

## 발전 플랜트 O&M을 위한 아키텍처 프레임워크 개념모델에 관한 연구

임용택\*

고등기술연구원

### Research on a Conceptual Model of Architecture Framework for Power Plant Operations & Maintenance (O&M)

Yong Taek Lim\*

*Institute for Advanced Engineering*

**Abstract** : Engineering is a sector with more than three times the industrial effectiveness of manufacturing. In the domestic engineering life cycle, the Operations & Maintenance (O&M) phase is a relatively high level of technology. Based on accumulated knowledge of O&M phase, it is necessary to advance operating technology and expand overseas O&M market expenditure. This study is the early stage of knowledge-based power plant O&M service framework reference model. In this study, we propose a conceptual model of architecture framework for power plant O&M. We survey the architecture framework and reference model and propose conceptual model of architecture framework for power plant O&M. The conceptual model of architecture framework for power plant O&M consists of stakeholder, O&M scenario, O&M technology. In particular, the O&M technology is defined as the fourth industrial revolution intelligence information technology. We defined a meta model from the conceptual model to define the power plant O&M architecture framework. In the future, we intend to development an architecture framework from the conceptual model and meta model.

**Key Words** : Power Plant O&M, Conceptual Model, Architecture Framework, Plant Engineering, Engineering Life cycle

---

**Received:** April 27, 2018 / **Revised:** July 4, 2018 / **Accepted:** July 9, 2018

\* 교신저자 : Yong Taek Lim, [ytlim@iae.re.kr](mailto:ytlim@iae.re.kr)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

엔지니어링은 제조업의 3배 이상의 산업 효과가 있는 분야로, 건축·토목으로부터 시작하여 발전설비·화학 플랜트 등으로 다각화 하였으며, 시공과 연계하여 우리경제의 성장을 견인하였다. 그러나 대내외 환경의 변화에 따라 시공 중심의 양적 성장은 한계가 있으며 부가가치창출 위주로 전환이 필요하다. 이를 위하여 실전경험과 실적(Track Record) 축적 등 고부가 영역 진출 지원, 선행설계(FEED)·프로젝트관리(PM) 등 고급인력 양성, 유지·보수(O&M) 진출 활성화, 기본설계 역량 강화 지원 등을 핵심 추진 과제로 진행 중에 있다[1]. 특히 플랜트 엔지니어링 산업은 개발형 프로젝트의 기획부터 수주, 설계까지의 과정을 대상으로 하는 엔지니어링, 필요한 자재를 공급하는 조달, 건설을 수행하는 시공의 EPC(Engineering, Procurement & Construction)를 포괄하여 최근에는 유지 관리 등 서비스 영역까지 확장하고 있다[2]. 플랜트 엔지니어링 산업은 고부가가치가 높은 집약형 산업이며, 제조업과 서비스업의 성격을 동시에 갖는 융합산업이다. 특히 산업연관 효과가 타 산업에 비해 높고, 구조의 고도화에 기여하는 바가 크다[3].

플랜트 엔지니어링 분야에서 발전 플랜트는 국외 플랜트 수출 비중이 높아 국가 경제 발전에 기여도가 높은 분야이다. 발전 플랜트는 화석연료, 원자력, 물, 가연성 폐기물(바이오매스 포함) 등을 원료로 전기에너지를 생산하는 설비로 정의할 수 있다. 발전 플랜트는 원료처리 및 공급, 에너지 전환을 위한 연소/가스화, 가스터빈 및 열교환기, 환경오염 저감 설비 등과 함께 설비의 운영을 위한 감시 및 제어시스템, 정비기술 등 다양한 기술이 집적된 종합산업이라 할 수 있다[4].

