

## 전기자동차 및 내연기관 자동차의 최대 주행 거리 비교 분석

김 정 민\*

안동대학교 기계자동차공학과

### Comparative Analysis of Maximum Driving Range of Electric Vehicle and Internal Combustion Engine Vehicle

Jeongmin Kim\*

Department of Mechanical & Automotive Engineering, Andong National University, Gyeongbuk 760-749, Korea  
(Received 16 August 2012 / Revised 5 October 2012 / Accepted 27 November 2012)

**Abstract** : In this paper, EV (Electric Vehicle) and ICE (Internal Combustion Engine) vehicle simulators are developed to compare maximum driving range of EV and ICE vehicle according to different driving patterns. And, simulations are performed for fourteen constant velocity cases (20, 30, 40, ..., 150 km/h) and four different driving cycles. From the simulation results of constant velocity, it is found that the decreasing rate of maximum driving range for EV is larger than the one for ICE as both the vehicle velocity and the driving power increase. It is because the battery efficiency of EV decreases as both the velocity and the driving power increase, whereas the engine and transmission efficiencies of ICE vehicle increase. From the results of four driving cycle simulation, the maximum driving range of EV is shown to decrease by 50% if the average driving power of driving cycle increases from 10 to 20kW. It is because the battery efficiency decreases as the driving power increases. In contrast, the maximum driving range of ICE vehicle also increases as the average driving power of driving cycle increases. It is because the engine and transmission efficiencies also increase as the driving power increases.

**Key words** : Electric vehicle(전기자동차), Vehicle simulation(차량 시뮬레이션), Driving range(주행거리), Fuel economy(연비), Efficiency(효율)

### 1. 서 론

화석연료의 고갈과 지구 온난화 및 공기오염 등의 문제는 친환경 그린카 개발에 대한 연구개발 투자를 가속화 시키고 있다. 특히, 전기자동차(EV: electric vehicle)의 경우 공기 오염이 크게 문제가 되는 도심지역에서 무공해 차량(ZEV: zero emission vehicle)으로서 주행될 수 있으며, 동력원인 전기를 생산하기 위하여 화석연료 뿐만 아니라 수력, 풍력, 태양광 에너지 등의 친환경 에너지를 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에, 친환경 그린카의 최적 모델

로 인정받고 있다.

이러한 상황에서, 전기차 보급 관련 정부 정책의 방향 및 전기자동차 기술 개발 방향을 결정하기 위한 전기차 시뮬레이션 관련 연구가 다수 진행되었다. 먼저, 전기자동차 시뮬레이션을 위한 에너지저장소(배터리), 구동시스템(모터, 인버터) 등의 시뮬레이션 모델 개발과 관련된 연구가 선행되었다.<sup>1-5)</sup> 이를 바탕으로 환경 및 경제적 측면에서, 플러그인 하이브리드 전기 자동차(PHEV: plug-in hybrid electric vehicle)를 포함한 전기자동차가 보급되게 되면, 기존 가솔린 차량 대비 약 40~50% 이산화탄소 배출량 감소 및 약 65~84% 운행 비용 감소 효과가 있음

\*Corresponding author, E-mail: [jmk@andong.ac.kr](mailto:jmk@andong.ac.kr)

을 전기차 시뮬레이션 연구를 통해 보고된 바 있다.<sup>6)</sup> 그리고, 최적의 전기자동차를 설계하기 위한 시뮬레이션 연구로서, 동력원 용량 및 주행특성에 따른 전기자동차의 에너지 소비 특성을 분석한 연구 등이 수행되었다.<sup>7,8)</sup> 또한, 배터리는 충전 상태에 따라 내부 저항(internal resistance)과 개로전압(open circuit voltage)이 변하여 최대 충전 파워 및 효율이 변하기 때문에,<sup>9)</sup> 전기자동차의 모든 주행 조건에서의 특성 분석을 수행하기 위하여, 전기자동차의 최대 충전에서 최대 방전 주행시 주행 특성을 도출하는 시뮬레이션 연구가 수행되었다.<sup>10,11)</sup> 하지만, 위 연구들은 전기자동차만의 주행 특성만을 연구하였을 뿐, 내연기관 자동차와 비교한 결과를 도출하지 못하였다. 특히, 전기자동차가 기존의 내연기관(ICE: internal combustion engine) 자동차와 동등한 수준의 주행 거리 성능을 가질 수 있으며, 차이가 나는 여부를 판단할 수 없었다.

