



서울시메트로9호선의 통신설비 대체투자에 대한 타당성 연구*

A Feasibility Study on the Alternative Investment of Communication Equipment of Seoul Metro Line 9

김치훈** · 진무위*** · 이향숙****

Kim, Chi-Hoon · Chen, Mao-Wei · Lee, Hyang-Sook

Abstract

The Seoul Metro Line 9 route connects the core region of the southern Han River (Gangnam) and other important areas such as Jamsil and Yeongdeungpo. The first phase facilities have existed for over ten years since they opened in 2009. Therefore, it is essential to replace the equipment through alternative investing. This study aims to perform a feasibility assessment for alternative investment in communication facilities following the "Guidelines for Performance Evaluation of Railway Facilities". First, a set of alternative investment equipment was defined, and the performance of each item was evaluated through status surveys, interviews, and statistical analysis. Subsequently, the evaluation grade was derived by calculating and applying the weight of each item in performance evaluation based on AHP analysis. Accordingly, all communication facilities on Seoul Metro Line 9 were rated as grade D or less. To ensure stable management of the operations of the urban railway, it is necessary to frequently improve and replace the communication facilities. To the best of our knowledge, this is the first study that applied the standards established by the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport for the alternative investment of communication facilities in the railway field. Additionally, this research is expected to be an important reference for promoting similar projects in the future.

주제어 서울시메트로9호선, 통신설비, 대체투자, 타당성, AHP 분석

Keywords Seoul Metro Line 9, Communication Equipment, Alternative Investment, Feasibility Analysis, AHP

1. 서론

1. 연구의 개요

서울시메트로9호선은 한강 이남의 핵심 지역인 강남과 잠실, 영등포 등 주요 지역을 연결하는 노선으로서 제3기 지하철 건설 사업 계획에 따라 추진되었다. 그 범위는 2009년 7월에 개통한 1단계 사업 구간인 개화, 김포공항에서부터 여의도, 동작, 고속터미널, 신논현까지 약 27km와 2015년 3월에 개통한 2단계 구간인

종합운동장까지 4.5km, 마지막 2018년 12월에 개통한 3단계 구간인 강동구 보훈병원까지 약 9.1km이다. 또한 2023년 개통을 목표로 4단계 구간(샘터공원)의 사업추진도 진행 중이다. 앞선 1단계 구간은 민간투자사업으로 진행되었고, 2단계, 3단계 구간은 100% 재정사업으로 추진되었다. 개통 초기에 일평균 21만 명의 이용을 시작으로 2014년에는 일평균 38만 명, 2019년에는 환승수요를 포함하여 일평균 70만 명을 넘어서고 있다. 초기에 4량 열차로 운영하였으나, 이용객 증가를 고려하여 2019년 12월에 45편성 열차 전체를 6량 열차로 증량하였다.

* 본 논문은 '서울시메트로9호선(주)대체투자(신호 및 통신설비) 타당성조사 보고서'를 토대로 작성함

** General Manager, Strategic Planning, Seoul Metro Line 9 (First Author: kimchi@metro9.co.kr)

*** Ph.D student, Incheon National University (muwi220@gmail.com)

**** Professor, Incheon National University (Corresponding Author: hslee14@inu.ac.kr)

1단계 구간은 2009년 개통 이래로 10년이 경과함에 따라 각종 설비가 노후화되었으며, 이 중 AFC(Automatic Fare Collection)와 통신설비가 초기 대체투자 계획에 따라 교체가 필요한 실정이다. 설비의 노후화는 안전한 열차운행에 직접적인 영향을 미치는 문제이므로 철저한 사전 점검과 적기의 교체가 매우 중요한 이슈로 부각되고 있다. 최근 1년(2017~2018) 동안에 통신설비는 총 2,867건의 고장·장애가 발생하였고, 이 중 발매기, 게이트의 장비에서 문제가 다수 발생한 것으로 나타났다. 지난 세월호 사건 이후로 철도 분야의 통신방식을 기존 TRS(음성)에서 LTE-R(음성, 영상)방식으로 변경해야 하는 이슈로 인하여 노후화된 통신설비의 대체투자 시점에 이에 대한 교체를 함께 고려해야 하는 실정이다.

통신설비의 노후화와 차세대 기술을 도입해야 하는 외부요인 등에 따라 9호선의 통신 설비 전반에 대한 대체투자 사업이 수행될 예정이며, 관련 예산은 건설 당시 계획에 반영되어 주무관청인 서울시를 통해 지원을 받아 추진될 것이다. 하지만 막대한 재원이 소요되는 만큼 사전에 명확한 기준에 따른 타당성 조사가 필요하고, 그 결과에 따른 사업 추진의 적정성과 합리성을 진단하는 과정이 필요하다.

과거 철도 분야에서는 노후화된 설비와 시설물에 대한 대체투자 사업을 추진해 왔으나, 이를 위한 타당성 분석은 선행되지 않았다. 기관별로 내부적인 약식 검토가 있었던 것으로 파악되지만, 객관적인 기준에 따른 조사와 판단은 이뤄지지 않았다.

최근 국토교통부의 관련 자료를 조사해본 결과, 대체투자를 위한 타당성 조사의 내실화를 위하여 2015년에 「건설공사 타당성 조사 세부지침」을 수립한 것으로 확인되었다. 본 세부지침은 도로, 철도, 공항 분야별로 기초조사와 수요분석, 시설물 계획 및 규모의 적정성 판단 등에 대한 가이드라인을 제공하고 있다. 이어서 2017년에는 「철도시설 성능평가 가이드라인」이 발표되었고, 이는 철도 분야에 적합한 기준으로써 철도시설의 안전성, 내구성, 사용성 등을 평가하기 위한 구체적인 지침을 제공하고 있다.

본 연구는 「철도시설 성능평가 가이드라인」을 활용하여 9호선의 통신설비 대체투자를 위한 타당성 평가를 수행하고자 한다. 즉, 제시된 가이드라인을 통해 통신 분야 각 설비에 대하여 지속적인 사용 가능성을 평가하는 방식으로 진행하고자 한다. 본 연구는 국토교통부의 관련기준을 철도 분야 통신설비에 적용하는 최초의 연구로서 향후 유사 사업추진에 중요한 참고자료가 될 것으로 기대된다.

2. 연구의 범위

1) 공간적 범위

서울시메트로9호선(주)에서 관리 및 운영을 하고 있는 구간(개화~신논현)의 통신설비 중 노후화된 설비를 과업의 공간적 범위로

설정하였다. 9호선 각 구간 중에 1단계 구간이 주요 대상이나, 노선의 연계성을 고려하여 2·3단계 구간의 여건도 반영하도록 한다.

2) 시간적 범위

본 연구는 9호선 통신설비에 대한 상태 및 성능 조사를 통해 대체투자 타당성을 분석하는 것으로 2018년 7월 17일부터 2019년 2월 18일까지 약 7개월 동안 수행되었다.

3. 연구의 절차

본 연구는 <Figure 1>의 절차에 따라 진행하였다. 우선 대체투자 설비 항목을 선정하여 각 설비 항목에 대한 정의를 제시한다. 이어서 현장조사, 현황조사, 담당자 인터뷰, 통계자료 분석을 통해 성능평가를 실시한다. 성능평가 항목별 가중치를 산출하기 위해 전문가 대상 AHP 조사를 진행한다. 마지막으로 성능평가 지수를 산정하고 평가 등급을 부여하여 기술적 타당성을 최종 평가한다.

