

전기버스 충전 인프라의 요소 표준화 연구 : 경기도 운영 사례 조사를 중심으로*

김 점 산** / 김 서 정***

경기도는 친환경 교통수단 도입의 필요성을 인식하고 시내버스 연료비 효율성을 높이기 위해 전기버스 도입을 확대하고 있으며, 2023년에는 시내버스 운송업체가 전기버스를 구입할 때 참고할 수 있도록 “경기도 전기버스 표준모델”을 마련하여 배포하였다. 전기버스가 원활히 운행되려면 충전기와 충전 관리 시스템을 포함한 충전 인프라의 역할이 중요하다. 전기버스 보급 확산과 함께 다양한 제조사들이 충전 인프라를 개발하고 보급하고 있지만, 운수업체들은 급격히 증가하는 수요로 인해 기술력의 한계와 사용자 요구에 대한 대응의 어려움을 충전 인프라의 문제점으로 지적하고 있다.

본 연구는 이러한 충전 인프라 기술 요소를 프로토콜, 스마트 충전, 충전 관리 시스템, 그리고 충전기 및 시스템 인증으로 구분하였다. 또한 경기도 전기버스 충전 인프라 표준화를 위한 세부 항목을 마련하고자 IPA 분석과 영향지수 분석을 활용하여 표준화 항목별 우선순위를 도출하였다. 분석 결과에 따라 충전기와 충전 관리 시스템의 호환성, 스마트 충전 효율성, 그리고 충전 정보의 수집 항목과 내용이 주요 기준으로 확인되었고, 충전 관리 시스템에서는 제품의 평판, 공급업체의 인지도, 설치 및 운영 비용이 중요한 요인으로 나타났다. 전기버스 충전 인프라는 통신 규약, 통합 관제, 스마트 충전 관제, 일반 관제 분야로 구분하여 표준화를 추진할 수 있으며, 이를 통해 충전기와 충전 관리 시스템 간의 호환성을 높이고, 이용자 편의성과 안전성을 증대할 수 있을 것이다. 또한 충전인프라 관리를 위한 중앙정부, 지자체의 역할 강화와 경기도 전기버스 충전인프라 표준모델 기준 마련의 협력 모델의 구축 등 정책적 지원 역시 필요할 것이다.

주제어 _ 전기버스, 충전 인프라, 충전기, 충전 관리 시스템, 표준화

* 본 연구는 2023년 경기연구원에서 수행한 정책연구과제 “경기도 전기버스 충전인프라의 표준화 방안” 연구를 일부 발췌하여 수 정보원해 작성함

** 경기연구원 기획조정본부 선임연구위원(제1저자)

*** 경기연구원 기획조정본부 선임연구위원(교신저자)

Standardization of Components in Electric Bus Charging Infrastructure : Focusing on the Case of Gyeonggi-do

Kim Jum-san* / Kim Seo-jeong**

Gyeonggi-do recognizes the need for eco-friendly transportation and the efficient management of city bus fuel costs, leading to the expansion of electric bus adoption. In order for electric buses to operate smoothly, charging infrastructure, including electric bus charging stations and charging management systems, is essential. As the deployment of electric buses increases, charging infrastructure is being developed and distributed by various manufacturers. However, bus transportation companies, as end users, have pointed out issues with the charging infrastructure, such as technical limitations and challenges in meeting user demands due to the rapid increase in demand.

This study categorizes the technologies related to electric bus charging infrastructure into protocols, smart charging, charging management systems, and the certification of charging stations and charging management systems. Furthermore, through IPA (Importance-Performance Analysis) and influence index analysis, the study derives priority categories for the standardization of Gyeonggi-do's electric bus charging infrastructure.

Electric bus charging infrastructure can be standardized by categorizing it into communication protocols, integrated control, smart charging management, and general control areas. This approach is expected to enhance compatibility between electric bus charging stations and charging management systems, thereby improving user convenience and safety. Furthermore, policy support will be necessary, including strengthening the roles of central and local governments in managing charging infrastructure, and establishing a collaborative model for setting standards for Gyeonggi-do's electric bus charging infrastructure.

Key words _ Electric Bus, Charging Infrastructure, Charging Station, Charging Management System, Standardization

* Senior Research Fellow, Dept, of Planning & Coordination Headquarters, Gyeonggi Research Institute(First Author)

** Senior Researcher, Dept, of Planning & Coordination Headquarters, Gyeonggi Research Institute (Corresponding Author)

I. 서론

경기도는 친환경 교통정책으로서의 전기버스 확대 및 관련 정책을 지속적으로 추진 중에 있다. 특히 2023년에 수립된 경기도 전기버스 표준모델은 국내외 전기버스 제조사와의 TF를 통해 마련하는 등 적극적인 정책을 수행 중에 있다.

경기도는 2017년 김포시의 전기버스 20대 도입을 시작으로 현재(2023년 8월 기준)는 수원시, 용인시 등 26개 시, 51개 운수업체에서 2,039대(17.9%)의 전기버스가 운행 중에 있다. 경기도에서 운행 중인 전기버스 중 국내 제조사의 전기버스는 4개 회사 1,084대(53.2%), 국외 제조사의 전기버스는 14개 회사 955대(46.8%)이다.

전기버스를 운행하기 위해서는 충전인프라인 충전기 및 충전관리시스템의 기술 역시 중요하다. 전기버스의 보급 확대와 함께 충전인프라 역시 다양한 제조사에서 개발 및 보급되고 있다. 그러나 사용자인 버스운수업체들은 급격한 수요 발생에 따른 기술력의 한계, 이용자 요구에 대한 대응의 한계 등을 충전인프라의 문제점으로 지적하고 있다. 따라서 전기버스 이용자인 버스운송사업체의 이용 편리성과 전기버스 충전 및 관리의 효율성 향상을 위해서 경기도 전기버스 충전인프라의 표준화 및 고도화 방안 마련이 필요할 것이다.

본 연구에서는 전기버스 충전인프라의 서비스 개선 우선순위 분석을 통해 경기도 전기버스 충전인프라의 표준화 방안을 마련하고자 한다. 이를 통해 전기버스 충전기와 충전관리시스템간 호환성을 높이고 이용편의성 및 안전성을 향상할 수 있을 것이다. 또한 기술적 검토가 반영된 경기도 전기버스 충전인프라 표준화 방안 마련이 가능할 것이다.

본 연구의 공간적범위는 경기도이며 시간적범위는 2022~2023년을 기준으로 한다. 연구의 방법은 충전인프라 현황 조사 및 분석, 충전인프라 기술 현황 조사, 경기도 시내버스운송사업체 설문조사 및 만족도를 수행한다. 이를 통해 경기도 전기버스 충전인프라의 서비스 개선 항목 마련 및 항목별 우선순위 분석을 통해 경기도 전기버스 충전인프라의 표준화 방안을 제시한다.

〈표 1〉 경기도 전기버스 제조사별 운행 대수

(2023년 8월)

구분	제조사명	도입대수(대)	비율(%)
합계		2,039	100.0
국내제조사	소계	1,084	53.2
	현대	830	40.7
	에디슨모터스	208	10.2
	우진산전	36	1.8
	대우	10	0.5
중국제조사(수입판매원포함)		955	46.8

주 : 국내 제조사는 현대, 대우, 에디슨모터스, 우진산전.
 자료 : 경기도 내부자료 재구성(2023).

경기도에는 2천여대의 전기버스의 효율적 운영을 위해 총 1,005대의 충전기가 보급되어 있다. 이 중 200kW급 852대, 300kW급 82대로 200kW급의 보급 비율이 84.4%로 높다. 전기버스 충전기(충전관리시스템 포함)는 펌프킨, 클린일렉스, 피라인모터스 등 11개 업체가 공급 중이며, 이 중 펌프킨이 전체의 74.2%를 점유하고 있다.

전기버스 충전인프라 요소 기술은 전기버스의 충전기 및 충전관리시스템의 프로토콜(통신규약)과 이와 관련한 기능 및 인증 사항으로 구분할 수 있다. 기기간 프로토콜은 호환성과 관련이 있으며, 스마트 충전 등 충전관리시스템의 기능은 비용 절감과 충전 관련 실시간 상태정보, 충전 및 정비 이력 등을 제공하게 된다.

