

철도정보를 활용한 실시간 의사결정 지원시스템 개발

Development of Real-time Integrated Support System
Using Railway Operating Data



김예진



장정욱



김범승



서영석

서론

Eurostat의 최근 자료에 따르면 2013년에 비해 2014년에 철도 사고 건수가 5.1% 증가하였으나 사망자수는 오히려 -9.5%로 감소하였다. 이는 철도 산업의 고속화 및 기술개발로 이용률이 증가하면서 상대적으로 사고가 증가하였으나, 안전시스템의 강화로 사망자는 오히려 감소하였음을 알 수 있다. 과거에는 철도차량, 시설과 같은 H/W의 문제로 철도사고 및 운전장애가 발생하였다면, 최근에는 기술의 발달로 철도이용객, 기관사 등의 휴먼에러에 의해 사고 및 장애가 발생하는 추세이다. 이는 전체 사고 및 장애의 건수가 줄어들었음에도 불구하고 규정위반, 유지보수 미흡, 착오 등의 휴먼에러에 의한 사고의 비율이 압도적인 것만 보아

도 알 수 있다. 운전자의 개인적인 습관은 물론 지리적 형상 및 기후, 노후 시설, 선로의 결함 등 여러 변수가 종합적으로 적용되어 사고의 가능성을 높이게 된다.

그 외에도 열차의 안전운전을 위해 철도노선의 상태 확인 및 유지 신호 제어설비, 위치 궤도 복구는 필수사항이다. 이 같은 유지보수 작업 수행 시 열차신호 등을 무전을 통해 전달하는 현 시스템은 정보전달의 오류 발생률을 높이거나 작업에 집중하면서 열차가 접근하고 있음을 인식하지 못하는 등 정비 작업자의 안전을 위협한다.

이와 같이 휴먼에러는 개인이 아닌 조직이나 업무환경이 주요 원인으로 시스템의 개선을 통해 사고예방이 가능하다. 만약 예상치 못한 상황이 발생하였을 경우 다른 열차와의 충돌, 지연을 피하거나

김예진 : 한국철도공사 연구원 경영연구처, yejin@korail.com, Phone: 042-615-4663, Fax: 02-361-8541
장정욱 : 한국철도공사 연구원 경영연구처, jwjang@korail.com, Phone: 042-615-4684, Fax: 02-361-8541
김범승 : 한국철도공사 연구원 경영연구처, bluedav@korail.com, Phone: 042-615-4686, Fax: 02-361-8541
서영석 : 한국철도공사 연구원 경영연구처, sys2130@korail.com, Phone: 042-615-4680, Fax: 02-361-8201

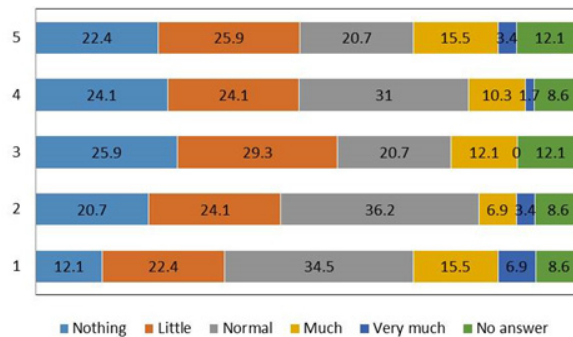


그림 1. 사고 후 기관사의 심리상태 설문조사

최소화하기 위해 차량의 긴급정지 또는 우회 할 수 있도록 기관사의 효율적인 판단이 무엇보다 중요하다. 그러나 인간의 단독적인 결정은 불확실한 결과를 초래한다. 따라서 근본적인 시스템의 개선으로 철도 네트워크를 강화할 필요가 있다.

본 연구에서는 효율적이고 안전한 열차 운행을 보장하기 위해 관련 데이터를 수집·활용한 빅데이터 기반의 철도 정보의 시각화로 기관사에게 위험 구간임을 사전에 알려 안전한 철도운행을 유도하여 철도 사고를 예방하고자 한다.

