

# 차세대 USN기반의 스마트 플랜트안전 프레임워크 개발

論 文

9-3-4

## SPSF : Smart Plant Safety Framework based on Reliable-Secure USN

정 지 은\*, 송 병 훈\*, 이 형 수\*

Ji-Eun Jung, Byung-Hun Song, and Hyung-Su Lee

### Abstract

Recently process industries from oil and gas procedures and mining companies to manufactures of chemicals, foods, and beverages has been exploring the USN (Ubiquitous Sensor Networks) technology to improve safety of production processes. However, to apply the USN technology in the large-scale plant industry, reliability and security issues are not fully addressed yet, and the absence of the industrial sensor networking standard causes a compatibility problem with legacy equipment and systems. Although this situation, process industry such as energy plants are looking for the secure wireless plant solution to provide detailed, accurate safety monitoring from previously hard-reach, unaccordable area. In this paper, SPSF (Smart Plant Safety Framework based on Reliable-Secure USN) is suggested to fulfill the requirements of high-risk industrial environments for highly secure, reliable data collection and plant monitoring that is resistant to interference. The SPSF consists of three main layers: 1) Smart Safety Sensing Layer, 2) Smart Safety Network Layers, 3) Plant Network System Layer.

**Keywords** : ISA100, Reliable Wireless Network, Energy Plant, Plant Safety, USN

### I. 서 론

최근 산업용 IT 및 네트워크 시장 관련 발표에 따르면, 자동차 및 우주 항공 분야와 같은 산업뿐만 아니라 광범위한 공장라인과 시스템 라인 설비를 갖춘 화학 오일, 가스, 정유, 전력, 금속 등의 프로세스 설비 분야에서까지 산업용 무선 시스템이 큰 폭의 성장세를 보일 예정이다[1]. 특히나 국내 플랜트 산업은 원전, 방위, 항공 산업과 함께 2010년 신수출 전략 부분으로 선정되었으며, 원자력 발전소 건설사업 등 건설 부분의 수주액만 200억 달러로, 초대형 유조선 180척을 수출하는 금액과 맞먹는 시장 규모를 보이고 있다[2].

하지만 플랜트 시장에서 플랜트IT 분야를 포함

한 주요 핵심 기술은 여전히 선진국에 크게 의존하고 있으며, 실제 외화 획득률은 약 30%로 현저히 떨어진다. 또한 국내에서 시장 점유율이 가장 높은 오일, 가스, 원전 플랜트에서의 플랜트IT용 제어 및 관리 원천 기술은 ABB, 지멘스 등과 같은 수입 기술에 크게 의존하고 있어 핵심 플랜트 IT 기술의 국산화가 시급한 현실이다[3].

그러나 현재 대규모 플랜트와 같은 난환경 산업 현장에 적용하는데 있어서 USN 기술은 신뢰성 및 상호 연동성 등에 취약한 어려움이 있다. 다시 말해, 산업 현장에 무선 통신 기술을 적용함에 있어 표준화된 기술이 부재하여 사용되는 USN 관련 장치 및 프로토콜 간에 상호 호환성이 저하되며, 기존 설비와의 연동이 저하되어 플랜트 산업 현장에서 설치 규제가 심한 상태이다.

이를 위해 기존의 플랜트 통신 표준인 HART, SCADA에 최신 무선 기술을 추가함으로써 WirelessHART, ISA100 와 같은 새로운 산업 무

접수일자 : 2010년 07월 24일

최종완료 : 2010년 09월 14일

\*전자부품연구원

교신저자, e-mail : [hslee@keti.re.kr](mailto:hslee@keti.re.kr)

선 통신 표준으로 확장시켜 나가고 있다. 이들은 산업 설비 분야에서의 주요 요구사항인 무선 통신의 신뢰성을 보장하기 위하여, 패킷 당 주파수 호핑(frequency hopping)을 사용하며, 노드간의 통신은 TDMA(Time Division Multiple Access)를 사용하는 방식을 채택하였다. 또한 풀 메쉬 네트워크(Full Mesh Network) 토폴로지를 제공하여 무선 통신의 안정성을 높이도록 하였다[4-5].

