AMI 운영을 위한 MDMS 설계 연구

정남준*, 김동욱*, 송재주*, 채창훈*
*한국전력공사 전력연구원
e-mail : njjung@kepco.co.kr

A Study on Design of Meter Data Management System for Operation of AMI

Nam-Joon Jung*, Dong-Wook Kim*, Jae-Ju Song*, Chang-Hun Chae*
*KEPCO Research Institute, Korea Electric Power Corporation

요 약

전력시스템에서 MDMS(Meter Data Management System)는 HAN(Home Area Network)과 Smart Meter, SUN(Smart energy Utility Network)와 같은 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 기반 환경에서 수많은 전력 또는 수도 가스 사용량과 같은 데이터를 수집, 취득하고, 이들 데이터를 처리, 가공, 분석하여 가치 있는 정보로 변환시켜, 요금서비스 및 다양한 부가서비스 창출에 활용되는 소프트웨어 인프라이다. 최근 MDMS 개발은 기능의 중요성 뿐만 아니라 다른 응용 시스템들과의 상호 운용성을 고려하여 개발하는 요구 기능을 가진다. 본 논문에서는 스마트그리드 환경에 적합한 AMI의 전력처리시스템(MDMS) 개발을 위한 설계 방안을 기술하였다.

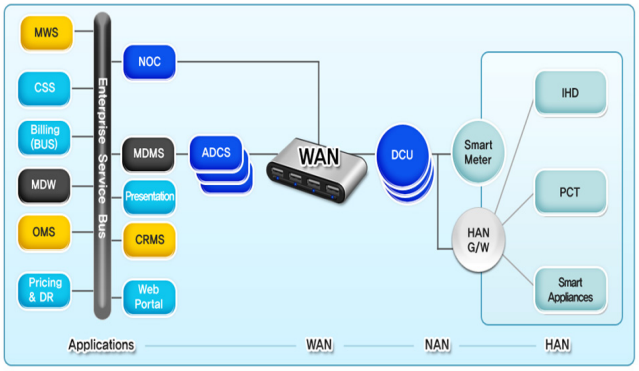
1. 서론

AMI는 최종 전력 소비자와 전력회사 사이의 전력서비스인프라로, 지능형 전력망(Smart Grid) 구현에 필수적인 핵심 인프라 시스템이며, 공급-수요 상호 인지 기반 수요반응(Demand Response) 실현을 위한 중요 수단이라 할 수 있다.[1] 또한 AMI는 다양한 유형의 분산전원체계, 배전지능화시스템 등과 정보 연계 등 미래 지능형 전력망 운용을 위해 요구되는 최우선 스마트그리드(지능형 전력망)의 인프라로 인식되고 있다. 이러한 AMI는 기존의 AMR(Automatic Meter Reading)이라는 자동 검침 기술에서 발전한 기술로 양방향 통신을 특징으로 한다. AMI를 통한 데이터 수집과 관리 그리고 상위 시스템간의 연계는 전력정보처리시스템이라고 불리는 MDMS가 그 기능을 수행하며 AMI 시스템의 핵심 어플리케이션이다. MDMS의 구현을 위해서는 MDMS에 대한 기능 사양에 때한 요구분석과 적용 가능한 표준과 기술 방법 등에 대한 다양한 각도의 고려가 필요하며, 본 논문에서는 AMI 시스템의 해외 구축 동향과 관련 기술 그리고 국내 환경을 반영한 시스템 개발 방안에 대하여 기술하였다.

