

지능형 운송 서비스 구축 시나리오에 대한 이해관계자 중심 경제성 분석

신광섭 · 문용마 · 허원창 · 김우제*

Stakeholder Oriented Economical Efficiency Analysis on the Scenario to Implement Smart Transportation Services

KwangSup Shin · Yongma Moon · Wonchang Hur · Woo Je Kim*

ABSTRACT

This research proposed a new method to evaluate the objective validity to launch smart transportation services that various stakeholders are complicatedly inter-connected. First of all, we have designed the fundamental business model to form the smart transportation services and defined the stakeholders taking part in the services. Also, the criteria to evaluate the economical validity has been proposed based on the relationship among stakeholders. Especially, in the case EV drivers and charging service providers, the economical validity depends on the scale of spreading. Therefore, we have compared the two extreme scenarios, the poor and stable level of EV spreading. According to the result, it may be said that EV drivers and charging service providers cannot be guaranteed the economical validity due to the burden of initial investment. On the contrary to this, suppliers of EV and charging gears may secure more than a certain level of profit. In addition, the government may have great profit due to reducing the CO2 emission and cost for importing energy sources. Therefore, it is needed to enhance the level of supporting EV drivers and charging service providers at the first stage. Also, the impact of the ratio of EV and charging service stations on the economical validity of smart transportation should be further investigated.

Key words : Smart Grid, Hub City, Smart Transportation, Electric Vehicle, Charging Service, Economical Analysis

요약

본 연구는 최근 정부의 주요 에너지 관련 정책 중 하나인 지능형 전력망 확산 사업 중 대규모 장비와 전기차, 충전사업 등 다양한 이해관계자가 얽혀있는 지능형 운송 서비스를 도입하는 데 대한 객관적 타당성을 검증하기 위한 방안을 제시하였다. 지능형 운송 서비스를 구성하기 위한 기본적인 사업 모형을 설계하고, 해당 사업에 참여하는 이해관계자를 정의하였으며, 전기차 이용에 따른 이해관계자간 상호 거래를 중심으로 경제성 분석을 위한 기준을 제시 하였다. 특히, 전기차 이용자와 충전사업자의 경우 전기차 보급 규모에 따른 경제성이 크게 달라지는 만큼 극단적인 두 보급 시나리오를 설계하여 각 이해관계자들이 수익 구조가 어떻게 달라지는 지를 비교 분석하였다. 분석 결과 초기 장비 투자비용에 대한 부담을 가진 전기차 이용자와 충전사업자의 경우 해당 사업에 참여하기 위한 경제적 타당성을 확보하기 어려운 상황인 반면 전기차 및 충전설비 공급자의 경우 일정 수준 이상의 수익을 보장받을 수 있을 것으로 예상되었다. 특히, 해당 사업의 추진과 지원의 책임을 가진 정부의 경우 전기차 보급에 따른 에너지 수입 비용 및 이산화탄소 배출 절감에 따른 편익 증가를 통해 전기차 보급 규모에 따라 타 이해관계자에 비해 높은 수익을 보장받을 수 있다는 점을 발견하였다. 따라서 전기차 이용자와 충전사업자에 대한 지원 비율을 일정 수준 높일 필요가 있으며, 전기차 사용자와 충전사업자 간 이해가 상충되는 전기차대 충전설비 비율에 대한 다양한 시나리오 분석이 추후 수행되어야 할 것이다. 본 연구의 결과를 통해 향후 성공적인 지능형 운송 서비스 확산을 위해 필요한 사항을 개별 이해관계자 관점에서 확인하는 데 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : 스마트 그리드, 거점도시, 지능형 운송, 전기차, 충전서비스, 경제성분석

Received: 20 March 2015, Revised: 25 March 2015,
Accepted: 27 March 2015

*Corresponding Author: Woo Je Kim

E-mail: wjkim@seoultech.ac.kr
Dept. of Industrial and Information Systems Engineering,
Seoul National University of Science and Technology

1. 서론

우리나라의 경우 세계 10위의 탄소배출국으로 GDP대 비 온실가스 배출량이 OECD 국가 평균치의 1.6배 수준

에 이르기 때문에 온실가스 감축을 위해서는 신재생에너지, 전기차 등 청정에너지원 발굴과 친환경적인 이동수단이 필요하며, 이를 활성화하고 산업화하기 위해서는 스마트 그리드 기술의 검증과 구축을 통한 실증이 요구되고 있다^[1]. 또한 화석에너지 의존도가 높은 국내 산업의 특성상 지속 가능한 성장을 위한 에너지 자립과 효율성 제고라는 측면에서도 스마트 그리드 구축이 필요한 상황이다. 이를 위해 정부에서는 전력 IT 사업(2005~2013)^[2], 스마트 그리드 국가로드맵 수립(2010.1)^[3], 지능형전력망법 제정(2011.5) 및 시행(2011.11)^[4], 제주실증단지 운영 (2009~2013)^[5]등을 통해 제도적 기반과 기술검증을 이미 완료하였다.

현재 스마트 그리드 제주실증단지는 도시전체의 전력 수요에 대한 반응을 실증하는데 한계가 있으므로 가급적 빠른 시일 내에 거점도시를 조성하여 이를 보완해야 한다는 요구가 발생하고 있어, 지자체 수요조사와 사업모델별 공모 등을 거쳐 2013년 초까지 스마트 그리드 거점도시 추진계획을 마련하고, 2016년까지 7개 거점도시를 구축할 계획을 수립하였다^[6-7].