플랜트 엔지니어링 생명주기의 O&M 단계는 선진국 대비 기술수준이 83%로 상세설계(96%) 다음으로 높다. 이렇게 기술수준이 높은 O&M 단계의 축적된 지식을 기반으로 운영기술의 선진화를 꾀하고, 해외 노후 플랜트의 성능개선·개보수·현대화 등

해외 O&M 시장 진출을 확대할 필요가 있다. 정부에서도 글로벌 5대 엔지니어링 강국 달성이라는 비전으로 체계적인 지식기반 플랜트 O&M 서비스 프레임워크 기준모델 개발에 적극적으로 투자하고 있다. 이를 통하여 글로벌 기업들의 플랫폼 선점에 대응하고 플랜트 업종별 O&M 협업 환경조성과 더불어 디지털 트윈 기반의 스마트 O&M 기술 및 서비스 개발을 추진하고 있다[2].

본 연구에서는 지식기반 발전 플랜트 O&M 서비스 프레임워크 기준모델 개발의 초기 단계로 발전 플랜트 O&M을 위한 아키텍처 프레임워크 개념모델을 제시하고자 한다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이론적 배경으로 아키텍처 프레임워크, 참조 모델에 대해 살펴보고, 3장에서는 발전 플랜트 O&M을 위한 아키텍처 프레임워크 개념모델을 제시한다. 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 기술하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 아키텍처 프레임워크

아키텍처는 일반적으로 시스템의 구조를 의미한다. ISO/IEC/IEEE 42010에서는 “시스템의 요소, 관계를 포함하는 환경과 시스템의 설계 및 진화의 원칙에 관한 근본적인 개념 또는 속성”으로 정의한다[5]. 국방 아키텍처 프레임워크 MND-AF v1.2에서는 “체계를 구성하고 있는 구성요소들의 구조와 관계성 그리고 그들의 설계와 진화 과정 모두에 관계하는 원칙과 지침”으로 정의한다[6].

아키텍처 프레임워크는 일반적으로 아키텍처가 가지는 형식을 의미한다. ISO/IEC/IEEE 42010에서는 “이해관계자 집단 그리고(또는) 특정 분야에 적용을 위해 수립된 아키텍처의 기술을 위한 규약, 원칙과 사례”로 정의한다[5]. MND-AF v1.2에서는 “아키텍처를 개발하고, 표현하고 통합하기 위한 공통적인 접근 방식”으로 정의한다[6].

본 논문의 대상이 되는 발전 플랜트 O&M은 수행 조직(이해관계자)과 운용을 주요한 영역으로 다

루고 있다. 따라서 다양한 아키텍처 프레임워크 중에서 수행 조직 관점을 제공하고 있는 ZEAF(Zachman Enterprise Architecture Framework)와 운용 관점, 기술 관점을 제공하고 있는 DoDAF(Department of Defense Architecture Framework), MND-AF(Ministry of National Defense-Architecture Framework)에 대해 기술한다.

**2.1.1 ZEAF**

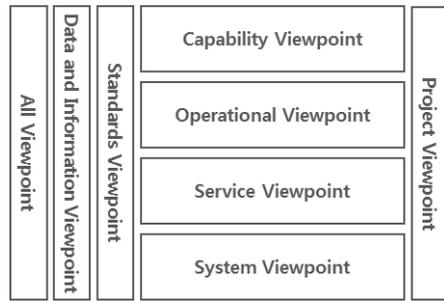
자크만 프레임워크는 Zohn Zachman이 1987년 IBM System Journal에 발표한 아키텍처 프레임워크이다[7]. 자크만 프레임워크는 정보시스템을 위한 아키텍처 프레임워크로 제시되었으나, 일반적인 구성 요소들로 정의되어 있어 다양한 분야에서 활용되고 있다.

자크만 프레임워크는 다섯 개의 행과 여섯 개의 열을 갖는 스키마로 이루어진다. 다섯 개의 행은 이해 관계자 뷰를 나타내며 Planner, Owner, Designer, Builder, Sub-contractor로 정의 한다. 여섯 개의 열은 아키텍처의 다양한 측면을 나타내며 What (Data), How(Function), Where(Network), Who (People), When(Time), Why(Motivation)로 정의 한다.