이에 이 연구에서는, 전기자동차가 기존의 내연기관 자동차와 동등한 주행 거리 성능을 가질 수 있으며, 주행 상황에 따른 주행 거리 성능이 차이가 나는지 여부를 판단할 수 있도록, 두 자동차의 최대 주행 거리를 비교 분석하고자 한다.

## 2. 차량 성능 분석 시뮬레이터

이 연구에서는 전기자동차 및 내연기관 자동차의 최대 주행거리 분석을 위하여 전기자동차 및 내연기관 자동차 성능 분석 시뮬레이터를 개발하였다.

### 2.1 전기자동차 시뮬레이터

Fig. 1은 이 연구에서 개발한 전기자동차 최대 주행 거리 분석 시뮬레이터이다. 이 시뮬레이터는 집중질량 기반 차량동역학 모델과 모터, 배터리, 감속기 등의 파워트레인 모델 및 차량 주행을 위한 제어 로직 모델을 포함하고 있다. 모터, 배터리, 감속기 등의 파워트레인 모델은 각 요소별 특성식 및 실험값을 기반으로 모델링 하였다. 본 연구의 전기자동차 시뮬레이터에 사용된 파라미터는 Table 1과 같다.<sup>12)</sup>

이 연구에서 개발한 전기자동차 시뮬레이터의 성능을 검증하기 위하여 NEDC(New European Driving Cycle) 모드의 시뮬레이션을 수행하였다. NEDC 모드를 선택한 이유는, 공개된 차량 시험 결과가 NEDC 모드로 수행되었기 때문이다.<sup>13)</sup> 배터리의 충전상태인 SOC(State Of Charge)가 90%에서 10%로 감소할 때, 시뮬레이션 결과는 총 주행거리는 176km를 보였으며, 이는 공개된 차량 시험 결과 최대 주행거리 175km와 유사한 결과이다.

### 2.2 내연 기관 자동차 시뮬레이터

Fig. 2는 이 연구에서 개발한 내연기관 자동차 최대 주행 거리 분석 시뮬레이터이다. 이 시뮬레이터는 집중질량 기반 차량동역학 모델과 엔진, 토크컨버터를 포함한 자동변속기 등의 파워트레인 모델 및 차량 주행을 위한 제어로직 모델을 포함하고 있다. 엔진 및 자동변속기 등의 파워트레인 모델은 각 요소별 특성식 및 실험값을 기반으로 모델링하였다.

