

전기자동차 Infrastructure 개발 추이

하회두, 박정우, 구대현, 이재봉, 김종무
한국전기연구소

The trend of the development for EV infrastructure

Hoidoo Ha, Jungwoo Park, Daehyun Koo, Jaebong Lee, Jongmoo Kim
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - This paper comprises of details of the infrastructure issues of demonstration schemes for EVs worldwide. The aim of the paper is to highlight the different approaches being lused and to assess their effectiveness.

가 아니다. 따라서 현재의 충전기술들의 비교 분석과 적용사례들을 조사해 봄으로써 국내 실정에 가장 적합한 충전방식을 채택할 수 있을 것이다.

1. 서 론

내연기관 자동차들이 환경이나 건강을 심각할 정도로 손상을 입힌다는 것은 주지의 사실이며 전기자동차를 사용하는 것이 이러한 문제를 해결할 수 있는 하나의 수단이다.

미국에서의 입법화, 프랑스에서의 정부정책 그리고 여러 나라에서의 국민들의 압력 때문에 전기자동차 및 전기자동차 부품 제조업체에서 시장 성장에 대비해서 준비를 하고 있으며 전기자동차를 상업화하기 위한 관련 기술들이 최근에 전세계적으로 폭 넓게 개발되고 있다. 여러 나라들이 전기자동차 뿐만 아니라 전기자동차 보급 촉진을 위한 여러 가지 Infrastructure들을 연구 개발하여 성과들을 발표하고 시범운행사업을 통하여 시범운영하고 있다.

현재 전기자동차 시장은 P.S.A, 푸조, Citroen 이 1996년 1월부터 6개월간 1,400대를 판매하였으며 생산능력은 연간 6,000대 수준에 이르는 단계에까지 왔으며 1997년에는 미국에 있는 많은 자동차 회사들이 그들의 첫 상용화 제품들을 시장에 출시할 예정이다. 본 논문에서는 여러 나라에서 국가 프로젝트로 진행되고 있는 전기자동차의 시범운영과 여러 가지 형태의 전기자동차 Infrastructure에 대하여 언급하고자 한다. EV Infrastructure의 주요 부문은 충전기 자체와 전기자동차와 전력계통 사이의 연결 부분을 포함하는 충전방법론이다.

하나의 호환성 있는 방법론이 모든 사람들이 원하는 것이지만 그러나 이것은 그렇게 단순한 문제

2. 본 론

2.1 'Quick Charge', the Southren California Initiative(미국)

2.1.1 개요 및 목적

1996년부터 3년간 진행되는 프로젝트이며 GM EV1, Chevrolet S-series pick up, Ford Ranges, Chrysler EPIC, Toyota RAV4, Nissan FEV-2 및 Prairic Joy등 다양한 차들을 사용해서 급속충전, 가정에서의 충전, 원격 충전, 표준 규격, 사용자 교육, 인센티브, 전력 수용 능력 및 전력 요금 등에 대하여 조사연구가 LA 수자원국이 주축이 되어 100개의 충전소를 설치하여 진행중이다.

2.1.2 규정

Southren California Electric이 6년간 전기자동차 관련 프로그램에 \$44.7백만을 사용할 예정이며 미국 정부는 등록비를 면제하고 \$34,900미만의 전기자동차 구매시 \$5,000의 지원금을 지급하고 있다.

캘리포니아 대기보전위원회(CARB)는 엄격한 규정을 제정하여 배기가스 검사를 강화하고 있다.

2.1.3 기술

- 충전기는 Delco electronics사에서 단상 6.6kW 인덕티브 충전스탠드를 공급하고 있으며 25kW와 50kW 인덕티브 충전스탠드가 fleet 시범운행을 위해 설치되고 있다. 일반적인 콘덕티브 충전스탠드도 설치되어 있으며 가정용 충전기도 개발 중에 있다.
- 콘덕티브 커플링을 위한 플러그의 표준화 작업이 자동차 회사들에 의해서 이루어지고 있다.

인덕티브 커플링을 채택하고 있는 차들은 GM EV1, Chevrolet S-Series, 그리고 Toyota RAV4이다.

- 충전기와 전력회사 사이의 네트워크 통신이 개발 중이다.
- 스마트 카드를 이용한 자동요금제도가 개발 중이다.

2.1.4 지원체계 및 훈련

- 자동차 회사들은 자사가 공급한 차량의 정비를 3년간 프로젝트 기간 동안 책임지며 특히 Toyota는 보험, 전지교환, 정비, 도로지원 등 Turn key base로 대하여하고 있다.
- 캘리포니아 소방국에서 전기자동차 관련 응급 상황처리 프로그램을 진행 중이다.
- NEC에 전기자동차 관련 코드 제정을 캘리포니아 에너지위원회에서 진행 중이다.

