

국내외 전기자동차 기술 개발 동향 및 국내 전기자동차 핵심 부품 기술 개발 전략

손영욱¹, 허건수[†]

Technology Development Trend of Domestic and Foreign Electric Vehicle and Technology Development Strategy of Domestic Electric Vehicle Core Parts

Younh-Wook Son¹ and Gun-Soo Huh[†]

Abstract

The electric vehicle market has increased rapidly in recent years. Established global automakers have announced that electric cars will be developed and distributed. Furthermore, current electric cars are not merely breezes, instead, they are the mainstream of automobiles. However, high prices, short mileage, and long charge times are the main obstacles to the spread of electric vehicles. To solve these problems, the competition for technology development for the expansion of electric vehicles worldwide intensifies because of the improvements in mileage, price reduction, and expansion of charging infrastructure. In this paper, the trends in the development of key technologies for electric vehicles in overseas markets and the present strategic goals for the development of key technologies for electric vehicles in Korea will be identified.

Key words: EV(Electric Vehicle), R&D, Core parts technology, Drive motor, Battery, Air conditioning system, High-voltage parts, Charging infrastructure

1. 서 론

전 세계적으로 환경규제가 강화됨에 따라 업계는 경쟁적으로 친환경차를 개발하고 있으며, 하이브리드전기자동차 → 전기자동차 → 수소연료전지차 순으로 보급을 확대하고 있다. 특히 전기자동차는 2010년 닛산 리프 전기차가 출시된 후, 2015년 신차 시장에서 전기차 판매 비중은 0.62%(56만대)로 年 74% 성장함으로서 초기시장이 형성되었다고 볼 수 있으며, 누적판매대수는 131만대에 이른다^{[1]-[2],[5],[7]}.

표 1에서 보는 바와 같이 차종별로는 EV가 연평균 59%, PHEV가 연평균 128%로 성장하였다.

글로벌 완성차 업체에서도 최고급 전기차에서부터 저가형 전기차까지 다양한 라인업을 출시하면서 조기 시

장선점 경쟁이 가속화되고 있다. 모델 수가 급증하고 가격도 인하되면서 전기차 보급이 가속되고 있는 상황이며, 2013년부터 2015년 사이에 전 세계적으로 전기차 46개 모델, 플러그인하이브리드차 79개 모델이 출시되었다. 또한 1회 충전 주행거리, 충전시간 등 전기차의 핵심 요소기술이 향상됨에 따라, 전기차 보급 활성화에 대한 기대감이 높아지고 있는 상황이다. 전기차 시장 확대는 환경규제, 차량가격, 유지비, 소비자 선호 및 이용편의 등 주요 변수에 따라 달라질 것으로 전망된다.

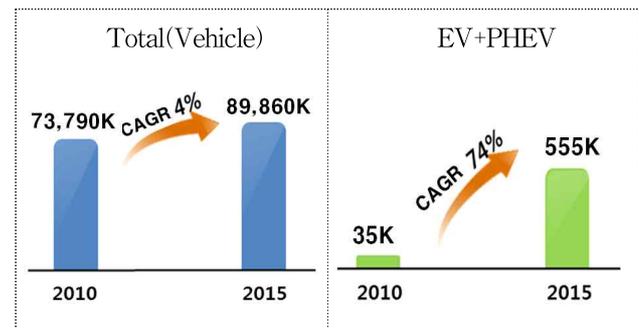


Fig. 1. Electric car market growth compared to global automobile market.

TABLE I
SHARE OF EV AND PHEV SALES COMPARED TO GLOBAL AUTOMAKERS (Thousands of Units)

Sales by Divisions	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Total Sales of Vehicle Market	73,787	77,107	81,208	84,955	87,372	89,857	
EV	Sales	31	40	71	116	196	320
	Share(%)	0.04	0.05	0.09	0.14	0.22	0.36
PHEV	Sales	4	13	56	102	131	236
	Share(%)	0.01	0.02	0.07	0.12	0.15	0.26

* Source: SNE Research (2010 year: KAMA Reference)

Mckinsey는 온실가스 규제, 인센티브(세금, 주차, 운행혜택), 전기요금 등에 따라 2030년 전기차 시장비중이 지역에 따라 10~50%로 달라질 것으로 전망하였다^{[3]-[4]}.

국내 전기자동차 기술 수준에 대해서 살펴보면 전기자동차 기술은 해외대비 동등 수준이나 핵심부품 기술은 뒤쳐져 있는 것으로 판단된다. 전기자동차 관련 핵심 기술로는 구동 및 제어시스템, 에너지저장시스템, 고전압 전장 부품, 공조시스템, 소재경량화, 충전시스템 등의 기술이 있으며, 이 중 배터리는 기술을 선도하고 있으며, 충전 시스템 및 구동/제어시스템 등은 일본 닛산社, 미국 테슬라社와 기술격차를 보이고 있다. 대기업의 시스템/모듈 단위에서의 국산화율은 95% 이상이며, 기술수준 또한 동등 수준으로 평가되지만, 기술격차를 보이고 있는 핵심부품의 기술고도화를 위해서는 중소·중견기업 기술력 향상이 필수적이며, 소재·부품 단위의 기술개발 지원을 강화하기 위한 정책이 필요하다.

전기자동차 보급 확산의 주요 걸림돌은 높은 가격, 짧은 주행거리, 긴 충전시간이며, 이를 해결하기 위해 주행거리향상, 가격저감, 충전인프라 확충 등을 통하여 전기자동차 보급 확대를 위한 경쟁이 치열해지고 있다. 전기자동차는 본격적인 시장진입기에 들어설 것으로 판단되며, 본 논문에서는 전기자동차에 대한 각국별 기술개발 방향에 대해서 알아보고, 국내에서의 전기자동차 핵심기술 R&D에 대한 구체적인 목표를 제시함으로써 향후 전기자동차 선진기술 경쟁력을 갖추기 위한 대안을 제시하고자 한다.

