

클린디젤 하이브리드 버스 개발 · 보급사업의 의미와 과제

임용수

대우버스(주) 기술연구소 선행개발팀 차장

1. 하이브리드 자동차

내연기관과 전기자동차의 단점을 상호 보완하고 전기 자동차의 일회충전 주행거리의 제한이라는 현실적 한계를 극복함으로써 유해 배출 가스를 낮추는 동시에 연비를 향상시킬 수 있는 하이브리드 자동차를 개발하는 것에 선진 자동차 메이커들의 관심이 집중되고 있으며, 현재 상용 판매되는 친환경차로 하이브리드 자동차가 주축을 이루고 있다.

친환경 차량의 최종 목표로서 하이브리드 자동차의 개발은 선진 각국의 배기가스 규제에 대응할 수 있고, 엔진 최적 영역에서의 에너지 효율, 가속 성능 등 기존의 전통적인 내연기관 자동차보다 뛰어난 성능을 확보할 수 있다. 이러한 하이브리드 자동차는 동력 전달의 형태에 따라 직렬형, 병렬형 그리고 복합형으로 나누어질 수 있으며, 이들 각각에 대해서도 그 제어 방식에 따라 여러 가지 타입의 하이브리드 자동차가 존재한다. 하이브리드 자동차가 연비향상과 유해 배출 가스를 줄일 수 있는 주요 요인은 다음과 같다.

1) 엔진 다운사이징

하이브리드 차량용 엔진은 동급의 기존 차량에서 요구되는 엔진보다 출력이 작은 것을 사용할 수 있기 때문에 엔진의 작동점을 고효율 지점으로 이동시키는 효과를 얻을 수 있으며 엔진의 무게를 감소시킬 수 있다.

2) 아이들 스톱

자동차가 정지, 감속, 전기모드로 주행 중일 때 엔진을 정지시켜 수 있으며, 아이들 상태에서 불필요하게 소모되는 연료를 차단한다. 특히 하이브리드 차량은 출발 시 구동모터만을 사용하며, 최대한 최고 효율 영역에서 엔진이 운전되게 할 수 있다.

3) 회생제동

기존의 내연기관 자동차는 차량 제동 시 자동차의 제동 에너지를 브레이크를 통해 마찰열로 내보낸다. 그러나 하이브리드 자동차에서는 제동 에너지를 발전용 전동기를 통해 발전·회수하여 다시 전동기의 구동 에너지로 사용함으로써 제동 에너지 손실을 줄여 준다.

4) 파워어시스트

엔진이 최대 효율 점에서 작동될 수 있도록 하기 위하여 급격한 가속이 요구될 때와 같은 비효율 운전 시에 전동기를 보조 동력으로 이용하여 과소모되는 연료를 막고 배출 가스를 줄인다.

5) 전기자동차 모드

자동차의 요구출력이 매우 낮은 저속 저부하 상태에서 엔진을 사용하면 엔진의 효율이 매우 낮기 때문에 이러한 운전 영역에서는 구동 모터로만 구동하여 전체 시스템의 효율을 높일 수 있다.

대한석유협회와 한국기계연구원의 지원으로 개발하고 있는 클린 디젤 하이브리드 버스는 병렬형 타입의 하이브리드이며 상기 기술한 여러 가지 기능이 적용된 최신의 하이브리드 버스로서 이에 대한 내용을 소개하고자 한다.

2. 하이브리드 자동차의 국내외 기술·보급 동향

2-1 국내

국내의 승용차 하이브리드 차량 개발은 정부의 R&D 개발비용 지원으로 활발한 기술개발이 진행되고 있으나 상용차 부분, 특히 대중교통인 버스의 경우는 하이브리드 차량에 대한 연구개발은 상대적으로 취약한 상태이다.

대형버스의 경우 대중교통 수단으로서 높은 신뢰성을 요구하며 일반 승용차 대비 다양한 운전환경, 높은 부

하변동, 장시간의 운행시간 등 차량의 특성을 고려한 차원 높은 기술이 필요하기 때문이다. 국내 메이커의 하이브리드 버스 개발 현황은 다음과 같다.

