

매트릭스 기법을 응용한 시스템 인터페이스 관리 방안 연구

A Study on the Method to Manage System Interface By Applying Matrix Structure

정경렬*
Chung, Kyungryul

박철호**
Park, Chulho

최준호***
Choi, Chunho

송선호****
Song, Sunho

ABSTRACT

It is important to manage internal and external interfaces in a system integration. As there are many of related multi-disciplinary engineers and high level complexity in big and complex project, it is difficult that carrying out interfaces management by consistent method. We study the method that represent efficiently system interfaces by matrix structure. And we suggest the way to identify system interfaces and trace interfaces between components using Interface Analysis Matrix and Interface Control Document.

key words : system integration(시스템 통합), interface management(인터페이스 관리)

1. 서 론

시스템 통합은 설계/제작된 개발품이 외부로부터 구매하기로 결정된 외주구매품 등을 이용하여 서브 시스템 및 시스템을 완성해나가는 활동이다. Dennis M. Buede가 제안한 시스템 엔지니어링의 V모델(그림 1)에 따르면 시스템 엔지니어링의 절차는 크게 “시스템 설계”와 “시스템 통합” 과정으로 나뉘어질 수 있다. 계층구조면에서 볼 때 시스템 설계는 높은 단계에서 낮은 단계로 진행되는 반면, 시스템 통합은 낮은 단계에서 높은 단계의 순으로 진행되는 특징이 있으며 최종적으로 시스템 수준의 통합이 이루어지게 된다.

시스템 통합에서 가장 중요한 것은 각 구성품 및 서브 시스템 간 인터페이스의 식별과 관리, 검증활동이다. 시스템의 규모가 작고 복잡도가 낮은 상황에서는 소수 엔지니어들의 경험과 직관에 의해 시스템 통합이 진행되어 왔다. 그러나 규모와 복잡도가 높아질수록 하부요소의 수량과 인터페이스가 복잡해지기 때문에 소수의 경험과 직관에 의존하기 어렵게 된다. 따라서 체계적인 인터페이스 관리 방법이 고안될 필요가 있다.

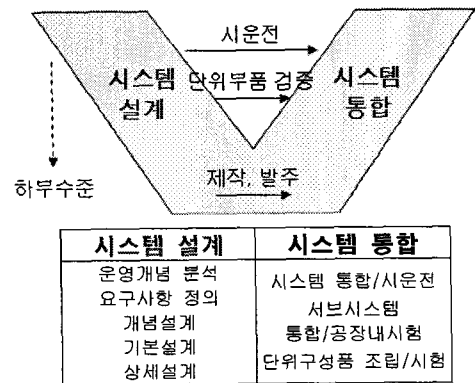


그림 1. 시스템 엔지니어링 체계 - V 모델

* 정경렬, 한국생산기술연구원, 융합기술개발단, 정회원

E-mail : chungkr@kitech.re.kr

TEL : (041)589-8251 FAX : (041)589-8230

** 박철호, 한국생산기술연구원

*** 최준호, 한국생산기술연구원

*** 송선호, 한국생산기술연구원

2. 시스템 인터페이스 관리

2.1 시스템 인터페이스 정의

인터페이스(interface)의 사전적 의미는 서로 다른 두 구성품이 상호연결되는 내용 또는 직·간접적인 연결을 가능하게 하는 중간매개체이다. 다양한 의미의 인터페이스가 고려될 수 있는데, 본 논문에서는 시스템 통합과정에서 고려되어야 하는 시스템 인터페이스를 관리의 대상으로 삼도록 한다. 서브시스템이나 구성품 사이에서 발생하는 물질이나 에너지, 정보들의 흐름 또는 그 흐름의 매개체 역할을 하는 하드웨어적, 소프트웨어적 사양을 의미한다. 예를 들어 차량출입문의 하부구성품 중 하나인 DCU(Door Control Unit)는 ATO(Automatic Train Operation)와 출입문 개방/폐쇄에 대한 명령 및 상태신호를 주고 받아야 한다. 이때 신호의 프로토콜과 연결방식, 커넥터 형상과 같은 내용들은 모두 시스템 인터페이스 요소로 볼 수 있으며, 이 요소를 기술적으로 검토하여 정의한 내용을 시스템 인터페이스 사양으로 정의하도록 한다.

