

철도역사 환경에서의 지능형 인지기반 안전관리 자동화 연구

Research on the Automatic Safety Management System for Railway Station

이재영*[†], 최성록*, 정재찬*, 김지완*, 조재일*, 김현구**, 안세영**, 이상재**

Jae-Yeong Lee *[†], Sunglok Choi*, Jae-chan Jeong*, Ji-Wan Kim*, Jae-il Cho*,
Hyoun-Ku Kim**, Saeyong Ahn**, Sangjae Lee**

Abstract Recently social concern on the safety issues and automation system of the railway safety management system has been increasing. In this work, we investigate status and problems of current safety management system of railway stations and suggest effective way for safety management. We first describe analysis result on the railway accident data for recent 5 years. Issues and user requirements derived from the on-site investigation and interviews are also described. Finally we discuss on the effective way for the automation of the railway safety management system.

Keywords : Safety management, Intelligent visual surveillance, Automation system

초 록 최근 잇따른 안전사고로 인해 안전관리에 대한 사회적 관심 및 요구가 증가하고 있으며 철도역사 환경에서의 안전관리 자동화에 대한 요구 또한 증가하고 있다. 본 연구에서는 철도역사 환경에서의 안전관리 현황 및 문제점을 분석하고 향후 안전관리 자동화를 위한 효과적인 접근 방향에 대해 기술한다. 보다 상세하게는 먼저 최근 5년간의 철도 여객사고 데이터에 대한 분석 결과 및 이로부터 도출된 시사점을 기술한다. 그리고 실제 철도역사 현장 답사 및 인터뷰를 통해 얻어진 데이터를 바탕으로 현재 철도역사에서의 안전관리 현황 및 개선 요구사항, 시사점을 기술한다. 마지막으로 향후 효과적인 안전관리 자동화 방향에 대한 제안 내용을 기술한다.

주요어 : 안전관리, 지능형 영상감시, 자동화 시스템

1. 서 론

최근 우리 사회에는 세월호와 돌고래호 사고 등 크고 작은 많은 안전사고가 발생하고 있어 사회 공공시설과 교통시설에 대한 안전관리에 대한 사회적 관심과 요구가 크게 증가하고 있다. 대한민국은 교통안전 부분에서 OECD 하위권에 랭크되어 있고, 2009년 기준 철도교통 사고에 의한 사회적 피해비용은 약 640억원에 이를 것으로 추정[8]되고 있다. 도시철도의 경우 PSD(스크린도어) 설치가 의무화되어 2019년까지 전국 대부분의 도시철도 역사에 PSD가 설치가 완료되어 선로 침입이나 승강장 추락 사고는 크게 줄어 들 것이다. 그러나 광역

† 교신저자: 한국전자통신연구원 차세대영상시스템연구실(jylee@etri.re.kr)

* 한국전자통신연구원 차세대영상시스템연구실

** 한국철도공사

/일반철도의 경우 PSD 설치가 되지 않은 곳이 많고 불가능한 경우도 있다. 또 철도역사의 에스칼레이터와 계단에서 빈번하게 발생하는 전도나 추락 사고 등에 대한 대책이 전무한 상태이다. 현재 철도역사 내에 많은 CCTV가 설치되어 있지만, 시설이 낙후되어 있고 전문 모니터링 인력이 없어, 승객의 신고를 통해 사고를 인지하기 때문에 사고의 징후를 감지하여 초동 대처하거나 사고 발생 후 골든타임 내 조치가 힘든 상황이다. 따라서 우리 철도역사에서는 CCTV와 각종 센서들을 이용해 사고를 자동으로 인지하고, 역무원의 확인 후 사고 전파 및 대처가 자동으로 이뤄지는 시스템, 즉 지능형 안전관리 시스템이 필요하다. 이러한 지능형 안전관리 시스템은 전국 약 200개 이상의 무인역의 안전관리도 가능하게 하여 국민 안전에 대한 사회적 요구를 만족할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구에서는 철도역사의 지능형 안전관리 시스템에 필요한 요구사항 및 기능과 이를 통한 경제적 효과에 대해 도출하고자 한다. 우선 2장에서는 최근 5년의 국내 고속/일반/도시철도의 사고 데이터와 최근 6년간 한국철도공사의 사고 데이터를 분석하여 우리 철도역사에 발생하는 주요 사고 유형을 도출한다. 또 이를 영국 RSSB 사고 데이터와 비교함으로써 주요 사고유형이 국내에 한정되지 않고 다른 나라의 철도역사에도 보편적인 것임을 확인한다. 3장에서는 다양한 유형의 국내 21개의 철도역사를 방문하여 현장답사 및 인터뷰를 통해 도출된 국내 철도역사의 안전관리 현황 및 개선 요구사항을 기술하고 이를 통해 도출된 시사점을 기술한다. 4장에서는 조사 분석을 통해 도출된 안전관리 현황 및 요구사항을 바탕으로 향후 효과적인 안전관리 자동화 방향을 기술하며 마지막으로 5장에서는 결론을 제시한다.

