http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.2.367

JCCT 2019-5-46

# 전기자동차와 충전기반시설의 V2G 기술 활용과 영향에 과한 연구

# Applications and Impact of V2G Technology for Electric Vehicle and Charging Infrastructure

이성욱\*, 박병주\*\*

## Sunguk Lee\*, Byungjoo Park\*\*

요 약 급격한 전기자동차의 증가에 따라 전기자동차의 배터리를 주행 목적이 아닌 다른 용도로 사용하려는 Vehicle-to-Grid (V2G) 기술 또한 산업계와 학계부터 큰 관심을 끌고 있다. V2G 기술의 도움으로 전기자동차의 배터리는 스마트 그리드 환경에서 에너지 저장장치, 전력공급원등의 여러 중요한 역할로의 사용이 가능해 진다. 본고 에서는 거주용 주택환경을 위한 기술인 Vehicle-to-Home(V2H), 상업용 건물을 위한 기술인 Vehicle-to-Building(V2B) 그리고 전체 전력망을 위한 기술인 Vehicle-to-Grid(V2G) 기술에 대해 자세히 알아보고 각 기술의 특성과 영향에 대해 검토한다. 또한 이 기술들의 경제적 영향에 대해서도 분석한다.

**주요어**: 전기자동차, 배터리, 스마트 그리드, V2G, V2H, V2B

**Abstract** As the number of Battery Electric Vehicle (BEV) is increasing dramatically Vehicle-to-Grid (V2G) te chnology also has been spotlight from industry and academia recently. With help of V2G technology Battery of EV can play many important roles like as energy storage system (ESS) and electric energy resource in Smart G rid environment. This paper provides comprehensive review of Vehicle-to-Home(V2H), Vehicle-to-Building(V2B) and Vehicle-to-Grid(V2G) technologies. The economical analysis of these technologies is also discussed.

Key words: Electric Vehicle, Battery, Smart Grid, V2G, V2B, V2H

### I. 서 론

전 세계적으로 화석 에너지의 고갈, 이산화탄소 배출에 의한 지구온난화 (Green House Effect)와 지구 대기오염에 대한 관심이 점점 더 커짐에 따라 화석연료의사용을 줄이고 환경오염의 문제가 적은 신재생 에너지원 (Renewable Energy Resource)의 사용과 개발에 많

은 노력들이 이루어지고 있다. 또한 선진국을 중심으로 각국의 정부들은 대표적인 온실가스(Green House Gas) 배출 원인인 화석연료의 사용을 줄이기 위해 환경 규제와 정책적인 지원을 더욱 강화 하고 있다 [1]. 전 세계이산화탄소 발생의 가장 큰 부분은 전력생산을 위한 발전부분에서 발생하지만 수송부분 또한 전 세계 온실가스 배출량의 상당수를 차지하는 것으로 알려져 있어

\*정회원, 한남학교 멀티미디어공학과 (제1저자) \*\*정회원, 한남학교 멀티미디어공학과 (교신저자) 접수일: 2019년 3월 2일, 수정완료일: 2019년 3월 25일 게재확정일: 2019년 4월 15일

Received: March 02, 2019 / Revised: March 25, 2019

Accepted: April 15, 2019

\*\*Corresponding Author: bjpark@hnu.kr

Dept. of Multimedia Engineering, Hannam Univ, Korea

수송부분의 배기가스 배출을 억제하기 위한 규제 또한 강화되고 있는 실정이다[1].

전기자동차(Electric vehicle)는 전통적인 내연기관엔 진 (Internal Combustion Engine)에 의해 추진력을 얻는 대신 전기를 에너지원으로 하는 전기모터 (Electric Motor)를 이용하여 추진력을 얻는다. 전기자동차는 화석연료의 연소과정이 없기 때문에 배출가스로 인한 지구온난화와 공기 오염의 위험이 굉장히 낮다. 또한 전기자동차는 내연기관 자동차에 비해 높은 에너지 효율과 운 경제성으로 인해 가장 유망한 기존의 내연기관자동차의 대체재로 인정받고 있다 [2]. 전기자동차는 내연기관의 유무에 따라서 하이브리드 전기자동차 (Hybrid Electric Vehicle)와 전기 모터로만 구동되는 배터리전기자동차(Battery Electric Vehicle)로 구분되며 현재전기자동차 시장은 외부에서 전력을 공급받아 배터리를 충전하는 플러그인 배터리 전기자동차(Plug In Electric Vehicle)가 대세를 이루고 있다.