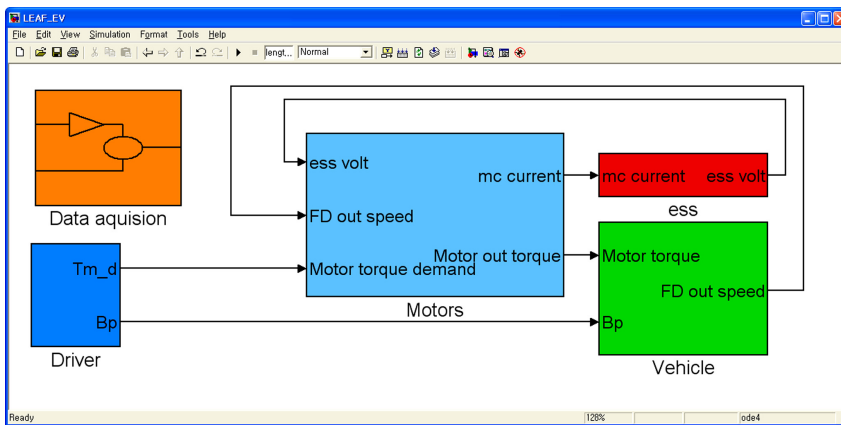


Fig. 1 Electric vehicle simulator

전기자동차 및 내연기관 자동차의 최대 주행 거리 비교 분석

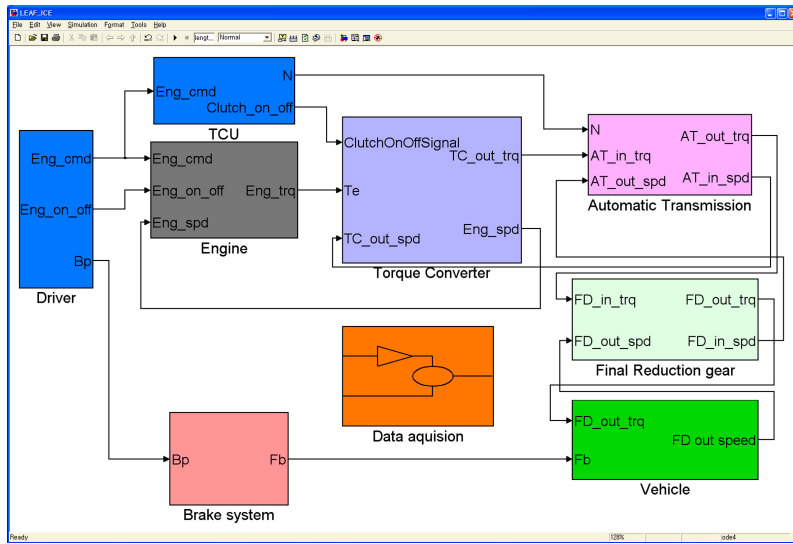


Fig. 2 Internal combustion engine vehicle simulator

Table 1 EV simulator parameters

Electric motor		
항목	제원	단위
Elec. motor type	AC synchronous	-
Max. engine power	80/2730-9800rpm	kw
Max. torque	280/0-2730rpm	Nm
Max RPM	10,390	-
Battery		
Type	Laminated lithium ion	-
Voltage	345	V
Capacity	24	kWh
Number of cells	192	-
Drive train		
Final drive ratio	7.9377	-
Driven wheels	Front	-
Tire		
Tyre Size	205/55R16	-
Weights & Dimensions		
Kerb weight (min./max.2)	1,525/1,595	kg
Gross vehicle weight	1,965	kg
Cd	0.29	-
Frontal area	2.27	m <sup>2</sup>

본 연구의 내연기관 자동차 시뮬레이터에 사용된 파라미터는 Table 2와 같다. Table 2에서, 내연기관 자동차의 경우 전기 자동차와 비교를 위하여, 엔진 및 변속기를 제외한 차량 질량, 타이어, 공기저항 계수등은 동일한 값을 사용하였다.

Table 2 Internal combustion engine vehicle simulator parameters

Engine		
항목	제원	단위
Engine type	Gasoline (4 Cylinder)	-
Max. engine power	91/6000rpm	kw
Max. torque	152/4600rpm	Nm
Max RPM	6000	-
Transmission		
Type	6 speed	-
Gear ratio	1st	4.212
	2nd	2.637
	3rd	1.8
	4th	1.386
	5th	1.0
	6th	0.772
Drive train		
Final drive ratio	3.32	-
Driven wheels	Front	-
Tire		
Tyre Size	205/55R16	-
Weights & Dimensions		
Kerb weight (min./max.2)	1,525/1,595	kg
Gross vehicle weight	1,965	kg
Cd	0.29	-
Frontal area	2.27	m <sup>2</sup>

이 연구에서 개발한 내연기관 자동차 시뮬레이터의 성능을 검증하기 위하여 UDDS(Urban Dynamometer Driving Schedule)를 사용하였다.

meter Driving Schedule) 및 HWFET(Highway Fuel Economy Test)사이클의 시뮬레이션을 수행하였다. 위 두 모드를 선택한 이유는, 공개된 차량 시험 결과가 대부분 UDDS 및 HWFET 모드로 수행되었기 때문이다.<sup>14,15)</sup> 내연기관 자동차의 동력원인 휘발유는 주유량과 상관없이 늘 동일한 조건을 가지므로, 내연기관 자동차의 시뮬레이션 결과는 단위 연료당 주행거리(km/L)로 도출하였다. 다만, 엔진이 차가울때(Cold)와 뜨거울때(Hot) 결과가 다르나, 본 연구에서는 뜨거운 경우의 결과만 도출하였다. 시뮬레이션 결과는UDDS모드는 16.9km/L, HWFET 모드는 22.6km/L로, 이는 공개된 차량 시험 결과 16km/L 및 24km/L와 유사한 결과이다.

### 3. 주행 상황에 따른 최대 주행 거리 비교

본 연구에서는 각기 다른 차량속도 및 4개의 인증 사이클을 주행 하였을 때의 최대 주행 거리를 비교 분석하고자 한다. 각기 다른 차량속도에 따라 최대 주행거리 특성 분석을 수행하고, 그 결과를 바탕으로 전기자동차의 최대 주행 거리가 4개의 인증 사이클에 따라 차이가 나는 이유를 비교 분석한다.

