

## 하이브리드 자동차의 연구분야

### Challenges of a Hybrid Electric Vehicle

<p><b>전 순 일</b> 서울대학교 박사과정 Soonil Jeon / Seoul National University</p>		<p><b>안 국 현</b> 서울대학교 박사과정 Kukhyun Ahn / Seoul National University</p>	
<p><b>박 영 일</b> 서울산업대학교 교수 Young-il Park / Seoul National University of Technology</p>		<p><b>이 장 무</b> 서울대학교 교수 Jang-moo Lee / Seoul National University</p>	

기존 내연기관과 비교하여 연료소비와 배기가스 저감을 목표로 하는 하이브리드 자동차 개발이 소기의 목적을 달성하기 위해서는 다음과 같은 해결 과제들이 있다.

#### 첫째, 하이브리드 자동차의 각 부품에 대한 성능 최적화가 수행되어야 한다.

즉, 엔진은 동급 내연기관과 비교해 작은 스펙을 사용하여 특별한 제어전략을 적용하지 않아도 엔진 작동점을 고효율점으로 이동시키는 효과와 엔진 질량을 감소시키는 효과를 동시에 구현할 수 있어야 하며 또한, 연소효율을 향상시킬 수 있는 기술, 린번(Lean-burn)전략, 피스톤과 실린더의 마찰감소를 구현할 수 있는 실린더 내의 레이아웃 변경 및 피스톤의 마이크로딴플(Micro-dimple)처리, 다운 사이즈된 엔진에 적합한 노즐 사이즈의 채택 및 최적화된 연료 분사시스

템 등과 같은 기술들이 적용되어야 한다.

모터에 관해선 엔진 사이즈에 비해 비교적 작은 급의 모터를 엔진의 플라이휠 측에 직결시키는 마일드 하이브리드 시스템(Mild Hybrid Electric Vehicle)의 경우는 고토크를 구현할 수 있는 고효율 초박형 DC Brushless 모터 개발이 선행되어야 한다.

또한, 엔진 다운사이징 효과를 극대화하기 위해 최소화된 엔진을 사용하는 하이브리드 자동차에서는 마일드 하이브리드에서 사용하는 모터에 비해 2~3배 이상의 동력을 내는 고효율 모터를 필요로 하며 엔진과 더불어 모터 작동점을 최적화하기 위하여 엔진과 기어비 1:1로 직결시키는 방법 및 체인과 기어열과 같은 연결기어장치를 사용하여 1:1이상의 기어비를 구현하는 방안에 대한 검토가 수행되어야 한다.

배터리는 도요다의 프리우스와 혼다의 인사이트에서 사용하는 NI-MH(Nickel Metal Hydride)와 같은 Energy Density와 Power Density가 우수한 경량의