〈그림 1〉 전기버스 충전인프라의 구성요소



〈표 2〉 경기도 전기버스 충전인프라 보급 현황(2023년)

충전기 업체명	관리시스템 사업자명	관리 시스템명	도입대수(대)				비율(%)
			계	200kW	300kW	기 타	
합계			1,005	852	82	71	100.0
펌프킨	펌프킨	eBAB	746	702	23	21	74.2
클린일렉스	클린일렉스	K1 차저	39	2	-	37	3.9
EVVIS(중앙제어)	EVVIS, 피엠그로우	별도명칭×	78	73	5	-	7.8
피라인모터스	피라인모터스	PODO	63	35	28	-	6.3
기타			79	40	26	13	7.9

주 : 경기도 시내버스 업체 납품 기준.

자료 : 경기도 시내버스 업체별 보유현황 조사 및 충전기 업체 납품현황 재구성(2023).

〈표 3〉 전기버스 충전인프라 요소 기술

구분	내용
프로토콜 (통신규약)	전기버스 충전시스템은 프로토콜을 이용해 통신하며 프로토콜은 데이터 교환을 원활히 수행하기 위한 표준화된 통신 규약 ¹⁾
스마트충전 기술	스마트충전을 통해 전력 수요를 조절하고 전기요금을 절감할 수 있으며 이를 통해 전기버스 충전시스템의 성능과 효율성 향상
충전관리시스템	충전관리시스템(CSMS)은 전기버스 충전소를 관리하는데 사용되는 소프트웨어로 충전기의 실시간 상태정보, 충전이력, 정비 이력 등 제공
충전기 및 충전관리시스템의 인증	충전기는 전기용품으로 KC안전인증, 계량 성능 인증, 에너지고효율기자재인증 등이 필요하고 충전관리시스템은 프로토콜인 OCPP 인증 시행

II. 선행연구 검토

1. 시장 분석 연구

경기도 전기버스 충전인프라의 표준화를 위해 충전인프라와 관련된 기술, 서비스 등에 대한 시장조사가 필요할 수 있다. 본 연구에서는 교통분야를 포함하여 서비스 및 제품 선호, 시장 조사와 관련된 연구와 연구 방법론을 검토하였다.

시장 분석 관련 연구의 경우 교통서비스 외 시장 상권, 미디어 및 광고, 서비스 플랫폼 등 다양

1) 네이버 지식백과(terms.naver.com) 및 코딩팩토리 홈페이지(coding-factory.tistory.com/346) 재구성. (최종검색일 2023.11.).

한 분야에서 시장 분석 관련 연구가 진행되어 왔다. 분석 방법은 설문조사 이후 IPA(Importance-Performance Analysis) 분석, AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석, 소비자 선택 확률 예측, BWS(Best-Worst Scaling) 기법 등이 적용되어 분석 및 결과가 활용되었다.

〈표 4〉 시장 분석 관련 연구

논문명	저자	주요 내용	분석방법론
모빌리티 플랫폼 서비스의 사용자 경험 연구 -카카오 택시와 타다를 중심으로-	김지현 외 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사용자 측면의 모빌리티 플랫폼 서비스 연구(카헤일링)선호도 요인 분석 ■ 여성 안전함, 차량의 쾌적함, 친절함/남성 익숙함 	허니콤 모형의 사용성 항목의 평가
IPA 분석을 통한 원도심 상권 활성화방안 연구: 대구 서문시장을 대상으로	조병호 외 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시장 방문 시 중점을 두는 항목을 통해 선택속성 분석 ■ 선택속성에 대한 중요도-만족도 분석 ■ 최우선 개선(상인 친절도) 	IPA 분석
외식배달 서비스 고객 시장세분화 및 IPA 분석 -중국 주요 외식배달 앱을 중심으로-	조소려 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 배달서비스 이용동기 요인 ■ 우선적 집중관리(2사분면): 배달 음식의 위생, 취소 및 환불 처리 시스템 	IPA 분석
O2O 서비스에 대한 소비자 선호 실증 분석	박유리 외 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전통적 이용방식보다 O2O 서비스 플랫폼 이용방식 선호 ■ 정보 신뢰도가 높은 O2O 서비스 선호 ■ 수요자 맞춤형 플랫폼 전략 	이산선택실험/이산선택모형(소비자 선택확률 예측)
미디어-광고 데이터 신뢰성 제고를 위한 국내 전담기관 설립 추진에 관한 연구 (이해관계자 심층면접 및 AHP와 IPA를 활용한 설문조사를 중심으로)	유승철 외 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 집중관리 및 개선노력 영역(2사분면): 전통데이터 생산자는 광고사기에 대한 법적 대응, 인검증 전담기관, 업계의 공동노력과 협력 	<ul style="list-style-type: none"> ■ AHP분석(항목별 중요도 확인, 우선순위) ■ IPA분석(중요도 대비 만족도 수준)
탄소중립을 위한 수송분야 이용자 인센티브 선호도 분석과 방향성 연구	홍수정 외 (2023)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수송 분야의 효과적인 탄소배출량 감소를 위한 인센티브 제도의 선호도 분석 ■ 버스, 지하철 통합 할인권, 대중교통 이용 카드 포인트 지급, 대중교통 탑승 시 도보, 자전거 이용 포인트 지급 순 ■ 인구통계학, 교통환경 특성 	BWS 기법

2. 교통서비스 연구

경기도 전기버스 충전인프라는 교통 서비스의 하나일 수 있다. 본 연구에서는 교통에서 이용자 서비스와 관련된 연구와 연구 방향, 방법론 등을 검토하였다.

교통 서비스 관련 연구에서 이용자 만족도, 중요도에 중점을 두고 분석 및 개선방안을 마련한 연구는 최기주 외(2006)의 「IPA를 이용한 VMS 서비스 평가와 정보제공 개선전략」이다. 위 연구는 교통분야에 IPA를 접목시킨 국내 초기 사례로 볼 수 있다. 또한 김점산 외(2007)의 「버스 이용자만족도의 도시 특성별 비교연구」의 경우 다양하게 사용되고 있는 서비스 평가방법의 정의 및 평가방법의 장단점을 분석하고 최적의 방법을 선정함으로써 교통 서비스 평가의 다양한 방향을 제공해 주었다. 이 외에도 대중교통, 교통정보, 보행환경 등 다양한 분야에서 교통 서비스 대상 IPA 분석 등을 통해 서비스 및 이용의 개선방안 마련 연구가 꾸준히 진행되고 있다.

〈표 5〉 교통서비스 관련 연구

논문명	저자	주요 내용	분석방법론
IPA를 이용한 VMS 서비스 평가와 정보제공 개선전략	최기주, 최윤혁, 오승훈 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교통정보제공에 따른 운전자의 만족도 중요도 분석 ■ 이용자가 바라는 교통정보제공의 개선과 대응전략 제시 	IPA 분석
버스 이용자만족도의 도시 특성별 비교연구	김점산 외 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 경기도 시군별 도시입지별 버스서비스 평가 ■ 대도시, 군지역 : 시간적 접근성 개선 ■ 중소도시 : 운전기사 교육 강화 ■ 도농복합시 : 안내체계의 개선 	IPA분석, 영향지수법
IPA분석을 이용한 교통약자 지하철 이동시설 서비스 특성분석	김태호 외 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교통약자 이동시설에 대한 실태 및 의식조사 평가항목에 따른 지하철역사 교통약자 시설 개선 전략 제공 ■ 평가항목 : 접근시설, 내부이동시설, 내부이용시설, 안내 시설, 기타시설 	IPA 분석
IPA분석을 통한 VMS 제공 교통정보 콘텐츠 개선방안	박범진 외 (2011)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교통정보 제공형태, 제공주기 등의 일반사항(정보제공 성격/지점/시기/형식/요금)과 교통 콘텐츠 측면(원인정보/상황정보/위치정보)의 중요도와 선호도 동시 조사 ■ 이용자 기반 VMS 개선방안 	IPA 분석
IPA를 이용한 보행자시설 특성 분석에 관한 연구	조경남 외 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 보행자의 이동편의시설 중요도-만족도 분석 ■ 집중지향 항목 : 보도(보행안전성, 장애인 편의시설, 보도 포장) ■ 지속유지항목 : 버스, 횡단보도 	IPA 분석
IPA를 이용한 스마트 교통안전 시스템의 만족도 분석 연구	홍기만 외 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 스마트 교통안전 시스템에 대하여 운전자, 보행자별 만족도 분석, 개선사항 도출 ■ Q1(계속유지) : 위치정보 인지성 ■ Q3(과도한지원) : 주의정보의 정시성 	IPA 분석

3. 서비스 평가방법 연구

김점산 외(2007)의 「버스 이용자만족도의 도시특성별 비교연구」에서는 버스서비스 평가와 관련된 기존연구를 검토하였다. 또한 버스서비스 평가지표 및 평가방법에 대해 비교하였다.

