

M2M기반 지하공간(지하철) 재난대응 네트워크 및 EL 디스플레이 통합 보드 개발

Development of M2M-based Underground Space (subway) Disaster Response Network and EL Display Integrated Board

Miyun Park^{a,*}, Segon Kwon^{b,1}, EunChurn Park^{a,2}, Jeonhun Lee^{a,3}

^a Department of R&D, S.H.Tech & Policy Institute Co, 6F Pureunsol Bldh, Seocho-gu, Seoul, Republic of Korea

^b Department of R&D, Korea Railroad Research Institute of Sci, 240 Jungang - Ro, Dong-Gu, Daejeon City, Republic of Korea

ABSTRACT

Notifying emergency evacuation methods, accurate disaster location and evacuation route guidance can be very active alternatives to quickly minimize evacuation and casualties in disaster situation in the development of subway disaster prevention detection system that detects the disaster signs at the subway station early on the basis of Internet of things and leads passengers to evacuate. It's not easy to ensure perfect functioning of fire fighting facilities and equipments due to underground space structure with narrow exits. Therefore, we developed disaster provision EL Display integrated board that can induce the most efficient evacuation and the field experiment was conducted to examine the practical application in this study. Especially the applicability was verified by field application test because there is no case in which EL panels are used to evacuate disasters.

KEYWORDS

machine-to-machine
internet of things
disaster response
emergency-communication-module
EL display
LoRa network

사물 인터넷을 기반으로 지하철역사의 재난 전조를 조기에 발견하고 승객들에게 피난을 유도하는 지하철 재난전조 감지 시스템 개발에 있어서 재난 발생시 상황대피 유도방법과 정확한 재난 위치 알림 및 대피경로 안내는 재난 상황에 빠른 대피와 인명피해를 최소화 할수 있는 매우 적극적인 대안이 될 수 있다. 좁은 출구밖에 없는 지하공간 구조상 소방 시설 및 장비들의 완벽한 작동을 담보하기란 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 대피를 가장 효율적으로 유도할 수 있는 재난대응 EL Display 통합 보드를 개발하였으며 이를 현장 실험을 통해 실제 활용성에 대한 검토를 실험하였다. 특히, EL패널을 재난 대피유도용으로 활용한 사례가 없어 현장적용테스트를 거쳐 그 활용 가능성을 검증하였다.

M2M
사물인터넷 재난 대응
긴급통신 모듈
EL디스플레이
LoRa 네트워크

© 2017 Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-02-2057-2210. Fax. 82-02-2057-2290.
Email. momo6238@hanmail.net

1 Tel. 82-10-2988-6664. Email. tibobkr@korail.com
2 Tel. 82-02-2057-2210. Email. eunchurn.park@gmail.com
3 Tel. 82-10-5013-6032 Email. kula1029@daum.net

ARTICLE HISTORY

Received Aug. 31, 2017
Revised Aug. 31, 2017
Accepted Dec. 21, 2017

1. 서론

최근 IoT를 접목하여 재난대응 활동에 이용하는 다양한 시도가 활발하게 진행되면서, 다양한 방재용 장비들이 개발되고 상용화되고 있다. ICT 기술은 기술자체의 발달과 더불어 타 산업이나 기술과의 융합을 통하여 새로운 시장이나 산업을 창출하고 있으며, USN(Ubiquitous Sensor Network)을 기반으로 하는 사물중심의 M2M(Machine to Machine)에서 인간을 둘러싼 환경에 초점을 맞춘 사물인터넷(IoT : Internet of Things)으로 발전하고 있다. 최근에는 한 단계 더 도약해 물리적 개체, 정보, 시스템, 공간, 가상 개체까지 모두 연결하는 만물인터넷(IoE : Internet of Everything)으로 진화하고 있다. IoT는 사물과 주위 환경에서 정보를 받아들이는 센싱 기술, 사물에서 사물을 연결하는 유무선통신 및 네트워크기술, 서비스 제공을 위해 정보를 저장, 처리, 변환하는 서비스 인터페이스 등 3가지 기본 기술로 구성되며, 이러한 기술은 사람과 사물을 연결하는 P2M, 사물과 사물을 연결하는 M2M, 사람과 사람을 연결하는 P2P 기술 이 하나로 어우러져 발전하면서 초연결(Hyperconnectivity) 사회로 진입이 이루어지고 있다. 재난방재 관점에서 ICT 기술은 예방, 대비, 대응, 복구로 이어지는 재난관리의 모든 단계를 체계적, 효율적으로 관리하여 피해를 예방하거나 최소화하는데 핵심역할을 수행하며, 언제 어디서나 실시간으로 재난상황을 인지하여 조기위험 예측, 실시간 재난 정보제공, 재난 대응 및 복구의 모든 활동이 이미 ICT 기술 의존도가 높아지고 있다(김재호, 2014). 그러나 상용 IoT 장비들은 재난에 특별히 대응 하도록 최적화 되어 제품이 출시되고 있지 않아 센서노드 단과 제어 모듈에서 재난 대응용 특정 룰셋을 지정해야 한다. 재난대응에 있어 중요한 기술은 전력소모를 줄이기 위하여 최소화 되어있다. 또한 기존 IoT 장비의 소형화로 인하여 대피경로 안내에 있어 재난 상황에서 눈에 띄기 어렵다. 지하 구조물인 지하철에서 화재로 인해 연기가 가득차면 시야가 가려져 인간은 지광본능에 의해 밝은 방향으로 도피하려 한다. 그 과정에서 추중 본능으로 인해 화재 발생시 최초로 행동을 개시한 사람을 따라 전체가 움직이는 본능적인 움직임을 보이는데 최초 행동한 사람이 대피유도등을 통해 지광본능으로 피난의 올바른 길로 대피 유도가 필요하다. 현재 설치 된 야광타입의 바닥재로는 화재로 인해 연기가 가득찬 지하철역 안에서 식별하기가 어렵고 비상구 표시도 빛의 산란에 의해 식별이 쉽지 않다. 이러한 화재로 인한 연기와 정전으로 인한 어두운 지하철 내에서 대피로를 좀 더 밝게 표시해 줄 수 있는 EL 디스플레이보드 제작이 필요하여 본 논문에서는 선행연구에서 개발한 N-키퍼와 이와 연동하는 EL 디스플레이 보드를 개발하고 현장 테스트 등의 실험을 실시하였다. 특히, EL패널 보드를 사용한 재난긴급 대피용 개발사례가 전혀 없어 본 연구를 통해 활용성을 검증하였다.

2. 재난전조 대응 M2M 네트워크의 구축

2.1 M2M 네트워크 구성

재난전조 대응 M2M 네트워크는 Fig. 1과 같다. 스마트N키퍼는 센서노드와 N키퍼 그리고 마스터 서버로 구성되어진다. 센서노드는 N키퍼와 913MHz 대역 LoRa SX1272 네트워크로 LoRa프로토콜로 데이터를 주고 받는다. 이때 센서노드는 여러 N키퍼를 도착 주소로 갖게 되며 주변 N키퍼가 많기 때문에 센서노드는 게이트웨이 역할을 하는 N키퍼로 데이터를 송신하며 N키퍼와 마스터는 MQTT 프로토콜을 사용하여 데이터를 통합한다. 따라서 아래 그림과 같이 N키퍼의 통신에서 센서노드의 중복 데이터 수집하게 되고, 센서노드에서 데이터가 도달하지 않는 네트워크의 사각지대가 사라지게 된다. 마스터 서버는 센서노드의 시각동기화 루틴을 탑재하며 센서노드는 시각동기화 API가 설계되어 운용된다. 그리고 마스터와 각 N키퍼는 NTP 시각동기화를 처리하며 센서노드와는 RPC 타임스탬프(Unix epoch time)를 데이터의 primary key값으로 생성하여 중복 데이터 처리를 하는 알고리즘을 탑재한다.

