

## 시스템엔지니어링 기반의 스마트 안전관리 시스템설계: 작업자와 이동 장비를 중심으로

김형민<sup>\*</sup> 윤성재 홍대근 서석환  
포항공과대학교 엔지니어링대학원 (GEM)

### Design for Smart Safety Management System: from Worker and Mobile Equipment Perspectives

Hyoung Min Kim<sup>\*</sup>, Sung Jae Yoon, Dae Guen Hong, Suk-Hwan Suh  
*Graduate School of Engineering Mastership (GEM), POSTECH*

**Abstract** : Industrial safety is one of the crucial agenda for Government as well as Manufacturing Industry. To cope with the needs, a great deal of policies and technical implementation have been proposed and implemented. With a great increasing attention on the Industry 4.0 and Smart Factory, industrial safety has received as a crucial agenda by the manufacturing industry in particular. Up until now, almost all of them have been made from the environmental aspects, rather than operator or workers. In this paper, we present our research results how to increase the workers' safety via smart factory technology, such as IoT and CPS. Our approach has been to see the problem from SE perspectives, to draw the real issues from the various stakeholders, and define how to solve the problem based on the emerging technologies. The developed systems can give conceptual framework for the 'smart' industrial safety system by providing solution architecture for how to monitor the location of workers, and moving equipments, and generate solutions how to avoid safety problems between them if detected.

**Key Words** : Safety system, System engineering, System Architecture, Monitoring system, Shopfloor, Sensor network

---

\* 교신저자 : Hyoung Min Kim, [hyoungminkim@postech.ac.kr](mailto:hyoungminkim@postech.ac.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

최근 한국의 제조업혁신 3.0, 독일의 인더스트리 4.0 등 제조업의 수준을 한 단계 끌어올리고자 하는 변화의 흐름은 이미 세계적인 추세이다. 이에 따라 각 기업, 연구단체들은 앞 다투어 사물인터넷과 스마트 시스템 등을 경쟁적으로 연구 개발하여 선보이고 있다. 산업안전공단의 ‘산업 재해 분석 통계 자료’에 따르면 산업 재해에 대한 사고 발생률은 계속적으로 감소하는 추세이지만, 감소율이 매우 적고 제조업의 경우 타 분야에 비해 산업 재해에 의한 사고 발생률이 높은 편이다(산업안전공단, 2007).[1] 2012년도 산업재해보상보험법 적용사업장 1,825,296 개소에 종사하는 근로자 15,548,423명 중에서 4일 이상 요양을 요하는 재해자가 92,256명이 발생(사망 1,864명, 부상 83,349명, 업무상질병 이환자 6,742명)하였고 사망재해자 1,864명중 업무상사고 사망자수는 1,134명, 업무상질병 사망자수는 730명으로 나타났다.[2]

특히 우리 사회가 점차 선진화되어 가면서 친환경적이면서 보다 나은 근로환경 조성에 관심이 높아지고 있으며, 이와 관련된 센서 기술을 활용한 작업장 환경 모니터링에 관련된 연구가 활발한 사항이다. 그러나 지금까지의 연구는 작업장의 환경 모니터링에 집중화 된 경향을 보이고 있으며, 작업자를 대상으로 한 모니터링 시스템은 부족한 상황이다.[3]

‘산업 재해 현황 분석 자료’에서 볼 수 있듯이 재해자 및 사망자의 절반 이상이 업무상 사고로 인해 발생하였다. 이와 같이 최근 산업 현장에서 대형사고가 잇따르면서 안전한 일터에 대한 불안감이 높아지고 있다. 특히 시설이 열악한 영세기업의 경우 노후화된 설비와 안전 불감증이 원인으로 지목되면서 근본적인 대책마련이 시급한 실정이다. 이렇듯 사업장내 안전관리체계는 형식적으로 운영되거나 제도적으로 미흡하여 실질적으로 작동하기 어렵고, 근로자를 단순히 안전보건 보호 대상으로 인식하여 작업장에서 유해위험요인 발굴에 대한 시스템은 미

흡한 상태다.

본 연구팀은 작업자와 이동장비의 위치를 모니터링하고 작업자와 이동장비 또는 이동장비와 설비간의 충돌 등 위험 인자 발생 시 즉각적으로 위치변경 명령을 하달하여 안전사고를 예방하기 위한 시나리오를 제안한다. 또한, 제안된 해당 시스템은 시스템 엔지니어링 프로세스를 적용하여 스마트 안전관리 시스템을 보다 효과적이고 효율적으로 정의하고 추적, 관리할 수 있게 해준다.[4]

이를 위해 본 논문은 다음과 같이 구성한다. 2장에서는 대상시스템 및 시스템 엔지니어링에 대한 기본 개념과 간략한 소개를 바탕으로 진행할 연구의 이해를 돕는다. 3장에서는 시스템엔지니어링 기술 프로세스인 ISO/IEC 15288의 주요 프로세스를 기술하고 스마트 안전관리 시스템에 대한 사례연구를 수행한다. 4장에서는 결론 및 추후 연구 진행 방향을 제시한다.

