

도시철도 차량을 활용한 지하물류 운영개념 기반 비상대응 메뉴얼 개발에 관한 연구

김명성¹, 김영민^{2*}

¹아주대학교 시스템공학과

²아주대학교 물류시스템 및 SCM학과

A Study on the Development of Emergency Manual to Secure Underground Logistics Systems Operation Stability

Myungsung Kim¹, Youngmin Kim^{2*}

¹Department of Systems Engineering, Ajou University

²Department of Logistics System & SCM, Ajou University

Urbanization and the expansion of the e-commerce market in modern society have promoted the increase of e-commerce among modern people. It has caused an increase in the demand for urban logistics, resulting in large amount of freight vehicles into the city. Fundamentally, the existing system for transporting goods using transportation means using an internal combustion engine is operating without solving the problem of road traffic congestion and environmental problems caused by exhaust gas. To solve this problem, in Korea, an urban railway logistics system that can transport logistics within the city center using urban railways is currently being developed. This underground urban railway logistics system is a new concept logistics system, and since it is operated at the station through the underground urban railway infrastructure, a standard operating procedure based on the subway system that can respond to emergency situations occurring during operation should be prepared. In this study, basic requirements for emergency manuals for establishing standard operating procedures for urban railroad logistics systems were proposed.

Keywords: Logistics, SOP, Underground Logistics Systems, Emergency Manuals

논문접수일 : 2022.10.08. 논문수정일 : 2023.05.23. 게재확정일 : 2023.06.06.

1. 아주대학교 시스템공학과 석사과정

2*. 아주대학교 물류시스템 및 SCM학과 교수, Corresponding Author: pretty0m@ajou.ac.kr

1. 서론

1.1 연구배경

현대사회에서의 도시화는 엄청난 인구 밀도를 불러일으키고 있다. 특히, 우리나라의 전체 인구의 50.2%가 수도권에 거주하고 있다(Lee and Kim, 2019). 뿐만 아니라, 통신기술의 발달 및 이커머스 시장의 확대는 현대인들의 전자상거래 증가를 촉진했고, 이는 도시 물류 수요 증가의 원인이 되어 도심 내 많은 양의 화물차량 유입을 발생시켰다. '15~'20년 사이 택배차량이 포함된 1톤 이하 특수용도형 화물차의 동기간 연평균 증가율은 10.14%에 달했다. 1톤 이하 특수용도형 화물차가 1톤 이하 사업용 화물차에서 차지하는 비중도 '15년 28.8%(35,089대)에서 '20년 43.0%(62,633대)로 대폭 증가하였다(No et al., 2021). 이처럼 다수의 화물차량은 대도시의 교통체증 문제와 화물차가 내뿜는 매연으로 인한 대기오염 및 많은 문제를 발생시키고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 현재 국내에서는 도시철도를 이용하여 도심 내 물류 운송을 할 수 있는 도시철도 물류 시스템을 개발 중에 있다. 본 도시철도 물류 시스템은 신개념 물류 시스템으로써, 지하 도시철도 인프라를 통해 역사에서 운행되기 때문에 운용 중 발생하는 비상상황에 대응이 가능한 지하철 시스템을 기반으로 하는 표준 운영 절차서가 마련되어야 한다. 본 연구에서는 도시철도 물류시스템의 표준 운영 절차서 구축을 위한 비상사태 매뉴얼의 기본 요구사항을 제안하였다.

1.2 관련 선행연구

본 절에서는 도시철도 물류시스템의 표준 운영 절차서 구축을 위한 비상사태 매뉴얼의 요구사항 도출을 위해 선행연구 분석을 수행하였다. 노홍승 등은 미래 물류환경 고도화를 위한 지하물류체계 구축 연구를 수행하였다(No et al., 2021). 해당 연구는 기존 도시물류체계의 문제점을 분석하였으며 국내외에서 개발 사례의 현황 및 지하물류체계의 개념을 제시하였다. 최종적으로, 도시 지하물류체계 구축을 위한 정책 추진 방향 및 제도개선 방안을 제시하였다. 신종현 등은 철도 비상사고 대비 비상대응 시나리오 설정 및 기관사의 행동요령을 도출하는 연구를 진행하였다(Shin et al., 2008). 해당 연구에서는 기존 철도 운영기관의 철도 비상사고시 상황에 따른 행동요령 및 상황분류를 지적하였고, Activity-Action Diagram을 적용하여 5곳의 공항철도 입지에서 비상대응 행동요령 방안을 제시하였다. 최종적으로, 8가지 형태의 유형별 비상대응 시나리오를 구축하였다. 임광균 등은 철도 비상사태유형별 표준운영절차서 구축을 위한 시나리오의 설정을 연구하였다(Lim and Kim, 2005). 해당 연구는 철도사고에서 실제 발생가능한 비상사태 유형별로 비상대응 표준운영절차서를 구축하기 위해 대응 시나리오를 설정하는 방안을 제시하였다. 최종적으로, 예방, 대비, 대응, 복구의 4단계 시나리오를 설정하고 시나리오의 각 항목을 나열하였다. 임광균 등은 철도사고 대응 매뉴얼 과부하에 대한 진단과 개선방안을 연구하였다(Lim and Yun, 2016). 해당 연구는 철도분야에서 활용되고 있는 비상대응 관련 계획의 문제점을 진단하고 실제 비상대응 계획 구성의 복잡성과 현장에서의 활용성을 높이기 위하여 그에 따른 개선방안을 제시하였다. 최종적으로, 비상대응 관련 법률의 이원 적용 방안 및 매뉴얼 구성의 개선 방안을 제시하였다. 장정호 등은 ISO 22301을 기반으로 철도 비상대응계획 통합 수립에 관한 연구를 진행하였다(Chang and Cheung, 2021). 해당 연구는 ISO 22301, 기업재난관리 표준과 기존의 철도 비상대응계획을 비교·분석하여 ISO 22301을 기반으로 한 일관성 있는 철도 비상대응계획의 통합 수립 방안을 제시하였다. 최종적으로, ISO 22301 및 기능 연속성 계획, 기업재난관리표준을 철도 안전관리 체계의 비상대응계획에 통합하는 절차 및 통합된 철도 비상대응계획 모형을 제시하였다.

