

# 도시철도에서 사물인터넷(IoT)의 활용에 관한 연구

## A Study on the Applications of Internet of Things (IoT) in Urban Railways

허성태\*, 최승호\*<sup>†</sup>

Seong Tae Heo\*, Seung Ho Choi\*<sup>†</sup>

**Abstract** Internet of Things (IoT) is the network of physical objects or things, which consists of the three elements of sensing, networking, and information processing. Also, the IoT can be considered as an extended concept of the intelligent communication over the Internet (M2M, Machine To Machine). In urban railways, as the early stage IoT services, the real-time monitoring system based on ubiquitous sensor network (USN) such as RF transportation card system and door control system have been applied to the various fields prior to the generalization of the term IoT. In this paper, we examine the IoT services applied to Seoul Metropolitan Rapid Transit Corporation and suggest improvement points.

**Keywords** : IoT, M2M, USN, real-time monitoring system

**초 록** 사물인터넷(IoT)이란 사물간의 네트워크로서 센싱, 네트워킹, 정보처리 등의 세가지 요소로 구성된다. 또한 IoT는 인터넷에서의 사물간 지능통신(M2M, Machine To Machine)의 확장된 개념이라고 할 수 있다. 도시철도에서는 IoT라는 용어가 일반화되기 이전부터 초기 단계의 IoT 서비스로서 RF 교통카드 시스템과 출입문 통제시스템 등과 같은 USN (Ubiquitous Sensor Network)에 기반한 실시간 모니터링 시스템이 다양한 분야에서 활용되고 있다. 본 논문에서는 서울도시철도공사에 적용된 IoT 서비스에 대해 살펴보고 개선점을 제시한다.

**주요어** : 사물인터넷(IoT), M2M, USN, 실시간 모니터링 시스템

### 1. 서 론

최근 IoT 기술의 급속한 발전은 지하철운영에도 많은 변화를 가져오고 있다. 서울도시철도에서 운영중인 실시간 모니터링 시스템은 IP카메라와 온도/소음/전압/전류/변위센서 등 전통적인 센싱기술을 통신, 빅데이터와 결합시킨 지하철운영에서의 대표적인 IoT 적용 사례라 할 수 있다. 설비 동작상태를 실시간으로 모니터링하고 수집된 데이터를 데이터베이스에 저장·분석하여 예지분석을 위한 통계자료로 활용한다. 실시간 데이터는 설정된 기준값과의 비교분석을 실시하여 장애를 예측하고 전조증상 발생시 해당 부서 등 운영자에게 통보하여 예방정비 및 신속한 장애조치를 실시하여 안전도 향상 및 업무효율성을 증대시킨다. 본 논문에서는 IoT 초기단계의 서비스인 USN에 기반한 서울도시철도 실시간 모니터링 시스템에 대하여 살펴보고 개선점을 제시하고자 한다.

<sup>†</sup> 교신저자: 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과(shchoi@seoultech.ac.kr)

\* 서울도시철도공사



### 2.2.1 데이터수집장치

분야별 기능실에 설치되는 센싱 데이터를 수집하고 전송하기 위하여 설치되는 장치로 데이터수집과 전송모뎀으로 구성된 장치이다. 온도센서, 소음센서가 내장되었으며 2가닥의 전화선, 인터폰선, 기존 통신선을 이용하여 이더넷 데이터와 일반 전화신호를 동시에 전송하는 장치이다.

### 2.2.2 IP카메라

전기·변전실 및 배수펌프실에 기능실 상황을 실시간 감시하기 위하여 IP 네트워크 카메라를 설치하였으며, 데이터수집장치를 설치하여 고속의 카메라 영상 전송이 가능토록 하였다. 고성능의 상/하, 좌/우 360도 회전하는 카메라를 설치하여 Fig 2.와 같이 램프 상태 및 계기의 숫자까지 읽을 수 있도록 하였다.



