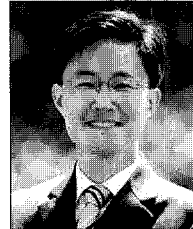
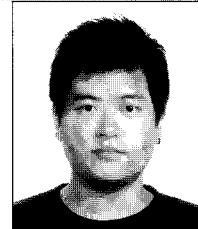


해양 구조물 분야에서의 RFID/USN 모니터링 시스템 기술

RFID/USN Monitoring System Technologies for Marine Structures



이 경 호*



한 영 수**

* 인하대학교 선박해양공학과 부교수

** 인하대학교 선박해양공학과 대학원생

1. 서론

육상 구조물뿐만 아니라 해상 구조물의 모니터링은 르네상스를 맞이하고 있다. 구조물의 상태를 자동으로 인식하여 서비스를 제공하며 그 상태에 따라 자동으로 서비스의 내용을 조절한다. 또한 음성으로 구조물의 동작을 제어하며 원하는 서비스를 선택할 수도 있는 시스템이 상용화되고 있다.

그렇다면 이러한 시스템의 근간이 되는 것은 무엇일까? 3A(Anywhere, Anybody, Anytime)로 대변되는 유비쿼터스(Ubiquitous) 개념의 모니터링이 그 해답일 것이다. 사용자가 인지하지 않아도 모니터링이 진행되며 그 기록들은 자동으로 정리되고 저장되어 사용자가 필요할 때마다 사용할 수 있다.

이러한 유비쿼터스 시대를 선도하는 것은 무선인식(RFID, Radio Frequency IDentification) 기술, 유비쿼터스 센서 네트워크(USN, Ubiquitous Sensor Network) 기술로 칭해지는 무선 정보통신 네트워크라 할 수 있다. 유비쿼터스의 핵심인 RFID/USN 기술을 해양 구조물의 모니터링/관리 시스템에도 적용하고자 하는 활동이 활발하게 진행되고 있어 여기에 그 사례와 동향, 그리고 전망을 소개하고자 한다.

2. 모니터링 시스템 동향

해양 구조물은 해양 활동에 필요한 구조물을 총칭하는

개념으로 벌크캐리어/컨테이너 운반선/자동차 운반선 등의 상선, 극지 탐사선/석유시추선 등의 특수목적 선박, 고정식 해상 플랫폼, 부유식 해상 플랫폼 등을 모두 포함한다. 왜냐하면 구조물의 구조부재가 철제로 제작되어 전파의 전달에 최악의 환경이라는 공통적인 어려움을 갖고 있고 이러한 어려움을 개선하기 위한 일련의 활동들이 진행되고 있기 때문이다.

2.1 해양 구조물의 모니터링 시스템 동향

2.1.1 해양 구조물의 구조 모니터링 시스템

육상 석유 자원의 고갈이 예견됨에 따라 에너지원을 확보하기 위한 노력으로 수심 수 km까지 탐사 및 채굴이 가능한 장비를 개발하게 되었으며 그 작업해역은 지금 이 시간에도 확장되고 있다. 이러한 장비들의 특징은 연중무휴의 운용환경 상에서 구조적인 안전을 확보해야하며 기후환경에 따른 대피가 불가능하다는 것이다. 채산성을 유지하기 위한 상시 가동으로 인해 기후환경에 대응할 수 없다는 것은 구조물의 안전에 큰 영향을 끼친다. 지난 2004년 인도네시아를 덮친 지진해일, 2001년 미국 남동부 해안을 강타한 허리케인 밀리, 2005년 허리케인 카트리나로 인한 피해는 100년 주기 하중의 구조설계 패러다임이 적용된 구조물을 등장하게 하기도 했다.

