

# AMI 네트워크에서의 장치 배치를 위한 시뮬레이션 결과 분석 방법

이준호\*, 박민우\*, 정태명\*\*

\*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

\*\*성균관대학교 정보통신공학부

e-mail:{jhlee83, mwpark}@imtl.skku.ac.kr\*, tmchung@ece.skku.ac.kr

## Method of Simulation Result Analysis for AMI Network Device Deployment

Jun-Ho Lee\*, Min-Woo Park\*, Tai-Myoung Chung\*\*

\*School of Information Communication Engineering, Sungkyunkwan Univ

\*\*Dept of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan Univ

### 요 약

AMI 시스템은 기존의 전력망에 IT기술을 접목시키는 스마트그리드 구현을 위한 핵심 기술로서 스마트그리드의 인프라를 구성하는데 있어 필수적이다. AMI는 연결되어 있는 가정의 수에 따라 그 규모가 달라지므로 AMI의 규모와 적정 수준을 평가하기 위한 시뮬레이션과 시뮬레이션 결과 분석이 필요하다. AMI의 적절한 구성 장치 배치를 위해 서버 처리 능력과 노드의 적정 수를 산출하기 위한 방법을 제안한다.

### 1. 서론

세계가 도시화가 진행되면서 급속한 자원의 소모로 효율적인 에너지 사용과 관리가 요구됨에 따라 스마트그리드가 대안으로 제시되었다. 스마트그리드는 전력망과 정보통신 기술을 융합시켜 전기의 생산, 운반, 소비 등의 모든 활동을 공급자와 소비자가 상호작용할 수 있는 지능형 전력망 시스템이다[1].

스마트그리드를 구성하는 핵심기술 중에는 소비자 전력 관리 장치(Advanced Metering Infrastructure, AMI) 시스템이 존재한다. AMI는 각 가정의 에너지 사용 데이터를 측정, 수집, 저장, 분석, 사용을 전반적으로 수행하고 관리하는 시스템이다[2]. 스마트그리드와 AMI를 개발 및 구현하기 위해 현재 많은 나라들이 연구를 수행하고 있으며, 우리나라 또한 스마트그리드 구현을 위해 다양한 연구를 진행하고 있다[3]. 그러나 스마트그리드의 핵심 기능인 AMI의 네트워크를 설치하는 데 있어 규모 산정에 대한 기준이 불명확하다는 문제점이 존재한다. 적절한 성능의 서버 데이터 처리 능력, AMI 장치들 간 통신 대역폭, 장치의 적정 수 등에 대한 정보가 없기 때문에 효율적으로 에너지 관리를 하기 위한 스마트그리드 정책에 부합되기 위해서는 AMI 네트워크를 구성하는 장치들의 성능과 규모를 가능한 현실적으로 책정해야 한다. 이를 위해 AMI 네트

워크 시뮬레이션을 수행되어야 하며, 시뮬레이션 결과를 분석할 수 있어야 한다. 그러나 정보의 수집 목록과 분석 방법, 장치의 성능 평가 등 여러 가지 어려움이 존재한다. 본 논문에서는 시뮬레이션 수행 시 분석해야 할 요소와 분석 방법에 대해 제안한다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서는 AMI에 대해 살펴보고, 3장에서는 서버 장치들의 성능을 평가하기 위한 벤치마크들을 알아본다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 분석 방법을 소개하며, 5장에서는 본 논문에 대한 결론에 대해 제시한다.