거점도시가 현실적인 규모의 스마트 그리드 인프라 구축을 통한, 운영 논리 및 사업 모델 개발, 경제성 판단의 시험대가 되기 위해서는 기술개발, 실증, 사업화가 선순환 구조를 이룰 수 있도록 하는 거점도시 및 사업 모델이 필요하다. 또한 스마트 그리드 기술의 성공적 확산을 위해서는 관련 기술의 특징과 전력 소비 형태를 고려하여 적절한 서비스 모형을 설계하고, 새로운 기술과 사업 모델의 도입에 대한 경제적 타당성에 대한 분석도 수행되어야 한다.

그러나 지금까지의 정부 주도 혹은 지원 사업의 경우 대부분 전체 사업에 대한 경제적 타당성만을 분석하였으나, 실제 사업 추진에 참여하는 주체별 경제적 타당성은 분석하지 않았다. 특히, 스마트 그리드라는 새로운 기술이 단순 장비의 보급이 아닌 다양한 이해관계자가 참여하는 서비스의 형태로 도입되는 상황을 감안하여 새로운 시각에서 해당 사업의 추진에 대한 경제적 타당성을 검증할 필요가 있다. 또한 서용원 (2012)의 연구^[8]에서와 같이 개별 기술이나 충전시설 등에 대한 경제성 검토가 이루어지고는 있으나 전체 서비스를 구성하는 이해관계자를 고려한 모형은 부족하다고 말할 수 있다.

본 연구에서는 다양한 스마트 그리드 거점도시를 구성하는 서비스 유형 중 지능형 운송 서비스에 대한 경제성 분석을 실시하였다. 이를 위해 우선 지능형 운송 서비스를 구성하고 있는 개별 서비스 모형을 활용 기술과 이해

관계자 중심으로 설계하였으며, 지능형 운송 서비스 구현을 위한 기술 및 장비의 보급 상황을 기준으로 확산 시나리오를 구성하였으며, 개별 시나리오에 대한 경제성분석을 실시하였다. 이를 통해, 성공적인 지능형 운송 서비스 확산을 위해 필요한 요소를 확인하고 다양한 이해관계자에게 서비스 도입에 따른 경제적 효과가 배분될 수 있는 방안을 설계할 수 있을 것이다.

본 연구의 나머지는 다음과 같이 구성된다. 우선 2장에서는 스마트운송 서비스를 구성하기 위해 필요한 기본적인 기술요소를 전체 스마트 그리드 확산 사업 유형과의 관계를 중심으로 설명하였다. 3장에서는 스마트운송 서비스를 구현하기 위한 기술 요소 및 참여 이해관계자에 대해 설명하였다. 4장에서는 스마트운송 서비스의 확산 상황에 따른 참여 이해관계자별 경제성 분석 결과를 제시하였으며, 마지막으로 5장에서는 본 연구에서 확인된 스마트운송 서비스 도입과 확산 시 고려해야 할 요소와 함께 위험 요인에 대해 설명하였다.

2. 지능형 운송 시스템 구성 요소

스마트 그리드 국가로드맵^[3]에서 정의한 스마트 그리드 5대 추진 분야는 다음 Fig. 1과 같이 5가지 유형으로 나눌 수 있으며, 이 중 지능형 전력망과 지능형 전력 서비스는 세 가지 거점도시를 구성하는 공통 요소가 된다. 지능형 전력망은 다시 지능형 송·배전 시스템과 지능형 전력 기기 및 지능형 전력 통신망으로 구성되며, 전력 서비스는 요금제, 수요 반응 및 전력 거래 시스템으로 구성된다.

지능형 소비자, 지능형 운송형, 지능형 신재생 거점도시의 구축은 두 가지 공통 기술인 지능형 전력망과 지능형 서비스의 바탕 위에 거점도시의 특성과 수요처의 전력 소비 및 거래 형태를 고려하여 유형별 특성화된 기술과

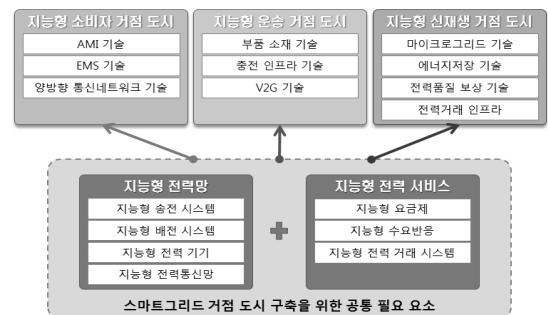


Fig. 1. Types of smart grid hub cities and components

서비스를 접목하는 형태로 진행된다.

본 연구에서는 스마트 그리드 거점도시 유형 중 최근 가장 큰 관심을 받고 있으며, 일반 전력 소비자뿐만 아니라 산업체 및 정부 공공 기관이 집중적으로 기술 투자하고 있는 지능형 운송 거점도시를 대상으로 경제성분석을 수행한다.