앞서 언급한 선행연구들에서는 기존 도시철도 비상대응 매뉴얼의 개선과 지하물류 체계에 대한 정의가 이루어졌으나, 실제 지하물류 시스템이 운영되었을 때 필요한 비상대응 매뉴얼에 대한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 기존의 선행연구들을 참조하여 기존의 철도 시스템 비상대응 시나리오 및 지하물류 체계에 대한 개념을 기반으로 실제 지하물류 체계의 수립과 이에 필요한 비상대응 매뉴얼의 구축을 목표로 하여 향후 도시철도 시스템에 대한 비상대응 계획수립에 기반이 되고자 한다.

1.3 문제정의

인터넷을 통한 전자상거래의 증가와 현대인의 소비성향 변화로 인해 운송화물은 점점 소량화 및 다빈도화되고 주거지역이 밀집된 수도권에 물류가 집중되는 현상이 발생한다. 또한 국제운송 및 간선운송 중심의 물류시스템이 지역 및 지구단위로 세분화됨에 따라 도시환경에 큰 악영향을 미치고 있다(Lee and Park, 2016). 지하 도시철도 물류 시스템은 이러한 기존의 화물차량을 이용한 화물운송의 문제점을 해결하는데 많은 기여를 할 것으로 판단된다. 하지만 지하 도시철도 물류시스템은 신개념 물류 시스템이기 때문에 국내 사례가 전무하고, 이와 비슷한 지하물류 관련 연구들도 아직 개념 단계에 그치기 때문에 실질적인 운영 중 발생할 수 있는 위험 상황에 대해서 정의하고 그에 대한 방안을 구축해야만 한다. 화물 차량 및 수직/수평 이송장치 등 새로운 개념이 도입된 지하 도시철도 물류시스템은 기존의 도시철도 운영시스템에서 발생할 수 있는 위험상황과는 다른 위험원의 발생 및 위험상황이 초래할 가능성이 있기 때문에 기존의 도시철도 운영 매뉴얼을 그대로 적용하는데 어려움이 있다. 그러므로 개발 중인 시스템의 실제 운영과 정상적인 시스템 운용을 위해서 운영 중 발생할 수 있는 사고에 신속하게 대응하고 정상 운행이 가능하도록 하는 표준 운영 매뉴얼에 대한 구축이 필요하다.

1.4 논문의 구성

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 지하 도시철도 물류체계의 개념을 정의하고, 도시철도 물류체계의 핵심장비 및 운영시나리오를 설명한다. 마지막으로 표준운영절차서의 개요와 필요성에 대해 설명한다. 3장에서는 표준 운영절차서 구축을 위한 비상매뉴얼의 도출 프로세스와 도출 방안에 대해서 제시한다. 4장에서는 시나리오 기법이 반영된 표준운영절차 매뉴얼의 문제점을 분석하고 비상매뉴얼 구축을 위한 요구사항을 정의한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에 대한 결론을 제시한다. 그림 1은 이에 대한 개념을 도시한다.



Figure 1. Scope

2. 지하 도시철도 물류기술 개요 및 표준 운영 절차서 도출 프로세스 구축

2.1 지하 도시철도 물류체계



Figure 2. Concept of Underground Logistics Systems

지하 도시철도 물류 시스템은 도심 외곽에 도시 철도 인프라 철도 차량기지과 도심 내 인구 밀집 지역의 지하에 구축되어 있는 지하철 역사 공간을 활용하여 지정된 배송지로의 화물 운송과 회수를 위해 전용 도시철도 화물차량을 운영함으로써 물류 화물의 운송과 하위 배송 시스템과의 연계 서비스를 운영하는 것을 목표로 한다. 이는 도심 내 화물 차량의 운송을 대체할 것이라고 기대한다. 그림 2는 지하 도시철도 물류 시스템의 개념을 도시한다. 차량기지 기반의 도시철도 인프라를 활용하여 구축되는 공동물류터미널은 간선이동 화물차량이 차량기지에 입고 되면, 송하인으로부터 수하인으로의 운송이 필요한 화물의 집하와 분류를 진행하고 목적지인 도심 화물 역사까지 운송이 필요한 화물을 화물열차에 탑승시킨다. 화물운송 전용 도시철도 화물열차는 기존의 사람을 운송하기 위한 여객 수송열차가 아닌 화물 수송을 위한 전용 도시철도 차량으로 개발되어 차량 내 화물의 반입과 반출이 가능한 시스템이다. 본 화물 열차를 통하여 목적지인 도심역사로 운송이 완료되면, 도심역사 내 공간의 이송을 위한 화물 수직/수평이송장치를 통하여 도심 역사 공간 내 화물 상, 하차 승강장으로 이송된다. 화물열차를 통해 운송된 화물의 하차와 회수가 필요한 화물의 상차가 이뤄지는 전용 공간으로 이송된다. 운송된 화물은 말단배송, 즉 소형 화물 차량에 입고되어 운송지로 전달된다. 도시철도 물류 시스템은 전용 화물열차를 이용하여 화물의 운송과 회수를 수행하는 것에서 기존 물류시스템과의 기술적 차별점과 기존 시스템의 문제점을 해결하는 데 기여할 것으로 예상된다 (Hwang et al., 2021). 그림 3은 지하 도시철도 물류 시스템의 주요 장비를 보여준다.



