

**특집 : 제주 스마트그리드 실증 단지**

# 지능형 운송 제주도 실증단지 현황

김 종 수

(한국전기연구원 산업전기연구본부 전기추진연구센터 책임연구원)

한국 스마트그리드 사업단은 2009년 스마트그리드 국가 로드맵에 따라 2009년 12월부터 제주도에 대규모 스마트그리드 시범도시 구축 사업을 추진하고 있으며 5대 추진분야에 지능형 운송 사업이 포함되어 있다.

제주도 실증단지에 구축되고 지능형 운송 사업은 전기자동차 관련 인프라 구축 및 운용, V2G(Vehicle to Grid) 및 ICT(Information Communication Technology) 서비스 시스템 구현을 기본적인 목적으로 하고 있다.

지난 1년 8개월에 걸쳐 지능형 운송 사업의 진행 현황을 바탕으로 지능형 운송 사업의 목적 및 의의, 기술적 과제 등을 소개하고자 한다.

## 1. 서론

공기 오염, 지구 온난화, 화석연료 부족 등으로 국·내외 모두 환경규제를 강화하고 있다. 우리나라는 2020년 온실 가스

를 2005년 대비 4% 낮은 수준으로 하는 감축안을 발표하였으며 이는 2020년에 예상되는 배출량의 30% 수준으로 매우 부담스런 목표이다. 이에 따라 표 1과 같이 내연기관 자동차에 비해 열효율이 우수하고 그림 1과 같이 CO<sub>2</sub> 배출량이 적은 전기자동차가 운송 부문에서 위에 대한 대책의 일환으로 정부 주도 하에 전기자동차 보급이 시행되고 있다. 또한, 일

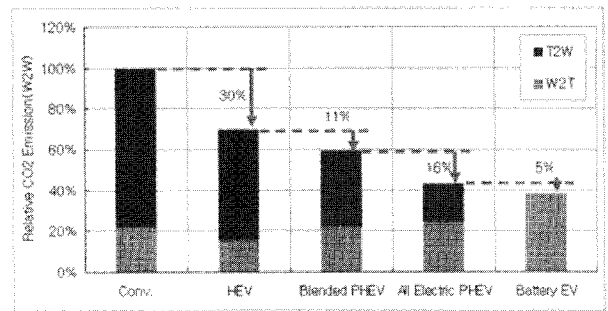


그림 1 차량의 CO<sub>2</sub> 배출량 (W2T : Well to Tank, T2W : Tank to Well)

표 1 내연기관 자동차와 전기자동차 열효율

열 효율	내연기관	전기자동차	
		열효율	총 효율
17.7%		25%	
		화력발전효율	40%
		송배전손실	4.19%
		충전기 및 축전지 효율	87%
		모터효율	90%
		화력발전효율*충전기 및 축전지 효율*모터효율*송배전손실	

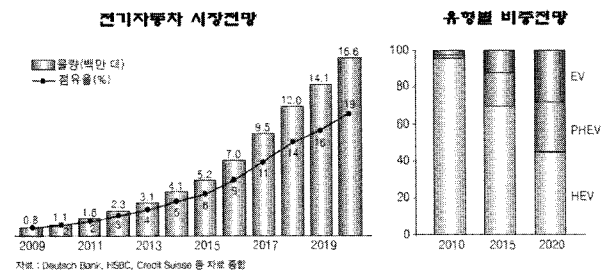


그림 2 전기자동차 시장 전망

본, 미국, 중국 및 유럽에서 전기자동차 관련 전기자동차 구입 보조금, 세금 감면 등 각종 인센티브를 부여함으로써 그림 2와 같이 2019년도에 약 1600만대, 시장 점유율 19%로 예상되고 있다.

위와 같이 전기자동차의 보급이 늘어나는 경우 이에 필요한 전력의 증대, 특정 지역에서 일시적으로 몰린 충전으로 인한 전력 계통의 과부하 등이 예상되고 있으며 이에 대한 대책 기술이 필요한 실정이다. 그러나 정지된 전기자동차는 축전지에 전기를 저장하고 있는 상태이므로 에너지 저장시스템으로 활용이 가능하여 최대 전력 수요 시에 전력을 공급하는 장치로 활용이 가능하게 된다.