지능형 운송 산업의 가치사슬은 배터리, 파워트레인 등 전기자동차를 구성하는 요소기술 산업과 충전기기 및 충전서비스를 포함하는 충전인프라 관련 산업으로 구성된다. 우선 전기차는 화석연료를 활용하는 일반차량과 달리 배터리와 파워트레인 배터리관리시스템(Battery Management System: BMS)등으로 구성된다. 이중 배터리는 전기차 생산원가의 가장 큰 비중(40~50%)을 차지하며 주행거리 등과 같은 성능을 결정하는 핵심 부품이다. 최근에는 대용량 리튬이온 배터리가 주를 이루고 있으며 리튬 배터리 가격은 규모의 경제, 소재향상, 디자인 표준화 등으로 최근 빠르게 하락하고 있어 현재 약 800\$/kWh 수준에서 2020년에는 약 350\$/kWh 수준으로 하락할 것으로 전망 된다⁹⁾.

충전기 및 설비는 충전 방식에 따라 접촉식 직접충전, 비접촉식 충전 및 배터리 교체방식으로 구분된다. 가장 보편적인 충전방식인 접촉식 충전은 사용되는 충전기의 공급용량에 따라 완속충전과 급속충전으로 구분된다. 직접식 충전방식을 중심으로 한 충전 인프라의 구축은 다음 Fig. 2와 같이 크게 전력공급설비, 충전기, 충전기와 차량의 인터페이스, 그리고 충전인프라 정보시스템으로 구성된다.

전력공급설비는 주로 한국전력으로부터 수전하는 방식으로 구성되며 인입선로의 배선설치와, 누전차단기 및 배선용 차단기가 설치된 분전반의 설치 및 전기계기의 설치가 필요하다.

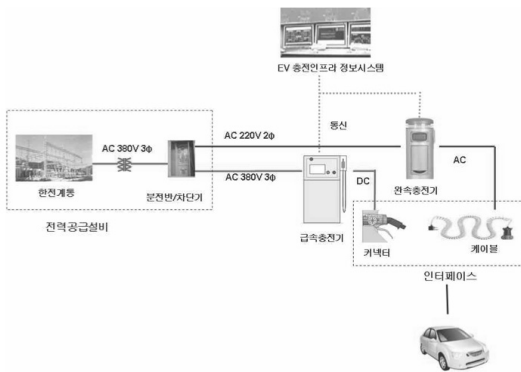


Fig. 2. Conceptual model of conductive charging system^[4]

3. 지능형 운송 서비스 사업 모형 설계

지능형 운송 서비스를 가능하게 하는 가장 중요한 요소는 전기차를 어떻게 어디에서 충전할 것인지에 대한 결정이다. 차량의 소유권 여부에 따라 달라질 수도 있으나, 이는 전기차 충전 기반 시설을 이용하는 고객의 유형이 달라지는 것 외에는 충전 서비스와 동일하다. 따라서 본 장에서는 전기차 충전서비스 사업을 중심으로 지능형 운송 서비스 사업 모형에 대해 설명한다.

3.1 충전 서비스 비즈니스 모델

충전사업은 전기차 및 충전설비와 달리 지능형 운송 산업을 구성하는 소프트웨어적인 요소로 전기차 보급 확대에 가장 중요한 역할은 서비스를 구성하는 기반시설이 담당한다. 충전서비스는 충전사업자의 사업영위 방식에 따라 다양한 사업모델 설계가 가능하며, 다음 Fig. 3은 충전사업의 전형적인 사업모델을 비즈니스 캔버스로 표현한 것으로 서로 다른 고객유형에 대해 각기 다른 가치제공을 하는 multi-sided market 형태임을 주목해야 한다.

충전사업의 고객유형은 전기차 소유자와 충전부지소유자로 구분될 수 있는데, 충전사업자는 전기차 소유자에게는 안정적인 편리한 충전서비스의 제공, 충전부지소유자에게는 충전기기 및 관련설비의 설치와 운영서비스의 제공을 통한 수익성 확보라는 가치제공을 목표로 한다. 여기서 이 두 가지 가치제공은 서로 독립적으로 달성될 수 없다는 점에 주의해야 한다.

3.2 기본 충전 사업모형의 변화

충전사업모형에서 충전용 부지소유자와 충전사업자의 관계설정방식에 따라 사업의 형태가 달라질 수 있다. 예를 들어, 충전사업자가 직접 충전용 부지를 매입하거나

파트너십	핵심활동/역량	가치제공	고객관계/채널	고객
<ul style="list-style-type: none"> • ICT 개발자 • EVSE 공급자 • EV충전자 	<ul style="list-style-type: none"> • 충전소 네트워크 운영 • 충전소 설치 • 과금 • 정보서비스 제공 	<p>For 충전소 운영자</p> <ul style="list-style-type: none"> • 충전소 운용수입 제공 • 충전설비 설치 제공 • 네트워크 가입, 운영 <p>For EV 운영자</p> <ul style="list-style-type: none"> • 안정적인 충전서비스 이용 • 충전설비 설치 제공 • 충전소 정보서비스 제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 충전소 지원 • 가입자 관리 • 웹사이트 • EV판매사 제휴 	<p>충전소 운영자</p> <ul style="list-style-type: none"> • 소매사업장(고객주차장) • 기업 (사원주차장) • 주차사업자 • 지방자치단체 • 공동주택소유주 <p>EV 운영자</p> <ul style="list-style-type: none"> • 개인 • Fleet/기관 • 운송사업자
<p>비용구조</p> <ul style="list-style-type: none"> • 충전소 네트워크 운용시스템 개발/운영비 • 가맹점 관리비 • 마케팅 비용 			<p>수입구조</p> <ul style="list-style-type: none"> From EV 운영자 • 가입비 • 충전소 이용료 (서비스 플랜에 따라 다름) From 충전소 운영자 • 가맹 수수료 • 충전소 EVSE 판매 및 설치 • 충전기이상 광고/운영시스템 광고 	