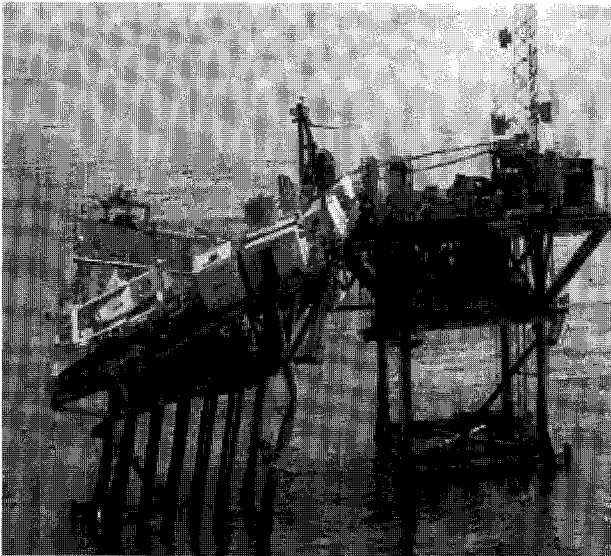


그림 1 허리케인으로 인해 파손된 해양구조물

이런 거대한 자연 재해를 견뎌내기 위해 해양 구조물의 구조안전에 대한 모니터링을 의무화하고 있지만(KR 선급 강선규칙, 제6장 선체감시장치) 현재 운항 및 운용 중인 대부분의 해양구조물은 이 규칙의 적용 이전에 건조된 것으로 모니터링이 실시되지 않거나 대부분이 육안감시와 유선 센서를 설치하여 모니터링을 진행하고 있다. 이와 같은 기존 시스템의 문제점은 모니터링의 지속성 및 신뢰성, 효율성을 보장하기 어렵다는 것이다.

2.1.2 해양 구조물의 화물 모니터링 시스템

LNG 운반선은 대표적인 위험화물 적재 해상 구조물이

다. 천연가스는 부피가 매우 크기 때문에 효율적인 운반을 위해 액화하여 운반하고 있으며, LNG(Liquid Natural Gas) 운반선이나 LNG 채굴 및 저장을 위한 플랫폼들은 화물의 안전을 위해 중앙집중식 화물 제어 및 관리 시스템(CCCMS, Centralized Cargo Control and Management System)의 개념으로 화물의 적/하역, 유지 및 관리, 모니터링을 진행하고 있다.

위에서 언급한 중앙집중식 제어/관리 시스템은 그 안전성을 인정받아 많은 수의 LNG 선박에 채용되어 운용되고 있으며 안전한 유지를 위해 필요한 모든 기능을 제공할 수 있다. 하지만 온도, 수위(Level), 압력 등의 모든 모니터링 대상을 별도의 유선 네트워크로 연결하기 때문에 배선 및 배치에 관한 문제가 지적되기도 하였다.

2.2 RFID/USN 동향

현재 RFID/USN 산업의 응용은 크게 두 가지 방향으로 진행되고 있다. RFID 표준을 활용하여 물류 시스템의 개선을 위한 서비스를 제공하는 활동들과 무선통신 프로토콜 기반의 WSN(Wireless Sensor Network)을 활용하여 제공하는 USN 서비스 활동이다. 이러한 활동의 기술적 배경에는 각각 RFID 표준 및 그 기술의 활용, 무선통신 표준 및 활용이 있으며 그 표준화 동향에 대해 알아보도록 하겠다.

2.2.1 RFID 표준화 동향

RFID(Radio Frequency Identification)은 한글로는 ‘자동인식’으로 표기하며 제품의 정보를 저장하고 있는 Tag를 제품에 삽입하거나 부착하여 제품을 관리하도록 하는 기술을