Figure 3. Major Equipments of Underground Logistics Systems

2.2 표준 운영 절차서 개요와 필요성

도시철도는 대도시에 지하구간을 운행하고 있는 대중교통수단이며 국민이 도시생활 중 가장 빈번하게 이용하는 교통수단으로, 안전성 확보가 우선이 되어야 한다(Lee and Lee, 2014). 철도안전법 제8조의 '비상 대응계획'에서는 화재, 폭발, 열차 탈선 등의 비상사태에 대비하여 표준운영절차 및 비상대응훈련 등이 포함된 비상대응계획을 수립하여 국토부 장관의 승인을 받도록 하였다(Shin et al., 2012).

기존의 도시철도는 특수한 상황 발생 시 대응이 가능하게 하는 표준운영절차를 담고 있는 SOP (Standard Operating Procedures) 매뉴얼이 구축되어 있으며, 원활한 시스템 운영이 가능하도록 실제 현장에 적용되어 작동하고 있다(Wang and Kim, 2007). 지하 도시철도 물류 시스템은 기본적으로 승객 운송을 위해 활용되는 선로와 역사 공간을 활용하여 시스템이 운영되기 때문에 기존의 SOP와 관련된 사항을 적용하는 것도 가능하지만 승객을 운송하는 것이 아닌 화물을 운송한다는 점에서 차이가 있으며, 화물을 운송하고 이송하기 위한 개별 장치들이 구성되고 지정된 공간에서 무인으로 작동한다는 점도 기존의 시스템과 구분되는 하나의 요소로 볼 수 있다.

서울교통공사의 역사 운영을 위해 기존에 구축되어 운영 중인 비상대응 현장조치 매뉴얼은 총 30종으로 구성되어 있으며, 도심 내 승객 운송을 위해 운영되고 있는 도시철도와 관련된 이벤트, 사고, 재난, 이상 상황 발생시 문제를 신속하게 해결하고 승객 운송을 위한 기능의 정상 운영이 가능하도록 각 상황에 대한 정의와 대응 방안을 정립하여 관련 정보 사항을 제공하고 있다. 서울교통공사에서 활용 중인 비상대응 현장조치 매뉴얼(SOP)은 관제, 기술, 승무, 영업, 차량으로 구분되어 있으며, 비상상황 유형에 따른 사고흐름도 정의, 사고전개에 기반한 초동 조치 시나리오 정의, 개인별 조치 임무 정의 그 외 사고 분류와 관계기관에 대한 정보 정의를 통해 상황 발생 시 관계자들이 신속하게 문제를 해결할 수 있도록 하고 있다(Shin et al., 2008). 지하 도시철도 물류 시스템의 운영과 작동을 위해서는 기존 승객 운송을 위해 운영되고 있는 도시철도와의 연계와 융합이 필수적이다. 이에 지하 도시철도 물류 시스템과 관련 사항이 기존 비상대응 현장조치 매뉴얼에 적용되어야 하며, 승객 운송과 구분되는 화물 운송의 발생 상황에 대응하고 도시철도 본연의 기능인 승객 운송에 영향을 미치지 않도록 정보의 정의와 대응 사항에 대해 제시해야 한다.

3. 표준 운영 절차서 구축을 위한 비상사태 매뉴얼 도출 프로세스

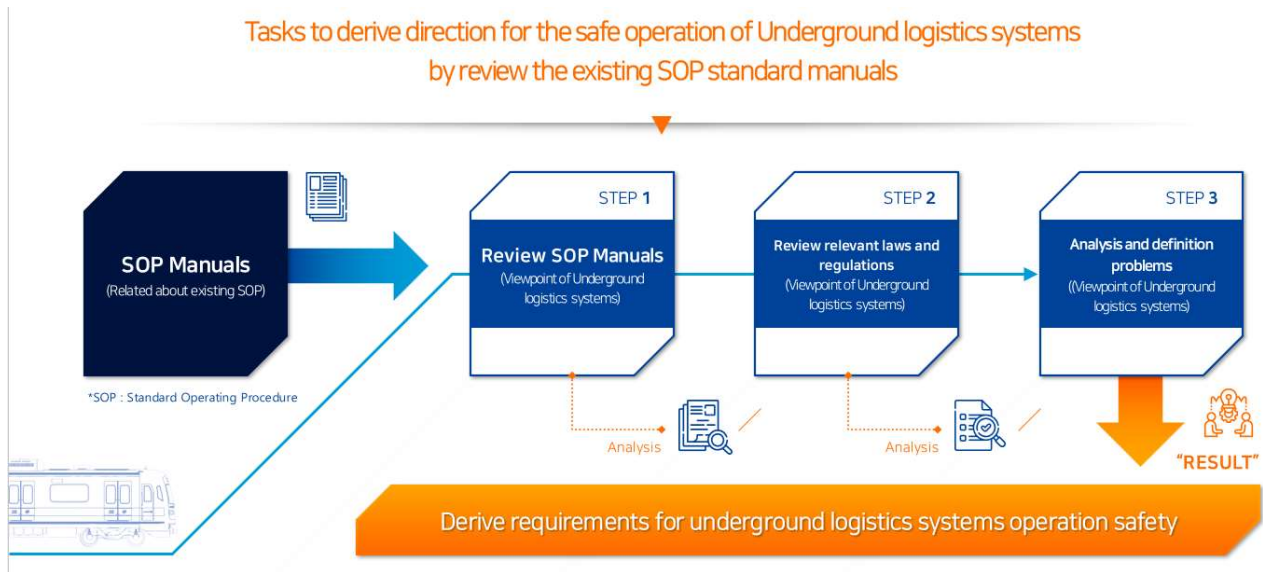


Figure 4. Tasks to derive direction for the safe operation of Underground logistics systems