## 2. 문헌연구

### 2.1 스마트 팩토리 환경 구축

가상 물리 시스템(CPS : Cyber Physical System), 사물 인터넷(IoT : Internet of Things), 클라우드 기술 등 스마트 팩토리 환경 구축을 위한 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 스마트 팩토리 환경 구축에 있어 중요한 부분인 IoT 서비스 플랫폼은 네트워크를 이용하여 사물과 사물, 사람과 사물 사이를 연결하여 데이터를 취득, 이용하는 방법을 제공한다.[5]

스마트 팩토리 환경의 구축은 정보 통신 기술(ICT : Information & Communication Technology)과 기계 산업의 융합을 통하여 생산제조업의 완전 자동화를 이루는 것이다. 특히 최적화된 제조 플랫폼인 사이버 물리 시스템 구축을 통해 설비와 작업자, 작업자와 인터넷, 인터넷과 설비 간의 양방향 정보교환 및 상호작업 수행이 활발해질 것으로 예상된다.

스마트 팩토리 환경과 같은 고도화된 지능형 시

스택이 구현되고 적용된 실 사례는 많지 않다. 그러나 다양한 분야의 산업에서 스마트 팩토리 구축을 시도하고 있고 효과를 누리고 있다. 철강 산업에 스마트 팩토리 인프라를 구축한 사례의 경우 앞서 언급한 빅데이터(Big Data), 사물 인터넷, 클라우드(Cloud), 가상 물리 시스템 등 IT 기술과 공장 생산 작업 기술과 융합하여 생산성 품질, 에너지 관리, 안전관리, 환경관리 문제를 효율적으로 관리한다[6]. 그러나 본 연구에서는 스마트 팩토리 인프라 구축으로 지능화된 기계들의 돌발행동에 따른 작업자의 안전문제를 해결함으로써 작업환경 및 안전 문제를 대응하는 연구를 진행한다.

## 2.2 안전 관리 시스템

작업현장 내 발생 가능한 위험 사항에 대비하여 작업자를 보호할 수 있는 수단이 필요하다. 특히, 다양한 설비가 존재하는 생산현장에서는 작업자와 설비들의 충돌사고가 빈번히 발생하여 최근에는 다양한 제조환경 현장에서 작업자의 안전관리를 체계화하여 관리하려는 추세다[7].

다양한 산업현장에서는 작업자 안전관리에 대한 체계적인 시스템 필요성을 인식하고 작업자를 보호하기 위해서 작업자 위치인식 시스템, 작업자와 설비간의 거리센서를 이용한 모니터링 시스템 등 작업자 안전 관리 시스템 연구가 활발히 진행 중이다[7][8].

IT기술이 발전함에 따라 작업자의 위치 정보를 확보하기 위한 다양한 기술들이 개발되고 있다. 특히 위치추적기술, 통신기술, 유비쿼터스 기술들이 향상되면서 다양한 산업현장에 적용되고 있다.

주로 센서를 이용한 안전관리 시스템은 위치추적 기술이 많이 사용되고 있으며 주요 기술은 GPS(Global Positioning System), RFID(Radio Frequency Identification), UWB(Ultra WideBand) 등이 있다. 최근에는 WLAN(Wireless local area network) 과 IMU(Inertial Measurement Units) 센서를 이용하여 실내 작업자의 위치추적 혹은 기존 위치추적 기술의 정확성을 높이려는 연구 또한 진행되고 있

다[9].

그리하여 본 논문에서는 현재 작업자 안전관리를 위해서 가장 활발히 연구가 진행 중인 위치추적 기술을 이용한 안전관리 시스템 설계를 진행할 예정이다.

## 2.3 시스템 엔지니어링 방법론

ISO/IEC 15288은 인위적 시스템을 시스템 생명주기 관점에서 이해관계자들 의사소통을 원활하게 하기 위한 일련의 프로세스를 제공하는 시스템 엔지니어링에 있어 범용적인 국제 표준이다. 또한, 인공적인 시스템에서 제품, 서비스까지 전 분야에 걸쳐 그 효용성을 보여주고 있다.

