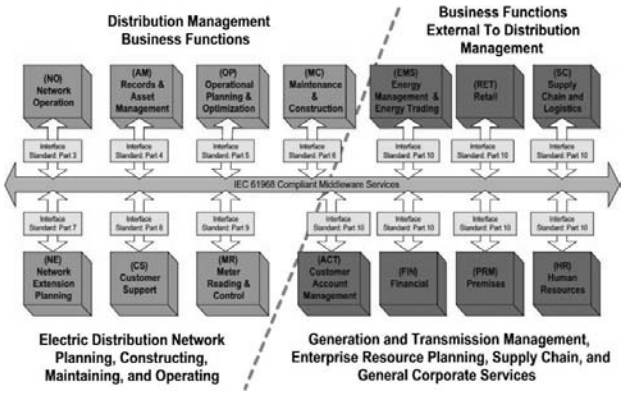


Fig. 4. Interface Reference Model(IRM) of IEC61968

특히, IEC 61968 part 9는 미터 조회 및 제어와 관련된 인터페이스 표준이다. AMI 시스템 개발의 경우 IEC 61968-9 표준을 적용하여 시스템 구현을 하게 된다. IEC 61968-9는 미터와 MDMS간의 데이터 처리만을 정의하는 것이 아니고 AMR Master 시스템과 다른 배전 관련 시스템들간의 정보교환에 대해 정의하고 있다.

전력 표준 IEC 61968-9에서는 SOAP 서비스의 입력 인수 및 출력 데이터를 다음과 같이 메시지(Message) 기반으로 정의하고, 전력 공통정보모델(CIM)을 통해 데이터 전송

의 단위를 개별 프로파일(Profile)로 작성하여, 메시지에 프로파일을 적재하여 서비스 하도록 제시한다[3].

1) CIM 메시지 구조

IEC 61968-9에서는 CIM 모델 기반으로 작성된 프로파일(XML Schema)을 적재하여 서비스하기 위한 메시지(Message) 데이터 구조를 제안한다. 메시지는 서비스의 단위 데이터 구조로써, 서비스 부가정보를 위한 헤더(Header)와 데이터를 적재하는 요청(Request), 응답(Reply) 및 적재 데이터(Payload) 구조로 구성된다. 여기에서 데이터는 CIM 모델에 기반한 프로파일(Profile)로 IEC 61968-9 에서 MDMS를 위한 프로파일을 정의하고 있다. 이 메시지는 XML Schema로 정의되어 향후, 서비스를 구성할 때 웹서비스기술언어(WSDL) 정의시 참조되어 사용된다. MDMS를 포함한 여러 전력 응용시스템에서 제공하는 표준 서비스들이 통합서비스버스를 통하여 CIM 프로파일 기반으로 통합될 때, 서로 의미가 다른 데이터가 동일한 구조의 프로파일에 적재될 수 있는데, 이 경우 데이터의 내용을 구분하기 위해, 프로파일의 구조에 담겨지는 데이터의 의미를 지정하는 컨텍스트(Context)를 정의하여, 데이터의 성격을 구분한다. IEC 61968-9에서는 CIM 모델 기반으로 작성된 프로파일(XML Schema)을 적재하여 서비스하기 위한 메시지 데이터 구조를 아래와 같이 제안한다. 메시지의 payload로 전달되는 CIM 프로파일 데이터의 구조의 구분자는 헤더의 명사(noun) 및 동사(verb)로 기술된다[16].

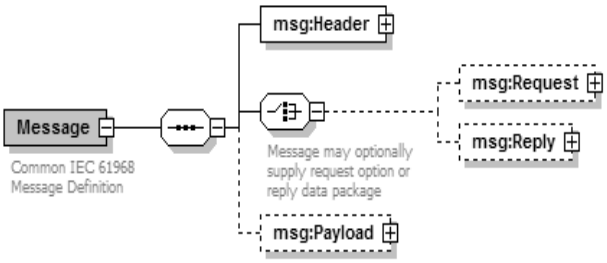


Fig. 5. Standard message format of CIM

메시지 구성 항목 중 헤더는 메시지의 내용과 서비스를 위한 부가정보들을 제공하기 위해, 이벤트 구분(msg:Verb), Payload 항목에 적용된 프로파일의 이름(msg:Noun), 이벤트 발생 시간, 일자(msg;TimeDate). 이벤트 발생처(msg:Source) 등과 같은 항목들로 구성된다. 적재 데이터 구조는 CIM 모델 기반의 프로파일이 적재되는 데이터 구조로, XML Schema 정의시에 프로파일의 형태를 규정할 수 없다. 따라서, 해당 데이터 구조는 다양한 프로파일이 적재될 수 있도록, XML Schema의 “xs:any” 타입으로 지정 되어야 한다.