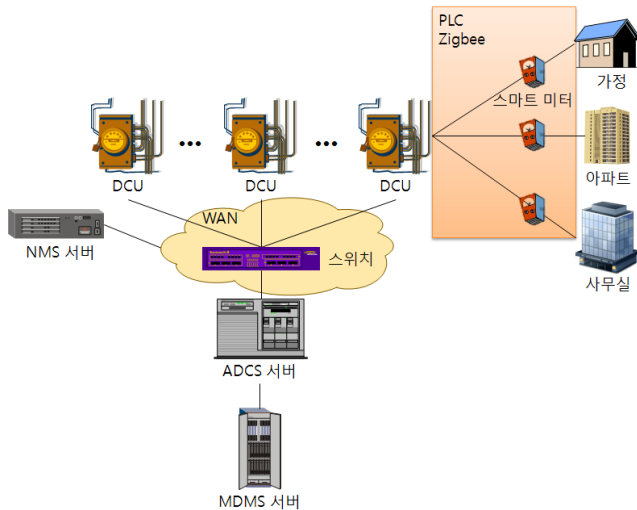
### 2. AMI

AMI 시스템은 스마트그리드에서 아날로그 방식의 전기 사용 검침 방식을 디지털 방식으로 대체하고, 사업자와 사용자간 상호정보교환 및 AMI 네트워크 구성을 위한 기반 기술이다.

스마트그리드는 에너지 절감 효과가 뛰어나고 업무의 자동화·무인화를 실현시킬 수 있기 때문에 우리나라에서도 한국형 스마트그리드와 AMI 시스템 개발을 위해 2008년부터 제주도에 실증단지를 구축하고 있다[4].

AMI 네트워크는 네트워크 관리 시스템(Network Management System, NMS), 스마트 미터(Smart Meter, SM), 데이터 전송장치(Data Concentrator

Unit, DCU), 자동 수집 장치(Automatic Data Collection System, ADCS), 데이터 관리 시스템(Meter Data Management System, MDMS)등으로 구성된다. (그림 1)은 AMI 시스템의 전체 구성도이다[5].



(그림 1) AMI 시스템 구성도

NMS는 AMI 네트워크를 관리하는 시스템으로 서비스 품질 유지, 네트워크 모니터링, 재해복구, DCU 장치 설정, 성능 관리, 펌웨어 업데이트 등을 수행한다.

MDMS는 여러 종류의 SM 시스템으로부터 데이터를 수집하고, 다양한 어플리케이션을 지원하여 billing, 계측, 고객 서비스, AMI 시스템 운영 및 관리 등의 기능을 수행한다[6]. ADCS로부터 주기적으로 데이터를 수신 받으며, ADCS를 통해 DCU를 제어할 수 있다. 또한 MDMS는 ADCS에게서 수집한 데이터들을 데이터베이스에 저장하고 데이터 가공을 통한 통계 및 분석 정보를 제공할 수 있어 사용자가 자신의 전력 데이터 정보를 요청할 때 실시간으로 데이터를 제공해 줄 수 있다. MDMS와 사용자가 상호 정보교환의 수행이 가능한 특성으로 전력망의 운영 상황에 대해 정확한 상황 판단이 가능하다.

ADCS는 SM들의 정보를 수집한 DCU들에게서 데이터를 수집하고, 새로운 DCU 장치를 연결하거나 기존 DCU 장치를 해제하고, ADCS 네트워크를 유지하는 역할을 수행한다. DCU로부터 수신된 업데이트 데이터들을 수집하고, 데이터를 가공하여 자신의 데이터베이스에 저장한다. 데이터의 가공은 MDMS가 방대한 양의 데이터를 처리할 때 부하를 줄이기

위함이며, 일종의 전처리 기능을 수행한다. MDMS가 데이터를 요청하면 DCU로부터 수집한 데이터를 MDMS에게 전송하는 역할을 수행한다.

DCU는 SM으로부터 전력 사용 정보를 주기적으로 수집하여 ADCS로 전송한다. DCU는 SM와 양방향 모드로 설치되며 15분마다 SM의 정보를 수집한다[7]. 또한 사용자가 NMS를 통해 사용 정보를 요청하면 DCU는 저장되어 있는 정보를 전송하거나 SM으로부터 전력 사용 정보를 수집하여 전송해준다. DCU에 수집된 정보는 TCP/IP 방식의 DLMS/COSEM(Device Language Message Specification/Companion Specification for Energy Metering) 통신 프로토콜을 통해 전송된다[8].