1) 아시아자동차 (1994년)

G7 프로젝트의 과제로 산학협동 연구를 통하여 마을버스용 병렬형 하이브리드 타입의 버스를 개발하여 교내 셔틀버스로 시범운영

2) 현대자동차 (2002년)

G7 프로젝트 과제로 중형버스에 직렬형 하이브리드를 제작하여 한일월드컵 기간 동안 시범운영

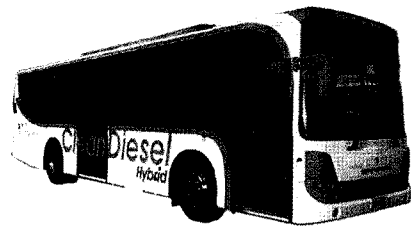
3) 대우버스 (2007년)

현대중공업과 합작으로 직렬형 디젤 하이브리드 버스를 제작하여 2007 모터쇼에 전시 및 시범운영

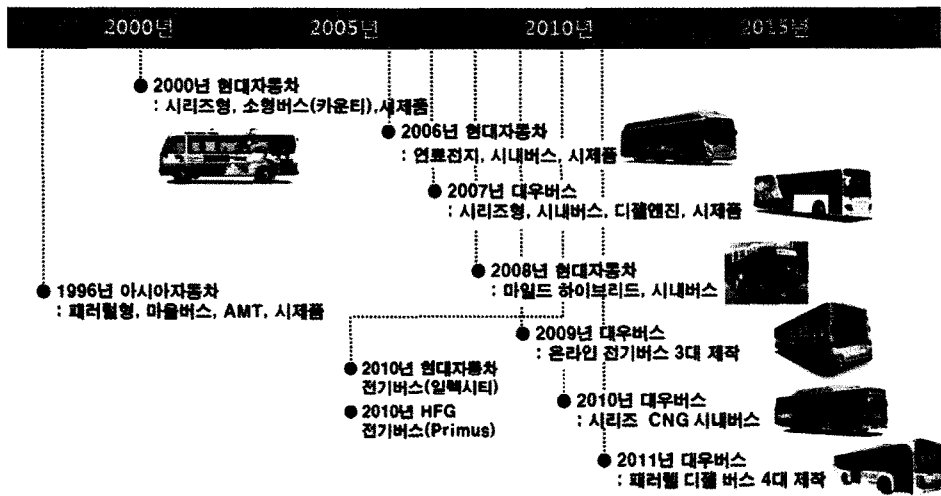
〈그림〉 BC211M 직렬형 하이브리드 버스, 2007



〈그림〉 BC211M 병렬형 디젤 하이브리드 버스



〈그림〉 국내 EV/HEV 버스 개발이력



4) 현대자동차 (2008년)

대형버스에 마이크로 타입의 CNG 하이브리드 버스를 10여대 제작하여 운수업체에 공급 및 시범운행

5) 현대자동차 (2010년)

병렬형 CNG 하이브리드 버스(블루시티)를 개발하여 시범운행

6) 대우버스 (2011년)










대한석유협회 지원으로 병렬형 디젤 하이브리드 버스를 4대(1차분) 제작하여 지자체에 공급하여 현재 시범운행중

2-2 국외

미국은 DOE (Department of Energy)와 NREL (National Renewable Energy Lab.) 등에서 민간기업과 공동으로 Freedom Car Project와 AHHP(Advanced Heavy Hybrid Propulsion System) 프로그램 등을 이용하여 상용차량의 에너지 효율향상과 에너지 안보측면에서 추진하고 있다.

일본은 90년대 후반부터 정부 주도로 ACE Project (총괄주관 : 일본자동차연구소, 개발기간 : 1997~2003)나 차세대 저공해차 개발 프로젝트(총괄주관 : NTSEL 개발기간 : 2002~2007)를 중심으로 다양한 연료의 상용차량 하이브리드 기술을 개발하여 2000년대 중반부터 상용화 진행중이다. 주요 자동차 제작사 및 선진 부품메이커의 상용차량 하이브리드 기술 개발 현황은 다음과 같다.