#### 3.1 차량 속도에 따른 최대 주행 거리

전기자동차 및 내연기관 자동차의 차량 속도별 최대 주행 거리를 분석하기 위하여, 차량속도 20km/h 부터 10km/h 간격으로 증가시켜, 차량속도 150km/h 까지 총 14회의 정속주행 시뮬레이션을 수행하였다. Table 3은 이 시뮬레이션 결과를 정리한 것이다. 여기서 내연기관 자동차의 경우 연료가 10L 주유되었다고 가정하였을 때의 최대 주행거리를 표기한 것이다. 연료량을 10L로 가정한 이유는, 이 연구에서 수행한 시뮬레이션 결과들을 분석한 결과, 연료량이 10L인 경우 내연기관 자동차와 전기자동차의 최대 주행거리가 평균적으로 비슷한 수치를 보였기 때문이다.

Fig. 3은 Table 3의 결과를 그래프를 이용하여 도시한 것이다. Fig. 3(a)는 전기자동차와 내연기관 자동차의 최대 주행거리 결과이다. 이 그래프에서 전기자동차는 차량속도 20km/h 로 주행할 경우 387.9 km를 주행할 수 있으나, 차량 속도가 증가할수록 최

Table 3 Simulation results for different vehicle velocity

주행상황		전기자동차	내연기관 자동차
정속 주행속도	주행 파워	최대 주행거리	최대 주행거리 (연료10L 주유시)
20 km/h	0.85 kW	387.9 km	193 km
30 km/h	1.4 kW	356.6 km	246 km
40 km/h	2.1 kW	317.8 km	269 km
50 km/h	3 kW	279.2 km	291 km
60 km/h	4.2 kW	245 km	298 km
70 km/h	5.7 kW	207.7 km	287 km
80 km/h	7.6 kW	177.6 km	271 km
90 km/h	9.8 kW	153.6 km	251 km
100 km/h	12.6 kW	130.7 km	225 km
110 km/h	15.9 kW	111.4 km	202 km
120 km/h	19.7 kW	94.8 km	183 km
130 km/h	24.2 kW	83 km	165 km
140 km/h	29.3 kW	71.5 km	147 km
150 km/h	35.2 kW	61.3 km	130 km

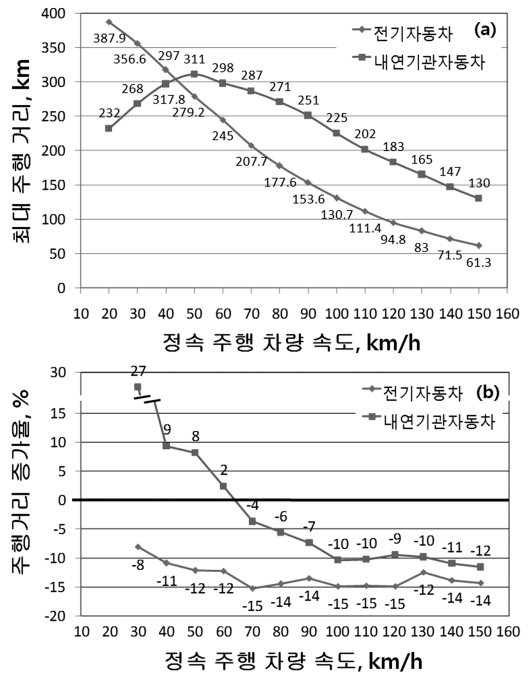


Fig. 3 Simulation results of maximum driving range

대 주행거리가 감소하여 차량속도 150km/h 주행 시에는 61.3 km 정도만 주행 할 수 있다. 내연기관 자동차의 경우, 차량속도 20km/h로 주행하면 최대 193km를 주행할 수 있으며, 차량속도가 증가함에

따라 차량속도 60km/h까지는 최대 주행거리 298km로 증가하며, 이후 차량속도가 증가하면 최대 주행거리는 감소한다. Fig. 3(b)는 차량속도가 10km/h 증가할 때마다 전기자동차와 내연기관 자동차의 주행거리 증가율을 도시한 것이다. 이 그래프에서, 차량속도가 10km/h 증가할 때마다 보이는 주행거리 감소율(증가율의 음의값)은 전기자동차가 내연기관 자동차보다 더 크음을 확인 할 수 있다. 전기자동차는 차량속도가 10km/h 증가할 때마다 8%~15%의 주행거리 감소율을 보인다. 반면, 내연기관 자동차는 차량속도가 20km/h에서 60km/h로 증가할 때는 주행거리가 증가하였으며, 증가율은 최대 27%를 보이다 9%, 8%, 2%로 작아진다. 내연기관 자동차의 차량속도가 60km/h에서 70km/h로 증가할 때, 주행거리는 4% 감소율을 보이며, 이후 차량속도가 10km/h 증가할 때마다 6%~12%의 주행거리 감소율을 보인다.

