



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

博士學位論文

전기차 카쉐어링 비즈니스 모델 연구



濟州大學校 大學院

經營情報學科

金 瑛 澈

2015 年 2 月

博士學位論文

전기차 카쉐어링 비즈니스 모델 연구



經營情報學科

金 瑛 澈

2014 年 12 月

전기차 카쉐어링 비즈니스 모델 연구

指導教授 李 東 澈

金 瑛 澈

이 論文을 經營情報學 博士學位論文으로 提出함

2014 年 12 月

金瑛澈의 經營情報學 博士學位 論文을 認准함



審査委員長 _____ (印)
委 員 _____ (印)
委 員 _____ (印)
委 員 _____ (印)
委 員 _____ (印)

濟州大學校 經營大學院

2014 年 12月

A Study on Electric Car-Sharing Business Model

Young-cheol Kim

(Supervised by professor Dong-cheol Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Doctor of Philosophy

2014. 12.

This thesis has been examined and approved.



.....
.....
.....
.....
.....

.....
Date

Department of Management Information Systems

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT	iii
I. 서 론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 연구 방법과 구성	3
II. 전기차 서비스 시스템 구성	6
1. 전기차 및 충전인프라 유형	6
2. 전기차서비스 정보시스템 요소	12
3. 전기차 카쉐어링 서비스	19
III. 전기차 카쉐어링서비스 모델링을 위한 사전분석	22
1. 카쉐어링 손익분석 모델링	22
2. 전력충전단가에 민감한 전기차 비즈니스 선정	24
3. 주행거리 기반의 택시 배터리 교체주기 분석	27
4. 지수함수 형태의 배터리 가격 추정	27
5. 배터리 교체비용 산정	34
6. ARENA를 활용한 택시 시뮬레이션 모델링	35
7. 전력충전단가에 따른 택시 손익의 민감도 분석	44
8. 전기차 투자모형화 및 전기차용 전력요금제	47
IV. 연구모델 결과 및 고찰	53
1. 내연차량 대비 전기차 유지비용 모델링(모델1)	53
2. 카쉐어링 주행기반 수익 모델링(모델2)	59
V. 결론	69

참고문헌 71
APPENDIX 75



A Study on Electric Car-Sharing Business Model

Amid electric cars are suggested as an alternative to fossil fuel depletion and for improving environmental issues related to transportation, supply of such an alternative is yet to be achieved. Some of the reasons would be due to its high prices compared to internal combustion vehicles, the existing vehicles in the same category, limitation to a shorter mileage per charge, insufficient charging infrastructure, unstable operation, restriction of private businesses to enter the power market, including the absence of affordable business services. To ensure economic feasibility of electric cars in the existing transportation sector, it is necessary to deduce models for taxies, car rental, car sharing, home delivery services, and bus mileage based on extremely inexpensive electric fees compared to fossil fuel.

Today, each government enforces a subsidy system for electric cars in order to boost electric car services. There is, however, limitation in funding for the subsidy, and electric cars must be initiative in organizing its own sustainable business ecosystem, considering falling prices due to the mass production of electric cars and technical development. Of the various electric-car business ecosystems, the car sharing service that claims to stand for economy of communion can solve both environmental and traffic problems. This paper aims to study a methodology based on the electric car-sharing business model.

Electric car-sharing business models have several variables. First, the price fluctuation in car batteries of which forms the high prices of electric cars, different daily mileage according to businesses, the actual purchase of electric cars according to the size of the government subsidies, and power charging fees, electric-car rental fees, and driving-distance-based driving fees suggested by private electric car charging operators.

This paper composed two types of integrated models of electric car-sharing service businesses. The model 1 is electric car maintenance cost modeling compared to internal combustion vehicles based on the net present value method and model 2 is

car sharing simulation modeling. We can compare income and expenses of the electric care sharing business based on the two models. In the model 1, we compared the depreciation of an internal combustion vehicle, the same kind as that of an electric car, car insurance, and vehicle tax using the net present value method. We also analyzed the sensitivity of overall costs that varies according to the size of subsidy and deduced a cost change chart of car sharing business operators according to the subsidy. In the model 2, we carried out a simulation for the car-sharing business that has the same O-D (Origin and Destination). For the simulation of model 2, sub-modules are required to set the unit price of power charging in advance. In the sub-model, the study reviewed the taxi business with most sensitivity in the unit price computation of power charging. Taxi has the longest daily mileage and is the first to face battery deterioration; therefore, the taxi business will need to spend a large amount of money for battery replacement and profit availability is very flexible in terms of the unit price of power charging. To apply costs according to battery replacement demand, we estimated annual battery prices. In addition, we conducted a sensitivity analysis for the unit price of power charging that reaches the break-even point through an electric taxi simulation based on the daily mileage of taxi.

The study suggests a design methodology based on battery price estimation and mileages for a charging fee system that can generate profits for the electric car service business and also an analysis methodology for the car sharing business. A car-sharing operator can select electric cars or internal combustion vehicles for their business and may verify profits from introducing electric cars compared to internal combustion vehicles. The final goal of the research is to suggest sensitivity and analysis methodology affecting car sharing providers according to the size of subsidy and power charging fees based on travel time and distance.

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

2010년부터 유럽의 재정위기와 셰일가스 붐을 통하여 신재생에너지 시장이 위축되었으나 2013년 일본의 원전사고 및 화석연료 기반 공업국으로 발전한 중국의 환경오염 영향으로 신재생에너지원이 새로운 투자 확대 대안으로 나타나고 있다. 또한, 신재생에너지 산업의 일환으로 완성차업체들이 지방정부 및 전력회사, 정보기술회사 등과 함께 자동차 산업과 전력운영 및 서비스 산업과의 융합적 방안이 필요하다고 제시하고 있다[이정민, 2013].

Clean Energy Ministerial[2013]에 따르면 세계적으로 2012년 18만대의 전기차가 보급된 것으로 나타나며 2020년까지 2천만대의 전기차 보급이 예상된다. 국내에서는 2009년 제주스마트그리드실증단지 사업을 추진함으로써 전력망에 정보기술을 접목한 차세대전력망에 대한 실증을 완료하였고 지능형운송 분야를 통하여 차량용 부품 및 소재, 충전인프라 및 V2G(Vehicle to Grid) 기술을 검증하였다. 그럼에도 불구하고 전기차는 아직도 일반적인 보급이 이루어지고 있지 않으며 이는 여러가지 전기차의 단점과 함께 전기차서비스 비즈니스 발굴 부재도 한 몫을 하고 있다. 일반적인 전기차의 단점으로 기존 동급의 내연차량에 비하여 가격이 높고, 짧은 1회충전 주행거리에 대한 한계와 충분하지 못한 충전인프라 시설에 따른 운행 불안감, 민간사업자의 전력시장 참여 제한 요소가 있다. 그러나, 전기차 산업은 환경을 보호하고 화석연료 대비 전력요금이 경제성을 갖춰 향후 자동차 시장에서 주역이 될 것이라고 예측하고 있다[박광철, 2012].

전기차의 단점에도 불구하고 기존의 수송부문에서 전기차의 경제성을 확보하기 위해서는 다양한 전기차 비즈니스 출현이 중요한 요소이다. 전기차서비스의 영역으로 택시, 렌터카, 카쉐어링, 택배, 버스 등 다양한 부문에 전기차 도입이 필요하다. 택시는 일일운송거리가 길어서 배터리 열화에 따른 배터리팩 조기 교

체가 필요하나 장거리 주행으로 인한 경제적 효과가 높다. Boyac 등[2013]에 의하면 렌터카와 카셰어링은 공유경제를 표방하며 차량의 유동성을 증가시키고 교통혼잡도를 줄이면서 친환경적이다.

택시 및 카셰어링 부문에서 전기차의 도입을 통한 비즈니스 경제성을 가장 크게 좌우하는 것은 차량가격과 전력기반 충전요금제이다. 첫째, 차량의 가격은 배터리의 비용에 크게 좌우된다. James F. Miller[2010]는 미래에 배터리 비용은 지속적으로 하락할 것이며 2010년 대비 2020년에는 50%대로 예측한바 있다. 세계 각국의 정부는 전기차 구입시에 보조금과 세제지원 정책을 시행하고 있다. 보조금과 세제지원 정책은 전기차 대비 내연기관 차량에 대한 구매비용의 격차를 줄임으로써 전기차 구매를 촉진하여 산업을 활성화하고자 하는 목표로 추진하고 있으나 그 재원에 한계가 있어 전기차 산업 스스로 자생적인 비즈니스가 도출이 필요하다. 둘째, 전력충전요금은 차량의 주행거리에 따라 손익의 효과가 매우 다양하게 나타난다. 차량의 주행거리가 긴 비즈니스 모델에서는 화석연료대비 전력요금 차이에 따라 많은 이익을 얻을 수 있으나 배터리의 열화에 따른 교체비용이 발생한다. 따라서, 비즈니스 모델에 배터리의 열화에 따른 교체비용을 감안하여야 한다. 셋째, 공유경제를 표방하는 카셰어링에 있어서 30분 단위의 차량대여 서비스가 출현하고 있으며 수입구조는 차량을 대여하는 대여료와 차량의 주행 거리에 기반한 주행료로 나누어 볼 수 있으며 주행에 필요한 연료는 카셰어링 사업자가 제공하고 있다.

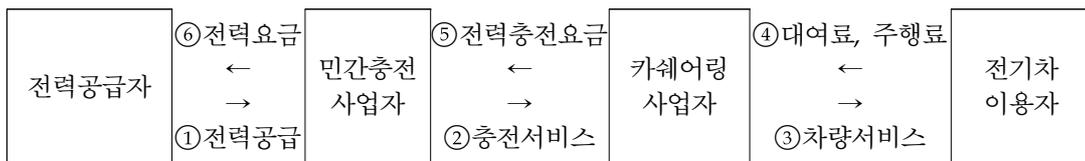
본 연구에서는 배터리 가격 예측과 주행거리를 기반으로 전기차서비스 비즈니스에 수익이 발생할 수 있는 충전요금제도 설계 방법론을 기반으로 카셰어링의 비즈니스 분석 방법론을 제시한다. 카셰어링 사업자는 비즈니스 대상 차량으로 전기차 또는 내연기관차량을 선정할 수 있으며 내연차량 대비 전기차 도입 시의 수익을 통해 검증할 수 있다. 연구의 최종목표는 시간거리병산제 카셰어링 모델에서 전력충전요금과 보조금 규모에 따라 카셰어링 사업자의 수익에 미치는 민감도 분석방법론을 제시하는 것이다.

2. 연구 방법과 구성

전기차 카셰어링 서비스는 시간거리병산제 모델로 한정한다. 그 이유는 전기차가 내연기관 차량에 비하여 수익을 극대화 할 수 있는 분야는 주행에 따른 저렴한 화석연료 대비 전기 충전료에 기인한다. 시간거리병산제 모델은 카셰어링시에 임대사업자가 차량에 대한 연료비를 지급하는 대신 사용자는 차량 임대시간에 해당하는 대여요금과 실제 차량을 주행한 만큼의 주행요금을 지불하여야 한다. 따라서, 카셰어링 임대사업자가 전기차를 채택하는 경우에는 전력충전요금이 발생하며 내연차량의 경우는 화석연료비를 제공하여야 한다.

국내에서 전력충전요금제는 아직 시행이 되지 않은 상황이며 전기차를 위한 전용 전력요금제도는 시행되고 있다. 이는 전력공급자로부터 받은 전력을 기반으로 충전인프라를 시설한 사업자가 자신이 투자한 시설에 대한 투자비와 이익을 회수하기 위하여 충전시설을 이용하는 사업자에게 자신이 공급받은 전력요금보다 높은 전력충전요금서비스 제도를 시행할 수 있다. <표1-1>은 카셰어링을 위한 전력서비스 제공 흐름도를 나타낸 것이다. 따라서, 전력충전요금에 따라 카셰어링사업자의 수익에 민감도 분석이 필요하다.

<표 1-1> 카셰어링 전력서비스 제공 흐름도



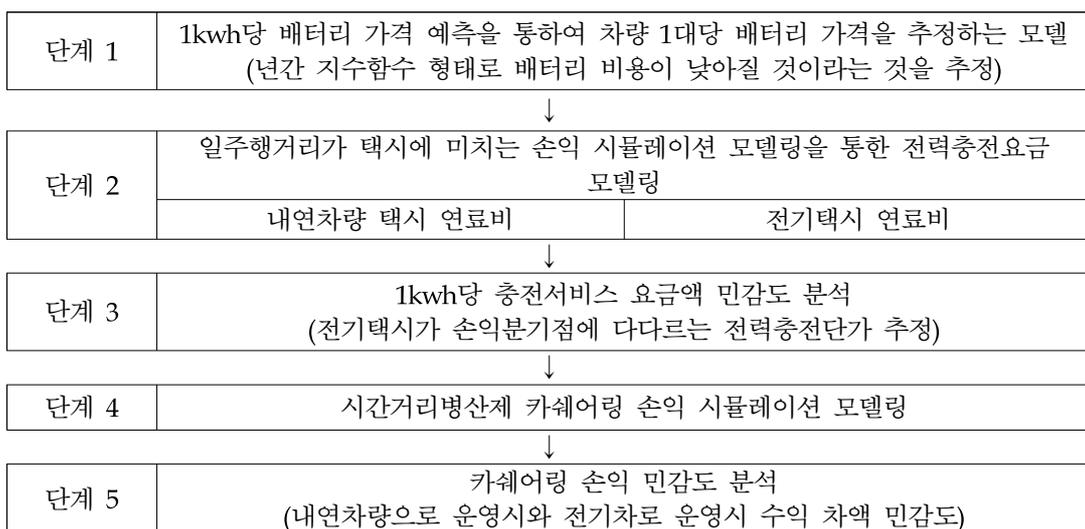
다른 하나의 요인은 전기차에 대한 보조금의 규모이다. 전기차 보조금은 차량의 구매비용에 따른 영향을 미친다. 유종훈 등[2011]은 손익분기점 분석을 이용하여 전기차에 대한 보조금의 규모의 방법론을 제시하였고 전기차 기반의 카셰어링 모델에서도 동일하게 적용이 가능하나 전력충전요금을 고정하여 순현가를 제시하고 있다. 본 연구에서는 전력충전요금이 변화를 통해서 전기차와 내연차량

에 대한 순현가를 비교할 수 있는 민감도 분석을 제시하였다.

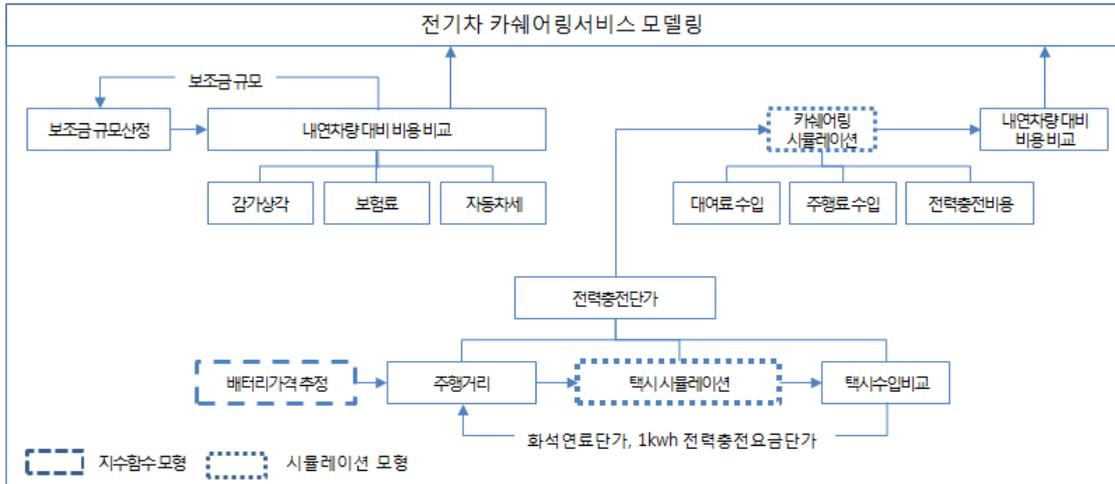
본 연구의 방법은 다음과 같다. 첫째 단계에서는 전기차가 내연차량에 비하여 경제성을 확보할 수 있는 가장 근본적인 1kwh 당 배터리 가격을 예측하는 방안이다. James F. Miller[2010]는 P/E(Power/Energy) 비율과 생산규모(Production Scale)을 통하여 배터리의 가격을 추정하였으나 본 연구에서는 지수함수를 통하여 예측하였다.

전력충전요금 모델링은 1kwh당 전력충전단가를 선정하는 과정으로 모델링에 택시 비즈니스를 선정하였다. 택시는 일주행거리가 가장 길고 배터리 교체주기가 가장 빨리 도래하는 특성을 가지고 있다. 택시는 법인 및 개인택시 유형으로 나뉘며 배터리 교체주기가 되면 추가로 배터리를 교체해야하므로 전기차 카쉐어링보다 전력충전요금에 민감한 비즈니스이다. 따라서, 전기택시가 일반 내연차량 택시에 비하여 수익을 얻을 수 있는 전력충전요금을 산정하는 것이 타당하다. 전기택시 민감도 분석을 통하여 선정된 전력충전단가를 기반으로 전기차 카쉐어링에 대한 시뮬레이션 분석을 실시한다. 카쉐어링 시뮬레이션을 통하여 대여료, 주행료 및 전력충전비용을 산출하고 이를 통하여 내연차량 대비 전기차의 손익분기점을 순현가를 통해 산출할 수 있다.

<표 1-2> 연구의 방법



다음은 본 연구의 전체 모델링 프로세스이다.



<그림 1-1> 전기차 카셰어링서비스 비즈니스 모델구조

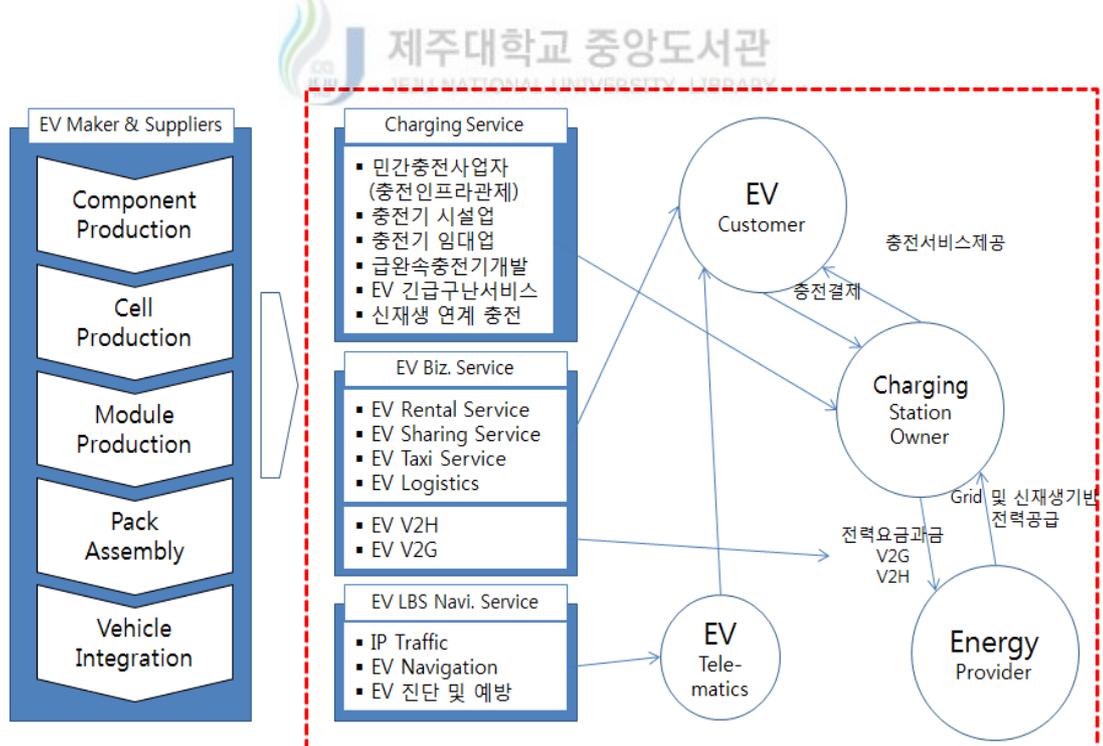
전기차산업 활성화를 위해서는 보조금 규모, 비즈니스 영역별(택시, 카셰어링 등) 주행거리, 전력충전단가처럼 3가지 요소가 가장 많은 영향을 끼치고 있다. 본 연구에서는 이들 요소가 시장에 미치는 영향을 분석하고 방법론을 제시하고자 한다. 본 연구는 다섯개의 장으로 구성되어 있다. 제1장은 서론으로 본 연구의 배경과 목적을 제시하고 연구방법과 대상을 살펴보았다. 제2장은 자료 연구로써 전기차 유형, 전기차서비스의 요소, 전기차서비스의 정보시스템 및 전기차카셰어링 서비스에 대하여 조사를 하였다. 제3장은 전기차 비즈니스에서 선행되어야 하는 카셰어링 선행연구 및 충전서비스 요금의 산정 방법론을 제시하였다. 제4장에서는 연구 모형 및 분석 부문으로 주행거리에 따른 충전서비스 요금 시물레이션 분석과 시물레이션을 통한 전기차 카셰어링 민감도를 분석하였다. 제5장은 본 연구의 결론 부분으로 모델링에 대한 연구 결과를 정리하고 연구의 한계 및 향후의 연구 방향을 살펴보았다.

II. 전기차 서비스 시스템 구성

1. 전기차 및 충전인프라 유형

1) 전기차서비스의 유형

전기차서비스의 구성요소로 전기차, 충전인프라, 정보시스템으로 구성되어 있다. 전기차는 도로에서 운행속도와 안전성에 관하여 비교적 저속이며 도로 운행이 제한되는 저속전기차[Dave Hurst, 2011]와 고속전기차로 나누어 볼 수 있다. 충전인프라는 크게 완속충전방식과 급속충전방식으로 나눌 수 있으며 정보시스템은 전기차가 쉽게 충전소를 찾을 수 있도록 지원하는 서비스와 함께 전기차 충전에 따른 과금 및 결제 등 부가정보시스템이 결합된 형태이다. 이와같은 전기차 서비스의 전후방 산업을 요약하면 <그림 2-1>과 같다.



<그림 2-1> 전기차 전후방 서비스

전기차 제조업자는 부품에서 팩 단위의 배터리 부분 및 파워트레인과 구동모터 등을 조립하여 최종 전기차를 완성하게 된다. 또한, 충전기를 제조하는 부문, 전기시설공사 부문 및 전기차에 전력을 충전하는 민간충전사업자 서비스도 전후방 산업으로 볼 수 있다. 또한 전기차를 기반으로 하는 V2G(Vehicle to Grid), V2H(Vehicle to Home) 등은 전력이 부족한 상황을 대비하여 저장된 전력을 역송하는 비즈니스도 출현하고 있다. 정보시스템은 전기차의 안정적인 운영을 위하여 충전소의 위치를 알려주거나 차량상태 정보를 제공할 수 있으며 예약충전, 차량의 안전 및 보안관리 등 매우 다양한 서비스로 접목할 수 있다.