요청 데이터 구조는 요청 옵션(msg:ReuqestOption) 항목에 서비스에 대해 주어진 기간(msg:StartTime ~ msg:EndTime)에 해당하는 데이터의 요청 정보를 기술하고, 응답 데이터 구조는 데이터 이벤트 또는 요청 서비스에 대한 결과를 응답코드(msg:ReplyCode) 및 에러 정보(msg:Error) 들을 기술한다. 이를 위해서 응용시스템간의 연계 서비스의 결과 또는 오류에 대한 일반적 오류 코드를 합의하에 정의해야 한다.

Table 2. Description of the IEC 61968-9 standard message

항목	설명
msg:Header	메시지 헤더로 메시지의 내용 및 서비스를 위한 부가정보 제공
msg:Request	서비스 요청을 위한 CIM 프로파일의 적재 데이터 구조
msg:Reply	서비스 응답 적재 데이터 구조
msg:Payload	프로파일 데이터 적재 데이터 구조

2) IEC 61968-9 프로파일 정의

IEC 61968-9 에서는 MDMS 시스템의 외부 인터페이스를 위한 서비스와 그 서비스에 대한 CIM 모델 기반의 프로파일을 아래와 같이 정의한다[3].

Table 3. IEC 61968-9 standard profiles

프로파일	설명
CustomerMeterData Set	고객에 할당된 종단장치 그룹 및 종단장치에 대한 정보 프로파일
MeterAssetReading	미터 관련 작업 정보와 서비스 위치 정보 프로파일
EndDeviceControls	종단장치의 제어 요청 정보 프로파일
EndDeviceEvents	종단 장치의 이벤트 정보 프로파일
MeterReadings	미터 검침 데이터 프로파일
MeterReadSchedule	미터 검침 스케줄 설정 또는 설정상태 정보 프로파일
MeterService Requests	관리적 미터 장치에대한 서비스 요청정보 프로파일
MeterSystemEvents	미터링 시스템의 이벤트 정보 프로파일
EndDeviceAssets	종단장치(미터 등)의 정보 프로파일
EndDeviceFirmware	종단장치 펌웨어 업그레이드 정보 프로파일
SupplierConfig	서비스 공급업자 설정 정보 프로파일
CustomerConfig	고객 정보 프로파일
ServiceCategory Config	서비스 카테고리 설정 정보 프로파일
TariffConfig	실시간 단가 설정 정보 프로파일
CustomerAccount Config	고객 계정 설정 정보 프로파일
CustomerAgreement Config	전력회사와의 서비스 계약 설정 정보 프로파일
MeterAssetConfig	미터 설정 정보 프로파일
ServiceDeliveryPoint Config	실제 전기 서비스가 제공되고 있는 지점에 대한 설정 정보 프로파일
ServiceLocation Config	서비스 위치 설정 정보 프로파일

3. CIM 기반 AMI용 MDMS 구현 방안

본 논문의 한정된 지면을 통하여 MDMS 구현 방안의 전반적인 사항을 논하기는 한계가 있다. 그래서 본 논문에서는 국제전력정보모델 표준인 CIM을 이용한 정보전달을 위하여 메시지 생성 및 활용 방법, 구현된 MDMS의 통신 및 시스템 아키텍처 그리고 레거시 응용시스템의 다양한 프로토콜의 서비스를 통합할 수 있도록 기능을 제공하는 통합서비스버스를 이용하여 MDMS를 설계한 내용을 개념위주로 제안하고자 한다.

3.1 CIM을 이용한 시스템 개발 방안

CIM을 이용한 시스템 개발에서 시스템 개발 요구분석 내용 중 일반 개발과 다른 부분인 CIM 클래스의 확인 및 정의 부분에 대하여 설명하면, 이 단계에서는 먼저 MDMS의 요구 데이터 모델을 분석하여, 해당 시스템에서 필요로 하는 클래스와 클래스 속성, 속성유형 그리고 관계들을 정의하는 정보 모형을 정의해야 한다. 공통정보모델의 전체 클래스를 대상으로 해당 업무의 범위에 적합한 클래스를 선정하고 클래스내의 속성과 속성 유형, 클래스간 관계 등을 정리함으로서 DB 구축에 필요한 항목을 분석 할 수 있게 된다[17].

데이터 모델 분석시 활용한 툴은 Enterprise Architect 프로그램으로, CIM 모델을 그대로 사용하거나 또는 모델 사용자의 기반 모델에 맞춰 모델을 각각 확장하여 사용한다. Enterprise Architect를 활용하여 작성된 CIM 프로파일은 사용자가 개발하고자 하는 UML 모델로 확정 저장된다. 사용자의 모델에 맞도록 확장한 CIM 모델을 XML 파일로 추출하면 CIMTool 프로그램의 CIM 모델 스키마로 사용할 수 있다. CIMTool은 CIM 모델을 이용해 프로파일을 작성하기 위한 도구로 사용된다.