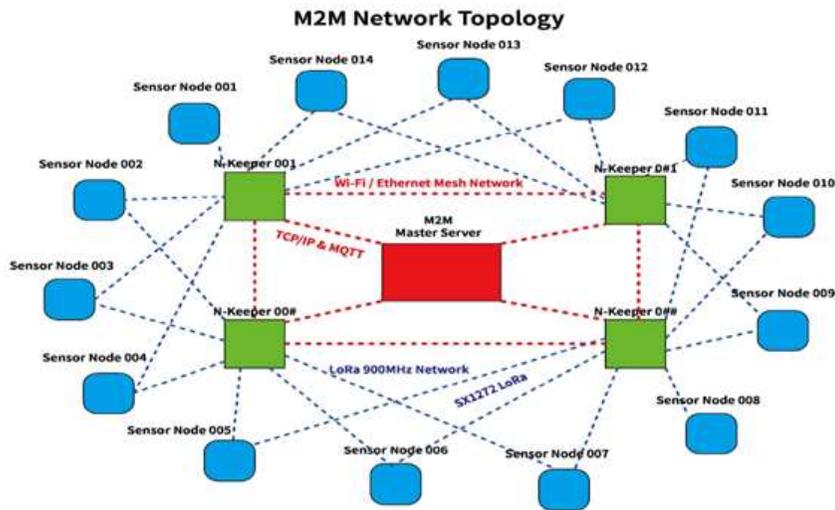


Fig. 1. Network diagram of sensor node, N keeper and master server

2.2 M2M 네트워크 계층도

재난 전조 대응 M2M 네트워크는 Fig.2. 와 같다. 센서노드와 스마트N키퍼 그리고 역무실의 마스터 서버로 구성되어진다. 각 계층마다 역할은 다음과 같다.

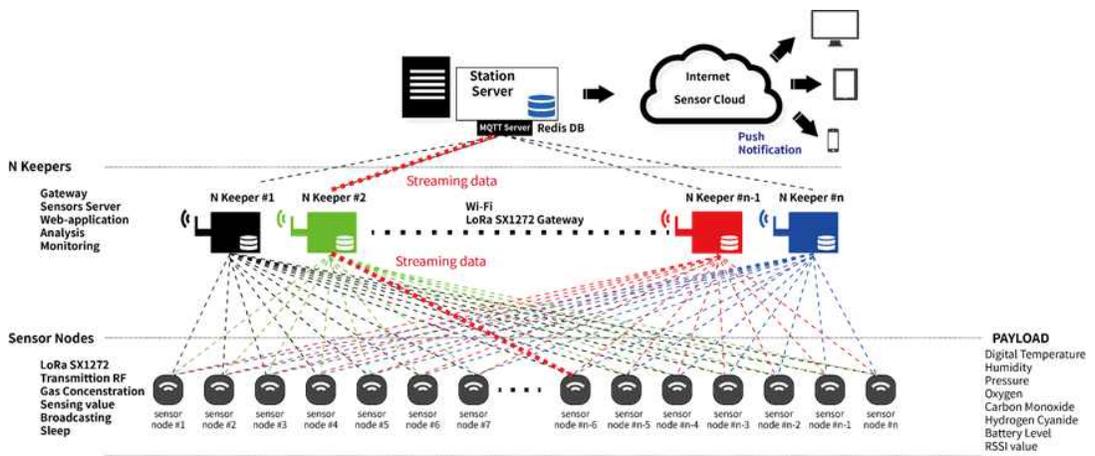


Fig. 2. Network vertical hierarchy

○ 센서노드 레이어 : 센서노드는 주로 센싱작업과 데이터 송신작업을 한다. 각각의 가스센서의 concentration을 수행하며, 전력 절감을 위해 슬립모드를 수행한다. 페이로드로는 온도, 습도, 압력, 산소량, 일산화탄소량, 사산화수소, 이산화질소량, 배터리량, 그리고 통신상태를 송신한다. 페이로드는 데이터량을 절감하기 위하여 binary형태로 송신하며 프레임 데이터 구조는 Table 1.과 같다.

○ N키퍼 레이어 : 센서노드의 게이트웨이 역할을 하며 데이터 파싱과 동시에 raw 데이터를 바이너리 형태로 저장한다. 또한 파싱된 데이터를 각각의 N키퍼 DB에 저장하며 역무실에 있는 마스터 서버와 통신한다. 서버에서 각 N키퍼에 RESTful 방식으로 데이터 호출하며 JSON형태로 데이터로 응답한다.

전체 시스템은 역무실에 있는 관리 시스템인 마스터와 역사에 있는 키퍼로 이루어지며, 각 시스템의 서비스 내용은 다음과 같다.

- 마스터 : 마스터는 센서 미들웨어에서 올라온 정보들을 취합하면서 실시간으로 모니터링을 하면서, 센서 데이터의 조건에 의해서 정상, 이상, 재난이라는 3가지 상태를 실시간으로 상황인지 예측을 한다. 상황인지 예측 결과가 이상이나 재난을 나타내게 되면 시스템은 관리자에게 이 정보를 표출하고 관리자의 대응을 요청한다. 관리자는 일정한 시간 이내에 시스템의 요청에 따라서 상황을 인지한 후 정상, 이상, 재난의 3가지 상태를 선택하게 된다. 정상으로 판단된 경우, 시스템은 정상모드로 돌아가며, 이전 상황을 로그에 기록하고, 이 상황을 톨셋으로 저장한 후 동일한 조건에서 상황을 발생시키지 않도록 한다. 이상이나 재난으로 관리자가 판단한 경우, 시스템은 이상 및 재난 상황발생을 수행하며 SOP에 의해서 이후 재난 대응 프로세스를 진행한다. 이상 및 재난 상황 종료 후 시스템은 해당 정보를 로그로 기록하여 추후 분석에 사용할 수 있도록 한다.

- 키퍼 : 키퍼는 평상 시에는 센서 미들웨어의 정보를 실시간으로 모니터링하면서 상황인지를 수행하고, 이상 및 재난 발생 판단 시 서버와 연동하여 상황인지의 정확성을 검토한다.

서버에서 동일한 상황인지를 한 경우, 서버의 다음 대응을 기다리며, 서버에서 응답이 없는 경우(연결이 되지 않는 경우)에 일정 시간을 대기한 후에 자율적으로 상황전파 및 피난유도를 수행한다. 피난유도 시 재난 발생 위치에 따른 사전 입력 시나리오에 따라서 승객을 정해진 경로로 유도한다. 평상시에는 시스템 사용법 및 알람에 대한 대응방안 등을 안내한다.

3. EL패널의 특성 검토 및 적용

대피경로 안내에서 중요한 요소는 기반 기술을 구축했다고 하더라도 재난 상황에서 사람의 눈에서 인식되는 것이 중요하다. 아무리 좋은 시스템 구축을 하였다고 하더라도 재난 상황 특히 극한 상황에서 육안 인식이 어렵다면 그 기술은 의미 없는 상황이 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 육안 인식에 대한 필요성과 사전검토를 수행하였다.