2.2 시스템 인터페이스 관리의 어려움

계층수준이 심화될수록 다양한 양상의 시스템 인터페이스가 발생한다. 현대의 시스템은 다양한 학제 분야의 기술적 문제가 복합적으로 얽혀있으며 각 시스템 인터페이스는 해당 계층 수준뿐만 아니라 다른 계층의 기술적 문제와 상관관계를 가질 가능성이 크기 때문에 그 복잡도가 매우 높다. 시스템 인터페이스에 반영되어야 할 기술적 요소들은 시스템의 설계과정에서 파악되지만 해당분야 엔지니어의 관심에 국한되기 마련이며 현대의 철도시스템의 높은 복잡도는 소수의 치프 엔지니어가 시스템 전체 범위에 대한 종합적인 이해를 하기에 적절한 수준을 이미 넘어서고 있다.

시스템 엔지니어링에서는 시스템 통합시 고려되어야 할 인터페이스를 관리하기 위해 인터페이스 관리 문서(Interface Control Document)를 작성/활용할 것을 권장하고 있으나 국내 철도산업에서는 이에 대한 구체적인 작성 및 활용사례가 미비한 편이다.

2.3 다이어그램 또는 매트릭스를 이용한 인터페이스 표현 방법 비교

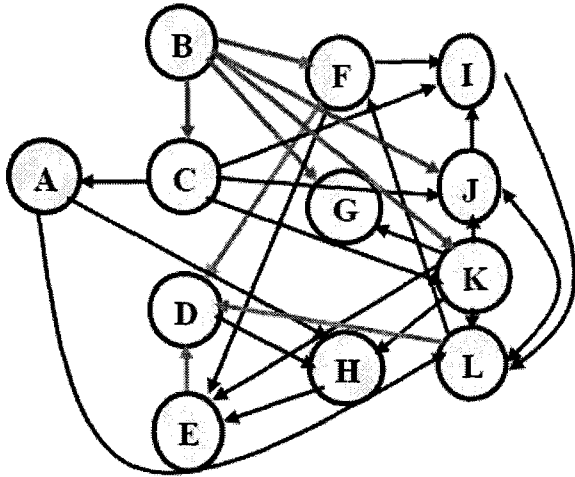
해외에서 작성된 인터페이스 통제 문서(Interface Control Document)의 경우 일반적인 문서의 형태가 주류를 이루고 있다. 시스템 구성품에 따른 인터페이스 요소를 일반 사양서와 유사한 형태로 정리하는 형태이다. 시스템 인터페이스를 기술적인 내용으로 표현할 경우 인터페이스와 관련된 시스템 사양과 유사해지므로 일반적으로 인터페이스 통제 문서는 사실상 시스템 인터페이스 사양서(System Interface Specification)와 유사한 내용이 된다.

시스템 인터페이스를 일반 문서의 형태로 정리할 경우 내용의 상세함을 추구할 수 있으나 여러 단계에 걸쳐 관련된 요소에 영향을 미치는 시스템 인터페이스 간의 상관관계를 확인하는 것은 어렵다. 시스템 통합 및 시험평가 과정에서 발생하는 문제의 원인은 다단계의 시스템 인터페이스 요소를 거쳐만 파악될 수 있는 경우가 많기 때문에 인터페이스 통제 문서(ICD)가 시스템 통합에 효율적으로 활용되기 위해서는 시스템 인터페이스의 추적 관계를 쉽게 파악할 수 있는 형태가 되어야 한다.

시스템 인터페이스를 정리하는 방안으로 다이어그램이나 매트릭스를 활용하는 방법을 생각해볼 수 있다. 시스템 인터페이스를 다이어그램으로 표현하는 방식은 매트릭스 방식에 비해 가시성이 높고 직관적이어서 이해가 쉽고 빠르지만 내용이 복잡해질 경우 다이어그램의 수량과 복잡도가 높아져 작성 및 활용이 어려워지게 된다.(그림 2의 a)