〈표〉 해외 하이브리드 버스 모델

구분	Citaro G18m Low-Floor City	Lion's City 12m Low-Floor City	Volvo 7700 Low-Floor City	OmniCity 13.7m Low-Floor City	AeroStar 12m City	ERGA 12m City Bus	DE40LF/GE40LF Low-Floor City	Orien VII 12m Low-Floor City	Low-Floor City
제조사	만도(Mando)	만도(Mando)	볼보(Volvo)	스카니아(Scania)	미츠비시(Mitsubishi)	이스즈(Isuzu)	뉴플라이(New Flyer)	다임러(Daimler)	포톤(Foton)
사진									
타입	직렬식 디젤	직렬식 디젤	병렬식 디젤	직렬식	직렬형 디젤	직렬형 디젤	직렬형/병렬형	직렬형 디젤	병렬형 디젤
시소용	*엔진 : 4.8L(160kW) *모터 : 80kW*4 (Wheel-In)	*엔진 : 6.8L(191kW) *모터 : 75kW*2	*엔진 : 4.8L(210hp) *모터 : 160hp(-SAM)	*엔진 : 8.9L(198kW) *모터 : 159kW(voith)	*엔진 : 4.9L(133kW) *모터 : 79kW*2(siemens)	*엔진 : 5.2L(210hp) *모터 : 150kW	*엔진 : ISL 8.9L(280hp) /V10(6.8L) *모터/발전기 : Alliso(Ep40,50) /Siemens	*엔진 : 5.9L(120kW) *모터 : 195kW(BAE)	*엔진 : 5.8L(220hp) *모터 : 44kW
비고	2009년 시판중	2008년 시범운행	2010년 양산	2007년 개발	2008년 시판중	2008년 시판중	2007년 시판중(★)	2008년 시판중(★)	현재 시판중

1) 다임러 벤츠

· Orion VII 개발

2006~2007년 New York, Toronto, San Francisco에 700대 이상 보급, Series Hybrid 방식, 30% 연비 향상, 40% NOx, 30% CO2, 90% PM 저감.

· Citaro hybrid버스 개발

2009년부터 양산 목적으로 개발된 차량으로 독일 내 250대 시운전 중임.

Articulate Bus(굴절 타입)으로 기존의 12리터급 엔진 대신 4.8리터의 엔진을 장착하여 차량의 무게를 경량화(엔진 중량을 1,000kg에서 450 kg으로 저감)하여 30%의 연비향상.

차량의 Roof에 Maintenance-Free Litum Ion 배터리를 장착하여 디젤 엔진을 이용한 발전과 회생제동을 통하여 전기 에너지를 배터리에 충전함.

2) 뉴 플라이어

· DE40LF, DE60LF, GE40LF 모델 개발

2005년 출시, 직렬형(GE40LF) 또는 병렬형 하이브리드 버스 개발.

병렬형 하이브리드 버스 경우 저속 구간에서는 모터에 의해, 중속 구간에서는 모터와 엔진의 병용으로 고속구간에서는 엔진에 의해서 구동됨.

기존 디젤 버스 대비 14~30% 연비 향상을 보이며, PM, CO2, NOx 등과 같은 유해 배출물의 경우 최대 90% 까지 저감됨.

현재 미국의 Seattle Metro Transit에 2008년까지 236대를 보급 및 운행중.

3) 미츠비시

Aero non-step HEV 개발, 2004년 출시, 직렬형 하이브리드 방식, 40% 연비 향상, 50% 유해배기가스 저감. 2008년 7월 G8 Summit 참석자의 수송버스로 이용됨. 엔진 소형화를 통한 경량화를 달성하였고, DPF 시스템 장착을 통해 PM 배출을 추가로 저감함.

4) 이스즈

ERGA Bus (디젤 하이브리드) 개발, 2009년 출시, 도심 주행 시 30%의 연비 향상, BAE 사의 하이브리드 시스템을 적용. ITOCHU Corp.와 공동으로 시범 운행 사업 수행.

5) 지멘스 (HEV 부품제작사)

Heavy Duty 상용차용 직렬형 하이브리드 방식의 스텝-업 기어박스의 발전기, 비동기식 듀얼 구동모터, 컨트롤 유닛을 개발 상용화 하여 다임러 벤츠, 미츠비시에 공급하고 있음.

6) 델파이 (HEV 부품제작사)

Heavy Duty 상용차용 직렬형 하이브리드 방식의 구동장치 및 컨트롤 유닛등을 패키지화 하여 중국등 버스 제작사에 공급하고 있음.

7) ISE Co. (HEV 부품제작사)

Heavy Duty 상용차용 직렬형 하이브리드 방식의 구동장치 및 컨트롤 유닛등을 미국등 버스 제작사에 공급하고 있음.