3.1 시인성 및 가독성

재난 시 상황판 및 재난 유도등 등은 시인성과 가독성이 매우 중요하다. 특히 사람들의 인식을 위해 문자나 숫자를 인지하는 '가독성'과 더불어 형태 등을 인지하는 '명시성'도 최근 중요시 되고 있다. 다급한 상황에서는 글을 읽고 판단할 시간적 여유가 없기 때문이다.

시인성에는 배경색과 대상색과의 명도차이가 가장 큰 영향을 미친다. 배경색과의 명도차이가 크면 클수록 시인성이 높아져, 멀리서도 그 존재를 쉽게 알아 볼 수 있다. 시인성에서는 색상이나 채도는 그다지 큰 영향을 미치지 않는다. 색상이나 채도의 차이를 크게 두어도 명도차이가 없으면 시인성은 높아지지 않는다.

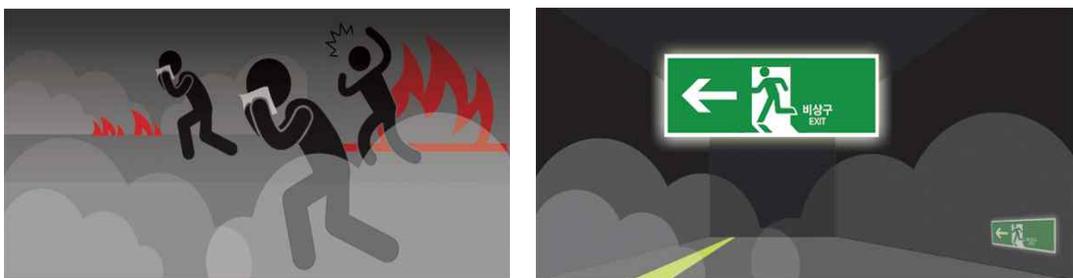


Fig. 4. Review EL panel use for disaster guidance lights in case of disaster



Fig. 5. Brightness review case for visibility and readability

Fig. 5와 같이 명도차이를 크게 둔 검정과 흰색이나 노란색의 조합은 시인성이 높으나, 흔히 눈에 잘 띄는 색이라고 하는 노란색도 흰색과 조합하면 명도차이가 작아 시인성이 매우 낮아지는 것을 알 수 있다. 또 색상차이는 크게 두었으나 명도의 차이가 작은 빨간색과 녹색의 조합 및 채도차이는 크게 두었으나 명도의 차이가 작은 회색과 파란색의 조합은 명도 차이를 크게 둔 경우만큼 시인성이 높아지지 않는다는 것을 알 수 있다.

3.2 색의 유목성

색에는 눈길을 끌기 쉬운 색과 그렇지 않은 색이 있다. 눈길을 끌기 쉬운 색을 유목성이 높은 색이라고 한다. 유목성은 사람의 심리적인 영향도 있어, 익숙하지 않은 색이나 반대로 너무 익숙한 색, 좋다고 느끼는 색에 대해서는 눈길이 끌리기 쉽지만 일반적으로 명도 단계에서는 고명도, 채도 단계에서는 난색계의 고채도색, 예를 들면 선명한 빨강이나 오렌지, 노랑 등이 사람의 눈길을 끌기 쉬운 유목성이 높은 색이다. 위험을 알리는 표시나 간판, 공업제품의 중요한 스위치 등에 이러한 색들이 많이 사용된다. 단 시인성과 마찬가지로 배경색과의 색상차이가 작은 색은 유목성도 떨어지게 되므로 고려하지 않으면 안 된다.

도로안내표시에 사용되고 있는 선명한 주황색은 유목성이 높아 멀리서도 쉽게 인지할 수 있다. 즉, 기존의 대피로 표시의 경우 시인성을 높이기 위한 채색이 되어 있으나 LED, 형광등을 연결하여 디스플레이 했을 경우 시인성이 좀 더 좋아지지만 어두운 곳이나 특히 연기가 자욱한 장소에서는 EL 디스플레이의 시인성이 월등히 높은 것으로 평가되고 있다. 따라서 본 연구에서는 EL패널에 대한 보다 심도있는 검토를 통해 지하공간 사용가능성을 검토하였다.

3.3 EL Display 특징 분석

3.3.1 유기 EL

유기 EL은 Fig. 6과 같이 발광층이 2개의 전극 사이에 끼어 있는 sandwich 구조이다. 그러나 발광층에서 나오는 광을 밖으로 내보내기 위해서는 한 쪽 전극에 투명한 재료를 사용해야 한다. 일반적으로 양극(anode)에는 ITO(indium tin oxide)를, 음극에는 Al 등을 사용하고 있다.

이들 유기 EL display에 사용되는 유기분자는 Table 2와 같이 저분자와 고분자 2가지로 나눌 수 있으나 처음으로 발광원리가 발견된 것은 저분자였으나 최근에는 고분자에 대한 연구개발이 활발하게 진행되어 저분자, 고분자 사이에 우열을 가리지 못하게 되고 있다. 유기 EL display는 EL(electroluminescence)이라 하여 거의 발열하지 않고 전기를 광으로 변환하는 현상을 이용하고 있다. LED는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 전기를 운반하는 carrier가 존재하고 있으나 유기 EL의 유기분자에는 carrier가 거의 존재하지 않는다. 따라서 발광시키기 위해서는 양극과 음극에 각각 정공과 전자를 주입해야 한다. 이때 유의할 점은 높은 휘도, 높은 효율의 소자에는 발광층에 p와 n형의 carrier를 균형 있게 주입하는 것이 중요하다.

또한 발광할 유기층은 단층에서 다층의 것까지 있으며 경우에 따라서는 각 층의 역할이 다르다. 또한 발광층에 이용되는 유기분자는 저분자와 고분자 2가지로 대별된다. 유기층 전체는 수백 nm 이하로서 대단히 얇은 것이 특징이다. 저분자와 고분자의 발광 mechanism 등은 그리 큰 차이는 없다. 오히려 상품적인 측면, 제조방법 등에서 차이가 난다.

Table 2. Organic EL display classification

구 분	저분자	고분자
ETL(elctron transport layer)	Alq3	-
EML(emissive layer)	Alq3NPB	PPV
HTL(hole transfer layer)		PEDOT

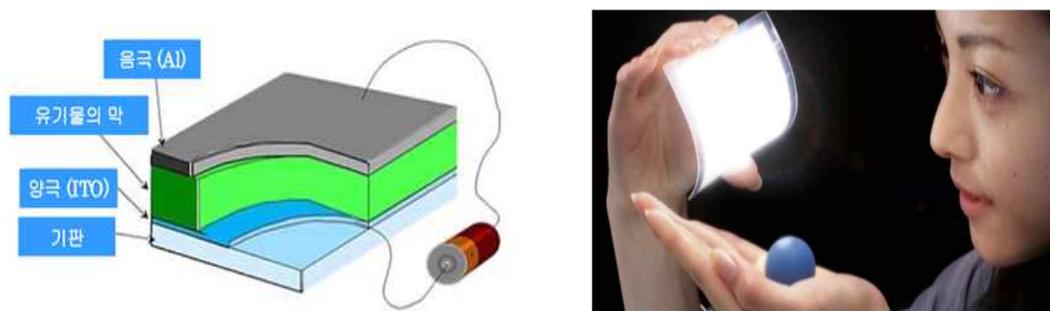


Fig. 6. Structure of organic EL display

유기 EL 디스플레이는 자발광형의 FPD로서 광시야각, 고속응답, 박형경량, 고정밀도와 원리상 압도적으로 뛰어난 성능을 가지고 있지만, 성장이 현저한 LCD와 본격적으로 경합 하려면 해결해야 과제도 적지 않다. 특히 유기 EL 디스플레이의 휘도 수명 특성은 유기 EL 디스플레이 사업의 운명을 좌우하는 최대의 핵심기술로 자리잡고 있다. 유기 EL 디스플레이의 휘도수명 특성은 유기 EL 재료, 유기 EL 박막적층 구조, 유기 EL 제조 프로세스에 크게 의존하기 때문에, 이들을 종합적으로 최적화하는 높은 기술력이 필요하게 된다.