매트릭스는 분석 또는 관리하고자 하는 구성품 또는 기능을 2차원적으로 배치하고 모든 구성품의 상관관계를 일관된 규칙으로 나열할 수 있다. 이와 같이 시스템 인터페이스를 구성할 경우 검토하고자 하는 특정 구성품에 해당하는 셀의 가로/세로 내용을 검토하는 것으로 관련 인터페이스를 모두 확인할 수 있다. 시스템의 규모가 커지고 인터페이스의 복잡도가 증가하면 매트릭스의 크기는 증가하게 되지만 시스템 인터페이스를 검토하는 규칙은 일관되게 유지되므로 규모와 복잡도가 높은 철도시스템에 적용하기 적절한 방안이라 할 수 있다.(그림 2의 b) 따라서 본 연구에서는 매트릭스 구조를 이용하여 시스템 인터페이스를 정리하는 방법에 대해 연구하였다.

a. 다이어그램을 이용한 인터페이스 표현



b. 매트릭스를 이용한 인터페이스 표현

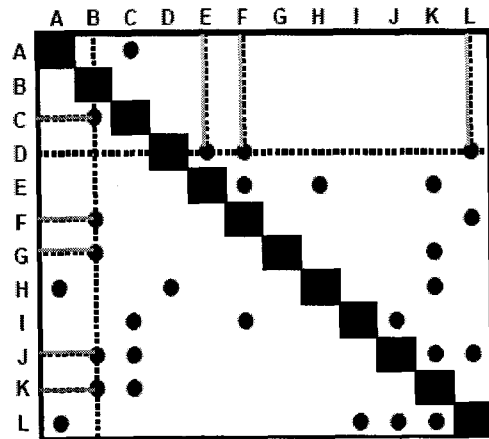


그림 2. 다이어그램과 매트릭스에 의한 인터페이스 표현 방법의 비교

3. 매트릭스를 이용한 시스템 분석/표현 기법에 대한 기존 연구

3.1 N^2 차트(N square chart)의 시스템 표현 기법

N^2 차트는 시스템의 기능구조나 프로세스의 절차와 입출력을 나타내기 위한 표현기법이다. 이름에서도 알 수 있지만 N^2 차트의 가장 큰 특징은 가로, 세로가 N 개의 셀로 구성되어 있는 고정된 틀 속에서 작성된다는 것이다. 차트의 대각선상에는 시스템의 기능 또는 프로세스의 절차가 위치한다. N 개의 기능을 표현하기 위해서는 $N \times N$ 매트릭스를 작성한다. 나머지 ($N \times N - N$)개의 셀에는 인터페이스 출력과 입력이 표현된다. 공백으로 되어있는 곳은 각 기능 간의 입출력이 없음을 나타낸다.

만약 하위레벨 기능이 관련 하위레벨 인터페이스와 더욱 세부적으로 식별될 수 있다면, 다른 차트를 통해 확장될 수 있다. N^2 차트의 주 기능 중 하나는 개발주기 후반에 시스템 통합이 효과적으로 진행될 수 있도록 기능 사이에 생길 수 있는 상충영역을 검토하는 것이다.