본 논문은 지하 도시철도 물류 시스템의 실제 운영과 이벤트 상황에 원활하게 대응할 수 있는 표준운영 절차 개정을 위한 기존 표준운영절차에 대한 분석과 문제점 정의 결과를 기반으로 하는 요구사항을 제안하고자 하였으며, 도출된 요구사항을 통해 지하 도시철도 물류 시스템이 실제 역사와 도시철도 인프라에 적용되어 운영될 수 있도록 기여하고자 했다. 이를 위해 운영 중인 표준 매뉴얼에 대한 검토 및 분석과 시스템 적용을 위한 문제점 정의 및 요구사항 도출을 위한 연구를 수행했다. 표준 매뉴얼 검토를 위해 기존 SOP 표준운영절차에 대한 검토와 SOP 사고 대응 매뉴얼 검토, SOP 비상대응 시나리오 검토를 수행하였으며, 문제점 정의와 요구사항 도출을 위해 지하공간을 활용한 도시물류와 SOP를 기반으로 하는 문제점 정의 및 분석과 지하물류 적용 관련 사항 검토, SOP의 지하물류 적용 필요사항 도출, 지하물류 적용 SOP 요구사항 도출 연구를 수행했다. 그림 4는 선행 연구 및 관련 전문가들의 의견을 바탕으로 지하 도시철도 물류시스템의 SOP 및 비상대응 시나리오 연구 과정을 도시하였다.

지하 도시철도 물류 시스템 운영을 위한 SOP 표준 매뉴얼 검토 및 방향성 도출을 위해 기존에 구축되어 운영 중인 도시철도 비상대응 현장조치 매뉴얼에 대한 분석을 수행했다. 분석의 자료로 활용된 비상대응 현장조치 매뉴얼은 2021년 개정판으로 지하 도시철도 물류 시스템과 관련된 사항을 식별하고 정의하기에 가장 적절한 자료이기에 이를 활용한 연구를 수행했다. 표준 매뉴얼의 검토는 관제, 기술, 승무, 영업, 차량에 대해 분석하였으며, 각 분야는 세부 항목으로 구분되어 분야별로 적용되어 운영되고 있다. 이를 고려하여 본 시스템의 적용을 위한 관련 사항의 식별을 위한 분석을 수행했다. 기존 비상대응 현장조치 매뉴얼의 구성은 다음의 표1과 같으며, 각 분야는 세부분야로 구분되어 지정된 환경과 상황에 맞춰 신속하고 빠른 대응이 가능하도록 구성되어 있어 이를 고려한 분석을 수행했다. 기존 매뉴얼을 기반으로 수행한 분석 결과를 기반으로 표1과 같이 지하 도시철도 물류 시스템 적용을 위한 문제점 정의와 요구사항을 도출한 결과를 제시했다.

Table 1. On-site Emergency Manual for Analysis

On-site Emergency Manual (Ver. 2021)				
No	Sub No	Dept	Details	Title
1	1-1	Control tower	Tower No. 1	On-site Emergency Manual(Tower No. 1)
	1-2		Tower No. 2	On-site Emergency Manual(Tower No. 2)
2	2-1	Technology	Construct	On-site Emergency Manual(Office of Construct)
	2-2		Tram	On-site Emergency Manual(Office of Tram)
	2-3		Mechanic	On-site Emergency Manual(Office of Mechanic)
	2-4		Elevator	On-site Emergency Manual(Office of Elevator)
	2-5		Signal	On-site Emergency Manual(Office of Signal in Daelim)
	2-6		Equipment	On-site Emergency Manual(Office of Equipments)
	2-7		Electric	On-site Emergency Manual(Office of Electric in Dongdaemun 1)
	2-8		Electronic	On-site Emergency Manual(Office of Electric in Dongdaemun 2)
	2-9		IT	On-site Emergency Manual(Office of IT in Dongdaemun)
	2-10		Civil	On-site Emergency Manual(Office of Civil)
	2-11		PSD	On-site Emergency Manual((Office of PSD)
3	3-1	Service	Office of Dongdaemun	On-site Emergency Manual(Office of Dongdaemun)
4	4-1	Operation	Jonggak Station	On-site Emergency Manual(Jonggak Station)
	4-2		Gangnam Station	On-site Emergency Manual(Gangnam Station)
	4-3		Gyodae2 Station	On-site Emergency Manual(Gyodae2 Station)
	4-4		Gyodae3 Station	On-site Emergency Manual(Gyodae3 Station)
	4-5		Seocho Station	On-site Emergency Manual(Seocho Station)
	4-6		Modify Tram	On-site Emergency Manual(Modify Tram in Seocho)
	4-7		Bangbae Station	On-site Emergency Manual(Bangbae Station)
	4-8		Naksungdae Station	On-site Emergency Manual(Naksungdae Station)
	4-9		Seoul univ. Station	On-site Emergency Manual(Seoul univ. Station)
	4-10		Bongcheon Station	On-site Emergency Manual(Bongcheon Station)
	4-11		Sillim Station	On-site Emergency Manual(Sillim Station)
	4-12		Sindaebang Station	On-site Emergency Manual(Sindaebang Station)
	4-13		Gudi Station	On-site Emergency Manual(Gudi Station)
	4-14		Daelim2 Station	On-site Emergency Manual(Daelim2 Station)
	4-15		Daelim7 Station	On-site Emergency Manual(Daelim7 Station)
5	5-1	Train	Shinnae vehicle	On-site Emergency Manual(Shinnae vehicle)

지하 도시철도 물류 시스템 운영을 위한 SOP 표준 매뉴얼 검토 및 방향성 도출을 위해 다음의 표와 그림과 같이 연구를 수행하였으며, 법령 및 규정의 검토는 기존의 SOP에 새롭게 적용될 지하 도시철도 물류 시스템 관련 사항을 적용하기 위한 사항을 식별하고 정의하였다. 최종적으로 지하 도시철도 물류 시스템의 SOP 적용을 위한 요구사항을 도출하여 시스템의 안정적인 운영에 기여하고 SOP의 개정에 제안하고자 했다. 표 2는 이에 대한 결과를 도시한다.