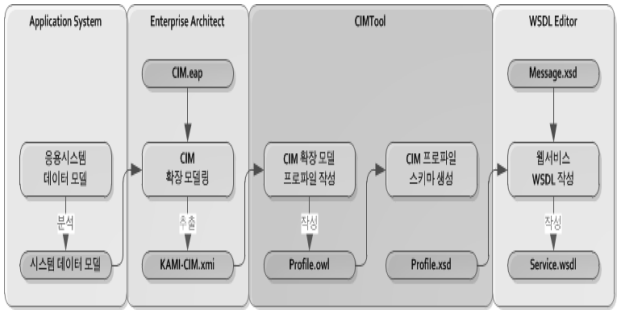


Fig. 6. Process of CIM profile creation

CIM 기반의 전력시스템은 CIM에서 제공하는 데이터 모델을 이용하여 시스템 구현에 용이한 RDB 형태로 구축하는 것이 바람직하며, 변환을 위해서는 CIM UML Model에 대하여 Logical Data Modeling을 수행하고 파악된 Entity와 속성 및 관계를 ERD[1)]로 생성한다. Table 4는 CIM Model을 ERD Model로 전환시 주요 처리 방법을 요약한 주요 내용이다.

1) ERD : Entity Relation Diagram

Table 4. Comparison of CIM UML and ER Diagram convert

UML	ER Diagram
패키지(Package)	주제 영역(Subject Area)
클래스(Class)	엔티티(Entity)
속성(Attribute)	속성(Attribute)
데이터 타입 (Primitive Data Type)	Domain
일반화 관계(Generalization)	식별 관계(Identifying Relationship)
연관 관계(Association)	비식별 관계 (Non-Identifying Relationship)
기수성(Cardinality)	기수성(Cardinality)

구현단계에서는, IEC 61968에서 제공하는 CIM 데이터 모델을 정의하고 있는 XSD 파일은 객체지향 프로그램을 작성하는데 있어서 편의성을 제공하는 라이브러리(클래스)로 변환이 가능하다. C#의 경우 클래스를 생성하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 첫째는 개발자가 직접 코딩으로 작성하는 방법이며 두 번째는 변환 툴을 이용한 방법이다. 첫째 방법은 시간이 많이 걸리고 실수에 의한 에러가 발생할 소지가 있다. 자동 변환을 위한 대표적인 툴로서는 Microsoft에서 제공하는 'Sample Code Generator' 프로그램(XSD ObjectGen)을 들 수 있겠다. 이 프로그램은 XSD 파일을 입력받아 동일한 자료구조를 갖는 C#으로 제작된 클래스 파일로 변환시켜준다. 'Sample Code Generator'를 이용하여 C# 클래스 파일을 생성하는 과정은 다음 Fig. 7과 같다. 여기에서 cimBase2.xsd는 메시지를 구성하는 기본형에 대한 데이터타입을 포함한 스키마이고, mdiMessage.xsd는 표준 메시지 구조를 나타내는 스키마 파일이며, CustomerDataSet.xsd는 실제 생성하려는 메시지구조를 포함한 파일이다.

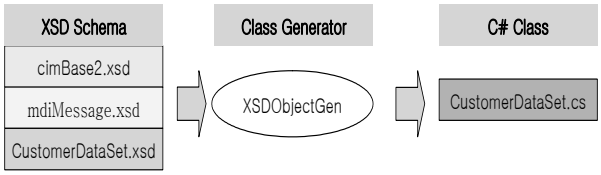
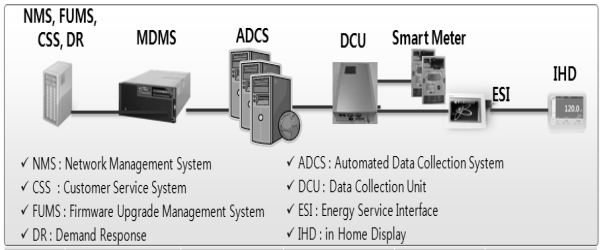


Fig. 7. Class conversion of Message schema file(xsd)

3.2 MDMS 통신 아키텍처 및 컴포넌트 구성

MDMS의 통신 아키텍처는 관련연구에서 명시한 세 개의 모델 중 두 번째 모델인 분산된 MDMS 통신 아키텍처를 참조하여 설계하였다. 즉, 스마트미터에 근접하여 복수의 분산 MDMS를 운영하고, 분산 MDMS에서 처리 및 저장이 발생하며 다른 시스템에서 필요한 데이터는 중앙 운영센터에서 재구조화 서비스를 하는 모델이다. 다만 본 연구에서

는 지역별 MDMS 역할을 하는 서버를 지능형데이터수집시스템(ADCS, Automated Data Collection System)이라고 명기하고 MDMS로부터 지시와 스케쥴을 전송받아 지역단위의 미터데이터를 수집하고 MDMS로부터 전송되는 신호 및 데이터를 스마트미터나 홈 네트워크로 전달하는 게이트웨이 역할을 수행한다. 그리고 수집된 데이터는 바로 중앙의 MDMS로 전송되어 저장되도록 구현하고, 중앙의 MDMS에서는 MDMS가 가져야하는 다양한 기능을 가진 시스템의 형식을 갖는다.