〈표〉 개발차량의 성능목표

항 목		목 표 치			
		디젤 버스 대비(유로4)	CNG 버스 대비	CNG HEV 버스 대비	
시범 차량 성능	항 목	25% 향상	40% 향상	15% 향상	
	항 목	20% 향상	20% 향상	-	
	친환경성	PM	40% 향상	-	-
		NOx	25% 향상	25% 향상	10% 향상
	가속/등판성	동등 (유로4 디젤 버스 대비)			

3. 디젤 하이브리드 버스 개발 및 보급사업

클린 디젤엔진과 전기모터를 결합한 고성능 디젤 하이브리드 버스를 개발하여 시범운행을 통해 타 차종 대비 우수성을 검증, 홍보하여 국내보급을 활성화하고자 하며 기술개발 목표는 다음과 같다.

3-1 시스템 구성

유로5 디젤 엔진, 구동모터가 내장된 AMT, 340볼트의 리튬 이온 배터리를 적용한 병렬형 하이브리드 시스템으로 구성함.

3-2 주행특성

하이브리드 차량의 주행은 일반적인 내연기관 차량과는 달리 엔진과 모터가 필요에 따라 같이 또는 각각 동작하는 특성을 갖는다.

엔진효율이 낮은 출발시와 저속주행시는 모터가 주로 동작하며, 고속주행과 가속주행시는 엔진이 주로 동작하지만 가속이 필요한 시점에는 모터가 엔진을 보조하는 역할을 한다. 또한 내리막길 주행시와 제동시에는 모터가 발전기로 동작하여 전기에너지를 회수하여 배터리에 저장하고 그 에너지를 모터 동작시 사용하는 에너지 회생 기능이 있어 하이브리드 차량의 특징인 연료절감과 유해 배출가스를 줄일 수 있다.

3-3 개발차량

개발된 차량은 BC211M 시내버스로 총 4대가 제작되었다. 지자체 4곳(서울시 금천구, 대전시, 대구시, 부

산시)에서 지난 2월부터 시범운행하고 있으며 오는 7월부터 FX116HEV 좌석버스가 대구시, 부산시, 과천시, 여수 EXPO에서 운행될 예정이다.

4. 디젤 하이브리드 버스 성능시험 결과

연비시험은 부산 시내에서 같은 조건으로 여러번 주행하면서 얻은 실제 주행한 데이터를 평균하여 산출하였다. 당사에서 제작하는 버스의 성능을 실차 시험하는 주행모드를 기준으로 하여 기존 버스와 비교하였다.

1) 시험차량 : 디젤 HEV 버스, 디젤버스

2) 주행모드 : 부산 시내모드(총거리 24km, 평균속

도 21kph, 최대속도 60kph, 아이들 구간 26%)

3) 연비시험 결과

- ① 디젤버스 : 2.15km/L
- ② 디젤 HEV 버스 : 2.79km/L (디젤 대비 29.8% 향상)
2.93km/L (디젤 대비 36.3% 향상, 아이들스톱 적용)

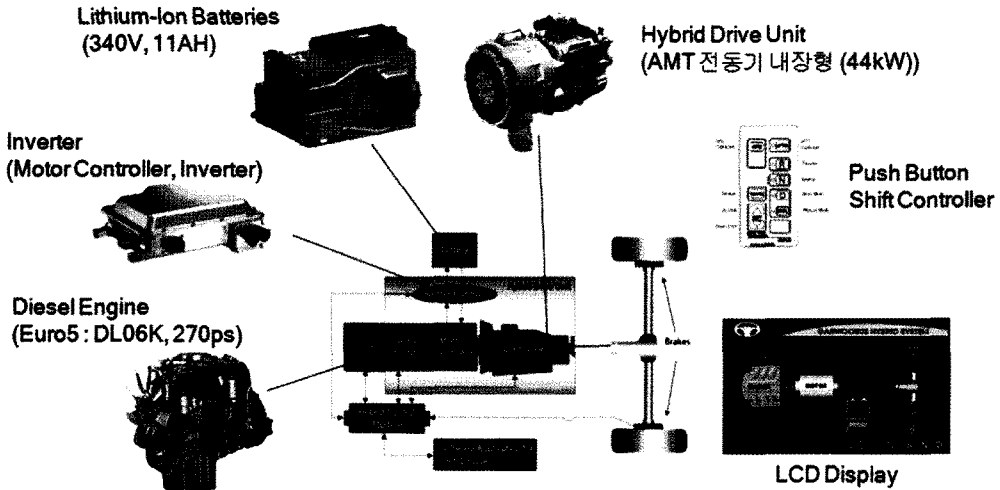
4) 부일여객(5번 노선) 자체 연비시험 결과

- ① 시험기간 : 2/19~3/29
- ② 디젤 HEV 버스 : 2.748m/L (디젤 대비 28% 향상)