Fig. 4는 전기자동차의 주행 속도에 따른 배터리 및 모터 효율과 전기자동차의 총 전달 효율을 도시한 것이다. 전기자동차는 차량속도가 증가함에 따라 구동 파워가 증가하면서, 배터리 효율은 감소하고, 모터 효율은 대체로 증가하는 것을 볼 수 있다. 총 전달 효율은 차량 속도 60km/h까지 차량속도가 증가하면서 모터 효율이 증가함에 따라 함께 증가하지만, 이후 총 전달 효율은 차량속도가 증가함에 따라 72%까지 감소한다. Fig. 4를 통하여 전기자동차는 차량속도가 증가함에 따라 대체로 배터리 효율이 감소하고, 이 때문에 총 전달 효율이 감소하면서 Fig. 3의 전기자동차 최대 주행거리가 감소하는 비율이 내연기관 자동차에 비하여 큰 것을 알 수 있다.

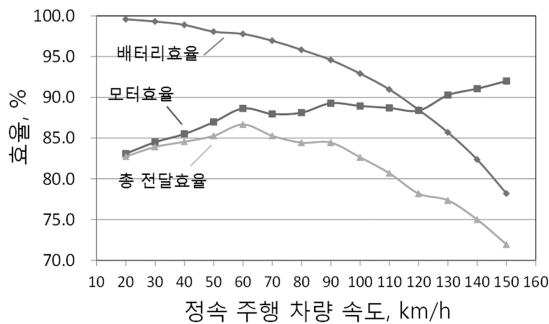


Fig. 4 Simulation results of battery and motor efficiency

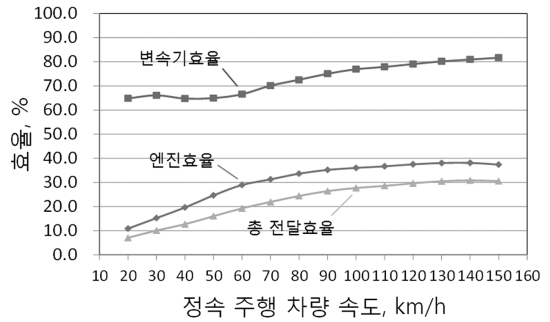


Fig. 5 Simulation results of engine and transmission efficiency

Fig. 5는 내연기관 자동차의 주행 속도에 따른 엔진 및 토크컨버터를 포함한 변속기의 효율과 총 전달 효율을 도시한 것이다. 엔진효율은 기존의 가솔린 내연기관 엔진과 유사한 평균 25% 내외의 효율을 보이며, 변속기는 평균 75% 내외의 효율을 보인다. 내연기관 자동차는 차량속도가 증가함에 따라 주행 파워가 증가하면서, 엔진 효율과 변속기 효율이 함께 증가하는 것을 볼 수 있다. 때문에, 총 전달 효율도 함께 증가하는 것이다. Fig. 5를 통하여 내연기관 자동차는 차량속도가 증가함에 따라 대체로 엔진과 변속기 효율이 증가하고, 이 때문에 총 전달 효율이 증가하면서 Fig. 3의 내연기관 자동차 최대 주행거리의 감소하는 폭이 전기자동차에 비하여 작은 것이다.

위 시뮬레이션을 통하여, 차량속도가 증가하여 주행 파워가 증가할 때의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 전기자동차: 모터 효율은 증가하나 배터리 효율이 감소하여 전체 동력 전달 효율이 감소하며, 이에 따라 최대 주행거리 감소율이 크다.
- 내연기관 자동차: 엔진 및 변속기 효율이 증가하여 전체 동력 전달 효율이 증가하며, 이에 따라 최대 주행거리 감소율이 작다.