II. 선행 연구

철도 통신설비 관련 연구들을 살펴보면 통신시설이나 시스템을 개발하고 실제 적용 가능성을 검토하는 연구가 대다수다. <Table 1>은 유사 연구를 정리한 표이다. 박주열 외(2009)는 다양한 철도 신호를 효율적으로 안전하게 처리하기 위하여 오류 정정 부호의 하나인 LDPC(저밀도 패리티 체크)에 대하여 소개하였으며, 일본의 ATACS의 프로토콜에 맞추어 LDPC 부호를 생성하여 오류 정정 부호로 활용하였을 경우의 성능을 측정하였다. 조현정 외(2010)는 철도시스템 통신 안전성 확보를 위한 방법과 도구를 제시하였다. 한편, 무선통신 기술의 발전에 따라 철도 무선통신 분야에 대한 연구도 활발해지고 있다. 송용수 외(2013)는 철도전용 통합무선망 개발을 위한 LTE통신 방식의 적용 타당성을 연구하였으며, 호남선 일로역에서 대불역 사이 약 12km 구간에 걸쳐 철도전용 통합무선망을 구축하여 실증분석을 실행하였다. 김범근(2016)은 유럽과 중국 및 미국의 철도 무선통신시스템에 대한

1	▶ Definition of alternative investment equipment item
2	▶ Determination of performance evaluation
3	▶ Performance evaluation - Qualitative evaluation: Field investigation - Quantitative evaluation: Facility status, statistical analysis etc.
4	▶ AHP survey - Calculation of weight for each performance evaluation item
5	▶ Performance evaluation results - Evaluation index calculation - Evaluation grade
6	▶ Technical feasibility assessment

Figure 1. Performance evaluation and feasibility review procedure

Table 1. Previous studies

Author	Year	Equipment	Analysis type
박주열 외 Park et al.	2009	LDPC	Performance evaluation
조현정 외 Jo et al.	2010	Train control system	System development and application
송용수 외 Song et al.	2013	Railroad integrated wireless network	Feasibility analysis
김범곤 Beomgon Kim	2016	Wireless communication system	Status review
송영근 Younggeun Song	2013	VHF, LTE, WiBro, TRS, WCDMA	Feasibility analysis, Cost-benefit analysis

운영현황을 설명하였으며, 국외 LTE 장비 제작사의 시스템 기술 현황을 알아보고 국내기술 동향을 제시하였다. 송영근(2013)은 신규 철도전용 무선통신망 구축사업 추진을 통해 기존의 무선통신기술(VHF)을 이용하는 철도통신망을 LTE, WiBro, TRS, WCDMA 등의 기술을 이용하는 무선통신망으로 대체함으로써 얻어지는 경제적 효과(편익)들을 정량적으로 추정하고, 산출된 비용요소를 적용하여 경제적 타당성을 분석하였다. 본 연구는 통신설비 대체투자의 타당성을 검토하고자 하는 것으로 이와 유사한 연구는 미흡한 상황이다.

III. 9호선 통신시설 성능평가

1. 성능평가 개요

「시설물안전법 2018.1.18. 시행」에서 성능평가란 철도시설의 서비스수준을 유지하기 위해 요구되는 안전성, 내구성, 사용성의 3개 성능을 종합적으로 평가하는 것을 정의하였다. 2017년 8월에 국토교통부에서 「철도시설 개량투자계획 수립지침」을 공표하였

Table 3. Performance evaluation summary

Section	Safety	Durability	Usability
Definition	Performance of preventing casualties and damage to facilities under the requirements of railway facilities	Performance of facilities to maintain the functions required during the service life of railway facilities	Performance that provides adequate convenience and function in terms of use and demand of railway facilities
Main items	Deterioration·Insulation, Abrasion·Strength·Noise	Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence, Elapsed years, Using frequency, Installation environment	Operating rate, Breakdown·Disability frequency, Product discontinuation, Maintenance frequency, Equipment capacity
Auxiliary items	Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence, Operating rate, Breakdown·Disability frequency	Abrasion·Strength·Noise, Breakdown·Disability frequency	Installation environment

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Railroad Facility Performance Evaluation Guidelines, 2017

으며, 「철도시설 성능평가 가이드라인」도 배포함으로써 각 철도시설 관리자 또는 운영자에게 성능평가의 절차와 방법을 정확하게 안내하였다. 이를 근거로 더 체계적이고 효율적인 개량투자 우선순위를 결정할 수 있다. 「철도산업발전기본법」 제3조(정의)의 제2호, 「철도안전법」 제2조(정의)의 제3호에서는 철도시설 성능평가 대상을 명시하고 있다. 철도의 선로(선로에 부대되는 시설 포함), 역 시설(환승시설, 편의시설 등 포함) 및 철도운영을 위한 건축물과 건축설비 등이 포함된다. 또한, 선로 및 철도차량을 정비하기 위한 선로보수기지, 차량정비기지 및 차량유지시설, 철도의 전철전력설비, 정보통신설비도 성능평가 대상에 해당된다.

성능평가 대상시설은 평가 대상 설비의 특성에 따라 전수조사 또는 표본조사(샘플링)로 평가해야 한다. 전수시설 대상 철도시설 평가가 어려운 경우 표본조사를 실시할 수 있으나, 표본선정의 원칙과 방법에 대해서 기술할 필요가 있다. 표본조사 시 평가 대상 중에 가장 상태가 불량하다고 판단되는 시설물을 표본으로 선정하도록 하며, 설비별 성능평가 기준은 <Table 2>와 같다.

<Table 3>에서 제시된 바와 같이 성능평가 부문은 크게 안전성(Safety), 내구성(Durability), 사용성(Usability)의 총 3개 부문으로 구분할 수 있으며, 각 성능평가 부문별 평가항목을 주요소와 보조요소로 구분하여 규정되어 있다.

2. 9호선 성능평가 설비 정의

9호선 통신 분야의 대체투자 설비 항목은 「철도시설 성능평가 가이드라인」을 토대로 총 6개의 중분류, 12개의 소분류, 31개의

Table 2. Communication equipment survey criteria

Equipment	Criteria
Electric wire	Sampling
Equipment and devices	Totality / Sampling
Control facility	Sampling

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Railroad Facility Performance Evaluation Guidelines, 2017

상세분류로 구분하였다. 전화교환설비 중 인터폰 주장치는 통신 설비로서의 중요성을 감안하여 대체투자 설비 항목에 추가되었다. 9호선에서 사용하는 통신설비 명칭이 「철도시설 성능평가 가이드라인」과 일부 상이한 부분이 발생하여 <Table 4>와 같이 매칭작업을 수행하였다.