이용자의 서비스만족도를 정량적으로 평가하는 방법은 크게 평가대상에 대해 이용자가 느끼는 항목별 중요도를 직접 묻는 중요도질 의법(Stated Importance Measures)과 대상에 대한 전체 만족도와 서비스 평가항목별 중요도가 분석되는 중요도추정법(Derived Importance Measures)의 두가지로 구분된다(Transportation Research Board:1999). 위 연구에서는 기존 연구에서 버스서비스 평가방법으로 활용된 중요도질 의법 중 사분면법(Quadrant Analysis), 중요도추정법 중 상관분석법(Correlation Analysis), 회귀분석법(Regression Analysis), 영향지수법(Impact Score Analysis), 그리고 요인분석법(Factor Analysis)의 장단점을 검토하였다.

〈표 6〉 서비스 평가방법의 정의 및 장단점 비교

구분	정의	장점	단점
사분면법	<ul style="list-style-type: none"> 중요도 질 의법 그래프(X-Y좌표계)를 이용하여 두 지표에 대한 항목별 상관관계를 분석하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 이해 및 해석이 용이하여 초 단계의 계획수립 및 의사결정과정에서 일차적 정책방향을 제시할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 서비스 평가항목별 상대적 중요도를 알 수 없음 통계적 유의성의 문제로 평가항목의 사분면 배치 및 핵심항목 선정의 신뢰성확보에 문제가 생길 수 있음
상관분석법	<ul style="list-style-type: none"> 중요도 추정법 두 변수간에 얼마나 밀접한 관계를 가지고 있는가를 분석하는 방법으로 두 변수간의 상호관련성에 대해 측정하는 분석방법 	<ul style="list-style-type: none"> 평가항목들이 전체만족도에 미치는 영향정도를 쉽게 산출할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 평가항목들의 영향정도가 비슷하게 나타남 전체만족도에 대한 개별 평가항목의 상대적 중요도를 알 수 없음
회귀분석법	<ul style="list-style-type: none"> 중요도 추정법 종속변수를 독립변수들의 선형조합으로 설명하는 분석방법 	<ul style="list-style-type: none"> 사분면법, 상관분석법 등과는 달리 독립변수의 상대적 중요도를 알 수 있음 독립변수들의 값이 변할 경우 종속변수의 값을 예측할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 독립변수들 간의 상관관계가 높을 경우 모형의 유의성은 높아도 특정 독립변수의 유의성은 낮아지게 되는 다중공선성의 문제가 발생
영향지수법	<ul style="list-style-type: none"> 중요도 추정법 전체만족도에 영향을 미치는 평가항목별 영향정도를 계량화하여 평가항목별 중요도(항목별 서비스 개선시 증가하는 전체만족도)를 바탕으로 이용자만족도 개선의 우선순위를 결정하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 불편정도 및 문제점인식률(불편을 느낀 이용자의 비율)을 모두 반영함 작은 표본수와 간단한 통계처리만으로 분석이 가능하고 분석결과에 대한 이해가 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> 분석결과 문제점 경험여부에 따른 만족도 차이는 크지만 문제점을 경험한 이용자의 비율(문제점 인식율)이 작을 경우, 또한 만족도 차이는 작지만 문제점을 경험한 이용자의 비율이 클 경우 해당평가항목의 중요도 및 우선순위 선정 신뢰성 확보에 문제가 발생할 수 있음
요인분석법	<ul style="list-style-type: none"> 중요도 추정법 다수 변수간의 상관관계를 이용하여 변수간의 체계적인 구조를 규명한 후, 이들을 성격이 유사한 공통요인으로 묶어 설명하는 다변량 통계기법 	<ul style="list-style-type: none"> 자료의 복잡성, 변수들 간의 다중공선성 문제를 극복할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 많은 표본수가 필요 요인의 수가 많아질 경우 요인의 회전 및 해석이 어렵고, 하나의 변수가 하나의 요인 속성을 가지는 것이 아니라 여러 요인별 속성을 복합적으로 가지고 있는 경우가 많아 요인의 결정에 문제가 발생할 수 있음

자료 : 김점산, 류시균, 이승주(2007). "버스 이용자만족도의 도시특성별 비교연구". 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제42권 제4호 2007.8.

4. 분석 방법론²⁾

경기도 전기버스 충전인프라의 서비스 평가를 통한 우선순위 선정을 위해 서비스 평가에 활용되는 분석 방법 중 사분위 분석(Important-Performance Analysis; 이후 IPA 분석) 방법과 영향지수 분석(Effect-Score Analysis) 방법을 활용하고자 한다.

김점산 외(2007)에서는 두 가지 방법론을 사용함으로써 IPA 분석법의 경우 IPA 분석법의 장점이라 할 수 있는 결과 이해와 해석의 편이성을 제고할 수 있고 영향지수법의 장점이라 할 수 있는 전체 만족도에 영향을 미치는 평가항목의 영향 정도의 계량화가 가능하다고 설명하고 있다. 또한 각 평가방법의 한계를 극복할 수 있다고 설명하고 있다.

본 연구에서도 서비스 평가방법 적용 검토를 위해 IPA 분석과 영향지수 분석 방법 두 가지 모두 활용함으로써 각 평가방법의 한계를 극복하고 영향정도의 계량화를 표현하고자 한다. 각 방법론의 특징은 아래와 같다.

1) IPA 분석(사분위 분석, 중요도-만족도 분석)

IPA 분석은 분야별 평가항목별 만족도와 중요도를 질의한 결과의 평균값을 사분면에 배치하여 분석하는 방법으로 이 중 중요도는 매우 높게 평가했으나 만족도에서는 매우 낮은 점수를 부과한 속성들이 도식된 영역이 핵심영역으로 선정된다. 핵심영역은 서비스 개선을 통해 이용자의 만족도를 높일 수 있는 적극적이고 효과적인 계획수립 및 시행이 필요한 항목들을 나타낸다.

IPA분석은 준비 단계, 설문조사 단계, 실행격자(Action grid) 작성단계, 분석단계로 구분된다. 분석 단계에서는 실행격자의 사분면상에 나타난 결과를 토대로 특정속성에 대한 장단점을 4가지 기준으로 평가한다. 분석단계의 4가지 기준은 핵심영역(중요도高, 만족도 低), 노력 지속(중요도 高, 만족도 高), 개선 요망(중요도 低, 만족도 低), 현상 유지(중요도 低, 만족도 高)로 구분된다.

2) 김점산 외(2007). 「버스 이용자만족도의 도시특성별 비교연구」, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제42권 제4호 2007.8 193-204.

〈그림 2〉 전통적인 IPA 분석도형



자료 : 박범진, 문병석(2011.11.10.), “IPA분석을 통한 VMS 제공 교통정보 콘텐츠 개선방안” 한국콘텐츠학회논문지 '11 Vol. 11 No. 10.

2) 영향지수 분석(Effect-Score Analysis)³⁾

영향지수법은 해당시설 또는 서비스의 전체 만족도에 영향을 미치는 각 평가항목별 영향 정도를 계량화하여 평가항목별 중요도, 즉 하나의 서비스 항목을 개선하였을 경우 이용자 만족도가 얼마나 개선되었는가의 영향정도를 계량화하여 이를 바탕으로 이용자만족도 개선의 우선순위를 결정하는 방법으로 구체적인 산정식은 다음과 같다. 여기서 서비스 분야별 영향지수는 해당분야에 속한 평가항목의 영향지수를 평균하여 산정된다.

$$\text{영향지수(Impact Score)} = \text{만족도 차이(Gap Score)} \times \text{문제점 인식률(Occurrence Rate)}$$

$$\text{만족도 차이(Gap Score)} = E_B - E_A$$

$$\text{문제점 인식률(Occurrence Rate)} = \frac{N_A}{N_A + N_B}$$

여기서, N_A 와 N_B : 평가항목에 대한 문제점을 경험한 사람들의 수와 경험하지 않은 사람의 수

E_A 와 E_B : 평가항목에 대한 문제점을 경험한 사람들의 평균 만족도와 경험하지 않은 사람들의 평균 만족도

3) 김점산 외(2007). 『버스 이용자만족도의 도시특성별 비교연구』, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제42권 제4호 2007.8 193-204.