Table 2. Analysis and Drive Direction for Underground Logistics Systems

Analysis and Drive Direction for Underground Logistics Systems		
No	Process	Details
1	Analysis SOP Manuals	Existing SOP manual review and analysis-based problem definition
2	Analysis Related statutory regulations	Review of related laws and regulations for SOP application of underground logistics Systems
3	Analysis and Definition Problem of Exist Manuals	Problem definition and analysis, related laws and system definition-based requirements
Target		Derivation of SOP requirements for safe operation of urban logistics system using underground space

4. 비상매뉴얼 도출 절차 및 산출물

4.1 시나리오 기법이 반영된 표준 운영 절차 매뉴얼 검토

표준운영절차는 비상 상황에 따른 대응과 정상 운영 복귀를 위한 활동을 정의하여 제안하고 있으며, 이는 상황을 수습하는 기관의 구성원과 조직의 역할 정의와 함께 실제 역사를 사용하는 승객을 위한 대응체계도 구성되어 있다. 사고 발생 시 승객의 대피가 필요한 경우 승객 대피원칙을 기반으로 안내와 대피 유도 방안을 제안하고 있으며, 이는 사고 시나리오와 사고흐름도에 따라 빠른 처리가 상황 대응과 복구가 어려운 경우나 위험 상황이 발생하였을 경우를 고려하여 작동되도록 하고 있다. 비상 상황 발생 시 승객을 안내하고 대피하기 위한 안내방송과 관련된 사항도 정의되어 있다.

지하 도시철도 물류 시스템의 적용을 위해 기존에 적용되어 운영 중인 SOP 표준운영절차에 대한 검토를 수행하였으며, 기존 표준운영절차는 관계, 기술, 승무, 영업, 차량에 대한 전 분야의 검토를 수행했다. 기존 표준운영절차 매뉴얼은 비상상황에 대한 유형을 선정하고 있었으며, 비상상황은 현장조치 매뉴얼이 적용되는 각 분야와 현장에 따라 구분되어 있었다.

서울도시철도공사의 제1 관제센터와 제2 관제센터를 기준으로 비상상황유형은 충돌, 탈선, 화재, 사상사고, 차량장애, 시설장애, 자연재해로 구분되어 있었으며, 관제센터를 기준으로 운영 중 발생할 수 있는 사고와 상황에 따른 유형과 코드 번호로 구분된다. 비상상황 유형의 선정에 따른 사고 유형 분류와 사고에 따른 사고 흐름도를 통해 도시철도 운영 중 발생할 수 있는 상황에 대한 원활한 대처가 가능하도록 하고 있다.

사고흐름도는 비상상황의 유형에 따라 운영 중 발생할 수 있는 사고에 대한 정의와 사고를 기반으로 발생할 수 있는 상황의 순서와 흐름에 대한 내용의 정의가 수행되어 있으며, 기존의 사고 유형별 사고 흐름도에는 상황 발생 이후 상황 접수, 황금시간 조치, 단시간 복구, 복구완료, 운행재개, 상황보고, 상황종료로 구성되어 있다. 사고 흐름도는 각 상황에 대한 흐름을 정의하고 있으며, 각 상황에 맞는 행동과 대응이 가능하도록 관련 내용을 정의하여 제안하고 있다.

사고 흐름도를 기반으로 사고전개와 이에 따른 초동조치 시나리오를 구성하여 사고 발생 이후 시간 구성에 따른 초동조치 시나리오를 제시하고 있다. 초동조치 시나리오와 함께 세부 조치임무를 정의하여 제안하고 있으며, 시간 구성에 따라 발생 상황을 유연하고 원활하게 대응하여 정상 운영으로 돌아갈 수 있도록 구성되어 있다.

개인별 조치임무의 구분은 운전관계, 상황관계, 기타관계로 구성되어 있으며, 이는 제1 관제센터를 기준

으로 작성되어 있어 사고의 대응과 관련되는 각 관제 센터의 역할을 구분했다. 비상대응 현장조치 매뉴얼의 기준과 적용 분야에 따라 각기 다른 역할 구분과 관련 부서의 정의가 적용되어 있다.

본 논문에서는 SOP 표준운영절차, 사고대응 매뉴얼, 비상대응 시나리오를 검토하여 기존 SOP 매뉴얼의 문제점을 분석하고자 하였고, 검토 및 분석한 결과는 표 3과 같다. 표준 운영절차는 제1, 2 관제소를 기준으로 검토하였고, 사고대응 매뉴얼과 비상대응 시나리오는 동대문 승무사업소를 기준으로 검토하였다.

