Journal of KOSSE. (2017. 6) Vol. 13, No. 1 pp. 67-72
DOI: https://doi.org/10.14248/JKOSSE.2016.13.1.067
www.kosse.or.kr

ISSN (print) : 1738-480X
ISSN (online) : 2288-3592

WBS 기반의 사업 및 시스템엔지니어링 관리 - 발사체 개발사업 적용사례 연구

박창수* 권병찬 김근택

한국항공우주연구원

WBS-centric Program and Systems Engineering Management - Launch Vehicle Development Program Application Study

Chang-Su Park*, Byung-Chan Kwon, Keun-Taek Kim

Korea Aerospace Research Institute

Abstract : Work breakdown structure is a central element in project management and systems engineering. Composing a quality work breakdown structure is essential for the success of any project. In this paper, extensive use of work breakdown structure during phase one of KSLV-II launch vehicle development program is presented. The advantages and disadvantages of applying WBS-centric program and systems engineering management to the project are reviewed.

Key Words : Work Breakdown Structure, Systems Engineering, Program Management, Aerospace Engineering, KSLV-II program

Received: April 20, 2017 / **Revised**: June 2, 2017 / **Accepted**: June 20, 2017

* 교신저자 : Chang-Su Park, cspark@kari.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. 서 론

업무분할구조(work breakdown structure, WBS)는 프로젝트 관리 및 시스템엔지니어링의 근간을 이룬다. 잘 작성된 WBS는 참여자들 간에 의사소통을 원활하게 해주며 데이터의 수집, 분석 등을 용이하게 한다. WBS는 프로젝트의 업무 범위를 세부적으로 정의하며 다른 프로젝트 관리 프로세스들을 수행하기 위한 기초가 된다.

한국형발사체개발사업은 1.5톤 위성을 지구 저궤도에 올리기 위한 발사체 개발사업이다. 한국형발사체개발사업 1단계에서는 시스템엔지니어링 체계 구축 시 WBS를 이용하여 각 관리 분야들이 연결될 수 있도록 구성하였다. 이 논문에서는 한국형발사체개발사업에 적용한 WBS 구축 방법과 적용 및 사업 체계 구축 후 WBS 이용 시의 장단점 등에 대해 살펴보고자 한다.

2. 업무분할구조 (WBS)

2.1 정의

WBS는 프로젝트의 목적을 달성하기 위해 업무를 분할하고 결과물을 생성하는 체계로 프로젝트 관리 지식체계(PMBOK)에서 정의하고 있다[1]. WBS를 구성함으로서 전체 프로젝트의 업무 범위를 정의하게 된다.

2.2 구성 지침

WBS를 구성하기 위해서는 아래와 같은 기본 구성 지침을 따라야 한다[1].

(1) 각 WBS 항목은 하나의 상위 WBS 항목을 가져야 한다.
(2) 하위 WBS 항목들의 합이 상위 WBS 항목이 되어야 한다. (100% rule)
(3) WBS 번호 자체에서 구조적 체계가 보이도록 구성되어야 한다.
(4) 모든 WBS 항목이 동일한 깊이로 구성될 필요는 없다.

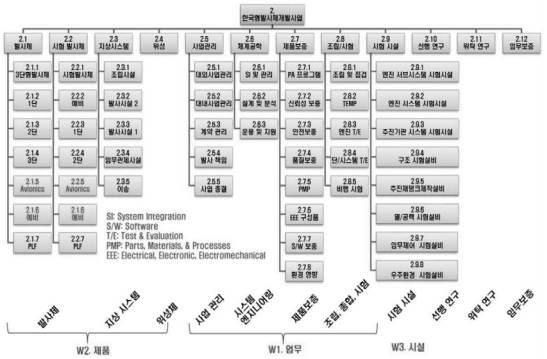
2.3 한국형발사체개발사업 WBS

한국형발사체개발사업의 WBS는 아래의 Table과 같이 레벨이 구성되었다[2,3]. 체계팀에서는 6레벨까지 관리하며 이하 레벨은 개발팀에서 관리한다.

