



02

한국표준형 에너지관리시스템(K-EMS) 전력 응용 기능 Integration 및 실증시험 결과

김신우, 이태윤, 안성지 | 한전KDN(주)
 김필석, 박종호, 신용학 | LS 산전
 태재승, 박민령, 이효상 | 한국전력거래소

1. 서론

일반적으로 에너지관리시스템(EMS)은 크게 2가지 기능으로 구성된다. 하나는 계통설비와의 통신을 통해 계통상태값을 취득하고 제어 명령을 전송하는 원방 감시 제어 기능(이하 SCADA 기능)이고, 다른 하나는 취득 값에 근거하여 계통 운영 및 제어에 필요한 작업을 수행하는 응용 프로그램 기능(이하 전력 응용기능)으로 계통해석과 발전계획 등이 이에 해당한다. EMS가 효과적으로 동작하기 위해서는 이 두 기능이 통합되어 안정적으로 동작할 수 있어야 한다. 또한 EMS는 SCADA 기능과 관련 없이 전력 응용 기능에 대한 변경 및 추가가 가능해야 하고 성능을 높이기 위해 빠르게 데이터를 교환 할 수 있는 구조를 제공해야 한다. 본고에서는 이러한 요구사항을 만족하기 위해 한국표준형 에너지관리시스템(K-EMS)의 개발에 채택된 통합 방안 및 그 실증 시험을 통해 나타난 결과에 대해 기술하고자 한다.

2. 메모리 상주 데이터 베이스

디스크 기반의 데이터베이스는 디스크 입출력에 따른 시간 지연 및 계산수행 시간의 불확실성 문제가 발생한다. 이러한 요인은 시간 제약을 가지고 순

차적인 실행을 요하는 실시간 응용 기능에는 결정적인 한계점이 될 수 있다. 또한 전국 계통을 대상으로 전체 데이터들이 수초에 한번 갱신되므로 매 갱신 때마다 디스크 IO가 이루어지는 경우 파일 시스템이 불안정해지고 전체적인 성능 및 안정성에 문제를 일으킬 수 있다.

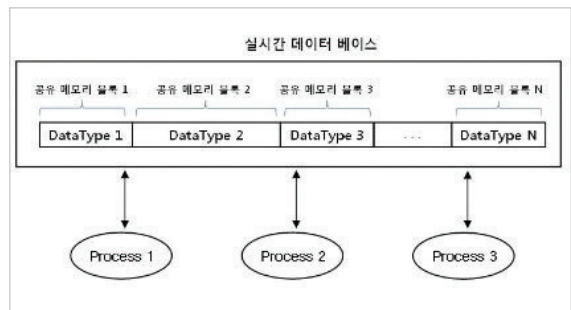


그림 1 | 실시간 데이터 베이스 구성

따라서 [그림 1]과 같이 빈번한 접근이 이루어지는 현장 취득 데이터 및 응용 프로그램에서 필요한 데이터들을 다루는 실시간 데이터베이스는 (이하 RTDB) 시스템에서 실행되는 Process들이 공통으로 접근 가능한 공유 메모리 영역에 구현되었다. 이를 통해 데이터 접근 및 질의 처리 속도를 향상 시켜 대용량의 데이터를 빠르게 처리 될 수 있도록 하였으며 전체적인 시스템의 성능 및 안정성을 꾀하였다.

3. 계층형 데이터베이스

K-EMS 시스템에서 전력 응용 기능은 SCADA 시스템을 기반으로 동작한다. SCADA 기능은 통신 기기에서 제공하는 고유 주소 및 해당 주소에 연결된 단일 값을 통합한 Point라는 데이터 모델을 다룬다. SCADA 시스템은 통신을 통해 Point의 값을 구하고 그래픽 객체에 개별 Point를 연결해 놓은 화면을 통해 해당 Point 값을 사용자에게 현시한다. 즉 SCADA 시스템은 Point 값을 취득하고 사용자에게 Point 값을 현시하거나 Point에 대한 제어 명령을 수행할 수 있도록 제작된다.