2. 관련연구

2.1 AMI 네트웍과 관련 표준

AMI 시스템의 일반적 구성요소는 기존 전력에너지 소비를 담당하는 전등을 포함하여 냉장고, 에어콘과 같은 일반적인 설비뿐 만 아니라 가정내의 설비들과 통신을 위한 자체 통신망(홈 네트웍)과 가정내 효율적 설비의 운영을 지원하기위한 Home-EMS(에너지 관리시스템) 등을 포함하는 Customer Facility, 검침 및 과금이라는 특정 용도뿐만 아니라 전력량계의 Data를 잘 처리하여 다양한 분야에 유용한 정보를 제공하거나, 특정 Application에 목적을 두지 않는 수요정보 인프라 개념의 AMI(Advanced Metering Infrastructure)를 지원하는 Smart Meter, 신뢰성 있고 안정적인 데이터의 전송을 보장하는 Communication System, Network Management System, 그리고 Smart Meter로부터 네트웍을 통해 데이터를 수집하고, 수집된 수많은 데이터를 저장, 관리하며, 이들 데이터를 처리, 분석하는 데이터 수집·관리·처리기능과 처리된 정보를 ESB(Enterprise Service Bus)를 이용하여 다양한 애플리케이션과 교환 및 공유하는 인터페이스 기능 그리고 공유정보를 통해 전력소비자에게 부가서비스를 제공하는 미터데이터처리시스템(MDMS)들로 구성된다.[1]



(그림 1) AMI 구성과 네트웍

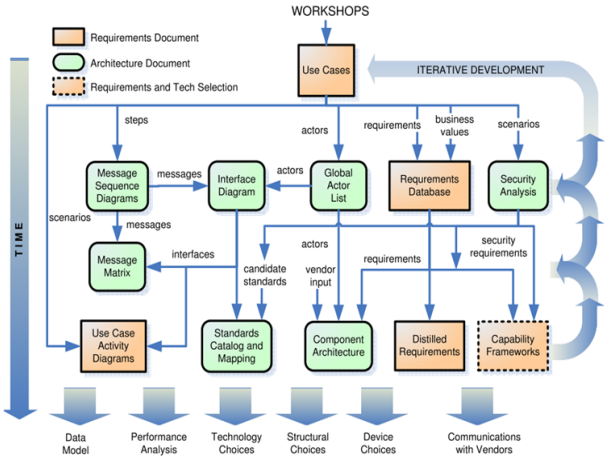
이와 같은 다양한 시스템들로 구성되는 기기와 기기간 통신 프로토콜에 있어서도 여러 가지 국제 표준들이 채택되어 상호운용성을 확보하기 위한 방안으로 적용되고 있다. 일반적으로 <표 1>과 같은 표준에 의거 시스템 구현이 이루어져야 하므로 AMI 시스템은 복잡한 네트워킹과 프로토콜 구조를 가지고 할 수 있겠다.[2][3]

<표 1> AMI구성을 위한 네트웍 및 관련 표준

분야	Application	WAN	NAN	Meter	HAN
표준	IEC61968	TCP/IP	PLC ZigBee	IEC62056 ANSI C12	Smart Energy Profile

2.2 MDMS 개발 방법론

AMI 혹은 MDMS의 개발을 위한 구체적인 방법론은 정해져 있는건 아니지만 스마트그리드 환경에서 AMI가 핵심 솔루션이고 상호운용성을 위하여 다양한 시스템간의 연계를 고려해야 하므로 체계적인 개발 접근이 중요하다. 일반적으로 고려가 가능한 참고 문헌은 'IEC 62559 IntelliGrid Methodology(IntelliGrid^{SM,} 이하 IntelliGrid 방법론)'이 있다. IntelliGrid 방법론은 IEC에 의하여 2007년에 채택된 전력에너지시스템 개발을 위한 방법론(IEC 62559, PAS(Publicly Available Specification))으로, EPRI의 'IntelliGrid 프로그램'의 산출물이다. IntelliGrid 방법론에 기반한 요구분석 방법론을 체계적인 스마트그리드 시스템 개발을 위한 요구분석 방안을 제시한 결과물로 평가할 수 있다.[4]