3.3.2 Active와 Passive 구조

패시브 타입은 표시영역을 양극과 음극에 의한 단순 매트릭스로 구성되어 있고, 음극과 양극이 교차되는 부분이 발광 가능하며 Row 라인, 즉 음극이 선택되었을 때에만 점등하는 구동형이다. 이에 비해 액티브 매트릭스는 표시영역의 각 화소에 스위칭용 TFT를 배치하고, 비선택시에도 점등 가능한 정적구동이 가능하다. 유기 EL은 전류구동이기 때문에 비교적 커다란 전류를 흘릴 수 있는 TFT가 필요하기 때문에, 액티브 타입에는 이동도가 높은 저온 p-SiTFT기술이 채용되고 있다. 저온 p-SiTFT는 값싼 유리기판으로 만들 수 있고, 또 주변 드라이브회로를 내장하는 것도 가능하기 때문에, 콤팩트한 디스플레이 제작이 가능하다.

3.3.3 두 타 입의 비교

유기 EL 소자는 응답성이 높고, 잔광특성이 없기 때문에, 패시브 타입과 같은 Duty 구동 디스플레이에서는 필요한 휘도의 Row 라인 몇 배가1개의 Row라인에 필요한 휘도가 된다. 예를 들면, 디스플레이 평균 휘도가 200cd/ m², Row 라인수 480개라 하면, 각 화소에는 200cd/ m²×280개=96000cd/ m²라는 고휘도가 필요하게 되어, 유기 EL 재료의 수명을 현저히 저하시킴과 더불어 구동전압·전류의 상승을 초래하여, 그에 따른 배선의 전압강하 문제로, 고휘도·고정밀화에는 제약이 발생한다.

또한, 이 고휘도는 플리커 주파수의 상승을 초래할 것으로 생각됨. 통상의 TV 신호인 경우에는 필터 주파수는 60Hz 인데, 이 순간적인 고휘도에 의해 필드 주파수를 올리기 위한 변환회로가 필요하게 된다. 현재 상황으로서는 가능한 한 필요화소

휘도를 낮게 억제하기 위해, 화면을 상하로 분할 구동함으로써 Row 라인수 240개 정도의 디스플레이가 실현되고 있다. 이에 대해, 액티브 타입은 상시 발광하고 있기 때문에, 이와 같은 제약은 생기지 않고, 저전압구동이 가능하고, 저소비전력화로 유리하며 또한 위에서 기술한 것과 같이 저온 p-SiTFT 기술을 이용하여 주변 드라이버를 내장함으로써, 좁은 틀을 가능하게 하여 소형화에 유리하다. 액티브 타입은 최대 과제는 어떻게 패널 전체에 균일하게 필요한 전류를 공급할 수 있는가 하는데 있으며, 이를 위해, TFT 회로 구성 및 화소배열 구성의 최적화가 필요하게 된다.

3.3.4 유기 EL의 어플리케이션

유기 EL 디스플레이는 LCD와 비교한 이들 우위성은 앞으로 평면 디스플레이 시장에 참여해 나아갈 유기 EL 디스플레이에 있어 커다란 경쟁력이 되는데, 이 우위성을 어떠한 용도에 응용하여 살려 나가는가 하는 것이 매우 커다란 과제이다.

패시브타입은 소형·저정밀분야라면 싼값으로 제조할 수 있고, 유기EL 디스플레이의 특징을 살린 응용(휴대전화, PDA, 차량용 오디오 디스플레이 등) 이 가능할 것으로 보임. 또한 액티브타입은 고화질·고정밀, 박형·경량으로 DSC, DVC, 차량 자동항법장치용 디스플레이, PC용모니터, 디지털 TV 등에 응용이 가능할 것으로 보인다.

3.4 부품별 기능

3.4.1 전원부

본 연구에서 EL 디스플레이 적용에 있어 Fig. 7과 같은 일반 산업용 SMPS를 사용하였으며, 부하에 맞춰 용량을 선택해야한다. 1차 디자인 시안 규격으로 Power supply 용량을 산정하였다. DC12V를 선정하였다. 하지만 새로운 2차 디자인 시안이 나오면서 Power supply 규격을 DC15V/350W로 선정하였다. 첫 번째로는 DC12V를 사용할 경우 전선의 굵기가 커져서 실제 배선을 했을 경우 안전에 문제가 있다는 제조사의 의견이 반영되어 DC15V/350W를 선택하였다.

두 번째는 용량이 큰 인버터의 경우 15V로 제작된 것을 사용하기 위해 제조업체 의견을 반영하여 DC15V/350W로 변경하여 진행하였다. SMPS 성능은 출력 DC15V/350W 입력 110V/220V 60Hz으로 선정하였다.



Fig. 7. EL panel power SMPS products

3.4.2 인버터부

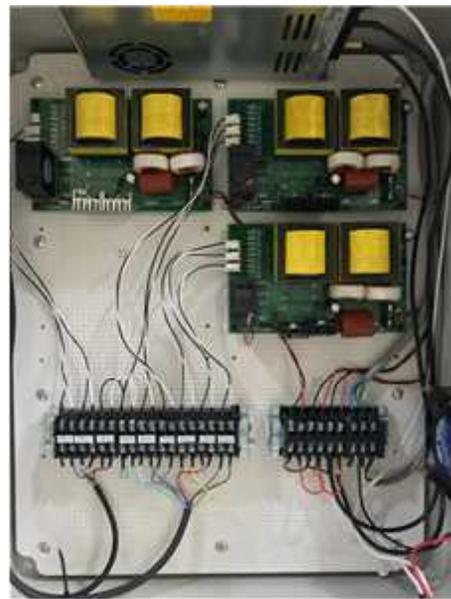
인버터는 SMPS를 전원으로 사용하며, 트랜스포머를 활용하여 전압을 상승시킨다. 자력발진을 통하여 주파수를 만들어 주며 이 때 부하의 용량이 주파수에 영향을 주게 되므로 개발시 주의가 필요하다.

3.4.3 인버터 전원 입력부

DC JACK 을 이용하여 전원입력을 시키며 , SW1 의 ON/OFF 스위치를 구비해 필요시에는 OFF 시킬 수 있도록한다. 시스템의 안전을 위하여 Fuse 를 사용하며 일정전류 이상의 이상전류가 흐르지 못하도록 해준다. 인버터 배치는 Fig. 8.과 같다.



(a) Large capacity EL panel Inverter layout



(b) Intermediate capacity EL panel inverter layout

Fig. 8. EL panel inverter installation layout

Fig. 9.와 같이 인버터는 EL 디스플레이 출력에 맞게 120V에 500Hz으로 설계하였으며, 용량은 50W 입력은 15V DC로 설계되었다.