2. 철도역사 사고데이터 분석 및 시사점

본 연구에서는 아래와 같이 한국철도공사의 최근 6년(2009-2014년)의 사고 데이터[1, 2, 3]와 교통안전공단에서 분석한 최근 5년(2009-2013년)의 국내 전체 철도안전사고 데이터[4, 5]를 분석하여 주요 철도사고의 유형을 도출하고, 이들의 경향과 빈도를 분석하였다. 그리고 이러한 경향을 RSSB에서 분석한 2013/14년 영국의 철도안전사고 데이터[6]과 비교하여 보았다.

한국철도공사에서 고속/일반/도시철도에서 최근 6년동안 발생한 여객사고의 사상자는 514명(연평균 85.6명), 공중사고의 사상자는 462명(연평균 77.0명)이다 [1, 2]. 표 1과 2에서 사고 유형과 사고 유형에 따른 사고 피해도를 나타내었다.

가장 빈번한 사고유형은 “선로침입”으로 여객사고의 66.5%, 공중사고의 93.9%를 차지하고 있다. 선로침입의 경우, 사고 발생 시 약 57.6%(여객사고)와 약 80.1%(공중사고)가 사망사고로 이어져 큰 피해가 발생한다. 선로침입의 주요 이유는 자살, 무단횡단, 선로추락으로 여객사고의 경우 약 65.5%가 자살 목적의 선로침입이고, 공중사고의 경우 약 41.7%이다. PSD나 울타리의 설치로 무단횡단이나 선로추락에 의한 사고는 매년 약 10%씩 감소하고 있지만, 자살에 의한 선로침입은 좀처럼 줄지 않고 있다. 자살의 경우 “원정자살”이라는 말이 생길 정도로 안전설비가 취약한 역사나 선로를 찾아가서 발생하기 때문이라고 생각된다.

두 번째로 빈번한 여객 사고유형은 역사 내에서 넘어짐, 즉 “역내전도”로 전체 여객사고의

약 14.6%를 차지하고 62.7%가 경상이다. 그러나 위의 여객사고와 공중사고는 24시간 이상 병원 치료가 필요한 사상자가 발생한 사고를 대상으로 하고, 일반 영업사고를 포함하면 사고빈도는 크게 달라진다. 2013년 한 해의 한국철도공사의 영업사고는 총 2,667건 (2,676명)으로 역내전도는 총 1,137건으로 74.6%를 차지한다. 사고는 주로 에스칼레이터(37.8%)와 승강장(18.9%), 계단(18.6%)에서 발생하고 대부분 경상이지만 사상자가 노인이나 장애인, 취객 등 심신취약계층이기 때문에 주의가 필요하다.

표 1. 한국철도공사의 2009-2014 년 여객사고 유형별 피해도 분석 (단위: 명)

구분		계	사망	중상	경상
인명피해	자살(추정)	224 (43.6%)	160 (71.4%)	57 (25.4%)	7 (3.1%)
	무단통행	60 (11.7%)	29 (48.3%)	20 (33.3%)	11 (18.3%)
	선로주박	58 (11.3%)	8 (13.8%)	25 (43.1%)	25 (43.1%)
	소 계	342 (66.5%)	197 (57.6%)	102 (29.8%)	43 (12.6%)
역내전도		75 (14.6%)	1 (1.3%)	27 (36.0%)	47 (62.7%)
전기감전		11 (2.1%)	3 (27.3%)	7 (54.5%)	2 (18.2%)
차내전도		67 (13.1%)	4 (6.0%)	19 (28.4%)	44 (65.7%)
기 타		18 (3.5%)	4 (22.2%)	6 (33.3%)	8 (44.4%)
합 계		514	209 (40.7%)	161 (31.2%)	144 (28.1%)