2.2 Santa barbara(미국)

2.2.1 개요 및 목적

1991년 1월부터 6년간 진행된 22ft 길이부터 35ft 길이의 다양한 28대의 버스 운행 사업이며, 기존의 Diesel 버스 대신에 시운송구(Metropolitan Transet District)이 환경 친화적인 전기버스를 운행하여 시민들에게 승차수요를 증가시킬 목적으로 사용

2.2.2 참여기관 및 결과

표1. 디젤 및 전기버스의 운행 가격 비교

	디젤	전기버스
연료비용	9.3 cents/Km	5.1 cents/Km
유지비	30.3 cents/Km	33.9 cents/Km
계	39.6cents/Km	39 cents/Km

MTD와 산타바바라 전기교통연구소가 공동으로 주관하여 28대의 전기버스와 22대의 디젤버스의 운행가격을 비교 검토하였다.

2.2.3 기술

- NiCd 전지를 사용하고 일충전 주행거리를 고려하여 운행구간 및 거리를 180Km 이하로 정하였다.
- Ferro-resonant, 3SCR/3diode, 12SCR 등 3가지 형태의 충전기술이 비교 검토되었다.
- 콘덕티브 충전 스탠드는 버스 주차장에 설치

2.2.4 수리 및 정비

- 차량 정비공을 계속적으로 교육했음.
- 운전자들은 에너지 효율을 높이는 운전기술에 중점을 두고 지속적으로 교육

2.3 EV Community 시스템 프로젝트(일본)

2.3.1 개요 및 목적

1991년 1월부터 2년간 오사카시에서 진행되었던 프로젝트이며 126대의 전기자동차 중 85대는 일반회사에 임대되었었고, 41대는 개인 소유로 운영되었으며 급속충전을 하면 사용자들에게 보다 더 나은 만족감을 줄 수 있는지 여부를 점검하는데 주요 목적을 두었음.

2.3.2 참여기간 및 규모

- 오사카시와 Japan Storage Battery회사, 다이하쓰 자동차, 관서전력이 참여하였으며 전기자동차 사용을 확산하고 급속충전 Infra 구축에 큰 의의를 두었음.
- 85대 임대 및 41대의 개인소유 자동차의 급속 충전 전환비 : 18억원
- 9대 주간 충전스탠드 : 8억원
- 1대 야간 충전스탠드 : 2억 삼천만원
- 2년간 전기사용료 : 1500만원
- 초기 회원가입비 및 연간 사용료 수입 : 5억 4천만원

2.3.3 기술

- 10개의 급속충전스탠드를 이용해서 30분내 50% 충전, 80% 충전시나 30분 초과시 자동으로 차단하는 기능을 가지고 있으며 사용자 이름, 사용날자 및 시간, 사용 kWh를 마그네틱 테이프에 기록한 부하평준화 개념으로 1개의 급속충전 스탠드는 야간 전력을 저장하였다가 주간에 충전시 사용하였음.
- 양방향 통신이 가능한 콘덕티브 시스템을 채택

2.4 Praxitele(프랑스)

2.4.1 개요 및 목적

St Quentin 지하철 근처에서 1997년 5월부터 시작되었으며 도심내 자동차사용을 억제하기 위한 목적으로 Renault Clio 전기자동차를 지하철역 300m 이내 주차장에서 셀프 서비스로 운영중임.

2.4.2 참여기관 및 규모

현재는 Renault회사와 St Quentin 파리구청이 참여하고 있으나 성공적으로 진행될 때는 파리시 전역의 약 300개 주차장에서 여러자동차 회사에서 제공하는 10,000대의 전기자동차를 운행할 예정이다.

차량임대비는 짧은 거리는 택시 비용 보다는 싸고, 장거리는 훨씬 비싸다. 또한 차량 임대비는 사용거리 보다는 사용 시간을 더 반영해서 정하였다. 이것은 제한된 fleet 운영에는 상당히 유리하여 특

정한 시간과 특정한 지역 사용에는 할인 요금이 적용된다.

2년후쯤이면 어느정도 경제적 분석이 나올 것이다.

2.4.3 기술

- 사용자 친화적인 충전시스템을 강조하였으며, 셀프서비스로 운영되기 때문에 완전 자동으로 충전되는 인덕티브 충전시스템을 채택하였다. 10~20개의 3.7kW 충전스탠드가 설치되어 있고 40kW 3상 isolation 변압기가 전원을 공급하며, 각 스탠드는 오실레이터와 에너지 저장용 캐패시터 및 회로차단기가 장착되어 있으며 접지전류 감지기능이 있다.
- 지상에 설치된 변압기 1차측과 차체 바닥에 설치된 2차측이 잘 커플링 될 수 있도록 주차공간에 앞바퀴가 안착될 수 있는 말굽형 모양을 만들고 1차측 코일이 수직방향으로 움직일 수 있도록 하였다. 데이터 채널을 통한 요청이 있을시만 전원이 공급된다.