분야	Application	WAN	NAN	SM	HAN
표준	IEC 61968CIM) Reference Use Case	TCP/IP (SMCP)	PLC Wireless Mesh	IEC 62056 ANSI C12.	Smart Energy Profile

Fig. 8. AMI implementation architecture and the associated protocol configuration

AMI는 다양한 장비와 통신 프로토콜을 갖고 연계되는 시스템으로 여러가지 표준과 프로토콜을 갖는다. MDMS 관점에서 볼 때 외부 시스템과의 직접 또는 간접의 인터페이스 프로토콜은 CIM을 기반으로 하며, 대용량의 데이터는 파일 전송 등과 같이 별도의 포맷을 사용할 수도 있다. 또한, 제어 및 이벤트에 대한 처리는 통합서비스버스 에서 제공하는 웹서비스 또는 JMS 기반의 통신 인프라를 사용하도록 한다. 홈 네트워크 영역(HAN)에서는 스마트 에너지 프로파일(SEP, Smart Energy Profile)이 표준으로 역할을 하고 있으며, 스마트 미터의 경우는 유럽형과 북미형 모델이 따라 각각 IEC 62056과 ANSI C12.XX의 표준을 사용한다. 그런데 DCU부터 ADCS간의 WAN(Wide Area Network)의 경우 특별히 제안된 국제 표준이 없으므로, 국내의 경우는 한국전력에서 SMCP(Smart Meter Concentrator control Protocol)를 규정하여 원격검침(AMR) 사업과 AMI 사업에 적용하고 있다. 그리고 MDMS가 가지는 주요 기능들은 Fig. 9와 같이 브로커 기반의 컴포넌트들로 구성되어 있으며, 그 각각의 기능은 Table 5와 같다.

각 컴포넌트 들은 유틸리티의 비즈니스 정책에 따라 불필요한 프로세스는 생략하던가, 새롭게 요구되는 기능은 추가할 수 있도록 통제하는 중간 브로커를 통하여 등록 혹은 삭제 과정을 거쳐 운영하는 브로커 기반의 MDMS를 구현함으로써 시스템의 유연성을 확보하고 향후 해외 전력회사의 요구사항에도 쉽게 적용할 수 있는 특징을 가진 점이 본 제안 시스템의 특징 중 하나이다.

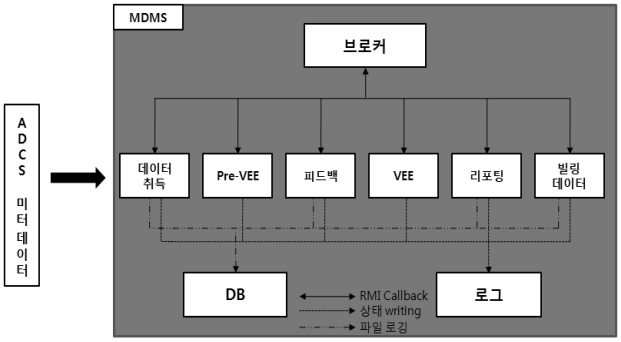


Fig. 9. Internal processing of MDMS based-on component

Table 5. Components and Functions of MDMS

컴포넌트	설 명
MeterRead 컴포넌트	ADCS로부터의 검침 데이터를 수집, 검침 데이터를 수신하고 필요한 검사를 수행한 후, 데이터 전송의 성공 또는 실패를 통지
SyntacticCheck 컴포넌트	검침 데이터 구조가 적절한지 체크섬을 확인
SemanticCheck 컴포넌트	검침 데이터의 헤더 내 정보가 맞는지 확인
Pre-VEE 컴포넌트	VEE에 앞서 검침 데이터의 완전성, 정전 복구, 변조 데이터 등을 확인
VEE 컴포넌트	VEE 대상 인가를 점검하고, 기존 데이터와의 비교 등을 통해서 평가를 수행, AMI 시스템이 실제 데이터를 수집할 수 없을 경우 수동 import 수행
Billing 컴포넌트	빌링데이터 처리를 위하여 실행 환경을 설정 주기적 또는 비주기적인 빌링 요청에 대하여 빌링 데이터를 가공
Data handler 컴포넌트	수정/편집이 필요한 기능에 대한 인터페이스를 제공 AMI 시스템으로부터의 모든 데이터, 데이터 집계, Report 및 Log, 설정 관련 정보를 저장, 검침 데이터, 데이터 집계, 빌링 데이터 및 리포트에 대하여 각 연관 관계를 추적할 수 있도록 버전 관리
리포팅 컴포넌트	AMI 시스템의 예외 상황, 검침 이상, 통계 및 분석 결과 보고, 문제 보고 등을 처리, 시스템이나 사용자 인지를 위한 알람을 발생
Loghandler 컴포넌트	MDMS내의 각종 이벤트 및 사용자들의 접근 및 데이터 변경 등 모든 정보에 대하여 로그를 남기고 관리

3.3 통합서비스버스를 활용한 시스템 통합 지향 MDMS

통합서비스버스는 레거시 시스템의 기존 서비스들을 통합하기 위한 내부서비스 연계자로 비즈니스서비스(Business Service)를 제공하고, 이 통합버스를 통해 비즈니스 서비스와의 연계를 제공하기 위한 서비스 인터페이스 및 그 서비스의 처리 로직으로 구성되는 프락시서비스(Proxy Service)의 두 가지 서비스 형태를 제공한다.