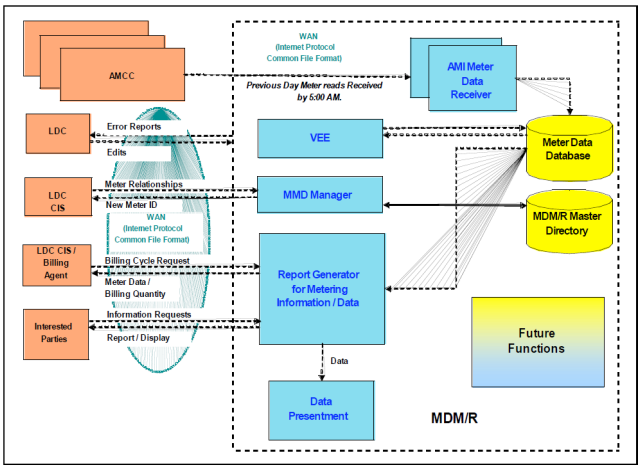


(그림 2) 요구분석 정의 및 아키텍쳐 개발 방법

2.3 MDMS 사양 분석

MDMS가 가지는 상위레벨의 개념적 기능은 '데이터 수신', '데이터 보급 및 전달', '데이터 관리', '데이터 저장'과 같은 4개의 영역으로 구분이 가능하여, 일반적인 상세 기능은 아래와 같이 정의 가능하다.[5][6][7][8]

- 검침데이터의 수신 및 적재
- AMI 인프라로부터 다른 데이터의 수신 및 적재
- 검침 데이터의 확인 및 평가, 수정
- 데이터의 저장 및 관리, 유지
- 정부의 스마트 미터링 목표를 지원하기위한 확장성 제공
- 데이터의 변경에 대한 감사 기능 제공
- MDMS 내에서 데이터 사용의 엔드 투 엔드 추적 기능 제공
- 기능들과 데이터 접속 관리를 위한 보안성 제공
- TOU, RTP, CPP를 포함하는 다른 요율 구조 기반의 고객들을 위한 요금 데이터 제공
- 주기적인 혹은 비 주기적인 요청에 의한 데이터 제공
- 미터와 제3사업자 사이의 관계를 지원하기 위한 정보 수신 및 관리



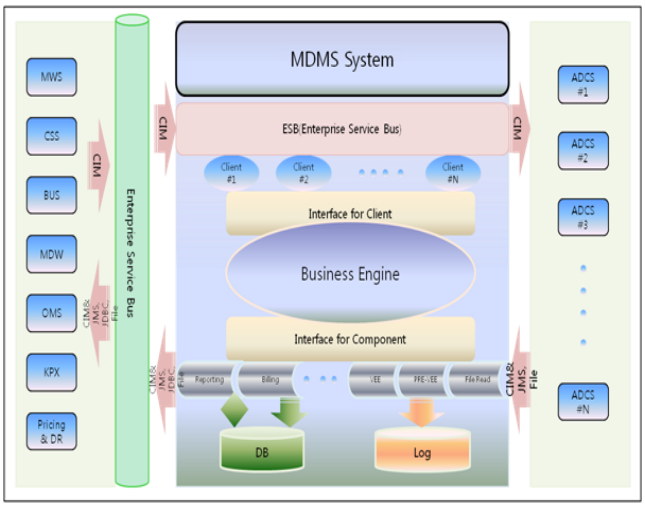
(그림 3) MDMS 기능 및 프로세스

3. 시스템 설계

3.1 MDMS 아키텍쳐 설계

MDMS 개발 방법론의 절차를 준수하여 요구분석 단계에서 유스케이스를 도출하고 유스케이스를 분석하여 기능적 비기능적 요구사항에 적합한 컴포넌트들을 식별하고 기술적 환경을 고려한 시스템 아키텍쳐를 도출한다. 본 시스템에서는 자료 수집부터 구축 그리고 어플리케이션에서의 활용까지 다양한 기능을 가지는 MDMS의 고유 기능을 고려하여 일련의 기능들을 선택하여 유틸리티의 요구기능 적합하게 커스터마이징하여 활용할 수 있는 컴포넌트 기반 시스템으로 설계하였다.