2. 전기자동차 주요 기술 개발 방향

미국이 전기차 시장을 선도하면서 전 세계 전기차 시장을 선도하는 기술력을 가진 테슬라社(미국), 르노社(프랑스) 및 BMW社(독일)가 전기차를 양산하고 있고, 가장 판매량이 많은 일본 닛산社 리프는 세계 최초의 양산형 전기차로 미국, 유럽 및 일본 등의 양산기술을 확보하였다. 급증하고 있는 전기자동차 시장을 선점하기 위하여 세계 각국의 전기자동차 주요 기술 방향은 전기

TABLE II
ELECTRIC VEHICLE TECHNOLOGY LEVEL

Manufacture Fields(Systems)	Relative Levels				
	South Korea	USA (Tesla)	Japan (Nissan)	Europe (BMW)	China
OEM	91.2	99.8	100	98.6	80.2
Battery	100	97.8	99.8	95.4	82.2
Charging	88.6	100	99.3	97.4	79.7
Driving/Control	86.3	100	99.7	99.3	78.4
Body/Chassis	86.9	99.2	98.6	100	78.4

* Source: 2015 Industrial Technology Survey Report, KEIT

자동차 가격 인하, 비용절감 및 효율성 제고를 위한 공정혁신 강화, 배터리 개발 경쟁의 가속화 등 3가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째는 전기자동차 가격 인하 기술 개발이다. 경·소형 전기차 가격은 배터리 가격이 2013년에 2010년 대비 40%가 떨어지면서 경형 전기차의 가격이 2만 달러대로 하락했으며, 소형모델의 가격은 3만 달러대로 하락하였다. 이러한 가운데 고급 전기차의 대명사인 테슬라社가 가격을 인하하고 성능을 개선한 모델을 출시함으로써 자동차업체간 가격인하와 성능향상 경쟁이 심화되고 있다. 테슬라社는 2017년에 1회 충전 300km 이상 주행이 가능한 35,000달러의 Model 3 예약판매 결과 33만대 이상의 실적을 달성하였으며, 이에 따라 2017년에는 중형 구매 보조금이나 세제 혜택 후 전기차 실질 구매가격이 2만 달러 전반대로 하락하고 1회 충전 주행거리도 소비자의 기대치를 충족시킬 예정이다. 테슬라社는 50억 달러를 투자해 배터리 생산 공장인 ‘기가팩토리’를 건설 중이며, 공장이 준공될 경우 배터리 팩 가격이 30% 하락하면서 전기차 가격인하가 가능해 2020년에는 연 50만대의 전기차를 판매할 수 있을 것으로 예상된다. 닛산社와 미쓰비시社는 2016년에 보조금 수령 후 150만엔에 구입이 가능한 경형 전기차의 상용화를 위해 공동 노력 중이며, 벤츠社-BMW社-보쉬社-지멘스社는 충전 편의성의 제고를 위해 무선충전기를 공동 개발하고 있다. 최근 전기차 판매 관련 비즈니스 모델 다양화도 가격인하에 한몫하고 있다. 프랑스의 전기차 생산 전문업체인 Bollor社는 경형 Bluecar를 월 80유로의 배터리 임대 조건으로 13,000유로에 판매하고 있으며, 프랑스의 카쉐어링 업체들이 동 모델을 구매해 운용하면서 수요가 증가하고 있다.

둘째는 비용절감 및 효율성 제고를 위한 공정혁신 강화이다. 폭스바겐社가 고급차, 대형차, 중형차, 소형차 등 4개의 플랫폼을 바탕으로 한 모듈 공정을 개발하자 르노-닛산社와 도요타社도 모듈 공정을 개발하거나 개발 중이다. 자동차산업의 생산공정은 ‘대량생산(포디즘) ⇒ 도요타생산방식(TPS/린)’에서 모듈 생산방식과 셀

TABLE III
WORLD BATTERY SUPPLIERS RANK

Companies	MWh	Companies	MWh
Panasonic	2,726	Samsung	314
AESC	1,620	BeijingPridePower	121
LG	886	ACCUmotive	103
BYD	461	Air Lithium	102
Mitsubishi/GS Yuasa	451	Tianneng	77

* Source: EV Obsession

(Cell) 생산방식으로 변화 중이며, 도요타社は 2020년까지 원가 20% 절감, 연비 25% 향상, 출력 15% 향상, 차체 강성률 30~65% 향상을 목표로 연구개발을 진행 중이다. 전기자동차의 플랫폼 및 부품 공용화는 부품 협력업체로부터 꾸준히 제기되고 있는 실정이다.

셋째는 배터리 개발 경쟁의 가속화이다. 배터리 업체들이 성능향상과 경량화를 위한 기술 개발 투자를 확대하고 있는 가운데 공급과잉으로 인해 2018년경 배터리 산업에서의 빅뱅(Big Bang), 즉 구조조정이 발생할 것으로 전망되고 있다. 100여개에 달하는 배터리 제조업체들이 이미 진행 중인 인수합병과 도산에 의해 대형업체 중심으로 재편되면서 선두 대형 배터리업체들이 규모의 경제 실현에 따라 가격을 40% 인하할 것으로 전망된다.

3. 전기자동차 국내의 기술 개발 현황

3.1 미국

미국은 2015년까지 전기차 관련 R&D에 296억 3400만 달러를 투자했으며, 이는 타투자분야 2-10위 총 투자비(125억200만 달러, 한국 7위) 대비 2.3배 이상 높은 수치이다.

GM社は 일출전 주행거리가 321km인 “Bolt”를 2017년 출시 예정으로 경량화 및 첨단 IT 기술, 에너지 최적화 기술에 중점을 두었다. FORD社도 2017년에 고성능 리튬이온 배터리를 장착한 신형 전기차의 신모델이 출시 예정이며, 주행가능거리 확장기술로 1출전 주행거리 320km 이상을 확보하였다.

테슬라社の 모델S는 2012년 출시되어 시장의 판도를 바꾸었으며, 럭셔리 대형 세단 전기차로 새로운 전략을 시도하였다. 리튬이온전지의 과열 발생 시 셀 단위로 개발 관리하는 기술을 개발하여, 저렴한 소형 리튬이온전지를 대량으로 이용함으로써 주행거리 향상과 원가 증가를 최소화 하였다. 또한 모델X는 2015년 9월말, 미국 프리몬트 공장에서의 공식 출시 행사를 통해 공개된 SUV차량이며, 알루미늄 프레임 이용으로 차체 중량을 감소하여 한 번 충전으로 400km 이상 주행이 가능하다.