ISO/IEC 15288 표준에서는 시스템 생명주기와 관련하여 시스템 엔지니어링 수행을 위해 4개의 프로세스 그룹을 제시하고 있는데, 이는 합의 프로세스, 프로젝트 프로세스, 기술 프로세스, 조직의 프로젝트 지원 프로세스이다. 본 논문에서는 4개의 프로세스 중에서 기술 프로세스 그룹에 중점을 맞춰 연구를 수행하였으며, 해당 프로세스는 이해관계자 요구사항의 정의, 요구사항 분석, 아키텍처 설계, 구현, 통합, 검증, 전환, 확인, 운용, 유지보수, 용도폐기의 과정을 거친다[10].

본 논문에서 준용한 ISO/IEC 15288 표준은 대상시스템과 상호작용하는 외부시스템들을 식별함으로써 대상시스템 개발 초기에 초점을 두고 사전에 문제를 예방할 수 있도록 설계를 진행한다. 안전관리시스템 개발 초기 단계에서 시스템 엔지니어링 기술 프로세스를 적용하여 개발 후반부 설계변경을 줄임으로써 비용 및 일정 단축효과를 기대해본다.

## 3. 사례 연구

### 3.1 대상시스템

세월호 사건 이후 전 국민적인 관심이 쏠릴 정도로 안전관리 시스템에 대한 필요성이 대두되고 있다. 기술 및 고객의 요구사항이 복잡, 다양해짐으로써 기존의 인력을 투입하여 관리, 감시하던 안전관

리 시스템에서 보다 효율적이고 안정적인 시스템으로의 변화가 필요해졌다. 본 논문에서는 이런 상황에 맞춰 대상시스템을 스마트 안전관리 시스템으로 선정하였다.

### 3.2 이해관계자 식별

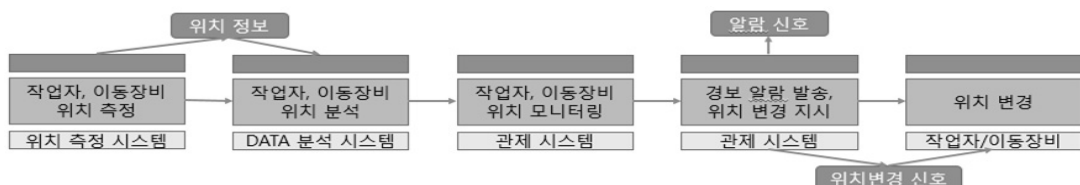
본 절에서는 대상 시스템에 대한 이해관계자 식별에 대한 사례 연구 결과를 보여준다. 시스템 생명주기에 맞춰 정확한 이해관계자를 식별하여 요구사항을 추출하는 것이 중요하다. 이해관계자 식별은 사전 제조업 현장 방문 인터뷰 내용을 토대로 3명의 팀원이 역할 분담(SE 전공자, 적용 업체 운영진, 적용 업체 실무진)을 통해 수행하였다. 이해관계자를 이해관계자 식별 결과 설계업체(외주), 정비팀, 안전팀, 생산팀, 보안팀이 식별되었다. Figure 1은 식별된 이해관계자를 나타내며, 각 이해관계자의 설명 또는 역할을 기재하였다.

### 3.3 이해관계자 요구사항 추출

본 절에서는 식별된 이해관계자를 통해 추출된 요구사항의 연구 결과를 보여준다. 이해관계자를 통

System Life Cycle	Stakeholders	Description
설계 및 설치	설계업체(외주)	계약에 따라 안전 시스템의 설계를 수행하는 업체
	정비팀	생산설비 및 안전 시스템에 대한 정비를 담당하는 부서
	안전팀	회사의 안전업무를 수행하는 부서로서 안전 시스템을 운영할 부서
	생산팀	회사의 제품생산에 담당하는 부서
O&M	생산팀	구축된 안전시스템을 토대로 생산 설비 운용
	정비팀	구축된 안전 시스템을 유지/보수
	안전팀	구축된 안전 시스템을 토대로 작업자의 안전 확보
	보안팀	구축된 안전 시스템의 보안을 담당하는 부서

[Figure 1] Stakeholder extraction result



[Figure 3] Operation concept of Smart Safety Management System

No.	이해관계자	요구사항 명칭	세부 내용
StR. 1	안전팀	위치정보 수신	Smart safety system은 위치정보를 실시간으로 수신할 수 있어야 한다.
StR. 2	설계팀	위치정보 정확도	Smart safety system은 정확한 위치정보를 분석할 수 있어야 한다.
StR. 3		신호 송/수신	Smart safety system은 이상 상황 발생 시 장비의 작업을 제어 해야 한다.
StR. 4	운영팀	경고알림	Smart safety system은 경고알림을 정확하게 보내줘야 한다.
StR. 5		데이터 저장	Smart safety system은 Data를 일정기간 저장할 수 있어야 한다.
StR. 6	정비팀	모니터링 정보 수신	Smart safety system은 모니터링 정보를 수신할 수 있어야 한다.
StR. 7	보안팀	시스템 보안	Smart safety system은 외부로부터 정보보안이 철저해야 한다.

