

## K-EMS 계통해석 어플리케이션을 위한 공통 데이터 모델 구축

윤상윤\*, 조운성\*, 이육화\*, 손진만\*, 남영우\*, 이진\*, 김홍래\*\*, 김병호\*\*, 김선구\*\*\*, 허성일\*\*\*, 이효상\*\*\*, 신만철\*\*\*\*, 민경일\*\*\*\*, 최영진\*\*\*\*  
 LS산전(주)\*, Soonchunhyang Univ.\*\*, Korea Power Exchange\*\*\*, Power21 Corp\*\*\*\*, Yonsei Univ.\*\*\*\*\*

### Common Data Model for Network Analysis Applications of K-EMS

S.-Y. Yun\*, Y.-S. Cho\*, U.-H. Lee\*, J.-M. Sohn\*, Y.-W. Nam\*, J. Lee\*, H.-R. Kim\*\*, B.-H. Kim\*\*, S.-G. Kim\*\*\*, S.-I. Hur\*\*\*, H.-S. Lee\*\*\*, M.-C. Shin\*\*\*\*, K.-I. Min\*\*\*\*, Y.-J. Choi\*\*\*\*\*  
 LS Industrial Systems\*, Soonchunhyang Univ.\*\*, Korea Power Exchange\*\*\*, Power21 Corp\*\*\*\*, Yonsei Univ.\*\*\*\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 한국형 에너지 관리 시스템의 계통 해석용 프로그램을 위한 공통 데이터 모델의 구축에 대해 다루었다. 공통 데이터 모델이란 다양한 어플리케이션이 공유하여 사용할 수 있는 계통 모델의 데이터베이스를 가리키며 본 논문에서는 토폴로지 프로세서(topology processor, TP), 상태추정(state estimator, SE), 급전원 조류계산(dispatcher power flow, DPF), 휴전계획(outage scheduler, OS), 부하 분포계수(bus load distribution factor, BLDF), 송전 손실 민감도 계수(transmission loss sensitivity factor, TLSF) 등을 위한 공통 모델에 대해 다루었다. 공통 모델의 구축을 위해 각 어플리케이션에서 필요한 정보를 수집하여 전력계통의 토폴로지 구조와 계통 설비를 모델링 하였다. 최종적으로 계층적(hierarchy) 구조와 비계층적(non-hierarchy) 구조로 나뉘어진 직접(direct) 및 간접(indirect) 인덱스 코드를 사용하여 데이터로의 빠른 접근이 가능한 실시간 데이터베이스 형태를 제시하였다.

index 및 indirect index의 3가지로 구분된다. Head index는 연결된 테이블의 첫 번째 레코드를 가리키는 포인터이며 sibling index는 head index와 관련된 다음번의 레코드를 가리키는 포인터이고 indirect index는 1:1 링크를 가리키는 포인터이다.

ACM 데이터베이스에 대한 링크 리스트의 예를 그림 1에 나타내었다. 만일 특정 모선에 연결된 발전기들의 유입 전력(injection)을 구한다고 하면, head index(HI\_Gen) 및 sibling index(SI\_Bus)를 이용하여 유입 MW 및 MVAR을 계산할 수 있다. 그림 1에서 보느냐와 같이, 모선 1의 head index는 발전기 1번을 가리킨다. 또한 발전기 1번의 모선 1에 대한 sibling index는 2이다. sibling index에 대한 추적을 통해 모선 1번에는 발전기 1번, 2번, 3번이 연결되어 있음을 발견할 수 있다. 따라서, 모선 1번의 유입 MW는 발전기 1, 2, 3 각각의 MW의 합이된다. 만일 sibling index가 0이면, 이것은 다음 레코드 검색상의 마지막 레코드라는 의미이다. 만일 발전기의 토폴로지 정보를 찾는다면, 모선으로의 indirect index(IL\_Bus)를 사용할 수 있다. 그림 1의 발전기 4번의 indirect index는 해당 발전기가 모선 2번에 연결되어 있음을 나타낸다.