전력 계통 현장의 물리량은 고유의 통신주소에 대응되는 단일 값으로 변환되어 통신을 통해 시스템으로 전달되면서 고유의 전기적 성격을 인식할 수 없는 형태인 Point 데이터로 변질된다. 시스템이 이러한 Point 데이터만을 취급한다면 데이터의 전기적 특성에 많이 의존하는 응용기능을 통합하기는 어렵다.

응용 기능을 통합할 수 있는 Platform 역학을 수행하는 시스템이 되기 위해서는 응용 기능에서 필요한 데이터를 수용할 수 있어야 하고 관련된 데이터를 응용기능이 쉽게 찾아 갈 수 있어야 한다. 또한 응용기능의 결과를 사용자에게 현시 하거나 현장 기기에 전달 할 수 있는 기본 방안이 제공되어야 한다.

이러한 요구사항을 충족하기 위해서는 시스템의 데이터베이스 구성이 SCADA 기능에 영향을 미치

지 않으면서도 응용기능의 요구에 따라 변경될 수 있어야 한다. K-EMS는 응용 기능의 요구를 반영할 수 있도록 사용자가 RTDB의 구조를 정의할 수 있다. 계통 운영의 특징상 데이터들은 서로간에 수직적인 계층구조로 연결되면서 데이터의 의미가 결정되는 경우가 많다. 이에 K-EMS 시스템의 RTDB는 [그림 2]와 같은 계층 구조가 형성을 사용자가 정의할 수 있도록 지원하였다.

군대와 같은 수직적 지휘 계통에서 직속상관은 단 1명이듯이 수직적 계층 구조에서 자신이 소속된 개체는 유일하여야 한다. [그림 2]의 실선은 이러한 수직적 계층 관계를 나타내는 것으로 아래 단계에서 위로 연결되는 선은 하나만 존재한다. 그러나 이러한 수직 관계 이외에 다른 개체와도 연결을 맺어야 하는 경우도 존재한다. 가령 특정 발전기가 소속된 변전소는 유일하지만 그 외에 발전기가 소속된 전압 레벨이나 발전기 출력을 실제로 관장하는 제어기기 와도 발전기는 관계를 맺을 수 있어야 한다. 이러한 관계는 [그림 2]에서 실선으로 표현되어 있다. K-EMS는 수직적 계층 관계 외에 다른 개체와 Link를 맺을 수 있는 기능을 지원한다.

[그림 3]은 K-EMS에 적용된 RTDB Schema의 계층 구조이다. 현장 취득 데이터 중 개폐기 On/Off 및 기기 Remote/Local 설정 등의 상태 데이터는 Discrete 타입에 기록되고 전류/전압 등의 연속량은 Analog 타입에 기록된다. 즉 Point 데이터는

Discrete와 Analog 타입으로 구현되었으며 통신 채널 및 통신 기기와 통신주소에 관련된 계층 구조는 SCADA 기능과 밀접한 연관이 있으나 이 부분은 응용 기능 요구와 관계 없는 독립적인 부분으로 SCADA 기능자체의 변동이 없는 한 변경되지

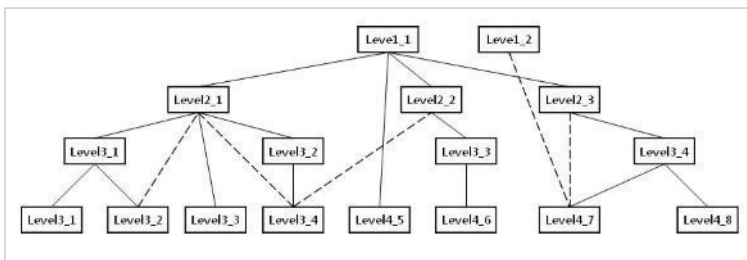


그림 2 | 계층 구조의 예

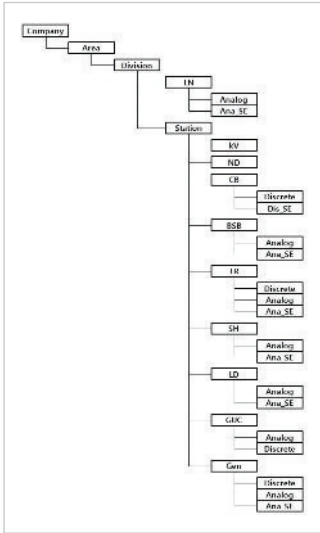


그림 3 | 실시간 DB 계층 구조

않는다. 이러한 구조로 인해 SCADA 기능에 관여되는 부분을 제외하면 사용자는 편의에 따라 RTDB의 구조를 임의로 정의할 수 있다.