Fig. 3. Traditional business model for charging service

임대하여 충전소를 직영으로 운영할 수도 있고, 혹은 충전소부지소유자가 충전사업자에 가맹하여 직접 충전사업을 영위하는 형태가 될 수도 있다. 일반적으로 이 두 가지 형태의 운영방식이 병행될 가능성이 높다. 이 때, 충전부지소유자가 가맹하는 형태도 단순히 부지만 제공하는 수동적인 방식에서 충전소정보시스템을 제외한 충전소 운영의 모든 부분을 직접 수행하는 적극적인 방식까지 다양한 형태로 나타나게 된다.

충전서비스 사업모형에 따라 이해관계자 사이의 자금, 정보, 전력의 흐름관계를 나타내면 다음 Fig. 4와 같이 표현된다.

붉은색 화살표는 자금의 흐름을 나타내는 데, 전기차 수용자에서 출발하여 충전소네트워크 사업자를 거쳐 충전기공급자와 충전소부지 소유자(충전소운영자)에게 배분되는 구조를 보여주고 있다. 이때 앞서 언급한 바와 같이 충전소 네트워크 사업자와 충전부지 소유자와의 파트너십 구도에 따라 자금 흐름의 형태는 다소 달라질 수 있다.

3.3 지능형 운송 서비스 이해관계자 및 가치 사슬

지능형 운송 산업 생태계는 전기차 관련 산업과 충전 인프라 관련 산업으로 구분될 수 있으며 각각 기술(기기 및 설비) 공급자, 서비스 제공자 및 소비자, 전력망 공급자의 영역으로 구분할 수 있다.

기술공급 영역의 이해관계자들은 전기차 제조사, 정보통신기술 사업자, 충전기기 사업자로도 구성되며, 이들은 서비스 제공자 및 소비자들을 위한 기술적 인프라를 제공하는 역할을 담당한다. 서비스 제공자와 소비자는 운송사업자, 전기차 운행자(개인 혹은 집단), 충전사업자, 충전소 운영자(충전부지 소유자)로 구분할 수 있다. 지능형 운

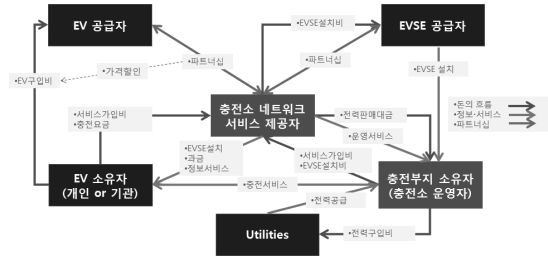


Fig. 4. Types of charging business and relationship among stakeholders

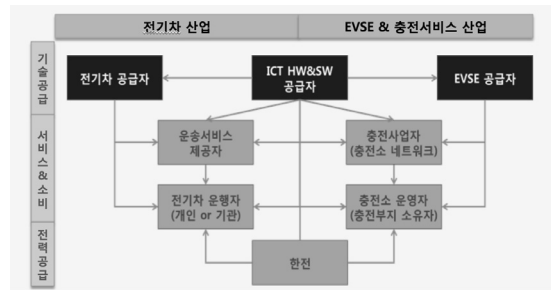


Fig. 5. Ecosystem of smart transportation

송 산업에 참여하는 다양한 이해관계자들이 소비자에게 제공하는 가치와 참여 동인 및 타 이해관계자와의 관계를 요약하면 Table 1과 같다.

이들의 이해관계는 독립적이지 않고 서로 연결되어 있다. 예를 들어 충전사업자의 이익은 전기차 보급규모에 영향을 받으며, 반대로 전기차 운행자의 이익은 충전 인프라의 규모 및 가격에 영향을 받게 된다. 이외에도 현재 우리나라에서 추진하고 있는 전기차 보급 사업을 주도하고 있는 정부 역시 주요 이해관계자이다. 전력공급자에게

Table 1. Participants of smart transportation and their relation of gain and loss

이해관계자	사업모델/가치제공	ST 참여동인	다른 이해관계자와의 가치사슬 관계
전기차 공급자	전기차 제조 Telematics 기술개발	신규시장	충전사업자/EVSE(Electric Vehicle Supply Equipment)와의 호환성, 파트너십 중요
EVSE 공급자	충전기 제조, 설치	신규시장	EV공급자와의 파트너십, 충전사업자 협력업체
ICT HW&SW	Telematics 충전소 운영시스템	신규시장	충전정보시스템 운영 충전네트워크 통제
충전사업자	충전소 네트워크 운영, 고객관리, 과금, 정보서비스	신규시장(유틸리티) 대체시장(주유사업자)	충전소간 호환성 경쟁 부지소유자/EVSE/EV제조사와 파트너십
충전소 운영자 (부지소유자)	충전서비스 운영 충전부지 제공	부대수익(상업시설) 신규시장(독립사업자) 대체시장(주유소)	수익사업 개념과 함께 공공/고객/직원 서비스의 개념 공존

지능형 운송 산업은 새로운 전력수요의 의미와 함께, 신규 사업 진출의 기회가 될 수 있다. 또한 V2H (Vehicle to Home), V2G (Vehicle to Grid) 등의 기술은 예비전력 수요 확보의 의미도 가지기 때문에 정부 입장에서는 에너지 수입대체와 이산화탄소 배출 저감, 관련 요소기술 (배터리, 전기차, 충전기 등) 산업의 성장 등 매우 큰 효과를 얻을 수 있기 때문에 적극적으로 지능형 운송 산업의 성장을 지원하고 있다.