전기자동차는 ICT와 융합시켜 다양한 부가 기능을 부여할 수 있으므로 실증 단지를 조성하여 다양한 기능들에 대한 시험을 실시하고 그 결과를 바탕으로 다양한 비즈니스 모델을

창출하기 위해 시행되고 있다. 또한, 외국에 비해 대규모로 빠르게 시행함으로써 지능형 운송 관련 산업을 선점하고 나아가 수출에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

제주도 스마트 그리드 실증 단지는 표 2와 그림 3과 같이 제주도 구좌읍에 3개 컨소시엄, 42개 회사, 총 투자비 485억으로 2009. 12월부터 시행되고 있다.

## 2. 지능형 운송 실증 단지 현황

지능형 운송(Smart Transportation) 제주도 실증 사업은 3개 컨소시엄, 42개 사가 참여하고 있으며 본 논문에서는 SK 이노베이션 컨소시엄을 중심으로 전기자동차와 인프라 구축 현황, 전기자동차 운행 정보 및 통합 관제 센터 시스템 구축 현황 등에 대해 기술한다.

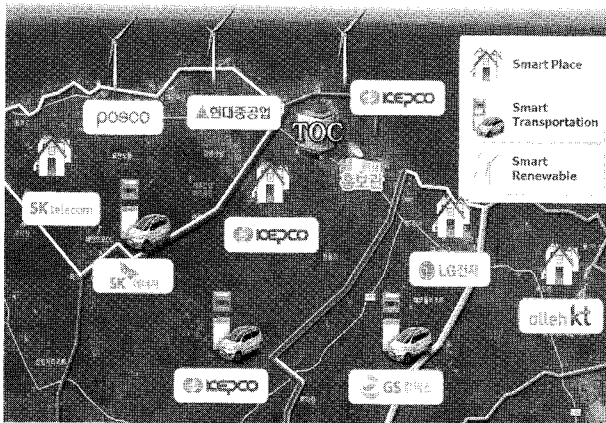
그림 4는 SK 이노베이션 컨소시엄에서 지능형 운송(Smart Transportation) 실증을 위한 개념도로 인프라 구축 및 운용 시스템, 지능형 전력망(Smart Grid), 지능형 소비자(Smart Place) 및 지능형 재생 에너지(Smart Renewable

표 2 제주도 스마트그리드 실증단지 추진 현황

	주관기관	참여기관	사업비
Smart Place (96개사)	SK telecom	삼성전자, 한국케이블TV, 복스지 등 29개사	정부 : 50억원 / 민간 250억원
	ottleh kt	삼성SDS, 삼성물산, 루빅 등 14개사	정부 : 47억원 / 민간 200억원
	LG전자	LG U+, GS퓨얼셀, GS건설 등 15개사	정부 : 47억원 / 민간 175억원
	KEPCO	삼성전자, 대한전선, 누리텔레콤 등 38개사	정부 : - / 민간 100억원
Smart Transport (42개사)	KEPCO	삼성SDI, 롯데정보통신, 피엔이솔루션 등 22개사	정부 : 45억원 / 민간 140억원
	SK energy	SK네트웍스, 알진전기, 이엔테크 등 13개사	정부 : 45억원 / 민간 130억원
	GS 퓨얼셀	LG CNS, ABB 코리아, 넥스콘테크 등 7개사	정부 : 40억원 / 민간 80억원
Smart Renewable (28개사)	KEPCO	남부발전, 호성, LS전선 등 18개사	정부 : 47억원 / 민간 153억원
	한국전력공사	맥스컴, 아이셀시스템즈코리아 등 6개사	정부 : 47억원 / 민간 70억원
	posco ct	LG화학, 우진산전, 대경엔지니어링 등 6개사	정부 : - / 민간 80억원

표 3 실증용 전기자동차 전기적 제원

	NEV	모닝개조	SM3	블루온
모터	유도전동기	유도전동기	-	유도전동기
	최대10/ 정격5kW	최대50kW /정격20kW	최대70kW /-	최대50kW/ 정격20kW
배터리	72V	312V	-	320V
	8kWh	16kWh	24kWh	16kWh
최대속도	60km/h	100km/h	150km/h	130km/h
주행거리	70km	130km	160km	130km