K - E M S의 Schema는 기존 EMS의 운영 형태 및 응용 기능의 요구를 참고하여 설계된 것으로 개발

기간 동안 응용 기능의 개선 및 추가에 따른 변경 요구를 수용하면서 Schema는 지속적으로 변경되어 왔으나 이에 따른 SCADA 기능 관련 데이터의 및 Code 변경은 발생하지 않았다.

MMI는 Schema 정의에 따라 생성된 RTDB의 데이터를 표출하는 일반적인 기능을 제공하므로 RTDB에 기록되기만 한다면 어떤 것이라도 관계 없이 동일한 프로그램과 동일한 방법을 통해 운영자에게 해당 데이터를 표출할 수 있고 사용자 명령을 시스템으로 전달할 수 있다. 이는 응용 프로그램의 추가/변경에 따른 MMI의 변경을 최소화함으로써 개발 시간을 단축하고 시스템을 조기에 안정화 시킬 수

있는 중요한 요인 중 하나가 되었다.

4. Parallel Table

논리적으로는 동일한 타입에 속한 데이터이지만 각 데이터의 성격상 별도 그룹으로 취급될 필요가 있는 경우를 지원하기 위해 RTDB의 Schema에서 Parallel Table이라는 개념을 지원한다.

가령 발전기를 RTDB로 모델링 하는 경우 [그림 4]와 같이 필요한 발전기에 관련된 모든 데이터를 하나의 데이터 구조체에 정의할 수 있다. 이 때 발전기 최대/최소 발전 용량이나 증/감발율은 주파수 추종이나 경제 급전을 목적으로 하는 발전기 제어 기능에 사용되며 차과도 임피던스나 동기 조상기 유무 등의 데이터는 Load-Flow를 이용한 계통 해석 기능에 주로 사용된다. 이와 같이 같은 발전기라 해도 응용 기능에 따라 필요한 세부 데이터 항목은 다르게 구성될 수 있다. 하지만 발전기라는 단일 구조체 내에 모든 데이터를 정의하고 각 응용 기능이 발전기 데이터를 플랫폼에서 서비스 받는 경우 자신에게 해당되지 않는 불필요한 데이터들을 받게 되어 시스템의 리소스를 낭비하는 결과를 초래한다. 또한 서로 다른 응용 기능이 같은 데이터 구조를 동시에 참조하는 형태가 되면 다른 응용 프로그램의 요구에 따라 Schema가 변경되는 경우 그 영향이 해당 기능과는 연관 없는 응용 프로그램까지 미칠 수 있어

		AGC/ED 관련 데이터					Load-Flow 관련 데이터				
	이름	정격 전압	현재 유출전력	최대 용량	최소 용량	증발율	감발율	차과도 임피던스	제로 임피던스	동기조상기 유무	...
1	Gen1	3.3	0	27	2.5	17.25	17.25	136	63	No	
2	Gen2	3.3	232.34	300	100	150	150	100.67	42.81	No	
3	Gen3	3.3	130.2	161	55	7.5	7.5	178.56	69.68	Yes	
...