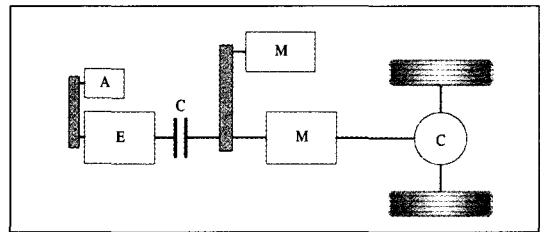


## 하이브리드자동차

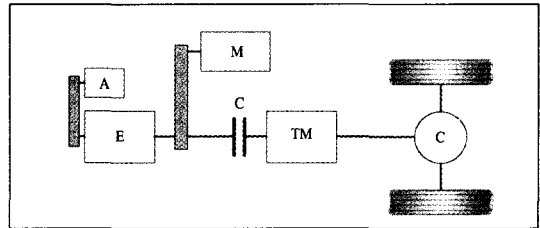
에너지 저장장치가 선호되며 배터리 에너지 잔존량(State of Charge)과 작동 온도에 따라 배터리 성능 감소를 최소화 할 수 있는 안정된 배터리 시스템 개발이 필수적이다. 또한, 모터의 파워를 제어하는 인버터 또한 냉각을 원활하게 수행할 수 있는 구조를 갖추고, 파워 스위칭시의 효율이 우수하며, 자동차 레이아웃과 관련하여 컴팩트한 사이즈의 시스템이 개발되어야 한다. 변속장치로는 자동변속기(AT), 자동화변속기(AMT), 무단변속기(CVT), 수동변속기(MT) 등이 하이브리드의 구조 및 사양에 맞게 선택될 수 있으며, 일반적으로 엔진 작동영역에 따라 연비 및 배기가스의 성능 변화가 심한 가솔린 엔진을 사용하는 하이브리드 시스템에서는 무단변속기가 적절하며 가솔린 엔진에 비해 비교적 고른 영역에서 좋은 성능을 발휘하는 디젤엔진이 장착된 하이브리드 자동차에서는 자동화변속기가 바람직하다. 차체 경량화와 공기역학특성을 고려한 차체설계 또한 하이브리드 시스템의 성패를 좌우하는 중요한 기술중의 하나이며 방법으로 알루미늄과 같은 경량의 재료를 사용하여 차체 총 질량을 줄이되(혼다 인사이트의 경우 알루미늄 바디를 사용하여 대상 내연기관 차량에 비해 차체 질량을 47% 저감시켰다.) 충돌시의 안전성을 고려하여 전후방에 대해서는 충돌 에너지 흡수율을 향상시키기 위한 차체와 절단면(Cross-section Area) 형상의 최적설계를 수행해야 하며 측면과 차체 중심부에 대해서는 조인트 부분의 강도 보강 및 캐빈의 굽힘과 비틀림 강성을 향상시켜야 한다. 위와 같이 하이브리드 자동차의 각 단품에 대한 성능 최적화를 수행한 예로 혼다의 인사이트 차량은 1.6리터급의 Civic 가솔린 자동차에 비해 약 85%의 연비 향상 효과를 이룰 수 있었다. 이 향상도 중에 모터 동력보조를 통한 하이브리드 기술로 인한 향상도는 25%, 최적화된 엔진을 적용한 효과는 30%, 차체 무게 절감을 포함한 나머지 단품의 성능 최적화로 얻은 효과 역시 30%로 보고되고 있다.<sup>[1]</sup>

**둘째, 하이브리드 시스템의 구조를 선정하고 엔진, 모터, 배터리의 동력원 용량 매칭을 포함한 각 구성 요소들의 조합을 최적화해야 한다.**

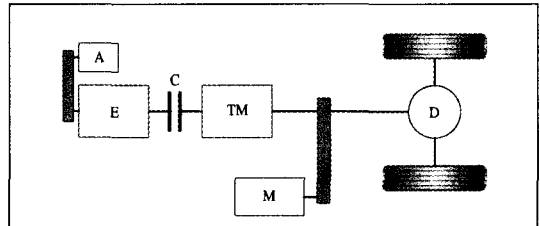
먼저, 최근에 활발히 연구되고 있거나 이미 상용화 되어있는 하이브리드 차량의 구조는 <그림 1 ~ 4>와 같다.



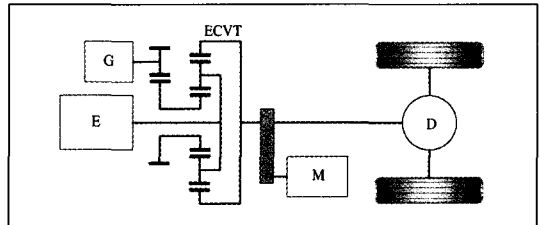
<그림 1> (Type A) Double-shaft Parallel HEV(Hybrid Electric Vehicle).



<그림 2> (Type B) Single-shaft Parallel HEV.



<그림 3> (Type C) Parallel HEV with a Motor Positioned After a Transmission.



<그림 4> (Type D) Toyota Prius (Power Split Configuration)

〈표 1〉 Nomenclature of 그림 1 ~ 4.

A	Alternator
C	Clutch
D	Differential Gear Box
E	Engine(Gasoline, Diesel)
ECVT	Electric CVT Using Planetary Gear
G	Generating Motor
M	Motor(AC, DC, BLDC, PM)
TM	Transmission(CVT, AMT, AT, MT)

〈그림 1〉의 Type A의 경우 다른 구조에 비해, 엔진 ON/OFF 제어를 통해 Idling시에 발생하는 배기가스 및 연료소비를 좀 더 줄일 수 있는 장점이 있으나 변속시 혹은 모터 모드에서 엔진 모드 또는 모터 모드에서 하이브리드 모드로의 모드 변환시, 클러치 결합으로 인한 과도 충격이 유발되며 이를 해결하기 위해 모터를 이용한 과도상태제어 또는 일방향 클러치(One-way Clutch)의 사용이 검토될 수 있다.