IEA (International Energy Agency)의 최근 보고서에 따르면 2017년 까지 배터리 전기자동차와 하이브리드 전기자동차의 누적 판매대수는 3백10만대 정도이며이중 배터리 전기자동차의 판매대수는 1백93만대 정도로 판매량이 급격히 증가 하고 있다[2]. IEA는 정책적인 지원과 가격의 하락에 따라 2030년까지 1억2천5백만대의 전기 경량자동차(Light Duty Vehicle)가 도로에서주행할 것으로 예상하고 있다[3]. 급격한 전기자동차의증가에 반해 전기 자동차 충전 시설의 설치는 아직 초기 단계로 소비자들이 전기자동차의 구매를 주저하는주요 원인중 하나이다[3]. 전기자동차의 증대에 따라전기자동차의 충전 기반시설의 확대도 빠르게 진행중이며이에 따른 전기 자동차 충전 전력 수요가 기존 전력계통에 미치는 영향에 대한 연구도 많이 수행되고 있다 [3,4,5].

배터리 기술의 발달과 각국 정부의 경제적 지원 정책 덕분으로 전기자동차의 배터리 용량은 점점 커져가고 전기자동차의 판매대수도 가파르게 증가하고 있다. 현재의 전기자동차와 전기자동차 충전 설비는 전기자동차의 배터리의 충전만 가능한 방식으로 전력 그리드로부터 전력을 공급받아 이를 주행의 목적으로만 사용하고 있다. 또한 미국의 경우 개인용 경량자동차는 4-5%의 시간만 도로에서 주행을 하고 나머지 시간은 집이나 주차장에 새워져 있는 것으로 나타났다[4,5]. 이

에 스마트 그리드 (Smart Grid) 관점에서 전기자동차를 단순한 전력 부하로 보지 않고 충/방전이 가능한 전기자동차의 배터리를 전력저장장치(Energy Storage System, ESS)나 분산 발전원 (Distributed Energy Resource, DER)으로 사용하려는 Vehicle - to - Grid (V2G) 개념이 많은 관심을 끌고 있다. 아직 까지는 상용화된 충/방전기능을 가지는 전기자동차 (Gridable EV, GEV)는 출시되지 않았으며 전기자동차의 배터리 이용을 위한 많은 연구들이 이루어지고 있다 [5]. 전기자동차의 배터리를 이용하려는 개념은 서비스의 적용 대상과 범위에따라 Vehicle-to-Home (V2H), Vehicle-to-Building (V2B) 그리고 Vehicle-to-Grid (V2G)기술로 나눌 수 있다[6,7].

본고에서는 전기자동차의 배터리를 이용한 V2H, V2B 그리고 V2G 시스템의 할용과 기술에 대해 알아보고 각 기술의 특성과 대해 분석한다. 또한 각 기술의 경제적 이득에 대해서도 분석한다. 2장에서는 전기자동차의 배터리 활용 방안에 대해 알아본다. 3장에서는 주거용 주택에서의 전기자동차를 위한 Vehicle-to-Home기술에 대해 알아보고 경제적 영향을 분석한다. 4장에서는 Vehicle-to-Building 5장에서는 Vehicle-to-Grid 기술의 활용과 특징에 대해 설명하고 마지막으로 6장 결론에서 끝을 맺는다.

#### II. 전기자동차 배터리의 활용 : V2X

현재 시장에서 판매되는 전기자동차는 플러그인 배터리 전기자동차(PEV)가 대부분을 차지하며 판매대수는 2017년 100만대 돌파이후 가파르게 증가하고 있다[3]. 전기자동차의 단점중 하나인 짧은 주행 거리를 극복하기 위해 배터리의 용량 또한 증가하는 추세이다. 표 1에 주요 플러그인 전기자동차의 배터리 용량 및 주행거리가 나타나 있다[8-11].