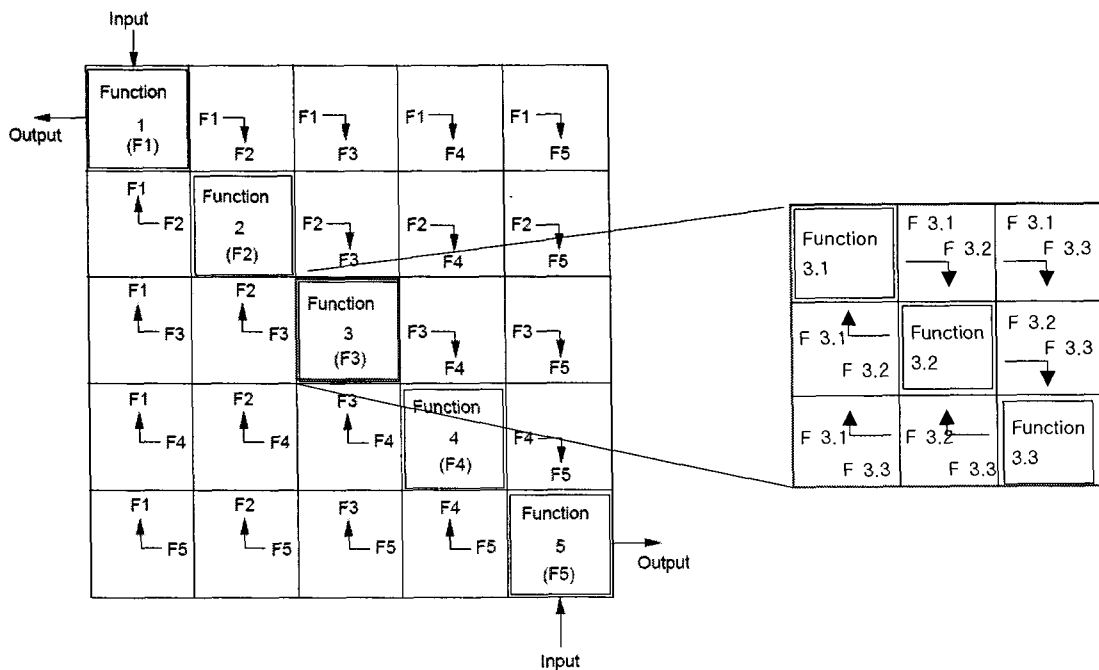


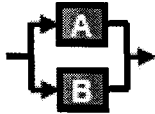

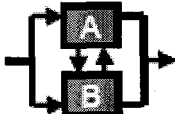
그림 3. N^2 차트 구성

3.2 설계구조매트릭스(DSM)의 시스템 표현 기법

설계구조매트릭스(이하 DSM)은 Dependency Structure Matrix 혹은 Design Structure Matrix 를 뜻하며 개발조직, 프로세스, 시스템 등을 표현하고 분석하는 방법이다. DSM 표현은 1970년대에 고안 되었으며, 이후 MIT, Harvard, University of Illinois 를 비롯한 여러 곳의 연구팀들이 복잡한 시스템 의 분석에 DSM 을 실제적으로 적용하는 연구를 하면서 사용법이 발전해 왔다.

DSM은 시스템이나 프로세스의 구성을 매트릭스의 형태로 나타낸다. 시스템이나 프로세스의 구성을 특징짓는 병행(parallel), 순차(Sequential), 상호연관(Coupled) 3가지 관계에 대한 표현방법은 다음과 같다.

표 2. 시스템이나 프로세스의 구성을 특징짓는 3가지 관계에 대한 표현방법

관계	병행(parallel)	순차(Sequential)	상호연관(Coupled)																											
다이아그램 표현																														
DSM 표현	<table border="1" data-bbox="502 828 710 996"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>B</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	■	B	■	■	<table border="1" data-bbox="790 828 997 996"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	■	B	X	■	<table border="1" data-bbox="1077 828 1284 996"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>■</td></tr> </table>		A	B	A	■	X	B	X	■
	A	B																												
A	■	■																												
B	■	■																												
	A	B																												
A	■	■																												
B	X	■																												
	A	B																												
A	■	X																												
B	X	■																												

DSM 표현에서 좌측상단에서 우측하단으로 이어지는 대각선 셀은 단위 구성품 또는 기능을 의미한 다. 대각선을 제외한 나머지 셀은 단위 구성품이나 기능의 상호관계를 나타낸다. 비어있는 셀은 상호관 계가 없음을 나타내며, 표시된 셀은 상호관계가 있음을 나타낸다. 대각선을 기준으로 상단에 위치한 셀 은 세로줄에 위치한 단위구성품이나 기능이 가로줄에 위치한 단위구성품이나 기능에 미치는 영향을 나 타내며 하단에 위치한 셀은 그 반대이다. 예를 들어 표 1의 “순차(Sequential)”의 경우 대각선을 기준 으로 상단에 위치한 셀은 비어있기 때문에 “B”에서 “A”에 영향을 주는 요소는 없으며 하단에 위치한 셀은 표시되어 있기 때문에 “A”에서 “B”에 영향을 주는 요소가 있음을 알 수 있다. (이는 방향성으로 볼 때 N2 차트와 반대이다.)

4. 매트릭스 기법을 이용한 시스템 인터페이스 관리 연구

4.1 인터페이스 분석 매트릭스의 구성

인터페이스라 함은 상호작용 또는 상호연관성에 대한 요구사항을 나타낸 것이기 때문에 인터페이스 를 갖는 2개의 대상이 존재해야 한다. 과제간 인터페이스인 경우 대상은 “과제(project)”가 되고, 업무 간의 인터페이스인 경우의 대상은 “업무(task)”가 된다. 시스템 인터페이스는 시스템과 외부시스템, 또 는 하부구성품 간의 기술적 인터페이스를 정의한 것이기 때문에 대상은 내·외부시스템 및 하부구성품이 된다.