3. 평가항목 및 결과 기준

대체투자 설비에 대한 성능평가 항목은 <Table 5>와 같이 총 10개로 구성된다. 각 항목은 안전성, 내구성, 사용성의 3개 평가 부문 중 일부 또는 전부 평가로 진행하며, 평가기준에 따라 1~5의

Table 4. Alternative investment facilities

Middle class	Subclass	Classification	Signaling equipment for line 9
Transmission equipment	Optical transmission facility	STM(Synchronous Transfer Mode) -4/16/64	Main transmission facility
		Rectifier	Main transmission equipment rectifier
		Storage battery	Main transmission facility storage battery
Wireless equipment	Central control facility	Main control device	TRS(Trunked radio system) server
		System management device	TRS server
	Relay base station equipment	Base transceiver device	EBTS: Base transceiver station MOR: Master optical repeater SOR: Slave optical repeater
Telephone exchange facility	Telephone exchange facility	Telephone exchange facility	Telephone exchange facility
		Control telephone main device	Command phone server
		Control telephone distribution system	Command telephone network device
		Interphone main device	Interphone main device, Magnetic device, Call phone, Emergency interphone
Station communication equipment	Passenger information equipment	Central control device	HSE(Host system equipment)
		Reverse server	LSE(Local station equipment)
		Indicator	TDI(Train destination information), EX-TDI(Exit-Train destination information)
	Broadcasting equipment	Automatic information broadcasting main device	Automatic information broadcasting main device
Control remote broadcasting main device		Control remote broadcasting main device	
Video equipment	Passenger management	Video storage device	CCTV DVR(Digital video recorder)
		Video display device	CCTV monitor large train space imaging equipment
	Video equipment	Camera	CCTV Camera
		UPS(Uninterruptible Power System)	UPS
		Storage battery	Storage battery
	Video equipment for facility monitoring	Video storage device	CCTV DVR
		Video display device	CCTV monitor
		Camera	CCTV Camera
		Video surveillance enclosure	Video surveillance enclosure
	Station automatic equipment	Computer equipment	Central computer
Reverse unit computer			SMS(Station monitoring system)
Vending machine		Single-use sales, transportation card charger	ATVM(Automatic ticket vending machine), BCM(Bill change machine)
	Traffic card unmanned and settled charger	AAM(Automatic addfare machine)	
	Deposit refund machine	DRM(Deposit refund machine)	
Gate	Automatic dog-counter	AGM(Automatic gate machine)	
	Emergency gate	EMG(Emergency gate)	

Table 5. Performance evaluation items and standard

NO.	Section	Items	Standard	Score
1	Safety	Deterioration·Insulation	Action	1
			Caution	2
			Allowance	4
			Normal	5
2	Safety Durability	Abrasion·Strength·Noise	Action	1
			Caution	2
			Allowance	4
			Normal	5
3	Safety Durability	Corrosion·Crack·Leakage· Slope·Subsidence	Action	1
			Caution	2
			Allowance	4
			Normal	5
4	Durability	Elapsed years	Exceeding the useful life	1
			Less than 0~25% Useful life	2
			Less than 25~50% Useful life	3
			Less than 50~75% Useful life	4
			75% or more of the useful life	5
5	Durability Usability	Installation environment	Damage from salt	1
			Outdoor pollution	2
			Indoor pollution	3
			Clean outdoor	4
			Clean indoor	5
6	Safety Usability	Operating rate	100% Facility Operating rate	1
			Facility Operating rate of between 20~80%	3
			Facility Operating rate withing 20%	5
7	Safety Durability Usability	Breakdown·Disability frequency	Breakdown frequency increased for the last 3 years in a row	1
			Breakdown frequency increased for the last 2 years in a row	2
			No increase in breakdown frequency in the last 2 years	3
			No increase in breakdown frequency in the last 3 years	4
			No increase in breakdown frequency in the last 5 years	5
8	Usability	Product discontinuation	A genuine/alternative discontinuation	1
			Production by single manufacturer	3
			Production by multiple manufacturers	5
9	Usability	Maintenance frequency	Increased maintenance frequency for the last 3 consecutive years	1
			Increased maintenance frequency for the last 2 consecutive years	2
			No increase in maintenance frequency in the last 2 years	3
			No increase in maintenance frequency in the last 3 years	4
			No increase in maintenance frequency in the last 5 years	5
10	Usability	Equipment capacity	No dualization	1
			Equipment capacity dualization	3
			(Equipment+Line) Capacity dualization	5

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Railroad Facility Performance Evaluation Guidelines, 2017

Table 6. Standard for qualitative evaluation items

Score	Ranking	State	Evaluation results
5	a	Normal	The results of the judgment are equal to or greater than the value of the design criteria (regulations, guidelines, menus, etc.), and train operation-related facilities are in good condition where trains are allowed to enter.
4	b	Allowance	The value of the result does not exactly match the design criteria, but it does not need to be supplemented by the value within the tolerance range, and train operation-related facilities are permitted to enter the train.
2	d	Caution	The value of the result is outside the allowable error range in the design criteria, but it does not pose an urgent danger to the safety of the facility and can enter the train if simple supplementary construction is required.
1	e	Action	If the value of the judgment results is significantly outside the allowable error range of the design criteria and poses an urgent danger to the safety of the facility, and significant supplementary construction and improvement is required

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Railroad Facility Performance Evaluation Guidelines, 2017

Table 7. Standard for quantitative evaluation items

Section	Definition
Elapsed years	Evaluation considering the installation period compared to the useful life of the facility
Installation environment	Evaluation according to the installation location and environment of the facility
Operation rate	Evaluation considering the operation hours of the facility
Breakdown-Disability frequency	Evaluation based on maintenance-related statistics for the last 5 years
Product discontinuation	Evaluate whether the product is discontinued, whether a single manufacturer or multiple manufacturers exist
Maintenance frequency	Evaluation based on maintenance-related statistics for the last 5 years
Equipment capacity	Evaluation based on maintenance-related statistics for the last 5 years

Note: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Railroad Facility Performance Evaluation Guidelines, 2017

점수가 부여된다. 1~3번 항목은 정성적 평가로 해당 분야의 전문가 자문단이 현장조사를 통해 점검하고 평가하도록 한다. <Table 6>에서 볼 수 있듯이 열화·절연, 마모·강도·소음, 부식·균열·누유·경사·침하를 정성적으로 평가하기 위한 기준은 ‘정상’, ‘허용’, ‘경고’, ‘조치’의 4단계로 구성된다. 전문가들은 통신설비의 상태를 직접 살펴보고 필요시 설명을 요청하여 충분한 정보를 가질 수 있도록 한다.

<Table 5>의 4~10번 항목은 정량적 평가 대상이며, 각 항목에 대한 정의는 <Table 7>에 나타나 있다. 운영사 담당자 인터뷰를 통해 운영 현황을 파악하고, 일부 항목의 대해서는 운영자료, 통계자료 등 분석을 통하여 평가를 수행한다.

4. 통신시설 성능평가 실시

1) 정성적 평가

본 연구에서 9호선 신호설비의 정성적 평가를 하기 위해 통신 분야 경력이 10년 이상인 외부 전문가 3인(학계 1인, 사업체 2인)과 내부 전문가 1인으로 구성된 자문단으로써 현장조사를 실시하였으며, 대체투자 설비 항목을 모두 평가할 수 있도록 주요 역 및 시설들을 선정하고, 자문단을 위한 효율적 이동 동선을 구성하였다(<Figure 2> 참고).

2) 정량적 평가

경과년수는 각 설비의 내용연수 대비 설치기간을 계산하여 평가하였다. 내용연수 초과, 내용연수 0~25% 미만, 내용연수 25~50% 미만, 내용연수 50~75% 미만, 내용연수 75% 이상 5단계로 구분하였으며, 설치환경은 염해, 공해옥외, 공해옥내, 청정옥외, 청정옥내 위치별로 구분하였다. 설비가동률은 100%, 20~80%, 20% 이내, 3개 구분으로 평가를 실시하였으며, 고장·장애횟수는 최근 3년 고장 빈도 증가, 최근 2년간 고장 빈도 증가, 최근 2, 3 또는 5년간 고장 빈도 증가 없음으로 구분하였다.