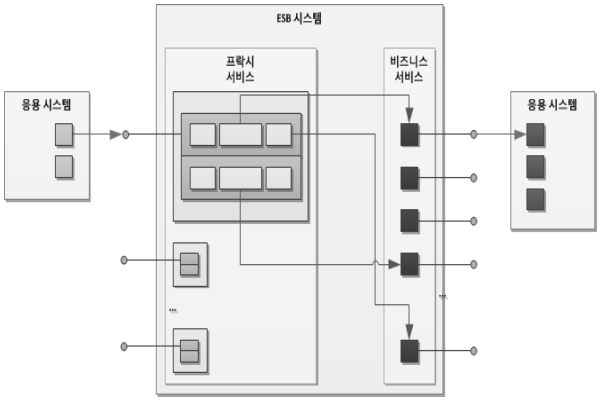


Fig. 10. Configuration and service of Enterprise Service Bus

통합서비스버스를 통해 MDMS의 서비스를 포함한, 표준 및 비표준 응용시스템들의 서비스를 표준 및 CIM 모델 기반의 서비스로 통합하기 위해 IEC 61968-9에서 제공하는 메시지(Message)를 이용해 이벤트 배포(구독) 서비스, 요청/응답 서비스 등을 구성한다. 일반적으로 통합서비스버스는 개발 툴을 제공하여 다이어그램 기반 프로그램 작성 방법 및 서비스를 관리할 수 있는 기능을 제공한다. 통합서비스버스 시스템이 제공하는 웹 인터페이스 관리자 콘솔의 서비스 구성 방법에 따라 구현할 때, 작성된 서비스를 배치하여 서비스 단위로 시작, 중지, 재가동 및 디버깅, 서비스 삭제 등의 관리 기능을 제공한다. 그런데 이러한 일반적인 통합서비스버스의 서비스 구현에 있어서 몇 가지의 애로 사항이 있다.

통합서비스버스를 활용한 시스템 통합에 있어서 첫 번째 애로 사항은 개발 단계 뿐 만이 아니라 운영 시점에서도 통합서비스버스 관리에 대한 상당한 전문지식을 요구한다는 점이다. 이는 지속적인 통합서비스의 추가나 변경이 예상되는 지능형전력망 환경에서 상당한 부담으로 작용하게 된다. 그리고 두 번째 문제점은 운영 중 서비스의 변경에 따라 서비스의 재 기동이 불가피 하다는 점이다. 통합서비스버스에서 연계되는 응용시스템의 서비스를 구성하는 비즈니스서비스는 위에서 설명한 바와 같은 개발 및 배치, 관리 단계를 거쳐 구성된다. 통합서비스버스의 외부 인터페이스 역할의 프락시서비스의 연계 경로 구성은 이미 구성된 비즈니스 서비스만을 대상으로 하므로, 신규 연계 대상 응용시스템이 도입되면, 새로운 응용시스템의 서비스를 비즈니스 서비스로 등록하고, 기존 운영 상태의 프락시서비스를 중지 및 신규 서비스와의 메시지 경로 구성 후 재시작 해야만 한다.

이러한 이유로 프락시 서비스의 변경이 필요할 때, 서비스는 중단되어야만 하는 문제점이 발생한다. 그리고 세 번째 마지막 문제점은 동기방식의 서비스 연계시 타임아웃이 발생하는 현상을 들 수 있다. 즉, 서비스 호출이 발생하여 프락시서비스가 서비스 메시지의 내용에 의해 연계 대상의 시스템을 호출했을 때, 해당 연계 대상 응용시스템의 서비스가 프락시서비스가 응답을 대기하는 시간을 초과하지 않은 상태임에도, 서비스 호출자의 서비스 대기시간이 초과되어, 서비스 수행 실패로 간주될 수 있다. 이러한 서비스의 호출이 발생할 수 있는데, 그런 경우는 거의 대부분의 서비스 호출이 응답 대기시간 초과로 실패로 간주도 되어버린다.

Table 6. Problems and countermeasures for service implementation using enterprise service bus (ESB)

문제점	해결방안
운영 시점의 전문 지식 요구	ESB 어댑터를 활용한 인터페이스 단일화(GenericService) 서비스 구현 및 CIM 및 연계 응용시스템 토폴로지 정보 구성을 통한 동적 확장 기능 제공
변경에 의한 운영 중 서비스 중단 불가피	관리 기능을 통해, 데이터에 기반한 서비스 연계(배포/구독, 요청/응답) 정보 구성을 통한 런타임 연계 경로를 동적으로 산출
직렬화된 동기 연계의 타임아웃	대용량 배포 서비스에 대해, 서비스 호출 처리 모듈과 연계 배포 서비스 모듈 분리를 통한 비동기 배포 구현

위와 같은 세 가지 애로사항은 Table 6과 같은 방안으로 해결이 가능하며, 그 해결 방안을 반영한 시스템 설계가 가능하다.