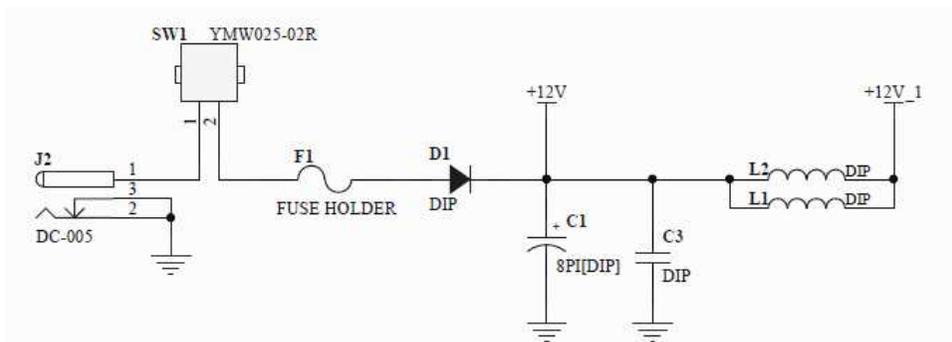


Fig. 9. Inverter power input

인버터는 EL 디스플레이 출력에 맞게 120V에 500Hz으로 설계하였으며, 용량은 50W 입력은 15V DC로 설계되었다. 또한 Fig. 10과 같이 제어장치인 디지털 회로의 전원을 위하여 DC 5V를 생산한다.

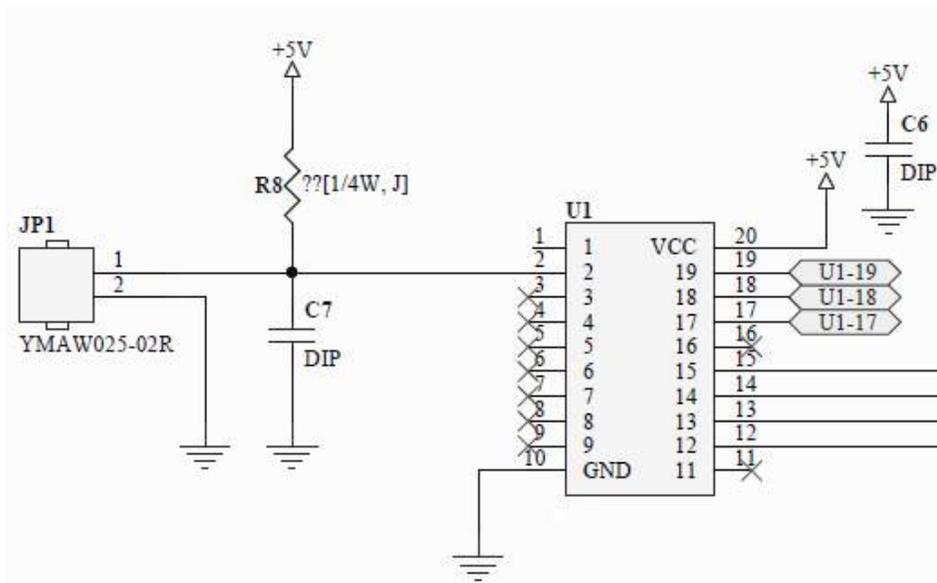


Fig. 10. Digital power supply

3.4.4 채널 제어부

마이크로프로세서 (MG86FE508) 를 이용하여 각 채널의 ON/OFF 를 제어하도록 한다 . 본 연구에서는 Fig. 11.과 같이 RF 수신모듈의 데이터를 프로세서가 분석하여 제어하도록 하였다.

3.4.5 공진형 로이어 컨버터

Fig. 12.와 같이 DC12V-15V 전압을 인가하여 공진형 로이어 컨버터를 통해 EL 패널에 인가될 전원을 생성시킨다.

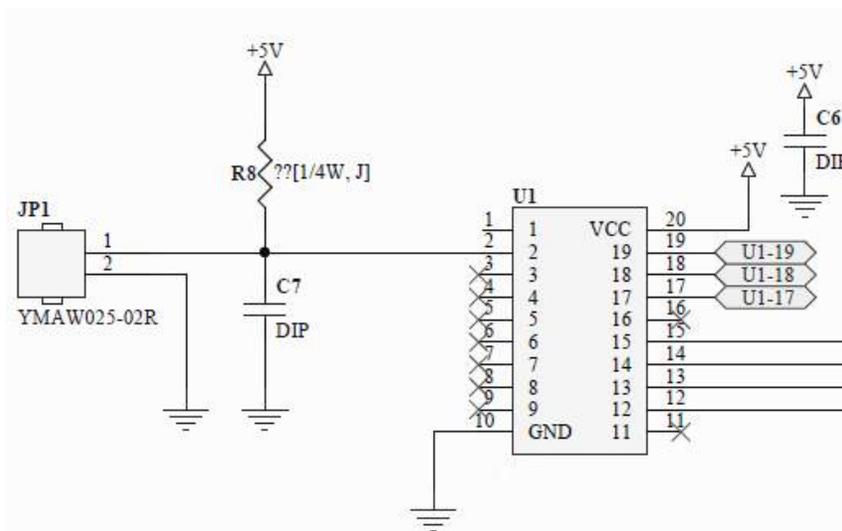


Fig. 11. Channel control section

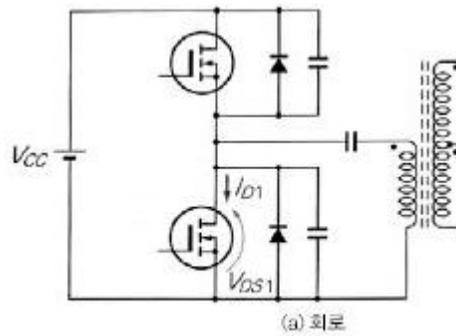


Fig. 12. Resonant-type Royer converter

3.4.6 출력 채널 구동

출력채널은 Fig. 13과 같이 트랜스포머를 통해 발생된 파형을 각 EL에 인가를 시키고, 트랜지스터를 ON/OFF 시킴으로써 발광이 될 수 있도록 한다.