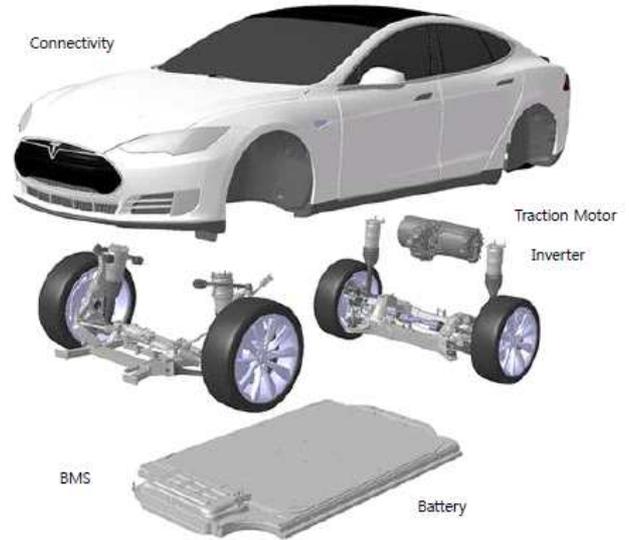


Fig. 2. Main components of Tesla ‘Model S’.

2개의 전기모터를 사용(앞바퀴, 뒤바퀴, 각 259마력)한 사륜구동모델(90D, P90D)이며, 0→60마일 가속은 4.8초, 최고속도 249km/h의 성능을 가지고 있다^[6].

Chevrolet社の 전기자동차 주요기술을 살펴보면, 우선 Spark EV는 영구자석 전기모터에 기반한 드라이브 유닛으로 최대출력 105kW, 최대토크 57.4kg·m, 제로백 성능이 8.5초, 회생제동시스템을 적용하였으며, 차체 전면부의 공기흐름을 필요에 따라 차단해 공기역학을 개선한 에어로 셔터, 낮은 구름저항 타이어 및 실내 온도 조절을 돕는 솔라 컨트롤 글래스 적용으로 효율을 극대화 하였다. Bolt EV는 2016년 초에 소개된 고용량 전기모터 동력원으로 최고출력 200마력, 최대토크 36.7kg·m, 제로백성능은 7초 이내의 주행성능을 갖추었으며, 전자정밀 변속시스템 적용으로 정밀한 주행감과 동력전달을 실현하였다. 부품의 소형화를 통해 넓은 실내 공간 확보, 주행가능거리 산출을 운전자의 주행 패턴, 일기예보, 운행시점 등의 요소를 통합적으로 분석해 제공하며, 개인화된 첨단 스마트 기능 채택, 60kWh 고용량 배터리 팩을 적용하였다. LG전자社가 쉐보레社 볼트 EV의 개발 전략적 파트너로 선정되어 11종 부품(구동모터, 인버터, 차내충전기, 배터리 팩, 전동컴프레서, 전력분배모듈, 배터리히터, DC-DC컨버터, 급속충전통신모듈, 계기판, 인포테인먼트 시스템)을 공급하고 있다.

3.2 일본

일본은 “차세대자동차전략”을 통해 EV 등 전력기반 차 배터리 기술 개발에 210억엔을(2009~2015년)을 지원 하였다. 닛산자동차社は 전기차 리프에 이어 2017년 320km 이상 주행거리를 구현하는 신형 모델 출시 예정으로 주행거리 연장 기술 확보에 주력하였다. 2020년까지 충전지 기술 개발과 인프라를 정비하고 2020년 이후

TABLE IV
SPECIFICATIONS OF 8 TYPES OF EV IN DOMESTIC MARKET

Manufacturer	KIA	RSM	GM Korea	BMW	KIA	Nissan	Hyundai	PowerPlaza	
Model	RAY (Light)	SM3 (Medium)	SPARK (Light)	i3 (Medium)	SOUL (Medium)	LEAF (Medium)	IONIQ (Medium)	PEACE (Medium)	
Seating Capacity	4 Seat	5 Seat	4 Seat	4 Seat	5 Seat	5 Seat	5 Seat	2 Seat	
Max Speed	130km/h	135km/h	145km/h	150km/h	145km/h	140km/h	165km/h	95km/h	
Driving Range	High Temp	91km	135km	128km	132km	148km	132km	169km	67.5km
	Low Temp	69.3km	83.5km	83km	75.5km	123.7km	85.5km	-	71.9km
Charge Time	Full	6hr	3~4hr	6~8hr	3~5hr	4~5hr	4~5hr	4~5hr	5~6hr
	Fast	25min	30min	20min	30min	25min	30min	25min	-
Battery	16.4kWh	26.6kWh	18.3kWh	21.3kWh	27kWh	24kWh	28kWh	17.8kWh	
Battery Lifetime	6yr 120,000km	7yr 140,000km	8yr 160,000km	8yr 100,000km	10yr 160,000km	5yr 100,000km	N/A	7yr 150,000km	
Vehicle Weight	1,185kg	1,580kg	1,240kg	1,300kg	1,508kg	1,530kg	1,500kg	840kg	
Dimension	L	3,595mm	4,750mm	3,720mm	3,999mm	4,140mm	4,445mm	4,470mm	3,495mm
	W	1,595mm	1,810mm	1,630mm	1,775mm	1,800mm	1,770mm	1,820mm	1,400mm
	H	1,710mm	1,460mm	1,520mm	1,578mm	1,600mm	1,550mm	1,450mm	1,800mm
Sales Price (Ten Thousands of Won)	3,500	SE 4,090 RE 4,190	3,990	LUX 5,710 SOL+ 6,420	4,250	5,480	4,000	3,690	

차종의 다양화, 실용화를 추진한다는 기술 개발 로드맵을 추진 중이다. 2차전지는 에너지밀도 500Wh/kg, 출력밀도 1,000W/kg, 비용 10,000엔/kWh를 목표로 리튬이온 전지 사용 확대와 금속공기전지 도입을 추진하고 있다. 일본의 닛산社 리프(Leaf) EV 주요 기술을 살펴보면 2010년 12월에 출시할 때 최고출력 109마력, 최대토크 25.9kgm을 발휘하는 전기모터를 보닛 아래 배치해 앞바퀴를 구동하였으며, 1단 변속기는 매끄러운 주행감을 제공하며 회생제동시스템도 이질감이 없도록 자연스럽게 작동하도록 하였다. 최고속도 145km, 배터리 용량 24kWh 리튬이온 배터리를 장착하여 완충 후 130km 주행이 가능하며, 이후 주행거리 연장을 위한 노력으로 2016년식 리프모델에 30kWh용량의 배터리 장착으로 최대주행거리를 170km까지 증가시켰다.