조사에 따르면 대부분의 개인 차량은 하루 중 대부분의 시간은 집이나 건물 등의 주차장에 새워져 있다. 또한 한국과 미국의 일일 평균 주행거리는 약 40km 로 알려져 있어 완충된 전기자동차의 배터리의 대부분은 주행을 위한 대기 상태로 전기자동차를 스마트 그리드의 한 부분으로 보았을 때 아주비효율적으로 사용되고 있다[12]. 이러한 전기자동차의 배터리를 스마트 그리드 환경에서 사용하기

위한 기술이 V2G, 역전송 기술이며 전기자동차 소비자의 경제적 이익 뿐 아니라 전력계통 운영자, 전력공급회사에도 여러 이익을 가져다준다.

표 1. 플러그인 전기자동차의 배터리사양 Table 1. Specification of Battery of Plug in Electric Vehicles

모델	제조사	제조사 배터리 용량		
도일	/제조년	(Kwh)	(km)	
Bolt	Chevrolet	60	383	
DOIL	2019	00	505	
Tesla model3	Tesla 2018	62	425	
Niro EV	Kia 2018	64	385	
e-golf	volkswagen	35.8	300	
	2017	30.0	500	
i3	BMW 2014	33.2	183	

하지만 이를 위해서는 우선 전기자동차의 배터리가 충전 및 방전이 가능하여야 하고 이를 위한 충/방전기반시설이 구축되어야 한다. 또한 전기자동차의 충전과 방전을 관리하기 위한 통신 시스템과 운영 시스템이필요하다. 스마트 그리드 환경에서 전기자동차의 배터리를 사용하는 기술은 서비스 적용 대상과 특성에 따라아래와 같이 구분된다[6.13].

- Vehicle-to-Home (V2H): 충방전이 가능한 전기 자동차가 가정의 전력망에 접속하여 주행을 위한 배터리 충전 가하고 잉여 전력을 가정에서 쓸 전력에너지로 공급하는 형태로 가정용 에너지 관리시스템의 관리는 받는 스마트 홈의 한 부분으로 사용 된다.
- Vehicle to-Building (V2B): V2H 보다 큰 규모로 여러 대의 전기자동차가 빌딩 전력망에 연결되어 빌딩 에너지 관리 시스템의 관리에 따라 배터리 충전 전력을 공급받고 전기자동차의 배터리 전력에를 빌딩용 전력에너지로 공급한다.
- Vehicle-to-Grid (V2G): 많은 수의 전기자동차들이 중개자(Aggregator)를 통하여 전력망에 연결하여 배터리 전충용 전력을 공급받고 잉여 전력을 전력망에 공급한다. V2H와 V2B도 V2G 시스템의 한부분이 된다.

#### III. Vehicle-to-Home (V2H) 시스템

대부분의 전기자동차 사용자들은 낮 시간에 주행을 하고 전기 가격이 저렴한 야간에 가정용 충전기를 통해 서 충전을 한다. 낮 시간에 전기자동차가 집에 있을 경 우 전기자동차의 배터리를 가정 전력계통과 연계하여 여러 용도로 사용 할 수 있다.

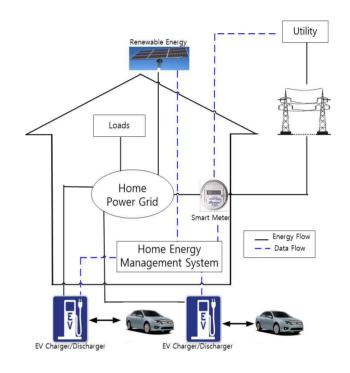


그림 1. V2H 시스템의 구성 Figure 1. Configuration of V2H system

V2H 시스템은 전기자동차를 이용한 역전송 기술 중 단순하고 실현 가능성이 높은 기술로 알려져 있다[7]. 가장 단순한 형태의 V2H 시스템은 충전과 방전이 가능한 충/방전기와 역전송이 가능한 전기자동차로 이루어 질수 있다. 이 경우에는 전기자동차는 단순한 백업(backup)용 배터리로만 쓰인다. 어떠한 사고나 장애로 인해 전력의 공급이 되지 않을 경우전기자동차의 배터리를 비상용 전력원으로 사용하게 된다. 이러한 운용은 다른 어떠한 정보도 필요하지 않고 운영 제어 기능도 없이 전기자동차의 배터리를 이용하여 전력시스템의 신뢰성을 높일 수 있다. 일본의 Nissan 자동차는 Leaf EV 를 닛산 대리점의 전력원으로 사용하는 실험을 실행했으며 Tutt le 등은 텍사스 오스틴에서 20 가구를 대상으로 태