<Table 1> KSLV-II WBS Level

레벨	정의	예
1	System of Systems	한국형발사체개발사업
2	System	발사체, 지상시스템
3	Element	1단, 2단
4	Subsystem	구조, 추진
5	Assembly	탱크, 동체
6	Component	전자장치, 밸브
7	Part	볼트, 너트

한국형발사체개발사업 WBS는 나로호 사업[4], 미 항공우주국의 표준 WBS[5], 미 국방부 발사체 표준 WBS[6]등을 참고하여 생성되었으며 레벨3까지의 WBS는 아래 그림과 같다.



[Figure 1] KSLV-II WBS [2]

WBS 구성 체계는 X.X.X.X.X.X 표기 방식과 전산상 표기를 용이하기 위하여 YYYYYY 표기 방식 2 가지를 혼용하여 사용하였다. X는 아라비아 숫자로만 구성되며 Y는 0부터 9까지의 아라비아 숫자와 알파벳을 이용하여 구성한다.

WBS에 대한 유지 및 관리는 체계팀에서 수행하며 변경에 대한 의사결정은 위원회에서 하였다. 각

팀은 WBS에 대한 변경 의견 등을 제출하고 체계팀에서 종합 검토를 한 후 변경 안건을 상위 위원회에 올려 결정한다.

3. WBS 기반 사업 및 시스템엔지니어링 관리 프로세스의 적용

이 절에서는 한국형발사체개발사업 1단계에 구축된 사업관리 프로세스 및 시스템엔지니어링 관리 프로세스[7]에 WBS가 어떻게 적용되었는지 기술하며 장단점을 제시한다. 아래에서 일정, 예산 및 비용, 성과, 정보, 도면/모델 관리는 사업관리 프로세스로 분류하며 요구조건, 인터페이스 관리는 시스템엔지니어링 기술 프로세스로 분류하였다.

3.1 일정 관리

사업 일정을 보고하고 관리하기 위해서는 조직 단위 또는 개발 구성품 단위로 보고를 수행할 수 있다. 개별 조직 단위의 일정을 만들어서 관리하게 되면 전체 사업의 진도보다는 개별 조직 단위의 진도만 검토하게 되어 사업 목표의 지연 정도 등이 쉽게 파악되지 않는다.

한국형발사체개발사업에서는 WBS를 이용하여 개발 구성품 단위로 상세 일정을 구성하였으며 식별된 모든 업무 항목에 대한 계획을 수립하였다. WBS 레벨을 일괄적으로 일정에 적용하는 경우 많은 개발 항목을 갖고 있는 분야는 일정 보고에 대한 부담이 상당히 높아졌다. 이를 해소하기 위해서는 몇 가지 기준(동일 일정, 계약, 업체 동일 등)에 따라 일정 관리 항목들을 묶어서 관리할 필요가 있다. 한국형발사체개발사업 1단계에서는 성과관리시스템과 연동하여 일정관리를 수행하였다.

3.2 예산 및 비용 관리

예산 및 비용관리를 위해서는 WBS에 예산이 직접 할당되어 일치되는 형태가 관리하기 용이하다. 미 국방부에서는 각 무기체계별로 표준 WBS를 제시하고 있으며 기준을 제시하는 이유 중 하나는 프로젝트에 소요된 비용을 축적하고 최종 비용을 예상하기 위한 목적이다[6]. 미 항공우주국도 레벨 2까지는 표준 WBS를 적용하고 사업별로 레벨 3 이하는 자유롭게 구성하며 WBS에 실제로 비용이 할당된다[5]. 실제로 예산은 사업별로 별도의 체계를 가지고 있는 경우가 대부분이다. 따라서 WBS와 예산 체계는 서로 매핑(mapping) 형태로 연관관계를 갖도록 해서 개별 하드웨어 개발비용이나 업무 수행을 위해 소요된 비용 등을 파악할 수 있도록 해야 한다.

한국형발사체개발사업에서는 비용분할구조(cost breakdown structure, CBS)를 구성하여 미래의 예산 계획 등을 수립하는데 사용하였다. 비용분할구조는 기본적으로 4레벨로 구성되어 6레벨 WBS 레벨보다는 단순하며 CBS와 WBS는 1:N 매핑 형태를 갖도록 구성되었다. WBS에서 동일한 6레벨 개발품이 여러 곳에 반복적으로 사용되는 경우 비용을 각 WBS별로 분할해서 넣기보다는 하나의 CBS에 이를 매핑하여 실제 소요 비용을 파악하였다. 향후 개발 사업에서 WBS 및 예산 구성 시 비용 이력 추적 등도 고려하여 구성해야 한다.