[Figure 2] Stakeholder requirement extraction result

해 추출할 수 있는 요구사항의 종류로는 대상 시스템이 만족해야 하는 기능에 해당하는 기능적 요구사항과 시스템의 물리적 특성에 해당하는 비기능적 요구사항으로 구분해 볼 수 있다. 이해 관계자 요구사항 추출을 본 연구팀에서는 요구사항 도출을 위한 SE 전문가 1인, 시스템 도입을 하고자 하는 업체 관계자 1인으로 역할 분담을 통해 수행하였고, 그 결과 7개의 요구사항이 추출되었다. Figure 2는 추출된 요구사항의 결과를 보여준다.

### 3.4 시나리오 작성

본 절에서는 추출된 이해관계자 요구사항을 바탕으로 이해관계자가 요구하는 시스템 운용개념(Concept of Operation : CONOPs)을 정의한다. Figure 3은 스마트안전관리 시스템의 운용개념을 나타낸다.

### 3.5 효과성 척도 수립

본 절에서는 대상 시스템에 대해 이해관계자의 만족여부를 판단하는 기준인 효과성 척도(Measures of Effectiveness : MOEs)를 수립했으며, Figure 4는 그 결과를 보여준다.

구분	효과성 척도	제한치	목표값	비고
위치 측정	작업자/이동장비 위치 정보 정확도	99.9%	99.9%	
위치 측정	위치정보 수집 시간(주기)	0.09초	0.09초	
좌표 분석	좌표 분석 소요 시간	0.1초	0.1초	
알람 발송	이상징후 경고 알람 정보 전송률	99.9%	99.9%	

[Figure 4] Measures of Effectiveness

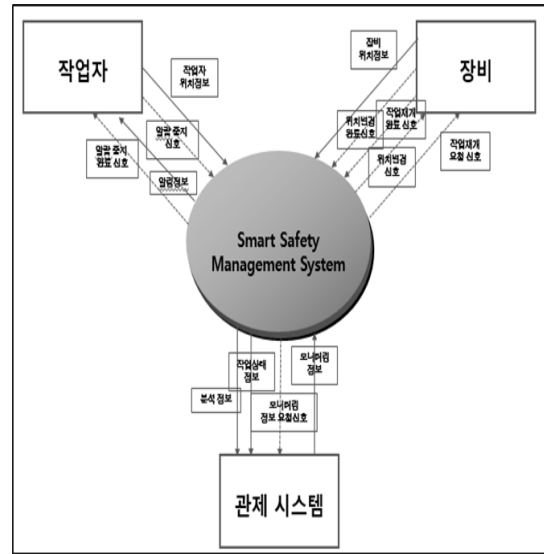
### 3.6 이해관계자 요구사항 분석 및 수정

본 절에서는 이해관계자 요구사항이 제대로 작성되었는지 분석하고 이를 수정한다. 이를 위해서 INCOSE SE Handbook에서 제시하고 있는 요구사항 평가 기준을 통해 분석 및 수정하였다. [10]

- 필요성(Necessary): 해당 요구사항은 필요한 요구사항인가?
- 구현 독립성(Implementation Independent): 해당 요구사항은 사용되는 재료 또는 개발 방법 등과 같이 해결 방법에 대해서 언급하고 있는가?
- 명확성 및 간결성(Clear and Concise): 해당 요구사항은 요구사항에 사용된 단어 또는 용어에 대한 분석 없이 현 상태에서 이해 가능하도록 명확하고 간결하게 작성되어 있는가?
- 완전성(Complete): 해당 요구사항은 해당 시스템 계층에 적합하고, 측정 가능하고, 구현에 필수적인 정보들을 모두 언급하고 있는가?
- 일관성(Consistent): 해당 요구사항은 관련 정부/산업 표준 및 기존 시스템과의 일관성 측면에서 일관성을 유지하고 있는가?
- 구현 가능성(Achievable): 해당 요구사항은 기술적으로 또는 사업적으로 구현 가능한가?
- 추적성(Traceable): 해당 요구사항은 상위 레벨 요구사항이 무엇이었는지 추적 가능한가?
- 검증가능성(Verifiable): 해당 요구사항은 in-spection, analysis, test, demonstration 등을 통해서 검증 가능한가?