SM은 전력을 사용하는 모든 소비자의 전력 사용량을 측정하는 장치로써, 국내 표준인 C 1214를 따르고 있다[9].

### 3. 벤치마크

벤치마크(Benchmark)란 컴퓨터의 성능을 평가하기 위한 컴퓨터 프로그램의 실행 결과이다[1]. 같은 CPU와 메모리를 탑재하고 있다 하더라도 컴퓨터의 설계에 따라 성능에 많은 차이가 존재하기 때문에 하드웨어 벤더들은 제품의 성능을 객관적으로 나타내기 위해 벤치마크를 실시하였다. AMI 또한 여러 서버들이 동작하므로 AMI 네트워크의 적정 수준을 판단하기 위해서는 각 서버에 설치될 하드웨어의 벤치마크 정보가 필요하다. 그러나 제품 별 특성으로 인해 국내·외에는 표준화된 벤치마크가 존재하지 않는다.

하드웨어 벤더사에서 가장 많이 사용하고 있는 벤치마크는 TPC(Transaction Processing Performance Council)와 SPEC(Standard Performance Evaluation Corporation)이다. 일반적으로 RDBMS(Real-Time Database Management System)의 OLTP(On-Line Transaction Processing) 또는 OLTP의 Batch 작업 성능을 평가할 때는 TPC-C를 사용하고, SPEC의 경우 웹 기반 환경에서 주로 사용한다. 각 벤치마크의 성능 기준치는 <표 2>과 같다[10].

<표 2> 벤치마크 성능 기준치

구분	OLTP 또는 OLTP& Batch Application	웹 서버	웹 어플리케 이션 서버
벤치 마크	TPC-C	SPECW eb	SPECjbb
측정 기준	tpmC	OPS	OPS

세 가지 벤치마크 방식 중 TPC-C는 tpmC(Transaction Per Minute type C)라는 단위를 사용하며 분당 트랜잭션 처리 수로 평가한다. SPECWeb은 OPS(Operation Per Second)라는 단위를 사용하며, 웹 서버에 동시 연결이 가능한 최대 수를 측정하기 위해 사용한다. SPECjbb는 서버에서 자바 플랫폼의 실제 성능을 보여주기 위한 벤치마크이며 OPS 단위를 사용한다. SPEC 벤치마크들의 경우 공식적인 산출식은 존재하지 않는다.

AMI 시스템은 실시간으로 계측정보를 수집하고, 웹 서버의 경우 별도로 운영이 가능하기 때문에 TPC-C의 방식이 적합하다. 또한 AMI 각 구간 별 트래픽과 트랜잭션을 처리하기 위한 시뮬레이션의 대응에도 편리하기 때문에 본 논문에서는 TPC-C를 이용하여 시뮬레이션 결과를 분석한다.

**4. 제안방식**

본 장에서는 AMI 시스템 중 MDMS, ADCS, DCU 구간 시스템과 장비의 적정 배치수준을 분석하는 방법을 제안한다. 분석 방법은 시뮬레이션이 수행되었다는 가정 하에 분석 요소들을 추출하여 MDMS, ADCS, DCU의 처리 적정 수준을 평가한다. MDMS, ADCS, DCU에서 분석하여야 할 정보들은 <표 3>과 같다.