<Table 2> KSLV-II CBS Level

레벨	번호	정의	예
1	A	비용 대분류	엔진, 구조
2	A.1	세부 항목	1단 엔진
3	A.1.1	예산 종류	제품개발, 장비,시설
4	A.1.1.1	개별 예산 항목	1단 엔진 제작 용역

3.3 성과 관리

성과 관리(earned value management, EVM)는 일정관리와 예산/비용관리가 각각 이루어지는 사업에서 이를 통합하여 하나의 기성고(earned value)로 사업의 진척 및 예산을 관리하는 기법이다.

한국형발사체개발사업에서는 여러 가지 시도 끝에 WBS를 기준으로 예산과 일정을 연동하며 EVM 시스템을 구축하였다[8]. 성과 관리에서 WBS는 통

제계정(control account)까지 적용되었으며 이하의 작업묶음(work package)과 활동(activity) 단위는 별도로 구성하였다. WBS 기준을 성과관리시스템으로 사용하기 위해서는 사업 계획서 작성 단계부터 통제계정별 일정과 예산이 준비되어야 한다. 한국형발사체개발사업에서는 구성된 성과 관리시스템을 통하여 일정과 예산의 진척은 인식되었으나 세부 일정 지연으로 인한 전체 일정 지연 등의 영향을 파악하는데 어려움이 있었다. 또한 사업 전체 기간이 아닌 매년 주어진 예산을 기준으로 관리하다 보니 전체 사업의 기성고 관점에서 검토가 이루어지지 못했다.

3.4 정보 관리

사업을 수행하면서 생성되는 모든 정보(문서, 도면/모델, 데이터)를 취합, 배포, 보관하기 위하여 정보 관리를 수행한다. 나로호 사업의 경우 문서와 도면 모두 WBS를 기반으로 구성되었다. 문서의 경우 WBS의 개정 등에 따라 문서 번호의 변경, 적절한 문서 번호 선정 등에 어려움 발생하였다.

한국형발사체개발사업을 위해 신규 정보 시스템(product lifecycle management system, PLMS)을 구축하면서 기존 경험을 바탕으로 문서는 WBS와 독립된 체계를 사용하는 것으로 결정하였다[9]. WBS 정보는 문서의 보조 정보로만 관리하기로 하였으며 사용자는 시스템이 자동으로 제공하는 문서 번호를 이용한다.

3.5 도면/모델 관리

도면/모델 관리를 위해서는 각 도면/모델에 대한 고유 번호가 존재해야 한다. 이 번호는 향후 개발품 제작 시에도 사용되므로 일관성이 있어야 한다.

한국형발사체개발사업에서는 사업 초기부터 도면/모델 관리를 위해 번호체계수립에 대한 요구조건이 높았다. 한국형발사체개발사업에서는 기존 나로호 사업 경험을 바탕으로 WBS 번호체계를 도면/모델 번호 기준으로 결정하였다. 구분자 이후의 개별 번호는 각 부서별로 정의하여 사용하였다.

<도면/모델 번호체계>

WBS 번호(6자리) 구분자(A) 개별번호(5자리)

예: 223400A00000

도면/모델은 사업 내부에서 1품 1도 정책을 갖고 있어 설계된 하드웨어를 그대로 사용할 경우 WBS 번호는 기존 도면 번호를 사용하는 것으로 하였다. 도면 번호는 한번 정해지면 바꾸는데 들어가는 노력이 매우 높아서 WBS 변경에 대해 가장 바꾸기 어려운 품목 중 하나이다. 향후 사업에서는 자재명세서(bill of materials, BOM)를 WBS로 형태를 가져가고 도면번호는 문서와 마찬가지로 별도 체계로 가는 방향이 필요하다.