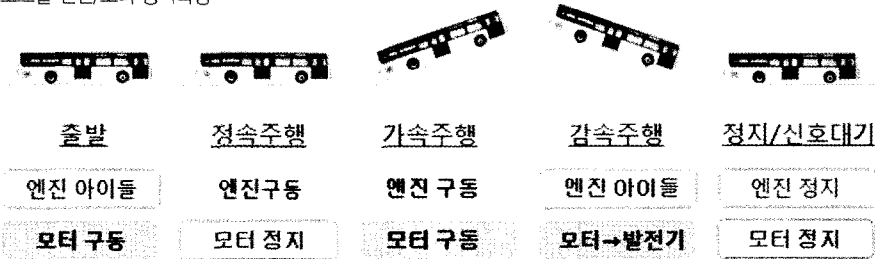
5. 디젤 하이브리드 버스 보급의 기대효과

디젤 하이브리드 버스는 대중성, 공공성이 매우 높은

<그림> 하이브리드 시스템 구성도



<그림> 주행모드별 엔진/모터 동작특성




자동차 분야임에도 국가적인 기술개발 정책에서 항상 후순위로 밀리는 느낌을 지울 수가 없다. 이번 디젤 하이브리드 버스개발 및 시범운행 관련하여 클린 디젤 및 하이브리드 버스의 친환경 차량개발의 당위성과 필요성을 재차 알리는 좋은 계기를 마련했다.

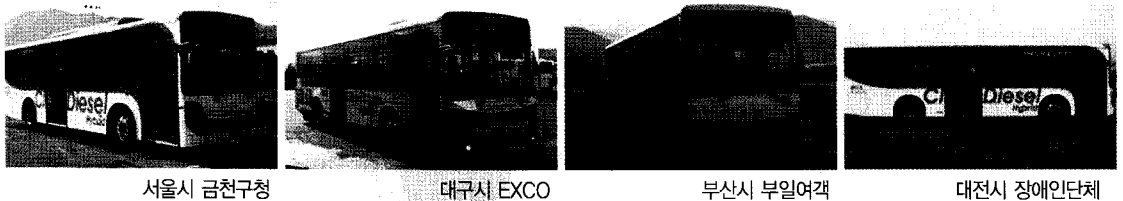
연료절감과 유해배출가스를 줄이기 위한 클린 디젤 하이브리드 버스 개발은 기존 디젤버스에 고효율 엔진과 모터가 내장된 AMT를 결합한 형태의 병렬형 타입으로 개발되었으며, 핵심 구성요소들을 이상적으로 결합시키기 위해서는 하이브리드 모듈의 차량의 전반적인 부품개발과 통합 제어 기술들이 동시에 진행되어야 가능하다.

본 과제를 통해 개발된 차량은 현재시점에서 가장 빠른 시간 내에 구현 가능한 디젤 하이브리드 버스로서 관련 기술은 미래의 고유가 시대와 저탄소 녹색성장의 친환경 정부 정책에 가장 부합하는 기술임을 알 수 있다.

디젤 하이브리드 버스 핵심부품의 기술적인 부분의 해결되어 부품 국산화로 대체된다면 기계, 전기, 전자, 제어 분야에서 기술수준이 상당히 향상될 것으로 기대되며, 상용차량인 버스의 해외 수출 시 각국의 환경규제에 적극적으로 대응 가능한 친환경버스이니 향후 적극적인 지원이 필요하다. 하이브리드 및 디젤 부품 개발로 인한 관련 업체의 기술적 파급효과가 매우 클것으로 예상되며, 이에 따라 기대되는 기술적 효과는 다음과 같다.

- 디젤 및 하이브리드 차량용 고효율 엔진 개발로 연비향상, 유해배출가스 저감 실현
- 연비절감 및 차량성능 향상으로 환경규제 대응 및 해외 수출 증대
- 디젤 핵심부품 설계, 제작 기술 및 제어 기술 확보로 수입 대체 효과
- 자동차 산업의 기술력 향상 및 국제 경쟁력 확보
- 연비절감에 따른 국내 에너지 소비 절감
- 유해 배출 가스 저감으로 대기오염 개선 

〈그림〉 지자체 4곳에서 지난 3월부터 시범운행



서울시 금천구청

대구시 EXCO

부산시 부일여객

대전시 장애인단체

〈그림〉 부산시내모드 주행로 및 주행속도