표 2. 한국철도공사의 2009-2014 년 공중사고 유형별 피해도 분석 (단위: 명)

구분		계	사망	중상	경상
선로침입	자살(추정)	181 (39.2%)	169 (93.4%)	10 (5.5%)	2 (1.1%)
	무단횡단	253 (54.8%)	179 (70.8%)	58 (22.9%)	16 (6.3%)
	소 계	434 (93.9%)	348 (80.1%)	68 (15.7%)	18 (4.1%)
전기감전		23 (5.0%)	5 (21.7%)	16 (69.6%)	2 (8.7%)
기 타		5 (1.1%)	2 (40.0%)	3 (60.0%)	0 (0.0%)
합 계		462	355 (76.8%)	87 (18.8%)	20 (4.3%)

교통안전공단에서 철도안전정보종합관리시스템[7]에 등록된 최근 5년동안 발생한 국내 주요 고속/일반/도시철도 사고 데이터를 분석[4, 5]하였고, 이를 위의 한국철도공사 사고유형과 비교하였다. 본 사고 데이터에서 한국철도공사의 사고가 전체 사고의 약 86.6% 차지하였고, 위의 한국철도공사 여객/공중사고 데이터와 같은 주요 사고유형을 도출할 수 있었다. 특징적인 부분은 한국철도공사가 사고 횟수와 100만 km당 위험도도 가장 높았다는 점(코레일 0.79, 서울메트로 0.10, 서울도시철도공사 0.01)이다. 이는 서울메트로와 서울도시철도공사 등 도시철도의 경우 선로가 지하에 있는 경우가 많고, 대부분 역사 내에 PSD가 설치되어

있기 때문인 것으로 판단된다. 한국철도공사의 광역/일반철도는 PSD 설치가 의무화되지 않았고 많은 일반철도 승강장의 경우 PSD 설치가 불가능한 경우가 많다. 또 광역/일반철도 선로의 대부분은 지상에 설치되어 있기 때문에 안전사고에 크게 노출되어 있고, 지능형 안전관리 시스템이 절실한 상황이다.

영국 RSSB의 연간안전보고서 2013/14[6]는 2013년 4월부터 2014년 3월(회계년도 기준)까지 안전사고를 다루고 있고, 국내와 유사한 사고유형을 가짐을 확인할 수 있었다. 국내와 유사하게 공중(public)사고의 경우 자살이 약 89%를 차지하고 있고, 여객(passengers)사고의 경우 역사 내 전도/추락이 47%, 열차를 타고 내릴 때 전도/추락/끼임이 21%를 차지하고 있다.

3. 철도역사 현장방문 분석 및 요구사항

본 연구에서는 안전관리 현황 파악 및 현장의 안전관리 요구사항 수집을 위해 6회에 걸쳐 총 21개의 국내 철도역사에 대한 현장답사를 실시하였다. 현장방문/인터뷰 결과를 크게 안전관리 인프라 측면과 안전사고 인지 및 대처 측면으로 구분하여 정리하면 다음과 같다.

먼저, 안전관리 인프라 측면에서는 일반 철도역사의 경우 대부분 CCTV 카메라에 의존하고 있으나 기존에 설치된 카메라들이 낡고 노후화되어(SD급의 낮은 화질, 저해상도) 있으며 하나의 모니터에서 시분할/공간분할을 통해 CCTV 영상을 확인함으로써 효과적인 안전사고 모니터링이 힘든 문제점을 갖고 있었다. 일부 신설역 및 대형역에는 HD급의 고해상도 카메라가 도입되어 있지만 과거에 설치되어 있던 구형 카메라들과 혼재되어 있는 경우가 많으며 지능형 시스템을 채용한 경우는 거의 없고 대부분 사람에 의한 모니터링에 의존하고 있다. 도시철도의 경우에는 PSD(스크린도어)가 대부분 설치되어 있으나 예산 문제 등으로 일반 철도역사까지 확대 설치하기에는 힘든 상황이다. 서울메트로의 경우 지능형 시스템이 도입되어 있으나 승강장 SOS 비상전화 등 일부 기능에 국한되어 사용되고 있으며 철도교통관제센터의 고속선통합감시실에서 지능형 인지시스템을 사용하고 있으나 물체 오검출(17만건/하루, 345대 카메라)이 큰 문제이다.