항목별로 살펴보면 대고객 설비인 역무자동설비의 고장·장애



Figure 2. Field investigation photos

횟수가 가장 많았으며, 역무통신설비, 영상설비, 무선설비, 전화 교환설비, 전송설비의 순으로 문제가 많은 것으로 나타났다 (<Figure 3> 참고). 역무자동설비는 2016년 상반기 이후 감소하였으며, 역무통신설비는 증감을 반복하는 추세가 도출되었다. 영상설비는 2015년 상반기 이후 감소 경향이 보이는 것으로 파악되었다.

제품의 단종여부, 단일 제조사, 다수 제조사의 유무에 따라 평가하였으며, 운영사 자료 협조, 제조사 확인 및 전문가 의견 등을 종합하여 판단하였다. 결과는 대부분의 제품이 단종 또는 단일 제조사 생산인 것으로 파악되었다.

유지보수횟수는 최근 5년의 유지보수 관련 통계자료를 토대로 평가하였으며, 최근 5년간 유지보수횟수는 고장·장애횟수와 더불어 전반적으로 감소하는 추세로 나타났다.

항목별로 살펴보면 역무자동설비, 영상설비, 역무통신설비, 무선설비, 전화교환설비, 전송설비의 순으로 유지보수횟수가 많이 발생하는 것을 알 수 있다(<Figure 4> 참고). 유지보수횟수는 고장·장애횟수에 비해 항목별 격차가 적은 것으로 나타났다. 역무자동설비는 2016년 상반기 이후 감소 추세이며, 영상설비와 역

무통신설비는 증감을 반복하는 것으로 파악되었다. 설비용량은 설비의 이중화 여부에 대한 평가 항목이며, 9호선에서는 현재 중앙 설비 및 서버의 용량을 이중으로 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

IV. AHP조사 실시 및 결과 분석

1. 조사 개요

1) 조사 개념

AHP(Analytic Hierarchy Process) 조사는 평가에서 고려되는 평가항목들을 계층화한 후 평가항목 간 상대적 중요도를 측정하여 우선순위를 판단하는 의사결정 기법이다. <Figure 5>에서 제시된 듯이 기준 또는 속성에 대하여 동일 레벨 간 쌍대비교를 수행한 후, 그 결과를 토대로 가중치를 부여하여 결과를 산출한다. AHP 조사 기법은 정책 우선순위 판단, 공공부문 투자결정, 후속 사업 평가자료 등 여러 부문에 다양한 형태로 활용되고 있다.

2) 조사 항목

서울시메트로9호선에 대한 AHP 조사 항목은 「철도시설 성능평가 가이드라인」을 토대로 성능평가 부문(안전성, 내구성, 사용성)을 대분류 항목, 통신 분야의 성능평가 항목을 소분류 항목으로 구분하였다(<Figure 6> 참고). 전문가 및 운영사 회의를 통해 안전성 및 효율적인 운영관리가 중요한 ‘운영관리 설비’와 이용

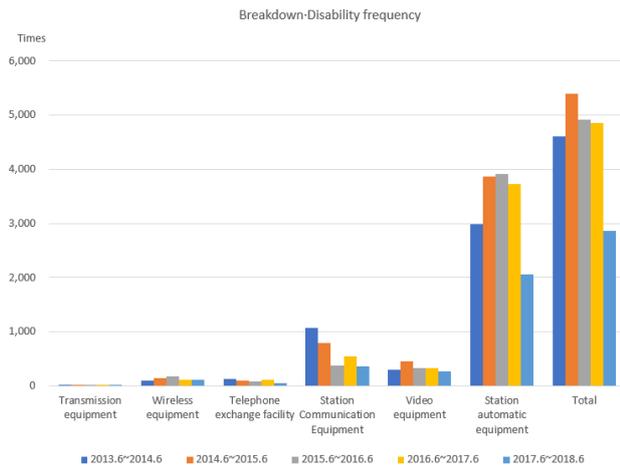


Figure 3. Breakdown-Disability frequency

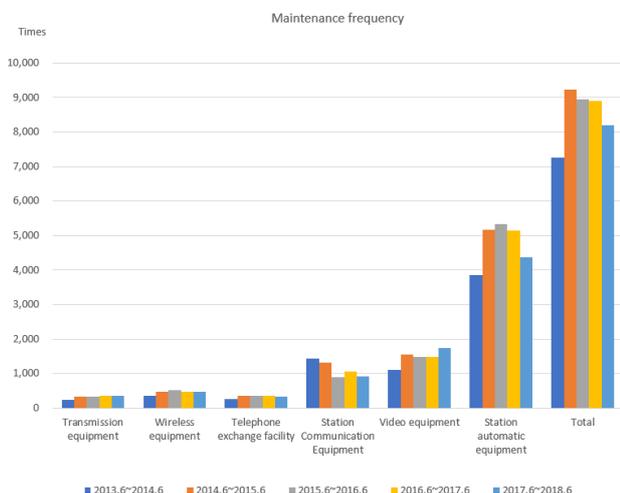


Figure 4. Maintenance frequency

	A_1	A_2	...	A_n
A_1	w_1/w_1	w_1/w_2	...	w_1/w_n
A_2	w_2/w_1	w_2/w_2	...	w_2/w_n
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
A_n	w_n/w_1	w_n/w_2	...	w_n/w_n

Figure 5. Pairwise comparison matrix concept

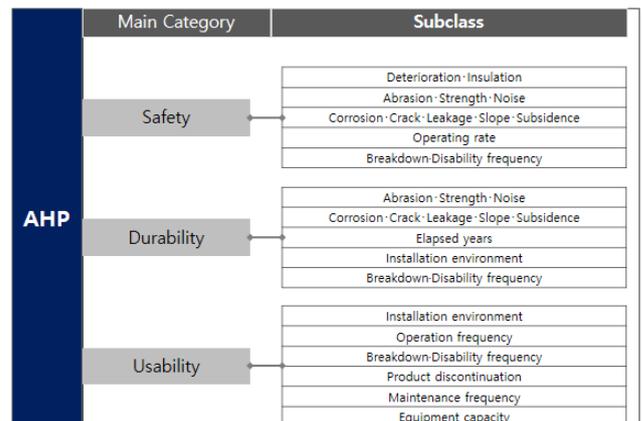


Figure 6. AHP investigation items

객을 위한 서비스 중요도가 높은 ‘대고객 설비’로 구분하여 조사를 수행하도록 권고를 받았으며, 이에 따라 2개 부문에 대한 조사가 함께 진행하였다. 운영관리 설비는 전송설비, 무선설비, 전화교환설비, 역무통신설비 및 영상설비를 포함하며, 대고객 설비는 역무자동설비를 포함한다.

3) 조사 대상 및 방법

조사대상은 학계, 연구원, 산업체 등 경력 10년 이상의 전문가, 9호선 운영사 직원 등 총 8인(교수 1인, 9호선 운영사의 통신처 처장 및 직원 3인, 산업체 4인)으로 구성되어 조사결과의 신뢰성을 확보하고자 하였다. 설문조사는 대면 자문회의를 통해 진행하였다. 분석결과, 비밀관성지수가 0.1 이하로, 데이터가 유의한 것으로 판단되었다.

2. ‘운영관리 설비’ 부문 분석결과

1) 대분류

‘운영관리설비’의 성능평가 부문(안전성, 내구성, 사용성)에 대한 중요도 분석결과는 ‘안전성’(0.703), ‘내구성’(0.151), ‘사용성’(0.146)의 순으로 나타났다. 통신시설 중 ‘운영관리 설비’의 경우 인명의 사상과 시설물의 손상·손실을 방지하기 위한 ‘안전성’이 절대적으로 중요하다고 판단되었으며, 철도시설의 사용수명 동안 요구되는 기능을 유지시키기 위한 ‘내구성’, 운영·관리에 적절한 편의와 기능을 제공하는 ‘사용성’의 순으로 중요도가 낮게 인식되었다(〈Figure 7〉 참고).