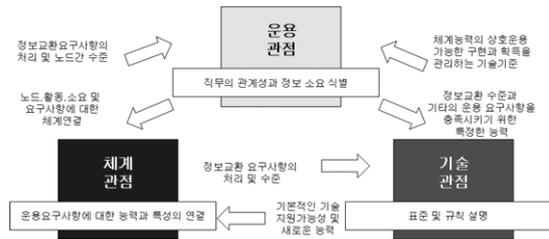
자크만 프레임워크의 장점은 다음과 같다. 첫째, 프레임워크가 기술적이라기보다는 개념적이기 때문에 쉽게 이해할 수 있다. 둘째, 아키텍처 대상의 포괄적인 특성을 표현할 수 있다. 셋째, 계획 수단으로 활용될 수 있다. 넷째, 복잡한 문제를 다양한 수준으로 추상화함으로써 문제 해결의 수단으로 활용할 수 있다. 다섯째, 방법론이나 틀에 중립적이다[8].

**2.1.2 DoDAF, MnD-AF**

1992년 미 국방부는 걸프전 수행 시 대두된 상호운용성 문제를 해결하기 위해 기술아키텍처 프레임워크(TAFIM : Technical Architecture for Information Management)를 개발하였다. 이후 TAFIM은 합동기술아키텍처(JTA : Joint Technical Architecture), C4ISR(Command, Control, Communications,



[Figure 1] DoDAF 2.02 Viewpoint



[Figure 2] MND-AF 1.2 viewpoint

Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance), 미 국방부 아키텍처 프레임워크(DoDAF : DoD Architecture Framework)로 발전하였다[9].

DoDAF v1.0은 아키텍처의 세가지 관점(운용, 체계, 기술)을 제공하고, 세가지 관점을 통해 아키텍처 기술하였다[10].

DoDAF v2.02는 Figure 1과 같이 세가지 관점에 능력과 프로젝트 관점을 추가하였으며, 데이터, 정보, 서비스 관점으로 세분화 하였다.

MND-AF는 2005년 제정되었으며, 현재는 2007년에 개정된 1.2 버전이 적용되고 있다. MND-AF v1.0은 DoDAF v1.0과 범정부 아키텍처 프레임워크를 기반으로 국내 현실을 고려하여 개발되었다. 따라서, Figure 2와 같이 DoDAF v1.0의 세가지 관점(운용, 체계, 기술)을 적용하고 있다.

MND-AF v1.2에서는 공통 관점을 추가하여 네 가지 관점을 제공하고 있다. 공통 관점의 아키텍처 구성요소는 운용, 체계, 기술의 3가지 관점에 포함되어 나타난다. 공통관점의 산출물들은 아키텍처 산출물 전반에 걸친 정보들을 제공한다. 공통 관점은 아키텍처 산출물에 대한 원칙, 범위, 개요 또는 현황

이라고 할 수 있다[6]. 이러한 MND-AF의 내용과 구조를 잘 나타내고, 현재의 문제 분석과 개선사항의 제시를 위하여 메타모델을 사용할 수 있다[11].

## 2.2 참조 모델

참조 모델은 아키텍처의 구성요소들을 표준화된 분류체계와 형식으로 정의함으로써 일관성, 상호운용성 등을 확보하기 위한 모델로 정의한다. 이러한 참조 모델은 다양한 관점을 충족할 수 있도록 아키텍처에 대한 개념을 추상화 한다[12].