통합서비스버스를 활용한 통합서비스 방식의 복잡성과 전문적 지식 필요성은 어떻게 보면 정도를 논의하기는 어려움이 있지만 경험에서 볼 때 제품을 공급하는 전문가의 기술이 필요할 정도로 불편함이 있었고, CIM 스미카나 메시지의 변경이 발생 할 때마다 서비스를 제공하는 곳과 제공받는 곳에서 시스템 변경 사항을 반영해야하는 기존 구조에서는 관련 기업 엔지니어들의 기술적 수준을 고려할 때 쉽지 않은 부분이다. 그래서 본 연구에서는 먼저, 연계하고자 하는 응용시스템에, 통합서비스버스에서 구성한 표준 웹서비스(GenericService) WSDL을 통해 통합서비스버스 어댑터를 작성하여 배포하고, 응용시스템의 서비스에 대한 비즈니스 서비스를 동일한 형태로 제한하는 방식을 사용했다. 이 동일한 비즈니스서비스를 통해, 서비스 접점(Endpoint URI) 정보를 실행 시간에 적용하여, 단일의 인터페이스로 응용시스템 서비스를 실행시간 호출할 수 있도록 하였다. 그리고 동일한 비즈니스 서비스가 가능하도록 하기 위해 서비스를 실시간 호출하여 경로 산출을 위한 연계 대상의 서비스 접점 정보를 제공하는 응용시스템 레지스트리(Registry) 모듈을 구성하여, 통합서비스버스의 외부 인터페이스 역할을 수행하는 프락시서비스에 연계 경로 정보를 제공함으로써, 프락시서비스가 앞서 구성된 단일 인터페이스에 제공된 서비스 접점 정보를 적용하여 동적으로 연계 대상의 서비스를 호출할 수 있도록 설계했다. 이와 같이 서비스 연계 경로를 동적으로 산출하도록 함으로써, 통합서비스버스의 서비스 관리에 의한 서비스 중단을 최소화 할 수 있는 것이다. 또한 세 번째의 동기적 연계에 따른 타임아웃 문제를 해결하기 위해, 서비스의 호출 메시지를 데이터베이스를 이용해 일단 로깅하고, 별도의 연계 모듈이 로깅된 서비스 호출 메