### 3.7 외부 시스템 인터페이스 식별

본 절에서는 대상 시스템과 상호 작용하는 외부



[Figure 5] External Interface

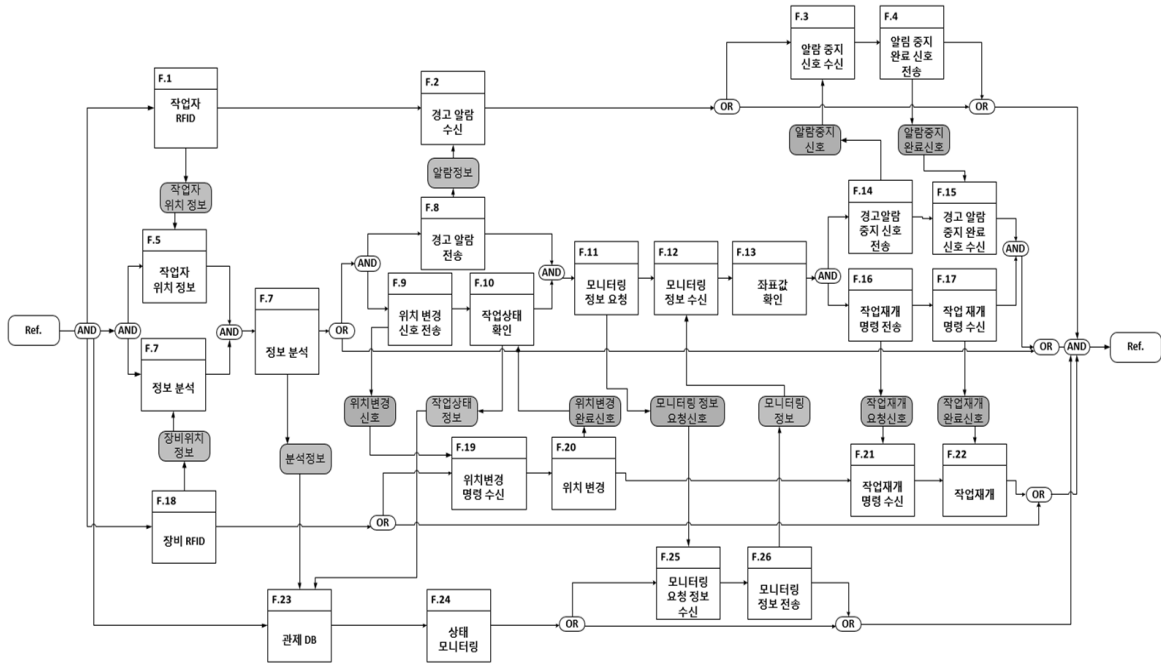
	기술적 설계 변수												
	작업자/이동장비 위치 측정	위치 정보 분석	유니타링	작업자 위치정보	작업장 위치정보	작업장 요구정보	작업장 위치정보	작업장 위치정보	작업장 위치정보	작업장 위치정보	작업장 위치정보	작업장 위치정보	작업장 위치정보
이해관계자 요구사항													
Smart safety system은 위치정보를 실시간으로 수집할 수 있어야 한다.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Smart safety system은 동작할 위치정보를 분석할 수 있어야 한다.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Smart safety system은 이상 상황 발생 시 장비의 위치를 경고 해야 한다.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Smart safety system은 경고상황을 정확하게 보내 주어야 한다.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Smart safety system은 Data를 실시간 저장할 수 있어야 한다.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Smart safety system은 모니터링 정보를 수신할 수 있어야 한다.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Smart safety system은 외부로부터 정보보안 위협을 방지해야 한다.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
목표 수치 (MDP)	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초	0.01초

[Figure 6] Conversion into technical requirements by QFD method

시스템들을 식별하였으며, 외부 시스템과 대상 시스템 간의 정보 및 신호 교류를 파악하였다. Figure 5는 DFD(Data Flow Diagram)을 통해 작성된 결과를 보여준다.

### 3.8 이해관계자 요구사항을 시스템 요구사항으로 변환

본 절에서는 이해관계자 요구사항을 시스템 요구사항으로 변환하였다. 이를 위해서 본 사례 연구에서는 수행 방법으로 QFD(Quality Function Deployment)를 채택하여 진행하였으며, 그 결과 27개의 시스템 요구사항이 도출되었다. Figure 6은 그 결과를 보여준다.



[Figure 7] Logical solution of Smart Safety Management System

3.9 시스템 수준의 논리적 솔루션 작성

본 절에서는 스마트안전관리 시스템의 시스템 수준의 논리 솔루션을 작성하였다. 이를 위해서 eFFBD (enhanced Functional Flow Block Diagram)로 작성하였으며, Figure 7은 그 결과를 보여준다.

3.10 논리적 솔루션, 물리적 솔루션과 요구사항 간 추적성 확인

본 절에서는 작성된 논리적 솔루션과 물리적 솔루션 그리고 시스템 요구사항 간의 추적성을 확인하였으며, Figure 8은 그 3상 평형의 결과를 보여준다.