양광 발전과 전기자동차의 배터리만을 전력원으로 사용하는 실험을 행하였다. 이 결과 전기자동차의 배터리와 태양광 발전만으로 약 10-50 시간동안의 가정용 전력을 공급할 수 있었다 [14,15].

V2H 시스템은 일반적으로 스마트홈(Smart Home)기술을 기반으로 운영되어 가정용 전기세의 절감, 시스템에너지 효율의 증대 그리고 정전에 대비한 백업전원 공급 등의 이점을 전기 및 전기자동차 소비자에게 준다. V2H 시스템은 전체 그리드에 대한 이익도 있지만 이보다는 소비자의 경제적 이득을 목적으로 사용되어진다. V2H 시스템은 스마트 홈의 인프라인 가정용 전력망, 태양광 및 풍력 등의 신재생 발전원(Renewable Energy Resource), 스마트 미터(Smart Meter) 그리고 가정용 에너지관리 시스템(Home Energy Management System, HEMS)에 충전/방전이 가능한 충/방전기와 1-3대 정도의 배터리 전기자동차로 이루어진다[6].

그림 1은 스마트홈 기반의 V2H 시스템의 구조를 보여준다. 가정 내 모든 전력부하는 홈 네트워크 (Home Area Network)를 이용하여 가정용 에너지 관리시스템으로 연결되고 각 전력부하의 상태와 전력소비 정보를 실시간으로 가정용 에너지관리시스템으로 보내준다. 또한 에너지관리 시스템은 스마트 미터를 통해 실시간 전력가격 등의 정보를 전력공급회사(Utility)로 받는다. 이 정보를 바탕으로 전력가격이 높을 때는 전력수요를 줄이고 잉여 전력을 판매하고 전력가격이 낮은 기간 동안 전력을 소비하도록하여 가정의 전기세를 줄이고 에너지효율을 극대화 한다. 이를 위해서 전기자동차도 가정용 에너지 관리시스템으로 배터리 SOC (State Of Charge), 최소 배터리 SOC, 접속시간, 출발시간 등의 정보를 전달하여야 한다.

V2H 시스템에서 전기자동차의 배터리는 정전시의 백업 배터리, 에너지 저장장치 그리고 소형 분산전원으로 사용된다. 태양광등의 신재생에너지가 설치되어 있는 경우 잉여 전력이 발생할 경우에 이를 전기자동차의 배터리에 저장하여 전력소비가 발전보다 더 커질 때 사용할수 있다. 미국의 가장 큰 전력 공급 회사 중 하나인 Georgia Power 에서는 Plug In Electric Vehicle 요금 체계를표 2와 같이 제공한다 [16].

표 2. 플러그인 전기자동차의 전기세 요율 Table 2. Electricity rate for Plug in Electric Vehicles

On Peak	Off-Peak	Super Off Peak
	10월-5월:07시-23시	
6월 - 9월 주중	6월-9월	1-12월
14-19시	07-14 & 19-23시 ,	23-07시
-20.32cent/kWh	주말 전체	-1.42cent/kWh
	- 6.58cent/kWh	