<표 3> 장치별 필요 분석 사항

장치	정보
MDMS	트랜잭션 처리 적정 수준, 1사이클 트랜잭션 처리 시 필요한 DB 저장 공간, 트래픽 버퍼 오버플로우 발생여부, 토폴로지 적정 수준
ADCS	ADCS의 NIC 트래픽 처리 적정 수준, NIC의 병목 여부, 스위치 병목 여부
DCU	DCU의 미터 트래픽 처리 적정 수준, 미터 타입에 따른 적정 수 산출

장치별 시뮬레이션 분석은 1 사이클을 기준으로 한다. 1 사이클이란 SM으로부터 데이터 처리를 시작하여 MDMS의 데이터베이스에 저장할 때까지의 시간을 의미한다. 처리 적정 수준이란 입력되는 트래픽을 각 서버가 실시간으로 트랜잭션들을 처리할 수 있는 지에 대한 측정 수준이다. 트랜잭션의 경우 시뮬레이션 규모에 따라 사용자가 측정 값과 부하여부를 고려하여 산출할 수 있으며, tpmC의 트랜잭션 산출 공식은 (식 1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{tpmC} = & \text{분당 트랜잭션 수} * \text{기본 tpmC 보정율} * \text{피크타임 부하보정율} * \text{DB 크기 보정율} * \text{어플리케이션 구조 보정율} * \text{어플리케이션 부하 보정율} * \text{클러스터 보정율} * \text{시스템 여유율} \\
 & \text{(식 1)}
 \end{aligned}$$

분당 트랜잭션 수는 각 서버에서 1분에 예상되는 트랜잭션의 수를 의미하며, 기본 tpmC 보정율은 구성되는 서버의 환경에 적용하기 위한 보정율이다. 피크타임 부하 보정율은 정기점검과 같이 모든 SM들에게서 트래픽이 발생하면서 NMS로부터 질의가 동시에 들어올 때를 고려한 보정율이다. 어플리케이션 구조 보정율이란 어플리케이션의 구조에 따른 응답시간을 고려한 보정율이며, 어플리케이션 부하 보정율은 피크 타임에 어플리케이션이 수행될 경우를 고려한 보정율이다. 일반적으로 보정율은 10~100% 사이이며 서버의 상태를 확인할 수 없는 경우 어플리케이션 구조 보정율에는 70%, 기타 보정율에는 30%를 적용한다[11]. tpmC 외에도 구간별 적정 수준 분석을 위한 추가적인 정보들이 필요하다. 각 구간 별 인자 값과 시뮬레이션으로 획득해야할 정보는 <표 4>와 같다.

<표 4> 결과 분석에 필요한 구간별 정보

장치	정보
MDMS	MDMS 인덱스, MDMS DB버전, MDMS tpmC 값, MDMS-DCU 구간 대역폭, SM 수, 평균 미터당 트랜잭션
ADCS	ADCS 인덱스, DCU 수와 트래픽량, 라우터 처리량, ADCS tpmC
DCU	통신 프로토콜, 미터의 종류와 수량, CPU, 메모리, SM 수, 프로세스 처리시간

사용자마다 생성하는 시뮬레이션에 대한 결과 값

들은 인덱스를 통해 구별되며, 데이터베이스에서는 주 키(Primary key)로 사용할 수 있다. 각 구간의 대역폭과 프로토콜은 하위 장치들과 연결되어 있는 상위 장치에서 병목 여부를 판단한다. MDMS에서 병목현상이나 버퍼 오버플로우가 발생하지 않을 경우, MDMS의 부하는 SM의 수에 비례한다. 따라서 설계자는 MDMS의 성능을 고려하여 SM의 배치 수를 조절해야 한다. 서버의 tpmC 값은 TPC 홈페이지에서 공인된 성능 지표를 제공하며, 사용자는 장치의 tpmC와 각 서버에서 예상되는 tpmC 값을 산출하고 비교하여 판단할 수 있다[12]. 트랜잭션은 업무의 특성에 따라 관리자, 프로그래머에 의해 다르게 정의될 수 있다. 따라서 서로 다른 트랜잭션 간 상관관계를 형성해야 한다. TPC-C는 5개의 트랜잭션으로 구성되며, 1 tpmC를 형성하는 쿼리 수는 <표 5>와 같다.