3.3 유럽

독일은 완성차 3사를 중심으로 친환경 차량 기술 개발을 추진 중이나 상대적으로 인프라 구축이 용이한 전기차 위주로 진행되고 있으며, 전기차 보급확대에 2017년까지 매년 3.6억 유로를 추가적으로 투자할 계획이다.

BMW社는 탄소섬유 소재를 적용하고, 주행거리가 322km 가능한 i5 모델을 2017년에 출시 예정이다. Audi社는 순수 전기차 2종 R8 e-tron, SAV(Sport Activity Vehicle)을 개발 중이며 2018년에 450km를 주행할 수 있는 전기차를 시판하겠다고 발표하였다.

Mercedes-Benz社는 주행거리 450km를 목표로 전기차 라이업인 '에코룩스(Ecoluxe)'를 개발하여 2019년 4종의 신차를 선보일 예정이다. BMW社 i3 EV의 주요 기술을 살펴보면, 최고출력 170마력, 최대토크 25.5kg·m, 완속충전 3시간, 급속충전 80% 충전에 30분이 소요되며, 배터리 보증기간은 8-10만km이다. 기존 차체를 이용하

TABLE V
2020 ELECTRIC VEHICLE PERFORMANCE IMPROVEMENT STRATEGY

Key Parts	Technology	Development Goal	Driving Range(km)
Battery	Battery Capacity	27→60 kWh	160~180
	Battery Uniformity Improvement	Deviation 15% in Cold·Hot Weather	-
Electric Drive System	EV Motor Efficiency	Power Denisty 10% Increase	15
	Regenerative Braking Efficiency	10% Increase	5~10
Heating/Cooling System	Heating	5→3 kWh	5~10
	Cooling	5→3.5 kWh	3~5
Power Converter	High-voltage Parts Integration	10% Efficiency 25% Lightweight	5
	High-voltage Parts Heat Efficiency	Below 0.1 kWh	2~5
Body Lightweight	Lightweight	15%	17~22
Increase in Driving Range with one-time charge			212~252
Driving Range with one-time charge ('Based on 2015 KIA Soul EV with Range of 148km)			360~400

* Source: The 3rd Environment-friendly Automobile Development and Distribution Basic Plan

지 않고 전기차 전용모델로 만들어졌으며, 차체 경량화를 위해 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)을 적용하였다. 가

속페달만으로 가속과 정지가 가능한 싱글페달 운전법으로 회생제동시스템 기능을 구현하여 주행거리를 향상시켰다.

3.4 중국

중국은 기술 개발과 관련해서는 “자동차와 전기차 산업발전계획(2012-2020)”을 발표하여 10년간 1000억 위안(18.5조원)을 전기차 개발과 보급지원에 투입할 예정이다. 자동차기업의 실적에서 확인된 신에너지 자동차 성장성에서 최근 신에너지 자동차 기업의 주가 급등은 단순 정책 모멘텀으로 인한 상승이라기보다 실적이 입증된 상승으로 보고 있다.

BYD社は 전기차와 하이브리드 차량을 포함한 신에너지 차량매출이 상반기에 27억 위안으로 전년대비 10배 이상 증가하였다. 창안자동차社, 북경자동차社, 중태자동차社 등 자동차업체도 2014년 전기차 출시를 하였다. 중국에서의 전기차 기술은 점차적으로 발전하고 있는 추세이며, 주행거리(순전기동력) 250km이상인 순수전동승용차에 한해 최대 6만위안, 차량길이 10m이상인 순수전동객차에 한해 최대 50만위안의 보조금을 지급할만큼 기술력이 향상되었다고 볼 수 있다.

3.5 국내 기술 개발 현황

기아자동차社의 Soul EV는 81.4kW의 모터, 27kWh의 리튬이온배터리 장착으로 1회충전 148km까지 주행이 가능하다. 최고출력 111마력, 최대토크 29.0kg·m, 제로백 성능은 11.2초며, 최고속도는 145km/h이다. 라디에이터 그릴 내에는 AC완속 및 DC급속 2종류의 충전 포트가 내장되어 있으며 차데모 타입의 충전방식을 적용하여 완속충전 4시간20분, 급속충전 33분 이내 충전이 가능하다. 2014년 4월 출시하여 2015년 8월까지 5,399대가 판매되었으며, 국내 1,177대, 해외 4,222대로서 해외 판매량이 국내 판매량의 약 3.5배 수준이다. 또한 기아자동차社의 Ray EV는 1회 충전 주행거리 139km이며, 에어컨 및 히터를 사용할 경우 주행거리가 각각 20%, 39% 가량 줄어들고, 최고속도는 130km/h이다. 급속충전 25분, 완속충전 6시간이 소요된다. 배터리 냉각은 공랭식이며, 정속 주행 시 저항을 줄일 수 있도록 공력 개선 휠을 장착하였고, 차량 앞에 220V 전원으로 충전이 가능한 완속충전기와 운전석 뒤 주유구에 전용 급속 충전 포트를 장착하였다. 제로백(0→100km/h) 성능은 15.9초이다.