한 집에서 Chevy Bolt EV[11]를 운행할 경우 이 전 기자동차의 60 kWh의 배터리 용량중 일부를 가정용 전력원으로 사용 할 수 있다. 충전은 밤11시 이후 한다 고 가정하고 단순히 하루에 전기자동차의 배터리중 절 반인 30kWh를 여름 기간 중 (6월-9월) 피크타임인 낮 2시부터 7시 사이에 가정용 전력원으로 사용한다면 주 중 하루에 약 5.67달러 주말에 1.548 달러 정도의 전기 세를 절약 할 수 있어 한 달에 약 136.46달러정도 여름 기간 동안 약 545.84 달러 정도의 전기세를 줄이는 것 이 가능하다. 이는 굉장히 보수적으로 계산한 것으로 미국의 자동차는 하루에 4%정도의 시간동안 평균 42k m 정도만 주행한다고 알려져 있다[12]. 또한 쉐보레 볼 트 EV의 복합 공인 연비는 5.5 km/kWh로 배터리 용량 의 절반인 30 kWh를 가정용 전력원으로 사용하더라도 시내 주행기준 약 200 km를 주행 할 수 있다. 전기자동 차 소유자가 전기자동차 주행 및 가정용 에너지 사용 스케줄을 잘 조정한다면 하루 주행거리를 50 km로 가 정 하면 쉐보레 볼트 EV 배터리의 90% 정도를 V2H 시스템을 통해 가정용 전력원으로 사용이 가능하다. 이 는 하루에 50 kWh 이상의 전력을 전기자동차로부터 공급받는 것으로 하루에 50 kWh의 가정용 전력을 전 기자동차 배터리로부터 공급 받아 사용하고 밤 11시후 에 전기자동차를 충전을 한다면 한 달 가정용 전력사용 량 1500 kWh의 전기 요금은 약 21.3 달러에 불과하다. 계약된 전기요금이 비싼 시간대에 집중적으로 사용한 다면 경제적 이득은 더 커질 것이다. 물론 이는 이론적 인 계산으로 실제 V2H 시스템 사용 시는 전송 손실과 비상시를 위한 예비전력을 고려하여야 할 것이다. 이처 럼 V2H 시스템이 상용화 된다면 에너지 관리를 위한 가 정용 에너지 관리 시스템의 도움 없이도 전기자동차 소 유자의 주행 계획 및 가정용 전력사용 관리를 통하여 상 당한 전기세 절감 효과를 누릴 수 있을 것으로 기대된다.

#### IV. Vehicle-to-Building (V2B) 시스템

V2H 가 1-3대 정도의 전기자동차를 사용하는 거주 용 주택을 대상으로 에너지 관리에 기여 하는데 반해 V2B는 몇 대에서 몇 십대 정도의 전기자동차를 위한 시스템으로 병원, 관공서, 회사 등의 건물의 전기세 절 감 및 에너지 효율을 향상 시켜서 건물 소유주와 이 건 물의 V2B 시스템을 사용하는 전기자동차 소유자들에게 경제적 이익을 제공한다. V2B 시스템 또한 스마트 그 리의 개념이 사용된 스마트 빌딩 시스템을 기반으로 모 든 전기 부하가 통신 인프라를 사용하여 빌딩 에너지 관리 시스템 (Building Energy Management System) 과 연결 된다. 빌딩 에너지 관리 시스템은 사용할 수 있는 전기자동차의 배터리 용량을 고려하여 최적의 전 기 에너지 사용 계획을 수립하고 이를 전기 부하에 전 달한다. V2B 서비스를 이용하여 많은 전기자동차의 배 터리를 체계적으로 관리하여 상당히 큰 용량의 분산전 원 및 전력저장 장치로 사용하여 비상시 백업시스템, 태양광등의 신재생발전을 위한 에너지 저장장치 그리 고 최대 전력사용량을 줄이기 위한 목적으로 사용할 수 있다. 상업용 전기세는 사용량에 비례해서 요금이 부과되는 가정용 전기세와는 달리 사용량 뿐 아니라 계 약 기간 혹은 일 년간의 일정기간(15분-30분)의 최대 전력소비량에 따른 요금, "Demand Charge"가 부과된 다. Georgia Power에서는 상업용 전기세에 17.51달러 /kW의 Demand charge를 부과하고 있다 [16]. 따라서 전기세의 절감을 위해서 빌딩 에너지 관리 시스템은 전 체 건물의 에너지 사용량이 일정시간대에 집중 되지 않 게 해야 하며 전력 부하가 집중되는 시간대에는 일정기 간의 (15분-30분) 최대전력소비량을 조절하기 위해 전기 자동차의 배터리를 효율적으로 활용해야 할 것이다[7].