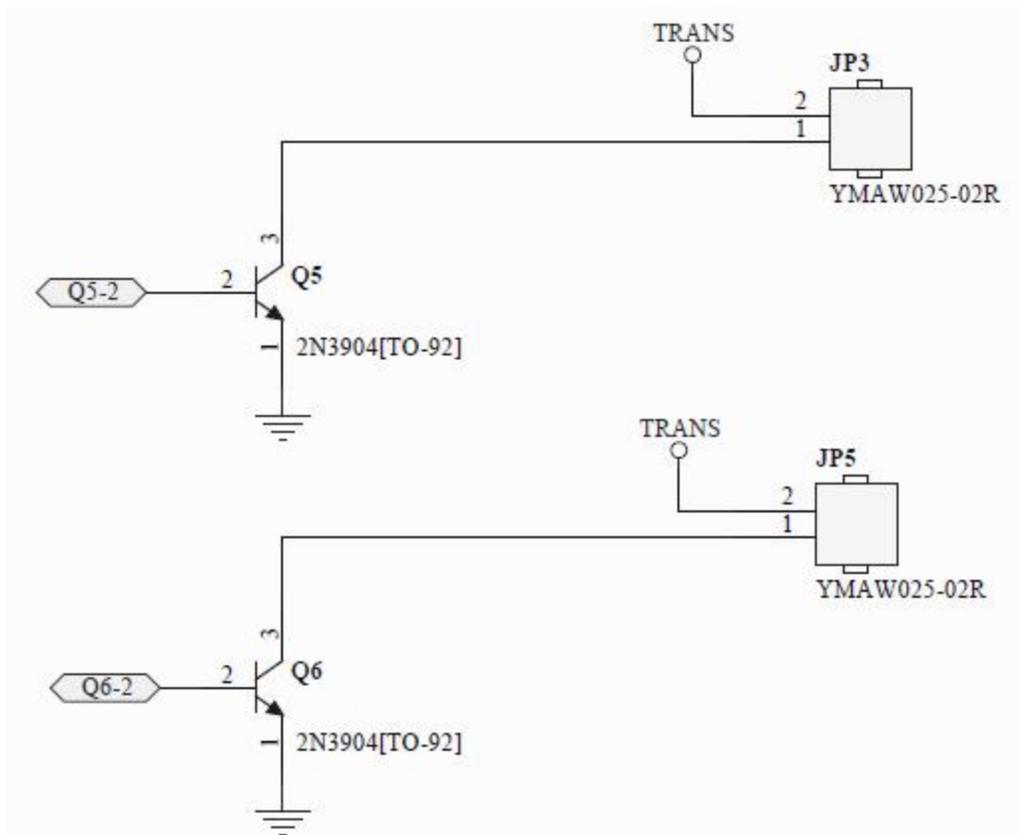


Fig. 13. Output channel schematic

3.5 통신 모듈

EL 모듈쪽 통신 모듈은 Fig. 14와 같은 219MHz 대역의 WAM-219XWS 제품을 사용하였으며, 이 모델의 권장사양 전원은 3.3V~9.0V(Low-Dropout Regulator 가내장)이며, 시리얼데이터통신 (UART) 은 3V 나 5V 통신이 가능하도록 되어있고, 데이터처리 및 제어용 MCU, 무선송/수신 IC, 저잡음증폭기 LNA 와 RF Switch 등으로 구성이 되어있다.



Fig.14. EL display control communication module

3.6 N키퍼용 통신 모듈 확장

EL 디스플레이 모듈과 N키퍼 그리고 센서노드의 연결은 Fig. 15와 같다. N키퍼용 송신 모듈은 EL 패널부에 사용된 것과 동일한 RF 모듈을 USB 로 제어할 수 있도록 제작한 별도의 통신 모듈을 사용한다. FT232RL 칩을 사용하여 PC 의 USB Serial Port로 사용한다.

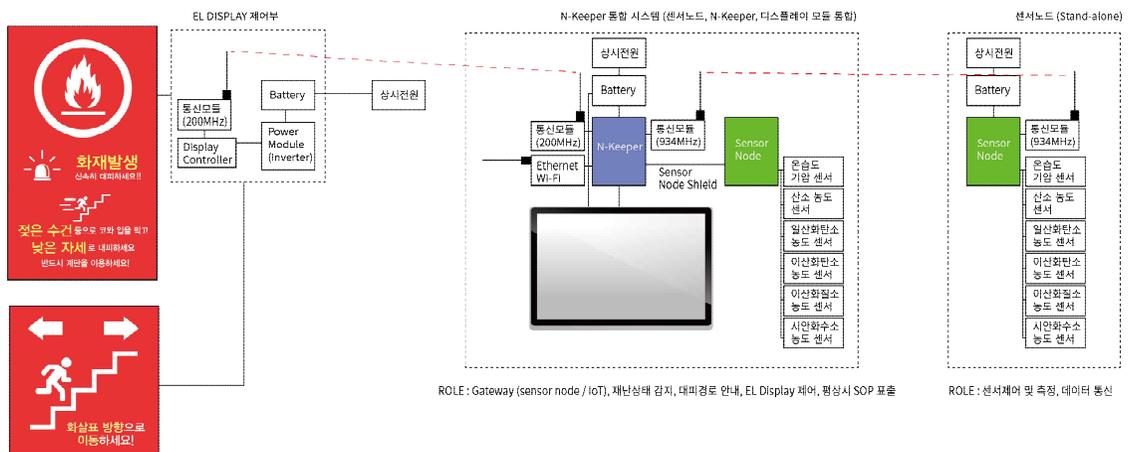


Fig. 15. N keeper EL display control full diagram

EL 디스플레이 모듈은 Table 3과 같은 조건으로 설정하여 통신 모듈에 적용하였다.

Table 3. EL module communication protocol for N keeper

	STX	CMD	CNT	DATA	DATA	DATA	CR	LF	ETX
OFF	0x02	0x16	0x05	0x01	0x00	0x03	0x0D	0x0A	0x03
1ch ON	0x02	0x16	0x05	0x02	0x00	0x01	0x0D	0x0A	0x03
2ch ON	0x02	0x16	0x05	0x02	0x00	0x02	0x0D	0x0A	0x03
Flicker	0x02	0x16	0x05	0x02	0x00	0x03	0x0D	0x0A	0x03

통신속도 : 9600bps, 8bit, N, 1
 통신프로토콜
 STX : Start frame
 CMD : RF Mod ule 의 HEX Data 전송 Command
 CNT : Data 3byte + CR + LF 의 데이터 바이트 수
 DATA : 3byte, 가변 가능
 CR/LF : 데이터의 끝
 ETX : End Frame
 Flicker 기능 : 1ch, 2ch 이 서로 번갈아가면서 ON/OFF 됨 . 시간은 ON 5 초 , OFF 5 초

3.6.1 송수신-Slave 모드 실행

Master Check 버튼이 해제 상태가 되면 송수신-Slave 통신 상태로 전환이 되며 화면 상단이 아래와 같이 변한다. Table 4.와 같이 테스트 프로그램에서는 송수신-Slave 통신 상태로 전환이 되면, 데이터 통신에서 많이 사용하고 있는 패킷의 시작은 STX(0x02), 끝은 ETX(0x03)을 사용하고, 패킷의 길이는 Info Length에 따라서 변하는 프로토콜을 사용하였다.

Table 4. Slave-Frame structure (STX-ETX Frame)

STX(0x02)	Frame Type	Info Length	Info	ETX(0x03)
1 Byte	1 Byte	1 Byte	0~n Bytes	1 Byte

3.6.2 송수신-Master 모드 실행

송수신-Master 상태가 되면, 설정모드 그룹박스 내의 사용자의 입력 값 RP 와 DA 값을 STX-ETX Frame 앞에 붙여 모듈과 SLIP(RFC-1055) Table 5.와 같은 통신 프로토콜을 사용해서 통신을 한다.