평가항목별 영향지수를 기초로한 우선순위는 평가항목별 산정된 영향지수가 상대적 값임에도 불구하고 절대 수치대로 잘못 해석되는 것을 방지하기 위한 결과 제시방법으로, 각 평가지표의 영향지수를 표준정규분포의 표준화 값으로 환산한 후, 다시 누적정규분포의 확률 값, 즉 0부터 1사이의 값으로 환원한 후, 이를 6개 정책순위(A~F)로 구분 제시하였으며, 구체적 모형식과 기준은 다음과 같다.

$$F_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z_i^2}{2}}, \text{ 여기서 } z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

여기서, F_i : 평가지표 i 의 누적정규분포의 확률값(0~1)

Z_i : 평가지표 i 의 표준정규분포의 표준화 값

X_i : 평가지표 i 의 영향지수

μ : 모든 평가지표들의 산술평균

σ : 모든 평가지표들의 표준편차

〈표 7〉 평가항목의 우선순위 산정기준

우선순위	F_i	비고
A	$F_i \geq 0.833$	아주 시급한 개선이 필요한 서비스 항목
B	$0.677 \leq F_i < 0.833$	시급한 개선이 필요한 서비스 항목
C	$0.500 \leq F_i < 0.677$	개선이 필요한 서비스 항목
D	$0.333 \leq F_i < 0.500$	전체 만족도 향상에 기여가 적은 서비스 항목
E	$0.167 \leq F_i < 0.333$	전체 만족도 향상에 기여가 다소 적은 서비스 항목
F	$F_i < 0.167$	전체 만족도 향상에 기여가 매우 적은 서비스 항목

Ⅲ. 전기버스 충전인프라 표준화 선호조사

1. 분석 개요

전기버스 충전인프라의 서비스 개선을 위한 우선순위 분석을 위해 충전인프라를 크게 충전기와 충전관리시스템으로 구분하였다. 설문조사는 경기도 버스운송업체 41개사를 대상으로 2023년 7월 3주간(본조사 1주, 보완조사 2주) 실제 운영자의 전기버스 충전기 및 충전관리시스템에 대한 만족도 조사를 수행하였다. 구체적으로 충전기 및 충전관리시스템의 보유 현황, 구매 기준, 제품 기능 등에 대한 중요도 및 만족도, 향후 표준화 방안(필수, 선택 구분)에 대한 질의를 수행하였다.

이용자 만족도 조사 자료는 IPA 분석과 영향지수 분석을 통해 중요도와 만족도를 계량화하고 서비스 항목별 우선순위를 선정한다. 또한 분석 결과는 전기버스 충전인프라의 구매 기준, 기능상 개선 항목(우선순위), 향후 표준화 방안(필수, 선택 구분) 등에 활용 가능할 것이다.

〈표 8〉 전기버스 충전인프라 이용자 만족도 조사 개요

구분	내용
조사 일시	2023.7.3.(월)~7.7(금)(1주간) 보완조사 2023.7.17.(월)~8.4(금)(2주간)
조사 대상	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전기버스 충전기 및 충전관리시스템을 이용하고 있는 경기도 시내버스운송사업체 43개 업체 중 41개 업체 - 그룹사별 통합 응답한 문항의 경우 해당 문항의 응답수 34개 경우 존재 - 미보유 업체 중 설문 응답한 1개 업체 존재로 일부 문항의 경우 응답수 42개 경우 존재
조사 내용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 충전기 및 충전관리시스템의 보유 현황(2문항) ■ 충전기 및 충전관리시스템의 구매 기준, 기능 등에 중요도 및 만족도(4문항) ■ 충전관리시스템의 표준화 방향(필수 및 선택사양으로 구분 조사, 2문항)

2. 분석 항목

본 연구에서는 전기버스 충전인프라와 관련된 기술 현황 조사를 통해 전기버스 충전인프라의 기술을 분류하였다. 전기버스 충전인프라는 크게 충전기와 충전관리시스템으로 구분할 수 있다.

또한 기술 수준 및 사용의 편의성 등을 고려하여 서비스 개선 및 표준화를 위한 평가항목을 대분류와 세부항목으로 구분하였다. 충전기의 대분류 항목은 인지도 및 신뢰성, 가격 및 부대비용, 디자인 및 품질, 기본 및 부가 기능, 운영 및 통신 호환성, 스마트충전 및 비용 절감, 유지관리 체계로 구분하였다. 충전관리시스템의 대분류 항목은 인지도 및 신뢰성, 가격 및 부대비용, 메뉴 및 정보 시인성, 기본 및 부가 기능, 운영 및 통신 호환성, 스마트충전 및 비용 절감, 유지관리 체계로 선정하였다.

전기버스 충전인프라 우선순위 개선 항목을 선정하고 이용자 대상 만족도 조사를 수행한 결과를 바탕으로 IPA 분석, 영향지수 분석을 통해 최종적으로 전기버스 충전인프라의 개선 우선순위를 선정하였다.

대분류별 세부항목은 다음과 같다.

〈표 9〉 전기버스 충전인프라 표준화를 위한 우선순위 항목 선정-충전기

대분류	세부항목
인지도 및 신뢰성	1. 공급사의 인지도
	2. 제품에 대한 평판
	3. 전기버스와 한 세트(끼워팔기)
	4. 영업사원의 친절과 신뢰성
가격 및 부대비용	5. 본체 가격
	6. 설치 및 운영에 소요 비용
디자인 및 품질	7. 디자인의 수려함
	8. 재질, 품질 등 견고함
기본 및 부가 기능	9. 기본기능의 충실함
	10. 부가기능의 다양성
운영 및 통신 호환성	11. 제품의 고장률
	12. 충전관리시스템과 호환성(다양한 종류 대응)
	13. 충전정보의 수집 항목 및 내용
스마트충전 및 비용 절감	14. 스마트충전을 위한 기술 대응 수준
	15. 스마트충전 효율(비용 절감)
유지관리 체계	16. 사후관리(A/S) 기간
	17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등)
	18. 추가적 부가서비스(A/S 시 부품 무료 등)

〈표 10〉 전기버스 충전인프라 표준화를 위한 우선순위 항목 선정-충전관리시스템

대분류	세부항목
인지도 및 신뢰성	1. 공급사의 인지도
	2. 제품에 대한 평판
	3. 전기버스 충전기와 한 세트(끼워팔기)
	4. 영업사원의 친절과 신뢰성
가격 및 부대비용	5. 본체 가격
	6. 설치 및 운영에 소요 비용
메뉴 및 정보 시인성	7. 화면의 디자인(정보의 시인성)
	8. 메뉴 구성의 편리함
기본 및 부가 기능	9. 기본기능의 충실함
	10. 부가기능의 다양성
운영 및 통신 호환성	11. 운영상 고장률
	12. 전기버스 충전기와 호환성(다양한 종류 대응)
	13. 충전정보의 수집 항목 및 내용
스마트충전 및 비용 절감	14. 스마트충전을 위한 기술 대응 수준
	15. 스마트충전 효율(비용 절감)
유지관리 체계	16. 사후관리(A/S) 기간
	17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등)
	18. 추가적 부가서비스(A/S 시 부품 무료 등)

1) 경기도 충전인프라 이용 만족도 분석

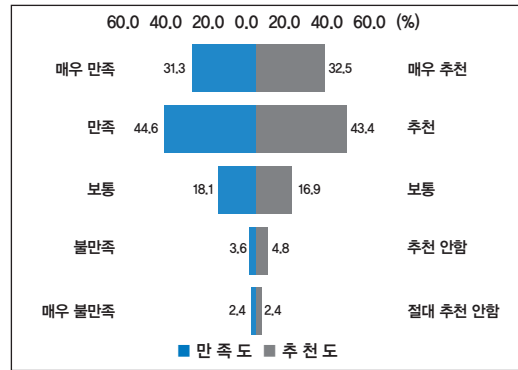
경기도에 보급된 전기버스 충전기는 11개 제조사의 충전기가 보급되어 있으며 대부분 펌프킨의 240kW 용량의 충전기가 사용(69.9%)되고 있다. 2023년 상반기 기준 충전기 보급 대수는 1,005대(충전기 1대당 전기버스 2.03대)인 것으로 조사되었다. 경기도 충전관리시스템도 11개의 판매사가 납품하여 운영하고 있으며 버스운송업체별로 대부분 1개의 충전기 제조사와 충전관리시스템을 사용 중인 것으로 조사되었다.