V2B 시스템은 V2H시스템과 유사한 구조와 기능을 가진다. 하지만 참여하는 전기자동차의 수가 늘어나고 늘어난 전기자동차 수 만큼 각각의 주행 스케줄 또한 매우 다양하여 이를 잘 고려하여 효율적인 관리 알고리즘을 빌딩 에너지 관리 시스템에 적용해야만 건물의 에너지 효율을 높일 수 있다. 또한 전기자동차의 수가 늘어남에 따라 중개자 (Aggregator)를 두어 전기자동차의 충방전을 관리 할 수도 있다. 그림2 는 V2B 시스템의 개념도를 보여주고 있다.

출퇴근이 일정한 회사 건물 같은 경우는 V2B 서

비스에 사용할 수 있는 시간대별 전기자동차의 수량을 대략적이나마 예측할 수 있으므로 이를 토대로 전기에 너지의 사용을 최적화 할 수 있다. 전기자동차 사용자는 필요한 배터리의 SOC를 유지 채하며 잉여 전력을 판매 하여 수익을 얻는다. 쇼핑몰과 같은 불특정 다수가 찾는 공간은 가용 전기자동차의 배터리 용량을 예측하는 것이 어려우므로 전기자동차 소유자들이 건물의 전력소비가 가장 큰 시간대에 방문을 하여 잉여 전력을 판매 하도록 유도하는 전략을 세워야 할 것이다.

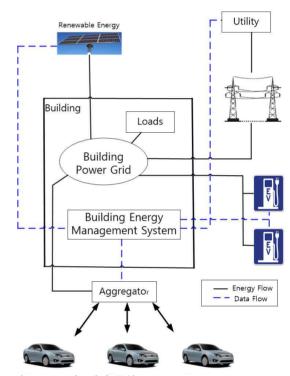


그림 2. V2B 시스템의 구성 Figure 2 Configuration of V2B system

#### V. Vehicle-to-Grid (V2G) 시스템

제한된 지역의 적은 수의 전기자동차를 관리하는 V2H 와 V2B 시스템과 달리 V2G 시스템은 많은 수의 전기자동차를 이용 하여 전력계통 운영과 전체 전력망관리에 도움이 되는 서비스를 제공한다. V2H 와 V2B는 V2G 시스템의 일부분으로 전기소비자의 이익에 중점을 두는 시스템으로 중앙의 계통 운영자의 지시에 따라 운영되거나 전기소비자의 이익을 극대화하기 위해 각각의 에너지 관리시스템에 따라서 개별적으로 운영된다. V2G 서비스는 전기자동차 소유자의 이익보다는

전력망 운영 면에서의 이익을 위한 서비스 개념이다. V2G 시스템에 참여하는 전기자동차들은 충/방전기를 통해 전력망에 연결되고 이를 통해 배터리의 전력에너지를 직접 전력망에 전송하게 된다. V2G 서비스가 제공 하는 이점은 아래와 같다.[1,11,12]

부하 평준화(Load Leveling) 및 첨두부하저감(Peak Shaving) : V2G 시스템은 전력사용량이 낮은 시간에 전기자동차의 배터리를 충전하고 전력 부하가 높은 피크타임에 배터리를 방전하도록 관리하여 전력 최대부하를 줄임.

주파수조정 (Frequency Regulation) 과 예비전력 (Spinning Reserve): 수요와 공급의 불균형으로 생기는 주파수 불균형을 해소하고 전기자동차의 배터리 전력을 예비전력으로 사용.

신재생에너지 발전원 지원: 태양광과 풍력 발전기 등의 신재생 발전원과 같이 전기자동차의 배터리를 전력 저장장치(ESS)로 사용하여 전력 품질과 효율을 높임.

전기자동차 소유자의 이익 창출: 전기자동차 배터리의 잉 여 전력을 V2G운용자 에게 판매하여 경제적 이득을 얻음.