휴먼에러

1. 휴먼에러 스트레스

최근 휴먼에러의 후유증으로 공황장애를 겪는 기관사가 늘고 있다. 특별한 이유 없이 극도의 공포감을 느끼며 심장박동이 빨라지고 숨이 차는 등의 증상이 나타나며 적절한 치료를 하지 않으면 자살까지 이르는 스트레스가 주요 원인인 정신질환이다. 기관사는 직업 특성상 좁은 공간에서 장시간 근무하며 하루 종일 지하에서 근무하는 경우도 많아 정신질환에 쉽게 노출된다. 우울증은 일반인(2.6%)에 비해 2배, 공황장애는 일반인(0.1%)의 7배 높은 유병률(0.7%)이 나타나기도 했다. 또한 고속선의 경우 300 km가 넘는 속도감으로 인해 기관사들이 느끼는 심적 부담감이 큰 것으로

나타나 휴먼에러는 개인의 과실이 아닌 근무환경, 조직, 시스템의 문제로 접근해야 한다. 기관사의 휴먼에러 스트레스는 기관사 개인뿐만 아니라 이용자의 안전 확보를 위해서 근본적인 개선이 필요하다.

2. 휴먼에러 분석

그림 1은 사고 경험이 있는 불특정 기관사 60명의 심리상태를 파악하기 위해 설문조사를 한 결과이다. 각 항목의 질문은 다음과 같다.

- 1) 연관된 어떤 것을 보면 그 당시의 감정을 불러일으킨다.
- 2) 수면을 지속하기 어렵다.
- 3) 갑자기 그 당시의 영상이나 감정이 떠오른다.
- 4) 스스로 쉽게 화가 난다고 느낀다.
- 5) 기억에서 지우려고 노력한다.

기타 의견 중에는 그 당시를 떠올리게 하는 간접적인 요인에도 식은땀, 호흡곤란, 두근거림 등을 느끼는 심각한 수준의 스트레스를 호소하는 기관사가 전체 34.5%에 이르렀다. 개인의 성향에 따라 정신질환의 증세가 다르게 나타났으며, 상담을 통해 심리적 압박감을 줄이고자 노력하고 있다는 응답자도 있었다. 실제로 우울증이나 공황장애 등의 정신질환을 호소하는 기관사가 늘어나고 있으며 적절한 치료와 더불어 작업환경 개선, 운행 시스템의 신뢰도 향상 등 근본적인 문제 해결이 필요하다.