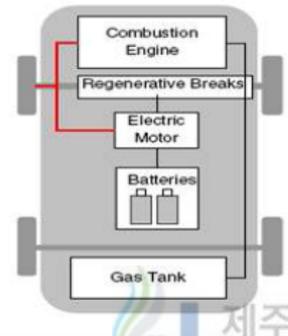
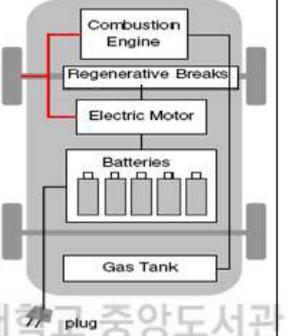
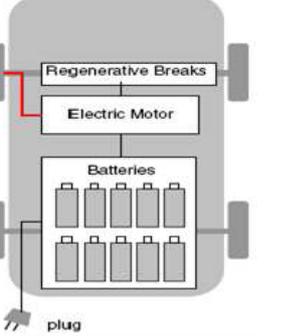
2) 전기차 현황

전기차란 화석연료로부터 구동력을 얻는 차량과 달리 전기로부터 에너지를 받아 운행되는 자동차를 말한다. 전기차의 1회 충전주행거리와 최고속도를 기준으로 고속전기차와 저속전기차로 나눌 수 있으며 <표2-1>의 요건을 갖추어야 한다[산업통상자원부, 2011].

<표 2-1> 전기차 구분에 따른 기술적 세부사항

구분	저속전기자동차	고속전기자동차
1회 충전 주행거리	·자동차 주행거리 실태조사에 따라 경형차의 1일 평균 이동거리가 26.3km인 것을 감안하여 27km 이상으로 설정	·배터리용량에 따라 복합모드 측정시82km 이상 또는 도시모드 측정시 92km 이상으로 설정 * 82km = [배터리 용량 : 16.4kWh] × [고시 연비기준 : 5km/kWh]
최고속도	·'자동차관리법시행규칙 제57조의2(저속전기차 기준)'에 따라 이를 준용하여 시속 60km이하로 설정	·고속도로에 운행이 가능한 車로 법률*을 충족하고 저속전기차와 구분을 위해서 시속 60km이상으로 규정 * 현행 법률에서는 고속도로 제한속도를 50km이상, 110km이하로 규정

전기차는 저속과 고속전기차로 분류하는 방법 이외에도 내연기관이 없이 순수하게 주행 가능한 자동차는 전기차로 분류하고 있으며 플러그인 하이브리드 차량의 경우는 단거리에서 전기모드로 장거리는 내연기관 엔진을 사용하는 형태로 운영된다.

	하이브리드 자동차 (HEV)	플러그인하이브리드차 (PHEV)	전기자동차 (EV)
구동원	엔진+모터	모터, 엔진(방전시)	모터
에너지원	화석연료, 전기	전기, 화석연료(방전시)	전기
구동형태			
특징	구동시 내연기관/모터를 적절히 작동시켜 연비 향상	단거리는 전기로만 주행, 장거리 주행시 엔진사용	무공해 차량
주요 차량	프리우스(도요타), 시빅(혼다)	Volt(GM), F3DM(BYD), Karma(Fisker)	Leaf(닛산), iMeve(미쓰비시)

<그림 2-2> 전기차 분류 (출처: 지식경제부, 도이치증권)

내연차량의 이산화탄소 등 배기가스가 없는 전기차는 지구온난화와 환경오염에 적합한 친환경적인 차량으로 값싼 전기를 이용함으로써 운행비용이 절감된다. 내연차량이 화석연료를 연소하기 위해 필요한 엔진, 연료공급장치, 배기장치, 변속기 등이 없으므로 구동계통에 필요한 소모품의 주기적인 교환이 상대적으로 적어 차량유지비가 현저히 절감된다. 차량을 구동하는 전기모터는 저속에서 출력이 향상되어 있어 내연기관 차량에 비하여 효율이 좋다. 또한 모터 효율이 80~90% 수준으로 내연기관이 20%~30%에 비하여 우수하며 소음과 진동이 적어 차량 수명이 길어지는 효과가 있다.

그러나, 전기차는 1회 충전거리가 매우 짧아 충전인프라가 없는 장거리 주행은 불가능하여, 시내 주행, 통학, 장보기, 출퇴근 용도 등 단거리용으로 사용된다. 국내에서 생산되는 현대기아차의 쏘울은 배터리 용량이 27kwh로서 공인된 1회충전 주행거리가 148km이다. 다음은 현재 시판중인 전기차종 SM3 Z.E와 쏘울의 차종 스펙이다[박경린 등, 2014].

<표 2-2> 현대기아 쏘울과 르노삼성 SM3 Z.E 비교

제작사	르노삼성 SM3 Z.E	기아 Soul EV
차량사진		
승차인원	5인승용	5인승용
최고속도	135 km/h	145 km/h
에너지소비효율	복합 에너지 소비효율 4.4 km/kWh - 도심 4.8 km/kWh - - 고속도로 4.0km/kWh -	복합 에너지 소비효율 5.0 km/kWh - 도심 5.6km/kWh - - 고속도로 4.4km/kWh -
배터리 용량	22 kWh	27 kWh
1회충전 주행거리 (공인정보)	135km	148km
배터리 보증기간	5년 10만km, 75%	10년 16만km
판매가격	4,300만원	4,250만원
충전소요시간(완속)	3~4시간(완속 100%, AC 7kW) 1시간(급속 80%, AC 22kW) 30분(급속 80%, AC 43kW)	4시간 20분(완속 100% 6.6kW) 33분(급속 80%, 50kW) 24분(급속 80%, 100kW)

전기차는 내연기관 차량에 비하여 성능 대비 가격이 높음으로서 정부의 전기차 구입을 위한 보조금 정책 없이는 높은 차량 가격으로 인하여 소비자가 구입하기 어려운 실정이다. 국내에서는 환경부가 전기차 대당 1,500만원의 보조금을 지원하고 있으며 지자체마다 추가적인 보조금을 지원하고 있다.

전기차 제조와 관련한 국내 차종으로는 현대기아차의 레이와 쏘울, 르노삼성의 SM3 Z.E., GM대우의 스파크, 한국화이바가 전기버스 등을 생산하고 있다. 해외의 주요 완성차 업체와 모델로는 GM 세보레 볼트, 닛산 리프, 신생기업인 테슬라의 프리미엄 전기스포츠카 로드스터 및 모델S, 벤츠 B클래스 일렉트릭 드라이브, BMW의 i3, 아우디 A3 이트론, 중국의 BYD E6가 출시되어 있다. 대부분의 완성차 업체들은 초기 수익성이 낮더라도 전기차의 우수한 성능에 대한 소비자의 경험을 얻을 수 있도록 전기차를 생산하고 있다. 또한, 지속적인 정부의 보조금 정책을 통해 보급 확산에 노력하고 있다.

3) 전기차 충전서비스

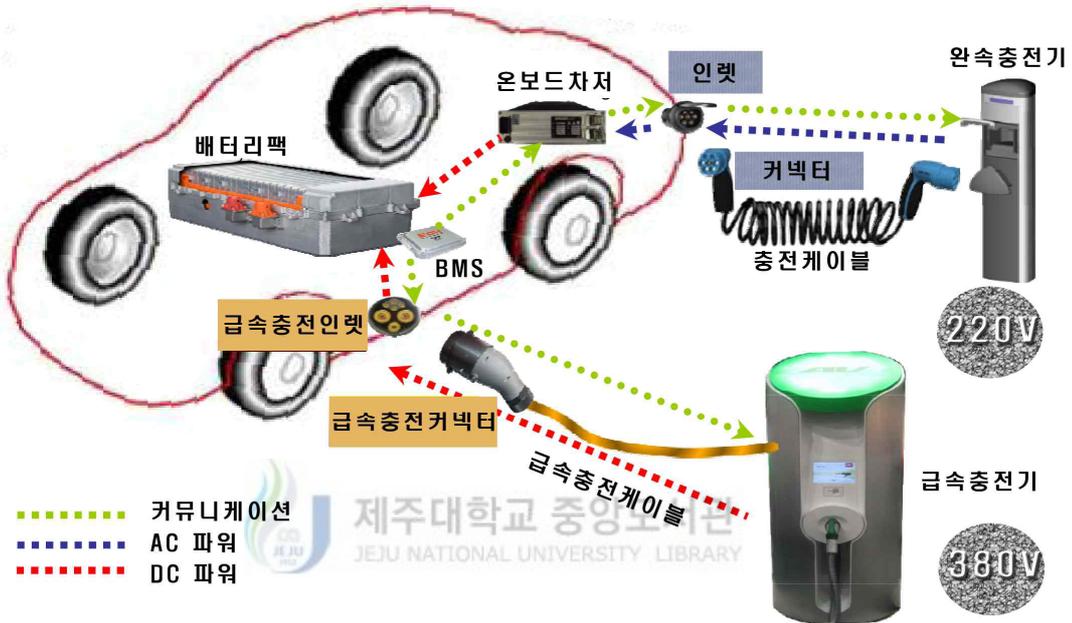
충전방식으로는 급속충전과 완속충전으로 대별되는데 완속충전이 전 세계적으로 표준화되어 있는 반면 급속충전방식은 여러 기술방식이 혼재되어 있다. 완속충전기는 전기차에 전력계통으로부터 차량보호, 모니터링, 과금정산 기능을 위주로 차량내의 OBC(On Board Charger)에서 전력을 제어한다[오정훈 등, 2010]. 완속충전은 전기차에 교류 220V를 공급하여 배터리를 충전하는 방식으로 차량의 OBC 3kW 충전기가 인가된 교류 220V를 직류로 변환하여 배터리를 충전하고 완충까지는 약 8~10시간이 소요된다[환경부, 2012].

급속충전기는 안전한 충방전을 위한 인터페이스 및 차량 배터리의 상태 정보 연계를 위한 BMS(Battery Management System)와의 통신 인터페이스를 기반으로 충전서비스를 제공한다[류홍제 등, 2010]. 급속충전방식은 충전기가 자동차와 제어신호를 주고 받으며 직류 110~450V를 가변적으로 공급하여 전기차의 배터리를 충전하는 방식으로 15~30분이 소요된다[환경부, 2012]. 급속충전방식으로는 북미지역이 COMBO 방식, 일본의 CHAdeMO방식, 유럽내 일부 완성차 업체의 AC 급속방식이 경쟁중이다.

<표 2-3>과 <그림 2-3>은 환경부[2013]가 제시한 충전기 유형에 대한 전압, 전력공급용량 및 충전시간에 대한 비교표이다. 또한, 완속충전기가 OBC에 의해 제어되는 반면 급속충전기는 충전기 자체에서 차량에 대한 전력 공급을 제어함을 알 수 있다.

<표 2-3> 충전방식에 따른 비교

구분	전압		공급용량	충전시간
	입력	출력		
급속	교류 삼상 380V	직류 450V	50kW	15~30분
완속	교류 단상 220V	교류 단상 220V	6~7kW	5~6시간



<그림 2-3> 전기차 급속 및 완속 충전방식[환경부, 2012]

<표2-4>에 나타난 것처럼 완속충전기는 모두 AC단상 5핀 규격으로 사용할 수 있도록 표준화 되어있는데 반하여 급속충전기 표준은 DC 차데모 type [8_시그널+2_전원], AC 3상 [7 PIN], DC 콤보 type 1[5_시그널+2_전원] 방식이 혼재되어 있음을 알 수 있다. 이처럼 급속충전기의 국제적 표준이 각기 다르므로 인하여 전기차 사용자가 급속충전기 인프라에 접근하더라도 충전을 못하는 상황이 발생할 수 있으며 이는 소비자의 불만을 야기할 수 있다. 최근에는 이들 3가지 유형의 충전서비스를 제공할 수 있는 3Way 급속충전기가 개발되어 소비자에게 급속 충전서비스를 제공할 수 있다. 향후 다양한 차종이 혼재되어 있는 상황에서는 안심하고 충전서비스를 제공 받을 수 있는 접근 가능한 충전인프라 정보를 정확히 제공하는 노력이 필요하다.

<표 2-4> 전기차 차종별 충전방식 비교자료

제작사명	차종	충전방식		비 고
		완속충전기	급속충전기	
기아차	레이	AC 단상 [5PIN]	DC 차데모 type [8_시그널+2_전원]	*한국형 차데모
	소울	AC 단상 [5PIN]	DC 차데모 type [8_시그널+2_전원]	*한국형 차데모+일본형 차데모
르노삼성	SM3	AC 단상 [7PIN]	AC 3상 [7PIN]	
한국지엠	Spark	AC 단상 [5PIN]	DC 콤보 type 1 [5_시그널+2_전원]	
BMW	i3k	AC 단상 [5PIN]	DC 콤보 type 1 [5_시그널+2_전원]	
NISSAN	LEAF	AC 단상 [5PIN]	DC 차데모 type [8_시그널+2_전원]	*일본형 차데모

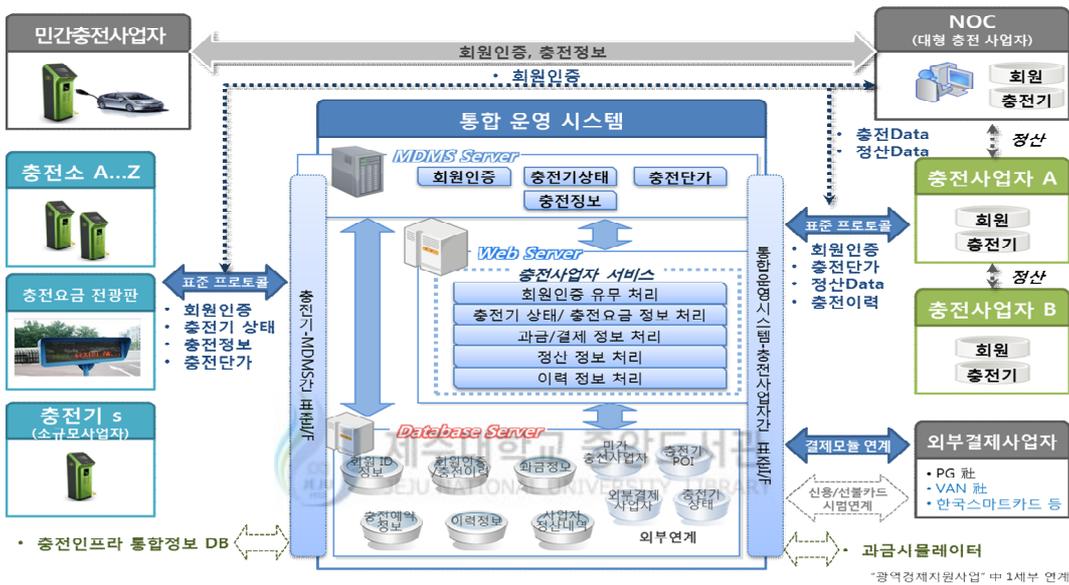
2. 전기차서비스 정보시스템 요소



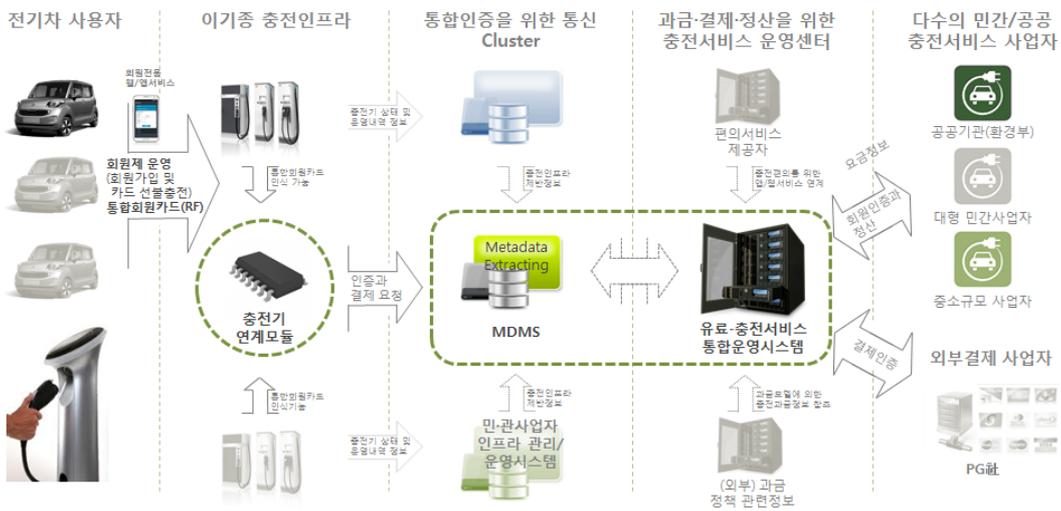
Dequan Gao 등[2013]에 따르면 전기차 충전인프라 서비스는 충전관제센터, 배터리 교체 스테이션, 충전기에 언제나 안정적인 전력공급과 충전서비스 제공이 가능한 정보시스템을 제안하고 Lee 등[2014]은 충전인프라 기반의 전기차 텔레매틱스 기반 서비스로 충전인프라 제공자가 충전인프라 사용자의 네비게이션을 통한 접근 방안을 제시하였다. 양승권[2010]은 충전인프라 운영서버 구조에 대해 웹서버, 통신 및 DB서버, 관리서버로 나뉘며 운영서비스 구현으로 과금 및 계량, 충전 부하제어, SMS 및 충전기 위치안내정보 등 부가서비스와 센터 시스템과의 통신기능, 충전기 업그레이드와 계통연계 서비스를 제안하였다.

충전인프라 정보시스템은 크게 충전소 통합운영시스템, 충전소와 센터간 통신 시스템, 통합운영센터와 민간충전사업자간 시스템으로 나누어 볼 수 있다. <그림 2-4>는 전체 시스템의 구성도를 표시하였다. 충전인프라와 통합운영시스템간 시스템은 충전기에 접근한 전기차 이용자의 회원인증, 충전기 상태 감시 및 제어,

충전단가 설정 및 충전이력 정보 등을 관리하는 MDMS(Meter Data Management System)으로 구성되며 통합운영시스템은 회원과금, 충전기 위치정보 관리, 예약정보관리, A/S정보관리, 민간충전사업자간 정산 등의 기능을 한다. 센터와 민간충전사업자간 시스템은 민간충전사업자의 회원정보 연동, 민간충전사업자와 전력공급자와의 정산, 민간충전사업자간 정산 및 충전이력 정보를 관리하게 된다.

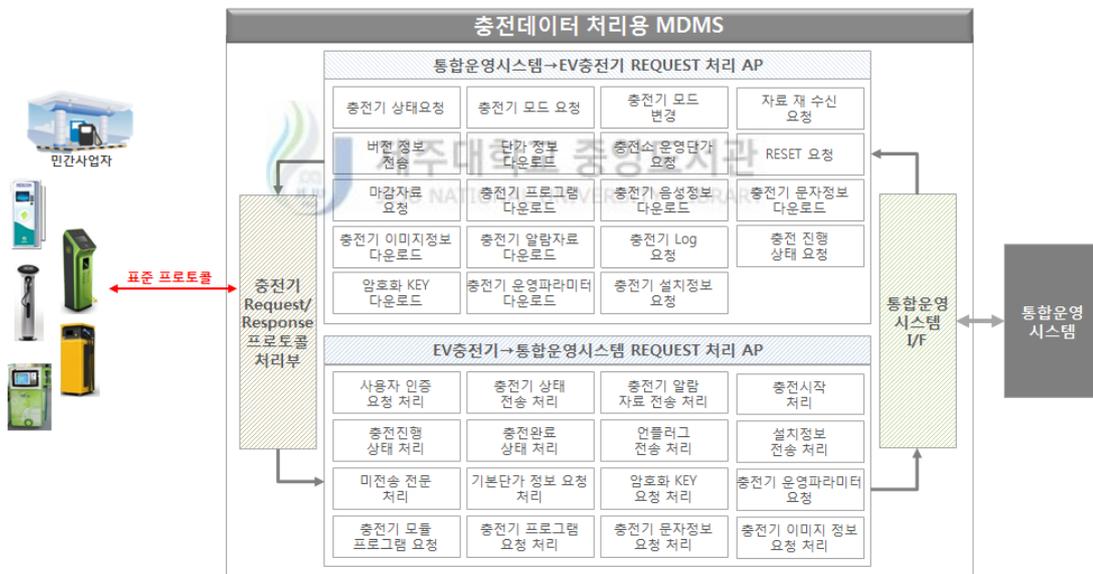


<그림 2-4> 충전인프라 정보시스템 구성도



<그림 2-5> 충전인프라서비스 흐름도

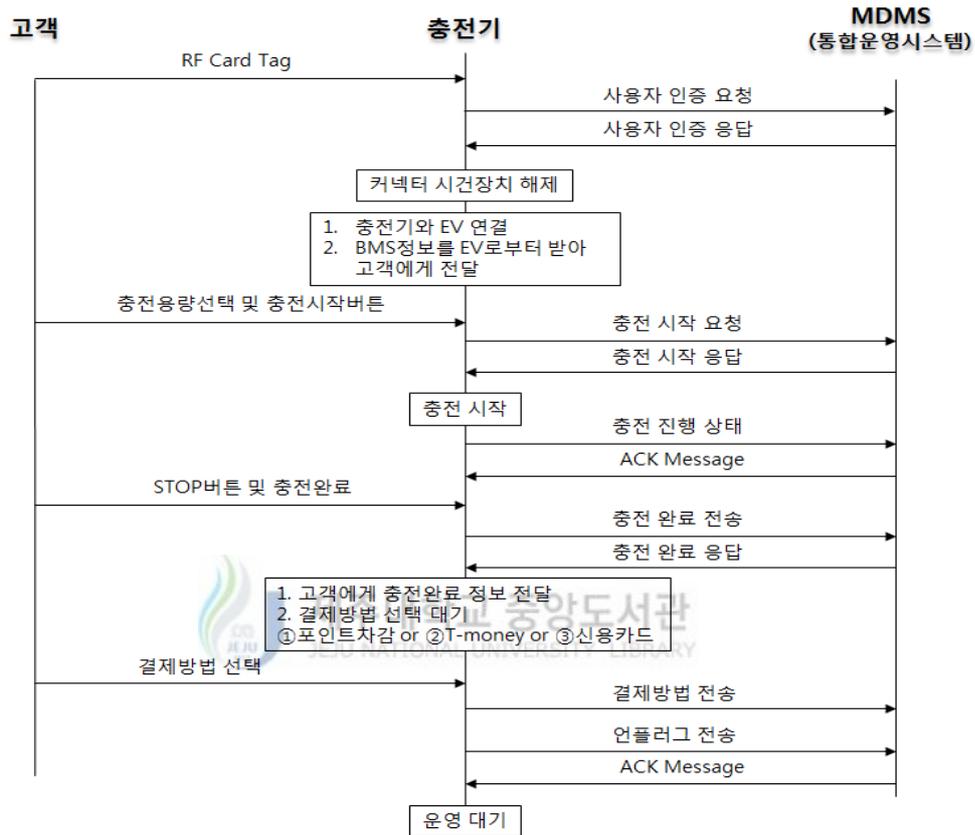
충전데이터 처리용 MDMS 시스템은 <그림 2-6>과 같이 구성된다. AMI (Advanced Metering Infrastructure), AMR(Automatic Meter Reading), DCU(Data Concentration Unit)과 통신하며 각 충전기로부터 전송되는 데이터(전력사용량, 역률 등)를 처리하였다. 또한, 사용자 인증, 충전기상태, 충전단가, 충전기 프로그램 등을 처리한다. 표준프로토콜에 기반하여 각 충전기 회사는 프로토콜을 파싱(parsing)하고, 원하는 명령(instruction)을 처리하는 각 AP(Application Process)로 전송을 수행하는 프로토콜 처리부가 있어 충전기→통합운영시스템으로 전송하는 명령을 수행하는 응용프로그램 치 통합운영시스템→충전기로 전송하는 명령을 수행하는 응용프로그램이 구현된다. 충전기는 통신을 위한 M2M모뎀, 충전기SW, RF리더기로 구성되어 통합운영시스템에 충전기 동작상태, 충전량, 충전요금 등의 정보를 제공하는 인터페이스를 갖추고 있다.