\* 자료출처 : 스마트 그리드 사업단 스마트그리드 정책과제 추진현황

그림 3 스마트 그리드 제주도 실증단지 현황

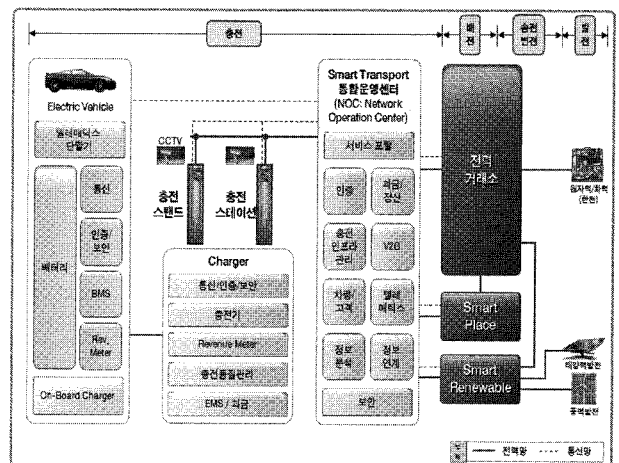


그림 4 스마트 트랜스포테이션 실증 개념도

Energy)와의 연계, 통신망 및 통합 운영시스템 구축이 주를 이루고 있다.

### 2.1 전기자동차

SK 이노베이션 컨소시엄에서 실증단지 내에 운행시킬 전기자동차는 NEV(Neighborhood Electrical Vehicle) 30대, 모닝, 소나타를 개조 또는 제작한 FSEV(Full Speed EV) 42대, 르노삼성 SM3 GNE1 5대 및 현대 블루온 2대이다. 표 3은 위의 전기자동차에 대한 전기적 제원이다. 이를 통해 차종별 운행 특성을 파악하고 배터리 대여 사업(Battery Lease), 자동차대여 사업(Car Rental), 자동차 공동 이용 사업(Car Sharing) 및 전기자동차를 이용한 부가 서비스 사업(EV Total Service) 등 비즈니스 모델을 창출하며 배터리에 저장된 에너지를 이용한 V2G를 실증할 계획이다.

### 2.2 충전인프라

전기자동차에 에너지를 제공하는 충전기는 약 20분 이내에 배터리를 충전할 수 있는 급속충전기와 차량 내의 충전기(OBC : On-Board Charger)에 전력을 공급하여 약 6~8시간에 배터리를 충전할 수 있는 완속충전기가 있다.

급속충전기의 용량은 DC 450V, 110A, 50kW이며 입력전원은 3상 4선식 380V이다. 완속충전기의 용량은 AC 220V

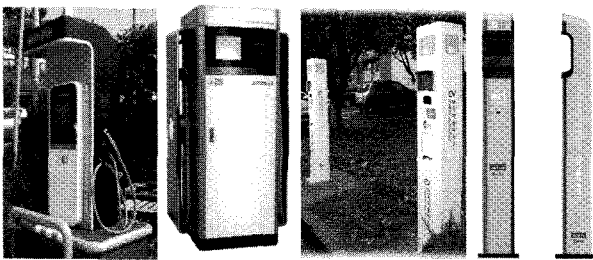


그림 5 충전기 사진 (좌2:급속충전기, 우2:완속충전기)

16A 3.5kVA이다.

SK 이노베이션 컨소시엄에서 구축 중인 충전인프라는 실증단지 내의 주유소를 중심으로 14대의 급속충전기를 설치하고 관광 명소, 대형 유통업체 및 여객선 터미널 등 장시간 주차가 가능한 공간에 완속충전기 74대를 설치할 예정이다.

충전기의 정격 용량과 배전 선로의 공급 능력을 고려하여 설치 후보지를 확정하고 2011년 5월까지 급속충전기 5기, 완속충전기 51기가 설치 완료되어 운용 중이다.

그림 5는 실증단지에 설치된 충전기들의 사진이다.