그림 4 | 단일 발전기 데이터 모델

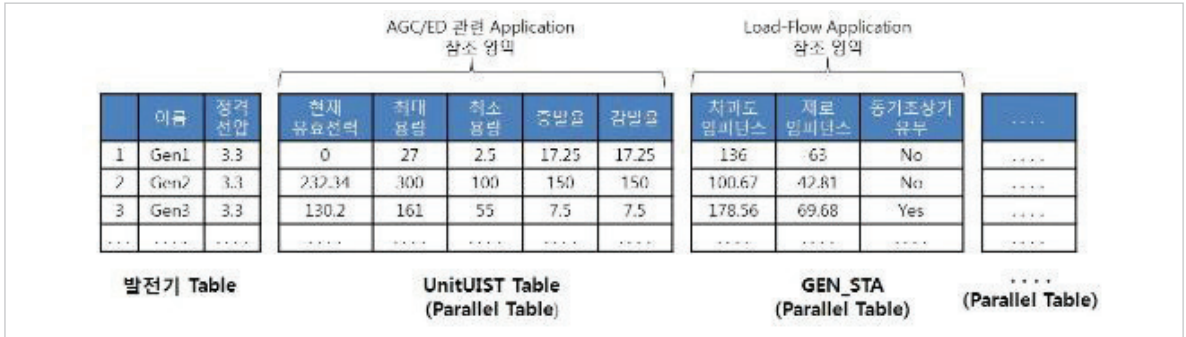


그림 5 | Parallel Table에 의한 데이터 그룹핑

시스템의 안정성을 저하 시킬 수도 있다.

데이터의 성격에 따라 데이터 구조체를 별도로 그룹 지어 정의하되 논리적으로는 각각의 구조체가 동일한 구조체의 한 부분인 것처럼 동작하도록 할 수 있다면 위의 문제들을 해결 할 수 있다. K-EMS의 Schema는 이러한 기능을 제공하여 RTDB가 [그림 5]과 같이 구성될 수 있도록 구현되었다. UnitUIST Table은 독자적으로 존재하는 데이터 구조체이지만 또한 발전기 Table의 Parallel로 선언되었기에 발전기 Table의 부분으로도 동작한다. 발전기 Table의 데이터는 실제로는 “이름”과 “정격전압” 뿐이지만 MMI에서 RTDB로부터 데이터를 서비스 받을 경우 발전기 Table에 소속된 “최대 용량”을 요청하는 것이 가능하다. 그러나 발전기 제어 관련 응용 프로그램은 자신이 동작하는데 필요한 데이터들만 모여 있는 UnitUIST의 데이터들만을 참조하여 동작 할 수 있다.

이러한 구조로 인해 응용 기능이 추가되는 경우 기존 구조체 선언의 변경 없이 Parallel 구조체를 추가하고 MMI에서는 동일한 방식을 사용하여 관련 데이터를 표출하는 것이 가능하다. 또한 응용 기능의 변경으로 인해 기존 Parallel 구조체 내부의 사항들이 변경되더라도 그 영향이 다른 응용 기능으로 전파되는 것을 최소화 할 수 있다.

EMS 각 응용 기능별 개발 주체는 학계 및 산업계의 다양한 인원이 망라되어 있는 상황에서 이러한 구조는 시스템 통합 개발 과정에 혼란을 줄이고 응용 기능 개발자에게 편의성을 제공할 수 있었다.

5. ACM (Application Common Model) Interface

응용 기능은 RTDB의 데이터에 접근하여 자신이 필요로 하는 데이터 구조를 구축하여 동작한다. 이때 K-EMS 시스템은 응용 기능이 RTDB에 접근할 수 있는 구조 및 API를 제공하며 이를 통틀어 ACM Interface 라고 한다. ACM은 Schema 정의에 따라