2) 안전성

‘안전성’의 5개 성능평가 항목 중에 ‘고장·장애횟수(0.330)’와 ‘열화·절연(0.296)’의 중요도 비율 합이 절반 이상을 차지하였으며, ‘부식·균열·누유 등(0.167)’, ‘가동률(0.112)’, ‘마모·강도·소음(0.095)’의 순으로 결과가 도출되었다. 일반적으로 ‘고장·장애횟수’는 열차를 운행하는 기관사와 관제사의 통신, 또는 현장의 시설물 관리자 간의 신속한 의사소통에 직접적인 영향을 끼치므로 안전성 측면에서 가장 중요도가 높은 것으로 인식되었다. 서버(Server), 전송설

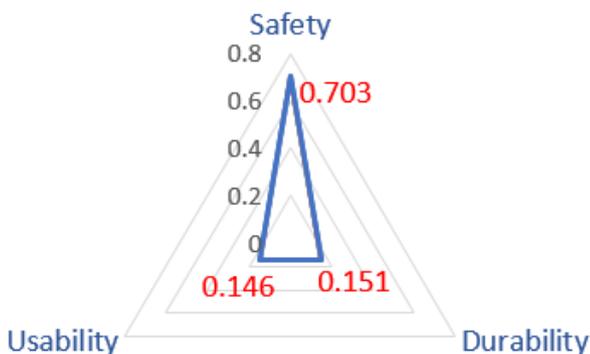


Figure 7. Importance in the evaluation section of operation management facilities (Main Category)

비 등 통신설비의 경우 전기적 특성으로 인해 ‘열화·절연’이 안전성 확보를 위한 중요한 요소인 것으로 확인되었다(〈Figure 8〉 참고).

3) 내구성

‘내구성’의 5개 성능평가 항목 중에 ‘고장·장애횟수(0.319)’와 ‘경과년수(0.232)’의 중요도가 높았으며, 이는 설비의 외관보다는 유지관리를 통해 나타나는 장애의 빈도나 제조사 또는 유관기관에서 제시하는 내구연한이 내구성 판단에 가장 중요함을 시사하고 있다. 다음으로 ‘부식·균열·누유·경사·침하(0.178)’와 ‘마모·강도·소음(0.176)’, ‘설치환경(0.094)’의 순으로 중요도가 낮게 나타났다. 일반적으로 운영관리 설비는 다른 장비에 비하여 설치환경이 양호하고 외부의 자극이 미미하여 관련된 성능평가 항목들의 중요도가 낮은 것으로 평가되었다(〈Figure 9〉 참고).

4) 사용성

사용성의 6개 성능평가 항목 중에 ‘고장·장애횟수(0.346)’는 다른 항목에 비하여 높은 중요도를 보였다. 이는 장비가 적절한 기능을 유지하고 사용할 수 있는지 여부를 판단하기에 고장, 장애의 정도를 통계를 통해 진단해 보는 것이 중요함을 의미한다. ‘유지보수횟수(0.201)’는 ‘고장·장애횟수’와 유사하게 장비의 상태를 직접적으로 판단할 수 있는 정량적 지표로서 2순위를 차지하였으며, 이어서 장비 간 호환 및 장애발생 시 즉각적인 교체여부를 판단하는 ‘제품단종(0.191)’의 중요도가 높은 것으로 나타났다. 다음으로 ‘설치환경(0.101)’, ‘가동률(0.095)’, ‘설비용량(0.066)’의 순으로 중요도를 인식하고 있었다(〈Figure 10〉 참고).

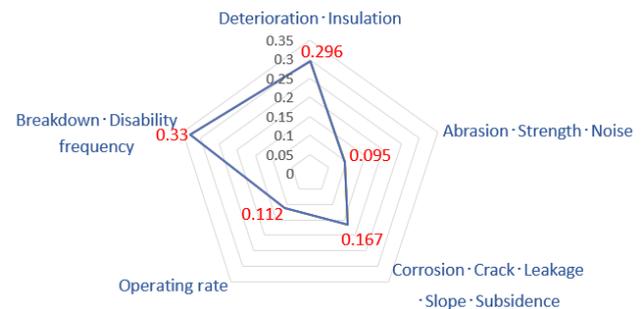


Figure 8. Importance in the evaluation section of operation management facilities (Safety)

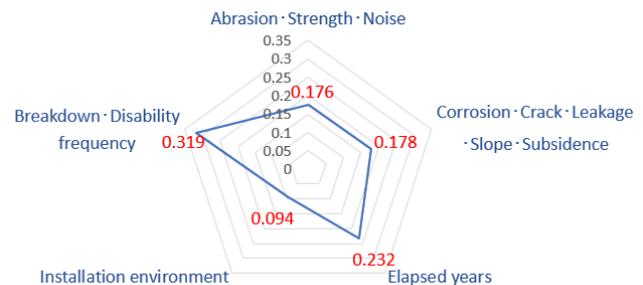


Figure 9. Importance in the evaluation section of operation management facilities (Durability)

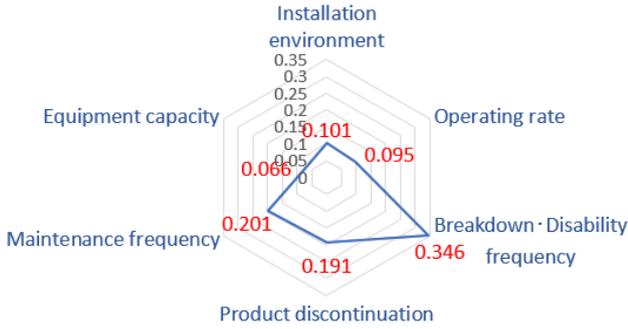


Figure 10. Importance in the evaluation section of operation management facilities (Usability)

3. '대고객 설비' 부문 분석결과

1) 대분류

'대고객설비'의 성능평가 부문(안전성, 내구성, 사용성)에 대한 중요도는 '사용성'(0.515), '안전성'(0.376), '내구성'(0.109) 순으로 도출되었다. 도시철도 이용자와 접점에 있는 대고객 설비의 경우 이용자의 편이가 가장 중요한 요소이므로 '사용성'이 가장 중요하다고 인식되었으며, 다음으로 열차와 이용자의 안전한 운행을 목적으로 하는 '안전성', 안정적인 기능유지를 위한 '내구성'의 순으로 중요도가 낮게 나타났다(〈Figure 11〉 참고).

2) 안전성

'안전성'의 5개 성능평가 항목 중에 '열화·절연'(0.294)과 '고장·장애횟수'(0.294)가 '운영관리 설비'에서와 마찬가지로 전체의 약 60%를 차지하며, 매우 중요한 요소로 판단되었다. 이어서 '부식·균열·누유 등'(0.204), '가동률'(0.107), '마모·강도·소음'(0.100) 순으로 중요도 인식 결과가 도출되었다(〈Figure 12〉 참고).