전기버스 충전인프라의 사용자인 경기도 시내버스운송업체의 전기버스 충전인프라의 이용 만족도 조사 결과는 다음과 같다.

경기도 전기버스 충전기는 전반적인 서비스 평가에서 만족도 6.65점(10점 만점), 추천도 6.66점(10점 만점)으로 긍정적으로 평가(75.9%)되었다. 전기버스 충전관리시스템 역시 전반적인 서비스 평가에서 만족도 6.16점(10점 만점), 추천도 6.12점(10점 만점)으로 긍정적으로 평가(65.2%)되었다.

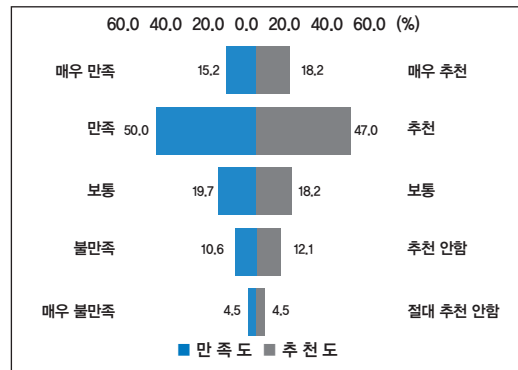
<표 11> 경기도 전기버스 충전기의 이용 만족도 분석 결과

구분	만족도		추천도	
	도수 (개)	백분율 (%)	도수 (개)	백분율 (%)
계	83	100.0	83	100.0
매우 만족 / 매우 추천	26	31.3	27	32.5
만족 / 추천	37	44.6	36	43.4
보통	15	18.1	14	16.9
불만족 / 추천 안함	3	3.6	4	4.8
매우 불만족 / 절대 추천 안함	2	2.4	2	2.4
평균 만족 / 추천도(10점만점)	6.65		6.66	



<표 12> 경기도 전기버스 충전관리시스템의 이용 만족도 분석 결과

구분	만족도		추천도	
	도수 (개)	백분율 (%)	도수 (개)	백분율 (%)
계	66	100.0	66	100.0
매우 만족 / 매우 추천	10	15.2	12	18.2
만족 / 추천	33	50.0	31	47.0
보통	13	19.7	12	18.2
불만족 / 추천 안함	7	10.6	8	12.1
매우 불만족 / 절대 추천 안함	3	4.5	3	4.5
평균 만족 / 추천도(10점만점)	6.16		6.12	



2) 충전기의 구매 중요도 및 품질 만족도

경기도 전기버스 충전기의 구매 중요도와 품질 만족도 분석을 통해 경기도 전기버스 충전기의 서비스 개선의 우선순위를 마련하고 향후 표준화를 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 먼저 경기도 시내버스 운송사업체를 대상으로 경기도 전기버스 충전기의 개선 평가항목별 중요도와 만족도를 분석하였다. 이후 개선의 필요성에 대한 경험유무 조사결과를 기초하여 IPA 분석과 영향지수 분석을 수행하였다.

(1) 중요도 및 만족도

전기버스 충전기의 개선 최우선 과제는 스마트충전 효율과 기술, 기능상 만족도는 기본기능, 중요도는 사후관리가 선정되었다. 세부적으로 충전기의 기능상 만족도는 9. 기본기능의 충실, 16. 사후관리(A/S) 기간, 1. 공급사의 인지도, 5. 본체 가격 등이 만족한 것으로 조사되었다. 충전기의 기능상 중요도는 16. 사후관리(A/S) 기간, 17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등), 11. 제품의 고장률, 15. 스마트충전 효율(비용 절감) 순으로 조사되었다.

〈표 13〉 경기도 전기버스 충전기의 항목별 중요도 및 만족도

대분류	세부항목	중요도 (평균)	만족도 (평균)
인지도 및 신뢰성		7.95	6.50
	1. 공급사의 인지도	7.62	7.12
	2. 제품에 대한 평판	8.05	6.78
	3. 전기버스와 한 세트(끼워팔기)	4.63	6.46
	4. 영업사원의 친절과 신뢰성	6.41	6.20
가격 및 부대비용		8.65	6.83
	5. 본체 가격	8.55	6.90
	6. 설치 및 운영에 소요 비용	8.76	6.76
디자인 및 품질		7.12	6.22
	7. 디자인의 수려함	5.81	6.10
	8. 재질, 품질 등 견고함	8.43	6.34
기본 및 부가 기능		7.55	6.60
	9. 기본기능의 충실함	8.12	7.24
	10. 부가기능의 다양성	6.98	5.95
운영 및 통신 호환성		8.63	6.43
	11. 제품의 고장률	8.98	6.32
	12. 충전관리시스템과 호환성(다양한 종류 대응)	8.67	6.33
	13. 충전정보의 수집 항목 및 내용	8.26	6.66

대분류	세부항목	중요도 (평균)	만족도 (평균)
스마트충전 및 비용 절감		8.51	5.77
	14. 스마트충전을 위한 기술 대응 수준	8.24	5.73
	15. 스마트충전 효율(비용 절감)	8.79	5.80
유지관리 체계		8.91	6.76
	16. 사후관리(A/S) 기간	9.17	7.17
	17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등)	9.00	6.49
	18. 추가적 부가서비스(A/S 시 부품 무료 등)	8.57	6.61

(2) IPA 분석

전기버스 충전기의 개선 최우선 과제는 스마트충전 효율과 기술이 선정되었다. 또한 기능상 만족도는 기본기능에 대해 중요도는 사후관리에 대한 요구가 높게 나타났다.

전기버스 충전기의 중요도 및 만족도에 대한 시내버스운송사업체 설문조사의 IPA 분석 결과 핵심영역(중요도는 높고 만족도는 낮은 영역)으로 2개 항목이 선정되었다. 세부적으로 충전기의 개선 우선순위, IPA 분석 결과 ⑭ 스마트충전을 위한 기술 대응 수준, ⑮ 스마트충전 효율(비용 절감) 등이 최우선 사항으로 선정되었다.

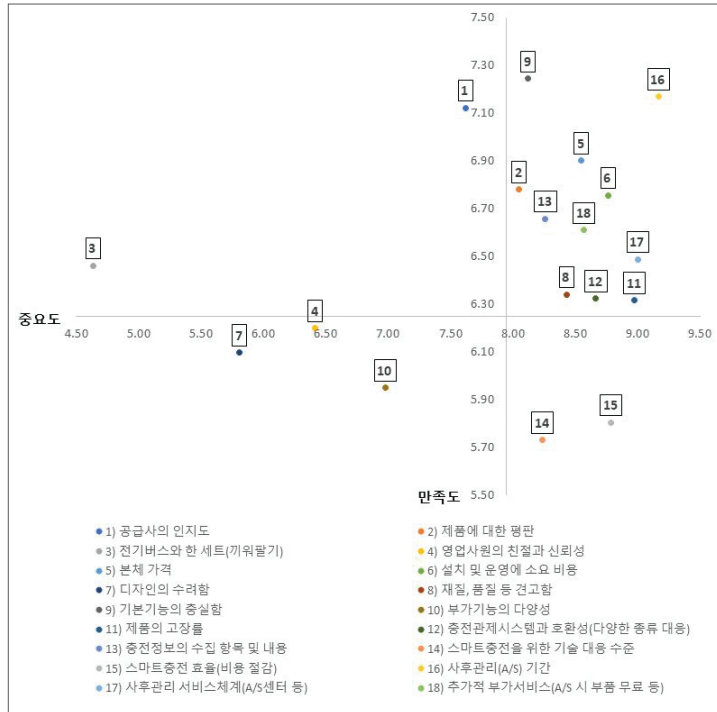
충전기의 기능상 만족도에서는 9. 기본기능의 충실, 16. 사후관리(A/S) 기간, 1. 공급사의 인지도, 5. 본체 가격 등에 대해 만족한 것으로 조사되었다. 또한 충전기의 기능상 중요도는 16. 사후관리(A/S) 기간, 17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등), 11. 제품의 고장률, 15. 스마트충전 효율(비용 절감)이 중요하다고 조사되었다.