따라서 본 연구팀은 현재 USN기반 플랜트 안전 연구의 일환으로써 최신 산업용 무선 통신 표준에 초점을 맞춘 스마트 플랜트 안전 프레임워크(SPSF: Smart Plant Safety Framework based on Reliable-Secure USN)를 제안한다.

제안하는 SPSF는 대규모 에너지 플랜트와 같은 고위험 시설물을 위한 안전 인프라를 구축을 목적으로 하며, 센서 모듈로부터 시설물들의 상태 정보를 취득하여 산업용 네트워크 망을 통해 정보를 전달하고, 이로 인해 예상되는 플랜트 안전 사고 문제를 사전에 예상 및 진단할 수 있는 통합 플랜트 안전 프레임워크를 제공하는 것을 최종 목표로 한다.

본 논문은 2장에서 관련 국외 업체들의 기술 개발 현황을 소개하고, 3장에서 SPSF의 전체 아키텍처에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 SPSF를 구성하는 세부 기술들을 설명하고, 마지막으로 5장에서 향후 연구 진행 계획과 플랜트 현장 적용 방안을 제시하며 마치도록 한다.

## II. 관련 연구

산업 무선 통신 규정인 ISA100이 제정됨에 따라 상용화된 산업용 무선 솔루션들이 가속화되어 시장을 형성하고 있다. 현재 산업용 설비 안전 관리 및 자동 제어 솔루션 개발에 앞서나가는 대표적인 국외 업체들의 기술 개발 현황은 아래와 같다.

산업 무선 통신 솔루션을 제공하는 대표적인 업체인 Honeywell은 OneWireless Solution이라는 무선 통신 기반의 다양한 플랜트 안전 관리 제품들을 제작하여 수년전부터 상용화하였으며, 최근에는 WirelessHART, ISA 100과 같은 무선 통신 표준을 해당 솔루션에 함께 적용하기 시작하였다[6].

Yokogawa Corp.은 프로세스 제어용 무선 통신

규격인 ISA100.11a 승인을 계기로 플랜트 공정 자동화 분야에서 현재 중복하여 존재하는 무선통신방식을 표준화 하는 것으로 필드 네트워크 무선화 채용을 진행 중이다[7].

Nivis Inc.은 센서 모듈로부터 산업용 시설물의 상태를 취득하고 이로 인해 예상되는 문제를 진단하는 기술을 보유하고 있었으며, 무선 산업용 어플리케이션의 신뢰성을 향상시킨 NISA100.11a System을 개발하여 무선 통신 기반의 산업 모니터링 및 제어에 적극 앞장서고 있다[8].

그 밖에 대표적인 플랜트 통합관리 소프트웨어 개발업체인 OSIsoft는 PI System이라는 플랜트 정보 관리 시스템을 개발하여, 플랜트의 공정관리 데이터를 수집, 저장, 추출 그리고 시각화하는 기능을 지원한다[9]. PI System은 수집된 공정 데이터 히스토리를 신속하게 분석함으로써 플랜트 내 공정 가동 효율화를 높여 국내 다수의 석유화학 및 원자력 발전소에서 사용 중이다.

따라서 국내에서도 기존의 USN 기술의 노하우에 새로운 산업용 무선 통신 표준이 가진 장점을 접목한 산업용 안전 프레임워크 개발이 필요하다. 뿐만 아니라 보다 다양한 플랜트 현장에 안전 프레임워크를 시범 적용함으로써 프레임워크 내 세부 기술들의 안정성을 향상시켜 나갈 필요가 있다.