3) 내구성

'내구성'의 5개 성능평가 항목 중에 '고장·장애횟수'(0.301)와 '경과년수'(0.247)의 중요도가 매우 높았으며, '부식·균열·누유·

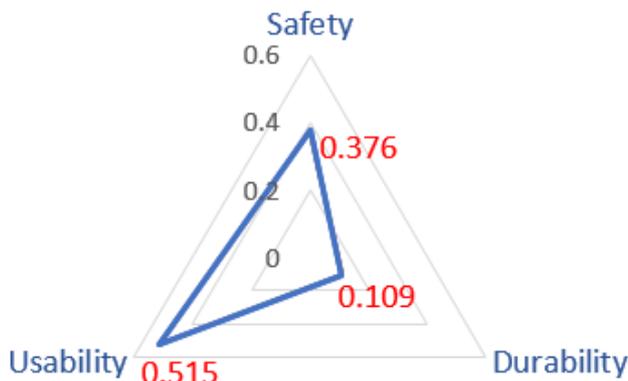


Figure 11. Importance in the evaluation section of customer facilities(Main Category)

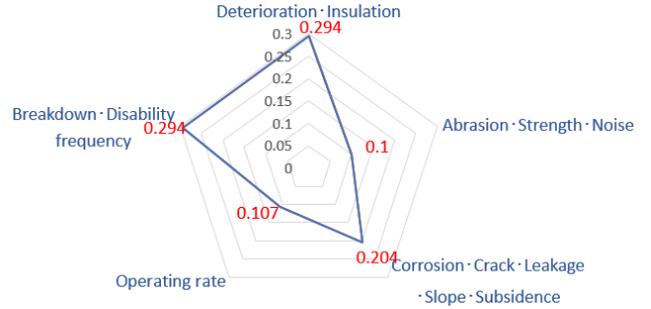


Figure 12. Importance in the evaluation section of customer facilities (Safety)

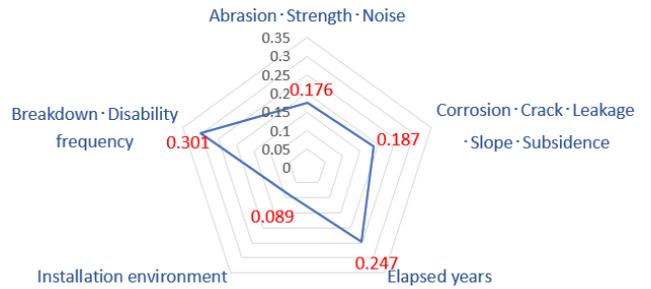


Figure 13. Importance in the evaluation section of customer facilities (Durability)

경사·침하(0.187)와 '마모·강도·소음(0.176)', '설치환경(0.089)'의 순으로 중요하게 인식되었다. 이는 앞선 '운영관리 설비'에서와 마찬가지로 도시철도 이용자가 주로 사용하는 교통카드 충전기, 게이트 등 역무자동설비의 장애 빈도 및 내구연한이 내구성을 판단하는 매우 중요한 요소임을 시사하고 있다(〈Figure 13〉 참고).

4) 사용성

사용성의 6개 성능평가 항목 중에 '고장·장애횟수(0.366)와 '유지보수횟수(0.198)'의 중요도가 다른 지표에 비해 월등하게 높은 것으로 나타났다. 이어서 '제품단종(0.174)', '설치환경(0.100)과 '가동률(0.098)', '설비용량(0.064)' 순으로 우선순위 결과가 도출되었다. 교통카드 충전기, 게이트 등의 역무자동설비는 이용자가 가장 빈번하게 사용하는 설비로써 고장·장애나 유지보수가 많을수록 현장 이용자의 직접적인 불편이 발생하므로 해당 항목의 중요도가 다른 항목에 비하여 높은 것으로 판단되었다. 또한, '제품단종(0.174)'이 있을 경우 예비품 확보가 어려워 즉각적인 수리·정비를 진행할 수 없을 가능성이 있으므로 부품의 단종여부가 사용성 측면에서 중요한 지표로 인식되고 있다(〈Figure 14〉 참고).

4. 종합비교

통신 분야의 성능평가 부문에 대한 AHP 분석결과를 종합한 표는 〈Table 8〉과 같다. '운영관리 설비'의 대항목 분석결과는 '안전성(0.703)', '내구성(0.151)', '사용성(0.146)'의 순으로 나타났다.

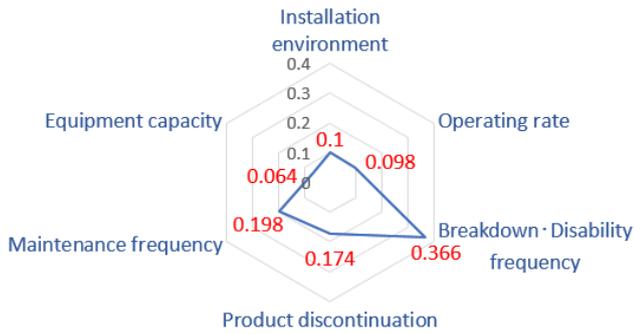


Figure 14. Importance in the evaluation section of customer facilities (Usability)

성능평가 항목에 따른 전체 항목의 분석(이하 ‘총체적 중요도’) 결과를 살펴보면 안전성의 ‘고장·장애횟수(0.232)’, ‘열화·절연(0.209)’, ‘부식·균열·누유·경사·침하(0.118)’ 등 안전성 측면의 5개 성능평가 항목이 모두 1~5순위로 상위권을 차지하였다. ‘운영관리 설비’ 총체적 중요도 결과는 기본적으로 대분류의 중요도에 따라 우선순위가 결정되었으며, 다음으로 대분류 내에서는 직접적인 장애빈도를 나타내는 ‘고장·장애횟수’가 가장 중요한 요소로 판단된 반면, ‘설치환경’이나 장비 외관에서 나타나는 상태적 요소는 전반적으로 우선순위가 낮은 것으로 나타났다.

Table 8. Relative importance by selection factors

Section	Main category	Importance by performance evaluation item	Overall importance	Ranking		
Operation management facility	I. Safety	Deterioration·Insulation	(0.296)	0.209	2	
		Abrasion·Strength·Noise	(0.095)	0.067	5	
		Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence	(0.167)	0.118	3	
		Operating rate	(0.112)	0.079	4	
	II. Durability	Breakdown·Disability frequency	(0.330)	0.232	1	
		Abrasion·Strength·Noise	(0.176)	0.028	9	
		Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence	(0.178)	0.028	9	
		Elapsed years	(0.232)	0.036	8	
		Installation environment	(0.094)	0.015	13	
		Breakdown·Disability frequency	(0.319)	0.050	6	
		III. Usability	Installation environment	(0.101)	0.014	14
			Operating rate	(0.095)	0.013	15
	Breakdown·Disability frequency		(0.346)	0.048	7	
	Product discontinuation		(0.191)	0.027	12	
Customer facilities	I. Safety	Maintenance frequency	(0.201)	0.028	9	
		Equipment capacity	(0.066)	0.009	16	
		Deterioration·Insulation	(0.294)	0.124	2	
		Abrasion·Strength·Noise	(0.100)	0.042	10	
		Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence	(0.204)	0.086	5	
		Operating rate	(0.107)	0.045	8	
Customer facilities	II. Durability	Breakdown·Disability frequency	(0.294)	0.123	3	
		Abrasion·Strength·Noise	(0.176)	0.021	15	
		Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence	(0.187)	0.022	14	
		Elapsed years	(0.247)	0.029	12	
	III. Usability	Installation environment	(0.089)	0.011	16	
		Breakdown·Disability frequency	(0.301)	0.036	11	
		Installation environment	(0.100)	0.046	7	
		Operating rate	(0.098)	0.045	8	
		Breakdown·Disability frequency	(0.366)	0.169	1	
		Product discontinuation	(0.174)	0.080	6	
Customer facilities	III. Usability	Maintenance frequency	(0.198)	0.091	4	
		Equipment capacity	(0.064)	0.029	12	