(a) 전기실(정류기용 차단기반)



(b) 배수펌프실(MCC반)

Fig 2. 카메라 영상

### 2.2.3 온도센서

전 기능실 데이터수집장치에 내장형으로 설치되어 있는 온도센서는 기능실 온도를 측정하여 서버에 전송한다. 급격한 온도변화 및 설정값 이외의 온도 검출시 실시간 그래프에 경보표시 등 변화추이를 표시하며, 데이터베이스에 누적된 데이터를 비교, 분석하여 온도변화에 대한 적절한 현장점검을 지시한다. Table 2는 상,하한 단계별 경보 설정값 및 데이터 저장간격을, Fig 3.은 온도 변화추이 분석을 통해 역사 환기 가동 그래프를 보여주고 있다.

Table 2 온도경보 관리기준

기능실명	센서명	경보지연시간 (DELAY_SEC)	저장간격시간 (STORING_SEC)	하한 경보			상한 경보		
				3 단계	2 단계	1 단계	1 단계	2 단계	3 단계
전 기 실	온도	60	60	-5	0	5	35	40	45
변 전 실	온도	60	60	-5	0	5	35	40	45
신호기계실	온도	120	60	-30	-25	-20	29	35	39
통신기계실	온도	900	60	-10	-9	-8	33	37	40
환 기 실	온도	60	60	-100	-90	-80	30	20000	21000
배수펌프실	온도	60	60	-100	-90	-80	50	20000	21000

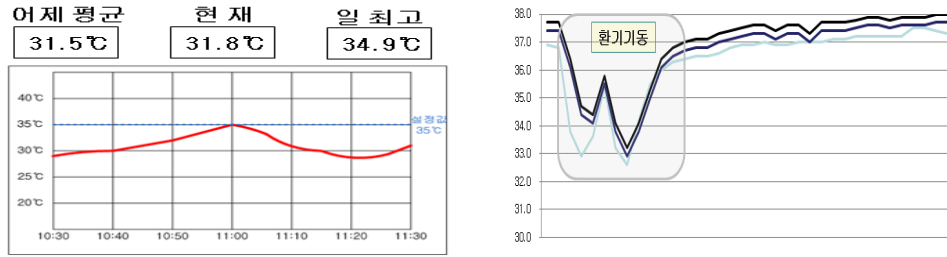


Fig 3. 온도 그래프

### 2.2.4 소음센서

각 기능실에 설치되어 있는 소음센서는 데이터수집장치에 내장형으로 소음을 측정하여 서버에 전송한다. DB서버에 누적된 소음데이터는 주파수 분석을 통하여 장애 전조증상을 예측하여 장애예방을 위한 데이터로 활용한다. 소음그래프 이상신호 발생시 경보를 울리며, 감시자가 현장 소음을 청취하여 상황 파악 및 적절한 현장점검을 지시한다. Table 3은 상,하한 단계별 경고 설정값을 Fig 4.는 실시간 소음 및 통계분석 그래프를 보여주고 있다.

Table 3 소음경보 관리기준

기능실명	센서명	경보지연시간 (DELAY_SEC)	저장간격시간 (STORING_SEC)	하한 경고			상한 경고		
				3 단계	2 단계	1 단계	1 단계	2 단계	3 단계
전 기 실	소음	120	10	-10	-9	-8	80	90	100
변 전 실	소음	120	10	-10	-9	-8	91	101	111
신호기계실	소음	120	10	-10	-9	-8	60	85	90
통신기계실	소음	60	10	-10	-9	-8	92	96	100
환 기 실	소음	0	10	-10	-9	-8	70	20000	21000
배수펌프실	소음	60	10	-10	-9	-8	117.57	20000	21000