## 1. 서 론

오랜 경기 침체에도 불구하고 지속적으로 증가하는 전력수요는 설비의 제작 기술과 더불어 전력감시 및 제어 시스템 기술의 비약적인 발전을 가져왔다. 더욱이 IT 기술을 보급이 보편화함에 따라 통신 및 디지털 기술의 전력 계통에의 접목은 점차 그 범위를 확대하고 있다. 그 중에서도 에너지 관리 시스템(energy management system, EMS)은 전력망의 가장 상위의 시스템이며 전체적인 전력의 수급과 계통의 운용을 관장한다 [1]. 또한 네트워크 해석용 어플리케이션 프로그램들은 계통 운용을 위한 조류 해석, 고장 해석, 상정사고 해석 등의 결과를 운용자에게 제공함으로써 현재 및 미래의 계통 운용을 계획할 수 있도록 한다.

이제까지의 국내 EMS는 모두 국외에서 도입되었으며 시스템의 운전 측면에 초점이 맞춰져 운용되어왔다. 그러나 유지보수 및 시스템 사양 및 기능의 업그레이드에 많은 제약이 있었던 것도 또한 기저의 사실이다. 본 연구에서는 EMS의 네트워크 해석 소프트웨어를 국산화함으로써 이러한 제약을 해소하려 하였다.

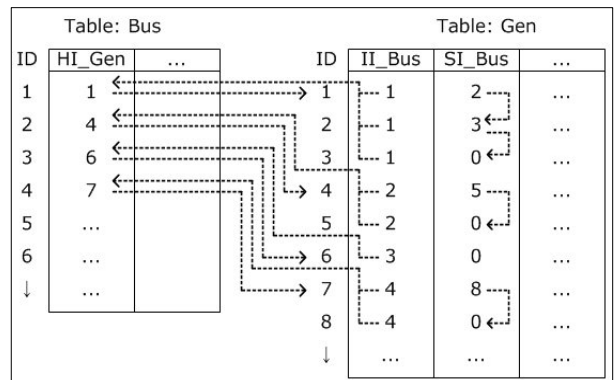
일반적인 PC 또는 UNIX 기반의 네트워크 해석용 소프트웨어와 달리 전계통의 실제 운용상에 영향을 주는 EMS용 어플리케이션은 극도의 신뢰성을 요한다. 또한, 실시간 해석용 소프트웨어들의 경우 수분의 주기를 가지고 주기적인 해석이 이루어지므로 빠른 해석 속도와 안정성은 필수적이라 할 수 있다. 일반적인 파일 기반의 해석과 관계형 데이터베이스와 연동되는 방식들은 이러한 요구를 충족할 수 없는 것이 일반적이다. 따라서, 본 연구에서는 일반적으로 대규모 계통해석에 많이 사용되는 링크구조를 이용한 실시간 데이터베이스를 사용하였다 [2]. 연속적인 여러 소프트웨어들의 해석을 위해 각각의 어플리케이션마다 입출력 DB를 두는 방식은 자원 배분의 효율이 저하되므로 본 연구에서는 어플리케이션 모두가 공통으로 사용할 수 있는 공통 데이터베이스 모델을 구축하였다. 공통 데이터베이스 모델은 계통의 토폴로지 구조를 기반으로 계층적 구조와 비 계층적 구조로 구분되어 제시되었다.

## 2. 본 론

### 2.1 링크 리스트 모델

각 테이블간의 관계를 설정하기 위해 본 논문에서는 링크 리스트 모델(linked list model)을 사용하였다 [3]. ACM 데이터베이스의 각 테이블은 다음의 3가지 링크를 사용하여 관계가 설정된다.

- 1) 테이블의 각 데이터 레코드에 대한 식별자: 일반적으로 연속적인 정수값을 사용한다.
- 2) 레코드 값: 이름, 상위 계층의 이름, 특성 값(임피던스, 열적 제한치, 공칭 전압 등)
- 3) 다른 테이블(또는 레코드)로의 포인터: 이것은 head index, sibling