따라서 본 연구에서 제안하는 인터페 이스 분석 매트릭스(Interface Analysis Matrix)의 가로/세로행열은 외부시스템 및 내부시스템의 하부구성품으로 정의 된다. 이때 가로/세로행열에 정의되는 구성품의 종류와 순서는 동일해야 한 다. 이로서 N×N형태의 정방형 매트릭 스가 구성된다.(N=내·외부시스템 구성 품의 개수)

<인터페이스 분석 매트릭스>
 -시스템의 각 구성품과 외부시스템을 기준으로 N×N 매트릭스 작성
 -대각선을 기준으로 아래 영역은 구성품 간의 영향관계를 위 영역은 구성품간의 피드백을 표기

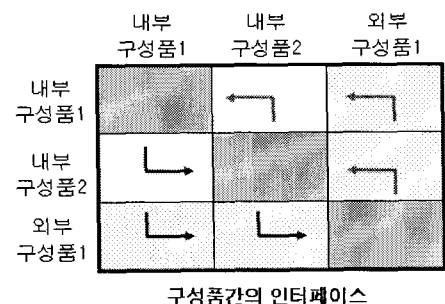


그림 4. 인터페이스 분석 매트릭스의 기본 구성

매트릭스의 좌측상단에서 우측하단으로 이어지는 대각선 셀을 중심으로 하단에 위치하는 영역은 세로줄(列)에 해당하는 구성품이 가로줄(行)에 해당하는 구성품에 대해 갖는 인터페이스를 기술한다. 반대로 대각선 셀의 상단에 위치하는 영역은 가로줄(行)에 해당하는 구성품이 세로줄(列)에 해당하는 구성품에 대해 갖는 인터페이스를 기술한다. 본 연구의 매트릭스 구성은 N2 차트의 개념과는 반대되는데, 향후 DSM 분석기법을 활용할 수 있는 가능성을 남기기 위해 DSM의 매트릭스 구성 개념을 우선 고려하였다.

4.2 인터페이스 분석 매트릭스 작성

인터페이스 분석 매트릭스가 구성되면 개개의 셀에 해당하는 시스템 인터페이스를 식별한다. 시스템 엔지니어링에서는 시스템간의 상호작용(interaction)을 통상 물질(material), 에너지(energy), 정보(Information) 등 3가지 요소로 분류한다. 시스템 인터페이스를 판단하기 위해서는 여기에 추가적으로 공간적 요소(Spatial)가 포함되어야 한다. 매트릭스의 인터페이스를 표현하는 각 셀에 대해 위의 4가지 요소를 기준으로 기술적 상관관계, 즉 시스템 인터페이스 존재 여부를 식별한다.

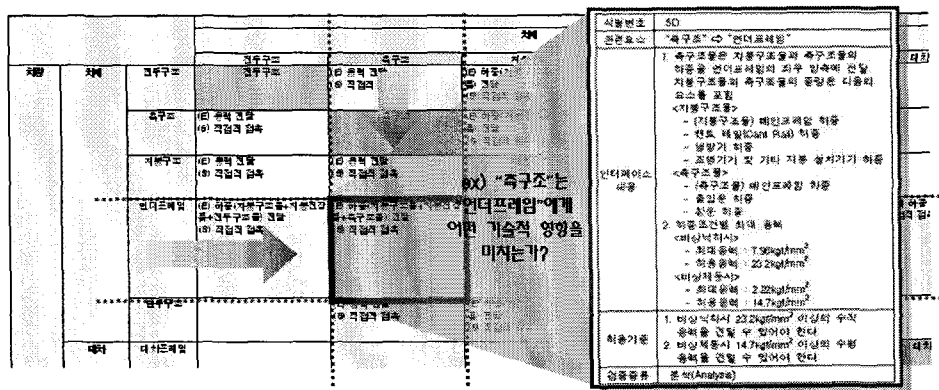


그림 5. 인터페이스 분석 매트릭스의 작성

시스템 인터페이스의 존재가 식별되면 그에 따른 상세한 기술적 사양이 정리되어야 한다. 이것이 곧 시스템 인터페이스 사양이며, 인터페이스 통제 문서 또는 시스템 사양서의 기초가 된다. 시스템 인터페이스 사양은 연관된 구성품과 인터페이스의 종류 및 내용, 허용기준, 간략한 검증방법 등이 표현되어야 한다.