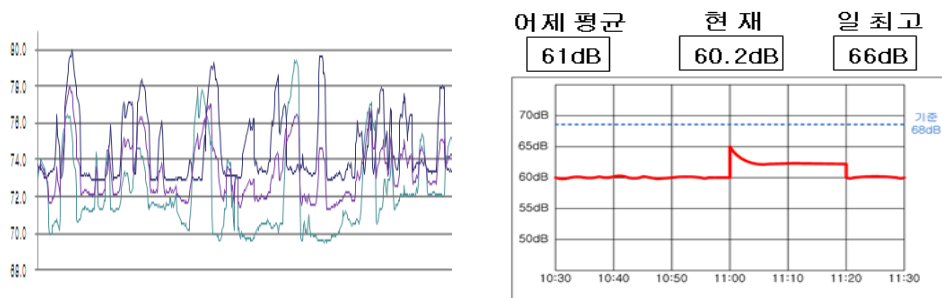


Fig 4. 소음 그래프

### 2.2.5 전류 센서

기계분야 환기실 및 배수펌프실 MCC반에 설치한 전류센서는 AC교류용 과전류 보호계전기로서 CT 및 개폐기와 연동하여 모터를 보호하는 기능을 하며, 변류기에서 과전류 Peak치를 검출한 다음 전자회로의 작동에 의해 내장된 직류 RELAY를 작동시킨다. 전류센서 출력 접점을

이용한 현장 시퀀스에 본선환기 또는 배수펌프 동력을 자동 차단하고, 부하전류 특성 검지, 3Φ 유도전동기 코일소손 장애를 예방한다. 전류경보 관리기준은 역사별 급, 배기 및 펌프 용량에 따라 다르게 설정되며 Table 4는 5호선 화곡역 터널 내 배기실의 각 상(R,S,T)별 상,하한 단계별 전류 경보 설정값을 Fig 5.는 MCC반에 설치된 전류센서를 보여주고 있다.

Table 4 전류경보 관리기준

역사	기능설명	센서명	경보지연시간 (DELAY_SEC)	저장간격시간 (STORING_SEC)	하한 경보			상한 경보		
					3 단계	2 단계	1 단계	1 단계	2 단계	3 단계
화곡	시분배기실	R 상전류	60	10	-10	-9	-8	66.53	20000	21000
화곡	시분배기실	S 상전류	60	10	-10	-9	-8	68.9	20000	21000
화곡	시분배기실	T 상전류	60	10	-10	-9	-8	67.58	20000	21000
화곡	시분배기실	영상전류	60	10	-10	-9	-8	0.02	20000	21000
화곡	시분배기실	평균전류	60	10	-10	-9	-8	69.43	20000	21000

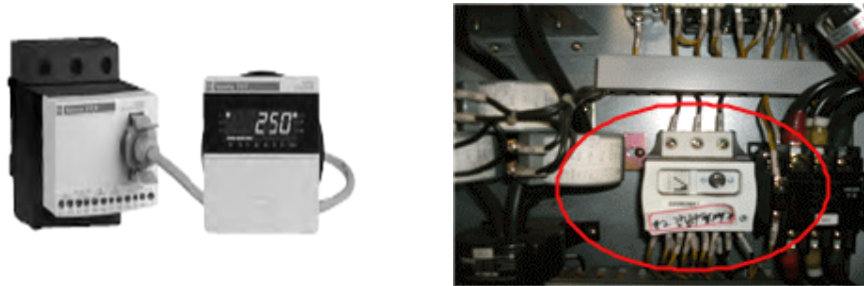


Fig 5. 전류센서

### 2.2.6 전압센서

분기구간 열차유무 상태검지를 위해 설치된 PF(Power Frequency)케도회로는 경보회로가 구성되어 있지 않아 장애 사전인지에 어려움이 있었다. 신호기계실에 전압센서를 설치하여 PF 케도회로의 수신전압을 상시체크, 이상전압 수신시 사전 예방점검을 실시하고, 고장발생시 신속한 인지를 통한 관련부서 통보 및 신속한 조치가 가능하게 되었다. PF 케도회로 장애 발생시에는 열차 신호 및 속도코드 현시가 불가하고 선로전환기의 전환이 불가하다. 전압경보 관리기준은 분기부별로 하한 단계별 설정값이 다르게 설정되며 Table 5 는 8 호선 모란역 분기부의 상,하한 단계별 전압 설정값을 Fig 6.은 신호기계실에 설치된 전압센서를 Fig 7.은 PF 케도회를 보여주고 있다.