Type B에 비해 주행제어가 복잡하며 클러치 등 부가 시스템을 추가해야 하므로 제품개발 및 생산 비용이 높을 것으로 추정되고 Type C에 비해 동력 전달 용량이 큰 변속기가 필요하다. 〈그림 5〉와 〈표 2〉는 Type A에 해당하는 Nissan Tino<sup>[2]</sup>의 차량 구조 및 스펙을 예시하고 있으며 Fiat Multipla<sup>[3]</sup>와 참고문헌<sup>[4], [5], [6]</sup>에 제시된 자동차들도 이와 유사한 유형에 속한다.

〈그림 2〉의 Type B의 경우, 엔진 ON/OFF 제어를 통한 배기가스 및 연료 저감 효과는 Type A에 비해 적지만 모터 모드에서 엔진 모드 또는 모터 모드에서 하이브리드 모드로 변환시의 과도 충격은 적을 것으로 예측된다. 엔진과 모터가 항상 결합되어 있으므로 모터 모드시에는 엔진 관성으로 인한 에너지 손실이 유발되는 반면 재생제동 모드시에는 차량 감속에 따른 운동에너지뿐만 아니라 엔진 관성에 저장된 운동에너지를 배터리 충전에 부가적으로 이용할 수 있는 장점이 있다.

엔진 플라이휠에 모터가 직결되어 있을 경우 기존 엔진에서 엔진 회전진동 감소와 같은 목적으로 제작된 부품들(예: Balance Shaft)의 역할을 모터가 보조할 수 있으므로, 진동특성면에서 유리할 것으로 판단되며 기존의 부품들이 제거되거나 대체가 가능할 경우 엔진 연료소비 저감효과가 기대된다.

또한 사용되는 모터의 파워급에 따라서 에어컨과 파워스티어링 등을 위한 동력재생 및 엔진 시동이 가능하므로 기존의 시동모터와 얼터네이터의 제거가 검토될 수 있다. Honda Insight<sup>[7]</sup> 〈표 3〉, 곧 출시 될 무단 변속기 장착 Honda New Civic HEV, Ford Prodigy<sup>[8]</sup> 등이 이 유형에 속한다.

〈그림 3〉의 Type C의 경우, Type A와 B에 비해 주행제어 알고리즘이 비교적 간단하며 모터가 변속기 출력축에 결합되어 있으므로 기존 내연기관 차량에서 사용된 변속기의 변속제어 전략의 이용이 가능하다는 장점이 있다. 저속도에서 고토크 및 고효율 특성을 갖는 모터가 요구되므로 Type A와 B에 비해 상대적으로 큰 용량의 모터가 필요하지만 재생제동 효율이 우수하고, 비교적 적은 동력 전달 용량의 변속기가 사용될 수 있다는 장점이 있다.

또한, 변속기 출력축과 속도 및 토크 용량이 맞는 모터를 사용하거나 기타 연결기어장치를 사용해 용량을 맞추는 연구가 선행되어야 한다. 참고문헌<sup>[9], [10], [11], [12]</sup>에서 제시된 차량이 이 유형에 속한다.

〈그림 4〉의 Type D는 도요다 프리우스(표 4) 하이브리드 자동차에 사용된 동력분기형 구조로서<sup>[7]</sup>, 유성기어의 썸기어에 부착된 발전용 모터와 캐리어에 연결되는 엔진을 두개의 입력으로 하고 링기어에 연결된 구동용 모터를 하나의 출력으로 하는 파워트레인 구조를 취하고 있다.

썸기어와 링기어의 기어 잇수로부터 정해지는 엔진/발전용 모터/구동용 모터의 토크 관계식을 기반으로 발전용 모터의 속도를 조정함으로써 발전용 모터에 의

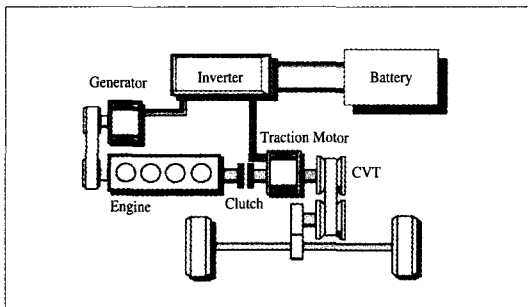


## 하이브리드 자동차

한 충/방전을 구현할 수 있을 뿐 아니라 전기적으로 작동되는 일종의 무단변속기 역할을 수행한다.