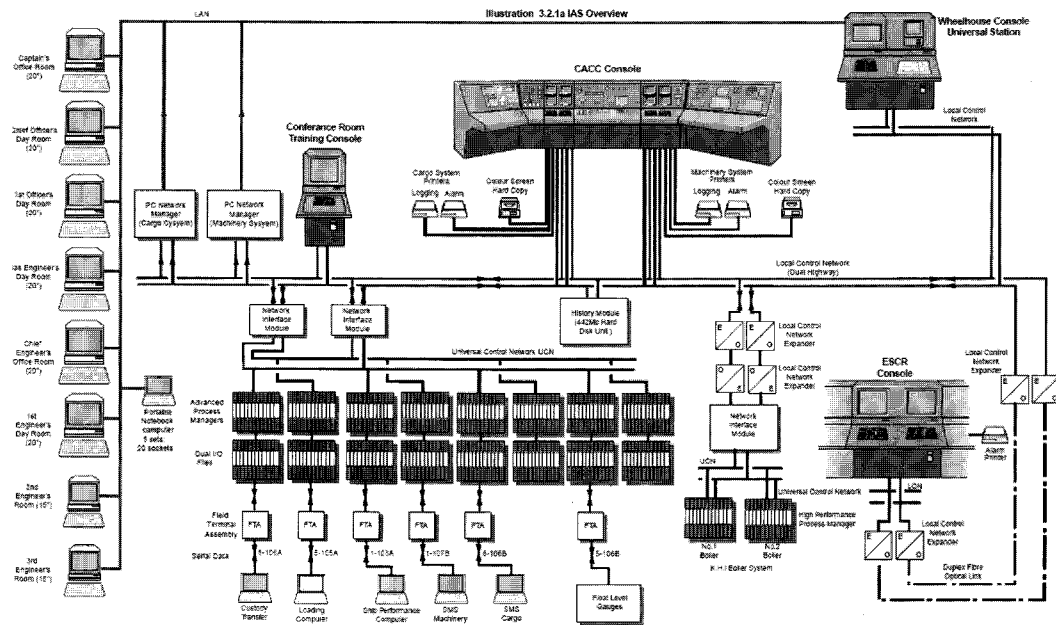


그림 2 중앙집중식 화물 제어 및 관리 시스템의 개념도

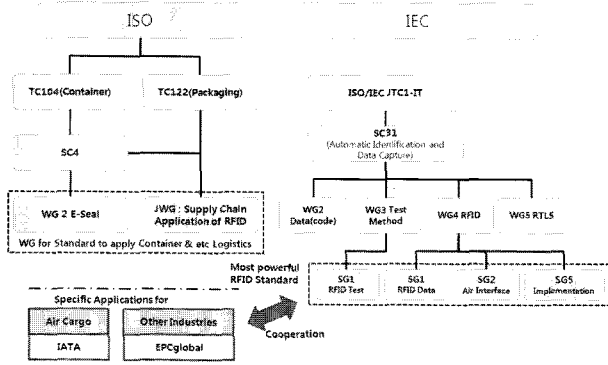


그림 3 RFID 국제표준화 조직도

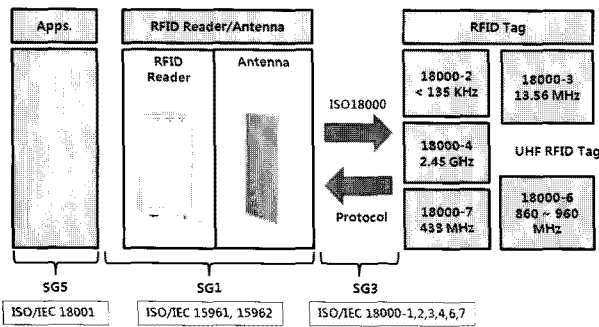


그림 4 그룹별 작업범위

칭한다.

RFID 국제 표준화는 ISO(International Standard Organization, 국제표준화기구)와 IEC(International Electrotechnical Commission, 국제전기기술위원회)가 공동으로 구성한 JTC1의 산 하위원회를 중심으로 진행되고 있으며 이러한 활동을 진행

하는 국제표준화 조직의 간략한 조직도와 각 그룹별 작업 범위가 그림 3, 그림 4에 나타나 있다.

RFID 국제표준화 조직도 상의 각 산하 조직들은 표준화를 위한 기구들(ISO, IEC 와 EPCglobal 등)과의 긴밀한 협조를 통해 표준이 제안되고, 제안에 관한 연구/실험 등을 진행하여 표준이 제정된다.

이렇게 RFID의 표준화가 진행되어 18000-5를 제외하고 2004년 완성되었다. 또한 2008년 중에 일부 개정이 진행되었으며, 각각의 18000 시리즈의 개요와 재정 및 개정 연도가 표 1에 나타나 있다.

이와 같은 국제 표준화 추세에 맞추어 국내에서도 RFID 관련 표준을 제정(2005년)하고, 국제표준기구에 대표단을 파견하여 차후 표준의 제안 및 제정에 적극적으로 참여하고 있다.

2.2.2 무선통신 프로토콜 표준화 동향

USN 환경 구성을 위한 프로토콜은 IEEE 802.15 WPAN (Wireless Personal Area Network)을 통해 발전하고 있으며 802.15 워킹그룹(WG, Work Group) 산하 그룹들이 진행하고 있으며 그림 5에 802.15 WG의 조직도가 나타나 있다. WPAN은 약 10m 이내의 공간을 서비스 영역으로 정의하였고 이것을 POS(Personal Operating Space)라 하여 유비쿼터스 환경을 위한 네트워크 프로토콜의 제정을 목표로 하고 있다.

그림 5에서 보이는 각각의 TG(Technical Group)들은 각각의 표준안에 대해 정해진 업무를 수행하여 표준을 제정한다. 그 결과 802.15.1 ~ 802.15.5의 표준이 제정되었고, 현