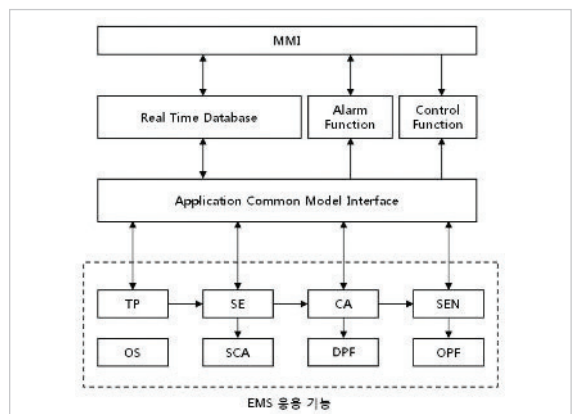


그림 6 | ACM Interface를 통한 응용 기능 동작

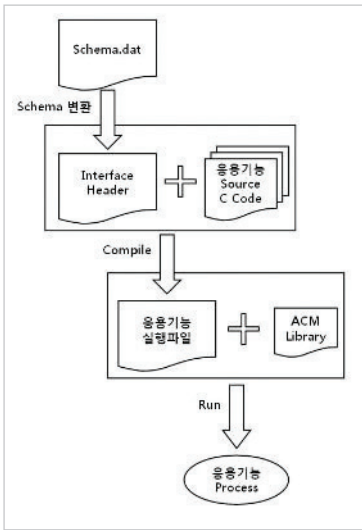


그림 7 | ACM Interface 적용 절차

RTDB와의 통합 외에도 응용 기능에서 Alarm 및 Event를 발생시키거나 실제 제어에 관련된 기능을 수행하고자 하는 경우 고려하여 이에 관련된 API도 제공된다. [그림 6]은 이러한 ACM Interface를 이용하여 계통 해석 기능이 동작하는 개념도를 나타내고 있다. 응용 기능을 수행하는 Process들은 ACM Interface를 통해 RTDB의 값을 취하여 자신이 필요한 데이터를 구축한 후 알고리즘을 실행하고 그 결과를 다시 ACM Interface를 통해 RTDB에 반영한다. 알고리즘 실행 과정에서 특정 Event나 Alarm을 발생해야 할 경우 이에 관련된 ACM Interface를 호출하여 실제 Alarm/Event가 발생하게 할 수 있으며 발전기 제어와 같은 실제 현장으로의 제어를 수반하는 경우 ACM Interface에서 제공하는 제어 관련 API를 호출하여 기능을 수행하게 된다.

ACM Interface의 일부인 Interface 관련 Header는 Schema의 내용을 반영하여 구성된다. 따라서 응용 기능의 개선 및 추가로 인해 Schema가 변경된 경우 Schema의 내용을 Interface Header

변경되는 Interface 관련 Header 파일과 Header File의 내용에 실제 RTDB의 데이터를 내리거나 반대로 Header File의 내용을 RTDB로 올리는 기능을 제공하는 API로 구성

로 변경하고 응용 기능에서는 이를 반영한 Code 수정 및 Compile이 수반된다.

Schema 변경에 따른 ACM Interface 관련 Header 파일은 SCADA 기능과는 관련이 없으며 오로지 관련 응용 기능에만 영향을 미친다. RTDB의 Table 구조는 응용기능 별 데이터들을 Parallel Table로 나누어 구성하였으므로 특정 응용 기능의 요구에 따라 Schema가 변경된 경우 그 영향이 다른 응용 기능에 미치지 않는다.

6. 결론

한국표준형 에너지관리시스템(K-EMS)의 개발에서는 SCADA 기능과 전력 응용 기능을 통합 구성하기 위해 사용자 정의를 수용할 수 있는 실시간 데이터베이스를 공유 메모리 상주 형태로 구현하였고 기존 EMS 시스템의 운영 형태와 전력 계통의 특성을 고려하여 수직적 계층 구조를 다룰 수 있도록 하였다. 사용자 정의 데이터의 지원을 통해 시스템의 기본 기능에 영향을 미치지 않으면서도 응용 기능에서 필요한 데이터를 별다른 기능 개발 및 수정 없이 즉각 제공할 수 있었으며 이로써 시스템 구축 및 통합과 시험을 용이하게 진행할 수 있었다.

이에 K-EMS는 SCADA 기능의 별다른 변경 없이 상태추정, 상정고장해석, 안전도 개선, 제약급전, 전압/무효전력 배분, 급전원 조류계산, 고장해석, 휴전계획, 송전선 과부하 완화, 경제급전, 주파수 제어 등의 다양한 EMS 전력 어플리케이션을 성공적으로 통합하여 실증 시험을 수행할 수 있었으며 향후 계통 운영의 정책 변화 및 알고리즘 개선으로 인한 전력 어플리케이션의 추가 및 변경에도 유연하게 대처할 수 있어 향후 국내 기술의 축적에 따라 이를 반영하면서 더욱 개선된 모습을 가질 것이라 기대된다.