3.6 요구조건 관리

사업 요구조건은 이해당사자가 사업에서 이루고자 하는 내용을 의미하며 이를 만족하기 위한 시스템, 서브시스템, 컴포넌트 등의 요구조건이 구성된다. WBS는 요구조건을 기반으로 어느 정도 구성되어야 한다.

한국형발사체개발사업에서는 사업 초기에 전체 시스템에 대한 요구조건과 최하위 컴포넌트에 대한 요구조건을 개별적으로 작성하다 보니 조직적인 요구조건 체계가 요구되었다. 신규 요구조건 번호 체계에서는 WBS를 직접 적용하여 번호만으로도 어느 항목에 대한 요구조건인지 알 수 있도록 하였다.

<요구조건 번호체계>

요구조건 기호-WBS 번호-일련 번호

예: SPC-223400-XXXX

WBS를 요구조건 번호에 직접 적용함으로서 WBS 항목들에 대해 빠짐없이 요구조건을 작성할 수 있도록 하였다. WBS 6레벨 모두 개별 문서로 작성하였으나 일부 WBS 레벨은 하나의 시스템을 이루기보다는 하드웨어 묶음 분류 성격이어서 중간 레벨의 WBS 등은 묶어서 하나의 규격서로 작성하였다. 한국형발사체개발사업에서는 요구조건을 3단계 나누어 규격서에 작성하고 관리한다.

<Table 1> Operational objectives of schedule delay risk assessment model

No.	Operational objectives
1	Provide group judgment option
2	Provide multi criteria decision making options
3	Provide qualitative analysis
4	Provide quantitative analysis
5	Provide qualitative and quantitative analysis
6	Provide statistical analysis
7	Provide sensitivity analysis
8	Provide cost effectiveness

3.7 인터페이스 관리

하나의 시스템을 종합하여 구성하기 위해서는 각 요소간의 인터페이스가 정의되어야 한다. 두 요소간의 인터페이스는 상위 레벨에서 정의를 하여 단독으로 인터페이스가 변경되는 일이 없도록 하였다.

한국형발사체개발사업에서 각 인터페이스를 표현하기 위한 2개의 컴포넌트명 사용 시 별도 영문 약어가 있는 경우 이를 사용하였으며 없을 경우 WBS가 포함된 도면번호를 사용하도록 하였다.

<인터페이스 번호체계>

인터페이스 기호 - 도번1-도번2-일련번호

예: MID-223400A00000-223500A00000-01

3.8 WBS의 장단점

WBS는 전체 시스템이 어떻게 구성되어 있고 업무를 분할하고 서로 의사소통하는데 있어서 많은 장점을 가지고 있다. WBS를 중심으로 사업 정보를 구성하게 되면 하나의 WBS와 연관된 정보들을 모아서 볼 수 있고 상호 관계 파악도 쉬워진다. WBS의 중요성이 높아지면서 기존에는 신규 하드웨어 제작 업무가 있더라도 WBS 없이 업무가 진행되는 경우가 있었지만 모든 관리에 WBS가 사용되면서 WBS에 대한 개정 또는 추가 요구가 사업 참여자들 간에 발생하였으며 WBS가 사업에 최적화된 형태로 점점 개정되었다.

다만 WBS가 시스템엔지니어링 관리, 사업관리의 중심에 있다 보니 WBS가 개정될 경우 순차적으로 바꾸어야 하는 항목의 수가 늘어나고 경우에 따라서는 변경이 어려워서 해당 분야는 기존 WBS 번호를 바꾸지 않고 그대로 사용하는 경우가 발생한다.

한국형발사체개발사업에서 사업관리 및 시스템엔지니어링 관리에 WBS 적용 시의 장단점을 Table 4에 기술하였다. 발사체 WBS 구성 시 단을 구분하게 되는데 동일한 하드웨어가 발사체의 여러 단에 사용되는 경우가 존재하였다. 이러한 경우 WBS 번