Table 3. Review of the existing SOP standard manual for the operation of underground logistics system

Review of the existing SOP standard manual for the operation of underground logistics system			
Type	Standard Operating Procedure (Control Tower No 1, 2)	On-site Emergency Manuals (Service Office in Dongdaemun)	Emergency Scene Scenario (Service Office in Dongdaemun)
Type Emergency Situation	The types of situations that can occur in the operation of urban railroads are divided into collisions, derailments, fires, casualties, vehicle failures, facility failures, and natural disasters according to each field and site.	It describes in detail the situations that can occur in vehicles, routes and sections rather than standard operating procedures, and is divided into collisions, derailments, fires, casualties, and facility and vehicle failures.	Based on the accident classification, it consists of the emergency type code classification system, priority selection and results (risk assessment), and the application of standard operating procedures. The appendix includes the command system and reporting system in case of an emergency, the passenger emergency evacuation system, and emergency response. Defines information on announcement and support system, main facilities and equipment status, individual mission card, and emergency contact network.
Accident flow chart	Definition of the sequence and flow of accident situations that may occur during operation.	Control report according to the accident situation based on the flight service office and description of possible countermeasures.	
Accident / First action scenario	Organized to return to normal operation by flexibly and smoothly responding to the occurrence situation according to the time configuration after the accident, centered on the control center.	It consists of passenger evacuation and control report, damage confirmation and recovery according to the time composition after the accident, centering on the cabin.	
Individual action task	It consists of operation control, situation control, and other control, and divides the roles of each control center in response to accidents.	Record each role and action related to the response of an accident by dividing it into crew (engineer, conductor), crew office, and crew system department.	

4.2 시나리오 기법이 반영된 표준운영절차 매뉴얼의 문제점 정의 및 분석

지하 도시철도 물류 시스템의 SOP 적용을 위해 기존의 도시철도공사 운영에 활용 중인 표준운영절차 관련 사항에 대한 분석을 수행했다. 분석은 관제, 기술, 승무, 영업, 차량으로 구분된 각 분야에 구축되어 있는 표준 30종에 대한 전면 검토를 통해 진행되었으며, 각 영역에 대한 검토 결과를 도출했다. 본 시스템은 기존에 운영 중이던 도시철도 인프라 시설에 적용되어 운영되어야 하는 시스템적 특징을 가지고 있기 때

문에 기존 도시철도 운영을 위해 구축된 표준운영절차에 관련 내용의 추가와 보완이 필요하다. 이를 위해 본 논문은 표준운영절차 SOP 매뉴얼의 주요 구성인 비상상황 유형과 그것을 기반으로 하는 사고흐름도, 사고전개/초동시나리오, 개인별 조치임무에 대해 지하 도시철도 물류 시스템 관점의 관련 사항 작성과 내용 보완이 필요하다는 문제점 정의를 결과로 도출했다. 표 4는 이에 대한 결과를 도시한다.

지하 도시철도 물류 시스템의 비상상황 유형의 선정을 통해 사고 상황을 정의하고 사고에 따른 대응 사항을 구성하여 이벤트에 대한 대응이 가능하도록 SOP 매뉴얼 재구축이 필요하며, 사고전개와 초동시나리오와 개인별 조치 임무는 정의된 지하 도시철도 물류 기술개발 시스템과 관련된 비상상황 유형과 사고흐름도에 따라 조직과 담당자, 관계 및 지원 기관의 협업과 지원을 통해 상황에 원활하게 대처하고 신속한 수습이 가능하도록 정의와 구분의 과정이 필요하다.

Table 4. Definition of Problems for Application of SOP in Underground Logistics Systems

Definition of Problems for Application of SOP in Underground Logistics Systems		
No	Type	Contents
1	Type Emergency Situation	It is necessary to define the types of emergency situations related to underground logistics systems.
2	Accident flow chart	It is necessary to establish an accident flow chart according to emergency situations related to underground logistics systems.
3	Accident / First action scenario	It is necessary to establish an accident /First action scenario related to underground logistics systems.
4	Individual action task	It is necessary to establish an individual action task related to underground logistics systems.
5	Appendix	Need to define and add related matters to support underground logistics systems operation.

4.3 표준운영절차 매뉴얼의 구축을 위한 요구사항 도출

1) 지하물류 적용 SOP 요구사항 도출

지하 도시철도 물류 시스템의 표준운영절차 SOP 적용을 위해 기존 도시철도 시스템 운영에 활용되고 있는 기존 비상대응 현장조치 매뉴얼에 대한 검토를 수행하였으며, 도시철도 인프라에 적용하여 더욱 안정적인 운영에 기여하고자 했다.

기존 시스템의 운영에 활용되고 있는 서울교통공사의 비상대응 현장조치 매뉴얼은 승객 운송을 위한 시설과 관련 인프라, 서비스들의 작동과 사고 상황 발생 시 이에 대처하고 신속하게 정상 운영으로 돌아갈 수 있도록 지원하고 있으며, 새롭게 도시철도를 통해 화물을 운송하는 본 과업의 대상 시스템이 적용되기 위해서는 새로운 시스템 적용에 문제가 될 수 있는 사항들을 정의해야 한다.

이를 위한 결과들은 본 과업의 분석과정을 통해 도출하였으며, 도출된 사항을 기반으로 지하 도시철도 물류 시스템의 표준운영절차 SOP 적용을 위한 요구사항을 도출했다. 도출된 요구사항은 기존 SOP 매뉴얼의 관제, 기술, 승무, 영업, 차량에 대한 분석을 통해 도출된 사항으로 비상대응 현장조치 매뉴얼의 비상상황 유형 선정, 사고흐름도, 사고전개/초동조치 시나리오, 개인별 조치임무와 부록에 구성되어 있는 비상대응 시나리오, 비상사태 시 지휘체계, 비상사태 시 보고체계, 비상대응 협력 및 지원체계, 비상대응 안내방송, 비상대응 협력 및 지원체계, 개인별 임무카드, 승객 긴급 대피체계, 비상연락망에 대한 사항을 기반으로 정의했다.