## III. SPSF 아키텍처

SPSF는 크게 배관, 용기, 탱크 등과 같은 플랜트 주요 장비의 상태 측정하는 스마트 안전 센싱 계층(smart safety sensing layer)과, 다양한 산업

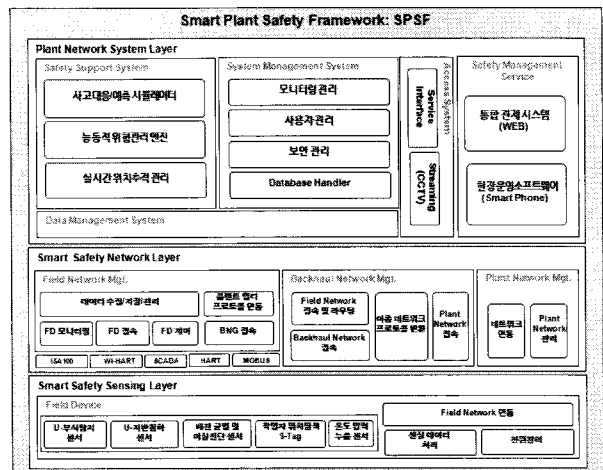


그림 1. SPSF 아키텍처

용 프로토콜로 수신된 센싱 데이터를 처리하고, 이를 고신뢰성 산업용 무선 네트워크를 통해 운영 시스템으로 전송하는 스마트 안전 네트워크 계층(smart safety network layer), 그리고 실시간으로 전송되는 플랜트 공정 상황을 모니터링하고, 센싱 데이터를 활용하여 플랜트 내외부의 위험 및 사고를 사전 진단 및 예방을 담당하는 플랜트 네트워크 시스템 계층(plant network system layer)으로 구성된다. SPSF 아키텍처의 전체 아키텍처는 그림 1과 같다.

#### IV. SPSF 구성 기술

##### 1. Smart Safety Sensing Layer

Smart Safety Sensing Layer는 기존의 온도, 압력 측정 센서뿐만 아니라 신규 안전 센서에 대한 플랜트 사업자의 요구를 반영하기 위해 2차 신규 위험 센서와 작업자 위치탐지 센서를 주요 플랜트 안전 센서로 선정하였다. 그리고 여기서 플랜트에 설치되는 다음 안전 센서들을 필드 디바이스(field device)라고 정의한다.

필드 디바이스 중에 2차 신규 위험 센서로는 지반침하를 측정하기 위한 정밀 MEMs 센서 기반의 u-침하센서, 배관 부식감지를 위한 u-부식 센서, 그리고 구조물의 균열 및 이상 상태를 평가하기 위한 PZT기반의 임피던스와 유도초음파 센서가 있으며, 작업자 위치 탐지를 위한 센서로는 RSSI기반의 S-Tag가 있다.

그리고 다음 필드 디바이스들을 통해 수집한 플랜트 상태 정보들은 데이터 보정 및 필터링 과정을 거쳐, ISA100.Smart Sensor 인터페이스를 거쳐 Smart Safety Network로 전송된다.

##### 2. Smart Safety Network Layer

Smart Safety Network Layer는 SPSF내 여러 네트워크간의 상호연동성과 신뢰성을 보장하기 위한 계층으로써, 고신뢰성·고유연성을 갖춘 플랜트용 무선 네트워크를 구축한다. 본 Network Layer는 SPSF 네트워크를 크게 필드 네트워크(field network), 백홀 네트워크(backhaul network), 그리고 플랜트 네트워크(plant network)로 나누어 정의하였으며, SPSF의 전체 네트워크 토폴로지는

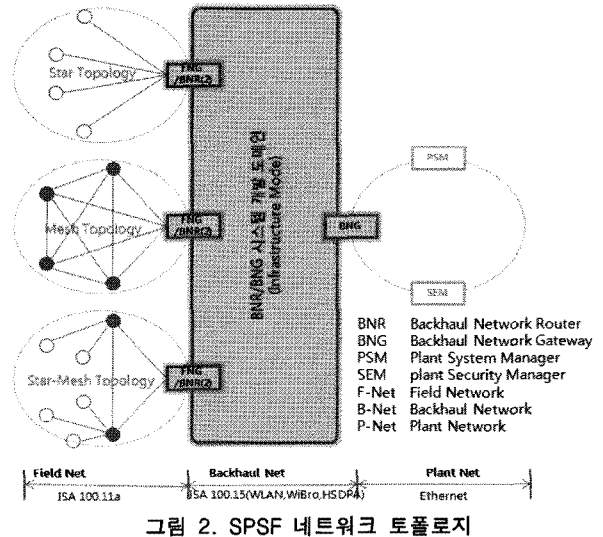


그림 2. SPSF 네트워크 토폴로지

그림 2와 같다.