<그림 2-6> 충전데이터 처리용 MDMS 구성도

<그림 2-7>은 충전에 따른 정보 송수신 프로세스를 나타내고 있다. 전기차 이용자가 충전기에 RF 및 기타 인식을 위한 태깅을 하면 충전기는 MDMS를 통하여 센터에 회원 인증 유무를 요청한다. 센터는 민간충전사업자의 회원임을 확인하면 충전기 시건장치 개폐 유무 정보를 충전기에 전송한다. 충전기가 개방되면

충전용량 및 충전시작버튼을 통하여 충전요청이 센터로 전송되고 충전기는 충전을 시작한다. 충전이 완료되거나 사용자로부터 종료버튼이 요청되면 충전기는 센터로 정보를 전달하고 충전을 완료한다.

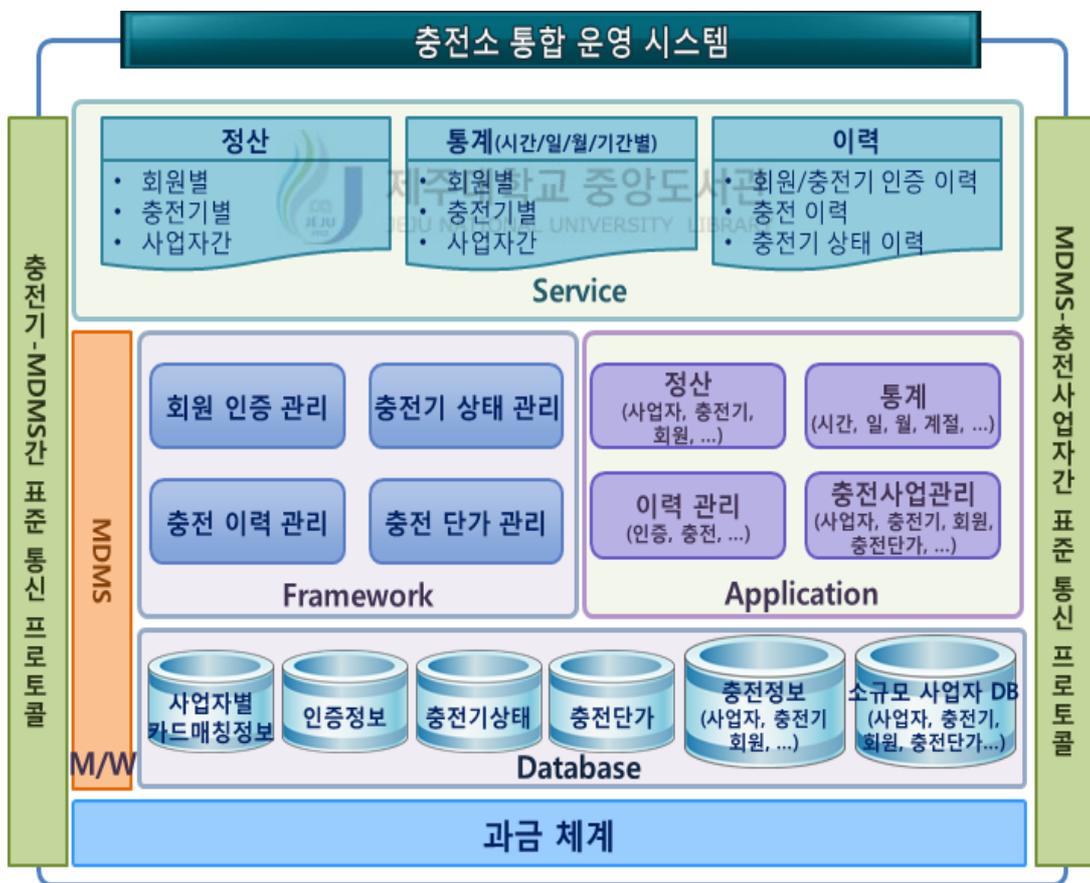


<그림 2-7> 충전에 따른 정보 송수신 프로세스 예

충전기 현황, 최단거리 충전기 찾기 및 스마트키, 충전기 예약기능, 고객센터 연계 기능을 위한 앱 및 웹시스템 개발도 필요하다. 이 앱 및 웹시스템은 회원가입 정책에 따른 가입처리 시스템의 기능을 포함하고 있다. 일반회원, 법인/단체 회원제 운영 및 회원이용약관, 개인정보 수집 및 이용동의서, 충전인프라 이용표준약관, 위치정보수집장치 확인 및 개인위치정보 수집 이용 제공 동의서, 온라인 고지 확인 및 동의서 등 충전인프라를 운영하기 위해 고객과의 연계시스템으로 구성된다.

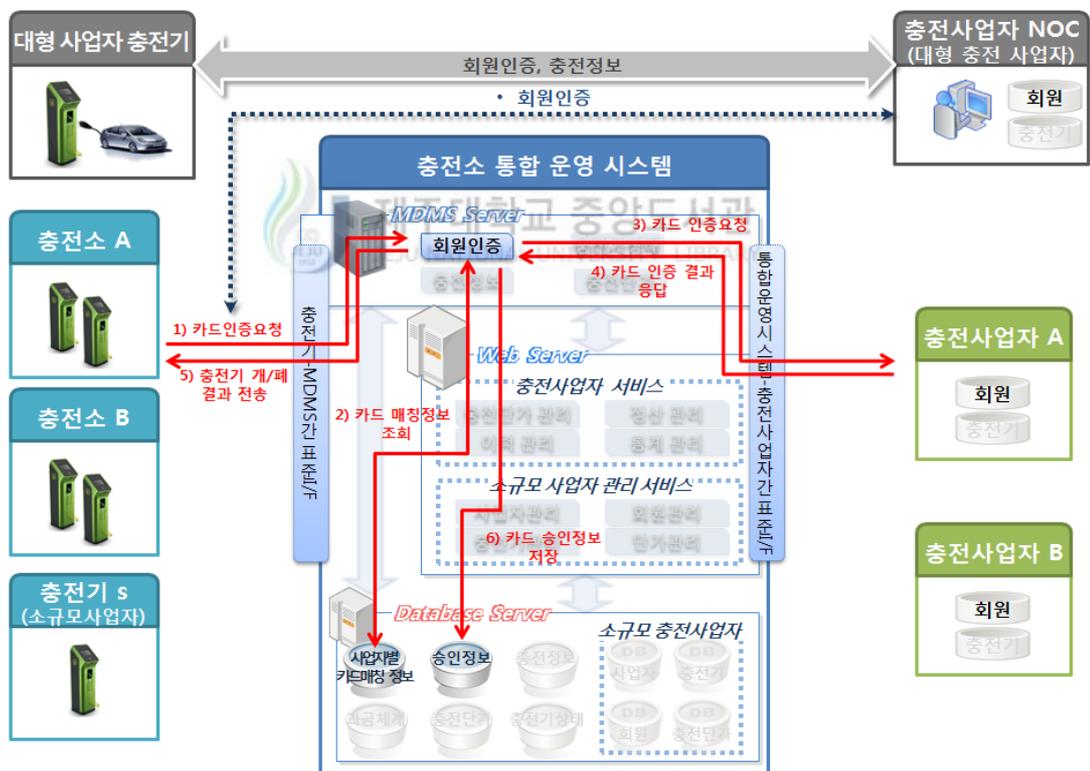


<그림 2-8> 전기차 충전회원용 웹과 앱서비스



<2-9> 충전인프라 통합 운영 시스템 아키텍처

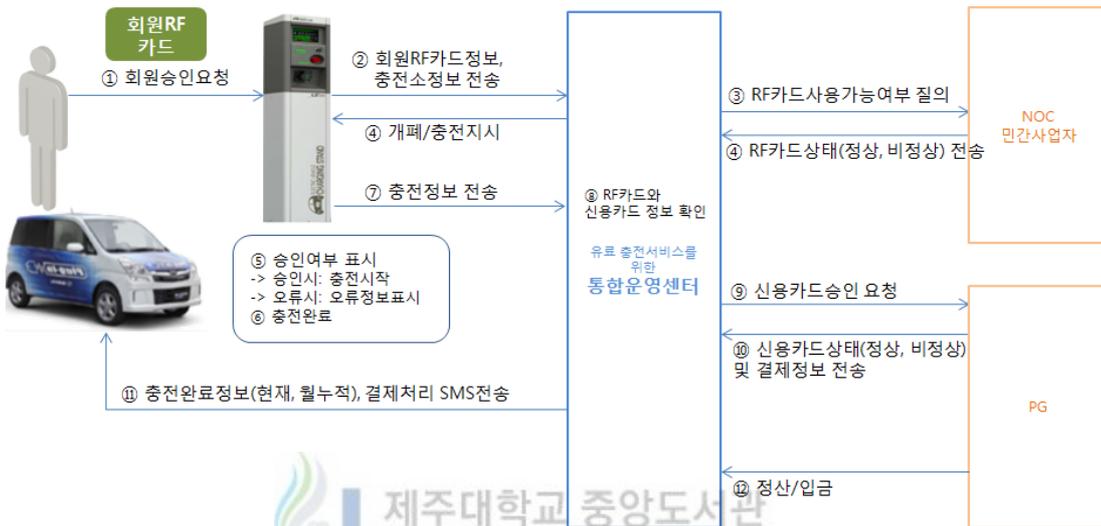
통합운영시스템은 MDMS와 연계하여 회원인증, 충전기상태, 충전이력, 충전단
 가 정보를 관리하며 이를 바탕으로 정산, 통계추출, 이력추출, 민간충전사업자 관
 리 등의 기능을 수행한다. 충전인프라내 충전기 개별 상태정보 연계 모듈은 정기
 적인 충전기의 상태확인 모듈 기능을 수행하며 충전기 상태정보를 보관하여 차
 후 특정시간대의 충전기 상태를 열람할 수 있는 서비스 제공한다. 민간충전사업
 자 회원 통합인증 모듈은 향후 주유소와 같은 형태의 민간충전사업자가 출현할
 것으로 예상되며 민간충전사업자간 회원인증 및 인증정보 관리모듈 개발이 필요
 하다. <그림 2-9>은 정산, 통계, 이력 레포팅 서비스를 포함하는 통합운영시스템
 의 전체 프레임워크이다. 충전인프라인 MDMS와의 통신 및 관제와 민간충전사
 업자와의 통신을 통한 정산 및 결제 연계 기능을 갖추고 있다.



<그림 2-10> 회원 통합인증 및 인증정보 관리모듈 흐름도

통합운영센터와 민간충전사업자간 시스템에서는 다양한 결제방식이 있다. 충전
 이 완료된 이후 센터는 회원정보에 기반하여 결제 프로세스를 진행하는데 년회

비 방식 또는 매 충전시 처리건마다 충전비용을 결제하는 방식이 있을 수 있다. 충전정산시스템은 충전사업자간 충전요금제도를 기반으로 요금징수액에서 전력요금, 통합운영센터 수수료를 차감하여 정산하는 시스템이다. <그림 2-11>은 실시간으로 충전료를 결제하는 방식이며 <그림 2-12>는 포인트로 차감하는 방식이다.



<그림 2-11> 실시간 기반 충전결제서비스



<그림 2-12> 포인트 기반 충전결제서비스

3. 전기차 카셰어링 서비스

카셰어링은 차량공유 경제 개념으로 시작되었다. Franz 등[1999]은 차량이 소유의 개념에서 서비스의 개념으로 전이됨을 연구하였다. 다수의 연구자들이 차량의 공유 경제에 대한 심리적 요인을 분석하였다[Dueker 등, 1977; Horowitz 등, 1978]. Fellowsa 등[2000]은 카셰어링이 도로교통 체계 부문에 매우 높은 사회적 이익을 창출할 수 있음을 밝혀내었다. Ulrike Huwer[2004]는 카셰어링이 대중교통수단 적합함을 증명하였다. 카셰어링은 이용자가 사용할 차량을 미리 예약하고 가까운 주차장에서 차를 빌린 후 반납하는 시스템으로 사용자가 인근의 차량을 시간단위(30분 단위)로 대여할 수 있다는 점에서 렌터카와 다르며, 남의 차를 얻어 타는 카풀과도 다르다 할 수 있다.

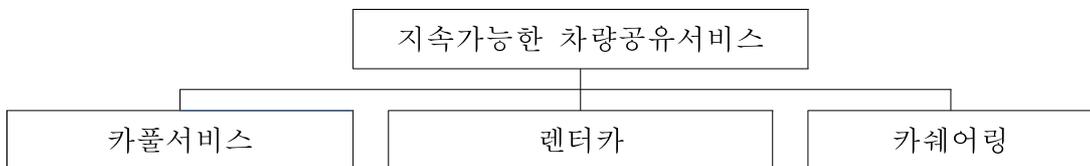
전문사업자(CSO:Car-Sharing Organization, 협회, 조합, 지자체 및 공공기관 등 지역별로 다양한 운영 주체가 진행하고 있으며 차량 이용 빈도가 낮을 경우 차량을 보유하지 않고 이동성에 지장이 없으므로 사회적으로 비효율적인 차량소유에 따른 환경요인과 주차에 대한 수요도 줄게 된다. 카셰어링 업체들은 대중교통과 개인차량의 장점을 결합한 서비스로 교통부문의 틈새시장을 개척하여 지하철, 버스, 택시 등과 함께 주요한 교통시스템으로 자리매김을 할 것이다. 특히, 차량 이용 빈도가 낮은 개인 차량 이용자들은 보험료, 연료비, 등록세, 차량 유지비 등 경제적 부담을 해소 할 수 있다는 장점이 있다.

카셰어링은 차량, 요금체계, 보관소(주차 공간), 운영시스템 등으로 구성되어 있다. 요금체계는 시간거리 병산제 형태로 이용시간에 따른 대여요금과 이용거리에 비례하는 구조로 이루어져 있다. 대부분 차종에 따라 요금에 편차가 있으며 차량의 연비에 따라 주행거리 요금을 달리하는 것이 보편적이다.

Frost&Sullivan[2010]은 카셰어링으로 인하여 2016년 북미지역에서는 33억 달러 시장규모, 440만명의 카셰어링 회원, 72,000대의 차량 및 10대중 1대 꼴로 전기차가 카셰어링에 참여한다고 예측하고 있다. 유럽의 경우는 5대 차량 당 1대가 전기차로 서비스 될 것으로 예측된다. 특히, 전기차 및 하이브리드 차량의 카셰어링에서의 주요 장애요인으로는 소비자의 경험부족을 제시하고 있다. <표 2-5>는 지속가능한 차량공유서비스의 유형을 나타내고 있다. 카풀서비스는 자신의 차

량을 나눠 타며 유류비 등의 부담을 줄이는 형태로 흔히 출퇴근 용도로 이용되는 카풀 서비스가 대표적이다. 국내에 대표적인 카풀서비스로는 티클이 있다. 티클은 여성전용, 추천카풀, 정기카풀, KTX카풀, 택시카풀 등의 서비스를 제공하고 있다. 해외에서는 P2P 형태의 카풀서비스인 리프트(Lyft)서비스가 있으며 차량의 필요한 시점에 어플리케이션을 통하여 요청을 보내면 인근의 리프트 드라이버가 응답하는 방식으로 이루어진다. 또한, 플라이트카(Flight car)는 공항 이용자가 장시간 차량을 주차하는 차량을 공유하는 서비스이다. 카풀서비스와 카쉐어링 서비스의 가장 큰 차이점은 P2P 서비스와 B2C 서비스의 차이점으로 볼 수 있다.

<표 2-5> 지속가능한 차량공유 서비스의 유형



<표2-6>은 렌터카 서비스와 카쉐어링 서비스의 차이점을 비교하고 있다. 렌터카는 주로 장시간 임대용으로 활용하거나 렌트 장소가 영업소 또는 공항, 항만 등에 비치되어 있는 반면 카쉐어링은 이용자 인근의 주차장에 차량이 비치되어 있는 점이 큰 차이점이다.

<표 2-6> 승용차 공동이용과 렌터카와 차이점

구분	승용차 공동이용	렌터카
이용자	회원제	회원제 또는 비회원제, 일부 회사 임대차량
이용시간	30분 단위(24시간 이용가능)	일 단위(영업시간내 이용)
대여장소	시내의 다수 지점	지정 영업소
요금방식	시간거리 병산제	시간제 중심
계약방식	최초 회원 가입으로 계약	매회 계약
대여방식	무인	유인
보험	포함	보험료 추가 징수

<표 2-7>은 렌터카 서비스와 카셰어링 서비스의 차이점을 비교하고 있다. 국내의 대표적 카셰어링 서비스로는 쏘카이며 웹과 앱으로 편리하게 예약할 수 있을 뿐만 아니라 스마트폰을 통하여 차량의 시건장치를 개폐할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 북미에서는 집카(Zipcar)서비스가 시장의 75%를 점유하고 있고 약 80만명의 회원과 1만여 대의 차량을 보유하고 카셰어링 서비스를 제공하고 있다. 이상민 등[2010]은 집카 이용자는 주로 대중교통을 이용하나 차량이 잠시 필요한 사람과 차량소유에 따른 경제성을 추구하거나 환경을 생각하는 사람 및 Second-car를 필요로 하는 사람들에 초점을 맞추고 있다. 유럽에서는 벤츠의 모회사인 다임러 그룹에서 운영하는 카투고(Car2go)서비스는 전기차를 기반으로 운영되는 특징을 갖고 있으며 BMW 그룹에서 운영하고 있다. <표2-7>은 카셰어링이 렌터카와 택시에 비교우위인 경우이다.

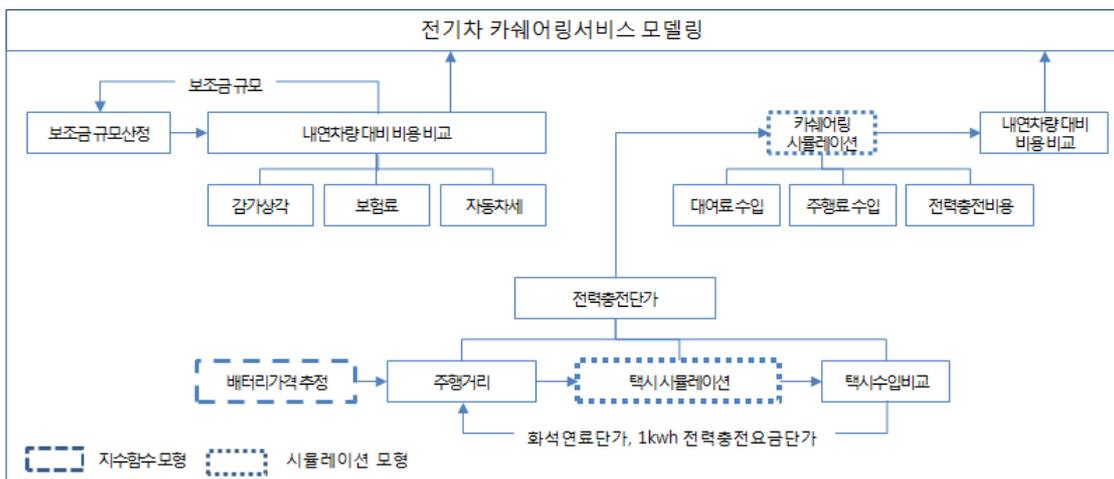
<표 2-7> 카셰어링이 렌터카와 택시에 비해 비교 우위인 경우

구분	비교우위
렌터카보다 비교 우위인 경우	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 렌터카보다 짧은 시간을 운행하는 경우 ▪ 렌터카의 복잡한 계약 절차를 피하려는 경우 ▪ 렌터카 인도 및 인수 시 대기시간을 줄이려는 경우 ▪ 렌터카 반납 시 주유상태를 인수시점과 맞추기 위해 주유소를 경유해야하는 경우
택시보다 비교 우위인 경우	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도착지점이 택시가 잘 다니지 않는 한적한 지역으로 운행하는 경우 ▪ 많은 양의 짐을 운송해야하거나 택시를 기다리는 것이 번잡한 경우 ▪ 장거리를 운행함으로써 택시비를 절감해야 하는 경우 ▪ 방문 목적지가 다수이며 분산되어 있는 경우 ▪ 프라이버시가 보장되어야 하는 경우 등

Ⅲ. 전기차 카쉐어링서비스 모델링을 위한 사전분석

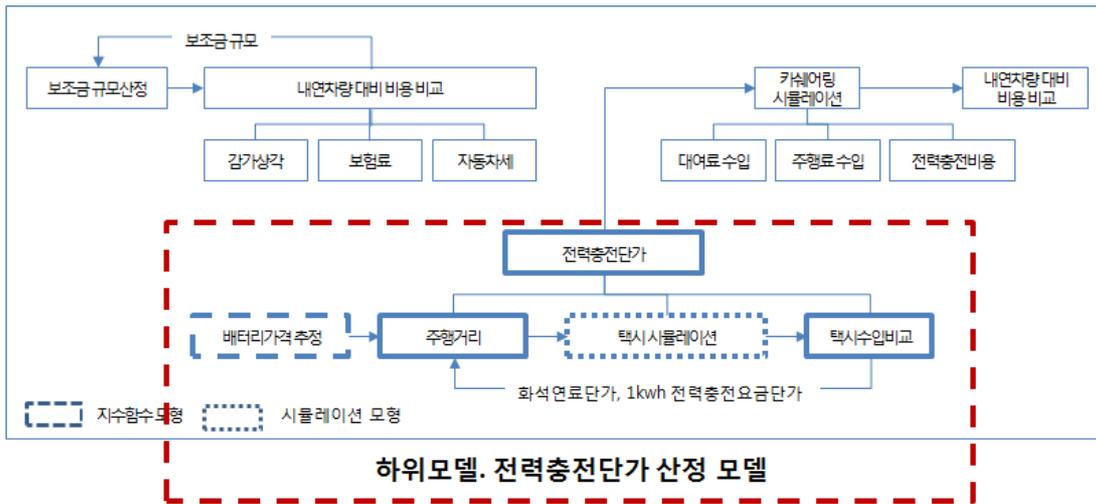
1. 카쉐어링 손익분석 모델링

본 연구에서는 카쉐어링서비스를 제공하고자 하는 사업자가 전기차와 내연차량 두가지 대안을 비교하고 선택을 할 수 있도록 하는 모형이다. 카쉐어링 사업자는 수익 측면에서는 내연차량이나 전기차나 동일하다는 것을 가정한다. 즉, 카쉐어링 사업자는 동일차종의 전기차나 내연차량이나 소비자는 동일한 제도의 요금을 지불한다. 카쉐어링사업자에게는 두 가지의 비용 요인이 발생한다. 모델1은 차량을 구입하고 유지를 하면서 발생하는 비용으로 대표적으로 감가상각비, 보험료 및 자동차세로 구성되어 진다. 손익분기점 분석을 통한 순현가를 비교하는 방법으로 모델링한다. 모델2는 카쉐어링에 따른 대여료, 주행료 수입과 주행거리에 기반한 전력충전비용이다. 연료비용에 해당하는 주행거리기반 전력충전비용은 카쉐어링 시뮬레이션 모델에서 주행거리에 기반하여 결정된다. 모델2를 구성하기 위하여 하위모델로 전력충전단가를 산출하여야 한다. 이는 전력충전단가의 변화로 인하여 모델2의 유지비용이 변화하기 때문이다.