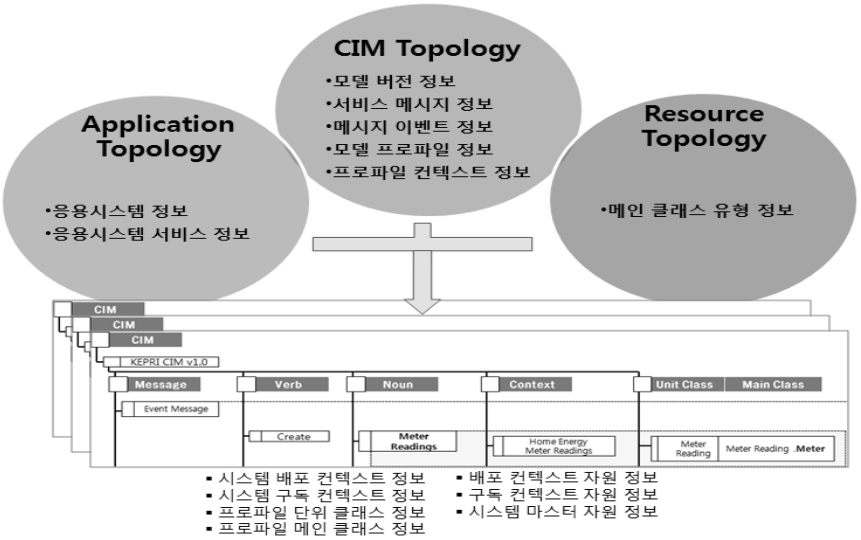


Fig. 11. Message management using CIM topology and application information

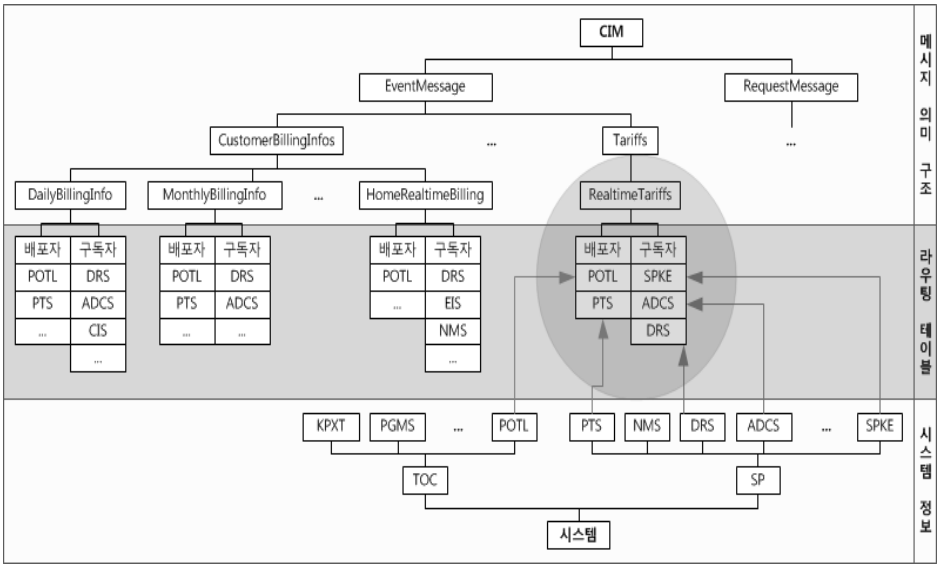


Fig. 12. A combination case of CIM topology information for the routing path calculation

시지를 분석해 서비스 연계 계획을 수립한 후, 그 연계 계획을 기반으로 연계 대상 응용시스템에 대한 비즈니스서비스를 호출하는 비동기 연계 방식으로 해결하는 방안을 제안한다. 이 기능을 수행하는 모듈을 비동기 연계메시지 저장소(Repository) 모듈로 설계했다.

결론적으로 정리하면 Fig. 11과 같은 CIM 토폴로지 및 어플리케이션 정보를 활용한 CIM 스키마와 메시지관리를 하여 단일화된 표준 웹서비스를 통하여 프로세스에 필요한 정보를 데이터베이스에서 호출 산출함으로써 비동기적 서비스 연계를 가능하도록 설계하였다.그 동작 예를 간단히 설명하여, IEC 61968-9 서비스 메시지와 CIM 프로파일은 CIM 버전 정보와 메시지정보, 프로파일정보 그리고 컨텍스트 정보를 관리하는 CIM 모델 토폴로지와 응용시스템 정보와 분야를 구분하는 정보로 구성된 응용시스템 정보 관리하고, 응용시스템의 배포/구독, 요청/응답 경로를 산출하기 위해 CIM 토폴로지 정보 및 응용시스템 정보를 이용해 아래 Fig. 12와 같이 경로 정보를 구성하는 토폴로지 구성을 갖는다.

위의 Fig. 12의 예에서, POTL 응용시스템이 통합서비스버스 프락시서비스(GenericService)의 배포(publish) 메소드가 이벤트메시지(EventMessage)로 단가 프로파일(Tariffs)를 명사(Verb)로 하고, 실시간단가(RealtimeTariffs) 컨텍스트(Context)로 호출되면, 아래 그림과 같은 조합으로 경로를 산출하게 된다.

위 예는, POTL 시스템의 실시간단가(RealtimeTariffs) 이벤트메시지 배포에 대해, SPKE, ADCS, DRS 세 응용시스템이 연계 경로의 배포 대상(구독) 응용시스템 정보로 구성됨을 보여준다.

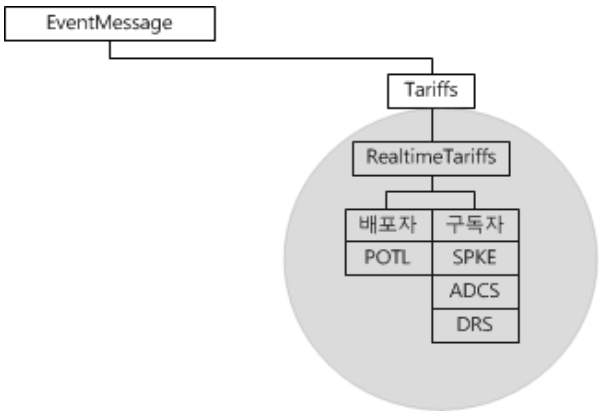


Fig. 13. A method of subscriber selection using CIM topology information

또한 IEC 61968-9 메시지의 헤더에서 서비스 연계 경로를 구분짓는 소스(msg:Source) 항목을 연계되는 응용시스템의 구분자(ID)를 이용하여 응용시스템의 정보와 응용시스템이 제공하는 송/수신 서비스 정보를 통해 서비스 호출을 런타임에 수행할 수 있다 가정했을 때, 서비스 연계 경로 정보로, 위 메시지 토폴로지를 기반으로 서비스 연계 경로 산출을 위한 정보 구축이 가능하고, 이를 통해 런타임에 서비스 호출을 할 수 있다.