<표 5> TPC-C 쿼리 구성 요소

Transaction	Select 문	Update 문	Insert 문	기타
New Order	23	11	12	0
Payment	4.2	3	1	0.6
Order Status	11.4	0	0	0.6
Delivery	130	120	0	0
Stock Level	0	0	0	1

TPC-C는 총 399개로 약 400개의 쿼리가 하나의 tpmC 값을 나타낸다. 따라서 400개의 쿼리를 기준으로 예상 tpmC 값을 산출하여 서버 역량을 평가한다. 구성되는 쿼리의 길이와 복잡도에 따라 오차가 크게 발생할 수 있으므로 10~20%의 오차 범위를 두어야 한다. ADCS와 라우터는 각각의 ADCS와 연결된 DCU의 트래픽량이 대역폭과 NIC의 처리량을 넘어서는 지 시뮬레이션하여 적정도를 산출한다. DCU의 경우, SM에서 발생시키는 트래픽을 처리하는 프로그램 라인 수와 처리시간을 비교하여 DCU의 성능을 평가할 수 있다. <표 5>는 트랜잭션 적정 수준을 판별하는 기준이다.

<표 6> 트랜잭션 적정 수준 기준

처리율	적정 수준
91% 이상	높은 성능의 장비 요망
70~90%	정상
70% 이하	낮은 수준의 장비 요망

트랜잭션 처리율이 90% 이상일 경우 해당 구간의 장비가 증가하면 처리하기 어렵다고 판단하여 성능이 더 높은 장비로의 교체를 경고한다. 70% 이하인 경우 서버의 가용성이 낮다고 판단하여 더 낮은 성능의 장비로의 교체를 권고한다.

각 구간별 처리 수준과 대역폭, 병목현상 등을 고려된 시뮬레이션 결과는 현실적인 장비 배치의 척도가 될 수 있다.

## 5. 결론

AMI와 스마트그리드는 에너지 자원이 고갈되어 가는 시대에 효율적으로 전력을 운영하기 위한 미래 지향적 기술이다. 본 논문에서는 AMI 네트워크에 적절한 성능의 장비를 배치하기 위해 시뮬레이션 분석 요소들을 도출하고 분석 방법에 대해서 제안하였다.

## 참고문헌

- [1] 위키피디아, <http://wikipedia.org>
- [2] L. Wen-peng, "Advanced metering infrastructure", Southern Power System Technology, Vol.3, No.2, pp.6-10, 2009
- [3] 고동수, "녹색성장 구현을 위한 지능형 전력망 (Smart grid) 도입," 산업연구원 Issue Paper, Vol.244, pp.6, 2009.
- [4] 한국정보화진흥원, "2010 국가정보화백서", Jul, 2010.
- [5] 양일권, "AMI 시스템을 위한 WAN 영역의 보안 성능에 관한 연구", 대한전기학회 학술대회 논문집, pp.227~229, Nov, 2010.
- [6] NCBI, [http://www.idswater.com/Common/Paper/Paper\\_223/Meter%20Data%20Management.htm](http://www.idswater.com/Common/Paper/Paper_223/Meter%20Data%20Management.htm)
- [7] K. YoungHyun, M.No-Gil, L. Sang-yeom, "Study on AMI system of KEPCO", Information and Communication Technology Convergence, pp. 459-460, Dec, 2010.
- [8] 오정환, 이영주, 박세정, 김병섭, 조선구, 이진, "DLMS/COSEM에 기반한 전자식 전력망계의 전력정보 모델링", 2006년도 대한전기학회 전력기술부문회 춘계학술대회 논문집, pp. 114 -116, Nov, 2006.
- [9] Korea Standard, <http://www.standard.go.kr>
- [10] 한국정보통신기술협회, "정보시스템 하드웨어 규모산정 지침", Dec, 2008.
- [11] 한국정보통신기술협회, "정보시스템 하드웨어 규모산정 지침", Dec, 2008.
- [12] TPC, <http://www.tpc.org>