### 3.2 인증 사이클에 따른 최대 주행 거리

3.1절에서는 특정 차속에서 정속 주행시 최대 주행거리와 그때의 동력원 효율 특성 분석을 수행하였다. 하지만, 특정 속도 구간이 실제 차량 주행에 어느 정도 사용되며, 이에 따라 차량 최대 주행 거리에 영향을 미치는지 평가할 필요가 있다. 예를 들면,

전기자동차의 경우 차량 속도 20km/h에서 최대 387.9km 주행을 할 수 있지만, 이는 속도가 너무 느리기 때문에 사용 빈도는 낮을 것이다. 또한, 전기자동차는 내연기관 자동차에 비하여 회생제동 수행을 통한 제동에너지 회수가 가능하기 때문에, 제동상황을 포함하는 주행 상황에서의 최대 주행거리 평가가 요구된다. 이에 이 절에서는 미국, 유럽 등에서 사용되는 4개의 인증 사이클을 주행 하였을 때의 전기자동차 및 내연기관 자동차의 최대 주행 거리 및 이때의 동력원 효율 특성을 분석 하고자 한다.

Fig. 6은 이 연구에서 사용된 4개의 인증 사이클이다. NEDC와 UDDS는 평균속도가 비교적 느린 주로 도심을 주행하는 상황이다. HWFET는 고속도로를 약 80~90km/h로 주행하는 상황이며, US06는 급가속과 급정거를 포함하며 고속(90~120 km/h)으로 주행하는 상황이다. 이들 사이클에 대한 최대 요구 파워와 평균파워 및 평균속도를 Table 4에 정리하였다. Table 4에 표시한 값들만으로 연구대상 주행 사이클들의 특성을 전부 설명될 수는 없지만, NEDC와 UDDS는 평균속도가 비교적 느리고, HWFET와 US06는 평균속도가 비교적 빠르다. 특히, US06의 경우 요구 주행 최대 및 평균 파워가 다른 3개 사이클에 비하여 크다.

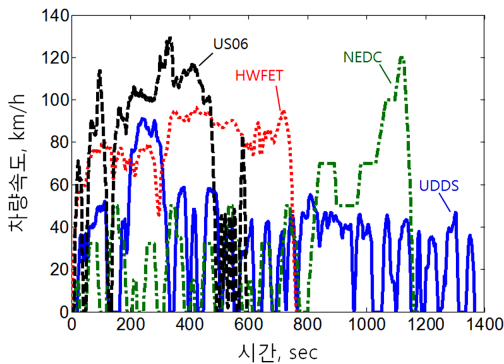


Fig. 6 Velocity profiles of four driving cycles

Table 4 Numerical data for four driving cycles

주행사이클	최대파워	평균파워	평균속도
NEDC	36.4 kW	6.5 kW	33.9 km/h
UDDS	35.5 kW	6.8 kW	31.7 km/h
HWFET	28.9 kW	9.7 kW	78 km/h
US06	86.8 kW	20.5 kW	77.6 km/h

Table 5 Simulation results for four driving cycles

주행사이클	최대 주행거리	
	전기자동차	내연기관 자동차 (연료10L 주유시)
NEDC	176 km	176 km
UDDS	196 km	169 km
HWFET	167 km	226 km
US06	102 km	170 km

위 4개 사이클에 대하여 전기자동차 및 내연기관 자동차의 주행 시뮬레이션을 수행하였으며, Table 5에 그 결과를 정리하였다. 전기자동차의 경우 UDDS를 주행하였을 때 최대 196km 주행할 수 있었으며, NEDC 및 HWFET를 주행하였을 때 176km 및 167km로 UDDS와 유사한 최대 주행거리를 보였다. 하지만, US06의 경우 최대 주행 거리가 102km로 UDDS에 비하여 약 50% 정도 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 Table 4에서 보는바와 같이 US06 사이클이 다른 주행 사이클에 비하여 주행 파워가 크며, 위 3.1절에서 확인한 바와 같이 주행 파워가 커지면 배터리 효율이 감소하여 전체 동력 전달 효율이 감소하기 때문에 최대 주행 가능 거리가 감소하는 것이다. Fig. 7에 각 주행 사이클을 주행하였을 때의 모터, 배터리 및 총 전달 평균 효율을 도시하였다. US06 사이클을 주행하였을 때, 다른 3개의 주행 사이클을 주행하였을 때에 비하여 배터리 평균 효율이 약 15% 정도로 낮은 것을 볼 수 있다. 이 때문에, US06 사이클을 주행하였을 때 최대 주행거리가 다른 3개 사이클에 비하여 급격히 감소하는 것이다.