전력망 전체에 대한 서비스를 제공하기 위해서는 아 주 큰 용량의 전력원 즉 매우 많은 전기자동차가 필요 하며 이 전기자동차들은 그룹으로 나뉘어져 중개자 ( Aggregator)가 관리하게 된다. 중개자는 일정한 수의 전기자동차, 더 정확히 말하면 충/방전기에 접속된 전 기자동차 배터리의 충전과 방전을 제어하고 관리한다. 또한 중개자에 연결된 전기자동차 끼리 전력을 주고받 을 수 있는 Vehicle to Vehicle (V2V) 서비스를 중개자 가 제공 할 수도 있다 [6]. 그림 3은 V2G 시스템의 구 조도를 나타낸다. V2H나 V2B 시스템의 전기자동차들 의 충방전 스케줄은 예측하기가 쉬우므로 집의 소유주 나 건물 소유주는 V2G 시스템 운영자와 전력의 소비와 공급에 관한 계약을 맺고 에너지 관리 시스템을 운영 할 수 있다. 일반 급속 충전소와 같은 V2G 서비스에 참여하는 전기자동차들 또한 개별적으로 V2G 운영자 와 계약을 맺고 그 계약대로 V2G 운영자의 요구에 따 라 충전과 방전을 할 수 있을 것이다. 이렇게 할 경우 V2G 운영자는 예측 가능한 가용 전기자동차의 수가 늘 어나기 때문에 더욱 더 효율적으로 전기자동차의 배터 리를 활용 할 수 있다[11].

전기자동차의 충전과 방전을 중앙의 V2G 운영자가 관리하기 위해 V2G 운영자는 전기자동차의 현재 SOC, 최소 요구 SOC, 전기자동차 위치 정보, 주행 계획 등의 데이터를 수집해야 한다. 이를 바탕으로 일정 지역에서 사용 가능한 전기자동차 배터리 전력량과 시간을 추측하여 전기자동차의 배터리를 효율적으로 사용하고 관리 할 수 있다. 이러한 중앙 관리식 충방전 형태는 에너지를 가장 효율적으로 사용할 수 있다고 알려져 있다[5]. V2G 운영자의 관리를 받지 않는 전기 자동차의 경우 전력수요가 높은 시간대에 충전을 하여 V2G 시스템의 목적에 역행할 수도 있다. 따라서 전력 부하가 낮은 야간에 충전을 하고 전력부하가 높은 시간대에는 전력을 판매 하도록 전기자동차 소유자를 유도 할 수 있는 전략을 구사해야 할 것이다.

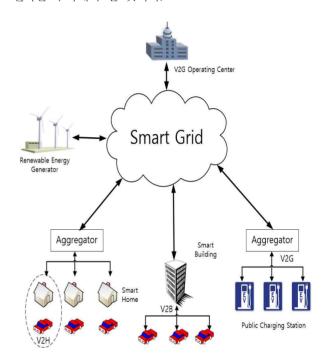


그림 3. V2G 시스템의 구성 Figure 3 Configuration of V2G system

더욱 더 효율적인 에너지 사용을 위해 중앙관리와 분산관리 충방전, 이동성을 고려한 전기자동차 충방전, 신재생에너지와 결합한 충전 계획 등 여러 형태의 전기자동차 충전 및 방전 스케줄에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[17]. 전기자동차의 정보 전달을 위한 통신 인프라 그리고 사이버 공격에 대비한 V2G 네트워크 보안도 V2G 시스템에서 고려되어할 사항이다. V2G의 경제성에 관한 국내연구에 따르면 27 kWh 용량의 배터리를 가진 전기자동차 한 대가 연간 5,906 kWh의 전력을 공급할 수 있다는 결과는 내놓았다[12]. 하지만

아직 까지는 V2G 기술이 상용화 되지 않았고 또한 전 기자동차 대수와 충전 인프라가 부족하여 대규모의 전 력계통에 V2G 기술을 적용하여 경제적 이득을 얻기는 힘든 실정이다. 향후 전기자동차 충방전 기반시설이 확 충 되고 V2G 기술을 활용 할 수 있는 전기자동차가 늘어난다면 전력계통 관리의 효율성 향상 뿐 아니라 경 제적인 이득도 상당할 것으로 예상한다.