### 2.3 통신 및 운영시스템

SK 이노베이션 컨소시엄에서 스마트 트랜스포테이션을 위한 통신 시스템은 그림 6과 같이 구성되어 있다.

그림 6에서 EVC(EV Client)는 차량 내에 설치되는 통신 시스템으로 GPS(Global Positioning System)와 연계하여 차량의 위치, 속도 등 운행 정보를 수집하고 BMS(Battery Management System)와 CAN(Controller Area Network)을 통해 배터리 충전량 등의 차량 정보를 수집하여 무선 통신망을 통해 NOC(Network Operation Center)에 정보를 제공한다. 또한, SEC(EV Supply Equipment Client)는 충전기 내에 설치되어 UI(User Interface)를 통해 사용자에게 충전 정보를 제공하고, RS485 통신을 통해 전력량계와 통신하여 충전량 등의 정보를 수집하여 NOC에 제공하고 사용자가 충전을 원하는 경우 인증 카드를 읽어 NOC에 전송하여 인증 여부를 확인하는 기능을 수행한다.

NOC는 EVC와 SEC로부터 차량과 충전기의 정보를 수집하여 관리하는 기능을 실행한다. NOC의 기능은 서비스 및 시스템 관리기능, 종합 관제 기능으로 나눌 수 있다.

서비스 및 시스템 관리기능은 가입자 관리, 충전기 설치 관리, EVC, SEC 등의 기기 관리, 통계 관리, 시스템 감시 기능 및 멤버십 기반으로 충전기 위치, 충전 요금 등의 EV 충전 서비스 기능을 실행한다.

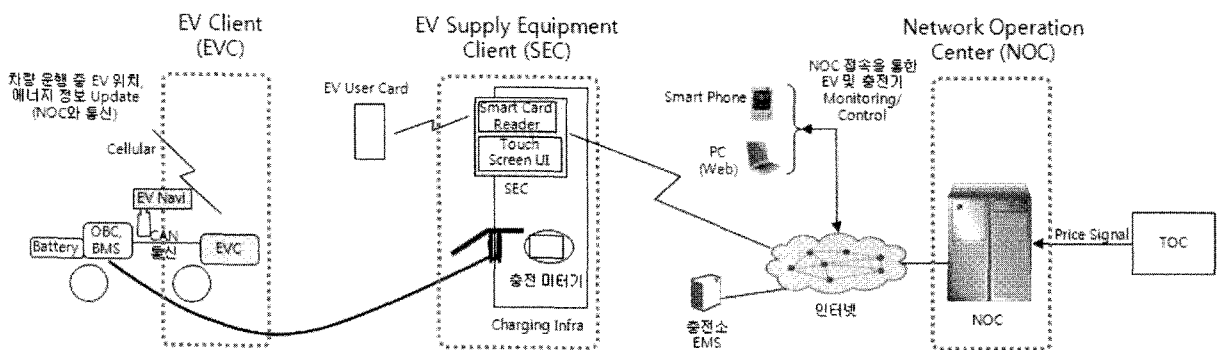


그림 6 지능형 운송용 통신 시스템 구성도

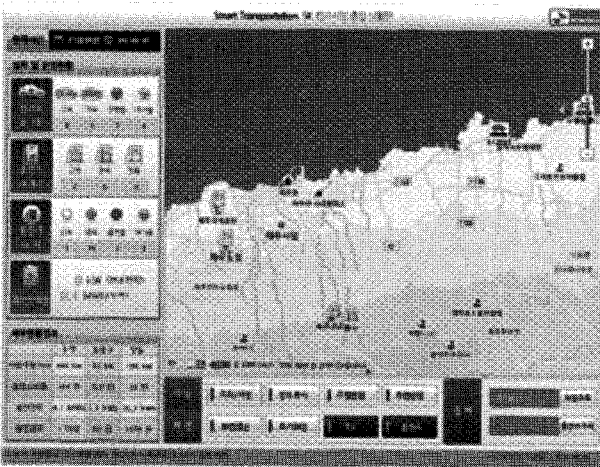


그림 7 운영 중인 NOC 종합 관제 화면

종합 관제 기능은 실시간으로 차량 위치, 주기별 배터리 잔량 등 차량 운행 현황을 감시하고 충전 전력량, 충전기 상태 등 충전기 운용 현황을 감시한다.