〈그림 1〉 ACM 데이터베이스의 링크 리스트 예

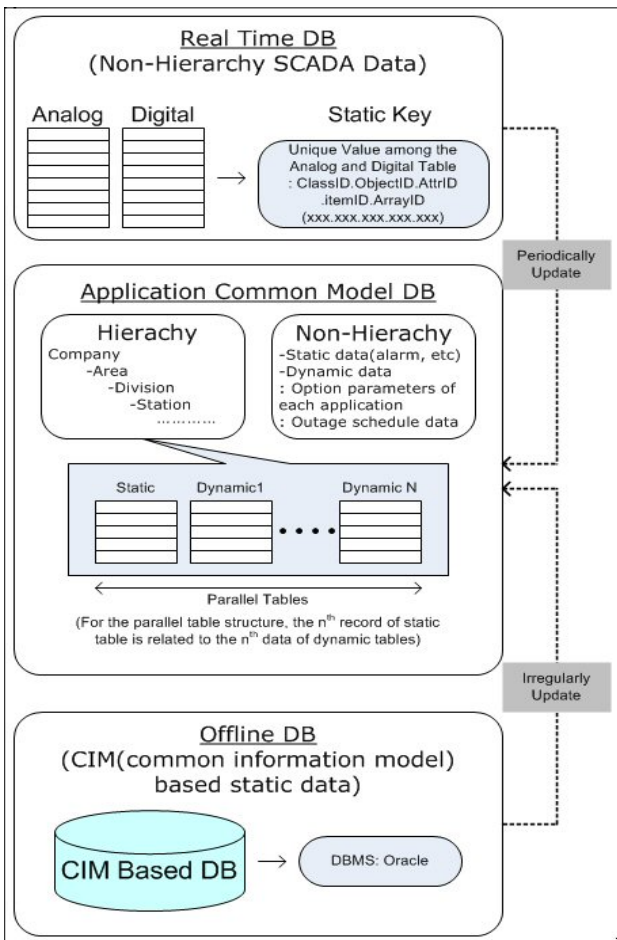
### 2.2 데이터베이스 계층 구조

어플리케이션 소프트웨어는 실시간(real time)용과 검토용(study mode) 프로그램으로 구분된다. 실시간 용 프로그램은 TP(토폴로지 프로세서, SE, BLDF, TLF 및 OS) 등으로 구성되며, 휴전계획(OS)을 제외한 나머지 4개의 프로그램은 실시간 시퀀스(real time sequence)라는 그룹으로 묶어서 연속적(sequential)적으로 수행된다. 휴전계획의 경우는 실시간 프로그램이나, 급전원(dispatcher)에 의해 수행이 제어된다. 모든 실시간 용 프로그램들은 실시간 데이터베이스와 인터페이스하며 검토용 조류계산의 경우 실시간 데이터베이스를 복사한(snapshot) 검토용 데이터베이스(study mode DB)와 인터페이스된다.

네트워크 해석 소프트웨어가 공통으로 사용하는 데이터베이스 모델은 본 논문에서는 어플리케이션 공통 모델(application common model: ACM)이라 정의하였다. ACM은 네트워크 계층 모델, 다이나믹(dynamic) 데이터 및 각 어플리케이션 수행을 위한 전용 데이터로 나뉜다. 어플리케이션 소프트웨어의 구동 및 급전원의 화면 표출을 위한 사항들을 고려하여 ACM 모델이 설계되었다. 송전선로 모델의 상세한 구성 예를 표 1에 설명하였다. 표 1에서 보느냐와 같이, 1개의 테이블 그룹(LN)이 여러개의 고정 및 변동 테이블들을 포함하고 있으며 각 테이블의 동일한 순서의 데이터 레코드는 동일한 송전선로의 데이터를 나타낸다.