외부 시스템과의 직접 또는 간접의 인터페이스 프로토콜은 CIM(Common Information Model)을 기반으로 하며, 대용량의 데이터는 파일 등과 같이 별도의 포맷을 사용할 수도 있다. 또한, 제어 및 이벤트에 대한 처리는 ESB 에서 제공하는 WEB 서비스 또는 JMS 기반의 통신 인프라를 사용하도록 한다. MDMS내 각 컴포넌트와의 인터페이스는 용도에 따라 클라이언트 인터페이스와 컴포넌트 인터페이스로 나누며, 각각은 ESB를 통한 MDMS와의 통신과 비즈니스 로직과 각 컴포넌트와의 통신을 담당하도록 한다.



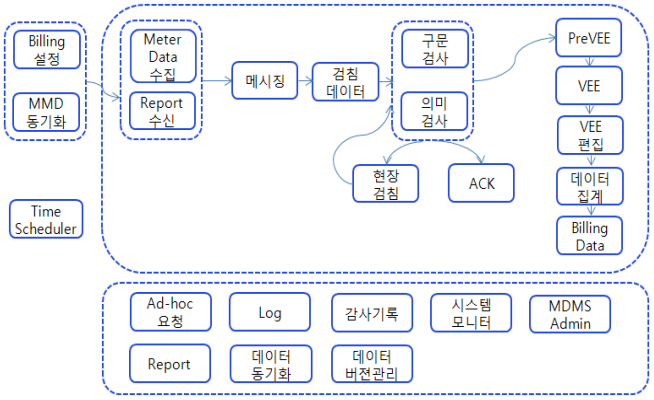
(그림 4) 컴포넌트 기반 MDMS Architecture

3.2 MDMS 컴포넌트 설계

MDMS 기능 구현을 위한 비즈니스 주요 컴포넌트들은 아래 <표 2>와 같은 단위로 설계하였으며, 전체적인 처리 프로세스는 아래 (그림 5)와 같은 구조를 갖는다. 고객별 요금정보의 설정부터 데이터의 수집 그리고 수집된 데이터에 대한 검증, 요금 데이터의 생성과 같은 컴포넌트 처리가 가능하다.

<표 2> 비즈니스 주요 컴포넌트 리스트

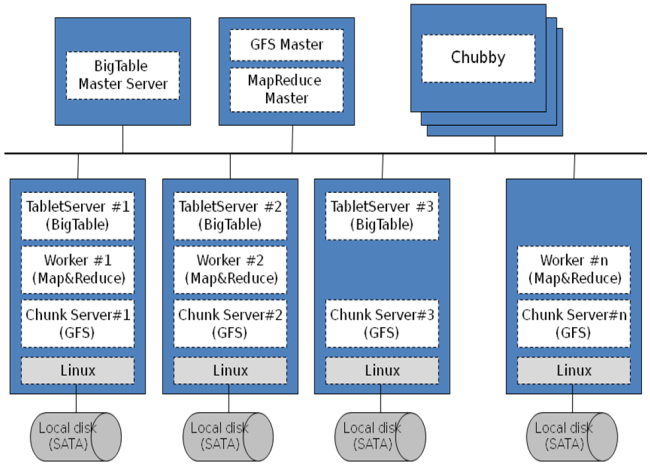
기능 구분	비지니스컴포넌트
MMD 동기화	SyncMMD
Billing 설정	SetBillingConfiguration
고객 정보 갱신	CustomerMeterDataSet
미터 정보 갱신	EndDeviceAsset
검침 주기 설정	MeterReadSchedule
HAN 디바이스	HANAsset
미터 데이터 수집	ReadMeterData
실시간 검침 요청	OnDemandMeterReading
검침 데이터 조회	RetrieveMeterReading
재검침 요청	ReMeterReading
현장검침	MeterAssetReading
공공정보 전송	TextMessage
요금정보 전송	PricingMessage
VEE	VEE
일별 집계	BillingInDaily
빌링주기 집계	BillingInInterval
빌링 데이터	BillingDeterminants
미터 F/W	EndDeviceFirmware
미터 상태	MeterStatus
제어 명령	EndDeviceControl
미터 이벤트	EndDeviceEvent
작업 지시	MeterServiceRequest
리포팅/MDMS 관리	MDMS 관리자 컨솔
데이터 Display	MDMS 관리자 컨솔