<그림 3-1> 전기차 카쉐어링서비스 비즈니스 모델구조

<그림 3-2>는 전력충전단가 산정모델이며 <표 3-3>은 하위모델에 대한 방법론을 흐름도의 형태로 제시하였다.



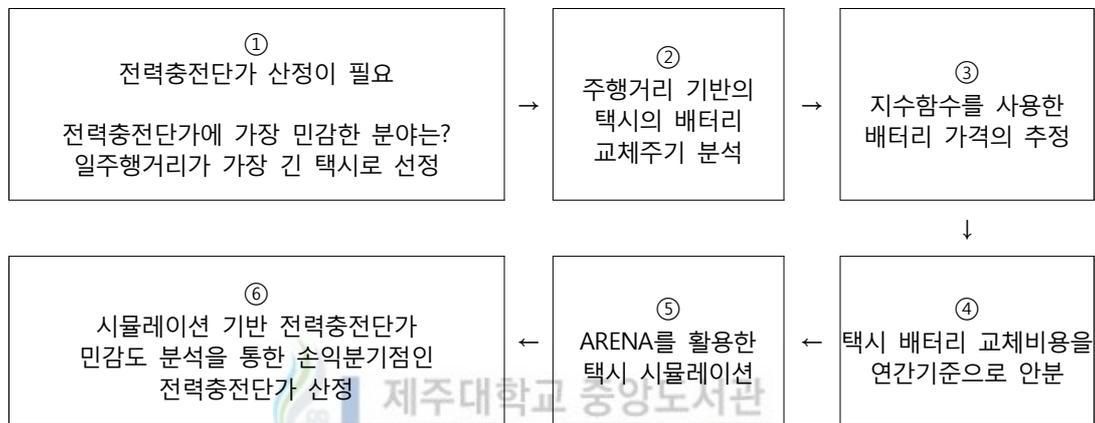
<그림 3-2> 전력충전단가 산정 모델

<표 1-1>에서 카쉐어링 사업자는 민간충전사업자로부터 전력을 공급받고 전기차 카쉐어링 이용자에게 충전서비스를 제공한다. 카쉐어링 사업자는 민간충전사업자의 역할을 겸임할 수 있으나 민간충전사업도 대단위 투자와 인프라가 필요하므로 카쉐어링 사업자는 기 구축된 민간충전인프라를 활용하는 것이 경제적이다. 그러나, 민간충전사업자는 전력공급자(한국전력 등)에게서 공급받은 전력을 자신의 충전기를 통하여 카쉐어링 사업자에게 제공함으로써 자신의 투자에 따른 수익을 기대하게 된다.

이에따라 민간충전사업자가 책정하는 전력충전요금은 카쉐어링 사업자의 수익에 영향을 미치게 되어 일정한 가이드라인이 주어지지 않는다면 카쉐어링 사업자는 민간충전사업자의 인프라를 활용하지 않을 것이고 이런 현상은 다시 민간충전사업자의 수익을 악화시키는 역순환 효과를 나타낼 것이다. 따라서, 전력충전요금에 대한 분석을 통하여 합리적인 전력충전요금제를 제시하여야 한다. <표 3-1>은 하위모델에 대한 분석 흐름도를 제시하였다. 1단계에서는 전력충전단가를 산정하기 위해 가장 적합한 수송 비즈니스 분야를 선정하는 것이다. 본 연구에서는 일주행거리가 가장 긴 택시분야를 선정하였다. 둘째는 주행거리 기반으로

배터리 교체 주기에 대한 분석이다. 셋째는 국제적으로 배터리 가격에 대한 1kwh당 가격을 예측하고 전체 배터리 비용을 산출한다. 넷째는 교체되는 배터리 비용을 차량 운행 년수별로 분배해야 한다. 배터리 교체 비용이 특정 시점에서 이루어지나 손익모델 분석을 위해서는 연차별로 비용을 배분하여야 한다. 다섯째는 내연차량 택시와 전기택시 두가지에 대한 시뮬레이션 모델을 만들고 여섯째는 내연차량 택시와 전기택시 간에 손익이 0가 되는 전력충전단가를 찾는다.

<표 3-1> 하위모델 분석 흐름도



2. 전력충전단가에 민감한 전기차 비즈니스 선정

본 연구가 카쉐어링에 한정되어 있으나 실제 전력충전단가가 설정되는 분야는 전기차 비즈니스 분야 전체에서 가장 민감한 분야를 선정하고 이를 통해 전력충전단가가 제안되어야 하기 때문이다.

전력충전단가 산정에 택시 비즈니스를 검토하는 이유는 택시가 일주행거리가 가장 길고 배터리 열화가 가장 먼저 일어나 교체수요에 따른 대규모 비용이 발생하기 때문이다. 이는 택시 비즈니스에서 배터리 교체 비용을 감안해야 하는 이유이기도 하다. 전기차의 경우 배터리의 가격이 전기차 전체 가격에서 가장 많은 부분을 차지하게 되므로 이 비용에 대한 고려가 필요하다. 택시, 렌터카, 일반승

용차 부문의 전기차 비즈니스에서 전력충전단가에 가장 민감한 분야에 따라 전력충전요금제가 정해지기 때문이다. 카셰어링에 적합한 요금제가 있다 하더라도 이 요금제가 택시에 적용할 경우 내연차량 대비 비즈니스 수익이 없다면 이 요금제 하에서는 택시는 모두 계속 내연차량을 유지할 것이다. 따라서, 가장 전력충전요금제에 민감한 분야를 중심으로 전력충전요금이 설정되어야 한다.

<표 3-2> 2009년 전국 사업용 자동차 주행거리 (단위: km)

구분	등록 대수	1대당 1일평균	일간 주행거리	월간 주행거리	연간 주행거리
승용 소계	440,417	162.8	71,699,888	2,150,996,628	26,170,458,974
법인택시	87,788	292.2	25,651,654	769,549,608	9,362,853,564
개인택시	161,448	155.7	25,137,454	754,123,608	9,175,170,564
렌터카	191,181	75.9	14,510,638	435,319,137	5,296,382,834

<표 3-3> 2009년 제주특별자치도 사업용 자동차 주행거리 (단위: km)

구분	등록 대수	1대당 1일평균	일간 주행거리	월간 주행거리	연간 주행거리
승용소계	14,976	124.6	1,866,010	55,980,288	681,093,504
법인택시	1,418	239.8	340,036	10,201,092	124,113,286
개인택시	3,908	155.6	608,085	18,242,544	221,950,952
렌터카	9,650	71.2	687,080	20,612,400	250,784,200

택시부문에 대한 일주행거리와 관련하여 교통안전공단[2010]의 2009년 기준 조사자료에 따르면 법인택시 292.2km, 개인택시 155.7km이며 렌터카는 약 75.9km로 나타나 있다. 교통안전공단은 2010년부터 자동차 일주행거리에 대한 조사는 차종별로 승용차, 승합차, 화물차로 용도별로 관용, 자가용, 사업용의 구분으로만 조사되어 택시에 대한 세부 자료가 제공되고 있지 않아 2009년도의 조사 자료가 택시 및 렌터카에 대한 최근의 자료이다. 또한, 택시는 법인택시와 개인택시로 크게 대별되어 전기차가 내연기관차량에 비하여 경제성을 분석하기 위해서는 주

행거리당 전기료와 화석연료의 차익에 대한 분석에 기초자료인 일주행거리에 대한 조사가 필요하다. 제주특별자치도의 경우 2009년 기준 법인택시 239.8km, 개인택시 155.6km이며 렌터카는 약 71.2km이다.

<표 3-4>는 택시(법인 및 개인), 렌터카, 일반차량에 대한 일주행거리이다. 택시는 크게 법인과 개인택시의 두 가지 유형으로 구분할 수 있으며 주연료는 LPG이다. LPG 유류 세액구조(2012년 2월 기준)는 리터당 유류보조금 221.36 원과 조세특례제한법에 의해 2015. 12. 31까지 유가보조금 지급하도록 되어있다. LPG 가격 1,135.46 원/ℓ을 기준으로 환산하면 실제 구매비용은 리터당 914.1 원이다.

<표 3-4> 택시, 렌터카, 일반차량의 일주행거리 (단위: km) 및 LPG유류세액 구조

구분		일 주행거리		
		전국	제주특별자치도	
택시	법인	292.2	239.8	
	개인	155.7	155.6	
렌터카		75.9	71.2	
일반차량		34.6 (전국 평균)		
LPG의 유류 세액 구조				
구분	부탄(원/kg)	부탄(원/리터) (환산계수: 0.58)	E1 (2014년 3월)	근거
세전	1,159.15	672.31	717.82	
개별소비세	275	159.50	160.82	특별소비세법 시행령 제2조의2
교육세	41.25	23.93	24.12	교육세법 제5조 제1항 제2호 → 특별소비세액의 100분의 15
판매부과금	62.28	36.12	36.42	석유및석유대체연료사업법 시행령제4조 제1항 ⇒ 62,283원/ton
부가세	153.77	89.19	93.92	
세후	1,691.45	981.04	1,033.10	
주유소 수수료			102.36	전국평균 102.36원
소계			1	전국평균은 1,125.99

3. 주행거리 기반의 택시 배터리 교체주기 분석

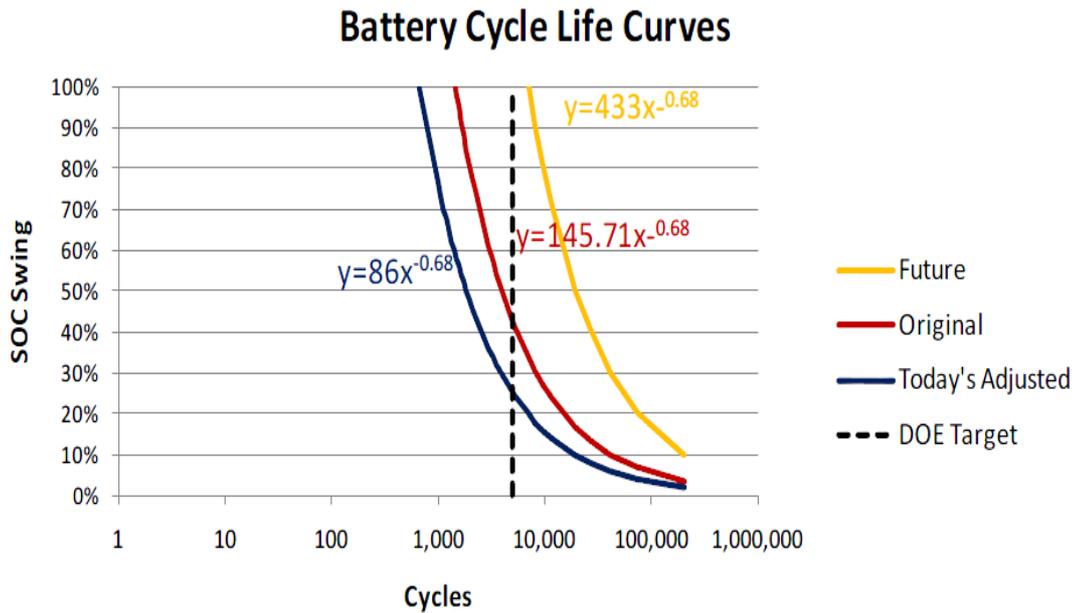
배터리의 교체시점은 차량의 주행거리와 밀접하다. 국내 전기차 제조사인 H사는 16만km를 보장하고 있으며 S사는 10만km에 배터리 효율 75%를 제시하고 있다. 미키 블라이 제너럴 모터스(GM) 전기 자동차-하이브리드 공학 최고담당자에 따르면 전기차 시보레 볼트(Volt) 배터리의 경우 원래보다 60~65% 능력을 상실할 경우 교체가 필요함을 제시하였다. 전기차 배터리의 교체시점은 택시의 수익과 밀접한 관계가 있으며 배터리의 효율이 낮아지는 경우 전기택시는 충전소를 방문하는 횟수가 잦아지며 영업손실이 발생할 수 있다. 따라서, 배터리의 교체시점은 전기택시영업에서 중요한 요소이다. 본 연구에서는 16만km 주행시에 배터리를 교체해야한다는 가정을 기반으로 분석을 수행한다. <표3-5>에 나타난 바와 같이 배터리의 교체 주기는 법인택시의 경우 548일(1.5년)이 되고 개인택시의 경우 1,028일(2.82년)에 교체 수요가 발생한다.


제주대학교 중앙도서관
 <표 3-5> 일주행거리 기반 배터리 교체 수요 소요기간

구분		일주행거리	교체수요	
			전국	16만km 주행에 필요한 일수
택시	법인	292.2	548	1.5
	개인	155.7	1,028	2.82

4. 지수함수 형태의 배터리 가격 추정

배터리 교체주기가 도래하면 신규 배터리 비용이 발생하게 된다. 배터리 가격은 기술개발과 대량생산으로 인하여 지속적으로 하락하고 있기는 하나 배터리 교체비용이 손익모델에 많은 영향을 미치게 된다.



<그림 3-3> 배터리의 충전사이클 대비 SOC(State of Charge) 변화율 [Brooker, 2010]

배터리의 생명주기는 현재 약 1,000 사이클 정도이며 Jonn Axsen 등[2008]에 따르면 USABC(U.S. Advanced Battery Consortium)에서는 약 5,000회 정도를 목표로 하고 있다.

배터리 가격의 추정은 전기차 확산에 대한 가격변수로서 가장 중요한 요인으로 볼 수 있다. Russel Hensley 등[2012]은 리튬이온 배터리 팩의 가격(배터리셀, 배터리관리시스템, 패키징 포함 가격)이 2025년까지 현재의 1/3 수준인 kWh당 160달러로 전망하고 있으며 현재 kWh당 \$500~\$600에서 2020년 \$200 수준으로 하락한다고 예상하고 있다. 배터리팩의 가격 하락요인으로는 대규모 생산에 따른 규모의 경제효과와 생산성 향상 요인 및 배터리팩 소재 및 부품가격 하락요인이 다.

2010년 National Academy of Sciences는 배터리 가격대가 \$825~\$875대로 추정하고 있으며 연간 6%~8%정도의 성능 향상으로 2020년에는 6%의 경우 \$430, 8%의 경우 \$354를 예상하고 있다. 보스턴컨설팅 그룹의 배터리 가격의 추정은 2009년 1kWh당 약 \$650~\$790대로 추정하고 2020년에는 약 \$270~\$330로 추정하

며 배터리팩의 가격은 15kWh팩의 경우 \$16,000~\$6,000kWh대로 예측하고 있다. 이는 2009년 16백만원에서 6.3백만원으로 배터리팩의 가격하락을 의미하고 있다.

<표 3-6> 배터리 가격 추정

구분	Battery Cost(\$/kWh)		
	2010	2015	2020
Argonne National Lab			150-200
Advanced Automotive Batteries		500-700	375-500
Boston Consulting	990-1220		360-440
Deutsche Bank	650		325
Electrification Coalition	600	550	225
Pike Research	940	470	

미국의 Advanced Battery Consortium (USABC)에 따르면 2015년 \$400인 배터리 가격이 2020년 \$150로 낙관적인 전망을 제시하였으며 Bloomberg New Energy Finance는 2009년 \$1,000이던 배터리가 2011년 \$800, 2012년 상반기 \$689의 추세를 볼 때 2030년 \$150를 예측하고 있다.

배터리 가격에 대하여 이러한 다양한 전망이 제시되고 있으며 대부분 배터리 가격은 하강세를 유지할 것을 전망하고 있다. BNEF(Bloomberg New Energy Finance), Navigant(구 파이크리서치), EIA(Energy Information Administration)의 전망치의 평균을 활용한 배터리 가격은 다음과 같이 나타난다.

<표 3-7> 주요기관의 배터리 가격 전망 (단위:달러/kWh)

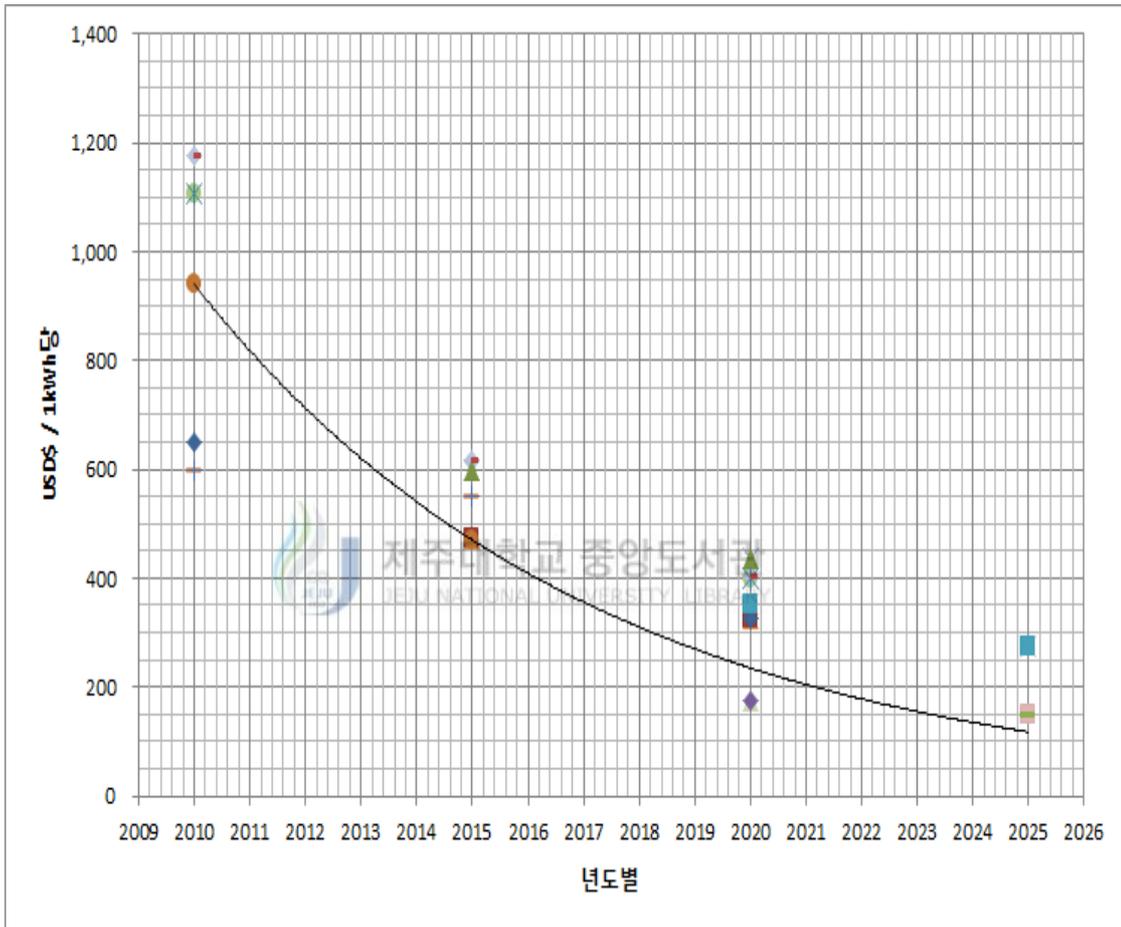
분석기관	2010	2012	2015	2016	2020	2025
2007ARB ¹⁾ 패널			425~525		300~350	
Advanced Automotive Batteries			500~700		375~500	
보스톤 컨설팅 그룹	990~1,220				360~440	
도이치뱅크	650	450			325	
파이크 리서치	940	680	470			
ElectrificationCoalition	600		550			
맥킨지	500~600				200	160
JointTAR ²⁾						140~160
ArgonneNationalLab					150~200	
OEMsperTAR ²⁾					300~400	250~300
DOE 재생법	1,000 ³⁾	500 ³⁾		300	150	

주 1)ARB = Air Resources Board
 2)TAR = Technical Assessment Report
 3)1,000달러/kWh는 2009년 수치,500달러/kWh는 2013년 수치
 출처 : 전기자동차 보급을 위한 지원기준 및 수요기반 조성에 관한 연구, 환경부, 2011. 7

<표 3-7>를 기반으로 두가지 형태로 배터리의 가격을 전망한다. 첫째는 가장 최근의 자료를 활용하고 있는 파이크리서치의 자료를 기반으로 추세선을 그리는 방법이다. 파이크리서치의 자료를 기반으로 지수함수를 계산하면 1kwh당 배터리 가격을 다음과 같이 유추해 볼 수 있다. 주어진 추세선은 엑셀의 growth함수를 통하여 배터리의 가격을 추정하였다.

<표 3-8> 파이크리서치 자료 기반 배터리 가격 전망치 추정 (단위:달러/kWh)

년도	2015	2016	2017	2018	2019	2020	평균
배터리가격 (\$/kWh)	470	405	353	307	268	234	339



<그림 3-4> 연도별 배터리가격 추이 (단위:달러/kWh)

두 번째 방법은 ARB, Advanced Automotive Batteries, 보스톤 컨설팅 그룹 등의 구간 예측치를 중간값으로 대체하고 연도별로 다시 재배치하여 연도별 보간법에 의한 배터리의 가격정보를 유추하는 방법이다. <표 3-10>은 각 연도의 전지판매가격은 분석기관이 제시한 값이 평균을 나타내고 있으며 예측연도가 없는 값은 보간법으로 대체하여 계산하였다.

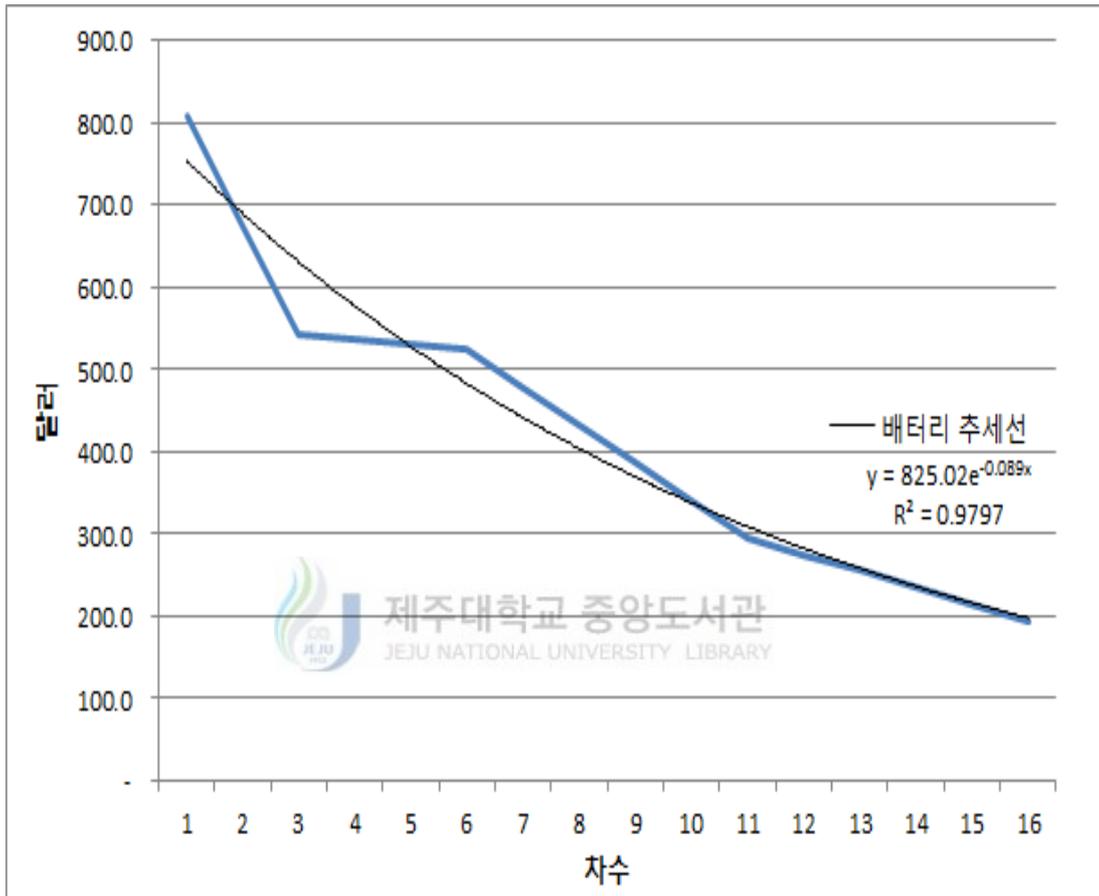
<표 3-9> 1kwh당 배터리 판매가 예측치 보정 (단위:달러/kWh)

분석기관	2010	2012	2015	2020	2025
2007ARB 패널			475	325	
Advanced Automotive Batteries			600	437.5	
MIT					
보스톤 컨설팅 그룹	1,105			400	
도이치 뱅크	650	450		325	
파이크 리서치	940	680	470		
Electrification Coalition	600		550		
맥킨지	550			200	160
JointTAR					150
Argonne National Lab				175	
OEMsperTAR				350	275
DOE재생법	1000	500		150	
평균값	808	543	524	295	195

<표 3-10> 1kwh당 배터리 판매가 예측치 보정 (단위:달러/kWh)

년도	평균값	보간법	예측치
2010	808		808.0
2011		675.5	675.5
2012	543		543.0
2013		536.7	536.7
2014		530.3	530.3
2015	524		524.0
2016		478.2	478.2
2017		432.4	432.4
2018		386.6	386.6
2019		340.8	340.8
2020	295		295.0
2021		275	275.0
2022		255	255.0
2023		235	235.0
2024		215	215.0
2025	195		195.0

<그림 3-5>은 <표 3-10>의 자료를 기반으로 지수함수형 배터리 추세선을 제시하였다.