표 1 RFID 표준인 18000 시리즈 개요

ISO/IEC	작업명	재정년도(개정)	개요
18000-1	Parameters	2004(2008)	18000 시리즈를 규정하기 위한 공통파라미터 규정
18000-2	below 135KHz	2004	A와 B, 2가지의 Type이 있음, 국내 기술기준과의 차이가 존재함.
18000-3	13.56MHz	2004(2008)	1과 2, 2가지의 Mode가 있음, Mode 1은 IC 카드 규격을 물품용으로 확장한 것. Mode 2는 424kbps 고속 통신방식 임.
18000-4	2.45GHz	2004(2008)	1과 2, 2가지의 Mode가 있음, Mode 1은 Passive, Mode 2는 Semi-Passive 방식.
18000-5			철회됨
18000-6	UHF860-960MHz	2004	A, B, C Type이 있으며, 리더는 등방향 호환성을 유지할 필요가 없다. Type C는 2006년 5월 완성.
18000-7	UHF433MHz (Active)	2004(2008)	주파수 특성상 한국은 컨테이너 관리에 제한적으로 사용할 수 있다.
18000-8	UHF860-960MHz (Active)	2007년 제안, 표준 입안 진행 중.	100Kbps 와 100m 이상의 인식거리를 제안.

[용어]

Type : 등방향 호환성이 있는 구분, 하나의 판독기로 다른 Type의 태그를 읽을 수 있다.

Mode : 등방향 호환성이 없는 구분, 태그의 사용용도 등이 다르다.

Passive Tag : 전원이 없는 태그, 판독기가 쏘아 보낸 전파를 이용하여 내부회로를 구동하여 응답한다.

Semi-Passive Tag : 작은 양의 전원을 가진 태그, 판독기로부터 구동신호를 수신하여 태그의 전원으로 내부 회로를 구동한다.

Active Tag : 전원이 있는 태그, 자체적으로 정보를 발신해 판독기가 읽을 수 있도록 동작한다.

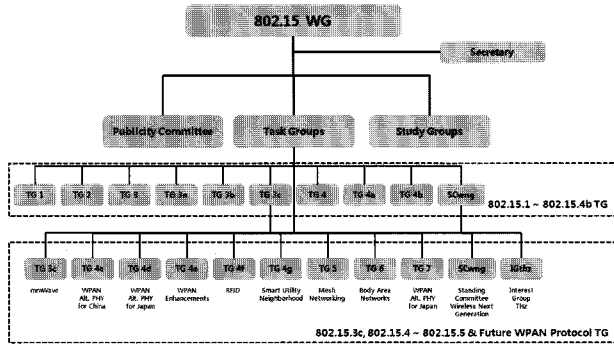


그림 5 무선통신프로토콜 표준을 제정하는 IEEE 802.15 Work Group 조직도

제는 산하 11개의 기술그룹이 기존프로토콜의 개량 및 새로운 프로토콜의 제정에 관한 업무를 진행하고 있다. 802.15를 통해 제정된 표준안들과 그 개요가 표 2에 나타나 있다.

2.2.3 데이터 관리 시스템 동향

전사적 관점이던, 공학적 관점이던 앞으로 RFID/USN은 중요한 산업 이슈로 자리매김 하였다. 그렇기 때문에 RFID/USN에서 사용되는 데이터는 반드시 관리가 필요하다. 또한 이러한 중요성을 인식하여 2005년경 해외 유수의 SI 및 Enterprise S/W 벤더들이 대거 참가하여 서비스를 제공하고 있다. 국내 주요 서비스 분야로는 미들웨어로서의 RFID/USN 데이터 관리, 물류 추적을 위한 RFID 정보관리 서비스 등이다.

국내의 경우 RFID 데이터 관리 시스템은 토종 RFID 미들웨어 업체들이 보유한 기본개발에서부터 커스터마이징까지의 다양한 경험과 노하우, 국내 물류 시장의 다양한 특징에 익숙한 장점으로 해외 거대 솔루션 업체와 당당히 경쟁하여 대다수의 RFID 프로젝트를 따냈다. 이러한 현상은

국산 토종 미들웨어 업체들의 경쟁력 있는 솔루션 덕분이라 할 수 있으며 일부 업체의 경우 EPC 인증을 획득하여 기술성을 입증한 것이 그 증거라 할 수 있다.

3. 해양 구조물의 RFID/USN 모니터링 시스템 도입 동향

3.1 현대중공업 YAN/SAN

현대중공업은 YAN(Yard Area Network)을 기반으로 선박 및 해양 구조물의 건조에 필요한 자재와 조립품, 중간완성품, 블록 등의 자재, 블록 운반용 트랜스포터 등의 위치와 정보를 실시간으로 모니터링하고, ERP 등의 사내 시스템과 연동하여 효율적인 야드 공간의 운용을 위한 연구를 진행 중이다.