다음으로, 현장방문/인터뷰의 안전사고 인지 및 대처 관련 조사 결과를 정리하면 현재 대부분의 철도 역사에서는 일부 대형역을 제외하고는 CCTV 모니터링을 위한 전담 직원이 없으며 다른 업무와 겸무를 하는 경우가 대부분이다. 따라서 CCTV 모니터링을 통한 사고 예방 및 빠른 인지는 거의 불가능한 상황이며 현재 안전사고 인지는 대부분 사고 후 주변의 승객에 의한 직접 인지 및 신고에 의존하고 있는 것으로 나타났다. 으며 CCTV는 사고 분석에만 사용되고 있는 실정이다. 서울메트로의 경우 사회복지요원이나 장애인요원이 전문적인 CCTV 모니터링 업무를 수행 중이나 사각지대나 혼잡환경으로 인해 CCTV를 통해 사건을 인지하는 경우는 드물고, 여전히 승객의 신고에 많은 부분을 의존하고 있다.

이상의 철도역사 현장방문 및 인터뷰를 통해 도출된 시사점 및 개선방향을 정리하면 다음과 같다.

- 역사 관리 관점에서 역사 내 “사각지대”가 큰 이슈이며 카메라의 개수가 제한된다면

최적의 카메라 위치/각도/스펙 선정에 대한 연구가 필요하다. 또한 광각 카메라를 활용한 해결도 가능할 것으로 기대됨.

- 낙후된 인프라와 관련된 요구사항이 많음 (“잘 안보인다” → 저해상도, 저화질, 렌즈 오염 등 노후화된 카메라 시스템에 대한 개선 요구)
- 일반/고속철도역사는 “선로의 물체를 인지” 하는 것에 많은 필요를 느낌 (사고 위험이 빈번하고 발생하면 치명적)
- 에스컬레이터나 계단에서 (노약자, 취객) 넘어지는 사고는 매우 빈번(한달 평균 2건)
- 제한구역 진입, 유기물, 기물 파손, 야간 모니터링에 대한 필요성은 매우 낮음

4. 철도역사 지능형 안전관리 방안 및 요구기능

현재 일반철도역사 및 고속철도역사에 있어서 가장 주요한 안전관리 인지 수단은 역사별 30대 ~ 50대 이상씩 설치되어 있는 CCTV 카메라를 통한 모니터링 시스템이다. 하지만 앞서 현장방문 분석 결과에서 나타났듯이 대부분의 역사에서 모니터링 전담 요원이 있는 경우는 극히 드물며 대부분 검무를 통해 CCTV 모니터링을 수행하고 있다. 또한 CCTV 모니터링을 전담한다고 하더라도 1인당 30 ~ 40대 이상의 CCTV를 동시에 모니터링해야 하는 실정이기 때문에 현재 설치된 CCTV의 수에 비해서 감시 인력은 크게 부족한 것이 현실이다.

인간의 CCTV 모니터링 감시 효율에 관한 최근 연구 결과[9]에 의하면 2대 이상의 CCTV를 감시하는 사람의 경우에 12분이 지나면 위험 상황의 45%, 22분이 지나면 위험 상황의 95% 이상을 놓치기 때문에 사람을 통한 CCTV의 감시에는 한계가 있다.

따라서 현재의 인간 모니터링의 한계를 극복하고 효과적인 안전관리가 이루어지기 위해서는 지능형 영상인지 모니터링 시스템의 도입이 시급한 것으로 판단된다. 지능형 영상인식 기술은 영상분석을 통하여 사전 정의된 이벤트가 발생할 때 감시자에게 경보를 생성하여 알려주기 때문에, 모든 영상을 24시간 365일 쉼 없이 감시하지 않고 경보가 발생할 때 해당 화면을 보고 실시간으로 상황을 판단하고 대처하면 된다 [10]. 따라서 지능형 영상분석 기술을 사용하면 한 사람이 다수의 CCTV를 감시할 수 있으며, 사고를 사전에 예방하고 사고가 발생할 경우에는 신속하게 인지하여 대응함으로써 피해를 줄일 수 있도록 해준다.