필드 네트워크에서는 필드 네트워크 게이트웨이(field network gateway)가 플랜트에 설치된 다수의 필드 디바이스들로부터 데이터를 수집하고 이를 전송한다. 그리고 필드 디바이스의 접속 상태를 지속적으로 모니터링하여 데이터 전송의 신뢰도를 높이며, 필요시 센서의 동작을 제어한다. 또한 Modbus, HART 등의 다양한 산업용 프로토콜과의 상호 연동성을 보장하기 위하여, 멀티 프로토콜을 파싱하고 이를 변환하는 기능을 지원한다.

백홀 네트워크는 필드 네트워크와 플랜트 내부 네트워크를 연결하기 위한 일종의 중계 네트워크로써, 백홀 네트워크 게이트웨이 또는 백홀 네트워크 라우터(backhaul network gateway or backhaul network router)와 같은 중계 네트워크 장치를 통해 필드 네트워크와 플랜트 네트워크와 같은 서로 상이한 네트워크를 연결한다. 그리고 이와 같은 이종 네트워크 프로토콜 변환을 위해 네트워크 관리 명령어 및 이종 프로토콜 변환 서비스를 제공한다[10].

마지막으로 플랜트 네트워크는 플랜트 통합 관리하는 플랜트 네트워크 시스템(plant network system)과 연결되는 망으로, 주로 이더넷과 같은 유선망을 통해 백홀 네트워크와 연결된다.

##### 3. Plant Network System Layer

Plant Network System Layer는 SPSF에서 안전 진단을 담당하는 위험 분석 시스템(SPSF support system), 통합 관리를 담당하는 통합 관리 시스템(SPSF Mgt. system), 그리고 디스플레이를 담당하

는 안전 관리 서비스(safety Mgt. service) 그리고 데이터 관리 및 접속을 담당하는 데이터 관리 시스템(data Mgt. system)과 접속 시스템(access system)으로 구성되며, 세부 구성은 그림 3과 같다.

특히나 SPSF내 주요 위험분석 시스템인 SPSF Support System은 기존의 시뮬레이션 중심의 솔루션과 달리 실시간 센싱 데이터를 적극 활용하여 위험 상황 예측을 보다 능동적으로 처리하는 방안을 제시한다. 본 논문에서는 플랜트 안전 예측을 위해 주된 역할을 담당하는 능동적 대기 확산 모듈과 지능적 위험패턴 분석 모듈을 소개하고자 한다.

우선 그림 4를 보면, 능동적 대기확산 모듈은 기존의 대기확산 모델과 달리 Smart Safety Sensing Layer로부터 실시간으로 취득한 온도, 압력, 레벨 데이터, 그리고 그밖에 다양한 대기 환경 데이터를 확산 모델에 접목시킴으로써 사고 발생시 예측되는 피해 범위를 능동적으로 파악 할 수 있다. 능동적 대기확산 모듈은 고정 임계값 또는 평균값을 입력하여 인위적인 값을 산정하는 기존의 방식과 달리, 현장 데이터를 활용하여 사고 발생시 예측되는 피해 범위를 정확하게 도출 할 수 있다. 그리고 다음 예측 결과를 GIS(Geographic Information System)에 도식하는 인터페이스를 지원하여 사용자의 편의를 증대시킨다.