<Table 4> WBS 적용의 장단점

WBS 적용 분야	장점	단점
일정 관리	- 모든 업무 항목에 대한 일정 수립	- 일정 보고 부담 높음 - WBS 번호가 다른 동일 품목에 대해서는 일정 통합 관리 필요
예산 및 비용 관리	- WBS별 소요 예산/비용 파악 쉬움 - 일정과 연계 가능 - 예산에 대한 이력 체계적 누적 가능	- WBS 번호가 다른 동일 품목에 대해서는 예산 통합 관리 필요
성과 관리	- 일정 관리, 예산 관리의 WBS 사용 가능함.	- 성과 관리에서 요구되는 WBS와 일정 관리 수준에서 요구되는 레벨이 달라서 별도 WBS 구성이 필요할 수 있음
정보 관리	- WBS에 따른 문서 취합 - 문서번호로 관련 항목 유추	- WBS 변경에 따른 문서번호 변경 - 기 작성 문서 변경 어려움
도면/모델 관리	- WBS에 따른 도번 체계 수립 - 도번으로 도면/모델 파악 쉬움	- WBS 변경에 따른 도면번호 변경 - 기 작성/제작 도면/모델 변경 어려움
요구조건 관리	- 모든 요구조건 항목 도출 - 요구조건 체계 명확화	- 불필요 요구조건 레벨 존재 - 통합 관리 필요
인터페이스 관리	- 항목간 인터페이스 식별 용이	- 인터페이스 번호가 길어짐

호는 다르게 할당받더라도 일정, 예산 등을 한 개의 WBS로 통합하여 관리하였다.

사업을 진행하면서 WBS가 가장 바뀌지 않는 항목으로 여겨져서 이를 기준으로 하였지만 WBS도 사업적인 필요에 따라 변경이 되므로 변경에 따른 유지 관리 등을 지속적으로 수행해주어야 한다. IT 기술이 발달하면서 WBS가 항상 번호체계에 직접 이용될 필요성은 줄어들었지만 WBS를 적극적으로 사용함으로서 사업에 맞는 WBS 구성 및 이용에 대한 인식은 높아졌다.

4. 결 론

WBS 기반 시스템엔지니어링은 WBS 번호만으로 일정, 예산, 성과, 문서, 도면/모델, 요구조건, 인터페이스 등의 정보를 손쉽게 파악할 수 있는 장점이 있다. WBS는 기존에 분산되었던 정보를 하나로 모을 수 있으며 WBS 변화에 따른 영향을 같이 고려할 수 있게 된다. 반면 WBS가 관리 번호 등으로 직접 연관되다보니 전체적으로 WBS 변경에 대해 많은 후속 작업을 필요로 한다. 한국형발사체개발사업에서 WBS를 기반으로 사업관리와 시스템엔지니어링 관리를 적용한 결과 WBS 변경으로 인한 변화 또는 WBS 항목의 영향을 각 프로세스에서 손쉽게 파악할 수 있게 되었다. WBS 사용에 의한 효과를 높이기 위해서는 각 사업 환경에 맞춘 테일러링은 필수적이다.

References

1. Project Management Institute, Practice Standard for Work Breakdown Structures, 2nd Edition, 2011.
2. Seung-Bo Jin, Young-In Choi, Chang-Su Park, Keun-Taek Kim, Work Breakdown Structure (WBS) of Korea Space Launch Vehicle, 14th Space Launch Vehicle Technology Symposium, 2015.
3. KSLV-II Program Office, KSLV-II WBS Management Plan, 2014.
4. Joon-Ho Lee, Bum-Seok Oh, Jeong-Joo Park, Gwang-Rae Cho, WBS Development for Space Launch Vehicle, Systems Engineering Fall Symposium, 2005.
5. NASA, NASA Work Breakdown Structure (WBS) Handbook, NASA/SP-2010-3404, 2010.
6. DoD, Work Breakdown Structure for Defense Material Items, MIL-STD-881C, 2011.
7. Chang-Su Park, Keun-Taek Kim, Systems Engineering Processes for KSLV-II Program, Journal of the Korea Society of Systems Engineering, 81-87, 2014.
8. Young-In Choi, Keun-Taek Kim, Jaemyung Ahn, Establishment and operation of EVM System for KSLV-II development, Systems Engineering Fall Conference, 2014.
9. Byung-Chan Kwon, Chang-Su Park, Keun-Taek Kim, PLM System Development for Data Management of KSLV-II Program, Journal of The Society for Aerospace System Engineering, Vol. 8, No.2, pp.49~54, 2014.