4. 이해관계자 중심 경제성분석 결과

4.1 이해관계자별 비용 및 편익 요소 정의

지능형 전기차 산업에 참여하는 이해관계자를 크게 전기차 운행자, 충전사업자, 정부로 나누고 개별 이해관계자의 비용과 편익 요소를 도출 및 정의한다.

4.1.1 전기차 운행자

전기차 운행자 즉, 전기차를 보유하고, 충전서비스를 이용하는 주체 측면의 경제성 분석을 위한 가정 사항과 비용 및 편익요소를 정리하면 다음 Table 2와 같다.

전기차 운행자의 비용요소는 가솔린 차 대비 높은 전기차 구매비용이며 이에 대한 편익요소는 운행비용의 절감 효과로 산정할 수 있다. 이 이외에 정량화하기 어려운 다양한 요인(가령 운행정숙성, 운행거리에 대한 불안감 등 심리적 요인) 등이 존재하지만 본 연구에서는 고려하지 않았다. 충전요금은 충전시점의 전력부하 및 충전사업자의 요금정책에 따라 좌우되는데 본 분석에서는 이를 연

Table 2. Cost and benefit factors for drivers of EV

구분	항목	값	비고
비용 편익 산정 기준 파라 미터	A. 연간운행거리(KM)	21,900	60km/일 가정
	B. 가솔린 연비(KM/L)	10.00	
	C. 전기차연비(KM/kWh)	8.00	
	D. 유류비(원/L)	2,000	
	E. 충전요금(원/kWh)	변수	이용패턴에 따라 변동
	F. 전기차가격 (천원)	55,000	SM3 전기차
	G. 가솔린차가격 (천원)	25,740	SM3 가솔린차
	H. 전기차구매보조금(천원)	변수	2013'약 천 만원
편익	연간연료절감액	$A/B*D$ $-A/C*E$	
비용	차량구매 추가비용	G-F-H	

간 총 전력수요에 따라 변화하는 변수로 설정하였다.

정부의 전기차 구매 보조금도 전기차 운행의 경제성에 영향을 미치는데 이 역시 변수로 설정하여 이후 정부의 경제성과 연결하여 분석하였다.

4.1.2 충전사업자

충전사업자의 경제성을 결정하는 요인으로는 충전기 설치비 및 충전서비스 운영비용과 충전전력 구입비용, 그리고 충전전력 판매수익을 들 수 있다. 이는 연간 충전수요와 이에 따른 충전설비 설치규모에 따라 좌우되므로 이후 경제성 분석에서는 먼저 전기차 보급 시나리오와 그에 따른 충전사업의 규모를 몇 가지 시나리오로 구성하여 분석할 필요가 있다. 충전수요의 부하별 패턴은 미국의 전기자동차 시범 사업 실측 데이터를 바탕으로 하여 가정용 충전이 60% 공용충전이 40%의 수요를 가진다고 가정하였다 (이중 급속 10%)^[10].

충전기별 수요 비율을 다시 부하시간에 따른 수요로 세분하였는데 가정용 충전수요에 대해서는 전문가 인터뷰와 전기차 충전 용량을 반영하여 저부하 60%, 중부하 30% 고부하 10%로 가정하였으며, 공용 충전수요의 경우 저부하 30%, 중부하 60%, 고부하 10%의 비율로 수요가 배분되는 것으로 가정하였다.

Table 3. Cost and benefit factors of charging service providers

구분	항목	값	비고	
시나 리오	A. 연간 충전 수요	독립변수	전기차 수 연동	
	B. 충전기 설치 대수	독립변수	전기차 보급규모 연동	
비용	충전기 설치비	가정용	490	총 충전기의 60%
		공용-완속	4,770	총 충전기의 30%
		공용-급속	33,820	총 충전기의 10%
	전력구매 단가	저부하	63.82	충전수요의 60%
		중부하	99.02	충전수요의 30%
		고부하	135.73	충전수요의 10%
	충전기관리시스템 구축비(천원)	1,000		
	충전기관리시스템 운영비	중속변수	총 설치비용의 10%	
	총 비용	중속변수	충전기 수 및 수요패턴 연동	
	편익	충전전력판매수입	중속변수	수익률 30% 가정