(3) 영향지수 분석(Effect-Score Analysis)

본 연구에서 충전기의 영향지수 분석은 다음과 같이 진행되었다. 전기버스 충전기의 전반적인 만족도와 세부항목에 대한 만족도 및 문제점 여부를 기초로 충전기의 만족도에 각 항목의 영향지수 분석을 통한 영향력을 분석하였다.

전기버스 충전기의 만족도에 대한 영향력은 운영 및 통신 호환성 분야, 스마트충전 및 비용 절감 분야, 인지도 및 신뢰성 분야, 가격 및 부대비용 분야 순으로 분석되었다. 세부 항목으로는 ⑫충전관리시스템과 호환성, ⑮스마트충전 효율(비용 절감), ⑬충전정보의 수집 항목 및 내용, ⑭스마트충전을 위한 기술 대응 수준 순으로 선정되었다.

〈그림 3〉 경기도 전기버스 충전기의 서비스 개선 우선순위를 위한 IPA 분석



〈표 14〉 경기도 전기버스 충전기의 서비스 개선 우선순위를 위한 영향지수 분석

대분류	세부항목	영향 지수	우선 순위	서비스 수 준
인지도 및 신뢰성	1. 공급사의 인지도	0.5147	6	B
	2. 제품에 대한 평판	0.5038	9	C
	3. 전기버스와 한 세트(끼워팔기)	0.1744	17	F
	4. 영업사원의 친절과 신뢰성	0.5146	7	B
가격 및 부대비용	5. 본체 가격	0.3218	16	E
	6. 설치 및 운영에 소요 비용	0.5321	5	B
디자인 및 품질	7. 디자인의 수려함	0.3353	15	E
	8. 재질, 품질 등 견고함	0.3994	13	D
기본 및 부가 기능	9. 기본기능의 충실함	0.1192	18	F
	10. 부가기능의 다양성	0.4744	11	C

대분류	세부항목	영향 지수	우선 순위	서비스 수 준
운영 및 통신 호환성	11. 제품의 고장률	0.4705	12	C
	12. 충전관리시스템과 호환성(다양한 종류 대응)	0.6353	1	A
	13. 충전정보의 수집 항목 및 내용	0.5705	3	B
스마트충전 및 비용 절감	14. 스마트충전을 위한 기술 대응 수준	0.5468	4	B
	15. 스마트충전 효율(비용 절감)	0.5840	2	A
유지관리 체계	16. 사후관리(A/S) 기간	0.3622	14	E
	17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등)	0.5019	10	C
	18. 추가적 부가서비스(A/S 시 부품 무료 등)	0.5051	8	C

주 : 1) 영향지수(Impact Score) = 만족도 차이(Gap Score) × 문제점 인식률(Occurrence Rate)

2) 만족도 차이(Gap Score) = $E_B - E_A$

3) 문제점 인식률(Occurrence Rate) = $\frac{N_A}{N_A + N_B}$

여기서, N_A 와 N_B : 평가항목에 대한 문제점을 경험한 사람들의 수와 경험하지 않은 사람의 수

E_A 와 E_B : 평가항목에 대한 문제점을 경험한 사람들의 평균 만족도와 경험하지 않은 사람들의 평균 만족도

3) 충전관리시스템의 구매 중요도 및 품질 만족도

경기도 전기버스 충전관리시스템의 구매 중요도와 품질 만족도 분석을 통해 경기도 전기버스 충전관리시스템의 서비스 개선의 우선순위를 마련하고 향후 표준화를 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 전기버스 충전기와 마찬가지로 경기도 시내버스운송사업체를 대상으로 경기도 전기버스 충전기의 개선 평가항목별 중요도와 만족도를 분석하였다. 이후 개선의 필요성에 대한 경험유무 조사결과를 기초하여 IPA 분석과 영향지수 분석을 수행하였다.

(1) 중요도 및 만족도

전기버스 충전관리시스템의 최우선 과제는 메뉴 구성의 편리함, 기능상 만족도와 중요도 모두 사후관리(A/S) 기간이 높게 선정되었다. 세부적으로 충전관리시스템의 기능상 만족도는 16. 사후관리(A/S) 기간, 9. 기본기능의 충실, 5. 본체 가격, 13. 충전정보의 수집 항목 및 내용 등이 높게 조사되었다. 충전관리시스템의 기능상 중요도는 16. 사후관리(A/S) 기간, 11. 제품의 고장률 및 17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등), 12. 전기버스 충전기와 호환성 순으로 조사되었다.

〈표 15〉 경기도 전기버스 충전관리시스템의 항목별 중요도 및 만족도

대분류	세부항목	중요도 (평균)	만족도 (평균)
인지도 및 신뢰성		8.00	6.56
	1. 공급사의 인지도	7.32	6.58
	2. 제품에 대한 평판	7.85	6.61
	3. 전기버스 충전기와 한 세트(끼워팔기)	4.83	6.32
	4. 영업사원의 친절과 신뢰성	6.08	6.14
가격 및 부대비용		8.66	6.91
	5. 본체 가격	8.51	7.05
	6. 설치 및 운영에 소요 비용	8.80	6.76
메뉴 및 정보 시인성		7.95	6.49
	7. 화면의 디자인(정보의 시인성)	7.61	6.50
	8. 메뉴 구성의 편리함	8.29	6.47
기본 및 부가 기능		7.61	6.49
	9. 기본기능의 충실함	8.02	7.18
	10. 부가기능의 다양성	7.20	5.79
운영 및 통신 호환성		8.76	6.68
	11. 운영상 고장률	9.17	6.58
	12. 전기버스 충전기와 호환성(다양한 종류 대응)	8.85	6.47
	13. 충전정보의 수집 항목 및 내용	8.24	6.97
스마트충전 및 비용 절감		8.11	6.01
	14. 스마트충전을 위한 기술 대응 수준	7.76	5.95
	15. 스마트충전 효율(비용 절감)	8.46	6.08
유지관리 체계		9.01	6.88
	16. 사후관리(A/S) 기간	9.34	7.34
	17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등)	9.17	6.68
	18. 추가적 부가서비스(A/S 시 부품 무료 등)	8.51	6.61

(2) IPA 분석

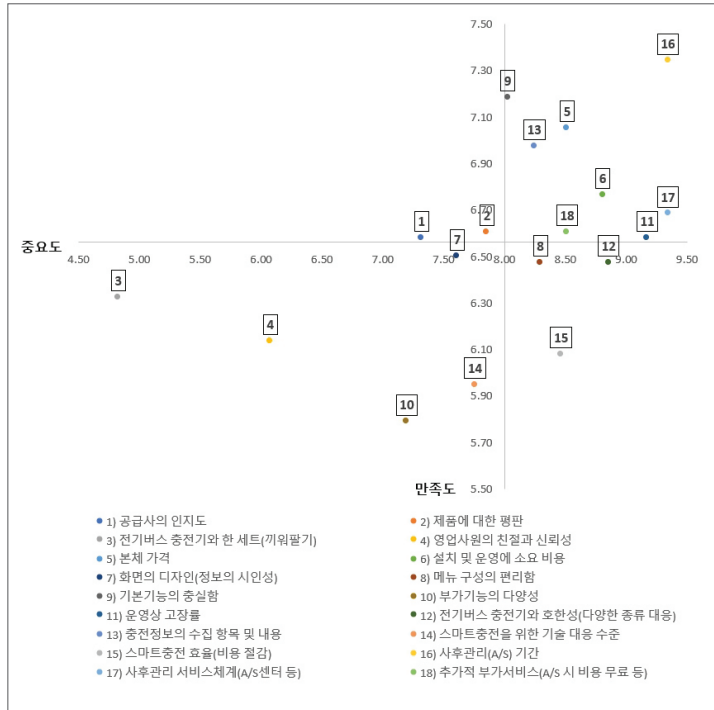
전기버스 충전관리시스템의 개선 최우선 과제는 메뉴 구성의 편리함이 선정되었다. 또한 기능상 만족도와 중요도 모두 사후관리(A/S) 기간에 대한 요구가 높게 나타났다.