※ SLIP 프로토콜은 RFC-1055 문서나 소스코드 참조

Table 5. Master-Frame structure

RP	DA	STX-ETX Frame (Table 4)
1 Byte	1 Byte	n Bytes

3.6.3 N키퍼의 EL 디스플레이 모듈 제어

N키퍼의 재난상태모드는 아래 간단한 코드와 같이 nodeJS의 http 모듈로 수신하고 통신프로토콜을 통해 EL 디스플레이의 상태를 제어한다. 2초마다 상태를 수신하며, N키퍼에서 재난모드가 발동이 되면 아래와 같은 코드로 EL 디스플레이 모듈로 상태를 송신하게 된다.

```

var SerialPort = require('serialport');
var http = require('http');
var port = new SerialPort('/dev/ttyUSB1', {
  baudRate: 9600
});
var elOff = new Buffer([0x02, 0x16, 0x05, 0x01, 0x00, 0x03, 0x0D, 0x0A, 0x03]);
var elOn1ch = new Buffer([0x02, 0x16, 0x05, 0x02, 0x00, 0x01, 0x0D, 0x0A, 0x03]);
var elOn2ch = new Buffer([0x02, 0x16, 0x05, 0x02, 0x00, 0x02, 0x0D, 0x0A, 0x03]);
var elFlicker = new Buffer([0x02, 0x16, 0x05, 0x02, 0x00, 0x03, 0x0D, 0x0A, 0x03]);

port.on('open', function() {
  setInterval(function() {
    http.get({
      hostname: 'localhost',
      port: 8000,
      path: '/disasterState/',
      agent: false
    }, (res) => {
      res.on('data', function(data) {
        var jsonData = JSON.parse(data.toString());
        console.log(jsonData[1].sensorNode);

        port.write(elOff, function(err) {
          if (err) {
            return console.log('Error on write: ', err.message);
          }
          console.log('message written');
        });
      });
    });
  }, 2000);
});

// open errors will be emitted as an error event
port.on('error', function(err) {
  console.log('Error: ', err.message);
})

```

4. 제작된 EL 디스플레이 모듈 및 화재테스트

4.1 제작된 EL 디스플레이 시제품

본 연구의 테스트베드인 분당선 개포동역 지하3층 및 지하4층을 대상으로 설계하였으며, 계단앞 벽면용 EL 디스플레이 모듈은 Fig. 16., Fig. 17.과 같다.



(a) Emergency exit typed EL display panel



(b) Lower step type tape-shaped direction indicating EL display panel

Fig. 16. Emergency exit and tape typed evacuation route guidance EL display module



Fig. 17. Stairs and wall-mounted EL display module

원형 기둥 부착용 EL 디스플레이 모듈은 Fig. 18. 과 같다.



Fig. 18. Circular column-mounted EL display module

4.2. 화재테스트 결과

화재테스트는 2017년 4월 21일 02:33 영업 종료후 개포동역에서 실시하였다. 센서노드에서 화재를 발생시키고 알고리즘 및 릴레이 작동하여 1분 30초만에 화재인식이 되었다. 역무실 응답 대기 30초 후 재난모드로 자동전환하여 대피경로 안내를 표시하였다. 동시에 영상촬영을 수행하였으며 영상 스냅은 Fig. 19.와 같다.

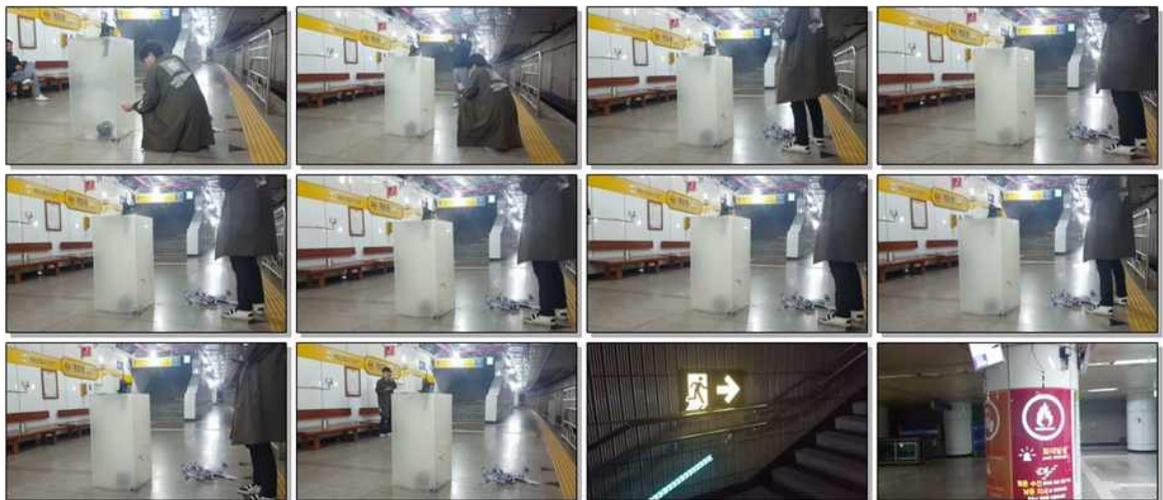


Fig. 19. Fire Test Snapshot

① 화재 실험 센서노드 (SHTPI001) 데이터

Fig. 20.의 결과에서 화재 발생시, HCN은 약간 증가하는 양상을 보이나, 이산화질소(NO_2)와 일산화탄소(CO)는 급격히 증가함을 알 수 있다. 또한 산소농도는 초기에 급격히 떨어지며, 온도는 섭씨 70도 가까이 증가한다.

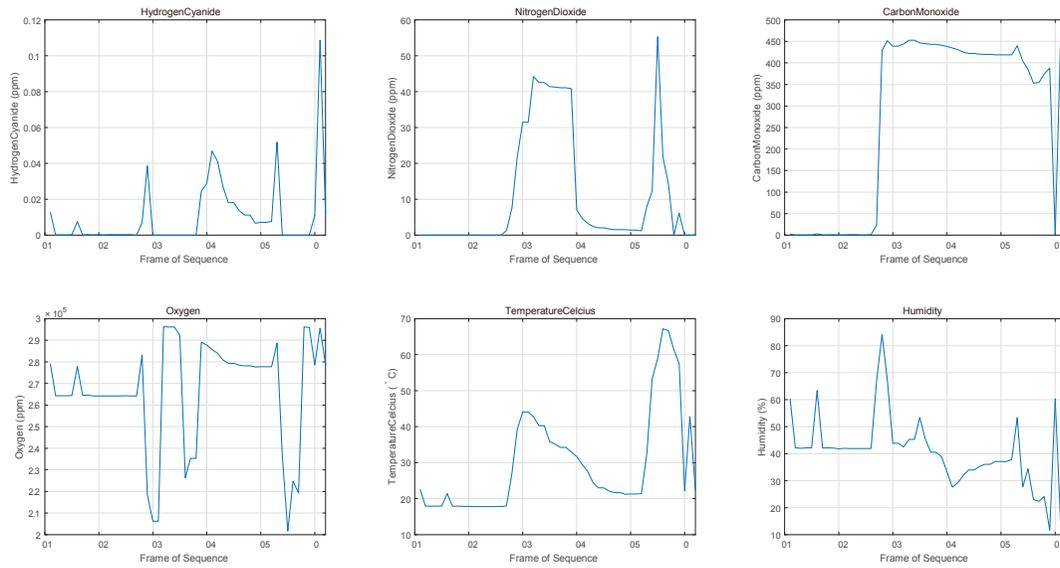


Fig. 20. Sensor node SHTPI001 fire test result

② 정상시 센서노드 (SHTPI013) 데이터

Fig. 20.의 장기 계측 결과에서 정상시에는 이산화질소와 일산화탄소등 기준치를 못미치는 매우 낮은 값을 유지하고 있다.