〈표 1〉 송전선로 모델에 대한 상세 DB 필드

테이블 그룹(Group): LN, 최대 레코드 사이즈: 7,000				테이블 명: LN_STA			
ID	필드 명	타입	정의	ID	필드 명	타입	정의
1	NM	char	선로 명	1	MW12USE	int	measurement use or not identifier
2	FSTNM	char	From side 변전소 명	2	MW21USE	int	measurement use or not identifier
3	FNDNM	char	From side 노드 명	3	MV12USE	int	measurement use or not identifier
4	TSTNM	char	To side 변전소 명	4	MV21USE	int	measurement use or not identifier
5	TNDNM	char	To side 노드 명	5	MANLMF	int	manual limit setting identifier
6	IL_FND	int	From 측 노드로의 indirect index	테이블 명: LN_DYN_MEAS			
7	IL_TND	int	To 측 노드로의 indirect index	1	MEAMW12	float	SCADA 측정값(MW)
8	kVNM	char	공칭전압(kV)	2	MEAMW12QC	int	측정값의 품질(quality)
9	IL_BR	int	Branch로의 indirect index	3	ClassID	short	SCADA DB 상의 데이터 주소이며 다음과 같이 정의됨: ClassID.ObjectID.AttrID .ItemID.ArrayID
10	NOLN	char	다중 선로의 선로 번호	4	ObjectID	int	
11	SER	int	직렬장치 식별자	5	AttrID	short	
12	POSR	float	정상분 저항(%)	6	ItemID	short	
13	POSX	float	정상분 리액턴스(%)	7	ArrayID	short	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	Table Name: LN_DYN_SEO			
⋮	⋮	⋮	⋮	1	SEOMW12	float	SE 추정값(MW)
26	LMNOR	float	열적 용량 제한치(normal)	2	SEOMW12QC	int	추정값의 품질(quality)
27	LMEMR	float	열적 용량 제한치(emergency)	3	ClassID	short	SCADA DB 상의 데이터 주소이며 다음과 같이 정의됨: ClassID.ObjectID.AttrID .ItemID.ArrayID
28	LMLSH	float	열적 용량 제한치(contingency)	4	ObjectID	int	
29	IL_AMW12	int	정확도 계급으로의 indirect index	5	AttrID	short	
30	IL_AMW21	int	정확도 계급으로의 indirect index	6	ItemID	short	
31	IL_AMV12	int	정확도 계급으로의 indirect index	7	ArrayID	short	
32	IL_AMV21	int	정확도 계급으로의 indirect index	⋮	⋮	⋮	⋮



〈그림 2〉 KEMS 데이터베이스의 계층 구조

본 논문에서는 이와같은 테이블 구조를 평행 테이블(parallel table) 구조라 정의하였다.

그림 2는 단순화된 KEMS 데이터베이스의 계층구조를 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이, KEMS database는 3가지 부분으로 나뉘어진다. 하나는 실시간 데이터베이스(SCADA 데이터 DB)이고, 다른 하나는 ACM DB이며, 나머지 하나는 오프라인 데이터베이스(offline DB)이다. 실시간 데이터베이스는 고정된 키(static key)를 사용하여 ACM 데이터베이스와 링크되어 있으며, 고정된 키는 각 SCADA 데이터 측정 포인트마다 유일한 주소(address)를 가진다. 또한 그 주소는 표 1에서 언급한바와 같이 몇 개의 ID들을 사용하여 구성된다. 토폴로지 프로세서의 데이터 이동(data propagation: DP) 기능이 주기적으로 실시간 데이터베이스의 값들을 ACM 데이터베이스로 전송한다. 오프라인 데이터베이스는 CIM(common information model) 기반이며, DBMS는 Oracle을 이용하여 구축되었다. 오프라인 데이터베이스의 값들이 데이터 추가 및 삭제등으로 인해 부분 수정되는 경우 비주기적으로 ACM 데이터베이스를 전체적인 갱신을 수행한다.

3. 결 론

본 논문에서는 한국형 에너지관리 시스템의 네트워크 해석용 소프트웨어를 위한 공통 데이터 모델의 구축에 대해 다루었다. 기본적으로 실시간 데이터베이스 형태의 메모리 DB를 구축함으로써 어플리케이션에서의 데이터 입출력 속도를 향상하였다. 국내 실정에 맞는 한국형 DB 모델의 구축을 위해, 국내 실정 및 향후 확장을 고려한 계층적 DB 구조를 설계하였으며 세부 계통 설비에 대한 공통 모델을 구축하였다. 본 논문에서 제시하는 공통 데이터 모델은 향후 대규모 시스템의 계통해석을 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 사료된다.

본 논문은 지식경제부에서 시행한 전력산업 연구개발사업(과제번호 : R-2005-1-398-004)으로 수행되었습니다. 관계자분들께 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

[1] F.Maghsoudlou, R. Masiello, and T. Ray, "Energy management systems", IEEE P&E Mag., vol.2, no.5, pp.49-57, 2004.  
 [2] H. P. Mooney and J. W. Evans, "A complete relational DBMS for an EMS product", IEEE Trans. on PWRS, vol. 3, no. 1, pp.325-329, 1998.  
 [3] S. A. Soman, S. A. Khaparde and S. Pandit, Coputational methods for large sparse power systems analysis, Kluwer Academic Publishers, 2002.