현대자동차社의 아이오닉 EV는 2016년 6월에 출시하였으며, 차체 크기는 전장 4470mm, 전폭 1820mm, 전고 1450mm, 축거 2700mm로 경쟁 전기차 대비 넓은 실내 공간을 확보하였다. 또한, 전기차 전용 프론트 그릴과 LED 헤드램프를 장착하였으며, 범퍼 하단에 포인트 라인을 넣었다. 고효율 시스템과 공력 최적화, 히트펌프 시스템 등을 통해 1회 충전 주행거리가 191km이며, 최고속도는 165km/h이다. 현대모비스社의 88kW 전기모터

를 장착하였으며, LG화학社의 28kWh급 리튬이온배터리를 사용하였다. 아이오닉 EV는 전기차 전용 플랫폼을 적용하여 효율을 극대화하였으므로 개조형 전기차가 주류였던 한국 전기차 업계의 새로운 전기차 기틀을 마련하였다고 평가된다. 전용플랫폼에 따른 차량 경량화와 구동 효율을 높여 기존 국내 전기차에 비해 배터리 용량이 1-3kWh 증가했음에도 불구하고, 주행 성능은 30% 가량 향상되었다.

4. 전기자동차 핵심 부품 및 기술 개발 전략

4.1 전기자동차 기술 개발 추진 전략

산업통상자원부에서는 2015년 12월에 ‘3차 환경친화적 자동차 개발 및 보급 기본 계획(2016년~2020년)’을 발표하였다. 여기에는 전기자동차를 2020년까지 누적으로 20만대를 보급(2017년 25만대로 확대)하고 선진국 대비 기술수준을 96%이상 올리겠다는 비전을 제시하였다. 기존 전기자동차의 단점인 짧은 주행거리 및 비싼 차량가격 등의 한계를 극복한 경쟁력 있는 차량 개발로 보급을 확산코자하였다. 그리하여 2015년 운행 중이었던 전기자동차 기준 성능 주행거리를 2.5배 향상시키기 위하여 배터리 밀도, 전기구동시스템, 냉난방시스템 등 핵심 기술 개발 목표를 제시하였다.

이를 실현하기 위하여 배터리 밀도개선, 냉난방시스템, 전력변환장치, 차체 경량화, 배터리 효율, 고출력 구동시스템, 다단변속기능의 구동시스템 등의 성능향상을 위한 7대 핵심 기술 개발을 제시하였으며, 부품 및 플랫폼 공용화, EV-ICT 융합, 충전 및 배터리 표준화 등 충전시간 단축 및 가격 저감을 위한 3대 핵심 영역 기술 개발을 제시하였다.

4.2 전기자동차 핵심 부품 기술 개발 목표

앞서 언급된 2020년 전기자동차 성능 향상을 위해 제시된 기술 개발 내용은 전기자동차 핵심기술로서 구동시스템, 2차전지, 고전압부품, 공조 및 열관리, 소제 경량화, 충전 인프라 등 6개로 구분할 수 있으며, 본 장에서는 각각의 핵심부품별 기술 개발 전략을 제시하고자 한다.

차량용 구동시스템은 엔진이 없는 전기자동차에서 동력(전기에너지 → 운동에너지)을 발생하는 장치로서 모터와 인버터로 구성되며 전동기 축에 감속기 또는 변속기를 연결하여 회전력을 바퀴에 전달하여 차량을 구동시키는 부품이다. 전기차의 구동시스템은 기존 내연기관 대비 효율 및 출력밀도가 우수하며, 고출력/고효율의 다양한 구동모터를 사용하고 회생제동 및 가변속 운전을 통해 연비를 향상시킬 수 있는 특징이 있다. 구동 모터 효율 향상에는 동손 및 철손저감 기술이 있으며, 출력밀도 증대에는 무게 당 출력 증대를 위한 모터 회전자 경량화 기술과 고정자 엔드코일 및 중공형 회전자를 냉각하는 새로운 냉각기술이 있다. 또한 다단형 기어를

TABLE VI
DEVELOPMENT GOAL OF DRIVING SYSTEM TECHNOLOGY

Field	Key Parts	2020 Goal	Technical Task in Detail
Motor	Permanent Magnet Motor	PowerDensity (kW/kg) 1.8→2.3	Minimized & Light weight
			In-wheel Drive System Commercialization
			High-Power Density
	Non-permanent Magnet Motor	Max Effi. 96→97(%)	Hair-pin Winding
			Multi-stage Shift
			Ultra Thin and Low-Loss Steel Sheet
Inverter	Si Power Semiconductor-based Inverter	PowerDensity (kW/L) 10.8→13.5	High-efficiency Cooling
			Drive System Integration
			Minimized Capacitor
	WBG Power Semiconductor-based Inverter	Max Efficiency(%) 97→98	Advanced Die-casting
			Non-Rare Earth Motor
			Dual Cooling
Drive System	Integrated Drive System	Volume (100%) 100→70	High-voltage Power Module
			Inverter Heat Radiation Improvement
			EMC Technology for High-speed Switching
Drive System	Integrated Drive System	Volume (100%) 100→70	Loss Reduction for Switching
			Loss Reduction for High-speed Switching
			Integrated High-density Drive System Technology

* Source: 2016 Electric Vehicle Forum

이용하여 고빈도 운전영역의 고효율 운전기술, 다단 변속 및 인휠 기술, 비회로류 및 저회로류 영구자석 적용 기술, 구동용 전력변환장치의 고밀도화, 고효율화 기술 등이 있다. 근래 선진 업체에서는 구동모터와 인버터를 일체화하는 추세이며, 르노자동차사의 소형전기트럭인 ‘칸구’에 장착되어 판매되고 있다. 또한 테슬라사는 회전자에 동(Copper) 다이캐스팅과 동바(Copper Bar) 브레이징 기술과 회전자 냉각 구조 개발로 출력밀도 개선(2.6kW/kg) 및 효율을 향상시켰으며, Discrete IGBT를 적용하여 인버터 파워부의 조립성 향상 및 가격 저감을 실현하였다. GM사의 Volt EV는 2세대 ‘Voltec’ 파워트레인을 탑재하여 기존 시스템 대비 효율이 최대 12% 개선되었으며, 동손 저감을 위한 고정자에 각동선 헤어핀 권선 기술을 적용하였다^[11]. 또한 인버터 각 부의 일체화와 최적화 설계를 통하여 고출력밀도(12.9kW/L)를 달성하였다. 구동시스템의 2020년 기술 개발 목표는 다

음과 같다.