표 3. 시스템 인터페이스 사양 작성 사례

구분	사례		설명
식별번호	50		번호체계에 따라 부여
관련구성품	“측구조” ⇨ “언더프레임”		I/F가 이루어지는 대상 및 방향
I/F 종류	에너지 요소(energy)	공간적 요소(spatial)	I/F 종류 (물질, 에너지, 정보, 공간적 요소 중)
내용	측구조물은 지붕구조물과 측구조물의 하중을 언더프레임의 좌우 양측에 전달	측구조물의 하단 및 언더프레임 좌우측의 물리적 형태	구성품간 상호작용되는 기술적 내용
허용기준	<비상낙하시> -최대응력: 7.96kgf/mm ² -허용응력: 2.22kgf/mm ² <비상제동시> -최대응력: 2.22kgf/mm ² -허용응력: 2.22kgf/mm ²		시스템의 정상적인 기능 발휘를 위해 만족해야하는 기준 또는 범위값
검증종류	분석(Analysis) 및 시험(Test)	육안검사(Inspection)	시험검증이 이루어지는 형태

1) I/F : Interface

4.3 인터페이스 분석 매트릭스 활용

대형복합시스템을 개발하는 엔지니어들의 관심사안 중 하나는 사업의 내·외부적인 요인에 의해 특정 시스템 구성 요소에 대한 설계 변경이 필요할 때 여기에 관련된 모든 기술적 고려사항을 신속히 판단하는 것이다. 과거 소수의 핵심개발자에 의해 시스템이 개발될 때에는 지식과 경험, 직관 등에 의해 판단이 가능하였으나 다양한 분야를 포함하는 오늘날의 철도시스템에서는 개발자의 상황파악과 판단을 지원할 수 있는 도구의 개발이 필요하다. 시스템 인터페이스 분석 매트릭스는 이와 같은 측면에서 활용될 수 있도록 연구되었다.

① 시스템 인터페이스의 총체적 파악

매트릭스의 형태로 정리된 시스템 인터페이스는 특정 구성품을 기준으로 하여 이와 상호작용하는 모든 기술적 요소들은 구성품에 해당하는 셀의 가로·세로줄에 정리되어 있다. 이와 같은 매트릭스의 특성은 시스템의 특정 구성품에 대한 설계변경이 발생하였을 때, 또는 특정 구성품의 문제가 발생하였을 때, 개발자가 고려해야하는 기술적 요소를 쉽게 파악할 수 있도록 지원한다.