조선 및 해양구조물 산업의 제품은 매우 크기 때문에 매우 넓은 공간을 필요로 한다. 현대중공업의 경우 약 569만 m²의 매우 넓은 부지를 사용하고 있으며, 자재의 대부분이 강철이다. 이러한 특징으로 인해 그림 6에 나타나듯이 유/



그림 6 현대중공업의 블록/자재 실시간 모니터링 개념도

표 2 IEEE802.15.X 개요

표준 이름	개요	승인년도 (개정년도)	최대 전송속도
IEEE 802.15.1	SIG를 통해 표준화된 블루투스 표준	1999	1 Mbps
IEEE 802.15.2	네트워크 시스템간의 공존 메커니즘, 2.4Ghz ISM 대역의 타 프로토콜과의 간섭, 회피 등을 연구	2003	
IEEE 802.15.3	고속 데이터 전송 지원을 위한 MAC/PHY 개발.	2003	55 Mbps
IEEE 802.15.3a	새로운 PHY를 개발하기 위한 TG로 출발하였다. 3.1 ~ 10.6 GHz 대역의 UWB를 중점으로 연구	무산	
IEEE 802.15.4	저속 WPAN인 ZigBee를 표준화	2003	250 Kbps
IEEE 802.15.4a	802.15.3/4의 혼용 기술에 이동성/서비스영역 확장 등의 개정 등을 위한 표준	2007	
IEEE 802.15.5	WIBEEEM이라 불리는 Mesh Network을 지원하는 저속 WPAN	2008	250 Kbps

[용어]

- SIG : Special Interest Group
- ISM Band : Industrial, Scientific and Medical Radio band
- PHY 및 MAC : Newtork 서비스를 제공하기 위해 제정된 Layer 중의 하나

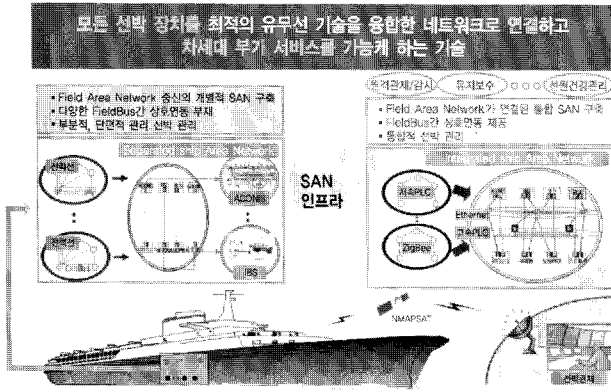


그림 7 현대중공업의 SAN(Ship Area Network) 개념도

무선 인프라를 기반으로 하여 자동인식을 위한 RFID 기술, 위치 추적을 위한 GPS 기술, 자재 및 트랜스포터의 관리를 위한 ERP 시스템과의 연동을 목표로 하고 있다.

또한 SAN(Ship Area Network)의 개념을 도입하여 선박 내의 유/무선 네트워크로 연결하여 차세대 부가 서비스를 제공하기 위한 연구 또한 진행하고 있으며, 이러한 내용이 그림 7에 나타나 있다.

SAN 개념을 활용하여 선박 내의 센서, 단말 등의 모든 기기를 연결하면 차세대 선박에서의 응용 지원을 위한 정보/장치/서비스 관리 및 통신 미들웨어 등의 개발을 용이하게 할 수 있다는 장점도 얻을 수 있다.

3.2 선박 및 해양구조물 피로균열 모니터링 시스템

현재 전체 원유 생산량의 30% 정도를 해상에서 채취하여 공급하고 있으며 시추 및 채굴이 비교적 용이한 대륙붕 근해의 고정식 해상 구조물, 대륙붕을 벗어난 경우 FPSO