Type A, B, C에 비해 구조 및 제어가 복잡하지만 전체 시스템 효율면에선 가장 우수하다고 평가 받고 있으며 특징으로 별도의 클러치 없이 부드러운 엔진의 ON/OFF제어가 가능하고, 마찰 브레이크 사용을 최소화 하는 능동형 능동 재생 브레이크를 사용함으로써 재생 제동 효율을 높일 수 있다는 장점이 있는 반면 차량의 정상상태 주행 중에도 ECVT의 변속비 유지를 위하여 항시 동력이 소모된다는 단점이 있다.

엔진, 모터, 배터리의 동력원 매칭 방법으로는 사용 가능한 모든 엔진과 모터, 배터리 등의 조합에 대한 연비 및 가속성능 시뮬레이션을 통해 최적의 조합을 찾아내는 방법과<sup>(13,14)</sup>, 엔진과 모터의 스케일링에 대한



〈그림 5〉 Configuration of Nissan Tino (2)

〈표 2〉 Specifications of Nissan Tino (2).

Engine	4-cylinder DOHC, 1.8 L, 73 kW Continuously Variable Intake Valve Timing Electronically Controlled Throttle
Traction Motor	Permanent Magnetic Synchronous Motor 17 kW
Generator	Permanent Magnetic Synchronous Motor 13 kW
Battery	Li-ion Battery with Mn Electrode
Transmission	Motor-integrated Belt CVT with Motor-driven Oil Pump
Clutch	Electromagnetic Clutch

〈표 3〉 Specifications of Honda Insight (7)

Engine	1.0-L 3-cylinder "VECT" Valve Control Lean Burn Operation Exhaust Manifold Cast in Cylinder Head
Motor	Brushless Permanent Magnet DC 10kW Peak
Battery	Manufacturer : Panasonic Nickel Metal-Hybrid Spiral-wound Cells - 0.9kWh 10kW - 20kg
Transmission	5-speed Manual Transmission
Vehicle	2-passenger Sedan 2 Door 2,125-lb Curb Weight 4-kw (5.4-HP) Road Load at 50mi/hr (80 km/hr) Aluminum Body

〈표 4〉 Specifications of Toyota Prius (7)

Engine	1.5-L in-line 4-cylinder, DOHC, 4-valve, VVTi Aluminum Block and Head 43kW @ 4,000 RPM (max speed) Electronic Throttle SPFI
Motor	Brushless Permanent Magnet DC Generator : 15kW @ 4,800 RPM Motor : 30kW @ 6,000 RPM
Battery	Manufacturer : Panasonic Nickel Metal-Hybrid Spiral-wound cells - 1.8kWh 21kW - 40kg
Vehicle	5-passenger Sedan 4 Door 2700-lb Curb Weight 5.4-kw (7.2-HP) Road Load at 50mi/hr (80 km/hr)

모델링을 기반으로 수학적 최적화 기법을 적용하는 방법이<sup>(15~17)</sup> 있다.

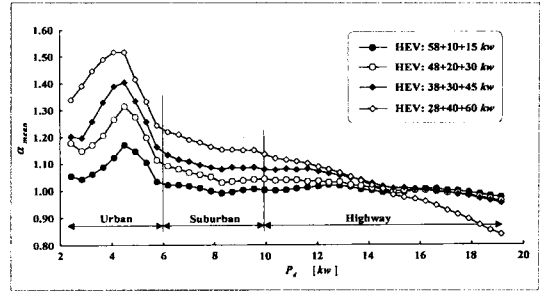
전자의 경우 참고문헌<sup>(13)</sup>에서 총 180만개의 조합에 대한 시뮬레이션을 수행했다는 사실에서 알 수 있듯이 방대한 시뮬레이션 시간이 요구되는 단점이 있으나 실용적인 결과를 도출할 수 있는 장점이 있으며 후자의 경우 일반적으로 수학적 최적화 결과가 현재 존재하지 않는 엔진과 모터의 조합이라는 단점이 있으나 이와

같은 결과는 새로운 엔진과 모터의 개발 및 이들 시스템의 동력 스케일링시에 참고자료로 사용될 수 있다. 하지만 위에서 제시한 두가지 방법 모두는 특정한 주행사이클이 주어질 경우에만 결과를 도출할 수 있다는 한계점을 가지고 있다. 이와같은 단점을 극복하고자 자동차의 평균 요구 파워량을 임의의 주행사이클을 대표할 수 있는 인자로 선택하여, 임의의 주행사이클에서 동급 내연기관대비 하이브리드 자동차의 연비 향상도를 평가하는 방법이 있다<sup>[18]</sup>. 이 방법에서는 자동차가 주행하기 위해 필요한 에너지는 일단 주행부하 모델링과 관련된 차량스펙이 정해진 상태에서 내연기관 차량과 HEV 및 이들의 주행제어 방법과 무관하게 구할 수 있다는 사실을 전제로 내연기관 자동차는 하나의 운전점 하이브리드 자동차는 충전점과 방전점으로 이루어진 두개의 운전점을 사용한다는 가정을 기초로 하고 있다.