내연기관 자동차의 경우 HWFET 사이클을 주행하였을 때 226km의 최대 주행거리를 보였으며, 나

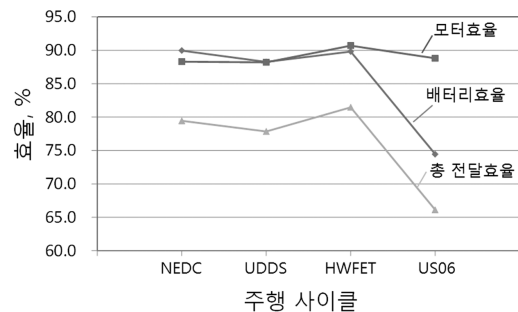


Fig. 7 Simulation results of battery and motor average efficiency

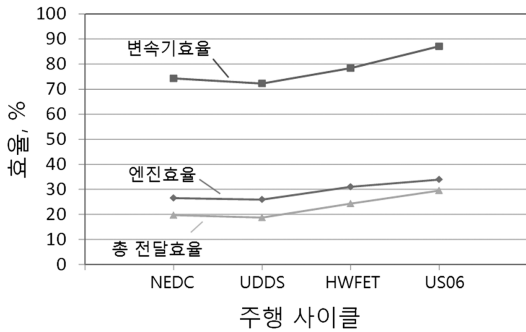


Fig. 8 Simulation results of engine and transmission Avg. efficiency

머지 3개 주행 사이클들도 약 170km 내외의 유사한 최대 주행거리를 보였다. 이는 기존의 내연기관 자동차의 도심 주행 연비보다 고속도로의 정속 주행 연비가 더 높은 것과 유사한 결과이다. Fig. 8에 각 주행 사이클을 주행하였을 때의 엔진, 변속기 및 총 전달 평균 효율을 도시하였다. 평균 주행속도가 빠른 주행 사이클(HWFET, US06)이 느린 사이클(NEDC, UDSS)에 비하여 엔진 및 변속기 평균 효율이 높은 것을 볼 수 있다. 이 때문에, NEDC 및 UDSS와 유사한 주행 파워가 요구되는 HWFET의 경우 전달 효율이 상대적으로 우수하여 주행 가능 거리가 약 50km 정도 더 길 수 있었으며, US06의 경우 큰 파워가 요구 됨에도 불구하고 전달 효율이 우수하여 NEDC 및 UDSS와 유사한 주행 가능 거리를 보인 것이다.

위 4개 주행 사이클 시뮬레이션 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 전기자동차: 주행 파워가 큰 US06 주행 사이클을 주행하였을 때 NEDC, UDSS, HWFET 사이클에 비하여 평균 배터리 효율이 15% 정도 낮고, 이에 따라 최대 주행 가능 거리가 급격히 감소한다.
- 내연기관 자동차: 평균 주행속도가 빠른 주행 사이클(HWFET, US06)이 느린 사이클(NEDC, UDSS)에 비하여 엔진 및 변속기 평균 효율이 높으며, 이에 따라 NEDC 및 UDSS와 유사한 주행 파워가 요구되는 HWFET의 경우 전달 효율이 상대적으로 우수하여 주행 가능 거리가 약 50km 정도 더 길 수 있었으며, US06의 경우 큰 파워가 요구 됨에도 불구하고 전달 효율이 우수하여 NEDC 및 UDSS와 유사한 주행 가능 거리를 보인다.

#### 4. 결론

이 연구에서는 전기자동차 및 내연기관 자동차의 최대 주행 거리를 비교 분석 하였다. 이를 위하여 전기자동차 및 내연기관 자동차 성능 분석 시뮬레이터를 개발하였으며, 각기 다른 차량속도 및 NEDC, UDSS, HWFET, US06 4개의 인증 사이클을 주행 하였을 때의 최대 주행 거리 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