전기버스 충전관리시스템의 중요도 및 만족도에 대한 시내버스운송사업체 설문조사의 IPA 분석 결과 핵심영역(중요도는 높고 만족도는 낮은 영역)으로 3개 항목이 선정되었다. 세부적으로 충전관리시스템의 개선 우선순위, IPA 분석 결과 ⑧ 메뉴 구성의 편리함, ⑫ 전기버스 충전기와 호환성(다양한 종류 대응), ⑮ 스마트충전 효율(비용 절감) 등이 선정되었다.

충전관리시스템의 기능상 만족도에서는 16. 사후관리(A/S) 기간, 9. 기본기능의 충실, 5. 본체 가격,

13. 충전정보의 수집 항목 및 내용 등이 높게 조사되었다. 또한 충전관리시스템의 기능상 중요도는 16. 사후관리(A/S) 기간, 11. 제품의 고장률 및 17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등), 12. 전기버스 충전기와 호환성인 중요하다고 조사되었다.

〈그림 4〉 경기도 전기버스 충전관리시스템의 서비스 개선 우선순위를 위한 IPA 분석



(3) 영향지수 분석 결과(Effect-Score Analysis)

본 연구에서 충전관리시스템의 영향지수 분석은 다음과 같이 진행되었다. 전기버스 충전관리시스템의 전반적인 만족도와 세부항목에 대한 만족도 및 문제점 여부를 기초로 충전관리시스템의 만족도에 각 항목의 영향지수 분석을 통한 영향력을 분석하였다.

충전관리시스템의 전반적인 만족도의 영향력은 인지도 및 신뢰성 분야, 가격 및 부대비용 분야, 운영 및 통신 호환성 분야, 유지관리 체계 분야 순으로 분석되었다. 세부 항목으로는 ② 제품에 대한 평판, ① 공급사의 인지도, ⑥ 설치 및 운영에 소요 비용, ⑫ 전기버스 충전기와 호환성, ⑱ 추가적 부가서비스(A/S 시 부품 무료 등) 순으로 선정되었다.

〈표 16〉 경기도 전기버스 충전관리시스템의 서비스 개선 우선순위를 위한 영향지수 분석

대분류	세부항목	영향 지수	우선 순위	서비스 수 준
인지도 및 신뢰성	1. 공급사의 인지도	0.6683	2	A
	2. 제품에 대한 평판	0.7019	1	A
	3. 전기버스 충전기와 한 세트(끼워팔기)	0.3704	17	F
	4. 영업사원의 친절과 신뢰성	0.5342	12	D
가격 및 부대비용	5. 본체 가격	0.4856	16	E
	6. 설치 및 운영에 소요 비용	0.6490	3	A
메뉴 및 정보 시인성	7. 화면의 디자인(정보의 시인성)	0.5481	11	C
	8. 메뉴 구성의 편리함	0.5144	15	D
기본 및 부가 기능	9. 기본기능의 충실함	0.2548	18	F
	10. 부가기능의 다양성	0.5721	7	C
운영 및 통신 호환성	11. 운영상 고장률	0.5529	10	C
	12. 전기버스 충전기와 호환성(다양한 종류 대응)	0.6250	4	B
	13. 충전정보의 수집 항목 및 내용	0.5577	9	C
스마트충전 및 비용 절감	14. 스마트충전을 위한 기술 대응 수준	0.5240	13	D
	15. 스마트충전 효율(비용 절감)	0.5865	6	C
유지관리 체계	16. 사후관리(A/S) 기간	0.5192	14	D
	17. 사후관리 서비스체계(AS센터 등)	0.5721	7	C
	18. 추가적 부가서비스(A/S 시 부품 무료 등)	0.6154	5	B

주 : 1) 영향지수(Impact Score) = 만족도 차이(Gap Score) × 문제점 인식률(Occurrence Rate)

2) 만족도 차이(Gap Score) = $E_B - E_A$

3) 문제점 인식률(Occurrence Rate) = $\frac{N_A}{N_A + N_B}$

여기서, N_A 와 N_B : 평가항목에 대한 문제점을 경험한 사람들의 수와 경험하지 않은 사람의 수
 E_A 와 E_B : 평가항목에 대한 문제점을 경험한 사람들의 평균 만족도와 경험하지 않은 사람들의 평균 만족도

Ⅳ. 전기버스 충전인프라 표준화 방안

전기버스 충전인프라인 충전기와 충전관리시스템에 대한 구매 중요도와 품질 만족도, 영향지수 분석의 우선순위 결과를 바탕으로 경기도 전기버스 충전관리시스템의 주요 기능을 선정하였다. 또한 각 기능에 대해 필수, 부가기능 필요성에 대해 조사하였다. 경기도 전기버스 충전인프라의 표준화 방향 조사 결과는 다음과 같다.

경기도 전기버스 충전관리시스템의 표준화를 위한 주요 기능은 통신규약, 통합관제, 스마트충전, 일반관제로 구분할 수 있다. 충전기-충전관리시스템간 통신을 위한 프로토콜은 OCPP 1.6을 필수로하며 2.x를 부가 기능으로 선택할 수 있도록 하여야 할 것이다. 또한 레트로 충전기 및 이기종간 통합관제, 계절 및 시간대와 차량정보 인식 등 스마트충전 관제 기능의 고도화가 필요할 것이다.

일반관제 분야에서는 충전관리시스템의 필수 기능으로 관리자 수동 제어 가능(충전속도, SOC량 등), 관리항목 설정의 편리성(묶음 명령), 충전 오류 시 알람 기능 등이 제공되어야 한다. 또한 충전 완료 시 알람 기능, 알람 항목에 대한 사용자 선택 가능, 사용자별 개인화된 화면구성 기능 등이 필수 또는 부가 기능으로 설정이 필요할 것이다.(현재 주요 제공 정보는 실시간 모니터링, 상태정보 시각화, 이력 자료 및 충전량·요금정보)

〈표 17〉 경기도 전기버스 충전관리시스템의 표준화 제안

구분	기능 설명	필요성 응답 비율(%)		표준화 제안	
		필수 기능	부가 기능	필수 기능	부가 기능
통신 규약	OCPP 1.6 대응	62.2	18.9	√	
	OCPP 2.x 대응	40.5	45.9		√
통합 관제	레트로 충전기 대응(이기종 통합관제)	67.6	18.9	√	
	원격지 충전기 대응(여러 차고지 통합관제)	73.0	13.5	√	
스마트 충전 관제	전기버스 순차 충전 기능	56.8	27.0	√	
	계절별 시간대별 스마트충전 기술	75.7	8.1	√	
	차량정보 인식 및 스마트충전 기술 (차종, 연비, 잔여 운행정보, 배터리 잔량 및 충전 요구량)	45.9	40.5	√	
일 반 관 제	실시간 모니터링	86.5	8.1	√	
	상태정보 시각화 기능	83.8	10.8	√	
	관리자 수동 제어 가능(충전속도, SOC량 등)	83.8	8.1	√	
	관리항목 설정의 편리성(묶음 명령) (SOC, 충전시간 등 차고지별, 노선별, 시간대별 관리)	70.3	21.6	√	

구분	기능 설명	필요성 응답 비율(%)		표준화 제안	
		필수 기능	부가 기능	필수 기능	부가 기능
일반 관제	사용자별 개인화된 화면구성 기능 (필수+선택 항목 구분하여 관리항목 표출 다양화)	48.6	32.4		√
	이력 자료 제공(충전량 및 충전이력, 정비이력 등)	78.4	2.7	√	
	충전량, 요금정보 제공 (차량별 일/월단위 요금정산에 활용 가능)	83.8	10.8	√	
	충전 완료 시 알람 기능	56.8	29.7	√	
	충전 오류 시 알람 기능	78.4	18.9	√	
	알람 항목에 대한 사용자 선택 가능	62.2	18.9	√	

주1 : 현 시스템 적용 여부는 충전관리시스템이 운영 중인 38개 업체 중 37개 업체 설문 참여 및 3개 업체는 통신규약에 대해서는 정확한 인지 없어 미응답.

주2 : 표준화 제안에서는 일부 업체에서 필수/부가 기능을 중복 응답 및 미응답 포함된 값임.