<그림 3-5> 차수별 배터리 가격 변화와 추세선 (단위:달러/kWh)

본 연구에서는 두가지 방법중 어느 방법을 활용하더라도 배터리의 가격은 지수함수 형태로 감소하고 있다는 사실이다. 대부분의 조사기관에서도 배터리의 가격은 지수함수 형태로 감소함을 나타내고 있어 전기차 경쟁성 확보에 청신호가 되고 있다. 연구의 이해를 돕기 위하여 파이크리서치의 배터리 예측치를 검증에 위한 데이터로 활용하고자 한다.

5. 배터리 교체비용 산정

택시가 운행 정지되기 이전까지 n년간 필요한 배터리의 개수는 다음식으로 구할 수 있다. 여기서 1을 차감하는 이유는 전기택시가 초기에 이미 배터리를 장착하고 있기 때문이다.

$$n\text{년까지 필요한 배터리 갯수} = \frac{\text{연간주행거리} \times n\text{년}}{\text{배터리주행가능거리}} - 1$$

$$n\text{년까지 필요한 배터리 비용} = \left(\frac{\text{연간주행거리} \times n\text{년}}{\text{배터리주행가능거리}} - 1 \right) \times \text{배터리비용}$$

$$\text{배터리 비용(원)} = 1\text{kwh당 배터리 가격(\$)} \times \text{택시 배터리 용량} \times \text{평균환율}$$

<표 3-8>에서 나타난 바와 같이 2020년까지 배터리 평균은 1kwh당 339\$로 산정되었다. <표 3-5>에서는 배터리의 교체주기로 법인의 경우 1.5년동안 사용하고 배터리를 교체해야한다. 10년간 쏘울의 예를들면 27kwh의 배터리를 장착하고 평균환율 1,100원으로 16만km를 주행한다고 가정하는 경우 소요비용은 다음과 같다.

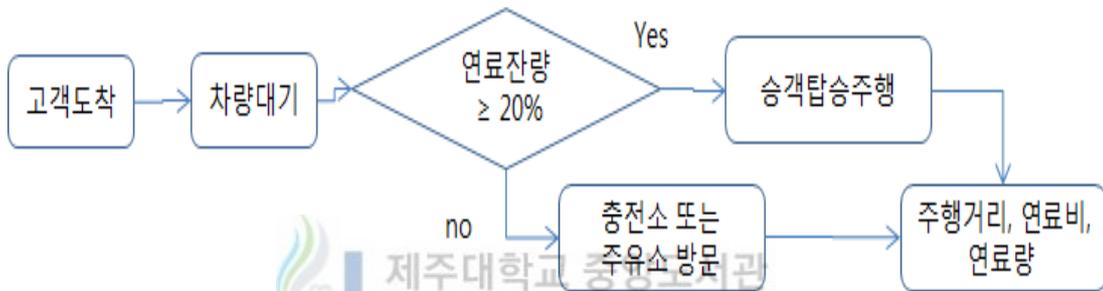
$$\text{배터리당 비용} = 10,068,300\text{원} = 27\text{kwh} \times 339\$ \times 1,100\text{원}$$

<표 3- 11> 10년간 쏘울 주행시 배터리 교체비용

구분		일주행 거리 (km)	10년주행 거리 (km)	교체 배터리수	배터리 총비용 (천원)	년간비용 (천원)	일간 (원)
택시	법인	292.2	1,066,530	5.67	57,045	5,705	15,629
	개인	155.7	568,305	2.55	25,693	2,569	7,039

6. ARENA를 활용한 택시 시뮬레이션 모델링

시뮬레이션은 내연차량인 A택시와 전기택시 B를 비교하여 일일 운행 결과에 따른 주행거리 기반 연료비를 비교하기 위한 것이다. 택시의 유가는 고정으로 놓고 전기차의 연료비인 전력충전단가를 변동시켰을 때 내연차량 택시와 전기택시의 주행거리 기반 연료비를 비교하기 위한 모델링을 수립한다. 시스템의 흐름은 <그림 3-6>과 같고 주요 변수는 <표 3-12>과 같다. 또한, 택시 시뮬레이션에 활용할 확률분포는 <표 3-13>로 가정한다.



<표 3-6> 택시시뮬레이션 흐름도

<표 3-12> 택시 시뮬레이션의 주요변수들

구분	변수명	전기택시	내연차량택시
택시승객	Entity		
택시	Resource	1 대	1 대
연비	fuel_efficiency	6.2 (km/리터)	5.0 (km/kwh)
연료비 (원)	fuel_unitcost	871	Variable
연료용량	fuel_tank	70 리터	27 kwh
차량평균속도(km/hr)	velocity	60	60
총 주행거리	sum_mileage	시뮬레이션 결과값	
총 연료량	sum_fuel_liter	시뮬레이션 결과값	
총 연료비	sum_fuel_cost	시뮬레이션 결과값	

택시의 시뮬레이션과 관련하여 엔티티는 승객이다. 자원은 택시 1대로 한정한다. 내연차량 택시와 전기택시가 동일한 조건에서 연료 충전방식에 따른 다른 변화를 보이고 있는지 검증을 하기 위해서 필요하다. 택시의 연비는 서울특별시 [2013]의 자료를 기반으로 추출하였다.

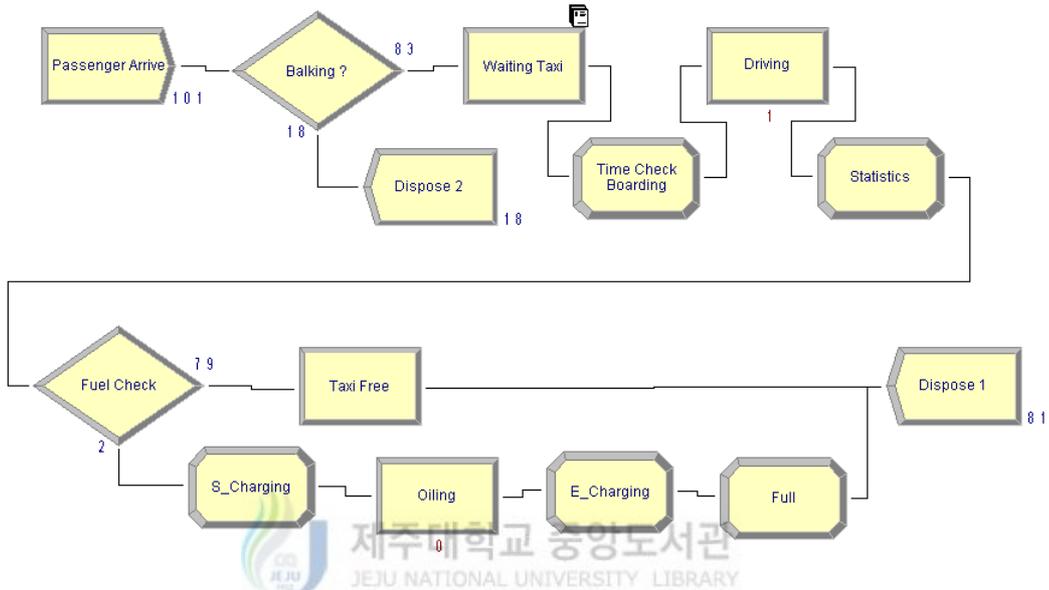
고객은 택시를 타기위해 시스템에 도착한다. 이때 고객도착 간격은 12분의 지수분포를 한다고 가정하였다. 이는 서울특별시[2013]의 택시운송원가 보고서의 건당 통행거리가 12.19분으로 근사치로 설정하였다. 택시를 이용할 수 있다면 택시는 운행하기 이전에 현재 남은 연료량이 20%보다 많은지 판단하고 만약 적다면 충전소 또는 주유소로 가는 모델이다. 승객이 차량내에 탑승하는 시간은 삼각분포를 이용하였다. 내연차량 택시 및 전기택시에 동일하게 서비스 회피율을 적용하였다. 만약, 대기행렬에 1명을 초과하는 인원이 있다면 시스템에서 이탈한다. 내연차량 택시와 전기택시는 연료를 충전하는 방식에서 상이하다. 내연차량 택시의 주유시간은 분당 14리터로 산정하고 전기차 충전시간은 27kwh의 80%를 약 25분간 급속충전할 경우를 산정하여 1분당 0.864의 근사치인 분당 0.9kwh를 적용하였다.

승객 도착의 확률분포는 지수분포를 활용하였다. 지수분포는 통상 시스템에 들어오는 엔티티 간의 시간에 대한 분포로 이용되는데 활용하고 있다. 주유 및 충전서비스에 정규분포를 활용하는 방안도 고려되어야 하지만 통상 주유 및 충전시에 목적하는 주유량 또는 충전량 만큼을 채우기 위해서는 더 신속하게 채울 방법이 없으므로 지수분포를 활용기로 하였다. 주행시간에 대해서만 삼각분포를 활용하였다. 기본적인 중간값에 더 많은 가중치를 두는 방법으로 목적지까지 가는 주행시간에 적합한 방법으로 판단하였다.

택시의 시뮬레이션에 사용한 주행시간은 승객이 목적지까지 평균 12km를 주행한다고 설정하였다. 전기택시의 경우 급속충전방식으로 충전을 실시하며 총 충전용량은 배터리 용량 27kwh의 80%이며 25분이 소요되도록 설정하면 분당 충전량은 약 0.864kwh로 본 시뮬레이션에서는 0.9kwh로 설정하였다. <표 3-13>은 시뮬레이션 모델과 관련한 확률분포를 나타내고 있다.

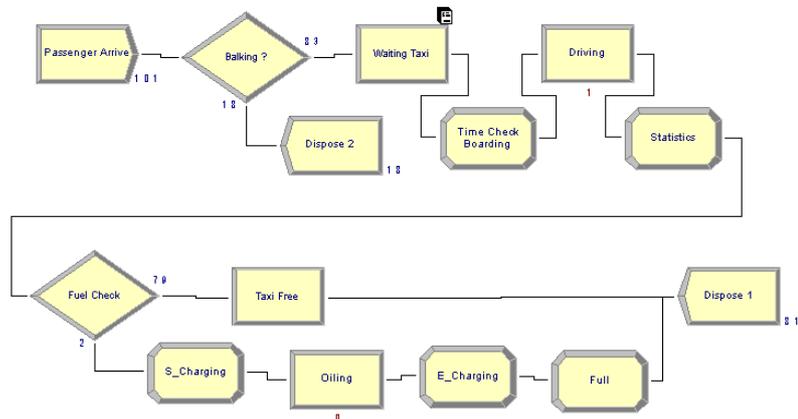
1) 내연차량 택시의 ARENA 모형

다음은 <표 3-14>을 ARENA 시뮬레이션 소프트웨어로 모형화 하였다. 시뮬레이션 툴로는 직관적이며 흐름도 형태를 지원하는 ARENA를 사용하였다.



<표 3-7> 내연차량 택시의 ARENA 모형

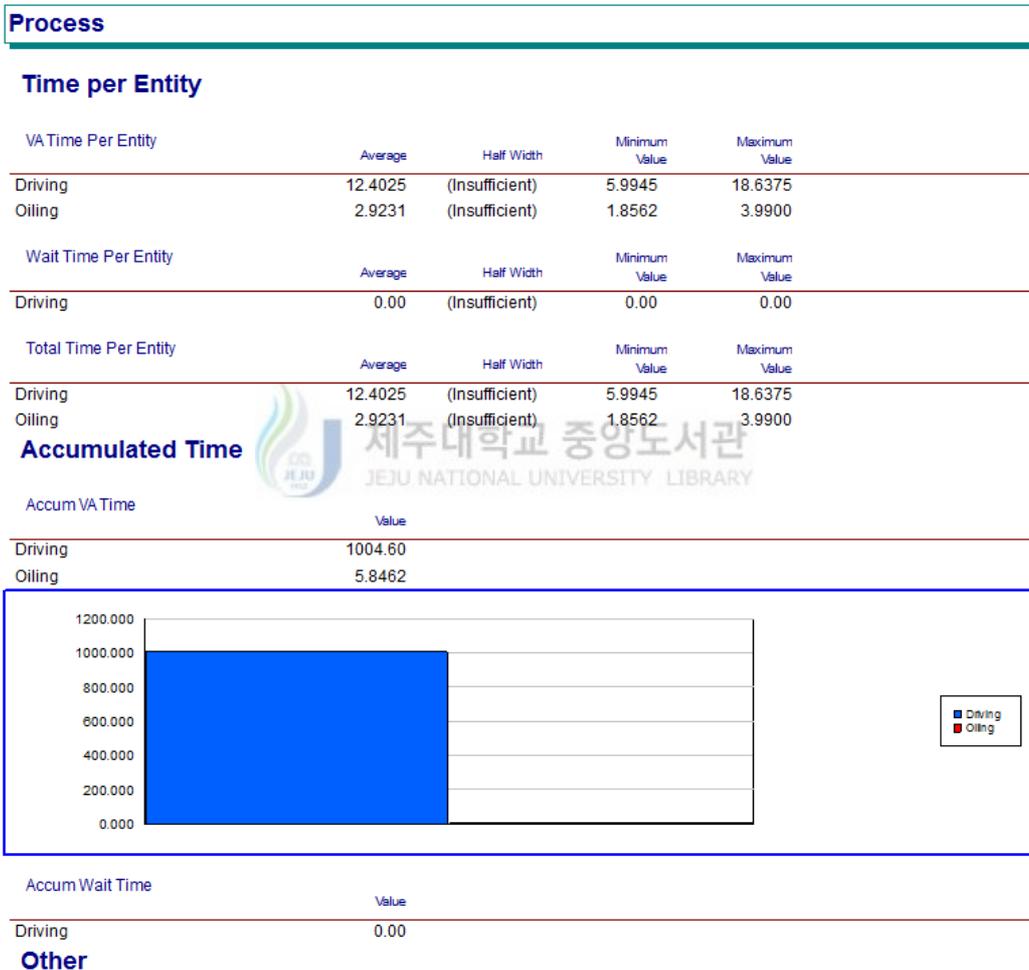
주유소에 머무는 시간(분)	총 주행거리(km)	총 연료사용량(리터)	총 연료비용(원)
6	1005	162	141130



<그림 3-8> 내연차량 택시의 총주행거리 1000km이상 시뮬레이션 결과

<그림 3-7>은 <표 3-12> 및 <표 3-13>에 나타난 내연차량 택시의 ARENA 모형이며 <그림 3-8>은 총주행거리를 1,000km 이상으로 설정하여 나타난 시뮬레이션 결과이다.

시뮬레이션의 환경은 탑승객을 태우고 운행한 거리가 1,000km를 넘으면 시뮬레이션을 종료한다. 시뮬레이션의 시간단위는 분단위로 설정하였다.



<그림 3-9> 내연차량 택시의 ARENA 출력 결과(프로세스 통계치)

내연차량 택시가 1,000km 이상 운행에 대한 ARENA의 시뮬레이션 출력 결과로 전체 주유에는 5.8분이 소요되며 주행시간은 1,004.6분이다. 내연차량 택시는

주유에 시간을 거의 활용하지 않고 있음을 알 수 있다. 또한, 평균 주행시간은 12.4분이며 평균 주유시간은 2.9분, 최대 주행시간은 18.6분이며 최소주행시간은 5.99분으로 나타난다.

시물레이션 주행거리는 1,004km이고 사용연료는 162리터, 총연료비는 141,130 원이며 택시의 평균이용률은 76.7%이다.

Resource

Usage

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
taxi	0.7676	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
taxi	0.7676	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
taxi	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization				
	Value			
taxi	0.7676			
Total Number Seized				
	Value			
taxi	82.0000			

User Specified

Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
sum_fuel_cost	70980.77	(Insufficient)	0.00	141130.50
sum_fuel_liter	81.4934	(Insufficient)	0.00	162.03
sum_mileage	505.26	(Insufficient)	0.00	1004.60

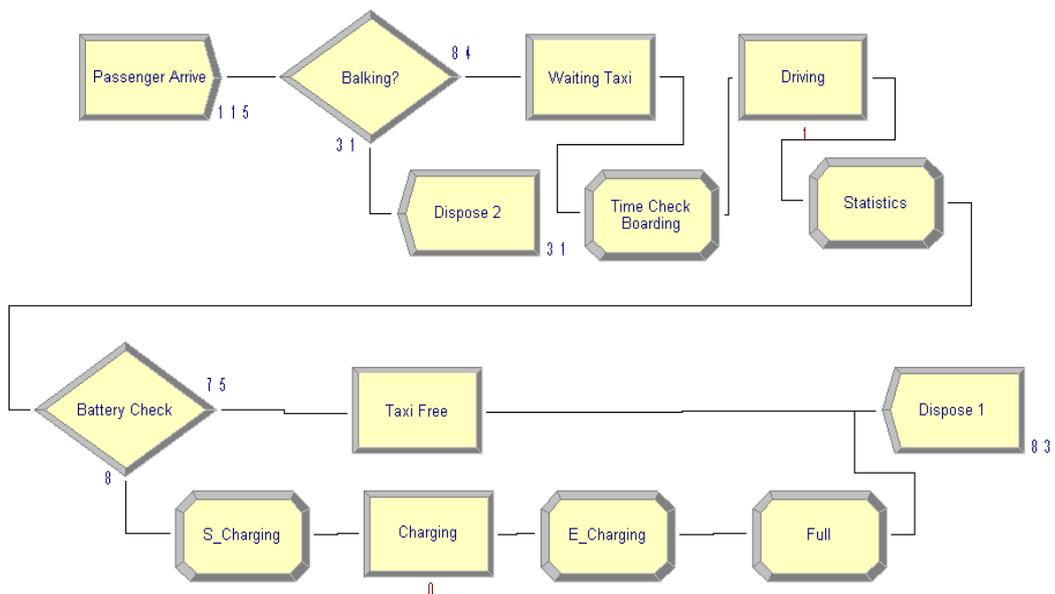
Unnamed Project

Replications: 1 Time Units : Minutes

<그림 3-10> 내연차량 택시의 ARENA 레포트 결과(리소스 통계치)

2) 전기택시의 ARENA 모형

<그림 3-11>은 전기택시에 대한 모형이다. 내연차량에 비하여 모델에서 달라진 부분은 연료저장장치의 용량이다. 전기차 쏘울 모델의 경우 배터리 용량이 27kwh에 연비가 5km/kwh로 내연차량에 비하여 충전소를 경유할 빈도가 매우 높아진다. 특히, 배터리 잔량이 20% 이하의 경우는 앞으로 주행가능거리가 27km ($27\text{kwh} \times 20\% \times 5\text{km/kwh}$) 로 불안한 상황에서 영업을 수행할 수 밖에 없다. 시뮬레이션을 통하여 실제 충전소를 방문하는 비율을 내연차량 택시와 비교할 수 있었다. 실제 Battery Check하는 의사결정 노드에서 내연차량 택시가 2회 주유소를 방문한 반면 전기택시의 경우는 8회를 방문한 결과가 나타나고 있다. 시뮬레이션은 내연차량 택시와 동일하게 탑승주행거리가 1,000km 상회하는 경우 시뮬레이션을 종료하도록 설정하였다. 낮시간 동안 전기택시의 충전은 급속충전에 의존적이다. 충전시간은 분당 0.9kwh로 가정하면 충전에 많은 시간을 필요로 하고 따라서 급속충전기에 항상 접근 가능하여야 한다. 따라서, 전기택시의 경우 배터리 충전이 영업실적에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.



<그림 3-11> 전기택시의 ARENA 모형

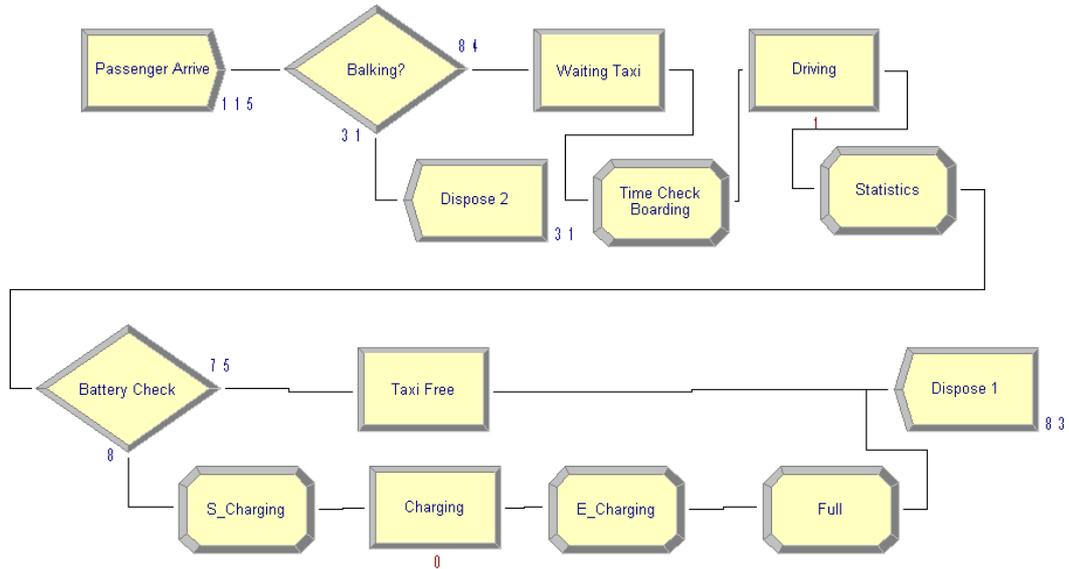
충전에 머무는 시간(분) 주행거리합(km) kwh소모량 합 주행연료비

212

1004

201

20083



<그림 3-12> 전기택시의 총주행거리 1,000km이상 시뮬레이션 결과



다음은 전기택시가 1,000km 이상 운행에 대한 ARENA의 시뮬레이션 출력 결과로 전체 충전에는 212.07분이 소요되며 주행시간은 1,004.17분이다. 100원/kwh의 연료단가를 기준으로 총 연료비는 20,083원이 소요되고 있어 내연차의 141,130원 대비 121,047원 차이가 발생한다. 동일한 조건에서 연료비의 절감액은 택시 비즈니스 최대의 장점이다. 택시는 승용기준으로 가장 많은 일주행거리를 보유하고 있어 전기차 최대의 장점인 화석연료 대비 전기료의 차이를 가장 잘 보여줄 수 있는 비즈니스 모델이다. 그러나, 전력충전단가가 상승하면 그만큼 가장 부정적인 영향을 받을 수 있는 비즈니스이기도 하다.