지능형 영상감시 시스템 외의 다른 안전관리 수단으로 PSD(Platform Screen Doors) 설치를 고려할 수 있으나 PSD는 높은 설치비용(승강장 플랫폼당 약 40억 소요)으로 인해 광역/일반철도까지 설치하는 현실적으로 힘들 것으로 예상되며 비록 PSD가 설치된다 하더라도 철도역사의 에스컬레이터와 계단에서 빈번하게 발생하는 전도나 추락 사고 등에 대한 대책이 전무한 상태이다.

따라서 현실적으로 가장 효과적인 안전관리 수단은 기존에 이미 설치되어 있는 CCTV 모니터링 인프라를 활용할 수 있는 지능형 영상감시 시스템 도입으로 볼 수 있다. 지능형 영상감시 시스템은 추가적인 설비비용이 거의 들지 않으며 승강장에만 국한되는 PSD와는 달리 계단, 에스컬레이터, 대합실, 환승통로 등 철도역사의 종합적인 안전관리 자동화 시스템 구축이 가능한 장점을 갖는다.

이러한 지능형 영상감시 시스템을 구축하는데 있어서 필요한 요구사항 및 기능을 최근 사고데이터 분석 및 현장 방문/인터뷰 결과를 바탕으로 정리해 보면 설비 면에서는 현재의 낙후된 인프라의 개선이 시급한 것으로 나타났으며 기능적으로는 선로의 물체를 인지하는 것과 에스칼레이터에서의 사고 및 넘어짐을 자동으로 인지하는 기능이 가장 시급히 요구되는 것으로 파악되었다. 또한 인터페이스 측면에서는 자동 안내방송, 사고 상황의 모니터 화면 표출 등 사고상황을 신속하게 파악하고 대처할 수 있는 시스템에 대한 요구가 높게 나타났다.

따라서 향후 효과적인 안전관리 자동화 방향은 인지자동화와 대처자동화를 통한 통합 안전관리 자동화 시스템 구축으로 요약할 수 있다. 인지자동화는 현재의 CCTV 모니터링 시스템을 기반으로 각종 센서와 지능형 영상감시 기술을 도입하여 인간의 인지 능력을 보완하고 적은 감시 인력만으로도 역사내 다양한 위험상황을 자동으로 인지할 수 있는 시스템을 구축하는 것이다. 대처자동화는 위험상황 또한 사고발생이 감지된 경우에 안내방송, 승객 대피, 현장 역무원 파견, 열차 운행 시스템 연계, 유관기관 연락 등 일련의 대처 과정을 시스템화하고 자동화함으로써 골든타임을 확보하고 신속한 대처 및 피해를 최소화하는 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 최근 사고데이터 분석 및 현장 방문/인터뷰를 통해 국내 철도역사 안전관리 현황 및 문제점, 개선 요구사항을 분석하고 이를 통해 철도역사의 지능형 안전관리 시스템에 필요한 요구사항 및 기능을 도출하였다. 향후 지능형 안전관리 시스템이 국내 철도역사에 적용될 경우 고속/일반철도 뿐만 아니라 전국 약 200개 이상의 무인역의 안전관리도 가능하게 하여 국민안전에 대한 사회적 요구를 만족할 수 있을 것으로 기대한다.

후 기

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 연구과제(철도역사 서비스 표준화 및 안전관리 자동화 기술 개발, 14RTRP-B091404-01)에 의해서 수행되었음.

참고문헌

- [1] 한국철도공사 안전본부, 여객·공중사상사고 분석 및 대책 보고서, 2015년 3월
- [2] 한국철도공사 안전본부, 산업재해 분석 및 예방대책, 2015년 2월
- [3] 한국철도공사, 2013년 영업사고 (통계), 2014년
- [4] 교통안전공단, 철도사고 분석보고서, 2014년
- [5] 교통안전공단, 철도안전성능 보고서, 2014년
- [6] RSSB, Annual Safety Performance Report 2013/14, 2014년
- [7] 철도안전정보종합관리시스템, <http://www.railsafety.or.kr/>
- [8] 심재익, 유정복, 2009년 교통사고 비용 추정, 한국교통연구원, 2012년
- [9] Security OZ, 'Buyer Beware', 2002.
- [10] 정치윤, 한종욱, 지능형 영상분석 이벤트 탐지 기술동향, ETRI 전자통신동향분석, 2012년