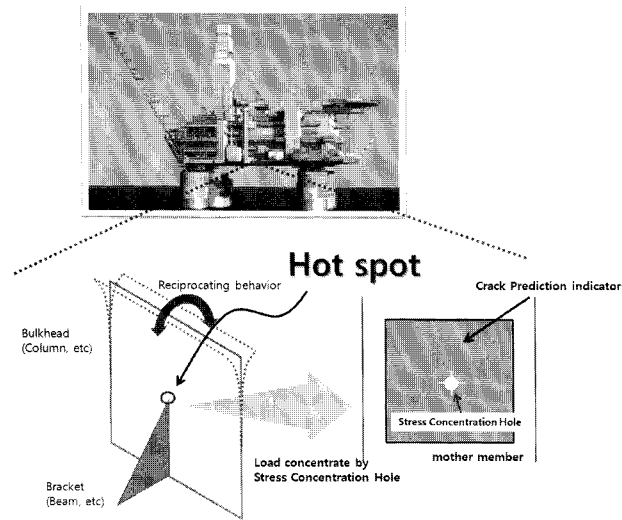


그림 8 균열예지센서의 개념도

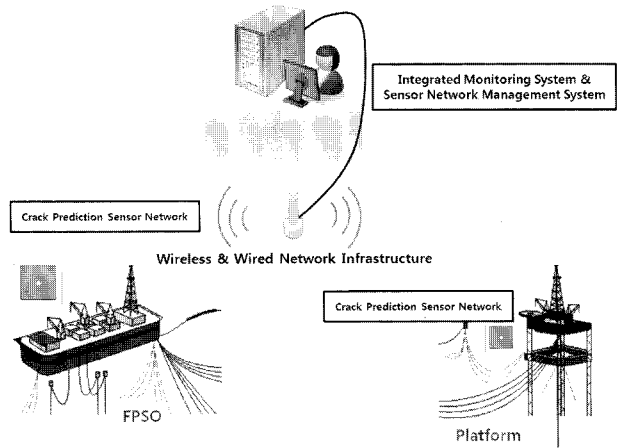


그림 9 선박 및 해양 구조물의 피로균열예지 모니터링 시스템 개념도

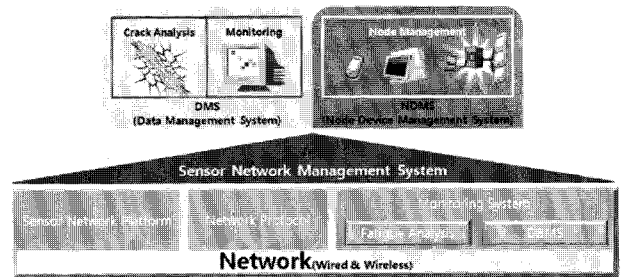


그림 10 통합된 센서네트워크 관리 시스템 프레임워크

(Floating Production Storage and Offloading) 등의 부유식 해상 구조물에서 공급하고 있다. 가까운 미래에 육상 원유의 고갈 및 국가적 수출규제 등의 이유로 인한 육상 채굴량의 대폭 감소가 예상되므로 대륙붕 근해뿐만 아니라 연근해역, 심해역의 에너지 자원의 개발을 가속화되고 있으며 채취 해역이 점점 육지에서 멀어지고 수심이 깊어짐에 따라 현재는 수심 천 미터 이상의 해역에서의 시추 및 채굴 장비에 대한 수요가 급속히 증가되고 있다.

그에 따라 피로수명의 예측 및 작업 해역에서 실시간으로 피로 한계를 예측하여 유지보수를 지원하는 기술이 요구되어 이를 위한 시스템의 개발을 목표로 연구를 진행 중이며 피로수명을 예측하기 위해 해양 구조물의 핫스팟(Hotspot)에 희생시편 형태의 센서를 부착하여 센서의 균열을 모니터링한다.

위 연구에서는 USN을 도입하여 균열예지센서를 모니터링하고 수집된 센서들의 정보와 통신모듈의 용이한 관리를 위해 SNMS(Sensor Network Management System) 개념을 도입하여 모니터링, 통신모듈 관리, 네트워크 관리를 통합하여 운용한다.

3.3 BP Preventive Maintenance Tanker Project

미국 Intel 사와 영국 British Petroleum 사가 공동으로 개발하여 운용 중인 프로젝트로 USN 기술을 이용하여 유조선 엔진룸의 진동을 모니터링하는 시스템을 구축하여 운용 중이다.

선박 및 해양구조물에 있어서 엔진은 심장과 같은 역할을 하는 장비라 할 수 있지만 선내의 열악한 모니터링 환경으로 인해 모니터링이 거의 불가능했다. 이를 개선하기 위해 유비쿼터스 개념의 모니터링 시스템을 도입하여 적용한 사례로 기존의 관리방법에 비해 비용 절감 효과가 크고, 효과적인 관리로 시설물의 수명을 연장시킬 수 있어 산업 전반에 확대 가능한 모델로 평가받고 있다. 그림 11은 BP Preventive Maintenance Tanker Project의 탱커 엔진룸에 운용 중인 시스템의 개념도이다.

BP Preventive Maintenance Tanker Project는 엔진의 수명 관리 문제와 수동적이고 인력 중심적인 시간과 비용이 많이 소요되는 시설물 검사를 효과적으로 관리할 수 있는 Solution의 개발을 위해 진행되었다.

운용 중인 시스템의 목적은 항해중인 유조선의 엔진룸에 진동센서를 무선 센서 네트워크로 구성하여 엔진의 이상 유무를 실시간으로 모니터링하는 것이다. 위 시스템의 운용 시 관리측면에서 스케줄링 판단이 가능하다. 또한 시설물의 관리시간 단축으로 비용 절감과 효율이 증대되며, 위험한 지역의 실시간 정보축적이 가능하게 되어 안전성이 향상되는 장점을 얻을 수 있다.