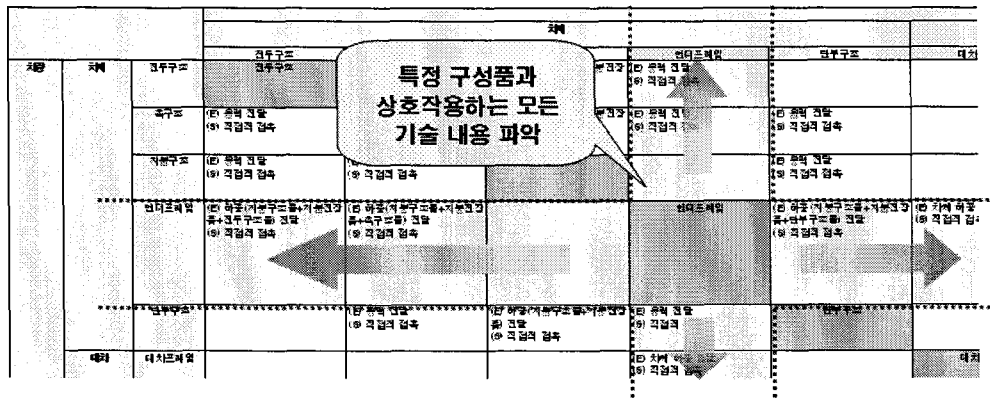


그림 6. 인터페이스 관리 매트릭스의 작성

② 구성품 간의 인터페이스 추적 검토

시스템 통합이 효과적으로 이루어지기 위해서는 구성품 간의 인터페이스 요소가 검증되어야 한다. 시스템 인터페이스 분석 매트릭스와 시스템 인터페이스 사양을 통해 시스템 통합에 참여하는 개발자는 구성품간 존재하는 기술적 내용에 대한 명확한 인식 및 검토가 가능하다. 또한 인터페이스 내용과 방향성에 대한 연쇄적인 추적이 가능하기 때문에 시스템 통합 및 시험검증에서 문제점이 발생하였을 경우 개발자가 고려해야 하는 기술적 요소에 대한 추적검토를 지원할 수 있다. 통상 개발자는 한정된 영역에 대한 전문지식과 경험을 가지고 있기 때문에 이는 시스템 통합에 있어 중요한 기능이 될 것으로 판단된다.

<사례 : 차량출입문 오작동에 관련된 인터페이스 검증>

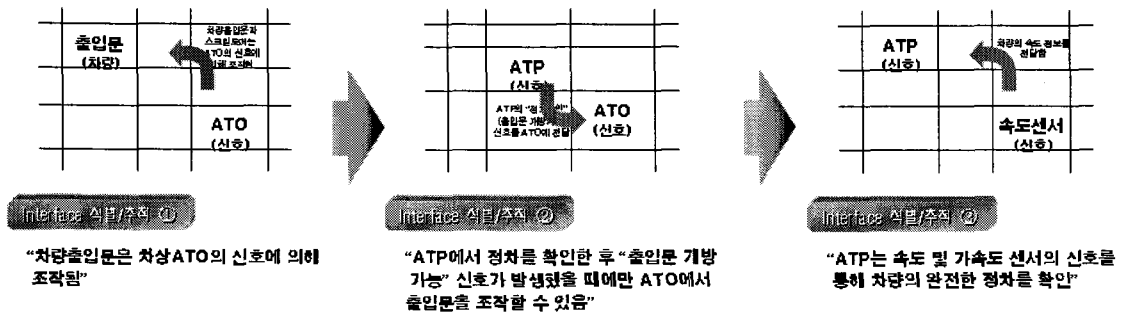


그림 7. 시스템 통합에서 발생한 문제점에 대한 시스템 인터페이스 추적 검토 사례

5. 결론

시스템 통합에서 가장 중요한 것은 각 구성품 및 서브시스템, 외부시스템 간 인터페이스의 식별과 관리, 검증활동이다. 시스템의 규모와 복잡도가 높아질수록 구성품의 수량과 인터페이스 요소가 복잡해지기 때문에 체계적인 인터페이스 관리 방법이 필요하다.

시스템 엔지니어링에서는 시스템 인터페이스의 관리를 위해 “인터페이스 통제 문서(Interface Control Document)”의 작성·활용을 권장하고 있으나 일반적인 문서의 형태만으로 정리될 경우 시스템 인터페이스의 상관관계를 체계적으로 정리하기 어렵기 때문에 매트릭스의 형태로 시스템 인터페이스를 표현하는 방안을 구상하였다.

매트릭스의 형태로 시스템을 표현하고 분석하는 기법은 N2 차트와 DSM(설계구조매트릭스) 등이 있다. 이 기법들은 시스템이나 프로세스, 조직 등의 구성에 따라 $N \times N$ 매트릭스를 구성하고 대각선을 기준으로 상·하단 영역에 관계(relation)를 기술하는 공통점을 가지고 있다.

이에 기초하여 본 연구에서는 인터페이스 분석 매트릭스를 작성하는 방안을 연구하였다. 인터페이스 분석 매트릭스(IAM)와 인터페이스 통제 문서(ICD)를 활용하여 시스템 인터페이스를 총체적으로 파악하고 구성품간 인터페이스를 추적 검토하여 시스템 통합에 활용하는 방안을 제시하였다.

6. 참고문헌

1. Buede, D.(2000), The Engineering Design of Systems, John Wiley & Sons, Inc., New York
2. Ali A. Yassine(2004), An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method, Quaderni di Management
3. Systems Engineering Handbook ver 2a(2004), INCOSE SE handbook working group
4. Interface Control Document - NASA 932 C-9B(Aircraft Operations Division) (2005), NASA
5. Interface Control Document - Multi Application Support Service System Environment (2005), SpaceBel
6. Interface Control Document - NFM-AD-01-0104 Environmental Cover Assembly (2003), SpaceBel