

# 개방형 통합 전력시스템 아키텍처 개발

## Development of the intelligent grid architecture

오도은, 고종민, 정남준, 김선익, 유인협, 양일권  
 Doeun-Oh, Jomin-Ko, Namjun-Jeong, Sunik-Kim, Inhyup-Ryu, Ilkwon-Yang

**Abstract** - 디지털 경제로의 전환에 따른 디지털 부하의 출현과 고품질, 고신뢰도의 전력요구, 거대장치산업과 분산형 네트워크의 조화, 수요자의 역할 변화 등 전력산업의 패러다임이 변화되고 있다. 이러한 전력산업의 변화는 최종소비자의 디지털 부하에 기인하여, 기존의 단순 검침기능으로만 활용되던 전력량계가 소비자 서비스를 위한 게이트웨이로 변모되며, 소비자 내 전력기와 상호 연동되고, 분산된 신재생에너지와 연계된 배전망 및 자가 치유형 전력망으로의 변화를 가져올 것이다. 그러나 현재의 전력시스템은 과거 100여 년간 산업사회를 지향한 하부구조를 지니고 있어 디지털 사회의 요구에 부응하기 위해서는 새로운 전력시스템이 요구되고 있다. 이를 위해 최선의 정보기술을 적용한 개방형 통합 전력시스템 구축에 대한 연구가 진행중이다. 본 논문은 개방형 통합 전력시스템의 기반이 되는 아키텍처 개발에 대한 연구동향과 아키텍처 개발 방법 및 네트워크 요구조건에 대하여 소개한다.

**Key Words** :IntelliGrid Architecture, Electricity Network, IT Network, Integration, Data Model

### 1. 장

오늘날 세계 경제가 아날로그 경제에서 디지털 및 지식 기반 경제로 이동하게 됨에 따라 이를 지원할 수 있도록 전력 공급의 고품질, 고신뢰성, 안정성 및 유효성에 대한 요구가 증대되고 있다. 이러한 마이크로프로세서 기반의 기술은 산업 전반과 일반 전기부하의 특성을 본질적으로 변화시키고 있으며, 이제 더 이상 60Hz의 아날로그 정현파 그대로 전기를 사용하는 생산설비나 가전기기는 찾아보기 힘들게 되어가고 있다. 한편, 2004년 현재 전체 부하의 약 17% 정도가 디지털 부하이며, 2020년에는 전체 부하 비중의 50% 이상을 디지털 부하가 차지할 것으로 예상되고 있다. 이러한 디지털 부하는 1/100 초 이하의 짧은 정전이나 전압 불안정에도 영향을 받아 작동에 이상이 발생하는 전력서비스의 품질에 극히 민감한 특성을 가지고 있으며, 이는 전력사업자 및 전기기기 사업자, 관련 정부기관은 현재와 차세대 버전의 디지털 기반 소비자 기기들을 통합하고 호환성을 보장할 수 있는 방법을 시급히 마련해야만 함을 의미하고 있다. 그러나 현재의 전력시스템은 과거 100여년간 산업사회를 지향한 하부구조를 지니고 있어 디지털 사회의 요구에 부응하기 위해서는 새로운 전력시스템이 요구되고 있다. 예로서 미국의 경우 고품질 및 고신뢰도의 디지털 사회요구에 부응하지 못하는 전력시스

템으로 인한 경제적 손실이 연간 \$1,190 - \$1,880억에 이르고 있다. 이러한 디지털 사회의 요구에 부응하기 위해서는 현재의 3 or 4 Nine (99.9%~99.99%)에서 6 Nine (99.9999%)으로 품질을 향상시키고, "24/7/365" 신뢰성을 가져야하며, 이를 위해서는 최선의 정보기술을 적용한 개방형 통합 전력시스템의 구축이 필요하다고 보고 있다[1].

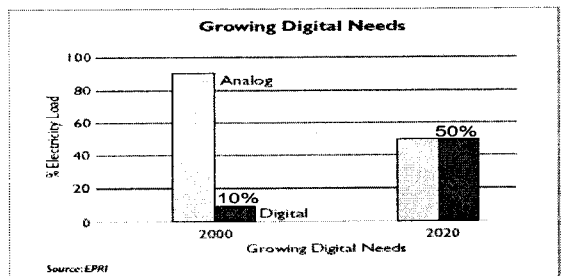


그림 1. 디지털 부하 증가율

본 논문은 먼저 개방형 통합 전력시스템의 기반이 되는 아키텍처 개발에 대한 연구동향을 소개하고, 아키텍처 개발 방법 및 통합 아키텍처의 네트워크 요구조건에 대하여 기술함으로써 맺는다.