통신 분야 ‘대고객 설비’의 성능평가 부문에 대한 AHP 분석결과는 ‘사용성(0.515)’, ‘안전성(0.376)’, ‘내구성(0.109)’의 순으로 중요도가 나타났다. ‘대고객 설비’의 성능평가 항목에 따른 총체적 중요도 결과는 사용성의 ‘고장·장애횟수(0.169)’와 안전성의 ‘열화·절연(0.124)’, ‘고장·장애횟수(0.123)’ 그리고 사용성의 ‘유지보수횟수(0.091)’ 순으로 도출되었다. 교통카드 충전기, 게이트 등의 ‘대고객 설비’는 ‘고장·장애횟수’와 ‘유지보수횟수’에 따라 해당 장비를 사용하는 이용자에게 직접적인 서비스 불편을 발생시킨 것으로 보인다. 또한 대합실과 같이 외부에 노출된 ‘대고객 설비’는 ‘열화·절연’이나 ‘부식·균열·누유·경사·침하’에 취약하므로 이러한 항목들의 중요도가 높은 것으로 판단되었다. 총체적 중요도의 결과를 살펴보면 장애의 빈도를 나타내는 ‘고장·장애횟수’와 ‘유지보수횟수’의 우선순위가 다른 항목보다 높은 반면, 장비의 상태와 설치환경 등에 대한 항목은 상대적으로 낮은 순위를 보였다.

V. 성능평가 결과 도출

앞서 현장조사, 현황조사, 통계분석 결과에 AHP 조사를 통해 산출된 가중치를 적용하여 최종적으로 대체투자 시설 항목에 대한 성능평가 지수를 산출하고, 각 성능평가 항목별 평가점수에 AHP 가중치를 부여하여 최종 평가점수를 산정하게 된다. 안전성, 내구성, 사용성 3개 성능평가 부문의 각 세부 항목에 대한 AHP 가중치는 가이드라인을 참고하여 다음과 같이 적용하였다.

〈Table 9〉와 〈Table 10〉의 자료에 다음의 수식을 적용하여 안전성, 내구성, 사용성에 대한 평가점수를 산정하게 된다.

- 안전성의 평가점수:

$$\frac{(A \times \alpha) + (B \times b \times 0.7) + (C \times c \times 0.3) + (F \times f \times 0.3) + (G \times g \times 0.2)}{\alpha + (b \times 0.7) + (c \times 0.3) + (f \times 0.3) + (g \times 0.2)}$$

- 내구성의 평가점수:

$$\frac{(D \times d) + (C \times c \times 0.7) + (E \times e \times 0.7) + (B \times b \times 0.3) + (G \times g \times 0.2)}{d + (c \times 0.7) + (e \times 0.3) + (b \times 0.3) + (g \times 0.2)}$$

- 사용성의 평가점수:

$$\frac{(H \times h) + (I \times i) + (J \times j) + (K \times k) + (F \times f \times 0.7) + (G \times g \times 0.6) + (E \times e \times 0.3)}{h + i + j + k + (f \times 0.7) + (g \times 0.6) + (e \times 0.3)}$$

성능평가 부문의 가중치를 적용하여 대체투자 시설 항목에 대한 성능평가지수를 산출하고 〈Table 11〉과 같이 성능평가 등급을

Table 9. Weighted evaluation score calculation

Performance evaluation items	Score	Weight (%)	Weighted evaluation score	Type
Deterioration·Insulation	A	a	(A*a)/100	Safety
Abrasion·Strength·Noise	B	b	(B*b)/100	Safety/Durability
Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence	C	c	(C*c)/100	Durability/Safety
Elapsed years/Using frequency	D	d	(D*d)/100	Durability
Installation environment	E	e	(E*e)/100	Durability/Usability
Operating rate	F	f	(F*f)/100	Usability/Safety
Breakdown·Disability frequency	G	g	(G*g)/100	Usability/Durability/Safety
Product discontinuation	H	h	(H*h)/100	Usability
Maintenance frequency	I	i	(I*i)/100	Usability
Equipment capacity	J	j	(J*j)/100	Usability
Operation interval	K	k	(K*k)/100	Usability
Total	-	100%	1~5(Score)	-

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Railroad Facility Performance Evaluation Guidelines, 2017

Table 10. Weight by performance evaluation items

Performance evaluation items	Safety	Durability	Usability	Total
Deterioration·Insulation	100	0	0	100
Abrasion·Strength·Noise	70	30	0	100
Corrosion·Crack·Leakage·Slope·Subsidence	30	70	0	100
Elapsed years	0	100	0	100
Installation environment	0	70	30	100
Operating rate	30	0	70	100
Breakdown·Disability frequency	20	20	60	100
Product discontinuation	0	0	100	100
Maintenance frequency	0	0	100	100
Equipment capacity	0	0	100	100

부여하며, 최종적으로 산출된 성능평가 등급을 토대로 통신 분야의 철도시설별 대체투자의 타당성을 평가한다.

통신 분야 대체투자 시설 항목별 성능평가 결과는 항목의 등급은 모두 D등급 이하로 평가되었으며, UPS와 교통카드무인·정산

Table 11. Performance evaluation grade grant standard

Performance evaluation index	Performance evaluation grade
4.5 ≤ E ≤ 5.0	A
3.5 ≤ E ≤ 4.5	B
2.5 ≤ E ≤ 3.5	C
1.5 ≤ E ≤ 2.5	D
1.0 ≤ E ≤ 1.5	E

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Railroad Facility Performance Evaluation Guidelines, 2017.

충전기는 E등급으로 평가되었다. 따라서 통신 분야 모든 대체투자 시설 항목에 대한 교체가 타당한 것으로 판단되었다(〈Table 12〉참고).

VI. 결론

노후한 철도시설의 교체는 열차운행과 철도이용자 등의 안전을 확보하기 위하여 매우 중요한 사업이다. 그러나 과거의 철도 분야 노후시설은 표준화, 체계화된 대체투자계획이 부재하였고, 이에

Table 12. Evaluation results of communication facilities alternative investment

Section	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Safety index	Durability index	Usability index	Performance evaluation index	Performance evaluation grade
STM	2.0	1.5	4.0	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	3.0	2.5	2.0	1.7	2.3	D
Rectifier	1.5	1.8	1.3	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.8	1.8	1.5	1.8	D
Storage battery	1.5	1.5	1.0	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.8	1.8	1.5	1.7	D
Main control device	1.5	1.8	1.8	1.0	5.0	1.0	4.0	1.0	1.0	3.0	2.2	2.0	1.8	2.1	D
System management device	1.3	1.5	1.8	1.0	5.0	1.0	4.0	1.0	1.0	1.0	2.1	1.9	1.6	2.0	D
Base transceiver device	1.3	1.3	1.8	1.0	5.0	1.0	4.0	1.0	1.0	1.0	2.1	1.9	1.6	2.0	D
Telephone exchange facility	2.0	2.0	3.0	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	2.3	2.0	2.2	2.3	D
Control telephone main device	1.8	2.0	3.5	1.0	5.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.0	2.3	2.0	2.9	2.4	D
Control telephone distribution system	1.5	1.8	4.0	1.0	5.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.0	2.3	2.0	2.9	2.3	D
Interphone main device	1.3	1.5	1.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	1.7	1.5	2.1	1.7	D
Central control device	1.3	1.3	4.0	1.0	5.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.0	2.2	2.0	2.9	2.2	D
Reverse server	1.0	1.0	2.0	1.0	5.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.0	1.7	1.8	2.9	1.9	D
Indicator	1.5	1.3	1.5	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.0	1.8	1.4	2.6	1.9	D
Automatic information broadcasting main device	1.8	1.5	1.8	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	2.0	1.8	2.2	2.0	D
Control remote broadcasting main device	1.3	1.3	2.0	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	1.8	1.8	2.2	1.9	D
Video storage device	1.3	1.5	1.8	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.8	1.8	1.5	1.8	D
Video display device	1.0	1.3	1.3	1.0	5.0	1.0	3.0	3.0	1.0	1.0	1.6	1.8	2.2	1.7	D
Camera	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	1.0	1.0	1.6	1.4	1.9	1.6	D
UPS	1.0	1.3	1.3	1.0	5.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.3	1.6	1.8	1.5	E
Storage battery	1.3	1.0	1.0	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.7	1.7	1.5	1.6	D