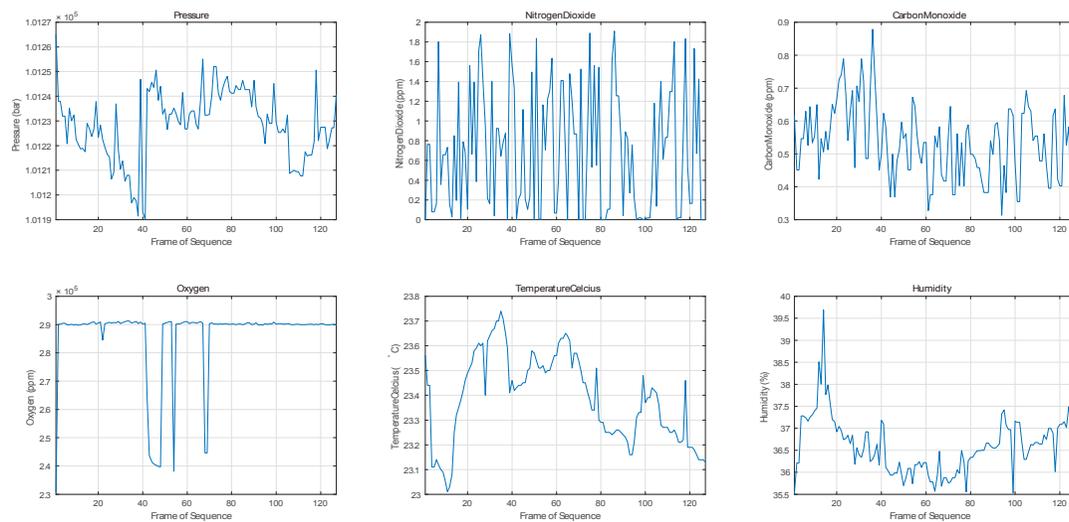


Fig. 21. Normal sensor node SHTPI003 data

③ 화재 실험 센서노드 (SHTPI001) 데이터의 평시 데이터와 비교

Fig.22는 평상시와 화재발생시 데이터를 함께 비교하여 보여준다. 평시 모드인 다른 센서노드에 비해 화재 실험 당시 센서노드(SHTPI001)은 이산화질소(NO_2)와 일산화탄소(CO)는 급격히 증가함을 보인다. 산소농도는 오차범위 이내이고, 온도는 화재를 분별할 수 있으나 그 차이가 크지 않다. 따라서 이산화질소와 일산화탄소의 룰셋정의에 의하여 결정론적 알고리즘으로도 화재 탐지가 가능하다고 판단된다.

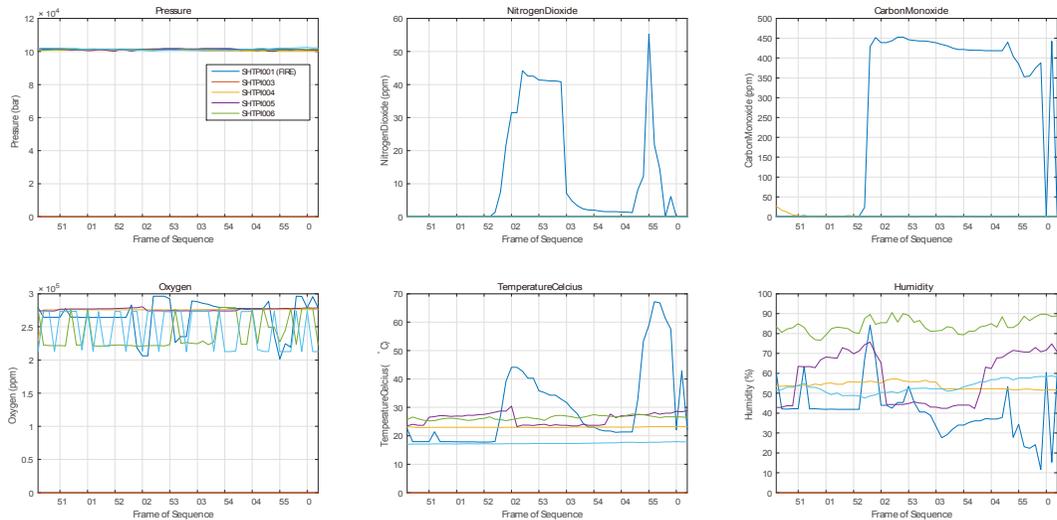


Fig.22. Sensor node SHTPI001 Sensor data comparison between fire and normal mode

4.3 재난전조 M2M 시스템 구축

본 연구에서는 실제 화재 데이터를 바탕으로 룰셋을 구성하여 재난전조 초기대응 시스템을 구축하였다. Fig. 23., Fig. 24.와 같이 역무실 혹은 유관기관 및 본사서버에서 모니터링이 가능하며, 재난상황에 대하여 즉각 N키퍼가 대응할 수 있는 구조로 되어있다.



문의 연락처 : (주)승화정책기술연구소 전화번호: (02) 2057-2210

Fig. 23. Real-time monitoring system screen for disasters



Fig. 24. Disaster alert sensor threshold setting screen

5. 결론

본 연구에서는 선행연구에서 구축한 재난 전조 예측 시스템과 스마트 N키퍼 시스템을 바탕으로 추가적으로 EL 디스플레이 모듈을 개발하였다. EL 디스플레이 모듈은 재난 상황에서 연기 및 압전 상태에서 빛의 산란 효과를 최소화 하며 극한 상황 속에서 시인성이 매우 뛰어나다는 장점이 있어 재난 대응 시스템에서 대피경로 안내 역할로 크게 활용할 수 있을것이라 사료된다. 또한 시제품을 제작하여 M2M기반 재난 대응 시스템의 실제 테스트베드를 구축한 현장에 설치하고 화재테스트를 수행하였다. 화재테스트에서 물셋 정의에 의하여 1분 30초간의 센싱과정과 30초의 역무실 대기시간 이후 대피경로 안내를 수행하였으며, EL 디스플레이 모듈 제어를 성공하였다. 화재 테스트 센서값의 결과는 물셋 정의를 최적화 할 수 있는 자료를 획득하였고, 이는 추후 다른 현장과 테스트베드에서도 구현 가능할 것이라 사료된다. 추후 지하철 역사 신축과정에 본 연구결과물을 시공할 수 있다면, 테이블형 EL패널과 전원 내장 설계를 통하여, 바닥 혹은 벽면 아래에 연속적으로 설치하거나, EL패널을 현장에 빌트인으로 설계할 경우 더 효율적인 대피경로 안내가 가능할 것이라 사료된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통과학기술진흥원 국토교통기술혁신 사업 “M2M기반 지하공간(지하철)재난대응대화형 스마트네트워크 시스템 개발”의 일환으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

References

- Park, M.-Y., Koo, W.-Y., Park W.-S., Kwon S.-K. (2015) Conceptual Study on Evacuation Route Analysis and Development of Refuge Algorithm. Journal of Korean Society of Disaster & Security. 8(1). 1-4.
- Jeon, G., Kang, S. (2016). A study on Development of Evacuation Guidance System Using Direction Speaker and Control Lightning. Journal of The Korean Society of Disaster Information. 12. 228-234.
- Kim, Y.-H. (2015). Disaster Management Using Big Data in the IoT Environment. Proceedings of KIIT Summer Conference, (2015.6), 287-289.
- Kang, H.-J. (2015). A Study on the Smart Disaster Safety Management Analyzing IoT and Big Data. Proceedings of KIIT Summer Conference, (2015.6), 114-116.
- Jung, J. J., Park, J. W., Kim, S. H. (2016). Scenario design of the disaster monitoring based on SaaS IoT sensor platform. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, (2016.6), 1065-1066.