(그림 5) 컴포넌트 기반 MDMS 프로세스

3.3 MDMS 데이터베이스 설계

MDMS는 크게 상위레벨 기능 중 데이터 수신, 데이터 보급 및 전달을 위한 기능과 '데이터 관리, '데이터 저장을 위한 기능으로 하드웨어적으로나 소프트웨어적으로 구분하여 시스템 설계하는 것이 일반적이다. 데이터 수신과 데이터 보급 및 전달을 위해서는 무엇보다도 고속의 대용량 처리가 가능한 프로세싱 및 데이터베이스 설계가 필요하다. 그러므로 본 시스템에서는 데이터 수신과 데이터 보급 및 전달을 위해서는 대용량의 구조화된 데이터를 처리하기 용이한 분산저장시스템으로 설계하였다. RDBMS가 지원하였던 관계형 모델은 제공하지 않으며 Hashtable에서와 같이 Key-Value의 쌍을 가지고 데이터를 모델링하였다. 또한, 논리적 개념의 Table을 Tablet이라고 하는 물리적 단위로 작게 쪼개 여러 대의 서버에 분산 저장시킴으로써 기하급수적으로 늘어나는 데이터량을 확장성있게 보장하도록 설계하였다. 그리고 데이터 저장 및 관리, 어플리케이션간 시스템 연계를 위한 데이터 활용은 관계형데이터베이스를 활용한다.



(그림 6) 실시간 대용량 처리 시스템

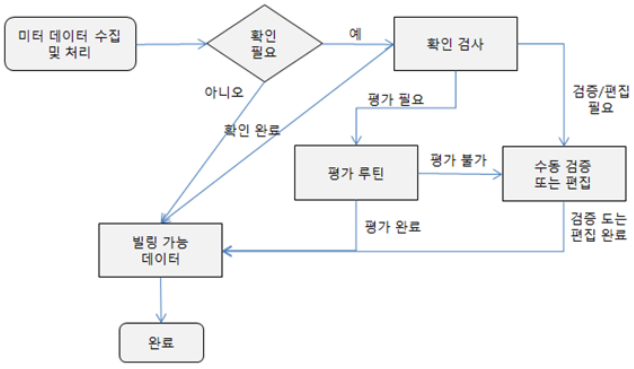
데이터베이스는 고객 사용자 정보, 계기정보, 검침데이터 정보, VEE 처리 정보, 계기 이벤트 및 제어에 대한 정보 등 약 25개의 테이블로 관리 된다. 각 테이블에 대한 데이터 속성과 속성에 사용되는 코드들이 설계되고, 논리

데이터 모델과 물리적 데이터 모델이 완성된다.

3.4 VEE 및 빌링프로세스 설계

VEE(Validation, Estimation & Editing)는 누락 및 부정확한 검침 데이터(Meter Read)를 식별하고 이유를 밝힘으로써 빌링 데이터 생성에 사용될 수 있도록 검침 데이터를 확인, 평가 및 편집하는 것을 의미한다. 프로세스는 검침 데이터가 수집 및 처리되어 MDMS 내 데이터베이스에 적재되는 경우 수행한다. VEE 프로세스의 목적은 검침 데이터가 유효하며 빌링 데이터 생성에 사용할 수 있는 지를 보장하는 것으로 처리 시점 측면에서 다음과 같이 2 가지 형태로 진행될 수 있다.