이차전지는 전기자동차의 동력원으로 사용되는 전기를 생산하며 충방전이 가능한 부품으로서 높은 안정성과 고출력, 높은 에너지 밀도 등이 요구된다. 현재 전기자동차에 적용된 이차전지는 리튬이온전지가 대부분 사용되고 있으며, 양극활물질, 음극활물질, 분리막, 전해질 등 4대 주요 소재로 구성되어 있다. 셀의 형태는 원통형(cylindrical), 각형(prismatic), 파우치형(pouch)으로 구분된다. 전기자동차용 이차전지의 가장 큰 요구 성능은 주행거리 증가이며, 이를 위해서는 이차전지 자체의 에너지밀도 증가가 우선시 되어야 한다. 기존 리튬이온전지의 경우 NCM 양극의 고전압화 및 Ni 함량 증가가 예상되며, Si 음극의 사용량 증가를 통하여 전체 셀의 에너지밀도를 증가시키고, 세라믹 코팅 분리막 및 전해질 변경에 의해 안전성을 향상시킨다. 기존 리튬이온전지 에너지밀도가 물리적인 한계에 도달하게 되면 리튬금속 음극을 도입한 리튬금속전지의 개발이 필요할 것으로 예상되며, 그 다음의 고에너지밀도 차세대 이차전지로는 양극까지 변경한 리튬황전지 및 리튬공기전지의 개발이 대두되고 있다. 고에너지밀도 리튬이온전지 시스템 기술에는 고용량 Ni계 양극소재 및 Si계 음극소재 개발과 팩 설계 고도화가 있다. 급속충전을 위한 리튬이온전지 시스템에는 급속충전이 가능한 양극/음극 소재 및 전극 구조 설계 기술, 고이온 전도도의 전해질 및 고안전성의 분리막 소재 기술, 충전 모드 변화를 통한 고효율 최적 급속충전 로직 기술이 있다. 저온/장수명 리튬이온전지 시스템에는 저온/장수명용 양극/음극 소재 및 전극 구조 설계 기술, 저온성능이 향상된 전해질 기술과 단열 및 방열성이 우수한 팩 기술이 있다. 전기자동차 구동용 이차전지의 2020년 기술 개발 목표는 다음과 같다.

고전압부품은 전기자동차의 전력에너지를 효율적으로 운용하기 위한 핵심부품으로 고전압, 대전류 범위에서 안정된 전력을 공급하는 전력변환기 부품과 효율적 전력 전달을 위한 고전압 케이블 및 기타 전장부품으로 정의할 수 있다. 고전압 부품에는 고전압 체계에서 운용되는 OBC(On Board Charger), LDC(Low DC/DC Converter), HDC(High DC/DC Converter), HV(High Voltage) Cable, PRA(Power Relay Assembly), Inlet, Connector 등이 있다. 최근 기술 특징 및 전력 용량을 살펴보면 전력시스템을 고전압화하여 고효율, 소형경량화, 고성능화를 구현하고, OBC 3~10kW급, LCD 1~5kW급, HDC 1.5배~ 3배 승압화, 부품류 ‘400V→1kV’ 등으로 볼 수 있다. 전기자동차용 고전압부품은 대용량화, 통합화를 구현하여 고신뢰성 및 고성능화를 통한 EV용 고전압 부품 경쟁력 강화에 있으며, 특히 고전압 전력변환기 분야는 대용량화, 고효율화, 통합모듈화, 고신뢰성 기술이 요구된다. 고전압 케이블 및 기타전장부품은 대용량, 고신뢰성, 안전성을 고려한 기술 개발이 요구되고 있다. 전기자동차 고전압부품의 2020년 기술 개발 목표는 다음과 같다.

TABLE VII
DEVELOPMENT GOAL OF LI-ION SECONDARY BATTERY

Field	Key Parts	2020 Goal	Technical Task in Detail
Li-ion Battery System	High-energy Density Li-ion Battery System	Energy Density (Wh/kg) cell:200→270 pack:110→160	High-capacity Anode/Cathode Material
			High-capacity Cell
			Advanced Pack Design
	Fast Charge Li-ion Battery System	Charge Time(min) 23 → 12 Energy Density(Wh/kg) 150→200 (cell)	Fast Chargeable Material /Electrode
			Fast Chargeable Cell System Technology
			High Efficient and Optimal Fast Charge Logic Technology
	Low Temp/ Long Life-cycle Li-ion Battery System	Cold Start Output: Lead Acid≥ 90% Charge/Discharge cycle 1000→3000	Low Temp/Long Life-cycle Material/Electrode
			Low Temp/Long Life-cycle Cell System
			Heat Management Control Pack Technology

* Source: 2016 Electric Vehicle Forum

TABLE VIII
DEVELOPMENT GOAL OF DRIVING SYSTEM TECHNOLOGY

Field	Key Parts	2020 Goal	Technical Task in Detail
Power Converter	OBC	PowerDensity 10%	High-capacity/efficiency
			V2G Bi-directional OBC
	LDC	PowerDensity 5%	High-capacity/density
			High-density/Performance
	HDC	PowerDensity 5%	High-boost Ratio, High Performance
Integrated Power Converter	PowerDensity 20%	OBC, LDC Integration	
		Power Module & Power Converter Integration	
		Battery and Power Converter Integration	
High-voltage Electrical Parts	High-voltage Connector and Cable	100A→200A Lightweight 20%	Large-capacity, Electromagnetic Noise Prevention Connector
			High-voltage Aluminum Cable Technology
			High-voltage Cable Sheath
	PRA Module	450V→900V	High-voltage DC Circuit Breaking & Large-capacity
Low-cost, High-reliability Module			