2.4.4 요금제도 및 통신

특별카드를 차량 안테나 근처에 제시하면 차량문이 열리고 탑승후 차량에 설치된 홈에 삽입하면 시동이 걸리도록 하였다. 사용 후 카드를 홈에서 빼서 내리고 안테나에 갖다 대면 차량이 잠기며 사용금액은 자동으로 카드에서 빠진다.

중앙통제소와 차량은 무선으로 통신하며 운전지원과 안전을 위해서 G.P.S가 채택되어 있다.

2.5 Mendrisio(스위스)

2.5.1 개요 및 목적

1995년 7월부터 5년간 전기자전거부터 전기버서까지 경량 차체를 사용하여 2000년까지 350대를 fleet 운영하여 전기자동차 시장 점유율을 8%까지 올리는 것을 목표로 진행중이다.

2.5.2 참여기관 및 규모

스위스 연방 에너지성, Ticino 주정부, Mendrisio시 그리고 ASSOVEL이라 부르는 기업 콘소시움이 참여하고 있으며 7개의 자동차 판매상이 판매하고 있음. 0.25kWh/Km 이하의 에너지를 사용하는 전기자동차 구매시 50% 지원금을 지급하고 있다.

2.5.3 규정 및 인센티브

도로사용료 및 주차비 면제와 새로운 아파트 건립시 충전시설의 의무화와 스위스 전역에서의 고장시 무상 서비스 제공 등이 있다.

2.5.4 기술

• On-board 충전기가 모든 차량에 설치되어 있고 10개의 충전스탠드가 230V 16A AC를 공급하고 있으며 급속충전은 추후 설치될 예정이다.

• 콘덕티브 플러그와 소켓을 사용하고 있으며 Key에 의해서 사용이 가능하도록 되어 있다.

2.5.5 요금제도

공공 충전스탠드 사용은 무료임.

2.5.6 서비스 및 교육

M.E.S가 데이터 수집, 판매상 지원, 학교에서 전기자동차 홍보교육, 사용자 기술지원 및 정보 제공 및 교육을 담당하고 있으며 중앙사무소에서 보험, 대여를 담당하고 있다.

2.6 뤼겐 아일랜드(독일)

2.6.1 개요 및 목적

1992년부터 4년간 60대의 전기자동차를 시범운영

2.6.2 참여기관

연방교육과학연구기술부, BMW 등 5개 자동차 회사, DAUG 등 4개 배터리 제조업체 및 전력회사가 참여하고 있다.

2.6.3 기술

- Opel Compo Plus 전기자동차는 전지교환시스템을 적용해서 5분이내 교체가 가능함.
- 90% 이상의 충전이 가정에서 이루어졌음.
- 일일 평균 운행거리는 45km이나 에어컨 사용, 히터 사용등을 고려해서 배터리 용량은 150Km를 달릴 수 있는 것을 사용자들이 원했음.
- 현재의 전지로는 150Km를 충족하지 못하기 때문에 100개의 230V, 16A, AC충전스탠드를 설치 운영중임.
- 1개의 30kW 급속충전 스탠드가 설치되어 있음.
- 16A 플러그 및 소켓을 사용하는 콘덕티브 충전방식을 채택

2.6.4 요금제도

- 68%가 무상으로 충전하였으며 나머지는 주차와 병행해서 요금을 받았음.
- 충전스탠드 사용은 매우 미미했으며 42%는 거의 충전스탠드를 사용하지 않았음.

3. 결 론

전기자동차 Infrastructure 관련해서 진행되는 세계 주요 전기자동차 프로젝트를 검토하였다. 여기에는 요금제도, 사용자 및 서비스 요원 교육, 인센티브, 응급상황처리, 참여기관 등이 포함되어 있으며 목적과 사용차량, 자금지원 정도에 따라서 다양하다는 것을 알 수 있었다.

뤼겐(독일)과 라로셀(프랑스)의 시범운영에서는 앞에서 보았듯이 거리와 주차장에 충전기가 설치되었음에도 불구하고 충전의 90%가 가정에서 이루어졌다. 이것은 대단히 고무적인 일이다. 왜냐하면 가정에서 충전하게 되면 충전기 자체가 싸고 안전하며 요금부과가 훨씬 쉬우며 야간 유휴전력을 사용하므로 전력 사용의 효율을 높일 수 있다. 그렇지만 잠재적인 자동차 구매자들은 긴급 및 급속충전스탠드가 거리에서 쉽게 발견할 수 없는 한 전기자동차를 사려고 하지 않는 경향이 있다.