- ADCS로부터 검침 데이터(Meter Transfer Block(MTB)) 수령 시 : AMI 시스템으로부터 전송된 각각의 검침 데이터에 대해 VEE 처리를 하는 것으로 메시지 확인 및 평가(Message Validation & Estimation)로 지칭
- 빌링 데이터 생성 시 : 빌링 데이터를 생성할 때 처리를 하는 것으로 빌링 확인(Billing Validation)으로 지칭



(그림 7) 메시지 확인 및 평가 프로세스

VEE 서비스는 검침 데이터에 적용할 확인, 평가 및 편집 규칙을 정의해야 하며, 특정 시점의 경우 Service Delivery Point(SDP)에는 단지 하나의 VEE 서비스가 할당된다. 각 VEE 서비스는 몇몇 변수에 의해 정의되며, 이러한 변수들은 각각의 MTB를 처리할 때 사용되는 특정 확인 및 평가 프로세스를 정의한다. VEE 서비스는 MDMS 관리자(또는 전력회사 담당자)가 MDMS 내에서 글로벌하게 정의 및 관리하며 향후 추가적인 니즈를 지원하기 위해 추가적으로 설정 또는 정의될 수 있다.

3.5 시스템 개발 및 운영 환경

데이터 수집 및 전달을 위한 데어터 수집 서버(ADCS, Automated Data Collection Server)와 데이터 저장 및 관리를 위한 MDMS 전용 서버로 분리 운영하도록 구현하며 <표 3>과 같은 개발 사양을 갖는다.

시스템 통합을 위한 ESB(Enter Service Bus) 구현은 요구분석을 통해 작성된 컨텍스트 프로파일(IEC 61968 기반 UML 프로파일)을 CIMTool과 같은 전용 툴을 활용하여 ESB 내에서 사용되는 일련의 메시지 및 서비스를 정의하고 설계한다.

<표 3> 시스템 개발 환경

모듈	형태	개발 사양
데이터 수집	SW	OS: Linux(redhat 5.4) DB: MySQL 5.5, Berkeley DB Middleware : a3-server
	H/W	CPU : 2.4GHz *1Core (IBM X3650 M3) RAM : 8GB
데이터 저장 및 관리	SW	OS: UNIX(AIX 6.0) DB: Oracle 11g Middleware : WebLogic
	H/W	CPU : 4.4GHz * 8Core (IBM P570) RAM : 128GB

4. 결론

전력시스템에서 전력정보처리시스템(MDMS)는 AMI 시스템 운영을 위한 핵심 솔루션으로서 기존 시스템과의 차이점은 양방향 통신 서비스의 지원과 국제표준을 적용한 시스템 구현을 해야 한다는 점이다. 시스템 설계를 위해서는 AMI 네트웍의 다양한 표준과 프로토콜을 반영하여 설계가 필요하며 유틸리티의 응용서비스와 데이터 공유 및 활용을 위한 방안이 고려되어야 한다. 또한 15분 혹은 1시간 단위의 고객 데이터와 수요반응과 같은 데이터의 통신이 요구되기 때문에 이러한 시스템적 요구 기능을 수용하기위한 대용량 실시간 데이터 처리에 대한 설계가 필수적이다. 향후 시스템 개발 및 검증을 통한 MDMS의 기능 구현 및 시스템 최적화 연구가 진행 될 것이다.

참고문헌

[1] 정남준외 3, "AMI(Advanced Metering Infrastructure) 구축 동향 및 기술연구", 대한전기학회하계학술대회, 2009
[2] EPRI, "The Integrated Energy and Communication System Architecture Volume 4", 2004
[3] NIST, Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, 2010
[4] EPRI,, "IntelliGrid Methodology for Developing Requirements for Energy Systems", 2007
[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