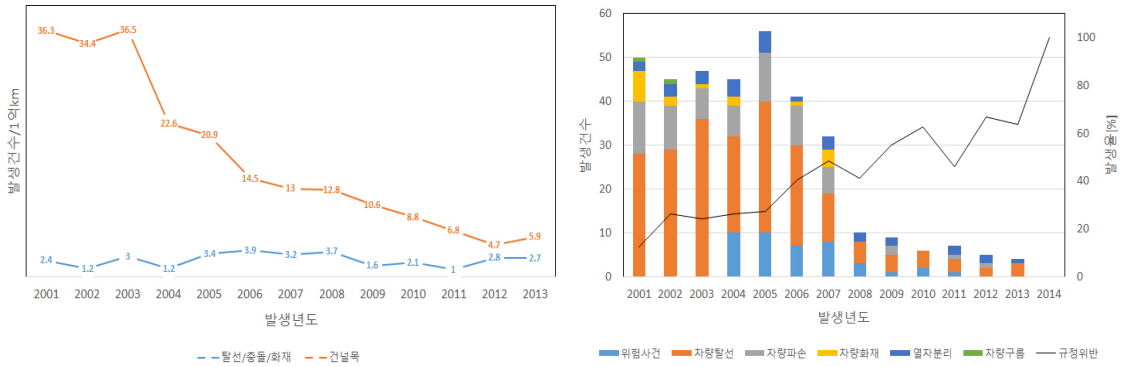


그림 2. (a) 1억 km 당 열차사고 발생건수, (b) 연도별 운행장애 발생건수

3. 휴먼에러의 사고와 위험

그림 2(a)는 '01년부터 '13년에 걸쳐 수집된 철도사고 정보를 기반으로 1억 km당 발생한 사고 건수로 나타낸 것으로 열차사고의 경우 수년간 큰 변화가 없음을 알 수 있었다. 그러나 건널목 사고의 경우 2004년에 급격한 감소율이 나타남을 확인 할 수 있는데, 이는 국내는 철도운영 100년이 넘는 역사를 가지고 있지만 지금과 같은 체계적인 관리가 수행된 것은 2004년도에 제정된 철도안전법이 시행된 이후인 것과 관련이 있다. 2003년 대구 지하철 화재 참사를 계기로 철도안전에 대한 인식 변화와 경부 고속철도 개통에 따라 과거 일본의 철도안전관리기법에서 유럽중심의 안전관리기법으로 변화된 시점인 2004년을 기점으로 눈에 띄게 변화를 가져온 것이다. 따라서 최근 10년간은 철도산업에 급격한 변화가 있는 시기였으며, 이후 지속적으로 안전성이 개선되었다. 그림 2(b)는 연도별 운행 장애 발생 건수를 나타내었다. 전체 운행 장애가 줄어들고 있음에도 불구하고 규정위반(인적요인)에 의한 운행 장애의 비율은 증가하는 것을 알 수 있다. 인적요인의 세부사항을 살펴보면 이용자의 법규위반 및 부주의에 따른 사고가 빈번하였으며, 직원의 안전의식 미흡, 유지보수 미흡,

착오 순으로 나타났다. 이는 과거 철도차량, 시설과 같은 H/W의 문제로 사고·장애가 발생한 것과 비교하여 최근에는 철도이용객, 기관사 등 인적과실에 의해 발생되고 있음을 확인 할 수 있었다.

빅데이터 활용

1. 빅데이터 수집

최근 IT기술의 발전에 따라 방대한 양의 데이터가 수많은 종류로 발생되고 있다. 빅데이터 기반의 분석방법론은 과거 불가능했던 미래 예측이 가능하여 기업경쟁력을 강화시키고 비즈니스 혁신을 가능하게 한다. 이런 빅데이터 기반의 IT기술을 철도 산업에 접목하여 철도안전 수준을 향상시키고자 한다.

철도관련 정보는 한국철도공사 소유의 XROIS¹⁾와 KOVIS²⁾을 이용하여 최근 1년간 자료를 바탕으로 분석하였다.

2. 빅데이터 분석

그림 3은 선로의 상태 확인을 위해 궤도탐상차가 측정된 최근 1년의 데이터를 분석한 결과로 궤

1) XROIS : eXtended Railroad Operating Information System(철도운영정보시스템)
 2) KOVIS : KORail Vision Innovation System(정보운영시스템)

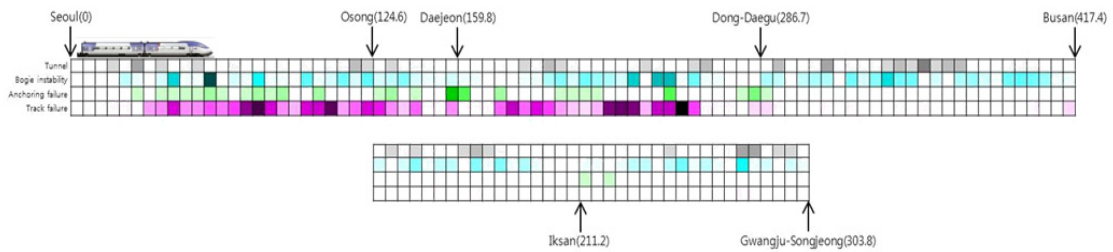


그림 3. 고속선의 선로 상태에 따른 대차불안정 이력

도결함 및 체결구 결함을 고속선의 선로 기준으로 나타내었다. 궤도결함의 면적이 클수록, 체결구 결함의 건수가 많을수록 어둡게 표현하였다. 전체 노선을 기준으로 분포 비율을 보았을 때 동대구-부산, 오송-광주송정 구간에 비해 서울-동대구 구간에서 궤도결함이 집중적으로 나타나는 것을 알 수 있었다. 이는 서울-동대구 구간은 자갈궤도 구간이며, 동대구-부산, 오송-광주송정 구간은 콘크리트궤도로 구축되었기 때문이다. 동일한 이유로 체결구 결함의 분포도 비슷한 양상을 보였다. 자갈궤도는 탄성을 가지고 있어 소음과 진동이 적고 레일로 전달되는 하중을 분산시켜 승차감이 좋은 반면, 자갈의 마모, 파손으로 인해 석분이 발생하고, 선형이 쉽게 나빠져 유지보수 및 인력소모가 큰 단점이 있다. 콘크리트 궤도는 자갈궤도에 비해 시공비가 5배 비싸고 소음과 진동, 탄성을 보완하기 위해 별도의 완충재료 시공이 필요하다. 그러나 궤도틀림이 적어 유지보수가 거의 필요 없기 때문에 선로의 결함이 자갈궤도에 집중적으로 나타남을 알 수 있었다.