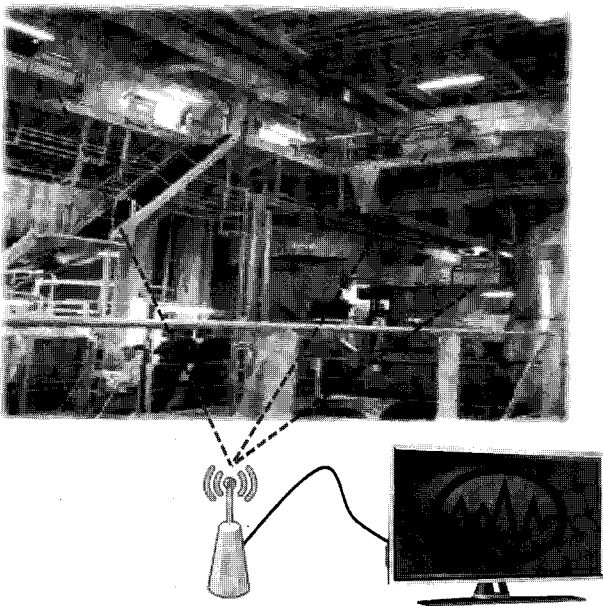


그림 11 BP Preventive Maintenance Tanker Project 개념도

4. 해양 구조물 산업에서의 RFID/USN 전망

해양 구조물 산업은 Backward Scheduling이 적용되는 대표적인 산업이고 이 특징은 RFID/USN이 주로 활용되는 물류 산업 분야와 큰 차이가 있음을 나타낸다. 그 차이는 각각의 프로세스에서 생성되는 산출물이 없는 상태에서 Scheduling(그림 12)을 진행한다는 것으로 제품(선박, 해상 구조물 등)의 사양서(Specification)와 다른 설계/생산이 진행될 경우 막대한 피해를 감수해야 한다는 것이다. 또한 Backward Scheduling을 위해 각각의 설계 프로세스와 생산 프로세스들과 이를 진행하는 부서들 간의 협업이 진행되기 때문에 각 프로세스의 엄청난 양의 산출물들이 동시다발적으로 발생한다는 것이다. 하나의 예로서, 국내 메이저급의 조선소들은 1척의 선박을 건조하기 위해 생성된 문서, 엔지니어링 데이터, 도면 등의 데이터베이스가 적어도 200GB 이상 사용된다는 것이다. 이것은 신문 18만3천여 부에 해당하는 엄청난 양으로 펼쳐서 쌓은 높이만으로도 154미터에 육박한다.

이렇듯 엄청난 양의 정보를 생성하는 해양 구조물 산업이기 때문에 효율적인 정보관리를 위해 RFID/USN의 도입은 반드시 필요하다. 해양 구조물 산업분야에서 RFID/USN을 성공적으로 도입하기 위해서 산업특성을 면밀히 분석하여 그에 맞는 ‘맞춤형’ RFID/USN 시스템이 요구된다.

또한 건조뿐만 아니라 해양 구조물을 운용함에 있어서도 면밀한 분석이 필요하다. 선박, 해상구조물 등 해양 구조물 산업의 모든 제품들은 망망대해에서 적은 인원에 의해 독립적으로 운용된다. 이것은 구조물의 상태, 적재된 화물의 상태, 작업 중인 해역의 상태 등의 환경적 요인에 따라 즉각적인 유지보수 등의 대응이 매우 어렵다는 것이다. 이를테면 해안에서 수 백km 떨어진 외딴 섬에 태풍이 지나가게 되어 피해가 예상될 때 섬의 주민, 경비대의 생사 및 피해 상황조차 즉각적으로 알 수 없는 것이 현실이고 태풍이 잠잠해질 때를 기다려 구조대가 파견되거나 통신이 회복되기만을 기다려야 자세한 정보를 얻을 수 있는 것 또한 현실이다. 물론 이런 일은 발생해서는 안되겠지만 자연재해 앞