2) 비상상황 유형 선정

비상대응 현장조치 매뉴얼의 기반이 되는 비상상황 유형 선정은 SOP가 활용되는 각 분야에 따라 다르게 구성되며, 도시철도의 정상적인 운영을 위해서는 지정된 각 분야에서 발생할 수 있는 사건, 사고, 재난에

대한 정확한 정의가 우선되어야만 정확한 대응과 신속한 정상 운영 복귀가 가능할 수 있다. 이를 위해서는 지정된 관제, 기술, 승무, 영업, 차량에서 활용될 비상대응을 위한 표준운영절차의 대응방안 구성을 위한 비상상황의 유형이 우선적으로 선정되어야 한다. 비상상황 유형은 각 분야에서 발생할 수 있는 충돌, 탈선, 화재, 사상사고, 차량장애, 시설장애, 자연재해와 같이 승객의 운송을 수행하기 위해 작동하는 도시철도의 운영에 영향을 줄 수 있는 비상상황에 대한 구분이 정의되어야 하며, 비상상황 유형 선정을 기반으로 세부적인 사고의 유형과 코드번호를 도출하여야 한다.

3) 사고흐름도

사고흐름도는 비상상황 유형의 선정에 따른 각 사고 상황에 맞게 운영자와 관계자들이 정확하게 상황에 대응하고 신속하게 시스템의 정상 운영이 가능하도록 제안하고 행동을 지원하는 정보와 상황 대응 정의로 구분된 비상상황에 맞게 구성되어 있다. 지하 도시철도 물류 시스템의 비상대응 현장조치 매뉴얼의 적용을 위해 사고 유형에 따른 상황 발생 기반 과정(프로세스)의 정의와 사고 또는 사건 해결을 위한 각 단계의 정의와 단계별로 필요하거나 연관된 사항에 대한 정의가 필요하다. 도시 철도를 활용한 화물 운송이라는 시스템의 목적을 수행하고 목표를 달성하는 것도 중요하지만 시스템의 운영에 기반이 되는 전체 시스템의 작동과 운영에 영향을 주지 않도록 해야 한다.

4) 사고전개/초동조치 시나리오, 개인별 조치임무

사고전개/초동조치 시나리오와 개인별 조치임무는 사고유형에 기반하여 발생이 예상되는 사고흐름도에 따라 구성되며, 사고 상황 발생 후 정확한 조치가 가능하도록 사고전개에 대한 내용과 조치에 필요한 시나리오를 제안하여 운영자와 관계자들이 이를 기반으로 사고를 수습할 수 있도록 제안하고 있다.

본 연구를 통해 정의된 지하 도시철도 물류 시스템의 표준운영절차 SOP 적용을 위한 분석 결과인 요구사항은 다음의 표와 같다. 도출된 결과는 서울교통공사에서 운영 중인 기존 비상대응 현장조치 매뉴얼과 관련 법령에 대한 검토를 통해 도출하였으며, 이를 기반으로 정의된 사항을 토대로 관련 과업을 수행하여 지하 도시철도 물류 시스템의 운영과 기존 시스템으로의 적용을 위해 필요한 결과를 도출해야 할 것으로 예상되며, 본 과업의 결과를 통해 관련 연구와 개발에 기여하고자 했다.

Table 5. Requirements for Application of SOP in Underground Logistics Systems

Requirements for Application of SOP in Underground Logistics Systems		
No	Problems	Requirements
1	Lack of analysis based on system configuration definition	Underground logistics-related system definition-based analysis required
2	Lack of analysis based on operational scenarios	Underground logistics operation scenario-based analysis required
3	Scenario-based events, lack of accident definition	Underground logistics scenario-based incident, accident definition required
4	Lack of underground logistics accident classification code	Establishment of code classification system for underground logistics SOP application
5	Lack of underground logistics incidents and accident response scenarios	A response scenario is required to apply the underground logistics SOP
6	Lack of definition of departments related to underground logistics	Need to define departments and institutions for underground logistics operation
7	Lack of definition of an underground logistics support organization	Define an organization related to the operation of underground logistics required
8	Lack of definition of manpower related to underground logistics	Relevant Stakeholders required for underground logistics operation
9	Lack of cargo transport related matters	Underground logistics-related laws need to be reviewed.
10	Lack of logistics facilities	Need to review laws for underground logistics and transportation

5. 결론

국내 물류산업은 사회적 변화와 기술의 발전으로 지속적으로 증가하고 있으며, 인구의 대다수가 집중되어 있는 수도권에 물류 운송을 위한 활동 또한 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 기술의 고도화로 인해 물류 관련 기술들이 발전되고 있으나 근본적으로 내연기관을 이용하는 운송 수단을 활용하여 물품을 운송하는 기존의 시스템은 도로 교통의 혼잡 문제와 배기가스로 인한 환경적 문제를 해결하지 못한 상태로 운영되고 있다. 이에 도심 내 승객 운송을 위해 구축되어 있는 도시철도 인프라와 열차를 활용한 새로운 개념의 물류운송 시스템에 대한 제안이 이뤄지고 있으며, 지하 도시철도 물류 시스템이라는 이름으로 개발되고 있다. 그러므로 개발 중인 시스템의 실제 운영과 정상적인 시스템 운용을 위해서 운영 중 발생할 수 있는 사고에 신속하게 대응하고 정상 운행이 가능하도록 하는 표준 운영 매뉴얼에 대한 구축이 필요하다.

개발 중인 시스템은 신개념 물류 시스템으로 기존에 도심 내에서 운영 중에 있는 도심 역사 시설과 도심 외곽 차량기지 유허 부지를 활용하여 구축 및 운영될 계획으로 기존의 도시철도 시스템과의 연계와 구분이 명확해야 하며, 승객 운송 중 발생할 수 있는 철도 운영과 관련된 다양한 사건과 사고 상황 등 기존의 도시철도 운영시스템에서 발생할 수 있는 위험상황과는 다른 위험원의 발생 및 위험상황이 초래할 가능성이 있기 때문에 기존의 도시철도 운영 매뉴얼을 그대로 적용하는데 어려움이 있으며, 이에 대응할 수 있는 표준운영절차가 필요한 실정이다.