### 2. 장

#### 저자 소개

- \* 오도은 : 한전 전력연구원 전력정보기술그룹 선임연구원
- \* 고종민 : 한전 전력연구원 전력정보기술그룹 선임연구원
- \* 정남준 : 한전 전력연구원 전력정보기술그룹 선임연구원
- \* 김선익 : 한전 전력연구원 전력정보기술그룹 선임연구원
- \* 유인협 : 한전 전력연구원 전력정보기술그룹 선임연구원
- \* 양일권 : 한전 전력연구원 전력정보기술그룹 수석연구원

#### 2.1 연구동향

미국 EPRI는 2003년 작성된 전력기술로드맵에서 디지털 사회에 부응하는 전력시스템 고도화를 전력산업이 당면한 핵심 현안으로 구분하고, 전력공급 기반의 강화와 디지털 사회의 실현을

필수목표로 선정하였다. 이러한 정책아래 미래 디지털 사회를 지원하는 고품질, 고신뢰도를 갖춘 개방형 통합 전력시스템 구현을 목표로 미국 에너지성, 프랑스 EdF, 폴란드 전력회사, ABB, HITACHI 등이 참여하는 IntelliGrid 국제컨소시엄을 창립하여 최우선과제로서 전력전달시스템과 정보교환네트워크의 통합을 위한 Intelligrid Architecture 프로젝트를 수행하고 있다. Intelligrid Architecture 연구는 전력설비 디지털화의 효시인 IEC61850 기반 디지털변전소를 확장하여 전력시스템 전 부문에 대한 실시간 데이터의 교환, 연계 및 통합을 목표로 하고 있으며, 이를 통해 차세대 국제표준으로 자리 잡고자 한다.

## 2.2 통합 아키텍처 개발 방법

다음은 전력전달시스템과 정보교환네트워크의 통합 아키텍처 개발에 대하여 기술하였다.

### 2.2.1 아키텍처의 정의

아키텍처라는 말은 어떤 구조에 대한 전반적인 계획, 스타일, 비전 등을 가리킨다. 또한 건축의 여러 원칙들에 대한 일반적인 연구를 뜻하기도 한다. 건축물의 아키텍처가 그 건축물에 거주할 사람과 그 건축물이 위치하는 주변 환경의 필요에 맞추어져야 하듯이, 통합 아키텍처는 최종적으로 사용하는 측의 요구사항에 기초해야만 한다. 이런 정의를 따른다면, 전력전달시스템과 정보교환네트워크의 통합 아키텍처는 새로운 전력시스템 인프라를 위한 계획인 동시에, 자동화 프로젝트가 제대로 동작하도록 하기 위해 필요한 요구사항 및 원칙에 관한 연구이기도 하다. 통합 아키텍처는 재사용 가능한 아키텍처 컴포넌트를 정의하고, 에너지 업계 차원의 애플리케이션을 실행하기 위해 사용될 수 있는 공통 인터페이스, 즉 언어의 집합을 정의하고자 하는 시도이다. 건축물의 아키텍처가 그 소유자의 현재 및 미래의 요구에 맞추어지듯이, 통합 아키텍처 역시 미래의 사용을 위한 요구사항을 만족시키기 위해 전력 업계의 특수한 요구들에 기초한다.

### 2.2.2 개발 방법

#### ○ 요구사항 수집하기 - 과거, 현재, 미래

통합 아키텍처를 개발하는데 있어서, 단순히 현재의 요구사항 뿐 아니라 5년 혹은 10년 후의 전력시스템 요구사항을 명확하게 이해하는 것이 중요하다. 미래의 요구가 고려되지 않는다면, 만들어질 아키텍처는 실제로 구축될 즈음에는 이미 구식이 되어버릴 것이기 때문이다. 요구사항 수집 과정에서는 현재의 요구사항은 간단히 다루는 대신, 향후 정보교환네트워크의 아키텍처에 있어서 문제가 될 가능성이 높은 3가지 영역에 초점을 맞추어 수집한다.

##### ▪ 광범위한 측정과 제어

긴급 상황에 단순히 반응하는 것이 아니라, 긴급 상황을 예측하고 자체적으로 치유하며 최적화하는 그리드를 개발하며, 현재 수동으로 혹은 전혀 행해지지 않는 신뢰성 관련 기능들을 자동화하는 그리드를 개발하기 위한 요구사항

##### ▪ 진보된 분산 자동화

분산되어 있는 에너지 자원, 오류 탐지, 자동 서비스 복구 등을 사용함으로써 일어날 수 있는 문제점들을 포함

##### ▪ 고객 인터페이스

실시간 가격 책정, 수요 응답, 자동 검침의 문제점과 더불어 전력 네트워크로부터 수집한 실시간 데이터를 업무 정책과 통합함으로써 안전한 전력 거래를 가능하도록 할 요구사항

#### ○ 관심 영역 분석

수집된 요구사항을 분석함에 따라 밝혀진 아키텍처가 제공해야 하는 공통 전략 테마는 다음과 같다.