동일한 기간 동안 각 고속열차의 센서를 통해 기록되는 고장이력 중 열차의 균형이 틀어짐을 식별한 대차불안정 관련 정보를 선로결함 정보에 결합하였다. 그 결과 결함이 가장 빈번하게 발생한 지역과 대차불안정이 발생한 지역이 거의 유사함을 확인 하였다. 자갈궤도의 특수성을 제외하더라도 시설물(터널)의 존재 유무에 따라 대차불안정이 발생함을 알 수 있다. 터널의 경우 고속으로 주행하는 열차가 진입 시 wave shock에 의해 대차불안정이 나타남을 유추할 수 있다. 지역 특성상

터널이 많은 것을 감안하더라도 콘크리트궤도 구간 중 호남고속선 구간에서 경부고속선 구간보다 대차불안정의 빈도수가 높은 것은 터널의 내공 단면적이 상이하기 때문이다.

대차불안정과 같은 고장정보는 사고와 직결되는 중요 고장이력으로 감속을 유도하며 지연 운행으로 이어질 가능성이 높아진다.

실시간 의사결정 지원시스템

휴먼에러를 개선하기 위해서는 판단오류를 범하지 않도록 제도 개선이 필요하다. 분명히 인공지능은 인간의 계산능력보다 월등히 빠르고 효율적인 것이다. 그러나 발생 가능한 모든 상황을 확률만으로 계산하기에는 인간의 존엄성 문제를 간과 할 수 없다. 또한 해킹에 의한 테러 등의 새로운 유형의 재해에 대한 대비도 필요할 것이다. 따라서 완전 자동화보다는 기관사가 판단오류를 범하지 않도록 지원하는 시스템을 구축하여 휴먼에러를 포함한 사고 및 위험을 예방하고자 한다. 모든 사고가 그렇듯이 사고로 나타나기 전 여러 전조현상이 존재한다. 수년간의 철도 정보를 분석하여 사고와 밀접한 연관을 가지는 변수들을 추출하여 지속적인 관리 및 기관사에게 위험요인을 알려 안전운행을 하도록 유도하고자 한다.

그림 3은 실시간 의사결정 지원시스템 구축을 위한 아키텍처이다. 각종 철도 정보를 수집하여 빅데이터 통합 플랫폼을 구축하고 이를 바탕으로 사고분석 및 예측을 하고자 한다. 선로의 결함 정보를 기준으로 기상, 유지보수이력, 차량의 고장정보

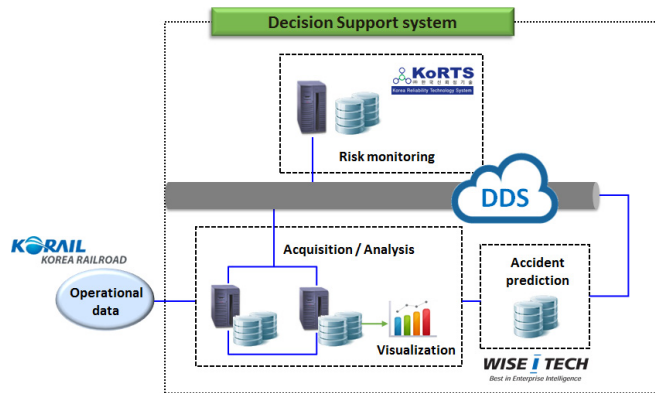


그림 4. 실시간 의사결정 지원시스템 아키텍처

를 결합하여 구간별 위험 예측이 가능하며 이를 바탕으로 안전검지장치 정보와 열차의 실시간 고장 이력 정보를 활용하여 실시간 위험감시가 가능하도록 한다. 이는 나아가 기관사에게 실시간으로 위험구간임을 인지할 수 있도록 하여 보다 효율적인 운영을 유도하고자 한다.