* Source: 2016 Electric Vehicle Forum

TABLE IX
DEVELOPMENT GOAL OF HVAC AND THERMAL MANAGEMENT

Field	Key Parts	2020 Goal	Technical Task in Detail	
System Engineering	Integrated Heat Management System	Driving Range Improvement 5%	Real Vehicle Evaluation Technology for Power Train Heating Value	
			Modeling/Interpretation for Integrated Systems	
Electric Heat Pump	Electronic Expansion Valve	Driving Range Improvement 5%	Electronic Expansion Valve Technology	
	Electric Refrigerant Compressor		HSS Scroll Compressor	
	Heat Exchanger		Vane Type Compressor	
			LTR Heat Exchanger for Integrated Systems	
Heat Comfort Local HVAC	Individual Proximity HVAC	Driving Range Improvement 10%	Compact & Lightweight Condenser	
			Heat-insulating Part	
	Battery Heat Management Part		Battery Thermal	Heat Comfort Indicator
				Conduction & Radiation HVAC
Resistance Heater	Electric Heater	Efficiency 90%→96%	Quantity Reduction for Solar Radiation	
			Heat Loss Reduction for HVAC Duct/Case	
Battery Heat Management Part	Battery Thermal	Measurement Error ±2%	Battery Pack Heat-up	
			Load Reduction Technology for Battery Pack Heat Management	
Resistance Heater	Electric Heater	Efficiency 90%→96%	Battery Thermal Property Evaluation	
			Heat Resistance Reduction Technology for Heating Elements	

* Source: 2016 Electric Vehicle Forum

공조 및 열관리 기술은 차량 실내공기의 온도, 습도, 청정도를 조절하여 탑승자에게 최적의 쾌적성과 편의성을 제공하는 공조기술과 파워트레인 냉각 및 Warm-up 기능을 하는 열관리 기술을 말한다. 공조는 엔진폐열 부재로 인하여 난방 시 주행거리가 급감하여 이를 최소화하기 위한 것이 목적이며, 부품간 열교환을 통한 시너지 효과를 위하여 공조/파워트레인 열관리 연계가 필요한 기술이다. 공조 및 열관리 시스템은 실내 냉난방 기술, 파워트레인 열관리 기술, 시스템 통합 및 최적화 시스템 엔지니어링 기술로 분류할 수 있다. 실내 냉난방 기술에는 히트펌프 시스템 기술 개선, 팽창밸브/압축기의 전동화 및 효율향상, 열쾌적성 확보 국부 공조 기술 등이 있다. 파워트레인 열관리 기술에는 배터리 적정온도 및 셀 간온도 편차 감소와 열관리 기술 개발 등이 있으며, 시스템 통합/최적화 시스템 엔지니어링 기술에는 전장품 폐열활용, 수냉식 응축기 등 공조 및 파워트레인 냉각루프의 최적화 연계 기술이 있다. 전기자동차 공조 및 열

TABLE X
DEVELOPMENT GOAL OF LIGHTWEIGHT MATERIAL

Field	Key Parts	2020 Goal	Technical Task in Detail
Metal Material	Body Module	Lightweight 25%	High-formability and High-strength Alloy and Plate Manufacturing Process Technology Dissimilar Metal Bonding Technology
	Chassis Module	Lightweight 30%	Heat Strain Control Steel/Al Caliper Hybrid Casting Technology Ultra-light Hybrid Disc Casting Technology
Chemical Material	Structure	Lightweight 30%	Panel Molding for Composite Material Structural Parts for Insert Injection Method Heterojunction between Metal and Chemical Materials
			Moving Part
	Heat Management	Lightweight 50% Heat Efficiency 10%	
Fiber	Functionality	Lightweight 5%	High-functional Fiber for Flame and Heat Resistance

* Source: 2016 Electric Vehicle Forum

관리 시스템의 2020년 기술 개발 목표는 다음과 같다. 소재 경량화 기술은 수송기기의 연비효율 향상을 위하여 고비중 소재를 저비중 소재로 대체하는 기술로 차량 중량을 약 15~20% 경량화 하여 최소 17~22 km 이상의 추가 주행거리 향상이 가능한 기술을 말한다. 소재경량화에는 저비중 소재 적용 기술, 구조 합리화 및 신공법 기술, 첨단소재 및 기능성 소재 기술로 나누어 볼 수 있다. 저비중 소재 적용 기술에는 탄소섬유복합소재(CFRP), 알루미늄, 플라스틱 알루미늄 휠, 자동차 UTH 용 부품의 플라스틱 소재가 있으며, 구조 합리화 및 신공법에는 최적 용접 설계(TWB, TRB 등), 튜브구조, CFRP 샌드위치 판넬 등 Vois 구조 기술, 부품 통합 및 모듈화 기술 등이 있다. 첨단소재 및 소재 성능 향상 기술에는 소재 전류량 향상에 따른 전선 무게 감소 등 원천 소재 기술이 있다. 소재 경량화 기술의 2020년 기술

개발 목표는 다음과 같다.