이에 본 논문은 지하 도시철도 물류 시스템의 실제 운영과 이벤트 상황에 원활하게 대응할 수 있는 표준 운영절차 개정을 위하여 기존 표준운영절차에 대한 분석과 문제점 정의 결과를 기반으로 도출된 요구사항을 통해 개발 중인 시스템이 보다 안정적으로 운영되고 사건 또는 사고 상황 발생 시에도 기존의 승객 운송을 수행하는 도시철도 시스템에 영향을 최소화하여 복구될 수 있도록 비상대응을 위한 표준운영절차가 구성되는데 기여하고자 과업 수행을 통한 결과를 제안했다.

이를 위해 운영 중인 표준 매뉴얼인 기존 SOP 표준운영절차에 대한 검토 및 분석과 시스템 적용을 위한 문제점 정의 및 요구사항 도출을 위해서 선행연구 및 관련 전문가들의 의견을 바탕으로 Figure 4에 효율적으로 지하 도시철도 물류시스템의 SOP 및 비상대응 시나리오 연구를 진행하는 방향성 및 과정을 도출하였고, 기존에 구축되어 운영 중인 도시철도 비상대응 현장조치 매뉴얼에 대한 분석을 수행하여 수행한 분석 결과를 기반으로 지하 도시철도 물류 시스템의 표준운영절차 SOP 적용을 위한 요구사항을 표 5에 제시했다.

본 연구는 기존의 도시철도 운영시스템에서 발생할 수 있는 위험상황과는 다른 위험원의 발생 및 위험상황이 초래할 가능성이 있는 지하 도시철도 물류시스템에서 물류 시스템의 운영과 기존의 운영 중인 도시철도 시스템을 모두 고려하여 효율적으로 시스템 운영의 간섭을 최소화하는 새로운 지하 물류 시스템에 대한 표준 운영절차를 마련하는데 기여할 것으로 예상된다.

참고문헌

- Chang, C-H and Cheung, C-S.(2021), A Study on Integration of Railway Emergency Response Plan Based on ISO 22301, Proceedings of the Conference of the Society of Disaster information, 145-146.
- Hwang, S-W., Kim, J-W., Kim, M-J., Kim, Y-M., Jo, M-T. Park, J-M. and Lee, S-M.(2021), A study on derivation of operating concept for the realization of underground urban railway logistics technology, Proceedings of the Conference of the Korean Society for Railway, 272-272.
- Lee, H-J. and Kim, M-Y.(2019), Socioeconomic Status, Housing Outcomes and Residential Assessment of Young One-Person Households, Journal of the korean housing association, 30(4), 55-64.
- Lee, J and Lee, H-S. (2014), Disaster Response System and Management Plan of Urban Railway Accidents: Focusing on Human Error and Emergency Quick Response Manual, Study report from The Korea Transport Instituteol, Daehanjungbo Inswe, Sejong, Korea.
- Lee, M-G and Park, J-H.(2016), A study on Logistics and Home delivery service for Electronic Commerce in Korea, Korea Logistics Review, 26(3), 15-24.
- Lim, K-K and Kim, S-G.(2005), Scenarios for Developing Standard Operation Procedure against Railroad Emergency Incident/Accident, Proceedings of the Conference of the Korean Society of Transportation, 463-470.
- Lim, K-K and Yoon, G-C.(2016), Diagnosing railway incident response manuals and their improvement, Proceedings of the 19th Conference of the Korean Society for Railway, 698-707.
- Rho, H-S., Kim, D-H., Lee, T-H. and Shin, S-J.(2021), A study on the underground logistics system for the advancement of the future logistics environment, Study report from The Korea Transport Instituteol, Kyungsung Moonhwas, Sejong, Korea.
- Shin, J-B., Chang, Y-S., Choi, Y-G., Lee, D-C., Kim, C-S., Kim, S-G., Park, M-K. and Lee J-S. (2012), A Study on Development of Railway Emergency Response System on Railway Operation Organizations, Proceedings of the Spring Conference of the Korean Society for Railway, 2305-2311.
- Shin, J-H., Kim, K-S. and Kim, S-G.(2008), An Establishment of Emergency Response Scenarios For Railroad Emergency Accident and a way to derive appropriate activities from the train operator, Proceedings of the Spring Conference of the Korean Society for Railway, 2305-2311.
- Wang, H-J and Kim, S-G.(2007), An Establishment of Emergency Response Scenarios For Developing Standard Operations Procedures (SOP) against Urban Railroad Incidents -Focused on Fire Accidents-, Proceedings of the KSCE Journal of Civil Engineering, 27(1), 131-140.

요약문

현대사회에서의 도시화와 이커머스 시장의 확대는 현대인들의 전자상거래 증가를 촉진시켰고, 이는 도시 물류 수요의 증가의 원인이 되어 도심 내 많은 양의 화물차량 유입을 발생시켰다. 근본적으로 내연기관을 이용하는 운송 수단을 활용하여 물품을 운송하는 기존의 시스템은 도로 교통의 혼잡 문제와 배기가스로 인한 환경적 문제를 해결하지 못한 상태로 운영되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 현재 국내에서는 도시철도를 이용하여 도심 내 물류 운송을 할 수 있는 도시철도 물류 시스템을 개발 중에 있다. 본 도시철도 물류 시스템은 신개념 물류 시스템으로써, 지하 도시철도 인프라를 통해 역사에서 운행되기 때문에 운용 중 발생하는 비상상황에 대응이 가능한 지하철 시스템을 기반으로 하는 표준 운영 절차서가 마련되어야 한다. 본 연구에서는 도시철도 물류시스템의 표준 운영 절차서 구축을 위한 비상사태 매뉴얼의 기본 요구사항을 제안하였다.

주제어: 물류, SOP, 지하 물류, 비상 대응 매뉴얼