3.11 시스템 요구사항 분해

본 절에서는 시스템 요구사항을 컴포넌트 수준 즉, 하위 시스템 수준으로 분해하는 작업을 수행하였다. 이를 통해 63개의 컴포넌트 요구사항이 도출되었으며, Figure 9는 수행 결과의 예를 보여준다.

3.12 논리적 솔루션 분해

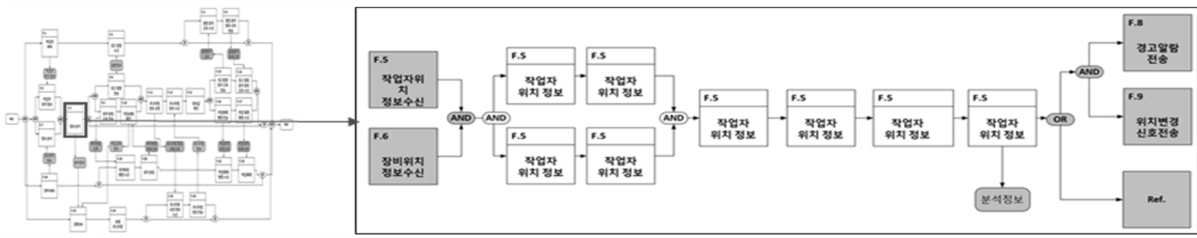
본 절에서는 논리적 솔루션에서 작성된 기능들을 하위 시스템 수준으로 분해하는 작업을 수행하였다.

No.	요구사항명칭	세부내용	기능/비기능	Func	
SyR.1	작업자 위치 정보 수신	Smart safety system은 작업자 위치 정보를 0.1초 이내로 수신해야 한다.	기능	F.5	
SyR.2	장비 위치 정보 수신	Smart safety system은 장비 위치 정보를 0.1초 이내로 수신해야 한다.	기능	F.6	
SyR.3	작업자 및 장비의 위치 정보 분석	Smart safety system은 작업자위치정보와 장비위치정보를 99.9% 이상의 분석 성공률로 분석해야 한다.	기능	F.7	
SyR.4	작업자 경고 알람 전송	Smart safety system은 작업자에게 0.1초 이내로 경고 알람을 전송해야 한다.	기능	F.8	
SyR.5	위치 변경 신호 전송	Smart safety system은 변경된 위치정보를 0.1초 이내로 장비에 전송해야 한다.	기능	F.9	
SyR.6	작업상태 확인 완료	Smart safety system은 장비의 작업상태를 0.1초 이내로 확인해야 한다.	기능	F.10	
SyR.7	최표모니터링 정보 요청	Smart safety system은 최표모니터링정보 요청신호를 0.1초 이내로 전송해야 한다.	기능	F.11	
....					
SyR.14	모니터링 정보 수신완료	Smart safety system은 모니터링 정보 수신 시 정보에 액세스하기 위한 관리자 권한이 있어야 한다.	비기능	DFD 부합	
SyR.15	모니터링 정보 수신방법	Smart safety system은 관제시스템에서 발생한 정보가 수신기에 의해 캡처되었는지 확인할 수 있어야 한다.	비기능		
SyR.16	위치정보 수신용량	Smart safety system은 작업자와 장비의 위치데이터를 6개월 이상 보존할 수 있어야 한다.	비기능		
SyR.17	양방향 위치정보수신능력	Smart safety system은 작업자위치와 장비위치정보를 동시에 수신할 수 있어야 한다.	비기능		
SyR.18	최표정보표시방법	Smart safety system은 수신된 작업자의 위치최표와 장비위치최표를 구분할 수 있도록 서로 다른 표시를 해야 한다.	비기능		
SyR.19	장비작업지시방법	Smart safety system은 장비의 위치변경명령 전송 시 주파수 대역이 80211무선네트워크를 사용해야 한다.	비기능		
SyR.20	장비작업상태표시	Smart safety system은 장비작업상태정보는 GUI와 호환되어야 한다.	비기능		
....					