또한, 사용자 편의 정보를 제공하는 웹, 스마트폰 앱 및 내비게이션 연동 프로그램 등을 개발 중이다.

그림 7은 운영 중인 NOC의 종합 관제 화면이다.

### 3. 지능형 운송 실증 단지의 기술적 과제

지능형 운송 실증 단지를 구축하는 과정에서 해결해야 할 기술적 과제들이 도출되었으며 스마트그리드 사업단, 각 컨소시엄 참여 업체들이 이를 해결하기 위해 노력하고 있다.

도출된 기술적 과제는 전기자동차와 충전기를 연결하는 커넥터 등 충전 인프라 구축용 기기의 표준화, 전기자동차 충전요금 체계 정립, 전기자동차 보급 확대 및 V2G에 의한 계통 분석 및 대책 수립 등이다.

#### 3.1 실증 단지 구축용 기기의 표준화

지능형 운송 실증 단지를 구축하는 과정에서 가장 시급한 표준화 과제는 충전 인프라용 기기인 완속충전기, 급속충전기, 급속 충전용 프로토콜 및 전기자동차와 충전기를 연결하는 커넥터(급속, 완속)이다. 이는 다수의 차량사와 다수의 충전기 제조업체가 존재하게 되고 모든 차량은 언제, 어디에서든 충전이 가능해야 하기 때문이다.

실제로 각 컨소시엄 내의 차량과 충전기는 동일한 커넥터와 통신 프로토콜을 사용하고 있어 충전에 문제가 없지만 다른 컨소시엄의 차량이 충전을 위해 접속하는 경우 커넥터의 불일치 또는 다른 통신프로토콜을 사용함으로써 충전을 할 수 없는 문제가 발생되고 있다.

현재 스마트그리드 사업단을 중심으로 표준화를 위한 모임(WG: Working Group)이 가동되어 국가 표준 또는 단체 표준을 제정·공표할 단계에 이르고 있다.

국가 또는 단체 표준이 제정 공표되면 그에 따라 전기자동차의 커넥터(급속, 완속)와 통신 프로토콜, 충전기의 커넥터와 통신프로토콜 등 실증 단지 구축용 기기의 교체 또는 수정보완이 필요하다. 이는 표준이 제정되지 않은 상태에서 실증단지 구축 사업이 진행되어 불가피한 측면은 있으나 추가적인 비용 및 시간 등이 필요한 문제가 대두되고 있다.

충전기 관련 표준은 충전기에 요구되는 일반적인 요구조건을 제시하는 표준(IEC61851-1), 충전기에 접속되는 전기자동차의 요구조건을 제시하는 표준(IEC61851-21), 출력 전압이 교류 1000V 이내인 완속충전기의 요구조건을 제시하는 표준(IEC61851-22), 출력 전압이 직류 1000V 이내인 급속 충전기의 요구조건을 제시하는 표준(IEC61851-23) 및 직류 충전기와 전기자동차 사이의 통신 프로토콜을 제시하는 표준(IEC61851-24)으로 구분되어 제정되고 있다.

또한, 충전용 커넥터는 충전기와 전기자동차를 연결하기 위한 커넥터-인렛, 소켓-아울렛, 플러그 등으로 교류 입력 690V 250A, 직류 출력 1500V 400A까지의 교류 및 직류용의 요구조건을 제시하는 표준(IEC62196-1), 교류 500V 3상 70A까지의 교류용의 요구조건을 제시하는 표준(IEC62196-2), 직류 1000V 400A까지의 직류용의 요구조건을 제시하는 표준(IEC62196-3)으로 구분되어 제정되고 있다.