- 1) 차량속도가 증가하여 주행 파워가 증가하면, 전기자동차는 모터 효율은 증가하나 배터리 효율이 감소하여 전체 동력 전달 효율이 감소하며, 이에 따라 최대 주행거리 감소율이 크다.
- 2) 차량속도가 증가하여 주행 파워가 증가하면, 내연기관 자동차는 엔진 및 변속기 효율이 증가하여 전체 동력 전달 효율이 증가하며, 이에 따라 최대 주행거리 감소율이 작다.
- 3) 전기자동차는 주행 파워가 큰 US06 주행 사이클을 주행하였을 때 NEDC, UDSS, HWFET 사이클에 비하여 평균 배터리 효율이 15% 정도 낮고, 이에 따라 최대 주행 가능 거리가 급격히 감소한다.
- 4) 내연기관 자동차는 평균 주행속도가 빠른 주행 사이클(HWFET, US06)이 느린 사이클(NEDC, UDSS)에 비하여 엔진 및 변속기 평균 효율이 높으며, 이에 따라 NEDC 및 UDSS와 유사한 주행 파워가 요구되는 HWFET의 경우 전달 효율이 상대적으로 우수하여 주행 가능 거리가 약 50km 정도 더 길며, US06의 경우 큰 파워가 요구 됨에도 불구하고 전달 효율이 우수하여 NEDC 및 UDSS와 유사한 주행 가능 거리를 보인다.

이 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과는 전기자동차 평가모드 개발, 효율 증가를 위한 주행전략 개발 및 전기자동차 동력원 선정 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 후 기

이 논문은 2012학년도 안동대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

#### References

- 1) J. Lee and B. Cho, "Modeling and Simulation

- of Electrical Power System of Electric Vehicle,” KIEE Fall Conference Proceedings, pp.355- 358, 1996.
- 2) K. Oh, D. Kim, T. Kim, C. Kim and H. Kim, “Efficiency Measurement and Energy Analysis for a HEV Bench Tester and Development of Performance Simulator,” Int. J. Automotive Technology, Vol.6, No.5, pp.537-544, 2005.
  - 3) J. Kim, K. Oh, J. Lee, J. Kim and H. Kim, “Development of 42-volt ISG Vehicle Drive Strategy and Simulator,” Transactions of KSAE, Vol.13, No.3, pp.1-9, 2005.
  - 4) J. Oh, S. Kim, J. Bang and H. Kim, “Modeling, Simulation, and Control of an Electric Vehicle Powertrain,” KSAE Spring Conference Proceedings, pp.1779-1785, 2004.
  - 5) C. Zheng, C. Shin, K. Kim, B. Lee, W. Lim and S. Kang, “Simulation Research on Electric Vehicles,” KSAE Spring Conference Proceedings, pp.2363-2366, 2011.
  - 6) K. Lee and S. Han, “Potential Impacts and Energy Cost of Grid-Connected Plug-in Electric Vehicles,” Journal of Energy Engineering, Vol.19, No.2, pp.92-102, 2010.
  - 7) D. Lee, J. Jeong, C. Shin, Y. Park and S. Cha, “A Study on the Energy Consumption of an Electric Vehicle according to Various Component Size,” KSAE Annual Conference Proceedings, pp.2924-2928, 2011.
  - 8) D. Lee, H. Seo, J. Jeong, Y. Park and S. Cha, “The Analysis of Energy Consumption for an Electric Vehicle under Various Driving Circumstance,” Transactions of KSAE, Vol.20, No.2, pp.38-46, 2012.
  - 9) D. Karbowski, A. Rousseau, S. Pagerit and P. Sharer, “Plug-in Vehicle Control Strategy: From Global Optimization to Real Time Application,” 22th International Electric Vehicle Symposium (EVS22), 2006.
  - 10) B. Kil, C. Cho, Y. Pyo and G. Kim, “Optimized Strategy of Neighborhood Electric Vehicle with Driving Schedules,” Transactions of KSAE, Vol.18, No.3, pp.53-59, 2010.
  - 11) J. Cho and J. Choi, “Study on Sensitivity Analysis for Driving Range Improvement based on Energy Simulation of a Battery Electric Vehicle,” KSAE Annual Conference Proceedings, pp.3029-3034, 2010.
  - 12) Nissanhelp, Models-2012 Leaf, <http://www.nissanhelp.com>, 2012.
  - 13) Wikipedia, Nissan Leaf, [http://en.wikipedia.org/wiki/Nissan\\_Leaf](http://en.wikipedia.org/wiki/Nissan_Leaf), 2012.
  - 14) Hyundai-Forums, 2012 Elantra MPG, <http://www.hyundai-forums.com>, 2012.
  - 15) R. Kim, B. Vance, Comparison: 40 MPG Compact Sedan, [http://www.motortrend.com/roadtests/sedans/1208\\_40\\_mpg\\_compact\\_sedan\\_comparison](http://www.motortrend.com/roadtests/sedans/1208_40_mpg_compact_sedan_comparison), 2012.