[Figure 8] Balance of three phases

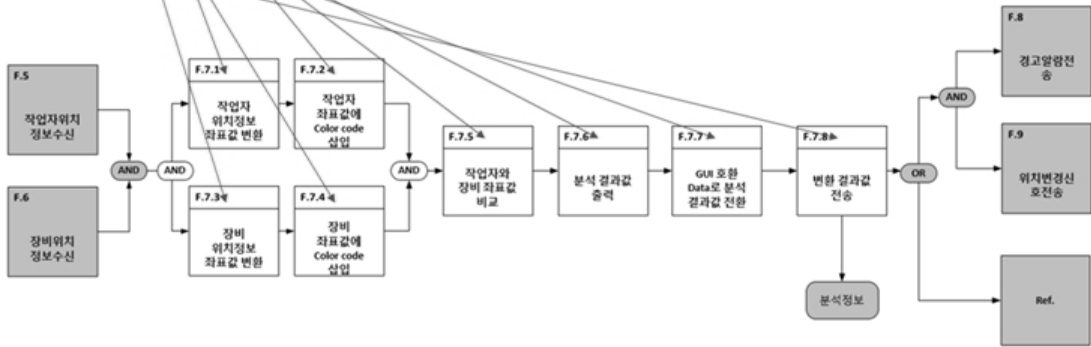
No.	요구사항명칭	No.	명칭	세부내용
SyR.1	작업자 위치 정보 수신	CR.1	작업자 RFID Reading	RFID Reader기는 작업자 RFID Tag를 0.1초 이내에 정보를 읽어야 한다.
		CR.2	작업자 RFID Reading Data 전송	송/수신 모듈은 Reader로 읽은 작업자 위치정보를 0.1초 이내에 전송해야 한다.
SyR.2	장비 위치 정보 수신	CR.3	장비 RFID Reading	RFID Reader기는 장비RFID Tag를 0.1초 이내에 정보를 읽어야 한다.
		CR.4	장비 RFID Reading Data 전송	송/수신 모듈은 Reader로 읽은 장비 위치정보를 0.1초 이내에 전송해야 한다.
SyR.3	RFID 설치형태	CR.5	RFID 설치 방법	RFID는 탈 부착 형태로 제작되어야 한다.
		CR.6	RFID 설치 매뉴얼	RFID는 설치 매뉴얼이 있어야 한다.
....				

[Figure 9] Component requirements extraction result



[Figure 10] Subdivision logical solution

CR.12	작업자 위치정보좌표변환방식	좌표변환 모듈은 RFID로부터 받은 작업자 위치정보를 TMVS기법을 이용하여 좌표로 변환해야 한다.
CR.13	장비 위치정보좌표 변환방식	좌표변환 모듈은 RFID로부터 받은 장비 위치정보를 TMVS기법을 이용하여 좌표로 변환해야 한다.
CR.14	작업자 좌표정보 표시방법	좌표색상 표시 모듈은 작업자 정보에 Red color code를 입력해야 한다.
CR.15	장비 좌표정보 표시방법	좌표색상 표시 모듈은 장비 정보에 Red color code를 입력해야 한다.
CR.16	작업자와 장비 좌표값 비교법	Gstream은 0.1초내에 두 좌표값을 비교해야 한다.
CR.17	비교 결과값 출력	Gstream은 비교결과값을 0.1초내에 출력해야 한다.
CR.18	분석정보 전환	Gstream은 GUI와 호환될 수 있도록 비교 결과값을 0.1초 이내에 변환해야 한다.
CR.19	변환 결과값 전송	송/수신 모듈은 변환 결과값을 0.1초 이내에 전송해야 한다.



[Figure 11] identify a traceability between subdivided system requirements and subdivided logical solution

Figure 10은 수행 결과의 예를 보여준다.

### 3.13 분해된 시스템 요구사항과 분해된 논리 솔루션 간 추적성 확인

본 절에서는 분해된 시스템 요구사항과 분해된 논리적 솔루션 간의 추적성을 확인하는 작업을 수행하였으며, Figure 11은 그 예를 보여준다.

### 3.14 요구사항간 부합성 확인

본 절에서는 이해관계자로부터 추출된 요구사항과 분해된 시스템 요구사항간의 부합성을 확인하는 작업을 수행하였다. Figure 12는 그 예를 보여준다.

No.	이해관계자	요구사항명칭	No.	명칭	세부내용
StR.1	안전팀	위치정보수신	CR.1	작업자 RFID Reading	RFID Reader기는 작업자 RFID Tag를 0.1초 이내에 정보를 읽어와야 한다.
			CR.2	작업자 RFID Reading Data 전송	송/수신 모듈은 Reader로 읽은 작업자 위치정보를 0.1초 이내에 전송해야 한다.
			CR.3	장비 RFID Reading	RFID Reader기는 장비 RFID Tag를 0.1초 이내에 정보를 읽어와야 한다.
			CR.4	장비 RFID Reading Data 전송	송/수신 모듈은 Reader로 읽은 장비 위치정보를 0.1초 이내에 전송해야 한다.
			CR.5	RFID 설치방법	RFID는 발부착 형으로 제작되어야 한다.
			CR.6	RFID 설치 매뉴얼	RFID는 설치 매뉴얼이 있어야 한다.
			...		
StR.2	설계팀	위치정보 정확도	CR.12	작업자 위치정보 좌표 변환방식	좌표변환 모듈은 RFID로부터 받은 작업자 위치정보를 TMVS기법을 이용하여 좌표로 변환해야 한다.
			CR.13	장비 위치 정보 좌표 변환 방식	좌표변환 모듈은 RFID로부터 받은 장비 위치정보를 TMVS기법을 이용하여 좌표로 변환해야 한다.
			CR.14	작업자 좌표 정보 표시방법	좌표색상 표시 모듈은 작업자 정보에 Red color code를 입력해야 한다.
			CR.15	장비 좌표 정보 표시방법	좌표색상 표시 모듈은 장비 정보에 Blue color code를 입력해야 한다.
			CR.16	작업자와 장비 좌표 값 비교법	Gstream은 0.1초 내에 두 좌표 값을 비교해야 한다.
			...		