본 모델에서 전기택시는 내연차량에 비하여 동일한 영업거리를 주행하더라도 충전소에서 소요되는 시간이 내연차가 6분 남짓한 반면 전기택시의 경우는 212분을 소요하고 있다.

다음은 전기택시에 대한 프로세스와 자원에 대한 결과이다.

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Charging	26.5090	(Insufficient)	0.3200	69.2574
Driving	12.0985	(Insufficient)	5.9945	18.5308

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Driving	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Charging	26.5090	(Insufficient)	0.3200	69.2574
Driving	12.0985	(Insufficient)	5.9945	18.5308

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
Charging	212.07
Driving	1004.17



Accum Wait Time	Value
Driving	0.00

Other

<그림 3-13> 전기택시의 ARENA 출력 결과(프로세스 통계치)

평균 주행시간은 12.1분이며 평균 주유시간은 26.5분, 최대 주행시간은 18.5분이며 최소주행시간은 5.99분으로 나타난다. 시뮬레이션 주행거리는 1,004km이고 사용전력은 200.8kwh이며 평균이용률은 77.5%이다.

Resource

Usage

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
taxi	0.7751	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
taxi	0.7751	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
taxi	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization				
	Value			
taxi	0.7751			
Total Number Seized				
	Value			
taxi	84.0000			

User Specified

Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ChargingTime	102.73	(Insufficient)	0.00	212.07
sum_fuel_cost	10433.96	(Insufficient)	0.00	20083.47
sum_fuel_liter	104.34	(Insufficient)	0.00	200.83
sum_mileage	521.70	(Insufficient)	0.00	1004.17

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units : Minutes

<그림 3-14> 전기택시의 ARENA 출력 결과(자원 통계치)

7. 전력충전단가에 따른 택시 손익의 민감도 분석

<표 3-15>는 동일한 조건에서 주행거리별로 내연차량 택시와 전기택시에 대해서 주유소체류시간(분), 총주행거리, 총연료사용량, 총연료비를 나타내었다. 주

행거리가 길어질수록 총연료비 차이는 커지고 있다. 또한, 내연차량 택시의 주유소 체류시간에 비하여 전기택시의 충전소 체류시간은 매우 큼을 알 수 있으며 <표3-20>은 전기택시의 경우 충전소 방문횟수가 증가함을 나타내고 있다.

<표 3-15> 내연차량 택시와 전기택시의 주행거리별 시뮬레이션 비교표

시뮬레이션 거리 (km)	내연차량 택시(LPG)				전기택시			
	주유소 체류 시간 (분)	총주행 거리 (km)	총연료 사용량 (리터)	총연료비 (원)	충전소 체류 시간	총주행 거리 (km)	총연료 사용량 (kwh)	총연료비 (원)
300	-	313	51	43,986	49	305	61	6,091
400	4	403	65	56,642	74	403	81	8,060
500	4	508	82	71,391	88	504	101	10,082
600	4	611	99	85,816	157	610	122	12,208
700	4	703	113	98,722	157	704	141	14,088
800	6	806	130	113,258	163	808	162	16,168
900	6	901	145	126,602	163	917	183	18,348
1000	6	1,005	162	141,130	212	1,004	201	20,083

<표 3-16> 내연차량 택시와 전기택시의 주행거리별 시뮬레이션 비교표

시뮬레이션 거리 (km)	내연기관택시				전기택시			
	주유		주행		충전		주행	
	횟수	시간	횟수	시간	횟수	시간	횟수	시간
300	0	0	25	313.11	2	48.63	23	304.56
400	1	3.99	32	403.19	3	74.45	33	403.02
500	1	3.99	40	508.18	4	87.69	41	504.08
600	1	3.99	49	610.86	5	156.95	50	610.39
700	2	3.99	56	703.8	6	157.27	58	704.38
800	2	5.85	65	806.20	7	162.52	67	808.40
900	2	5.85	73	901.18	8	162.52	75	917.38
1000	2	5.85	82	1004.60	8	212.07	84	1,004.17

1kwh당 전력충전단가를 변화시키면서 배터리 교체 비용을 감안하면 <표 3-17>의 결과를 얻을 수 있다. 주행거리 300km를 기준으로 배터리 교체비용의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{일일교체비용} = \frac{\text{배터리교체비용} \times \text{주행거리}}{300\text{km}} = \frac{15,629\text{원} \times 292.2\text{km}}{300\text{km}} = 15,223\text{원}$$

배터리 교체비용을 전력충전단가 모형에 산입하면 택시기사가 내연차량 택시와 전기택시를 선택하는 손익분기점은 1kwh당 472원과 473원 구간에 있음을 알 수 있다. 따라서, 전력충전단가는 472원을 넘어서면 전기택시 비즈니스는 기존의 LPG기반보다 손익이 감소함을 나타낸다.

<표 3-17> 300km 주행시 전력충전단가 변화에 따른 전기택시 연료비 변화 (단위:원)

1kwh단가	내연차량 택시(A)	전기택시		
		교체비용(B)	총연료비(C)	차액(A-B-C)
100	43,986	15,223	6,091	22,672
150	43,986	15,223	9,137	19,627
200	43,986	15,223	12,182	16,581
250	43,986	15,223	15,228	13,536
300	43,986	15,223	18,273	10,490
350	43,986	15,223	21,319	7,445
400	43,986	15,223	24,364	4,399
450	43,986	15,223	27,410	1,354
:	:	:	:	:
470	43,986	15,223	28629	134
471	43,986	15,223	28690	73
472	43,986	15,223	28751	12
473	43,986	15,223	28811	-48
:	:	:	:	:
500	43,986	15,223	30,455	-1,692

8. 전기차 투자 모형화 및 전기차용 전력요금제

전기차는 정부와 지자체의 보조금 정책에 의하여 <표 3-18>과 같이 구성되어 있다. i년도 차량 구입비를 $ev_cost(i)$ 라 할 때 다음과 같이 구할 수 있다.

$$ev_cost(i) = \{ ev_g_cost(i) + ev_r_cost(i) + ev_m_cost(i) \} * ev_amount(i)$$

<표 3-18> 전기차 구입비용 변수 전개표

구분	대상자산	Notation
i년도별 취득가액	차량의 가액	$ev_cost(i)$
	차량구입수	$ev_amount(i)$
	차량에 대한 보조금(정부)	$ev_g_cost(i)$
	차량에 대한 보조금(지자체)	$ev_r_cost(i)$
	차량에 대한 민간지불금	$ev_m_cost(i)$

따라서, m기간까지의 차량 구입 총비용(m: 총 비즈니스 년수)은

$$\sum_{i=1}^m ev_cost(i) = \sum_{i=1}^m \{ \{ ev_g_cost(i) + ev_r_cost(i) + ev_m_cost(i) \} * ev_amount(i) \}$$

민간충전사업자의 충전기 타입에 따른 충전기 구입비의 산정은 다음과 같다. 현재, 충전기 가격 구입 및 시설비용을 모두 국가에서 지원하나 이는 한시적인 조치로 충전기 매입 및 시설 가격을 별도로 산정하여야 한다. 충전기는 크게 급속과 완속으로 구별하여 산정한다.

〈표 3-19〉 전기차 급속충전기 구입비용 변수 전개표

구분	대상자산	Notation
i년도 급속충전기 취득가액	◦ 충전기 가액(민간자가설비)	◦ charge_dc_cost(i)
	◦ 충전기 구입비	◦ charge_dc_p_cost(i)
	◦ 충전기 시설비	◦ charge_dc_f_cost(i)
	◦ 충전기 보조금(정부)	◦ charge_dc_g_cost(i)

〈표 3-20〉 전기차 완속충전기 구입비용 변수 전개표

구분	대상자산	Notation
i년도별 완속충전 기 취득가액	◦ 충전기 가액(민간자가설비)	◦ charge_ac_cost(i)
	◦ 충전기 구입비	◦ charge_ac_p_cost(i)
	◦ 충전기 시설비	◦ charge_ac_f_cost(i)
	◦ 충전기 보조금(정부)	◦ charge_ac_g_cost(i)

i년도 충전기 구입 투자비용은 다음과 같다. 급속충전기 구입 및 설치비용은 $charge_dc_cost(i) = charge_dc_p_cost(i) + charge_dc_f_cost(i) - charge_dc_g_cost(i)$. 완속충전기 구입 및 설치비용은 $charge_ac_cost(i) = charge_ac_p_cost(i) + charge_ac_f_cost(i) - charge_ac_g_cost(i)$ 이다.

m기간까지의 충전기 구입 총비용(n : 구입된 충전기 유형 수, m: 총 년수)

$$= \sum_{i=1}^m \{ charge_dc_cost(i) + charge_ac_cost(i) \}$$

전기차를 운영하던 내연차량을 운영하던 비즈니스를 위한 건물, 설비, 인건비는 동일하게 소요된다고 가정하므로 이 비용은 투자의 관점에서만 고려해야한다. 따라서, 자신이 투자액을 갖고 있는 범위내에서 이 비용이 투자액을 초과하는지만을 검증하는데 필요하다.

〈표 3-21〉 전기차 구입비용 변수 전개표

구분	대상자산	변수명	Notation
건물	◦ i년도 건물의 매입	◦ build_t_cost()	◦ build_t_cost(i)
	◦ i년도 건물에 대한 임대료	◦ build_r_cost()	◦ build_r_cost(i)
시설	◦ i년도 시설비	◦ facility_cost()	◦ facility_cost(i,j)
	◦ i년도 시설운영비	◦ facility_op_cost()	◦ facility_op_cost(i,j)

i년도 인건비 산정식은 다음과 같다. $labor_cost(i) = \sum_{k=1}^8 \{ labor_cost(i,k) \times labor_count(i, k) \times (1 + labor_cost_ratio(i-1)) \times labor_day(i) \}$

전기차 비즈니스에서 전기차와 충전인프라는 그 사용 가능한 기간 동안 배분하여 비용으로 처리하여야 한다. 또한, 전기차 비즈니스를 위한 차고지 등 건축물 매입 및 시설인프라 비용 또한 감가상각의 대상 자산으로 처리할 수 있다. 감가상각은 다양한 방법이 있다. 정액법은 당해년도 감가상각자산의 취득가액에 당해 자산의 사용연수에 따른 상각률을 곱셈하여 계산한 각 연도의 감가상각 범위액이 년마다 균등하게 정하는 상각방법이다. 정율법은 당해 감가상각자산의 취득가액에서 이미 감가상각비로 손금에 산입한 금액을 공제한 잔액(미상각잔액)에 당해 자산의 내용연수에 따른 상각률을 곱하여 계산한 각 사업연도의 상각범위액이 매년 체감되는 상각방법이다.

상각범위액 = 미상각잔액 × 상각률

* 미상각잔액(정률법) = 취득가액 - 상각누계액 + 감가상각부인액

ex) 3200만원 승용차를 10년동안 타고, 잔존가치가 200만원 이라면?

취득원가 : 3,200만원, 잔존가치: 200만원, 내용년수: 10년

$$- 1 - \sqrt[10]{2,000,000/32,000,000} = 24.2\%$$

- 최초년도 감가상각비 : $(32,000,000 \times 0.242) = 7,744,000$
- 2차년도 감가상각비 : $(32,000,000 - 7,744,000) \times 0.242 = 5,869,952$

감가상각(Depreciation)의 대상자산은 다음과 같다.

〈표 3-22〉 감가상각 대상 자산

구분	대상자산	설명	관련변수	감가상각변수
i년도 감가상각비	차량 및 충전인프라	i년도 감가상각액	◦ dep_cost(i)	
유형고정 자산 (취득원가)	차량 및 운반구, 공구, 기구 및 비품, 선박 및 항공기, 기계 및 장치	전기차(Electric Vehicle)	◦ ev_m_cost(i)	◦ dep_ev_cost
		충전기(Charging Point)	◦ cpdc_cost(i)	◦ dep_dc_cost
			◦ cpac_cost(i)	◦ dep_ac_cost
	동물 및 식물 등 기타 이와 유사한 유형고정자산	해당없음	◦ 해당없음	
잔존가	최종년도 잔존가액	잔존가액 잔존 비율	◦ 특정 지정이 없으면 취득원가의 10%로 지정 ◦ dep_remain ◦ dep_remain_rate	◦ dep_remain_ev_m_cost ◦ dep_remain_cpdc_cost ◦ dep_remain_cpac_cost
내용년수	내용년수는 상수로 함	dep_year	◦ 특정 지정이 없으면 5년	◦ dep_year_ev_m_cost ◦ dep_year_cpdc_cost ◦ dep_year_cpac_cost

i년도의 감가상각액을 dep_cost(i)라 하고 ev_cost(i)를 구입가로 산정하는 경우 이를 구하는 과정은 다음과 같다. 정액법에 의한 전기차 부문 감가상각(Depreciation)의 pseudo code는 다음과 같다.

```

// i년도의 ev 구매갯수에 대한 감가상각 루틴
if ev_cost(i) > 0 then ; 만약 취득원가가 발생된다면 감가상각 시작
  if dep_remain_rate > 0
    dep_remain = ev_cost(i) × dep_remain_rate;
  else
    dep_remain = ev_cost(i) × 0.1 ; 10% 잔존비율
  end
  dep_cost(i) = ev_cost(i) / dep_year ; i년도 감가상각액
  dep_cum_cost(i) = 0
  for n=i to i+dep_year
    dep_cum_cost(n)=dep_cum_cost(n) + dep_annual_cost; 감가상각 누적액
    dep_remain(n) = ev_cost(i) - dep_cum_cost(n)
  end
end

```

정률법에 의한 전기차 부문 감가상각(Depreciation)의 pseudo code는 다음과 같다.

```

// i년도의 ev 구매갯수에 대한 감가상각 루틴
if ev_cost(i) > 0 then ; 만약 취득원가가 발생된다면 감가상각 시작
  if dep_remain_rate > 0
    dep_remain = ev_cost(i) × dep_remain_rate;
  else
    dep_remain = ev_cost(i) × 0.1 ; 10% 잔존비율
  end
  dep_annual_cost_rate = 1 - {(dep_year) sqrt (dep_remain/ev_cost(i))} ;

$$\sqrt[dep\_year]{dep\_remain/ev\_cost}$$

  dep_cum_cost(i) = 0;
  dep_remain(i) = ev_cost(i);
  for n=i to i+dep_year
    dep_cost(n)=dep_remain * dep_annual_cost_rate; 당해연도 감가상각액
    dep_remain(n) = dep_remain(n) - dep_cost(n); 잔존가치
    dep_cum_cost(n)=dep_cum_cost(n)+ dep_cost(n); 감가상각 누적액
  end
end

```

전기차용 전력요금제는 <표 1-1>의 전력서비스 제공 흐름도에서 알 수 있듯이 전력공급자가 민간충전사업자에게 전력을 공급하여 수령하는 요금제이다. 전기차 전력요금은 계절별 시간대별로 다양한 요금체계를 수립하고 있다. 자동차관리법 제3조 및 같은 법 시행규칙 제2조의 적용을 받는 자동차로 사용연료가 전기인 자동차에 대한 전력요금제이다[한국전력, 2013].

전력요금이 다양함에 따라 비즈니스를 분석하기 위하여 전력요금에 대한 산술 평균을 통해 기준을 정하는 방법이 있다. 완속충전기는 통상 저압경부하 및 저압 중간부하에 충전하는 경향이 있으며, 급속충전기는 고압중간부하와 최대부하에 활용된다. 이를 통하여 충전평균 단가를 환산하면 98.3원을 산출할 수 있다. 그러나, 이는 한국전력에 납입하는 가격이며 실제 충전인프라를 시설하고 전력을 판매하는 경우 인프라 운영비 및 이윤을 포함하면 실제 소비자가 충전료로 지불하는 금액은 이와 다를 수 있다.

저압 경부하 : 65.8원 = (57.6*3개월+58.7*5개월+80.7*4개월)/12

저압중간부하 : 108.4원 = (145.3*3개월+70.5*5개월+128.2*4개월)/12

저압최대부하 : 153.1원 = (232.5*3개월+75.4*5개월+190.8*4개월)/12

고압 경부하 : 58.7원 = (52.5*3개월+53.5*5개월+69.9*4개월)/12

고압중간부하 : 88.1원 = (110.7*3개월+64.3*5개월+101*4개월)/12

급속최대부하 : 115.6원 = (163.7*3개월+68.2*5개월+138.8*4개월)/12

<표 3-23> 전기차 충전전력요금제 [한국전력, 2013]

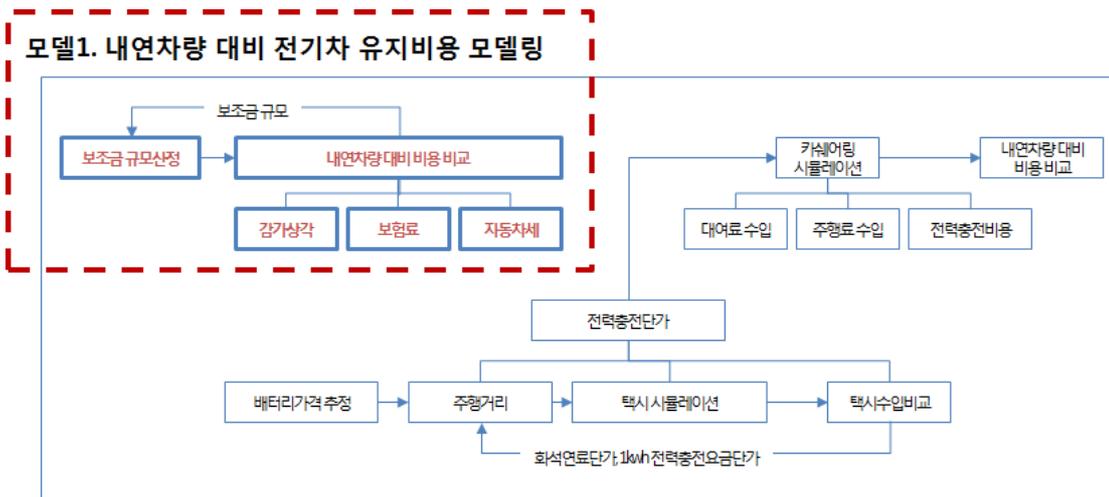
구분	기본요금 (원/kw)	전력량 요금(원/kwh)				비고
		시간대	여름철 (6월~8월)	봄·가을 (3~5, 9~10월)	겨울철 (11월~2월)	
저압	2,390	경부하	57.60	58.70	80.70	
		중간부하	145.30	70.50	128.20	
		최대부하	232.50	75.40	190.80	
고압	2,580	경부하	52.50	53.50	69.90	
		중간부하	110.70	64.30	101.00	
		최대부하	163.70	68.20	138.80	

IV. 연구모델 결과 및 고찰

1. 내연차량 대비 전기차 유지비용 모델링(모델1)

1) 내연차량 대비 전기차 유지비용 산정을 위한 기본 모델링 함수

유종훈 등[2011]은 손익분기점 분석을 통해 내연차량과 전기차에 대한 시나리오별 분석을 실시하였다. 내연차량에 비하여 상대적으로 고가인 전기차와의 가격 격차를 줄이기 위하여 공공부문이 제공하는 보조금의 적정 수준을 정하는데 있어 세가지 시나리오를 제시하여 손익분기점 분석을 실시하였다. 시나리오는 전기차의 kwh당 단가를 고정시키고 화석연료의 리터당 가격을 3가지로 가정하여 10년간 유지시 순현가를 계산하는 방식을 채택하였다. 비용분석은 초기 차량구입비용, 연료비용, 감가상각, 보험료, 자동차세, 오염물질 배출량 및 환경비용을 요소로 순현가를 계산하였다.



<그림 4-1> 모델1 : 내연차량 대비 전기차 유지비용 모델링 구조도

본 연구에서는 연료비용은 모델2에서 비교하므로 모델1에서는 제외하였고 오

염물질 배출량 및 환경비용은 부과기준이 모호하여 제외하였다. 따라서, 감가상각비용, 보험료, 자동차세에 대하여 순현가로 변경하면 다음과 같다. 아래식에서 n 은 주행기간(년단위)이며 m 은 운영 년수이다. D_n 은 n 년 감가상각액이며 I_n 은 n 년 보험료이고 T_n 은 n 년 자동차세이다. r 은 할인율을 나타낸다.

$$NPV = \sum_{n=1}^m \frac{D_n}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{T_n}{(1+r)^n}$$

감가상각액의 경우 차량의 구입에 따른 감가이나 전기차의 경우 보조금을 차감한 실구입가에 따라 감가상각액이 상이하다. 본 연구에서는 카셰어링 투자자의 입장에서 실제 차량을 구입하는데 필요한 금액을 감가상각 대상 자산으로 판단하는 것이 실제 카셰어링 사업자의 비즈니스 수익을 증대시키는 방향으로 설정한다. 따라서, 동일 차종의 내연차량과 전기차에 대해서 감가상각액이 규모 차이가 발생한다. 감가상각의 방법에 있어서도 정액법, 정률법, 생산량비례법, 연수합계법 등 여러 가지 방법론이 있다. 본 연구에서는 정액법을 기준으로 한다. 따라서 감가상각의 순현가는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$NPV_{\text{감가상각}} = \sum_{n=1}^m \frac{D_n}{(1+r)^n} = \sum_{n=1}^m \frac{\frac{P-B-S}{m}}{(1+r)^n}$$

정액법으로 환산시 P 는 전기차 가격, B 는 보조금, S 는 잔존가치이며 m 은 차량을 운용하는 년수로 감가상각을 완료하는 해에 해당한다.

보험료의 경우 전기차가 상대적으로 고가이므로 보험요율이 높은 경향이 있다. 기아차 쏘울의 경우 전기차 실제 구매가격에 대해 책정되는 것보다 차량가격을 전제로 책정하고 있다. 따라서, 보조금에 따라 영향을 받지 않는 상황이며 차량 가격에 비례하여 산정한다. n 년도 차량의 잔존가액은 다음과 같이 구할 수 있다.

n 년도 차량의 잔존가액 = $P - \sum_{i=1}^n Di$ 따라서, 보험요율을 I_{rate} 라고 하면, 다음과 같이 구할 수 있다.

$$NPV_{보혐료} = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+r)^n} = \sum_{n=1}^m \frac{(P - \sum_{i=1}^n Di) * Irate}{(1+r)^n}$$

자동차세는 재산세 개념과 도로 이용에 따른 부담금 및 환경오염 성격의 지방세이며 엔진 배기량, 용도, 승차정원 및 적재량에 의해 구분되며 연료의 유형에 따라서 달라진다. 의 경우 배기량에 의해 결정이 된다. 전기차의 경우 배기량이 없으나 2011년 개정된 지방세법에 의해 영업용은 2만원, 비영업용은 10만원을 부과하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 매년 100,000원인 상수로 산정한다. 이 상수의 값을 Tax라 하면 자동차세 순현재가 식은 다음과 같다.

$$NPV_{자동차세} = \sum_{n=1}^m \frac{Tax}{(1+r)^n}$$

그러나, 내연차량의 경우 자동차세는 배기량기준 자동차세 단위(cc기준)에 30%의 교육세가 부과되고 3년 이후부터는 5%씩 경감이 된다. 따라서 n년도 자동차세는 배기량 기준 자동차세는 다음과 같다. Tax_n 은 배기량(CC)과 배기량 기준 자동차세 단가(CarTax)에 교육세를 30% 추가로 부과하고 년차별 할인율을 적용하면 다음과 같이 기술할 수 있다. $Tax_n = CC \times CarTax \times 1.3 \times (1 - Discount_n)$.