#### 3.2 전기자동차 충전 요금 체계

지능형 운송에서 전기자동차의 충전특성과 용량이 기존의 전력부하와는 다른 특성을 보이기 때문에 기존 요금제를 적용할 수 없다. 전기자동차는 향후 V2G서비스가 적용될 경우 전원, 혹은 수요 반응 자원(DRR : Demand Response Resource)의 특성을 보일 수 있으나 기본적으로는 단일, 대용량 부하의 특성을 갖는다. 전기자동차 보급 후 충전이 퇴근 이후 시간에 집중될 경우 전력계통과 전력시장에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 전기자동차 요금제 설계 시 이러한 특성을 고려하여 전기자동차 충전부하를 효율적으로 분산시킬 수 있는 장치를 추가해야 한다. 또한, 기술력에 비해 충전비용이 1/3 또는 1/4 정도로 낮기 때문에 전기자동차 운전자들이 피크 시간대에서도 충전할 우려가 있으므로 이를 적절하게 제어할 수 있는 방안이 요금제에 반영되어야 한다.

#### 3.3 V2G

V2G는 전기자동차의 배터리에 저장된 에너지를 피크 시간대 전력 계통에 공급하여 발전 관련 비용을 절감하거나 다양한 신재생 에너지원으로 인해 불안정해질 수 있는 계통을 안

정화시키는 데 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

이를 원활하게 수행하기 위해서는 전기자동차 운전자의 적극적인 협조가 필요하며 이에 따른 유인책 및 정보 통신 기술을 이용한 협조 체계에 대한 연구가 필요하다. 또한, 전기자동차에 탑재된 OBC는 양방향으로 전원을 공급할 수 있도록 제작되어야 하며 OBC에서 계통에 전원을 주입하는 경우 OBC는 IEEE 1587 규격에서 제시하는 전압 변동, 주파수 변동, 고조파와 같은 전력품질에 대한 권고와 고립 운전, 상불평형과 같은 보호협조 대한 권고안도 만족시킬 수 있도록 설계되어야 한다.

그 외 V2G가 원활하게 수행될 수 있도록 급속충전기, 완속충전기 및 홈 충전기가 설치될 계통에 대한 부하현황 분석, 전기자동차를 이용한 계통운영 보조서비스 특성 분석, 충전부하를 반영한 배전 계통 모의 모델 수립 및 충전 설비 보호/고장/상불평형 해결 방안 등에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

#### 4. 결론

2009년 12월부터 제주도에 스마트그리드 실증 단지 사업이 시행되고 있으며 이 중 지능형 운송은 3개 컨소시엄, 42개사가 참여하고 있다. 본 논문에서는 SK 이노베이션 컨소시엄을 중심으로 실증 단지에 운행할 전기자동차, 인프라 구축 현황, 전기자동차 운행 정보 및 통합 관제 센터 시스템 구축 현황 및 기술적 과제에 대해 고찰하였다.

대단위 지능형 운송 실증 단지를 구축하는 사업은 실증 기술의 조기 상용화 및 해외 시장 진출을 위한 교두보 확보를 위해 시행된 사업으로 현재까지 많은 시행착오를 겪고 있

나 드러난 문제점을 파악하고 이를 적극적으로 해소하는 과정에서 많은 기술 발전이 이루어지고 있으며 지금까지 구축된 인프라를 이용한 실증 단지 운영 및 본문에서 기술한 기술적 과제를 체계적으로 연구하여 기술력을 확보하면 당초 목표를 달성할 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] 스마트그리드 실증단지 구축사업 Smart Transportation 사업계획서(SKI 컨소시엄), 2009. 12
- [2] 스마트그리드 실증단지 구축사업 Smart Transportation 사업 Smart Transportation 전기 시스템 기술 개발 보고서, 2011. 5
- [3] 스마트그리드 정책과제 추진 상황, 2010. 10
- [4] V2G 최신 동향 및 전망, 2010. 8
- [4] 일본 차세대 자동차 전략 2010, 2010. 5

#### 〈 필 자 소 개 〉



#### 김종수(金鍾洙)

1959년 12월 26일생. 1982년 서울대 공과대학 전기공학과 졸업. 1991년 경남대 공과대학 전기공학과 졸업(석사). 1999년 경남대 공과대학 전기공학과 졸업(공학박). 2003년 8월~2004년 8월 Texas Tech. Univ. Post Doc. 1982년~현재 한국전기연구원 산업전기연구본부 전기추진연구센터 책임연구원.