[Figure 12] Identify conformance among requirements

#### 4. 결 론

본 논문에서는 생산 현장에서 발생할 수 있는 안전사고 방지를 위해 IoT 기술을 기반으로 하여 작업자와 이동 장비의 위치 파악을 통한 스마트 안전관리 시스템의 기본 설계를 수행하였다. 스마트 안전관리 시스템은 작업자와 이동 장비의 위치 데이터를 실시간 획득함으로써 위험 상황을 신속히 인지하여 알람 및 위치 변경 신호를 전송하여 안전사고를 방지하는 것을 목적으로 수행하였다. 이를 위해 시스템 엔지니어링 기술 프로세스인 ISO/IEC 15288을 기반으로 이해관계자 식별, 요구사항 추출, 논리적 솔루션 작성, 시스템 요구사항 추출, 시스템 요구사항, 논리적 솔루션 분해 등의 작업을 통해 보다 현실적으로 작업환경에서 적용할 수 있는 작업자와 설비간의 안전관리 시스템 기본설계를 수행하였다.

본 논문은 스마트 안전관리 시스템을 이용자 운영 관점에서 기본 설계를 수행하였기에 센서를 통해 장비와 작업자에서 획득되는 데이터에 대한 데이터 모델과 해당하는 적합한 센서 기술에 대한 구체적인 명시를 하지 않았다. 따라서 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 본 연구는 작업자와 이동 장비의 위치를 파악하여 안전사고를 방지하는데 그 목적을 두고 있었다. 하지만, 제조 환경에서 중심이 되는 두 가지 요소를 추적, 관리했다는 점에 있어서는 향후 생산 인력 및 장비 자산의 추적관리를 통해 생산성 향상 및 원가 절감의 측면에서의 연구도 가능할 것으로 판단된다.

#### 후기

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행된 연구임. (2015년 엔지니어링 전문대학원 지원사업, 과제번호 : H2001-13-1001)

#### References

1. KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY, 'Analysis statistics of industrial disaster', 2007.
2. Ministry of Employment and Labor, 'Analysis of current industrial disaster situation' 자료, 2013.
3. Jung-min Yoon, Sung-yong An, Han-woong Kim, Bum Park, "Research of Guideline for the intelligent safety monitoring system using USN and biological signal at the workspace", Journal of the Ergonomics Society of Korea, pp.82-86, 2010.
4. Yo-Chul Choi, Yun-Ok Cho, "A Study on the Application System of the Systems Engineering for the Railway Total Safety Project", THE KOREAN SOCIETY FOR RAILWAY, Vol.9 No.4, pp.487-492, 2006.
5. Jae-ho Kim, Jae-seok Yoon, Sung-chan Choi, Min-woo Ryu, "Development trends and the development direction of IoT platform", The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.30 No.8, pp.29-39, 2013.
6. Joung-Han Lee, Ki-Young Ban, Kung-Hyup Kim, Sung-Koo Na, "Study on the Infra-structure applying the Concept of the Smart Plant in the Steel Industry", THE INSTITUTE OF ELECTRONICS ENGINEERS OF KOREA, pp.886-889, 2015.
7. So-yeon Min, Kwang-hyung Lee, Seung-jae Jang, Geun-wang Lee, "Design and Implementation of Workspace Safety Management System based on RFID using Variable Radio Wave Oscillation", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.12 No.8, pp.3660-3669, 2011.



8. Moon-hyung Seol, Yong-gu Jang, Myung-chan Son, In-joon Kang, "A Study on Accuracy Analysis and Application of Position Tracking Technique for Worker Safety Management in Underground Space Construction Field", Journal of the Korean Geoenvironmental Society, Vol.14 No.8, pp.45-51, 2013.
9. Chang-bum An, "Trend of research in safety management of construction workers using sensing technology and vision technology", Vol.15 No.2, 2014.
10. INCOSE Systems Engineering Handbook Ver.3.2.2 INCOSE-TP-2003-002-03.2.2, October 2011. Korean Geoenvironmental Society, Vol.14 No.8, pp.45-51, 2013.