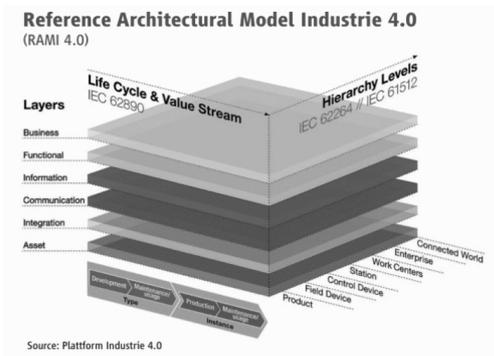
아키텍처 참조 모델은 국내·외에 다양하게 정의되어 있다. 국내에는 범정부 정보기술 아키텍처 참조 모델이 대표적인 아키텍처 참조모델이다. 본 연구에서는 4차 산업혁명과 관련된 Industry 4.0의 아키텍처 참조 모델인 RAMI 4.0(Reference Architecture Model Industry 4.0)에 대해 기술한다.

### 2.2.1 RAMI 4.0

RAMI 4.0은 독일의 인더스트리 4.0을 구현하기 위한 참조 모델로 개발되었으며, Figure 3과 같이 세 개의 축으로 구성된 계층 모델을 사용하여 구조화된 관점을 제공하고 있다[13] [14] [15] [16].

세 개의 축은 다음과 같이 설명할 수 있다.

- Layers 축은 속성과 구조의 관점에서 역할과 관련된 정보를 나타내며 Business, Functional, Information, Communication, Integration, Asset의 6개의 계층으로 구성함.



[Figure 3] RAMI 4.0

- Life Cycle & Value Stream 축은 프로세스를 나타내며 Type(Development, Maintenance Usage), Instance(Production, Maintenance Usage)로 구성함. IEC 62890(Life Cycle & Value Stream)을 기반으로 함.[17]
- Hierarchy Level 축은 보다 상세한 수준으로 기능 모델을 나타내며 Connected World, Enterprise, Work Centers, Station, Control Device, Field Device, Product로 구성함. IEC 62264(Enterprise Control System Integration)과 IEC 61512(Batch Control(System Model and Process Model)) 표준을 기반으로 함 [18] [19].

## 3. 발전 플랜트 O&M 아키텍처 프레임워크 개념 모델 설계

### 3.1 정의

발전 플랜트 O&M 아키텍처는 “발전 플랜트 O&M 지원 시스템의 요소, 관계를 포함하는 환경과 발전 플랜트 O&M 시스템의 설계 및 진화의 원칙에 관한 근본적인 개념 또는 속성”으로 정의한다. 그리고 발전 플랜트 O&M 아키텍처 프레임워크는 “발전 플랜트 O&M의 이해관계자 집단 그리고(또는) 특정 분야에 적용을 위해 수립된 발전 플랜트 O&M 지원 시스템 아키텍처의 기술을 위한 규약, 원칙과 사례”로 정의한다.

이러한 발전 플랜트 O&M 아키텍처, 아키텍처 프레임워크를 개발하기 위해 개념 모델을 설계한다. 개념모델은 아키텍처, 아키텍처 프레임워크를 개발하기 위한 초기 참조 모델로 정의한다. 이러한 개념 모델은 아키텍처의 구성요소, 관계를 정의하고, 아키텍처 프레임워크의 표현 형식을 정의하는데 활용될 수 있다.

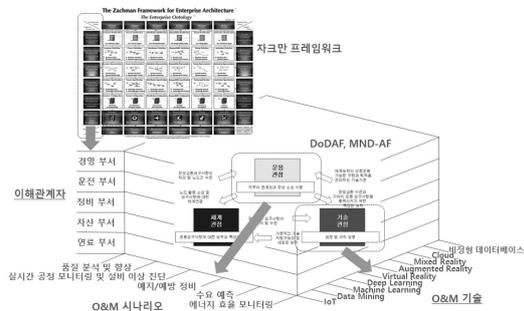
개념 모델은 기존에 개발된 아키텍처 프레임워크, 참조 모델 등을 분석하여 발전 플랜트 O&M에 적합하도록 구성하였다.