##### ▪ 기본적인 네트워킹 및 연결 인프라

다양한 디바이스와 통신 기술들이 어떻게 연결될 것인가? 일반적으로 IP 기반 네트워크는 이미 일반적인 컴퓨팅에서 널리 사용되고 있기 때문에 명백한 솔루션으로 제시될 수 있었다. 하지만 신뢰성, 무선 접근, 자주 변경되는 설정, 그리고 서비스 품질 등의 유틸리티 요구사항 때문에, IP와 그 밖의 기술을 사용하는데 있어 특수한 지침이 필요하다.

##### ▪ 보안과 접근 제어

암호화 및 인증 기술은 많이 존재하고 있지만, 통합 아키텍처의 보안 전략의 초점은 보안 솔루션을 특정한 문제 영역에 맞추어서 이를 공유 보안 관리 서비스에 링크시키는 것이다.

##### ▪ 데이터 관리

전력시스템을 운용하기 위해 필요한 엄청난 양의 다양한 데이터 때문에, 데이터를 읽고 쓰고 공개하기 위한 인터페이스를 표준화하는데 있어서 어려움이 존재한다. 이때 핵심전략은 공통의 서비스와 애플리케이션을 위한 빌딩 블록(building block)의 역할을 할 수 있는 객체 모델을 표준화하는 것이다.

##### ▪ 네트워크와 시스템 관리

상용 네트워크 업계에서는 이미 상대적으로 성숙한 영역이지만, 전력시스템 자동화에 있어서는 놀랄 정도로 초보적, 심지어 알려져 있지 않은 것이 통신 네트워크를 감시하고 제어하는 부분이다. 여기서의 핵심은 네트워크 감시기술을 전력업계에 맞추어 조화시키고 이를 보안 관리와 통합하는 것이다.

#### ○ 최신 기술 평가

수집한 요구사항과 더불어 이를 분석하여 얻은 핵심문제 영역에 대한 전략을 바탕으로, 어떤 통신기술과 사례를 바탕으로 아키텍처를 구축할 수 있는지를 고려한다. 여기서 기술이란 단어는 프로토타입, 데이터베이스 포맷, 객체모델, 정책 등 다양한 것을 포괄한다. 가능한 다양한 기술들을 평가하기 위하여, 다음으로부터 기술을 평가한다.

##### ▪ 다양한 조직

통합 아키텍처는 개방형 시스템을 목표로 하므로, 가능한 국제표준을 지향 하지만, 가장 뛰어난 기술임에도 불구하고, 정부 조직이나 업계 컨소시엄, 심지어 사설 조직에 의해 개발된 기술도 모두 포괄하여 고려한다.

##### ▪ 여러 애플리케이션

전력 업계의 한 부문에서 개발된 기술이 다른 부문에서도 유용할 가능성이 높으므로, 보호, 제어, 감시, 검침, 소비자 접근 등 전력 업계의 모든 부문에 있는 기술들을 고려한다.

##### ▪ 다수의 업계

아키텍처가 진정으로 통합성을 발휘하려면, 전력 업계뿐만 아니라 데스크탑 컴퓨팅, 전화 통신, B2B, 인터넷 커뮤니티 등 다양한 업계로부터 혁신 사례를 통합할 필요가 있다. 이런 기술들은 전력 업계로 디지털 사회로 이끄는데 있어 핵심으로 간주된다.

#### ○ 아키텍처를 설계하기

설계 단계는 이전 단계의 결과물을 종합하여 아키텍처를 설계한다. 이 때 다음의 원칙에 기초한다.

- 요구사항을 포괄하고 분석하기 위하여 과학적인 데이터 모델링을 수행한다.
- 여러 단계로 추상화하기 위해 계층화 기술을 사용한다.

- 공통 정보모델을 만들고, 아키텍처를 기술에 독립적인 방식으로 표현한다.

- 플러그-앤-플레이와 메타 데이터를 사용하여, 설정에 들어가는 시간과 오류를 줄이고, 여러 기술간의 자동변환을 가능케 한다.

통합 아키텍처는 표준에 주로 근거한 공통 정보모델 및 서비스라는 백본으로 구성한다. 이 백본은 논리적 구조이지 물리적 구조는 아니다. 따라서 한 기술에서 다른 기술로의 변환은 네트워크 내의 많은 위치에서 일어날 수 있다. 그리고 이 변환은 다양한 디바이스와 다양한 기술상에서 구현될 수 있다.

○ 결과를 포착하기

통합 아키텍처의 결과물은 다음의 질문들에 대한 대답이라고 할 수 있다.