그림 12 해양 구조물 산업의 설계 및 생산 프로세스와 스케줄링

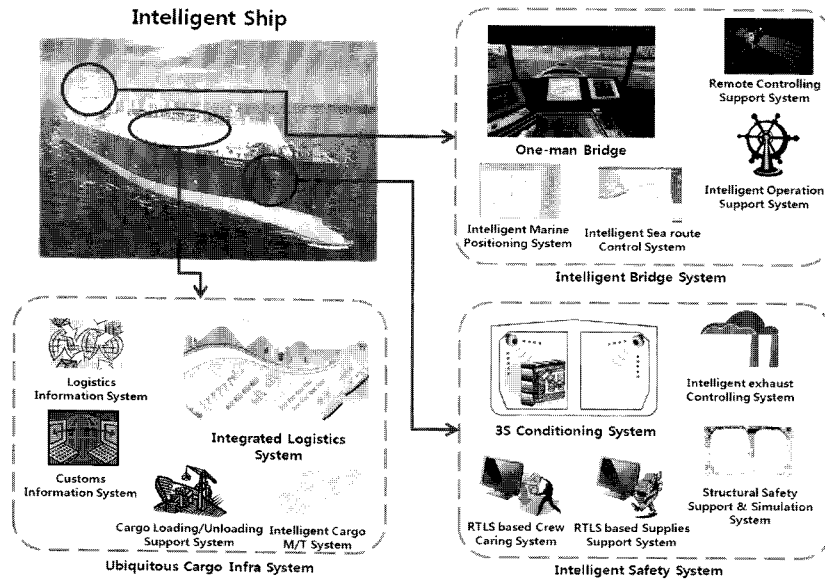


그림 13 지능형 선박의 개념도

에 인간은 매우 무력하기에 미리 대비를 해놓아야 한다. 태풍이 지나가기 이전부터 모니터링을 통해 정보를 수집하고 이 정보를 토대로 안전대책을 마련하여 사고를 미연에 방지할 수도 있을 것이다.

이러한 접근은 해양 구조물에서도 마찬가지이다. 해양 구조물의 운용을 위한 모니터링/관리 시스템에서의 RFID/USN 도입은 제품의 경쟁력을 높일 수 있는 수단이 될 수도 있다. 최근 관심이 집중되고 있는 지능형 선박(그림 13)은 적재된 화물의 안전한 관리, 탑승객 및 승무원들의 건강관리, 선내 물품관리, 구조적 안전성 관리, 배출물 관리 등의 안전에서부터 편의시설에 이르기까지 선박 내부의 이슈들을 USN을 통해 모니터링하고 RFID로 관리하는 개념으로 진행될 것이다.

또한 해양 구조물은 철제로 제작되므로 무선통신을 이용하는 RFID/USN을 해양 구조물 내부에서 사용하기 위해서는 해양 구조물을 건조하는 해양 산업분야에서의 응용을 위한 노력뿐만 아니라 통신 프로토콜의 개선 및 통신 모듈 및 태그, 리더, 안테나 등을 제작하는 기자재 업체들 또한 관심을 갖고 참여해야 할 것이다.

5. 결 론

현재 지구는 과거와 다른 기후환경을 보이고 있다. 극지의 얼음이 녹아 해수면이 상승하고 허리케인 및 태풍의 강도가 점점 높아지고 있으며 해양 개발로 인해 해양에서 인류의 활동 공간이 점차 넓어져 지진해일의 영향도 점점 커져가고 있다. 또한 인류의 기술발전으로 인해 더 먼 바다, 더 깊은 바다로의 탐사를 진행하고 있다. 이렇듯 변화하는

환경 속에서 RFID/USN이 제공하는 환경은 해양 구조물의 안전과 효율을 높여줄 수 있다. 이를 위해 여러 가지 연구들을 진행하는 등 많은 노력을 기울이고 있지만 아직까지 부족한 점도 많이 있다. 설계정보의 관리, 구조물 내에서의 효율적인 공간배치, 저전력 센서 노드의 개발, Energy Harvest 노드 기술, 무선통신 프로토콜의 개선 등 해양 구조물의 건조 및 엔지니어링 기술, 정보기술, 통신기술, 기자재 기술 등 조선소, 통신 기자재 생산 업체, 센서 생산 업체 및 통신 표준을 위한 기관, 안전한 해양 개발환경을 위한 법률 기관 등 관련된 모든 분야에서 관심을 갖고 진행된다면 미래에는 모 CF에서와 같이 ‘손하나 까딱 하여’ 바다가 제공하는 무한한 가능성을 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 한국선급, “한국 선급 강선 규칙”, 2008
2. 이경호, 한영수, 최시영, 이병학, 이재준, “USN을 활용한 해양구조물 모니터링 시스템 개념 설계”, 한국해양공학회 추계 학술 발표회 논문집, pp.222~226
3. 이재근, 정찬성, 안철현, 이상영, “u-City 및 USN 국외 동향 연구”, 한국정보사회진흥원, 2008
4. 현대중공업 <http://www.hhi.co.kr>
5. WPAN Alliance <http://www.wirelesspan.org>
6. IEEE 802.15.4 Working Group for WPAN <http://grouper.ieee.org/groups/802/15/>

[담당 : 이경호, 편집위원]