충전기는 전기자동차에 장착된 차량구동용 배터리 충전을 위한 장치로서 AC충전기와 DC 충전기로 구분된다. 충전인프라는 전기설비, 충전기, 정보시스템 등으로 구성되며, 주요 성능은 충전기 사양에 의해서 결정된다. 충전인프라는 전력공급설비, 충전기, 인터페이스, 정보시스템으로 구성되어 있다. 전력공급설비는 자동차에 전원을 공급하기 위한 전기설비로서 전력량계, 인입구 배선, 분전반, 배선용 차단기 등이 포함되며, 충전기는 전원을 단상 2선식 220V로 공급받는 완속충전기와 3상 4선식 380V로 공급받는 급속충전기로 구분된다. 인터페이스는 충전기에서 전기자동차에 전기를 공급하기 위해 연결되는 커플러(충전케이블에 부착된 커넥터, 전기차 인렛), 케이블 등이 있다. 충전정보시스템은 충전기의 설치 위치 및 이용 상태 정보 등을 실시간으로 수집하여 충전기 운영 상태에 대한 실시간 모니터링을 하며, 수집한 정보를 웹 및 스마트폰 등으로 전기자동차 이용자에게 제공하는 기술이다. 충전기 유형은 직접충전방식인 가정용 충전기(완속충전), 급속충전방식, 배터리 교체방식, 비접촉 충전방식 등이 있다. 완속충전은 충전기에 연결된 케이블을 통해 전기자동차에 교류 220V를 공급하여 전기차의 배터리를 충전하는 방식이며, 차량에 장착된 약 3~7kW의 충전기가 인가된 교류 220V를 직류로 변환하여 배터리를 충전하고, 배터리 용량에 따라 6~10시간 소요, 6~7kW 전력용량을 가진 충전기를 사용한다. 급속충전은 충전기가 자동차와 제어신호를 주고받으며 직류 100~450V 또는 교류 380V를 가변적으로 공급하여 전기자동차의 배터리를 충전하는 방식으로 고압·고용량 충전으로 충전시간이 배터리 용량에 따라 15~30분 정도 소요된다. 급속충전기는 고용량의 전력을 공급하여야 하므로 50kW급이 주로 설치되었으며, 최근 자동차 배터리 용량이 늘어남에 따라 400kW(400V/1000A)급 급속충전기 수요도 발생하고 있다. 비접촉 충전 방식은 기존의 주차장 바닥하부에 교류를 발생시키는 급전선로를 자성 재료(코어)와 함께 매설하고, 자동차 바닥에는 지하에서 발생한 교류에 의한 자기장을 받아 유도전류를 발생시켜 에너지를 전달받는 집전장치가 장착되며, 집전장치에서 발생된 전류는 정류를 거쳐 배터리로 충전이 되는 방식이다. 2014년 초에 토요타자동차사는 케이블을 사용하지 않고 지면에 설치한 코일에 차량 위치를 맞추어 주차하기만 하면 충전을 할 수 있는 자기공명방식의 3.3kW급 충전시스템 개발(WiTricity)에 성공하여 실증 시험을 개시한 바 있다. 배터리 교환 방식은 충전소 사업자가 부하율이 낮은 시간대의 전력을 활용하여 예비용 배터리를 충전하고, 운전자가 충전소 스테이션에서 전기자동차 배터리를 반자동으로 교환받는 방식으로서 별도의 배터리 교환식 충전 스테이션이 필요하다. 전기차 무선충전기술은 3.3kW이상의 전력을 송신하는 대전력 무선전력전송 분야도 소전력 무선전력전송분야와 같

TABLE XI
DEVELOPMENT GOAL OF CHARGER

Field	Key Parts	2020 Goal	Technical Task in Detail
Charger	Charger	High capacity 400A/1,000V	Power sharing fast charger
			System for high capacity charger
			high capacity charger
	Connector	High capacity connector 400A/1,000V	high capacity connector
			Connector cooling for high capacity

* Source: 2016 Electric Vehicle Forum

이 자기유도방식과 자기공명방식이 경쟁하고 있으며, 해외에는 WiTricity社, Qualcomm-Halo社 등에서 전기자동차 무선충전 기술을 개발하고 있으며, 국내에서도 6.6kW급 무선충전기술 개발이 이루어지고 있다. 충전기 기술의 2020년 기술 개발 목표는 다음과 같다^{[4],[8]-[10]}.

5. 결 론

지금까지 전기자동차 기술 개발은 시스템 및 모듈 단위의 완성차 위주로 진행되어 왔으며, 대기업이 기술 개발의 견인차 역할을 해왔다. 앞으로는 선진기술 경쟁력을 확보하기 위해서는 좀 더 세분화된 기술 개발이 필요하며, 여기에 중소·중견 부품업체의 역할이 강조되고 있으며 대기업과 중소·중견기업과의 협력 강화가 그 어느 때보다 필요할 때이다. 전기자동차 시대의 도래는 기존 자동차 기술은 물론 산업에서도 많은 변화를 필요로 하며, 전기자동차와 내연기관자동차는 상당히 다른 구조를 가지고 있기 때문에 새로운 부품을 만들 수 있어야 한다. 전기자동차, (플러그인)하이브리드자동차 등 전기동력을 기반으로 하는 자동차 산업은 기존 부품에서 전기자동차 부품으로 업종을 전환해야 하는 업체가 전체의 40%가 넘을 것으로 예상되고 있다. 현재 국내 자동차 중소·중견기업은 자력으로 업종을 전환할 수 없는 업체가 대부분이며, 여기에 정부 R&D 정책 지원의 중요성이 나타난다.

본 논문에서는 전기자동차의 해외 기술 동향을 살펴보고, 이에 대응하기 위한 국내 전기자동차 기술 개발 목표를 제시하였다. 이를 시작으로 향후 전기자동차 핵심기술 개발에 대한 중요성 및 관심도를 높이고, 향후 전기자동차 R&D에 대한 참고가 되었으면 한다.

References

- [1] "Global electric vehicle market forecast," <http://www.newsis.com>, 2015.
- [2] "Demand industry trends - Electric vehicles," Monthly SW Industry Trend, July 2014.
- [3] "Future prospects and core technology development trend of electric vehicle (xEV) and charging infrastructure entering into growth phase," CHO Alliance, 2015.
- [4] "Wireless charging and wireless power transmission (mobile device, EV) market prospects and key technology development trends that are expanding in demand", CHO Alliance, 2015.
- [5] "Strategic outlook of global electric vehicle market in 2014," Frost & Sullivan, April 2014.
- [6] "Tesla's new attempt," Dongyang Research Stock Market Investment Strategy, 2014.06.19.
- [7] "World environment-friendly automobile industry trend," Vol.2015-The issue of the Industry-04(2015.04.09.), Export-Import Bank of Korea Overseas Economic Research Institute
- [8] J. K. Kim, "Status and future prospect of electric vehicle charging infrastructure construction," Journal of the Electric World / Monthly Magazine, May 2014.
- [9] "Development trends and market forecasts for fast growing electric vehicle (xEV) and charging infrastructure," IRS Global, Market report, Mar. 2016.
- [10] "Wireless power·wireless charging," Nikkei Electronics (Nikkei BP Business Series 01), e-paper
- [11] "Current status and prospect of motor for power-based vehicle (xEV) driving," KEIT PD Issue Report VOL 15-11, 2015.11.26.



손영욱(孫永旭)

1969년 7월 6일생. 1995년 동아대 전기공학과 졸업. 1997년 광주과학기술원 기전공학과 졸업. 2011년~현재 한양대 자동차공학과 박사과정.



허건수(許健洙)

1959년 9월 9일생. 1992년 미국 University of Michigan, Ann Arbor에서 박사학위 취득. 1993년부터 한양대 미래자동차공학과 교수.