4. 결 론

전력시스템의 배전분야 정보모델 및 데이터교환 국제표준인 CIM(Common Information Model, IEC61968) 기반 MDMS 개발에 있어서, 가장 중점을 두는 부분은 짧은 주기로 수집되는 데이터의 효과적인 관리와 AMI 데이터를 활용하기 위하여 상위시스템들과 어떻게 통합서비스 할 것인가에 대한 이슈이다. 본 논문에서는 기존의 AMR 환경과 다르게 양방향 서비스 인프라를 제공하는 AMI 환경에서 전력공통정보모델 CIM 기반 MDMS 구현 방안과 기능들을 기술했다. 본 논문에서는 데이터교환 국제표준인 CIM을 활용하여 통합서비스가 가능한 MDMS 구현을 위한 메시지 생성 및 활용 방법에 대하여 절차를 제안했으며, MDMS의 기능 최적화를 위하여 브로커 기반의 컴포넌트형 모듈 설계 내용을 제안했으며, 마지막으로 통합서비스버스를 활용하여 서비스를 구현함에 있어서 몇 가지 애로사항 및 해결 방안을 개념적으로 명시하였다. 본 연구에서 제안한 설계로 구현된 시스템은 광주지역 아파트 단지의 고객들을 대상으로 실시한 실증 시험을 통하여 그 기능을 평가 할 수 있었으며, 현재는 제주 스마트그리드 실증단지 Smart Place 컨소시엄에 설치되어 2013년까지 실증을 진행 중이다. 본 설계의 MDMS 시작품은 국내 AMI 사업을 위한 운영시스템으로 활용되고 향후 해외 시장 진출을 위한 AMI 솔루션으로 자리 잡을 수 있을 것으로 기대하고 있다.

참 고 문 헌

[1] Chenthamarai Selvam, Kota Srinivas, G.S. Ayyappan, M. Venkatachala Sarma, “Advanced metering infrastructure for smart grid applications”, ICRTIT 2012, PP145-150, March, 2012.

[2] KSGA, The Korea Electric Power Times, “2011 Korea Smart Grid yearbook, Nov., 2011.

[3] IEC, “IEC 61968-9 Ed.1: System Interfaces For Distribution Management - Part 9: Interface Standard for Meter Reading and Control”, 2007.

[4] IEC, IEC61968 Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 1:Interface architecture and general requirements, Oct., 2003.

[5] IESO, “MDM/R Functional Specification”, 2006.

[6] IESO, “MDM/R Service and Performance Levels”, 2006.

[7] IESO, “MDM/R Logical Application and Data Architecture”, 2006.

[8] IESO, “MDM/R Business Process Description”, 2006.

[9] KME, “Business Plan of Development of AMI(Advanced Metering Infrastructure) System”, pp.3-5, Jun., 2009.

[10] Lee Il-Woo, Lee Jung-Bin, “ICT for Smart Grid”, Information and Communication, Nov., pp.3-11, 2010.

[11] KSGA, KATS, “The 4th workshop for Smart Grid Standardzation, Feb., 2012.

[12] Jung Nam-Joon, Yang Il-Kwon, Oh Doe-Eun, A patten analysis for AMI application integration using ESB, 2010 KIEE Summer Conference, pp1894-1895, Jul., 2010.

[13] EPRI, “Enterprise Service Bus Implementation Profile-Integration Using IEC 61968”, Apr., 2009.

[14] Jiazhen Zhou, Rose Qingyang Hu,Yi Qian, Scalable Distributed Communication Architectures to Support Advanced Metering Infrastructure in Smart Grid, IEEE Transactions on parallel and distributed systems, Vol.23, 2012.

[15] Jung Nam-Joon, Yang Il-Kwon, Oh Doe-Eun, A Study on RDF Conversion of CIM UML for Development of Power System, KICS Summer Conference, Jul., 2008.

[16] IEC, “IEC 61968 System Interfaces For Distribution Management Part 1 : Interface Architecture and General Requirements”, 2007.

[17] Jung Nam-Joon, Yang Il-Kwon, Oh Doe-Eun, Ko Jong-Min, A Study of development techniques and methodology for DMS using CIM, 2009 KIEE Summer Conference, Jul., 2009.

정 남 준

e-mail : njjung@kepco.co.kr
1989년 조선대학교 컴퓨터공학과
2005년 충북대 전자계산학과(석사)
1991년~1999년 한국전력공사 정보처리처 근무
2000년~현 재 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
관심분야 : 스마트그리드, AMI, 소프트웨어 품질관리 등

채 창 훈

e-mail : chchae@kepco.co.kr
2007년 전남대학교 전자컴퓨터공학부 (학사)
2009년 광주과학기술원 정보기전공학부 (석사)
2010년~현 재 한국전력공사 전력연구원 일반연구원
관심분야 : 전력IT, 해상풍력, 스마트그리드, 소프트웨어공학 등

진 영 택

e-mail : ytjin@hanbat.ac.kr
1981년 중앙대학교 전자계산학과
1983년 중앙대학교 전자계산학과(석사)
1992년 중앙대학교 컴퓨터공학과(박사)
1983년~1990년 에너지기술 연구원
1990년~현 재 한밭대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : MDA, 비즈니스 인텔리전스

최 민 희

e-mail : min@kepco.co.kr
1998년 서울시립대학교 전산통계학과
2000년 서울시립대학교 전산전공(석사)
2000년~2005년 ㈜포인트아이 모바일사업본부 근무
2006년~2009년 광운대학교 정보통신처 근무
2009년~2010년 ㈜한전KDN 전력IT연구원 근무
2010년~현 재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
관심분야 : 전력계통IT, 전력분야표준, 소프트웨어공학 등