Table 4. Cost and benefit factors for government

구분	항목	값	비고	
시나리오	전기차 보급 대수		독립변수	
	충전기 설치 대수		독립변수	
편익요소	O2발생량-전기차 (g/km)	42.5	환경공단 (2013)	
	CO2발생량-가솔린 (g/km)	178,6	환경공단 (2013)	
	CO2 경제적 효과 (원/톤)	12,000	탄소배출권 거래가격 (2013.3)	
	에너지 수입단가: 전기 (원/kwh)	40		
	에너지 수입단가: 가솔린 (원/L)	600		
	연간 CO2 저감 효과 (원/대)		EV/충전기 보급규모 연동	
	연간 에너지 수입대체 효과 (천원/대)		EV/충전기 보급규모 연동	
비용요소	충전기 설치 보조금 (천원/기)	완속	8,000	최대 금액 내 100%
		급속	-	2013 누락
	전기차 보조금 (천원)	소형차	15,000	환경부 (2013)
		버스	100,000	

4.1.3 정부

정부 입장에서는 공공의 경제적 가치 향상을 목표로 하고 있기 때문에 특정 이해관계자의 편익에 포함되지 못하거나 불특정 다수의 편익을 가지는 것으로 가정할 수 있다. 편익요소는 이산화탄소 배출 저감 및 에너지 수입 대체 비용 절감효과를 중심으로 설계하였으며, 비용요소는 전기차 보급 및 충전시설 확충을 위한 보조금 지원규모를 통해 산정할 수 있다. 일반적인 정부 지원 사업에서 편익항목으로 산정되는 산업파급 및 고용효과는 객관적 근거 확보 및 결과 산정이 어렵기 때문에 편익요소로 고려하지 않았다. 전기차 구매 및 충전기 설치와 관련된 보조금 정책은 지속적으로 변화하고 있으나, 2013년 기준으로 완속 충전기 800만원, 전기차 종에 따라 약 15,000만원 정도의 보조금을 지급하는 것으로 가정하였다.

4.2 시나리오 구성 방안

스마트 운송산업의 경제성 분석을 위해서는 전기차 보급 규모와 그에 따른 충전사업의 서비스 규모를 우선 산정할 필요가 있다. 국내 각 분석 기관들이 내놓은 가장 소극적인 전망은 2020년까지 인구 1만 명 당 약 77대, 가장 적극적인 전망은 230여대 까지 예상하고 있다. 우리나라

에서는 2010년 지식경제부에서 2020년까지 약 100만대 보급을 목표로 설정하였는데, 이는 다른 예측 시나리오와 비교해 보면 비교적 낙관적인 전망이라고 할 수 있다^[10].

전기차 보급 전망에 따른 충전기기 구축시나리오도 기관에 따라 상이한데, 전기차 보급 초기에는 약 3:1의 비율에서 보급이 확대될수록 그 비율이 낮아지는 형태의 전망이 일반적이다. 이는 전기차 보급 초기에 충전인프라 보급을 보다 적극적으로 하여 전기차 보급확산을 촉진하기 위한 것으로 이해될 수 있다. 한편 우리나라의 충전기 보급전망은 전기차 수 대비 2:1의 비율로 설정하고 있다^[11-12].

이와 같이 각기 상이한 전망 자료를 기반으로 제시한 타당성 자료를 기준으로 도출된 타당성은 서로 비교 분석이 불가능하기 때문에 서로 다른 보급 시나리오를 설계하고, 나머지 공통 요인을 기준으로 경제성 분석을 수행할 필요가 있다. 본 연구에서는 전기자동차 보급 수준을 중심으로 극단적인 두 가지 경우로 나누어 이해관계자별 경제성 분석을 수행한다.

첫째, 전기차 보급이 저조한 경우, 즉 인구 10만 명 당 약 700대 수준으로 보급되는 경우와 두 번째, 10만 명 당 약 2,500대 이상으로 보급이 원활한 경우로 시나리오를 구성하였다.

4.3 경제성분석 결과

경제성 분석을 위한 총 분석 기간은 최초 투자 후 10년을 기준으로 하였으며, 사회적 할인율 5.5%를 적용하여 순현재가 기준으로 경제성을 분석하였다. 최종적으로는 10년간 누적 편익과 비용을 바탕으로 B/C ratio를 산정하여 경제성을 비교 평가한다. 전기자동차 보급 시나리오별 개별 이해관계자가 가지는 비용과 편익의 변화와 함께 지능형 운송 서비스 도입과 확산의 경제적 타당성을 분석하였다.

4.3.1 보급부족 시나리오에 대한 경제성 분석

정부가 충전 기반시설 구축비용의 50%를 지원한다는 가정 하에 이해관계자별 누적 수익의 변화는 다음 Fig. 6과 같이 나타났다.

전기차 및 충전설비 공급자는 보급 증가와 함께 수익이 누적되고 있는 반면, 충전사업자와 전기차 운행자는 초기투자비용(충전설비구축 및 전기차 구입비용)으로 인한 손실을 회수하지 못하고 있다. 다만, 전기차 운행자의 경우 약 8년 후부터 손실이 감소되고 있어 보급목표에 도달하면 수익으로 전환될 수 있는 형태이다. 전기차 및 충전기 판매자를 제외하고 유일하게 수익이 나타나고 있는