따라서, 내연차량의 자동차세 순현재가는 다음과 같다.

$$NPV_{내연차량 자동차세} = \sum_{n=1}^m \frac{CC \times CarTax \times 1.3 \times (1 - Discount_n)}{(1+r)^n}$$

따라서, 전기차의 순현재가를 기반으로 한 모델1의 전체 함수는 다음과 같다.

$$NPV_{EV모델1} = \sum_{n=1}^m \frac{P - B - S}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{(P - \sum_{i=1}^n Di) * Irate}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{Tax}{(1+r)^n}$$

내연차량에 대한 순현재가는 다음과 같다.

$$NPV_{\text{내연차량모델1}} = \sum_{n=1}^m \frac{P - B - S}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{(P - \sum_{i=1}^n Di) * Irate}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^m \frac{CC \times CarTax \times 1.3 \times (1 - Discount_n)}{(1+r)^n}$$

2) 보조금에 따른 민감도 분석

모델1의 보조금 규모에 따른 민감도 분석을 위하여 내연차량과 전기차에 대한 일반사항을 기준으로 산정하여 제시하고자 한다.

<표 4-1> 전기차와 내연차량 비교를 위한 일반사항

구분	설명	전기차	내연차량
m	내용년수(년)	10	10
r	할인율	5%	5%
P	차량가격(만원)	4,200	2,000
S	잔존가치	0	0
Irate	년간 보험료율	2%	2%
Tax	년간 자동차세(만원)	10	10

<표 4-2> 자동차세 산정을 위한 내연차량 기준

구분	설명	내연차량
CC	배기량	1,500
CarTax	자동차세 원단위	140 원
Discount _n	차량 경감율	3년부터 5%씩 매년 5% 경감. 최고 50%

<표 4-1>과 <표 4-2>의 기준으로 전기차와 내연차량에 대해 각각의 순현재가를 산출하면 다음과 같다. 보조금(B)이 2,000만원으로 책정되는 경우의 순현재가를 통해 전기차는 약 21,090천원이 비용이 발생하고 내연차량은 약 20,239천원으로 비슷한 수준을 보이고 있다.

<표 4-3> 전기차 부문의 순현재가

년차	전기차 부문 (단위:원)				
	감가상각	잔존가	보험료	자동차세	소계
1	2,200,000	19,800,000	792,000	100,000	3,092,000
2	2,200,000	17,600,000	704,000	100,000	3,004,000
3	2,200,000	15,400,000	616,000	100,000	2,916,000
4	2,200,000	13,200,000	528,000	100,000	2,828,000
5	2,200,000	11,000,000	440,000	100,000	2,740,000
6	2,200,000	8,800,000	352,000	100,000	2,652,000
7	2,200,000	6,600,000	264,000	100,000	2,564,000
8	2,200,000	4,400,000	176,000	100,000	2,476,000
9	2,200,000	2,200,000	88,000	100,000	2,388,000
10	2,200,000	-	-	100,000	2,300,000
NPV _{EV}	₩16,987,817		₩3,330,234	₩772,173	₩21,090,224

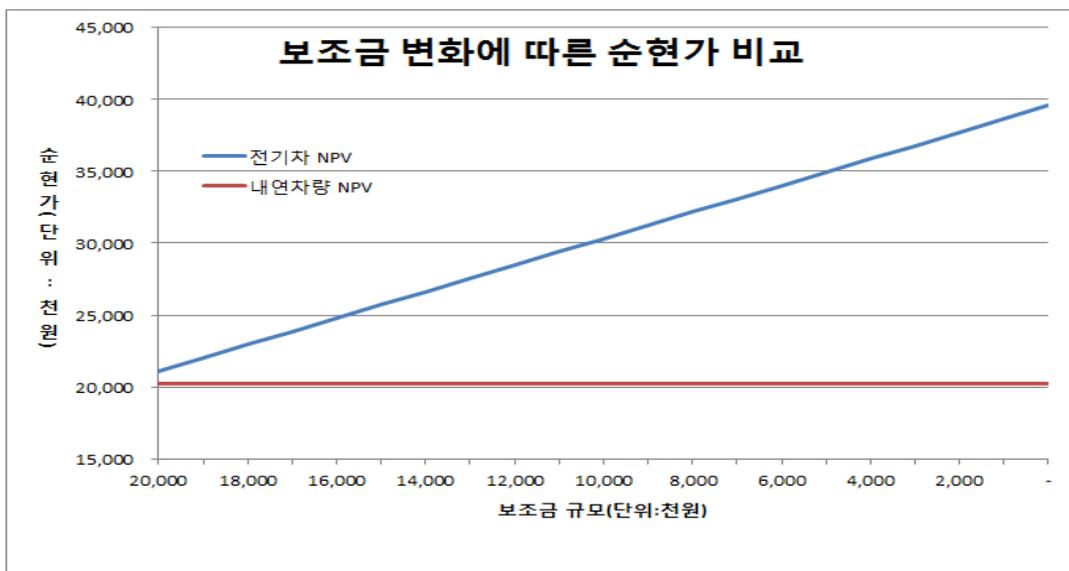
<표 4-4> 내연차량 부문의 순현재가

년차	내연차량 부문(단위:원)				
	감가상각	잔존가	보험료	자동차세	소계
1	2,000,000	18,000,000	720,000	273,000	2,993,000
2	2,000,000	16,000,000	640,000	273,000	2,913,000
3	2,000,000	14,000,000	560,000	259,350	2,819,350
4	2,000,000	12,000,000	480,000	245,700	2,725,700
5	2,000,000	10,000,000	400,000	232,050	2,632,050
6	2,000,000	8,000,000	320,000	218,400	2,538,400
7	2,000,000	6,000,000	240,000	204,750	2,444,750
8	2,000,000	4,000,000	160,000	191,100	2,351,100
9	2,000,000	2,000,000	80,000	177,450	2,257,450
10	2,000,000	-	-	163,800	2,163,800
NPV _{내연}	₩15,443,470		₩3,027,485	₩1,768,385	₩20,239,340

다음은 보조금의 변화에 따른 전기차 대비 내연차량의 순현가의 민감도를 파악하고자 한다. <표 3-5>는 보조금 변화에 따른 전기차와 내연차량의 순현가의 차이를 보이고 있다.

<표 4-5> 내연차량 대비 전기차의 순현가의 민감도

내연차량 순현가 20,239 대비 전기차 순현가(단위:천원)					
보조금	전기차 순현가	차이금액	보조금	전기차 순현가	차이금액
20,000	21,090	851	10,000	30,326	10,086
19,000	22,014	1,774	9,000	31,249	11,010
18,000	22,937	2,698	8,000	32,173	11,933
17,000	23,861	3,622	7,000	33,096	12,857
16,000	24,784	4,545	6,000	34,020	13,781
15,000	25,708	5,469	5,000	34,943	14,704
14,000	26,632	6,392	4,000	35,867	15,628
13,000	27,555	7,316	3,000	36,791	16,551
12,000	28,479	8,239	2,000	37,714	17,475
11,000	29,402	9,163	1,000	38,638	18,398



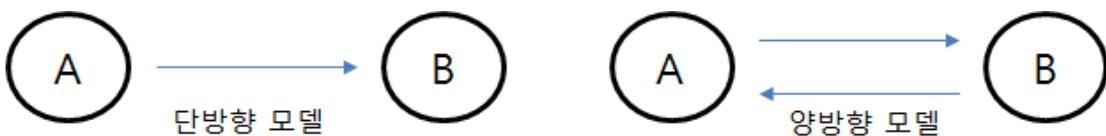
<그림 4-2> 내연차량 대비 전기차의 순현가의 민감도

2. 카셰어링 주행기반 수익 모델링(모델2)

1) 카셰어링 모델의 조건

카셰어링서비스의 유형은 단방향 모델과 출발지점과 도착지점이 같은 양방향 모델이 있다. 단방향 모델의 경우는 차량의 재배치 문제가 필요하다. 예를들면 A 지점에서 B지점으로 오전에 출근하는 차량이 집중된다면 출근 이후에 B에 남아 있는 차량을 다시 A지점 또는 수요가 발생하는 지점으로 다시 재배치해야 하는 문제가 발생하게 되어 수익성이 악화된다. 그러나, 차량에 대한 수요는 단방향 모델이 많을 것으로 예측된다. 차량에 대한 수요는 일방향에서 종료되어 차량수요자는 다른 경로를 탐색할 수 있는 유연성이 높기 때문이다. 그러나, 전기차 카셰어링의 경우 초기시장에서 재배치에 따른 인건비 증가 및 차량의 재배치에 소요되는 시간 낭비 등은 비즈니스 수익성을 크게 약화시킬 것으로 예상된다.

본 연구에서는 출발지점(Origin)과 도착지점(Destination)이 동일한 양방향 모델에 한하여 전기차와 내연기관 차량에 관하여 분석하고자 한다. 양방향 모델에 적합한 경우로는 아파트 단지와 같은 공동주택 및 비즈니스형 임대빌딩으로 언제나 차량을 이용하고 자신의 출발지로 돌아올 목적이 분명한 경우가 해당된다.



<그림 4-3> 카셰어링 방향성에 대한 유형

카셰어링의 수입 관점에서는 차량운행에 대한 대여요금과 차량의 주행거리에 의한 주행수입으로 구성된다. <표 4-6>은 차량운행대여요금과 주행수입에 대하여 기존 카셰어링과 전기차 카셰어링에 대한 요약표이다. 동일한 차종의 대여요금은 일반차량과 전기차의 가격정책은 동일해야 한다. 차량 대여자가 동일차종에 대하여 같은 가격정책을 유지할 때 주행거리 기반 이득을 얻기 때문이다. 따라

서, 주행거리기반의 비용과 수익을 분석하면 전기차와 화석연료기반 차량에 대한 손익분석이 가능하다.

<표 4-6> 일반 카셰어링과 전기차 카셰어링 서비스 비교표

구분	기존 카셰어링 기업	전기차 기반 카셰어링
대여요금(30분)	2,500 원	2,500 원
주행거리(km)	180 원	? 원

2) 전기카셰어링에 대한 분석 흐름도

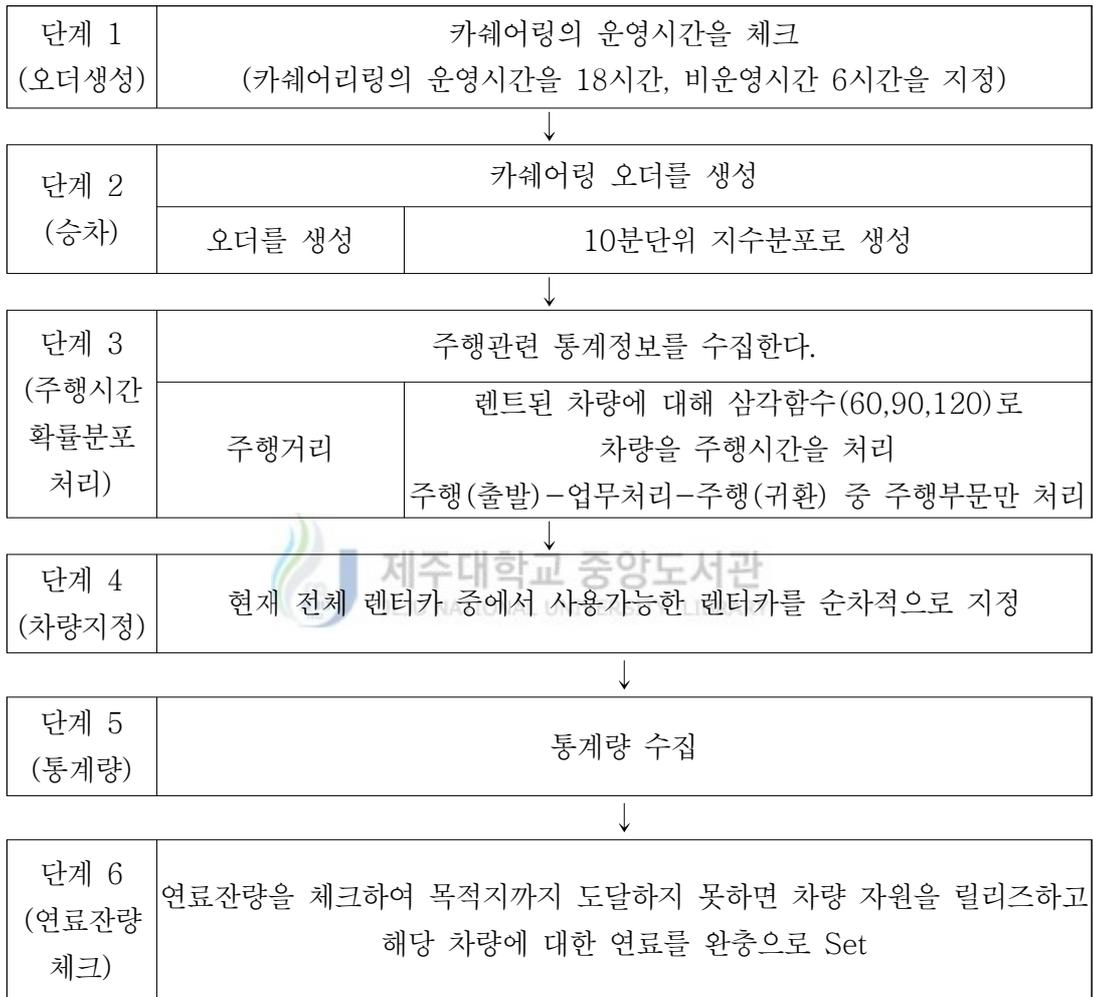
전기카셰어링과 일반카셰어링에서 상호 달라지는 부분은 주행거리에 기반한 수입과 연료비용 지출부문이다. <표 4-7>에서 보는 바와 같이 시뮬레이션을 위한 주요 변수를 나타내었다.


제주대학교 중앙도서관
 <표 4-7> 전기카셰어링 시뮬레이션의 주요변수들

구분	변수명	전기카셰어링	일반카셰어링
카셰어링 고객 오더	Entity		
오더 발생시간	Order_Received	1일 18 시간	1일 18 시간
차량수	Resource	5 대	5 대
차량주행시간	Driving_Time	삼각함수(60,90,120)	삼각함수(60,90,120)
연비	fuel_efficiency(i)	6.2 (km/리터)	5.0 (km/kwh)
연료비(원)	fuel_unitcost	871	472
연료용량	fuel_tank	70 리터	27 kwh
차량평균속도(km/hr)	velocity	60	60
총 주행연료비	sum_fuel_cost	시뮬레이션 결과값	
총 주행수입	sum_car_driving_profit(i)	시뮬레이션 결과값	
총 연료비	sum_fuel_cost(i)	시뮬레이션 결과값	

<표 4-8>은 전기카셰어링과 일반차량에 대한 카셰어링 주행수입과 비용을 비교하기 위한 ARENA 모형의 흐름도이다.

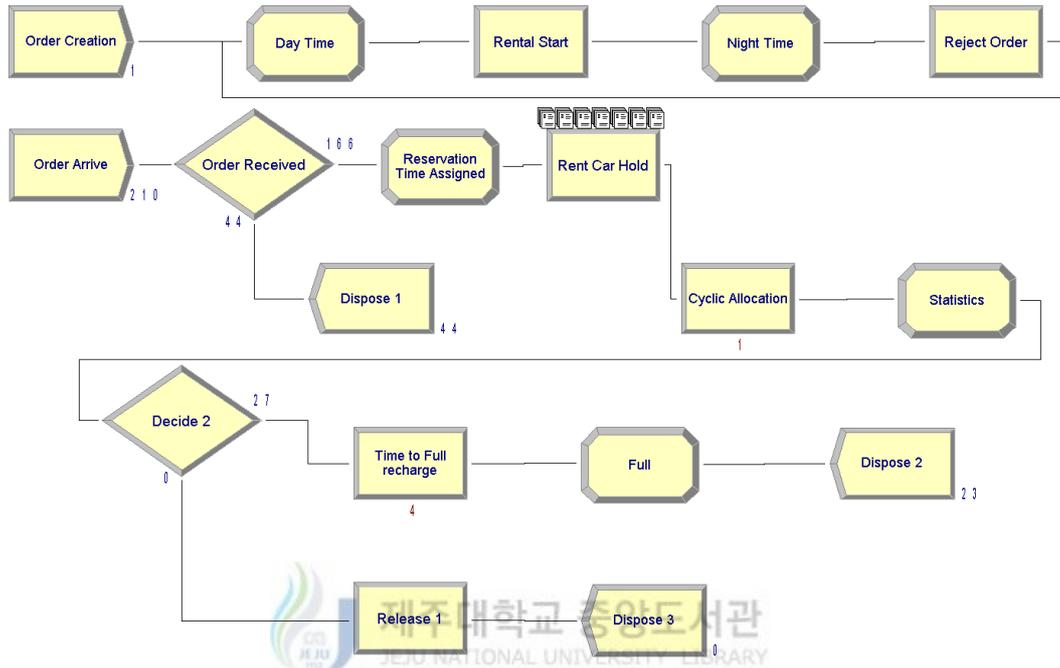
<표 4-8> 카셰어링 주행수입과 비용 비교를 위한 시뮬레이션 흐름도



3) 카셰어링에 대한 ARENA 모형

카셰어링에 대한 ARENA 프로세스이다. 전체 차량대수를 i 변수로 본 모델의 검증은 위해서는 5대의 차량을 사용하였다. 차량에 대한 배정은 현재 시스템내에 차량배정이 가능할 때까지 오더를 대기행렬에 배정하고 순차적으로 차량을 배정

하였다. 이후 통계정보를 수집하고 오더에 있는 사람이 목적지까지 차량의 잔량으로 왕복 주행이 가능하면 오더를 릴리즈하고 그렇지 않은 경우는 차량을 완전 충전시킨다.



<그림 4-3> 카셰어링에 대한 ARENA 모형

4) 완속충전방식의 전기카셰어링 분석

36시간을 기준으로 전기카셰어링 모형을 완속충전으로 시뮬레이션한 결과이다.

<표 4-9> 완속충전시 전기카셰어링 시뮬레이션기반 주행거리 수입과 비용

구분	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
주행거리 (km)	486.38	526.81	498.37	522.17	467.25	2,500.98
km당 100원 총 주행수입 (원)	48,638	52,681	49,837	52,217	46,725	250,098
총 연료비 (원)	45,914	49,731	47,046	49,293	44,108	236,093
수입-비용 (원)	2,724	2,950	2,791	2,924	2,617	14,005

주행수입을 <표 4-6>를 km당 주행료 180원까지 변화함에 따라 전기카셰어링의 수입변화를 산출하면 다음과 같다. 현재 보편적인 카셰어링에서 적용하는 단가 180원/km 기준으로 볼 때 동일한 조건에서 차량 5대, 36시간 기준으로 21만원 이상의 이익을 얻을 수 있다.

<표 4-10> 완속충전시 전기카셰어링의 km당 주행료 기반 수익표(단위: 원)

주행료 수입						
km 주행료	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
100	48,638	52,681	49,837	52,217	46,725	250,098
110	53,502	57,949	54,821	57,439	51,398	275,108
120	58,366	63,217	59,804	62,660	56,070	300,118
130	63,229	68,485	64,788	67,882	60,743	325,127
140	68,093	73,753	69,772	73,104	65,415	350,137
150	72,957	79,022	74,756	78,326	70,088	375,147
160	77,821	84,290	79,739	83,547	74,760	400,157
170	82,685	89,558	84,723	88,769	79,433	425,167
180	87,548	94,826	89,707	93,991	84,105	450,176
연료비	45,914	49,731	47,046	49,293	44,108	236,093

<표 4-11> 완속충전시 전기카셰어링의 km당 주행료 기반 수익표(단위: 원)

주행료 수입 - 연료비 차액						
km 주행료	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
100	2,724	2,950	2,791	2,924	2,617	14,005
110	7,588	8,218	7,775	8,146	7,289	39,015
120	12,451	13,486	12,758	13,368	11,962	64,025
130	17,315	18,754	17,742	18,589	16,634	89,035
140	22,179	24,023	22,726	23,811	21,307	114,045
150	27,043	29,291	27,709	29,033	25,979	139,054
160	31,907	34,559	32,693	34,254	30,652	164,064
170	36,770	39,827	37,677	39,476	35,324	189,074
180	41,634	45,095	42,660	44,698	39,997	214,084

5) 급속충전방식의 전기카셰어링 분석

36시간을 기준으로 전기카셰어링 모형을 급속충전으로 시뮬레이션한 결과이다.

<표 4-12> 급속충전시 전기카셰어링 시뮬레이션기반 주행거리 수입과 비용

구분	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
주행거리 (km)	1766.07	1765.99	1769.85	1773.46	1778.51	8853.88
km당100원 총주행수입 (원)	176,607	176,599	176,985	177,346	177,851	885,388
총연료비 (원)	166,717	166,709	167,074	167,415	167,891	835,806
수입-비용 (원)	9,890	9,890	9,911	9,931	9,960	49,582

주행수입을 <표 4-12>의 휘발유 기준 180원까지 변화함에 따라 전기카셰어링의 수입변화를 산출하면 다음과 같다. 현재 보편적인 카셰어링에서 적용하는 단가 180원/km 기준으로 볼 때 동일한 조건에서 차량 5대, 36시간 기준으로 76만 원 이상의 이익을 얻을 수 있다. 따라서, 주행에 관한 비용만을 고려할 때 전기카셰어링이 일반차량보다 나은 수익을 기대할 수 있다.

<표 4-13> 급속충전시 전기카셰어링의 km당 주행료 기반 수익표(단위: 원)

주행료 수입						
km 주행료	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
100	176,607	176,599	176,985	177,346	177,851	885,388
110	194,268	194,259	194,684	195,081	195,636	973,927
120	211,928	211,919	212,382	212,815	213,421	1,062,466
130	229,589	229,579	230,081	230,550	231,206	1,151,004
140	247,250	247,239	247,779	248,284	248,991	1,239,543
150	264,911	264,899	265,478	266,019	266,777	1,328,082
160	282,571	282,558	283,176	283,754	284,562	1,416,621
170	300,232	300,218	300,875	301,488	302,347	1,505,160
180	317,893	317,878	318,573	319,223	320,132	1,593,698
연료비	166,717	166,709	167,074	167,415	167,891	835,806

<표 4-14> 급속충전시 전기카셰어링의 km당 주행료 기반 수익표(단위: 원)

주행료 수입 - 연료비 차액						
km 주행료	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
100	9,890	9,890	9,911	9,931	9,960	49,582
110	27,551	27,549	27,610	27,666	27,745	138,121
120	45,211	45,209	45,308	45,401	45,530	226,659
130	62,872	62,869	63,007	63,135	63,315	315,198
140	80,533	80,529	80,705	80,870	81,100	403,737
150	98,193	98,189	98,404	98,604	98,885	492,276
160	115,854	115,849	116,102	116,339	116,670	580,815
170	133,515	133,509	133,801	134,074	134,455	669,353
180	151,176	151,169	151,499	151,808	152,240	757,892

6) 휘발유 방식의 내연차 카셰어링 분석

36시간을 기준으로 내연차량의 휘발유로 시뮬레이션한 결과이다. 본 모형에서는 차량의 유류가 부족한 상황에서는 인근 주유소에서 100% 주유를 완료하는데 30분이 소요된다는 가정을 기반으로 시뮬레이션을 수행하였다. 연료비는 휘발유 리터당 2,000원으로 설정하였다.