### 3.1.1 개념 모델 구성

발전 플랜트 O&M의 핵심 구성요소는 인원, 운영 유형, 운영 기술로 정의할 수 있다. Figure 4와 같이 발전 플랜트 O&M 아키텍처 프레임워크 개념 모델은 핵심 구성요소로 부터 다음과 같이 세 개의 관점을 도출하였다.

- 이해관계자 유형 : 발전 플랜트 O&M을 수행하는 조직의 이해관계자를 정의
- O&M 시나리오 유형 : 발전 플랜트 O&M을 수행하는 운영 시나리오를 정의
- O&M 기술 유형 : 발전 플랜트 O&M을 위한 기술 유형

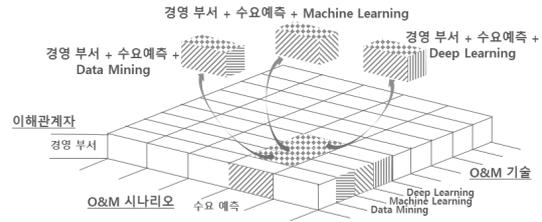
이해관계자 유형은 자크만 프레임워크의 이해관계자 뷰와 같은 개념이다. O&M 시나리오 유형은 DoDAF, MND-AF의 운영 관점과 같은 개념이며, O&M 기술 유형은 DoDAF, MND-AF의 기술 관점과 같은 개념이다.



[Figure 4] Power Plant O&M Conceptual Model

### 3.1.2 관점에 대한 상세 설명 및 활용 예

발전 플랜트 O&M은 다양한 이해관계자로 수행이 되며, 내부 이해관계자와 외부 이해관계자로 구분할 수 있다. 내부 이해관계자는 O&M 수행 조직의 특성에 따라 인원 중심 조직과 역할 중심 조직으로 구분할 수 있다. 외부 이해관계자는 발전 플랜트 O&M을 수행하는 내부 이해관계자와 협업을 수행하는 외부 조직으로 정의할 수 있다. 내부 이해관계자는 경영 부서, 운전 부서, 정비 부서, 자산 부서,



[Figure 5] Power Plant O&M Conceptual Model Example

연료 부서 등으로 정의할 수 있다.

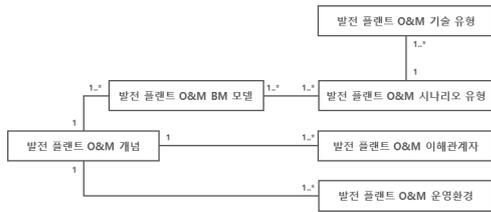
O&M 시나리오 유형은 품질 분석 및 향상, 실시간 공정 모니터링 및 설비 이상 진단, 예지/예방 정비, 수요 예측, 에너지 효율 모니터링 등으로 정의할 수 있다.

O&M 기술 유형은 발전 플랜트 O&M 시나리오를 구현하기 위한 4차 산업 지능정보기술 유형으로 IoT(Internet of Things), Data Mining, Machine Learning, Deep Learning, VR(Virtual Reality), AR(Augmented Reality), MR(Mixed Reality), Cloud, 비정형 데이터베이스 등으로 정의할 수 있다.

발전 플랜트 O&M 아키텍처 프레임워크 개념 모델은 먼저 이해관계자 관점을 선택한다. 그리고 이해관계자 관점에서 발전 플랜트 O&M 시나리오 유형과 O&M 기술 유형을 선택한다. 예를 들면, Figure 5와 같이 발전 플랜트 O&M을 수행하는 경영 부서에서는 원료 수요 예측을 위하여 Data Mining, Machine Learning, Deep Learning 기술을 사용할 수 있다. 향후 구축되는 발전 플랜트 O&M 아키텍처 프레임워크는 이러한 개념 모델을 반영할 계획이다.