- 가치

통합 아키텍처의 추진 동기와 이점은 무엇인가? 경제적으로 어떻게 정당화될 수 있는가?

- 요구사항 인식

통합 아키텍처에서는 어떤 타입의 데이터가 교환되어야 하는가? 어떤 기능이 수행되어야 하는가? 5년 혹은 10년 뒤를 내다보는 인프라를 구축하기 위해 현재 필요한 지식은 무엇인가?

- 요구사항 분석

전력시스템 내에서 교환되는 메시지가 공통으로 요구하는 요구사항은 무엇인가? 유사한 기술에서 만족하는 요구사항들은 무엇인가? 중앙 집중식으로 수행되어야 하는 기능과 분산방식으로 수행되어야 하는 기능은 무엇인가?

- 미래의 요구를 인식

인식된 요구사항들이 모두 현재 구현될 수는 없다. 이런 요구사항들을 미래에 가능하도록 하려면 어떤 기술영역이 개발되어야 하는가?

- 용어와 도구

요구사항을 인식, 포착, 조각하기 위해 존재하는 도구들은 무엇인가? 상호운용을 명확히 보장하기 위해 사용되어야 할 언어는 무엇인가?

- 권장사항

각 조직에서 사용해야 할 네트워크 기술은 구체적으로 무엇인가? 표준화 기구, 정부, 컨소시엄에서 해야 할 일은 무엇인가?

- 미래의 운용 모델

미래의 요구를 충분히 정확하게 예측하는 전력시스템을 어떻게 시뮬레이션 할 수 있을까?

## 2.3 통합 아키텍처 네트워크 요구조건

전력전달시스템과 정보교환네트워크의 통합으로 종래의 단순한 전력공급에서 양방향 데이터 통신을 이용한 전력부가서비스까지 다양한 서비스의 창출이 예상되므로 통합 아키텍처는 다음과 같은 네트워크 요구조건들을 만족할 수 있어야 한다.

### 2.3.1 개방형 표준

통신망의 특성에 따른 개별 통신 방식이나 벤더에 따라 다른 데이터 구조 및 폐쇄형 접근방식이 아닌 통신망에 독립적이고 표준화된 데이터 구조 및 개방형의 접근방식을 제공해야 한다.

### 2.3.2 확장성

통신의 주체와 규모 및 범위가 다양하기 때문에 개방형 확장 구조를 지님으로써 조그만 파일럿 네트워크에서부터 수백만의 포인트

를 갖는 커다란 네트워크로 쉽게 확장할 수 있어야 한다.

### 2.3.3 접근성

전력시스템 및 전력 소비자들은 전국에 산재하여 분포되어 있으므로 통신운영지역이나 유무선 취약지대에 대한 통신 접근성을 보장할 수 있어야 한다.

### 2.3.4 보안성

전력시스템은 전력사업자 뿐만 아니라 국가적인 전략시설로서 권한이 없는 사용자에 대한 네트워크 접근을 봉쇄할 수 있어야하며 유통되는 데이터의 변조 방지 및 무결성을 보장할 수 있어야 한다.

### 2.3.5 상호운용성

신 전력시스템을 지원하기 위한 네트워크 구조는 데이터 통신망을 기반으로 위성이나 TRS(Trunked Radio System)를 비롯한 무선 통신망 그리고 PLC(Power Line Communication) 등이 복합적으로 구성됨으로써 상호간 원활한 운용이 가능해야 한다.

### 2.3.6 제어 및 관리

다양하고 이질적인 네트워크 구성 요소들이 효율적이며 효과적으로 운영되기 위한 일관되고 체계적인 네트워크 제어 및 관리가 필요하다.

## 3. 장

향후 20년간 전력시스템은 빠르게 증가하는 디지털사회의 고품질 전력수요를 만족시키기 위해 큰 변화를 겪을 것이다. 세밀하고 정교한 마이크로 센서와 연동하는 분산지능 네트워크, 이들을 지역적으로 통합하여 전력의 제어 관리를 수행함과 동시에 정보전달 네트워크와 결합된 다양한 부가서비스를 제공하는, 자가 복구능력(Self-healing)을 갖추게 될 것이다. 그리고 증가하는 전력수요를 위해 전력보안과 품질, 신뢰도 및 가용성(SQRA)을 개선시키게 될 것이며, 궁극적으로 개방형 통합 전력시스템 인프라를 통하여 전력시스템과 정보통신망은 하나의 시스템으로 통합되고 고객은 보다 자유롭게 전력을 선택할 수 있게 될 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] EPRI, E2I(Electricity Innovation Institute) Report, 2002.
- [2] EPRI, "The Integrated Energy and Communication Systems Architecture", Volume I, 2004
- [3] 전력연구원, "전력산업 IT화의 효율적 추진정책에 관한 연구" 최종보고서, 2002.