다음으로 지능적 위험패턴 분석 모듈은 플랜트에서 수집된 대용량의 센싱 데이터를 활용하여, 플랜트에서 발생 가능한 다양한 사고 패턴을 도출하는 역할을 한다. 그림 5를 보면, 부식 측정 센서로부터 수집한 수만 개의 전위값(mV) 샘플들이 지속적인 학습 과정을 통하여 일종의 패턴을 이루며 분류가 된다. 따라서 다음 지능형 위험 패턴 분석 모듈에 특정 전위값 데이터가 신규로 입

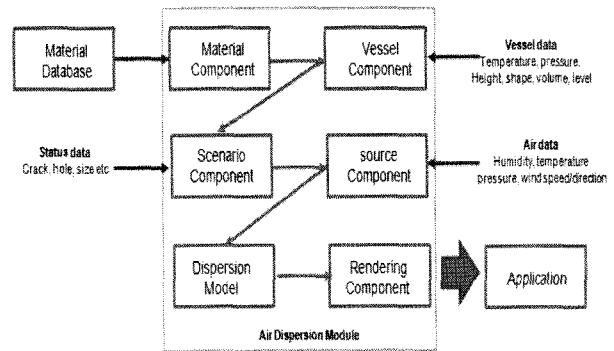


그림 4. 능동적 대기확산 모듈

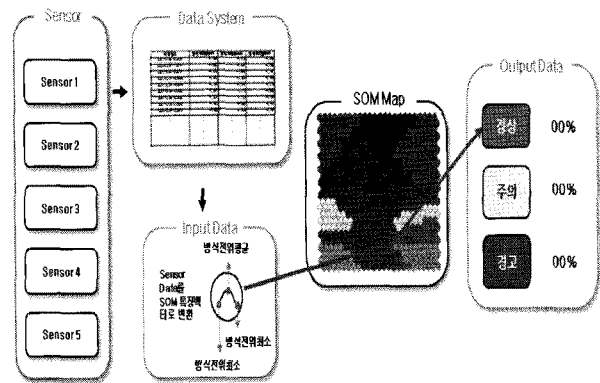


그림 5. 지능형 위험패턴 분석 모듈

력되었을 경우에는 입력 데이터 값이 정상범위인지 아닌지를 판별할 수 있다. 이는 에너지 플랜트 시설물로부터 취득한 실제 데이터를 기반으로 구축되었으므로 기존의 인공지능 기법인 퍼지로지 등보다 플랜트 설비의 설치 환경 및 시설물 상태에 대한 정확한 예측이 가능하다.

## V. 결 론

현재의 USN 기술은 신뢰성 및 보안성이 취약하여 대규모 플랜트와 같은 난환경 산업 현장에의 적용이 어려운 현실이다. 또한 표준화된 기술의 부재로 인해 사용되는 USN 관련 장치들의 상호호환이 어려우며 기존 설비와의 호환이 어려워 산업 현장에 설치 규제가 심한 상태이다. 이러한 현실에도 불구하고 에너지 플랜트와 같은 고위험 시설물의 경우 설비에 대한 지속적인 감시 및 관리가 필요하며, 이를 위한 관련 기술의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구팀은 현재 USN기반 플랜트 안전 연구의 일환으로 산업용 무선 통신 표준인 ISA100에 초점을 맞춘 스마트 플랜트안전 프레

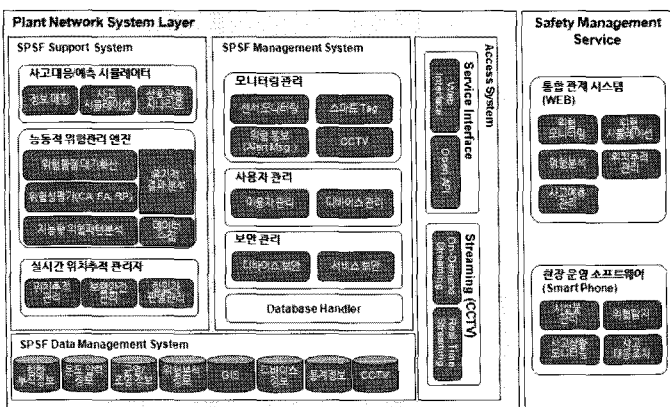


그림 3. Plant network system layer 구성

임워크(SPSF: Smart Plant Safety Framework based on Reliable-Secure USN)를 제안한다.