### 3.1.3 메타 모델

메타 모델은 아키텍처를 구성하는데 필요한 정보들과 정보의 관계를 정의한 모델이다. 발전 플랜트 O&M 아키텍처 메타 모델은 Figure 6과 같이 발전 플랜트 O&M 개념, 발전 플랜트 O&M BM 모델과 발전 플랜트 O&M 운영환경을 대상으로 발전 플랜트 O&M 개념 모델의 관점인 발전 플랜트 O&M 이해관계자, 발전 플랜트 O&M 시나리오 유형, 발전 플랜트 O&M 기술 유형으로 구성한다.



[Figure 6] Power Plant O&M Meta Model

#### 4. 결론

플랜트 엔지니어링 생명주기 단계에서 선진국 대비 기술수준이 높은 O&M 단계의 축적된 지식을 기반으로 운영기술의 선진화 및 신규 시장 진출을 확대할 필요가 있다. 이를 위하여 본 논문에서는 발전 플랜트 O&M을 위한 아키텍처 프레임워크 개념 모델을 정의하였다. 개념 모델은 자크만 프레임워크, DoDAF, MND-AF, RAMI 4.0 등을 분석하여 세 가지 관점을 정의하였다. 그리고 세 가지 관점에 대한 상세 설명과 예를 통하여 개념 모델의 적용방안을 기술하였다. 마지막으로 발전 플랜트 O&M 아키텍처 프레임워크를 정의하기 위하여 개념 모델로부터 메타 모델을 정의하였다. 향후 개념 모델, 메타 모델로부터 아키텍처 프레임워크를 구축하여 발전 플랜트 O&M을 통한 플랜트 엔지니어링 경쟁력 제고에 기여하고자 한다.

#### 사 사

이 연구는 2017년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('10082562').

#### References

1. 관계부처 합동, 고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안, 2016.
2. 한국산업기술평가관리원, 2018년 산업기술 R&BD 전략(원천기술로드맵)-엔지니어링 분야, 2017.
3. 한국과학기술기획평가원, 플랜트산업 기술과 정책동향, 2010.

4. 에너지경제연구원, 에너지 플랜트 산업 부문별 해외 경쟁력 강화 방안 연구-발전 및 전력인프라 부문, 2013.
5. ISO/IEC/IEEE, ISO/IEC/IEEE 42010:2011(E) Systems and software engineering - Architecture description, 2011.
6. 대한민국 국방부, 국방아키텍처프레임워크(MND-AF) Version 1.2, 2007.
7. John A. Zachman, A Framework for Information Systems Architecture, IBM Systems Journal, vol. 26, no. 3, 1987.
8. 김태원, 자크만 프레임워크를 활용한 금융권 통합 마스터 데이터 관리시스템, 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 제38권 제1호(C) 131-134, 2011.
9. 정찬기, 합참 전장아키텍처 발전방안 연구, 2013.
10. DoD, DoD Architecture Framework Version 1.0, 2004.
11. 윤태훈, 김의환, 기반체계 아키텍처 개발을 위한 MND-AMM 개선 연구, 시스템엔지니어링학술지, v.11, no.1, pp.25-31, 2015.
12. 행정안전부, 정보기술아키텍처 도입·운영 지침, 2018.
13. Peter Adolphs, RAMI 4.0 An architecture Model for Industrie 4.0, 2015.
14. 권종원 외, 제조업 혁신을 위한 스마트 공장 참조모델 개발 동향 - 독일 RAMI 4.0 중심, 전자공학회지, 2016.
15. Ulrich Epple, A Reference Architectural Model for Industrie 4.0, 2016.
16. Madhusudal Pai, Interoperability between IIC Architecture & Industry 4.0 Reference Architecture for Industrial Assets, 2017.
17. IEC, IEC 62890 (Life-cycle management for systems products used in industrial-process measurement, control and automation)
18. IEC, IEC 62264 (Enterprise-control system integration)
19. IEC, IEC 61512 (Batch control)