#### VI. 결론

본고에서는 전기자동차 배터리의 잉여 전력을 분산 전력원 및 에너지 저장장치로 사용하려는 V2G 기술의 개념과 특징 ,경제적 영향에 대해 알아보았다. V2G 시 스템은 거주용 스마트 홈 환경, 스마트 빌딩 환경의 V2 H와 V2B 기술로 세분화 할 수 있으며 이 모두를 포함 한 전력망 전체를 위한 기술이 V2G로 불리 우고 있다. V2G 시스템은 전기자동차 소유자의 이익 창출 전기소 비자의 전기세 절감, 전력계통의 안정화와 전력사용효 율증대 등의 이익이 클 것으로 예상되지만 빈번한 충 방전으로 인한 배터리 수명 및 성능의 저하, 전력손실, 통신 및 충방전 인프라의 구축비용 , V2G 네트워크 보 안 위협 등의 해결 해야만 하는 문제 또한 여전히 남아 있다. V2H 시스템은 가장 단순한 형태의 V2G 시스템 으로 V2H 기술을 사용하면 현재의 기술로도 전기자동 차를 운행하는 거주용 주택 소유자들에게 상당한 경제 적 이익을 줄 수 있을 것으로 생각된다. V2G 시스템의 경우 아직 까지 해결해야 하는 문제들이 많지만 향후 전기자동차와 충방전 기반시설이 충분히 늘어난다면 V2G 시스템은 전기자동차 소유자의 이익 증대뿐 아니 라 에너지 절감과 지구환경문제를 위한 효과적인 방안 이 될 것으로 기대한다.

#### References

- [1] Salman Hahih, Muhammad Kamran, Umar Rahid "Impact analysis of vehicle-to-grid techology and charging strategies of electri vehicle on distribution networks-A review", Journal of Power Sources 277 pp.205-214, 2015
- [2] Qi Zhang, Hailong Li, Lijing Zhu, Pietro Elia Campana, Huihui Lu, Fredrik Wallin, Qie Sune "Factors influencing the economics of public

- charging infrastructures for EV A review" Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94, pp. 500-508, 2018
- [3] IEA, Global EV Outlook 2018
- [4] W. Kempton and J. Tomić ""Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue," J. Power Sources, vol. 144, no. 1, pp. 268 279, 2005.
- [5] Murat Yilmaz, Member "Review of the Impact of Vehicle-to-Grid Technologies on Distribution Systems and Utility Interfaces" IEEE Trans. on Power Electronics vol.12 no.28, 2013.
- [6] Chunhua Liu, K. T. Chau, Diyun Wu, Shuang Gao, "Opportunities and Challenges of Vehicle-to-Home, Vehicle-to-Vehicle, and Vehicle-to-Grid Technologies" Proceeding of IEEE, voi.101, no.11 2013
- [7] Nathaniel S. Pearr, Hajo Ribberink "Review of research on V2X technologies, stragies and options" Renewable and Sustainable Energy Reviews 105, pp.61-70, 2019
- [8]https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\_Model\_3
- [9] https://auto.naver.com/car/lineup.nhn?yearsId= 125863[10] https://www.chevrolet.co.kr
- [11] Dinh Thai Hoang, Ping Wang, Dusit Niyato, Ekram Hossain "Charging and Discharging of Plug-In Electric Vehicle in Vehicle-to-Grid System: A Cyber Insuranced-Based Model", IEEE Acess vol.5, pp.732-754, 2017
- [12] Younghwan Kim, Jae-Seung Lee, "Study on the Application of V2G for Electric Vehicles in Korea Using Total cost of Ownership Analysis" Journal of Energy Engineering 24, pp.129–143, 2015
- [13] J.Garcia-Villalobos, I.Zamora, J.I. San Martin, I Junquera, P. Equia "Delivering Energy from PEV batteries: V2G,V2B and V2H approaches" International Conference on Renewable Energies and Power Quality, no.13, 2015
- [14] A.J. Bernheim Brush, John Krumm, Sidhant Gupta, Shwetak Patel "EVHomeShifter: evaluating intelligent techniques for using electrical vehicle batteries to shift when homes draw energy from the grid" Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, pp.1077–1088, 2015
- [15] Tuttle, D., Fares, R., Baldick R., Webber, M. "Plug-In Vehicle to Home (V2H) Duration and Power Output Capability. In Proc. ITEC 2013, IEEE Press (2013).
- [16] https://www.georgiapower.com/
- [17] Joy Chandra Mukherjee, Arobinda Gupta "A Review of Charge Scheduling of Electric Vehicle in Smart Grid" IEEE System Journal vol.9, n04, pp.1541–1553, 2015