Table 5 전압경보 관리기준

역사	기능설명	센서명	위치	경보지연시간 (DELAY_SEC)	저장간격시간 (STORING_SEC)	하한 경보			상한 경보		
						3 단계	2 단계	1 단계	1 단계	2 단계	3 단계
모란	신호기계실	전압	104	120	5	1.6	3.2	4.8	20	25	30
모란	신호기계실	전압	105	120	5	1.6	3.5	5.3	20	25	30



Fig 6. 전압센서

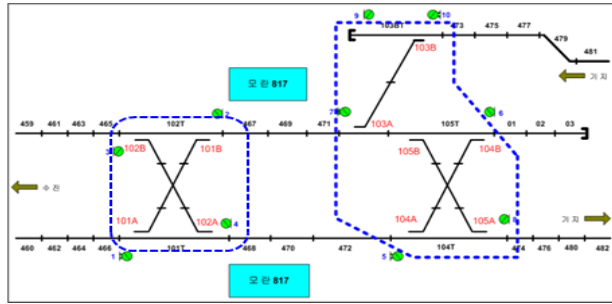


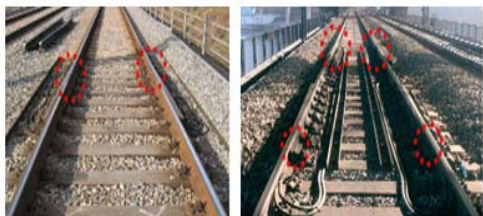
Fig 7. PF궤도회로

### 2.2.7 변위센서

한강을 횡단하는 청담대교는 급격한 온도변화에 노출되어 있으며, 궤도 신축에 의한 열차 탈선시 대형사고가 우려된다. 청담대교에 설치된 변위센서는 레일 및 거더 신축이음매 모니터링 시스템으로서 개소별 신축이음매에 대한 시간대별 실시간 측정값을 표시하여 측정값 추이, 스트로크와 온도의 상관관계를 분석한다. 레일 신축이음매 스트로크와 교량 거더의 이동량을 비교하여 레일과 교량의 움직임을 상호 연관성 분석으로 장애원인을 파악하고 장애발생에 신속히 대처할 수 있다. Table 6에서와 같이 데이터는 상,하한 단계별 경보 설정값 초과시 1시간 간격으로 서버에 저장하며, 설치위치는 Fig 8.과 같이 레일부는 신축이음매 장치 궤간 외측에, 거더부는 Fig 9.와 같이 도상 상면 및 교량 상면에 부착하였다

Table 6 변위경보 관리기준

역사명	센서명	위치	경보지연시간 (DELAY_SEC)	저장간격시간 (STORING_SEC)	하한 경보			상한 경보		
					3 단계	2 단계	1 단계	1 단계	2 단계	3 단계
청담대교	변위	21K992 상좌(S11)	60	3600	-60	-59.9	-54.9	54.9	59.9	60
청담대교	변위	21K992 상우(S12)	60	3600	-60	-59.9	-54.9	54.9	59.9	60
청담대교	변위	21K992 하좌(S23)	60	3600	-60	-59.9	-54.9	54.9	59.9	60
청담대교	변위	21K992 하우(S24)	60	3600	-60	-59.9	-54.9	54.9	59.9	60



단단형(±62.5mm) 양단형(±62.5mm, ±300mm)

Fig 8 설치위치(레일부)

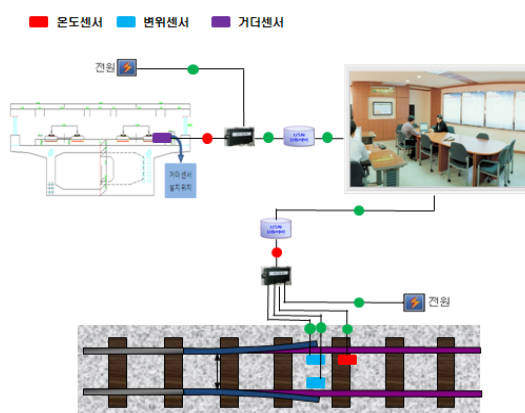


Fig 9 설치위치(거더부)



### 2.3 시스템 운영

Fig. 10은 실시간 모니터링시스템의 실제 운영화면이며, 기능실의 측정온도 및 소음을 실시간으로 보여주며, 특정시간 동안의 온도, 소음 그래프 및 전조증상 유무를 나타내고 있는 화면이다.