주3 : 색조는 어두울수록 현 시스템 적용 및 필수/부가 기능으로 선택 비율 높음.

V. 결론

본 연구에서는 경기도 전기버스 충전인프라의 구매의 중요도와 품질의 만족도를 통해 서비스 항목별 우선순위를 선정하였다. 또한 조사 결과를 통해 전기버스 충전관리시스템의 주요 기능에 대한 표준화 방향을 제시할 수 있었다. 각 항목별 서비스 수준과 우선순위는 설문조사를 통한 구매 중요도 및 품질 만족도 분석, IPA 분석, 영향지수 분석을 통해 도출하였다.

전기버스 충전인프라의 요소 기술의 표준화를 위해 다음과 같은 정책 제안을 하고자 한다. 전기버스 충전인프라는 다양한 제조사 및 기종별 통신 및 호환이 가능하게 함으로서 이용의 불편을 최소화하여야 할 것이다. 이는 기술 발전 및 개발에 따른 전기버스, 전기버스 충전인프라의 도입에 필수적인 사항일 것이다. 실시간 전기버스 충전 및 관리, 모니터링, 레트로 및 원격지 충전기 대응(통합관제)에 대한 표준화는 이를 가능하게 할 것이다. 또한 전기버스의 장점인 연료비의 효율적 운영 및 관리가 함께 이루어진다면 친환경 교통수단인 전기버스의 편의성은 더욱 높아질 것이다.

이와 같은 전기버스 기술 및 편의 향상은 정책적 지원을 통해 지속성을 높일 수 있을 것이다. 정책적 지원 제안 방안으로 첫째, 충전인프라 관리를 위한 중앙정부, 지자체의 역할 강화가 필요하다. 국내 전기버스와 같이 충전인프라도 중앙정부 및 지자체의 역할을 강화하여 친환경 대중교통 수단인 전기버스 확대에 긍정적 효과를 기대해 볼 수 있다. 또한 경기도는 경기도 전기버스 충전인프라 표준모델을 마련하고 프로토콜(통신규약)의 OCPP 1.6으로 표준화의 적용 및 고도화를 위해 노력하고 그 외 분야에서는

적극 지원이 필요하다. 전기버스 충전인프라의 국가적 표준이 없는 현실에서 경기도의 전기버스 충전인프라 표준모델은 국가적 표준 기준이 될 수 있다. 특히 이해당사자별 의견 수렴과 함께 충전인프라 제작사 등의 참여를 통한 기술 검토를 거쳐 국가 표준기준 마련의 방향성을 제시함으로써 그 의미가 크다.

둘째, 경기도 전기버스 충전인프라 표준모델 기준 마련의 협력 모델의 구축이 필요하다. 경기도와 시군은 경기도 전기버스 충전인프라의 표준모델을 매년 갱신 작성하여 배포하고, 기술 적용을 위한 사업자를 포함한 협력 모델 구축을 추진하여야 한다. 특히 버스업체(조합)은 충전인프라 구매 시 이 기준안을 사업자에게 요청하고 사업자는 이를 적용한 제품 생산 및 추가적인 기술 수요를 반영한 기술로드맵 제안이 필요하다. 이와 같은 협력 모델이 구축된다면 단기적으로는 경기도 전기버스 충전인프라 표준모델 마련 및 배포가 이루어질 수 있을 것이며 중장기적으로는 표준모델의 고도화 및 단계적 적용, 기술 수요 반영이 이루어질 수 있을 것이다.

경기도는 탄소중립 등 기후 위기 대응을 위해 다양한 친환경 교통정책을 추진 중에 있으며 본 연구는 이러한 정책적 지원 자료로 활용될 수 있다. 특히 최근 사회적 이슈가 되고 있는 전기차 화재 등과 관련된 안전측면의 표준화 필요성에도 관심이 높아지고 있다. 친환경 교통수단인 전기버스 확대를 위해 이에 대한 연구를 향후 연구과제로 남겨두고자 한다.

■ 참고문헌 ■

- 김점산 외(2007). “버스 이용자만족도의 도시특성별 비교연구”, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제42권 제4호 2007.8 193-204.
- 김점산 외(2018). 『수도권 전기버스 도입 확대 방안 연구』, 경기연구원.
- 김점산 외(2022). 『경기도 전기버스 표준모델 수립 및 적용방안』, 경기연구원.
- 김점산 외(2023). 『경기도 전기버스 충전인프라의 표준화 방안』, 경기연구원.
- 김지현 외(2019). “모빌리티 플랫폼 서비스의 사용자 경험 연구-카카오 택시와 타다를 중심으로-”, 디지털융복합연구 Vol. 17, No. 7, pp. 351~357.
- 김태호 외(2010). “IPA분석을 이용한 교통약자 지하철 이동시설 서비스 특성분석”, 교통안전연구논집 제29권 2010 p71~89.
- 김형준 외(2023). “IPA 기법을 활용한 수원시 전기버스 확대 도입을 위한 정책방향 연구”, 대한교통학회 제88회 학술발표회 p.267~268.

- 박범진 외(2014). “IPA분석을 통한 VMS 제공 교통정보 콘텐츠 개선방안”, 한국콘텐츠학회논문지 ‘11 Vol. 11 No. 10 p.457~466.
- 박유리 외(2021). “O2O 서비스에 대한 소비자 선호 실증 분석”, 한국혁신학회지 제16권 제3호, 179-195.
- 서예빈 외(2023). “전기버스 운행 특성을 고려한 스마트 차징”, 2023년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집(2023.07. P12~15).
- 오승민 외(2021). “다중경로 전기버스 시스템을 위한 충전 인프라, 버스 군 규모 및 관리, 배터리 용량 최적화”, 대한교통학회 제85회 학술발표회 500~501p.
- 유승철 외(2021). “미디어·광고 데이터 신뢰성 제고를 위한 국내 전담기관 설립 추진에 관한 연구(이해관계자 심층면접 및 AHP와 IPA를 활용한 설문조사를 중심으로)”, 미디어경제와 문화 2022년 제20권 2호, 121~159.
- 장정아 외(2021). “경기도 전기버스 충전이력 정보의 활용 전략”, 교통 기술과 정책, 제18권 제6호.
- 조경남 외(2014). “IPA를 이용한 보행자시설 특성 분석에 관한 연구”, 대한교통학회 제71회 학술발표회(2014.9.18.~19) 671~676.
- 조병호 외(2019). “IPA 분석을 통한 원도심 상권 활성화방안 연구 : 대구 서문시장을 대상으로”, 디지털콘텐츠학회논문지 Vol. 20, No. 4, pp. 851~857, Apr.
- 조소려(2020). “외식배달 서비스 고객 시장세분화 및 IPA 분석-중국 주요 외식배달 앱을 중심으로-”, 배재대학교 대학원 박사학위논문.
- 최기주 외(2006). “IPA를 이용한 VMS 서비스 평가와 정보제공 개선전략”, 대한토목학회논문집. 2006. 제26권제5호.
- 홍기만 외(2022). “IPA를 이용한 스마트 교통안전 시스템의 만족도 분석 연구”, 한국재난정보학회논문집(2022.12.31.) V18. no.4, pp754-768.
- 홍수정 외(2023). “탄소중립을 위한 수송분야 이용자 인센티브 선호도 분석과 방향성 연구”, 대한교통학회지 제41권 제6호.

coding-factory.tistory.com/346 코딩팩토리.

terms.naver.com 네이버 지식백과.

원 고 접 수 일 | 2024년 9월 25일

심 사 완 료 일 | 2024년 11월 4일

최종원고채택일 | 2024년 11월 7일

김점산 kymate@gri.kr

2004년 서울대학교에서 교통공학박사를 취득했으며, 경기연구원 기획조정본부 본부장으로 재직 중이다. 최근 “수도권 전기버스 도입 확대 방안 연구”, “경기도 시내버스 요금조정 검증 연구”, “스마트모빌리티 서비스의 현황 및 발전방안 연구”, “버스 운전자 안전 운전 지원 시스템 개발” 등의 연구를 수행하였다. 주요 관심 분야는 교통운영, 대중교통, 공유교통 등이다.

김서정 sj5502@gri.kr

2009년 중앙대학교에서 도시공학 석사를 취득했으며, 경기연구원 기획조정본부 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 교통운영, 교통안전, 대중교통, 첨단모빌리티 등이다.