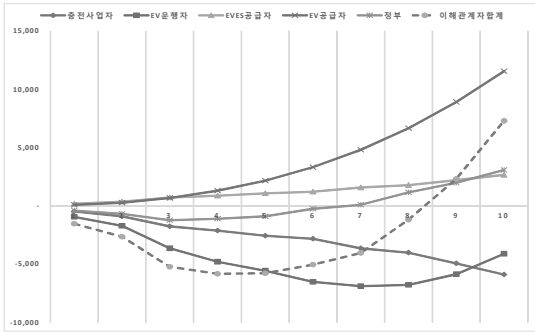


Fig. 6. Comparison of cumulative profits in the case of poor spreading

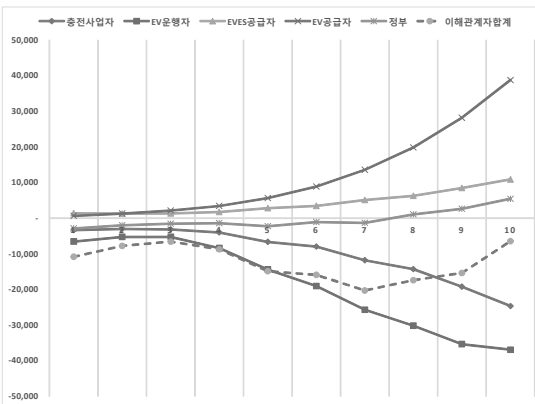


Fig. 7. Comparison of cumulative profits in the case of stable spreading

주체는 정부로, 전기차 보급 확대에 의한 CO2저감 효과와 에너지 수입 대체로 인한 편익이 지속적으로 누적되는 데서 원인을 찾을 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 정부의 편익을 보수적으로 설정하였음을 고려한다면 이 경우 정부의 투자 확대를 통해 정부의 편익이 다른 이해관계자에게 배분될 수 있도록 해야하는 상황이다.

4.3.2 안정적 보급 시나리오에 대한 경제성 분석

전기차의 안정적 보급은 10년 후 인구 만 명 당 약 258대의 전기차가 보급되는 시나리오로써, 각종 기관에서 예측한 시나리오 중 가장 낙관적인 시나리오임과 동시에, 우리나라의 보급 목표와 가장 유사한 수준의 보급목표이다. 이를 기준으로 앞선 시나리오와 동일한 방식으로 경제성 분석을 시행한 결과는 Fig. 7과 같다.

전기차 보급 규모가 앞선 시나리오에 비하여 약 3배 이상 수준으로 증가함에 따라 전기차 운영자의 손실이 매

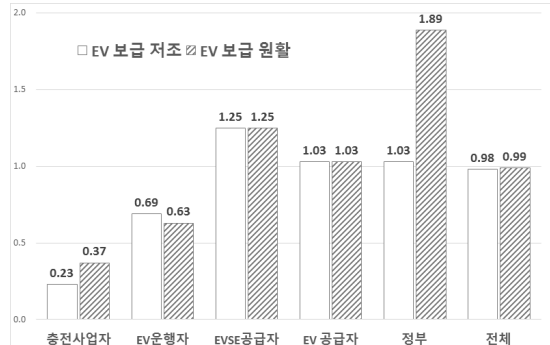


Fig. 8. Result of economical analysis for each stakeholders

우 크게 발생하며, 충전사업자 역시 손실이 지속되는 누적되는 현상이 발생한다.

만약 충전사업자에 대한 정부보조 비율이 95%로 확대될 경우에는 충전사업자는 초기에 손익분기점에 이르지만 큰 수익의 개선은 이루어지지 않은 반면, 정부의 손실이 증가되어 전체 사업 관점에서는 개선 효과가 없다고 말할 수 있다.

4.3.3 지능형 운송 사업에 대한 경제성 분석 결과

다음 Fig. 8은 전기차 보급 시나리오에 따른 이해관계자별 경제성 분석 결과를 보여주고 있다.

여기서 주목해야 할 점은 전기차를 운행하거나 충전 서비스를 제공하는 주체가 지능형 운송 서비스의 핵심 이용자와 서비스 제공자이나 이 둘 모두 낙관적 보급 시나리오 상에서도 오히려 초기 투자비용을 회수하지 못하는 상황이 발생한다는 점이다. 그 이유는 전기차 보급이 늘어나는 초기에는 높은 전기차 구매비용을 운행기간이 짧으므로 회수하지 못하기 때문이라고 할 수 있다. 충전사업자의 경우도 마찬가지이다. 전기차 보급규모에 비례하여 충전설비가 투자되어야 하므로 이는 충전사업자의 비용 증가 요인으로 작용한다.

투자 초기에는 지능형 운송 서비스의 기반 시설 공급자인 전기차 공급자와 충전장비 공급자, 그리고 전기차 전환증대로 인한 정부의 편익이 상대적으로 크게 발생한다. 따라서 지능형 운송 서비스의 성공적인 도입과 확산을 위해서는 보급초기에 전기차 운영자와 충전사업자의 예상 손실을 정부가 보전할 수 있는 방안이 필요하다.

단, 향후 전기차 보급이 목표치에 다다르고 추가적인 충전인프라 투자가 발생할 필요가 없는 상황이 되면 모든 이해관계자에게 편익 발생하기 때문에 정부의 지원은 확

산 초기에 집중될 필요가 있다.