결론 및 기대효과

현재 열차 운행 관련 사항은 관제를 통해 실시간 감시되고 있으나 급작스러운 상황이 발생할 경우 무전을 통해 지시사항이 전달되고 있다. 이는 전달오류의 가능성뿐만 아니라 즉각적인 대응이 필요한 경우 조치가 늦어져 2차사고 발생 가능성이 높아진다. 결국 관제와 기관사의 의사소통에 오류가 발생하거나 기관사의 피로도, 개인적인 습관 또는 판단오류 등이 철도사고의 잠재적인 원인으로 작용된다.

실시간 의사결정 지원시스템은 관제의 통제 하에 운영되나 기관사의 의사가 즉시 반영 가능하기 때문에 예상하지 못한 운행교란이 발생할 경우 긴급정지 등의 조치가 가능하다. 또한 철도 네트워크 강화로 지속적인 지연과 시스템 신뢰도를 개선하여 효율적이고 안전한 열차운행을 보장하게 될 것이다. 이는 휴먼에러 감소는 물론 나아가 심리적 안

정에 따른 기관사의 정신질환 감소를 가져올 것이다. 빅데이터 기반의 사고예측 정보가 함께 업데이트 된다면 기관사에게 이를 인지시키고 안전운행을 유도 할 것으로 예상된다. 판단오류, 착각 등에 의한 인적요인에 의한 철도사고 예방이 가능하며, 사고발생 시 빠른 대처가 가능하다. 현재 사용되고 있는 열차내비게이션의 경우 실시간으로 정보를 전달 받는 시스템이 아니기 때문에 불확실한 정보에 따른 신뢰도가 낮아 활용도가 낮다. 이를 활용하여 빅데이터 기반의 철도안전 실시간 정보가 지속적으로 업데이트 된다면 열차 위치, 전·후행 열차속도, 선로경사, 곡선반경 등 각종 선로 조건과 운행 정보 확인이 가능하여 핸드폰 사용이 금지된 기관사에게 신속하게 정보를 전달하여 즉각적인 대처가 가능하며 사고 예방에 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 사내 그룹포털, MTIT³⁾, 열차 네비게이션 등을 이용하여 통합관제사는 물론, 로컬관제사 및 기관사, 여객전무에게 신속 정확한 정보 전달로 보다 안전하고 효율적인 운영을 지원할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(16-RTRP-B082515-03)에 의해 수행되었습니다.

3) MTIT : Mobile Ticket Issue Terminal(무선이동단말기)

알림

본 연구는 The 1st Asian Conference on Railway Infrastructure and Transportation 의 논문 자료를 바탕으로 작성되었음을 알립니다.

high-speed railway, J. of the Korea institute for Structural Maintenance Inspection, 20(2), 110-121.

참고문헌

- 성모병원 산업의학과 (2007), 기관사의 공황장애 유병률 통계.
- D.S. Kim, D.H. Baek, W.C. Yoon (2007), An Investigation of Human Error Analysis Techniques in Various Industries with Implications for the Korean Railway Industry, j. of the Korean Soc. for Railway, 10(1), 7-15.
- Eurostat Statistics Explained (2016), Railway safety statistics.
- H. J. Kim (2014). Big Data trend forecasting based system design using MapReduce, Korean Society for Internet Information, (5), 150-160
- J.W. Kim, W.D. Jung (2003), A taxonomy of performance influencing factors for human reliability analysis of emergency tasks, J. of Loss Prevention in the Process Industries, 16, 479-495.
- James Reason (1990), Human error.
- M. Leonard, S. Graham, D. Bonacum (2004), The human factor: the critical importance of effective teamwork and communication in providing safe care, Qual Saf Health Care, 13(1), i85-i90.
- Paola PELLEGRINI (2013), Real time railway traffic management modeling track-circuits, HAL archives-ouvertes, 1-12
- S. Y. Jang (2016), Analysis of life cycle costs of railway track: A case study for ballasted and concrete track for