프랑스, 미국, 영국, 독일, 일본에서 급속충전스탠드를 시범 운영하였다. 전기 타입에 따라 다르나 1.5A, 300V 정도에서 DC 전력을 공급하고 있다. 충전 프로파일을 제어하기 위해서 데이터 통신 링크가 필요하며 이것은 매우 비싸며 사용빈도가 그렇게 많지 않다는 단점을 보여 주었다.

독일에서는 35kW 발전기를 뒤에 달고 다니는 형태를 선보이고 있으며 부하 평준화 차원에서 야간의 유휴전력을 전지에 저장했다가 낮에 급속충전스탠드로 사용하는 방법도 일본의 Tokyo와 Nagoya에 10개가 설치되어 장단점이 연구되어지고 있다. 현재의 연충전지와 NiCd 전지의 일충전 주행거리 증대 목적으로 전지 교환 시스템도 제안되었다. 이러한 형태의 Infrastructure는 상업적인 fleet operation에 적합하다.

현재의 가장 보편적인 충전 수단을 플러그와 소켓 즉 콘택티브 방법이다. 그러나 인덕티브 커플링이 채택되기도 한다.

현재까지는 1.5kW부터 150kW급까지 다양하게 개발되어 있다. 인덕티브 충전은 안전이나 사용의 편리성이 가장 먼저 거론되어야 할 때 적합하나 콘택티브 충전에 비해서 굉장히 비싸다는 것이 흠이다.

사용자가 직접 충전해서 임대 사용하는 프랑스의 Praxitele 프로젝트 같은 데에는 이러한 인덕티브 충전이 가장 적합할 것이다.

다음과 같이 요약 정리할 수 있다.

- Infrastructure 충전기술
- 콘택티브 충전시스템 : 전원과 요금부과 시스템이 이미 설치되어 있기 때문에 가정에서 야간에 충전시 적합함.
- 완전자동 인덕티브 충전시스템 : 공공장소에서 충전할 시 안전 및 사용의 편리성 때문에 채택되고 있음.
- 전기 교환 시스템 : 일충전 주행거리가 정상적

인 운행거리 보다 짧은 fleet operation에 적합함.

• 요금제도

가장 간단한 요금부과는 가정에서 충전시 기존의 적산전력계를 통한 요금부과 방법이며 향후 시간대에 따른 차등 요금부과나 새로운 표준이나 적용이 손쉽게 이루어질 수 있다. 가장 복잡한 부과방법은 한 개의 카드로 전기자동차 충전뿐만 아니라 지하철, 버스 등 대중교통수단도 병행해서 사용할 수 있는 제도이며 프랑스의 파리에서 시범 운영중이다. 그 중간 제도가 한 개의 카드를 사용차의 무게에 따라 다른 가격에 구입해서 10회 사용하는 방법이며 이 방법은 무선 통신을 할 필요가 없으며 신뢰성은 매우 높다는 이점이 있으며 스위스의 Mendrisio에서 적용하고 있음.

• 성능평가 데이터 수집

차량 성능평가를 위한 표준화된 기준을 정립하는데 스웨덴, 일본, 이태리, 영국이 중점적으로 노력하고 있다. 데이터 수집 하드웨어는 16개 이상 입력단자를 가장 multi charge과 각 한 개 당 10Hz 주기로 데이터를 수집하는 레코드로 구성되어 있다. 메모리에 저장하기 전에 여러 가지 신호처리 기법을 사용하고 있다. 이태리의 ENEA는 Global Positioning System(G.P.S)을 사용해서 속도와 위치를 real time으로 수집하는 첨단 시스템을 개발하여 데이터가 순간순간 분석되어 결과는 바로 display하였다.

특히 에너지 효율 관점에서 차량 성능 측정에 중점을 두고 있다. 전지 이외의 개개의 구성요소 성능평가는 거의 언급되어 있지 않았다.

• 기술훈련 및 응급 상황 훈련 프로그램

최근의 대부분의 프로젝트가 시범운영 및 기술혁신을 위한 것이기 때문에 이 부분에 대해서는 정립되어 있지 않은 실정이다. 그렇지만 상용화하기 위해서는 매우 필요한 항목이며 현재 미국과 스위스에 교육 및 사용자 정보제공 센터가 설립되어 있다.

미국에서는 소방서와 연계해서 운영 중에 있으며 운전자 교육은 에너지 효율을 높여서 주행거리 증대를 이룰 수 있는 운전방법을 점진적으로 가르치는 것에 중점을 두고 있다.

(참고 문헌)

[1] Stirling B, Lane R, "Progress in the Development of EV Infrastructure", EA Technology TR 4150, March 1997.