제안하는 SPSF는 플랜트 주요 설비의 상태 측정하는 스마트 안전 센싱 계층(smart safety sensing layer)과, 다양한 산업용 프로토콜로 수신된 센싱 데이터를 처리하고, 이를 다시 백홀 네트워크 또는 플랜트 네트워크 시스템으로 전송하는 스마트 안전 네트워크 계층(smart safety network layer), 그리고 실시간으로 플랜트 공정 상황을 관리하고, 센싱 데이터를 활용하여 플랜트 내외부의 위험 및 사고를 사전 진단 및 예방을 담당하는 플랜트 네트워크 시스템 계층(plant network system layer)으로 구성된다.

SPSF는 향후 구체화된 서비스 시나리오 모델을 구축하여 여수 플랜트 산단 내 주요 대상 시설물에 적용될 예정이며, 다양한 현장 적용 시험을 통한 세부 기술의 안정성을 확보함으로써 플랜트뿐만 아니라 선박, 터널, 도로와 같은 국가 주요 기반 시설물 관리에 활용할 예정이다.

**감사의 글**

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음.[2010-10035310]

**[ 참고 문헌 ]**

- [1] 산업 IT 및 산업용 네트워크 관련 시장 분석, <http://www.icnweb.co.kr>
- [2] 2010년 전략산업R&D사업, <http://www.mke.go.kr>
- [3] 2005년 플랜트별 시장 규모 및 시장 점유율 현황, 한국플랜트 산업협회, 2007
- [4] HART Communication Protocol and Foundation, <http://www.hartcomm.org/>
- [5] The ISA100 Standards - Overview & Status, The ISA100 Road show Presentation, (<http://www.isa.org/isa100>), October, 2008.
- [6] Honeywell's OneWireless: A Platform for Wireless Process Management, ARC White Paper, ARC Advisory Group, December 2007.
- [7] Yokogawa Corp., <http://www.yokogawa.com>
- [8] Nivis Co. Ltd., <http://www.nivis.com/>
- [9] OSISOFT, [http://www.osisoft.com/software-support/software\\_and\\_support.aspx](http://www.osisoft.com/software-support/software_and_support.aspx)
- [10] ISA100.15 Backhaul/Backbone Networks RFI, [http://www.isa.org/Content/Microsites1134/SP100\\_Wireless\\_Systems\\_for\\_Automation/Home1034/ISA100.15\\_WG15\\_RFI\\_01Oct09\\_v1.0.pdf](http://www.isa.org/Content/Microsites1134/SP100_Wireless_Systems_for_Automation/Home1034/ISA100.15_WG15_RFI_01Oct09_v1.0.pdf)

**Biography**



**정 지 은**

2007년 서강대학교 컴퓨터공학과 졸업  
 2009년 KAIST 전산학과(공학석사)  
 2009년~현재 전자부품연구원 RFID/USN 융합연구센터 연구원  
 <관심분야> 고신뢰성 USN 기술, 그린 IT, 임베디드시스템

<e-mail> [jeung@keti.re.kr](mailto:jeung@keti.re.kr)



**송 병 훈**

1998년 광운대학교 전자계산학과 졸업  
 2000년 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)  
 2004년 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)  
 2004년~현재 전자부품연구원 RFID/USN 융합연구센터 선임연구원  
 <관심분야> 건설 USN 시스템, 마이크로 에너지 하베스팅

<e-mail> [bhsong@keti.re.kr](mailto:bhsong@keti.re.kr)



**이 형 수**

1989년 한양대학교 전자공학과 졸업  
 2000년 아주대학교 컴퓨터공학과(공학석사)  
 2006년 성균관대학교 전기전자컴퓨터(공학박사)  
 1997년~현재 전자부품연구원 RFID/USN 융합 연구센터 센터장

<관심분야> 센서네트워크, RFID,

미들웨어컴퓨팅

<e-mail> [hslee@keti.re.kr](mailto:hslee@keti.re.kr)