또한 전기차 보급 대수와 충전 장비 보급 비율에 대한 추가 분석이 필요한데, 그 이유는 충전사업자의 수익률에 중요한 영향을 미치기 때문이다. 즉, 동일한 수준의 충전 장비를 보유하고 몇 대의 전기차에게 서비스를 제공할 것인가는 결국 설치비용 및 충전기 가동률을 결정하기 때문이다. 반대로 전기차와 충전시설의 비율이 낮을수록 전기차 이용자는 운행거리에 대한 두려움과 충전대기시간을 높게 예측하기 때문에 전기차 보급의 장애요인으로 작용할 가능성이 크기 때문이다. 실제로 미국의 The EV project^[13]의 경우 1:1 정도의 비율을 제시하고 있으며, 이중 절반 이상이 가정용 충전기로 구성되고 있다. 이 경우 가정용 충전기의 가동률은 약 6~7%, 공용은 2~3% 수준을 보이게 된다.

5. 결론

본 연구에서는 스마트 그리드 기술과 서비스의 확산을 위한 저점도시를 구축에 대한 경제적 타당성을 지능형 운송 서비스를 중심으로 분석하였으며, 특히 전체 사업에 대한 경제적 타당성이 아닌 해당 사업에 참여하는 이해관계자의 상호 연관성을 중심으로 비교 분석하였다.

이를 위해 지능형 운송 서비스를 구축하기 위한 장비 및 기술 제공자, 서비스를 이용하는 전기차 이용자와 충전 서비스 제공자 그리고 전체 사업을 지원하기 위한 정부의 관계를 우선 정의하고, 전기차 보급과 충전 서비스 이용에 따른 비용과 수익의 배분 관계를 바탕으로 경제성 분석을 수행하였다.

그 결과 초기 투자비용을 회수하기 어려운 전기차 이용자와 충전사업자의 경제성은 낮은 반면 전기차 공급자와 충전장비 공급자의 경우 일정 수준의 수익을 보장받을 수 있다. 특히, 확산규모에 따라 정부의 수익 규모는 큰 차이를 보이는 만큼 초기 장비 투자의 부담을 가진 전기차 이용자와 충전사업자의 정부 지원 규모를 확대할 필요가 있다.

또한 전기차 확산 규모에 따른 충전시설의 비율은 전기차 이용자와 충전사업자의 수익에 큰 영향을 미치며 양이해관계자의 수익에 정반대의 영향을 미치므로 다양한

시나리오에 따른 적정 투자규모 산정할 필요가 있다.

References

1. Dae-Jong Gwak, Young-Joo Lee, Hyejin Jin, Policy Issues for Promoting New Businesses and Strengthening Sustainability in Green Industry: Focusing on Renewable Energy and Green Car, KIET, 2011-156, 2011.
2. H.S. Chun, Electric Vehicle Policy of Major Nations, Electronics and Telecommunications Trends, ETRI, 2012.
3. Korean Smart Grid Institute, Smart Grid Annual Report, 2009-2011, 2012.
4. Korean Smart Grid Institute, Smart Grid Annual Report, 2013.
5. Korean Smart Grid Institute, Smart Grid National Roadmap, 2010.
6. Ministry of Environment, 2013, Electric Vehicle Charging Infrastructure Installation and operating instructions. 2013.
7. Ministry of Environment, Study on support standards-based composition and demand for electric vehicles advertised, 2011.7.
8. Ministry of Trade, Industry, and Energy, Act on the Establishment and promote the use of Smart Grid, 2011.
9. Ministry of Trade, Industry, and Energy, Smart Grid Test-bed in Jeju, 2013
10. National Petroleum Council (NPC), Emerging Electric Vehicle Business Models, Working Document of the NPC Future Transportation Fuels Study, 2011.
11. Xiaomin Xi, Ramteen Sioshansi, and Vincenzo Marano, A Simulation-Optimization Model for Location of a Public Electric Vehicle Charging Infrastructure, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 22:60-69, 2013.
12. Yong-Won Seo (2012). Integrated Model of Inventory and Waiting Time in EV Battery Switching Stations. 『Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society』, 37(4), 51-65.
13. 2012 Q1-Q4 The EV Project, The EV project quarterly report, 2012.



신 광 섭 (ksshin@inu.ac.kr)

2003 서울대학교 산업공학과 학사
2006 서울대학교 산업조선공학부 석사
2012 서울대학교 산업조선공학부 박사
2012~현재 인천대학교 동북아물류대학원 조교수

관심분야 : 스마트그리드, 경제적 타당성분석, 게임이론, 공급사슬 및 운영관리



문 용 마 (yongma@uos.ac.kr)

2000 서울대학교 산업공학과 학사
2005 펜실베이니아주립대학교 산업공학/경영과학 석사
2010 펜실베이니아주립대학교 산업공학 박사
2010~현재 서울시립대학교 경영학부 부교수

관심분야 : 불확실성 모형, 에너지 경영, Real Option



허 원 창 (wchur@inha.ac.kr)

1997 서울대학교 산업공학과 학사
1999 서울대학교 산업공학과 석사
2004 서울대학교 산업공학과 박사
2005~현재 인하대학교 경영학부 부교수

관심분야 : 기술혁신, 스마트그리드, Entrepreneurship, 행위자기반 시뮬레이션



김 우 제 (wjkim@seoultech.ac.kr)

1986 서울대학교 산업공학과 학사
1988 서울대학교 산업공학과 석사
1994 서울대학교 산업공학과 박사
2003~현재 서울과학기술대학교 글로벌융합산업공학과 교수

관심분야 : 최적화, 소프트웨어공학, 스마트그리드