Fig 10. 기능실 온도/소음 실시간 모니터링

Fig. 11은 5호선 신정역의 환기설비 운용상황을 실시간으로 보여주는 화면으로 설치위치는 물론 가동상태, 센서에 대한 이상유무를 입체적으로 보여주고 있다.

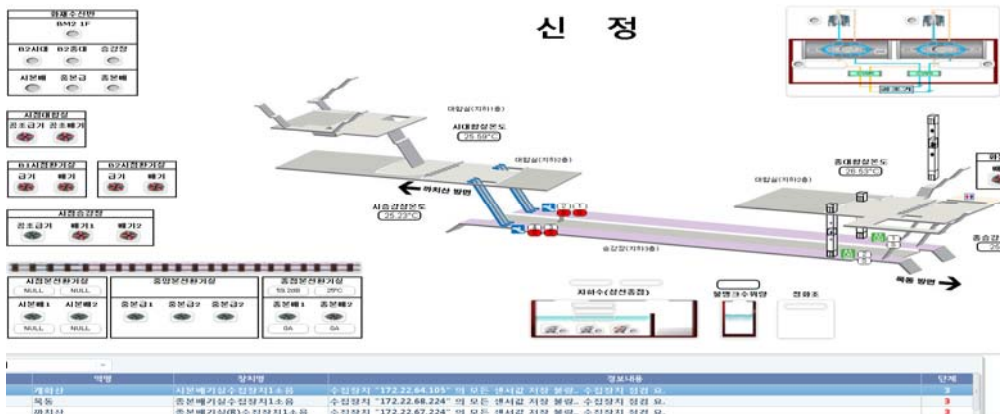


Fig 11. 역사 환기설비 실시간 모니터링

Fig. 12는 통계자료로 센서별로 경보발생 건수를 나타내는 화면으로 모든 센서는 고유번호를 부여하여 관리하고 있으며, 이는 예지분석을 위한 자료로 활용하고 있다.



Fig 12. USN센서 경보분석

## 2.4 고찰

현재 운용중인 시스템은 스마트폰과 같은 모바일 기기에서의 접근을 허용하지 않고 있다. 모니터링장치가 설치되어 있는 사무실에서 설비 운영자에 의한 감시 및 경보에 대한 사후 조치, 통계분석, 장애 전조증상 분석 등의 업무가 이루어지고 있다. 서론에서도 언급했듯이 IoT 초기단계의 서비스를 제공하고 있는 것이다. 서비스를 고도화하고 활용도를 높이기 위해서는 운영자의 개입을 최소화하고 이동환경에서도 시스템접근이 용이해야 한다. 언제, 어디서나, 이동중에도 직원이 개인 스마트폰 등 모바일 기기를 통해서 알람경보 발생시 시스템에서 자동으로 전송된 해당정보를 확인하고 모니터링할 수 있어야 하며, 필요시 원격제어도 가능하도록 시스템보완이 필요하다.

## 제3장 결론

본 논문에서는 5~호선 역사 및 터널 내 시설물의 효율적인 유지관리를 위하여 서울도시철도에서 설치·운영중인 실시간 모니터링 시스템(USN)을 통해서 센싱기술, 통신, 빅데이터가 결합된 IoT 기술이 지하철운영에도 활용되고 있음을 확인하였다. 물론 아직까지는 온도,소음,진압,전류 등 전통적인 센싱기술에 운영자의 간접 요인이 많이 남아 있으나 급속도로 발전하는 IoT기술과 모바일 기기 등을 적극 활용한다면 물품관리, 설비이력 관리 등 시설물관리는 물론 열차운행관리, 직원건강(Health) 관리 등 지하철운영 전반에 광범위하게 IoT기술이 적용될 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- [1] 이은혜(2013) 클라우드와 빅데이터를 이용한 헬스케어 서비스 플랫폼 디자인, 석사학위, 홍익대학교
- [2] 허진(2014) 사물인터넷(IoT) 융합비즈니스 촉진전략에 대한 연구, 석사학위, 한성대학교
- [3] 윤재관(2011) 도시철도 실시간 모니터링 시스템 적용 사례, 한국철도학회 학술대회 발표 논문집, 737~747페이지
- [4] 서울도시철도공사(2010) 실시간 모니터링 시스템 기술세미나