다음 페이지에 계속(Continue on next page)

Section	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Safety index	Durability index	Usability index	Performance evaluation index	Performance evaluation grade
Video storage device	1.5	1.5	1.3	1.0	3.0	1.0	5.0	1.0	2.0	1.0	2.4	1.8	1.9	2.2	D
Video display device	1.0	1.3	1.0	1.0	3.0	1.0	5.0	3.0	2.0	1.0	2.1	1.7	2.5	2.1	D
Camera	1.3	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	5.0	3.0	2.0	1.0	2.2	1.6	2.5	2.2	D
Video surveillance enclosure	1.3	1.3	1.3	1.0	2.0	1.0	5.0	1.0	2.0	1.0	2.3	1.6	1.8	2.1	D
Central computer	1.5	1.3	2.5	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.9	2.4	1.9	2.0	D
Reverse unit computer	1.3	1.3	2.5	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.8	2.4	1.9	1.9	D
Single-use sales, transportation card charger	1.5	1.0	2.5	1.0	3.0	1.0	4.0	1.0	4.0	1.0	2.1	2.3	2.8	2.4	D

합리적 기준을 통한 평가모델 개발과 현장적용이 필요한 실정이다.

2009년 개통한 9호선의 통신설비는 약 10년이 경과함에 따라 고장·장애의 발생 빈도가 증가하고 있다. 2017년 하반기부터 2018년 상반기까지 9호선의 통신설비는 약 2,867건의 고장·장애가 발생하였다. 설비별로는 발매기, 게이트, 여객안내설비의 순으로 발생빈도가 높게 나타났다. 통신설비는 경미한 고장·장애라 할지라도 막대한 재산피해와 인명사고로 이어질 수 있다. 이에 다른 장비보다 각별한 주의가 요구되고, 문제를 해결하기 위한 대책을 신속히 추진해야 한다.

과거 노후화된 철도나 지하철 시설물에 대한 개량·교체사업은 지속적으로 수행되어 왔으나, 이를 위한 타당성 분석은 전무하였다. 즉, 기관별로 약식 검토만 있었을 뿐, 논리적인 방법과 가이드라인을 통한 검토사례는 존재하지 않았다. 2017년 국토교통부는 이와 관련한 최초의 기준(안)(철도시설 성능평가 가이드라인)을 발표하였다. 이는 주요 철도시설의 안전성, 내구성, 사용성 등을 평가하기 위한 세부지침을 제공하고 있다.

본 연구는 9호선의 통신설비를 대상으로 개량·교체의 적정성과 합리성 판단을 목적으로 한다. 이에 구체적인 성능평가를 수행하고자 정성적, 정량적 평가를 구분하였고, 전문가 대상의 AHP 조사도 실시하여 성능평가 지수별 가중치를 산정하였다. 분석결과, 9호선의 모든 통신 설비는 D등급 이하로 평가되었다. 이는 모든 통신설비가 논리적인 분석의 결과에 따라 새로운 설비로 교체하는 것이 합리적이라는 결과를 의미한다. 즉, 도시철도 운영의 안정적인 관리를 위해 통신설비 개량·교체사업을 신속하게 진행해야 할 것이다.

본 연구는 국토교통부에서 2017년에 발표한 「철도시설 성능평가 가이드라인」을 도시철도 분야에서 적용한 최초의 연구로 대체투자 타당성 평가를 위한 절차를 제시하고, 실제 사례를 통해 규명하였다는 데에 의의가 있다. 향후 다른 철도기관에서 대체투자

(개량·교체)사업을 검토할 때 활용할 수 있는 중요한 참고자료가 될 것이다.

다만 앞서 수행된 성능평가의 정성적 평가 항목의 경우 전문가의 의견이 다소 상충하는 문제가 발행한 바, 상세 가이드라인을 통해 보다 정확한 평가가 이루어질 수 있도록 해야 한다. 앞으로 타 철도 노선의 통신부문뿐만 아니라 신호 등 여러 분야에 적용하는 연구를 수행하여 평가절차의 문제점에 대한 지속적 보완이 이루어져야 할 것이다.

인용문헌 References

- 김범근, 2016. “철도 무선통신 기술동향 및 국내 운용현황”, 「한국전자통신학회 논문지」, 11(4): 379-386.
Kim, B.G., 2016. “The Operation Conditions of Domestic Railway Wireless Communication Network and Those Technical Trends”, *Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 11(4): 379-386.
- 박주열·김효상·박태기·김봉택·정기석, 2009. “철도 통신신호에서의 LDPC 에 적용에 관한 연구”, 「한국철도학회 학술발표대회 논문집」, 442-446.
Park, J.Y., Kim, H.S., Park, T.K., Kim, B.T., and Chung, K.S., 2009. “The Study of LDPC for Railroad Signal Control System”, *Journal of the Korean Society For Railway*, 442-446.
- 송영근, 2013. “신규 철도전용 무선통신망의 경제적 타당성 분석: 경제적 효과 추정을 중심으로”, 「ie 매거진」, 20(3): 12-20.
Song, Y.K., 2013. “Economic Feasibility Analysis of New Railway Wireless Communication Network: Based on Estimating the Economic Effects of Wireless Networks”, *ie Magazine*, 20(3): 12-20.
- 송용수·김용규·백종현, 2013. “철도전용 통합무선망 개발”, 「한

- 국철도학회지논문집], 16(6): 551-557.
- Song, Y.S., Kim, Y.K., and Baek, J.H., 2013. "Development of Integrated Wireless Network for Railway", *Journal of the Korean Society for Railway*, 16(6): 551-557.
5. 조현정·황중규·김용규, 2010. "철도시스템 통신 안전성 확보를 위한 방법 제시 및 도구 구현", 「전기학회논문지」 59(1): 10-17.
- Jo, H.J., Hwang, J.G., and Kim, Y.K., 2010. "Implementation of Methodology & Tool for Communication Safety Guarantee in Railway System", *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 59(1): 10-17.
6. 이희준·안승호·강승욱·이종구, 2010. "전기 철도의 전력선 통신을 위한 전차선과 조가선의 통신 특성 분석", 「조명·전기설비학회논문지」, 24(10): 157-162.
- Lee, H.J., Ahn, S.H., Kang, S.W., and Lee, J.G., 2010. "Analysis of Communication Characteristics on Contact wire and Messenger wire of Electric Railroad for Power Line Communication", *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 24(10): 157-162.

Date Received 2020-06-19
Date Reviewed 2020-08-20
Date Accepted 2020-08-20
Date Revised 2020-10-23
Final Received 2020-10-23