<표 4-15> 휘발유 기반 카셰어링 시뮬레이션기반 주행거리 수입과 비용

구분	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
주행거리 (km)	2033.83	1981.59	2057.15	2039.22	2060.73	10172.52
km당100원 총주행수입 (원)	203,383	198,159	205,715	203,922	206,073	1,017,252
총연료비 (원)	271,177	264,212	274,287	271,896	274,764	1,356,336
수입-비용 (원)	-67,794	-66,053	-68,572	-67,974	-68,691	- 339,084

주행수입을 <표 4-11>의 휘발유 기준 180원까지 변화함에 따라 전기카셰어링

의 수입변화를 산출하면 다음과 같다. 현재 보편적인 카셰어링에서 적용하는 단가 180원/km 기준으로 볼 때 동일한 조건에서 차량 5대, 36시간 기준으로 47만 원 이상의 이익을 얻을 수 있다. 휘발유 차량의 수익이 완속충전시보다 높은 이유는 완속충전시스템이 차량이 대기상태에 있는 반면 휘발유 차량은 배차가 가능하여 운영 효율성이 높은 것에 기인한다.

<표 4-16> 휘발유 기반 카셰어링의 km당 주행료 기반 수익표(단위: 원)

주행료 수입						
km 주행료	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
100	203,383	198,159	205,715	203,922	206,073	1,017,252
110	223,721	217,975	226,287	224,314	226,680	1,118,977
120	244,060	237,791	246,858	244,706	247,288	1,220,702
130	264,398	257,607	267,430	265,099	267,895	1,322,428
140	284,736	277,423	288,001	285,491	288,502	1,424,153
150	305,075	297,239	308,573	305,883	309,110	1,525,878
160	325,413	317,054	329,144	326,275	329,717	1,627,603
170	345,751	336,870	349,716	346,667	350,324	1,729,328
180	366,089	356,686	370,287	367,060	370,931	1,831,054
연료비	271,177	264,212	274,287	271,896	274,764	1,356,336

<표 4-17> 휘발유 기반 카셰어링의 km당 주행료 기반 수익표(단위: 원)

주행료 수입 - 연료비 차액						
km 주행료	차량1	차량2	차량3	차량4	차량5	소계
100	-67,794	-66,053	-68,572	-67,974	-68,691	-339,084
110	-47,456	-46,237	-48,000	-47,582	-48,084	-237,359
120	-27,118	-26,421	-27,429	-27,190	-27,476	-135,634
130	-6,779	-6,605	-6,857	-6,797	-6,869	-33,908
140	13,559	13,211	13,714	13,595	13,738	67,817
150	33,897	33,027	34,286	33,987	34,346	169,542
160	54,235	52,842	54,857	54,379	54,953	271,267
170	74,574	72,658	75,429	74,771	75,560	372,992
180	94,912	92,474	96,000	95,164	96,167	474,718

7) 완속, 급속충전 및 휘발유 방식의 손익비교

다음은 km당 180원, 36시간, 5대의 렌터카 시뮬레이션 결과에 대한 비교표이다. 시스템 통과 엔티티를 보면 완속충전방식이 현저히 작음을 볼 수 있다. 이는 차량이 충전상태에 빠져 있는 상황으로 운용이 불가능한 빈도수가 높음을 의미한다. 급속충전방식과 휘발유방식은 비슷한 추세를 보여준다.

<표 4-18> 전기카쉐어링 시뮬레이션의 주요 통계치

구분		완속충전방식	급속충전방식	휘발유 방식
시스템 통과 엔티티 (갯수)		67	142	158
차량 운용횟수	차량1	5	20	23
	차량2	6	21	24
	차량3	5	20	24
	차량4	6	21	24
	차량5	6	21	24

<표 4-19> 전기카쉐어링과 내연차 시뮬레이션 결과 비교

구분	완속충전방식	급속충전방식	휘발유 방식
총 주행거리(km)	2,500.98	8,853.88	10,172.52
총 주행수입(원)	450,176	1,593,698	1,831,054
총 연료비용(원)	236,093	835,806	1,356,336
총 주행수익(원)	214,084	757,892	474,718

8) 모델1과 모델2의 결합

본 연구에서는 <그림 3-1>에서 제안된 내연차량 대비 전기차 유지비용 모델링(모델1)과 카셰어링 주행기반 수익 모델링(모델2)을 결합하면 카셰어링 비즈니스에서 전기차와 내연차중 무엇을 선택할 수 있는지를 해결하는 방법론을 제시하였다. 카셰어링 사업자는 수익 측면에서는 내연차량이나 전기차나 동일하다는 가정에서 모델1의 보조금 규모에 따른 카셰어링 사업자의 비용 변화를 탐구하고 모델2에서는 내연차량 대비 주행료 기반의 수익을 연구하였다.

전기차 비즈니스에서 가장 중요한 요소는 비즈니스에 전기차를 선택할 것인가 내연차를 선택할 것인가의 의사결정이다. 따라서, 전기차를 도입하는 경우의 수입과 비용, 내연차를 도입하는 경우의 수입과 비용을 비교하여야 한다. 동급, 동종 차종에서 전기차와 내연차의 비즈니스 서비스에 대한 소비자 이용에 대한 댓가는 동일하다는 가정에서 출발하였다. 그러나, 비용적인 측면에서는 매우 다르다. 전기차와 내연차는 감가상각, 보험료, 자동차세가 상이한 구조를 가지고 있으며 주행에 기반하여서는 사용되는 연료가 상이함에 따라 연료에 대한 유지비용이 변화한다. 또한, 카셰어링 비즈니스에서는 주행거리에 기반한 수입대비 비용이 기대비용이 변화하게 된다. 다음은 모델1과 모델2의 수입과 비용에 대한 분석 내용이다.

<표 4-20> 모델1과 모델2에 따른 변화요인

구분	전기차	내연차	주요요인
수입1	대여요금	대여요금	동종차종 동일
수입2	주행요금	주행요금	주행료 기대수익
비용1	충전료	주유료	
비용2	감가상각	감가상각	보조금 규모
비용3	보험료	보험료	전기차 가격 ↑
비용4	자동차세	자동차세	엔진용량 등

V. 결론

전기차 시대가 도래하고 있다. 전기차는 환경 친화적이며 유지보수 비용만을 감안하면 화석연료로 운행되는 일반 차량 대비 높은 경제성을 갖추고 있다. 그러나 여전히 높은 구매비용과 충분하지 않은 충전인프라 등은 전기차에 대한 선택을 망설이게 하고 있는 것이 현실이다. 세계 각 국은 대중들이 보다 친숙하게 전기차에 대한 경험을 갖도록 다양한 보조금 제도를 도입·운영하고 있으나 전기차 비즈니스 생태계를 선순환적으로 운영하기 위해서는 전기차용 다양한 비즈니스가 출현해야 한다. 따라서, 전기차 도입을 결정하기 이전에 비즈니스 측면에서 전기차와 내연차량을 비교해 볼 필요가 있으며 이에대한 방법론이 제시되어야 한다.

카셰어링은 공유경제를 기반으로 다양한 부문에서 교통 및 환경문제를 해결하는 하나의 중요한 시스템으로 인식되고 있으며 전기차 비즈니스가 가능한 분야이기도 하다. 카셰어링은 기존의 시스템과 달리 소유의 경제보다 활용에 보다 많은 기회를 제공하는 시스템이다. 많은 연구가 도시에서의 카셰어링 문제에 집중되어 있으나 전기차라는 새로운 친환경적 운송에 대한 연구는 초기단계에 머물러 있다. 실제, 전기카셰어링 비즈니스에 진입하기 위해서는 투자자는 내연차 대비 전기차가 가져올 기대수익을 최대화하거나 운영비용을 최소화 하는 방안을 선택해야 한다. 그러나, 대부분의 비즈니스 생태계에서는 동종, 동급 차량을 활용하는 경우 이용에 대한 댓가는 동일하다는 인식을 가지고 있다. 따라서, 전기카셰어링 비즈니스의 경우도 수입을 극대화하는 방안보다 전기차와 내연차 운용시 비용을 최소화하는 방안을 탐색하는 것이 보다 효과적이다. 미래에 전기카셰어링 시스템 운영을 위한 투자자의 관점에서 전기차와 내연차의 비용을 중심으로한 분석 방법론을 제공하고자 하였다. 특히, 전체 모델을 ‘내연차량 대비 전기차 유지비용 모델링(모델1)’과 ‘카셰어링 주행기반 수익 모델링(모델2)’으로 나누어 모델1은 순현가 방식으로 분석하고 모델2는 휴리스틱한 시뮬레이션으로 모델링 하였다. 모델2의 입력변수가 되는 전력충전단가는 현재의 요금체계가 운용되지 않

아 하위모델을 구축하여 이를 추정하였다.

또한, 연구의 과정에서 미래의 전기카셰어링 서비스의 성공적 안착을 위해서는 전력충전단가가 택시비즈니스, 카셰어링 비즈니스 모두에게 매우 큰 영향을 미치는 것을 살펴보았다. 모델1에서는 보조금이 영향을 분석하여 향후 전기차 확산을 위한 보조금 제도의 규모를 산정할 수 있는 방법론을 제시하고 모델2에서는 완속충전으로 전기카셰어링 운영시 급속충전 및 화석연료 차량 대비 효율이 매우 저하되므로 외부환경에 충분한 전기차 인프라가 시설되어야 함을 알 수 있다.

본 연구에서 소비자는 동일한 제도의 요금을 지불한다는 것을 가정하였다. 그러나, 전기차 카셰어링사업자가 경쟁의 비교우위를 얻기 위해서 주행거리 기반 요금은 내연차량 보다 낮게 책정할 수 있다. 향후 모델에서는 주행거리 기반 단위요금을 변화시킬 때 카셰어링 사업자의 비즈니스 모델에 손님이 더 많이 찾아올 수 있는 확률 모형을 제시하고 이를 기반으로 카셰어링사업자의 수익에 어떤 영향을 미치는지에 대한 분석이 필요하다. 또한, 배터리의 재활용에 따른 수익도 감안되지 않았다. 실제, 전기차 배터리가 수명을 다 했어도 가정, 지역 전력소들에게 ESS로 활용이 가능하다. 따라서, 교체를 위한 배터리의 잔존가를 모델에 반영하는 경우 전기차의 수익은 높아지게 되면 향후 이를 반영한 모델링이 필요하다. 전기차 비즈니스의 성공을 위해서는 선행적인 전기차 비즈니스가 필요하고 카셰어링은 전기차 비즈니스가 성공하기 위한 지름길이다.

참 고 문 헌

- 공성배, 이재희, 주성관, 송태용, 김용준, “전기자동차의 보급에 따른 시장가격 영향분석”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2010, pp.14-16.
- 교통안전공단, “2009년도 자동차 주행거리 실태조사”, 2010.12, p.87, p.200.
- 김숙희, 이규진, 최기주, “카셰어링의 선호 요인 분석연구, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 34, No. 4, 2014.8, pp.1241-1249.
- 김정민, “전기자동차 및 내연기관 자동차의 최대 주행 거리 비교 연구”, Transaction of KSAE, Vol. 21, No. 3, 2013, pp.105-112.
- 김철수, “전기화 사회와 EV 발전 방향”, 한국자동차공학회, 2010.9, pp.186-197.
- 류홍제, 임근희, 김종수, 안석호, 장성록, “전기자동차 급속충전시스템 구축 방안”, 대한전기학회 학술대회 논문집, 2010.7, pp.1052-1053.
- 박경린, 이개명, 김영철, 신인혜, “제주 전기자동차 선도도시 구축방안 연구”, 제주특별자치도, 2014.9, p.21.
- 산업통상자원부, “전기차 1대당 최대 420만원 세제지원”, 보도자료, 2011.10.13., p. 2.
- 송택호, 박중성, 조진대, 채우규, 김주용, 이학주, “전기차 Smart Charging, V2G 경제성 비교 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2012, pp.18-20.
- 양승권, “전력망 연계 전기자동차 충전인프라 운영시스템 개발 및 운용 전략”, 대한전기학회 논문집, 2010.7, p.1120-1121.
- 오정훈, 강태환, 백요한, 이준철, “전기자동차 완속 충전 시스템 개발”, 전력전자학회 학술대회 논문집, 2010.11, pp.220-221.
- 유종훈, 김후곤, “손익분기점 분석을 이용한 전기차의 보조금 정책 연구”, 에너지공학, 제20권, 제1호, 2011, pp.54-62.
- 윤병운, 이종태, 김지태, “친환경 교통서비스의 도입효과 분석방법론: 카셰어링 서비스 사례”, IE Interfaces, Vol. 23, No. 4, 2010.12, pp.286-299.
- 이기상, “국내 그리카 산업의 현재와 미래”, 한국자동차공학회, 2010.9, pp.3-13.

- 이상민, 안경호, “북미 차량공유이용(Car-Sharing)의 이용실태와 효과 고찰”, 월간교통 2010-07, 2010.7, pp.54-63.
- 이정민, “유럽재정위기 이후 신재생에너지 산업 변화와 전망”, 월간미래산업, 한국자동차산업연구소, 2013, pp.3-5., p.14.
- 최은식, Hoang Trung Kien, 임근희, 김창수, “전기자동차 보급 촉진정책과 경제성 분석”, 대한전기학회 하계학술대회, 2009, pp.14-17.
- 한국전력, “한글전기요금표-전기자동차 충전전력요금”, 2014.11.08., <http://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/E/E/CYEEHP00108.jsp#>.
- 환경부, “전기자동차 충전인프라 설치 운영 지침”, 2013.2, pp.5-8.
- 황상규, “전기차 시대의 개막 - 과제와 전망”, 월간교통, 2010.5, pp.5-11.
- A. Brooker, M. Thornton, J. Rugh, “Technology Improvement Pathways to Cost-Effective Vehicle Electrification”, SAE 2010 World Congress Detroit, Michigan, April 2010, p. 6.
- Burak Boyac, Konstantinos G. Zografos, Nikolas Geroliminis, “An optimization framework for the development of efficient one-way car-sharing systems”, European Journal of Operational Research, 2014, pp. 718 - 733.
- Clean Energy Ministerial, Electric Vehicle Initiative, International Energy Agency, “Global EV Outlook”, 2013, p.6.
- Dave Hurst, Clint Wheelock, “Neighborhood Electric Vehicles”, *Research Report*, Pike Research, 2011, p.1.
- David K. George, Cathy H. Xia, “Fleet-sizing and service availability for a vehicle rental system via closed queueing networks”, European Journal of Operational Research 211, 2011, pp.198-207.
- Dequan Gao, Jinping Cao, Yiyang Zhang, Xiuli Wang, “Communication Networking Scheme for Wide Area Electric Vehicle Energy Service Network, Energy and Power Engineering, 2013. 5, pp.1415-1420.
- Dueker, K., Bair, B., Levin, I., Ridesharing: psychological factors“, Transportation Engineering Journal 103, 1977. pp.685-692.
- Franz E. Pretenthalera, Karl W. Steining, “From ownership to service use lif

- estyle: the potential of car sharing”, *Ecological Economics*, Vol. 28, Issue 3, March 1999, P.443 - 453.
- Hadi Hosni, Joe Naoum-Sawaya, Hassan Artail, “The shared-taxi problem: Formulation and solution methods”, *Transportation Research Part B* 70, 2014, p p.303-318.
- Horowitz, A., Sheth, J., “Ridesharing to work: an attitudinal analysis”, *Transportation Research Record*, 1978, pp.1-8.
- Frost & Sullivan, “Sustainable and Innovative Personal Transport Solutions”, January 2010, p.19.
- James F. Miller, “Analysis of Current and Projected Battery Manufacturing Costs for Electric, Hybrid, and Plug-in Hybrid Electric Vehicles”, *World Electric Vehicle Journal*, Vol.4, 2010, p.348.
- Jonn Axsen, Andrew Burke, Ken Kurani, “Batteries for Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs): Goals and the State of Technology circa 2008”, *Institute of Transportation Studies*, 2008.5, p.7.
- Junghoon Lee, Gyung-Leen Park, Seulbi Lee, Jihyun Kang, Young-cheol Kim, and Seong jun Lee, “Electric Vehicle Telematics Services Built Upon Charging Infrastructure Monitoring Ubiquitous Information Technologies and Applications”, *Ubiquitous Information Technologies and Applications Lecture Notes in Electrical Engineering* Volume 280, 2014, pp. 7-12.
- Mor Kaspi, Tal Raviv, Michal Tzur, “Parking reservation policies in one-way vehicle sharing systems”, *Transportation Research Part B* 62, 2014, pp.35-50.
- Murat Yilmaz, Philip T. Krein, “Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles”, *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, VOL. 28, NO. 5, May 2013, pp.2141-2169.
- N.T. Fellowsa, D.E. Pitfieldb, “An economic and operational evaluation of urban car-sharing”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol.5, Issue 1, January 2000, pp.1-10.

Russell Hensley, John Newman, Matt Rogers, Mark Shahinian, “Battery technology charges ahead”, Sustainability & Resource Productivity, McKinsey, 2012.7, pp. 2-5.

Ulrike Huwer, “Public transport and car-sharing – benefits and effects of combined services“, Transport Policy 11, 2004, pp.77 - 87.



APPENDIX

부록1. 전기카셰어링 완속충전인프라 결과물

Replications: 1		Time Units: Minutes		
Key Performance Indicators				
System		Average		
Number Out		67		
Entity				
Time				
VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	144.87	(Insufficient)	0.00	536.74
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	222.13	(Insufficient)	0.00	1444.72
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	367.00	(Insufficient)	0.00	1923.29
Other				
Number In	Value			
Entity 1	211.00			
Number Out	Value			
Entity 1	67.0000			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	72.6756	(Insufficient)	0.00	144.00

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	92.6289	(Insufficient)	65.6805	117.82
Time to Full recharge	329.38	(Insufficient)	233.53	418.92
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	92.6289	(Insufficient)	65.6805	117.82
Time to Full recharge	329.38	(Insufficient)	233.53	418.92

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
Cyclic Allocation	2500.98
Time to Full recharge	7575.70



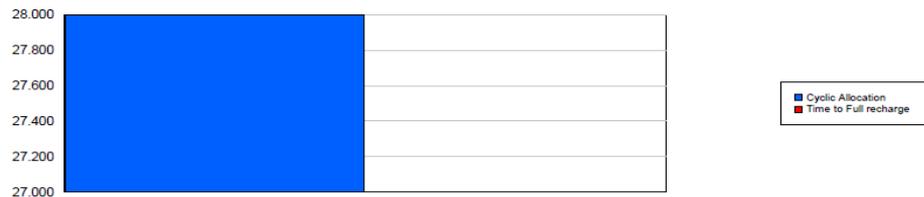
Accum Wait Time	Value
Cyclic Allocation	0.00

Other

Process

Other

Number In	Value
Cyclic Allocation	28.0000
Time to Full recharge	27.0000



Number Out	Value
Cyclic Allocation	27.0000
Time to Full recharge	23.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Rent Car Hold.Queue	830.33	(Insufficient)	0.00	1834.28

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Rent Car Hold.Queue	66.6895	(Insufficient)	0.00	138.00

부록2. 전기카셰어링 급속충전인프라 결과물

Replications: 1		Time Units: Minutes		
Key Performance Indicators				
System		Average		
Number Out		142		
Entity				
Time				
VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	73.8978	(Insufficient)	0.00	140.38
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	302.18	(Insufficient)	0.00	909.23
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	376.08	(Insufficient)	0.00	1036.00
Other				
Number In	Value			
Entity 1	211.00			
Number Out	Value			
Entity 1	142.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	35.6702	(Insufficient)	0.00	69.0000

Process

Time per Entity

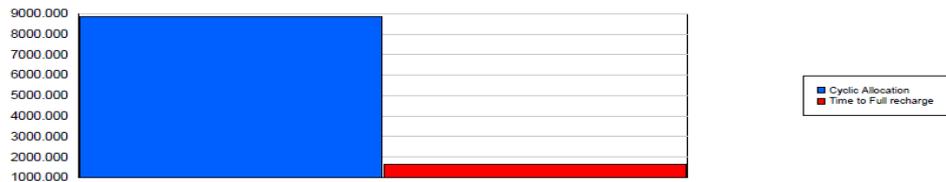
VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	90.3457	(Insufficient)	62.5049	118.45
Time to Full recharge	16.7307	(Insufficient)	11.5750	21.9346

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	90.3457	(Insufficient)	62.5049	118.45
Time to Full recharge	16.7307	(Insufficient)	11.5750	21.9346

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
Cyclic Allocation	8853.88
Time to Full recharge	1639.61



Accum Wait Time	Value
Cyclic Allocation	0.00

Other

Process

Other

Number In	Value
Cyclic Allocation	103.00
Time to Full recharge	98.0000



Number Out	Value
Cyclic Allocation	98.0000
Time to Full recharge	98.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Rent Car Hold.Queue	445.10	(Insufficient)	0.00	909.23

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Rent Car Hold.Queue	29.6841	(Insufficient)	0.00	63.0000

부록3. 전기카셰어링 휘발유 결과물

Replications: 1		Time Units: Minutes		
Key Performance Indicators				
System		Average		
Number Out		158		
Entity				
Time				
VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	66.7566	(Insufficient)	0.00	145.69
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	214.63	(Insufficient)	0.00	629.38
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	281.39	(Insufficient)	0.00	735.98
Other				
Number In	Value			
Entity 1	211.00			
Number Out	Value			
Entity 1	158.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	27.3213	(Insufficient)	0.00	53.0000

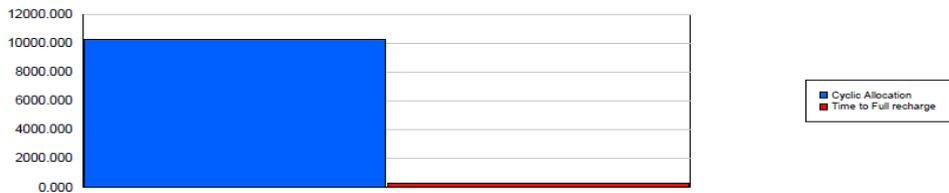
Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	90.0632	(Insufficient)	61.5969	118.45
Time to Full recharge	28.0340	(Insufficient)	27.0196	29.2206
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation	90.0632	(Insufficient)	61.5969	118.45
Time to Full recharge	28.0340	(Insufficient)	27.0196	29.2206

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
Cyclic Allocation	10267.21
Time to Full recharge	280.34



Accum Wait Time	Value
Cyclic Allocation	0.00

Other



Number In	Value
Cyclic Allocation	119.00
Time to Full recharge	10.0000



Number Out	Value
Cyclic Allocation	114.00
Time to Full recharge	10.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Rent Car Hold.Queue	302.83	(Insufficient)	0.00	629.38

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cyclic Allocation.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Rent Car Hold.Queue	21.3352	(Insufficient)	0.00	47.0000