〈그림 6〉은 위 방법을 적용했을 때, 임의의 주행사이클에 대한 연비 향상도를 나타내고 있다(이 1.3일 때, 연비향상도는 30%임을 의미) 즉 이와같은 방법은 자세한 HEV 시뮬레이션 없이 평균 요구 파워량으로 대표될 수 있는 임의의 주행사이클에서 용량매칭에 대한 평균적인 영향도를 쉽게 평가할 수 있다는 장점이 있는 반면 HEV의 주요한 주행제어 전략인 엔진 ON/Off, Fuel Cut-off 등의 영향도를 고려할 수 없다는 단점이 있다. 위에서 언급한 세가지 용량매칭기법들의 장점이 충분히 활용된다면 다양한 도심/시외/고속도로 패턴에 대해서 고른 성능 향상도를 나타내는 용량매칭 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

### 셋째, 최적화된 주행제어 전략을 개발해야 한다

하이브리드 자동차의 주행제어 전략으로는 일반적으로 Global 최적화 기법과 Local 최적화를 사용한 전략 두가지로 분류할 수 있다. 즉 특정한 주행사이클에



〈그림 6〉 Fuel-economy Improvement Ratio of a Parallel HEV Compared with a Base-line Conventional Vehicle as to four HEV Component Sizes in Random Driving Cycles.

서 Dynamic Programming, Pontryagin's Minimum Principle, Linear Programming을 적용한 결과를 바탕으로 Rule-base된 주행제어 알고리즘을 추출하는 기법<sup>[19~21]</sup>은 전자에 해당되며 전기에너지 총/방전량을 화학연료 소모나 배기가스 배출량으로 변환시키는 등가 연비 또는 등가 배기가스 개념을 적용하여 실시간 최적화를 수행하는 방법<sup>[22~25]</sup>은 후자에 해당한다.

전자와 같은 Global 최적화 기법은 특정한 주행사이클을 미리 알고 있다는 것을 전제하므로 이와같은 기법을 도입하여 실제주행에 사용할 수 있는 제어전략을 추출하는 것이 해결해야 할 과제이며 후자의 경우 모터에 의한 총/방전이 동시에 존재할 수 없는 실제 상황에서 전기에너지를 화학에너지로 등가시키는 신뢰성 있는 과정이 요구된다.

위의 두가지 주행제어 전략에 해당되지 않는 제어기법으로, 주행 패턴 인식을 기반으로 하는 다중모드 주행 제어 전략(Multi-Mode Driving Control Strategy)<sup>[26~27]</sup>이 있다.

다중모드 주행제어란, 실제 주행시, 과거 몇 백 초동안의 운전 패턴을 바탕으로 미래 몇 십 초동안의 주행 패턴을 미리 설정해 놓은 대표주행패턴 중의 하나로 인식해서 인식된 대표주행패턴에서 오프라인으로 준 최적화된 주행제어 파라미터 셋(Set)을 호출해 사용



## 하이브리드 자동차

하는 제어파라미터 변환 기법이다.

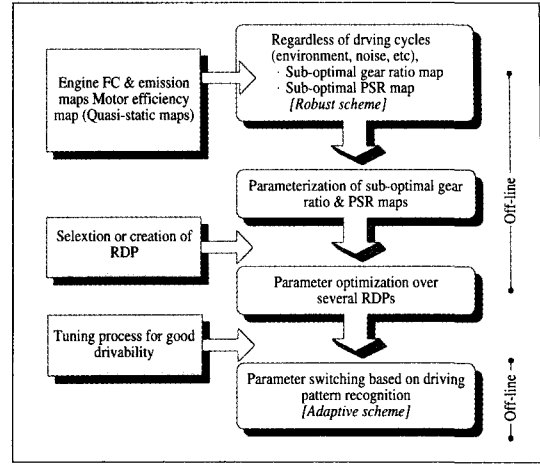
이 주행전략에는 주행제어 파라미터 셋의 관점에서 봤을 때 미래 몇 십 초동안의 주행 패턴은 과거 몇 백 초 동안의 패턴과 크게 다르지 않다는 가정을 전제로 하고 있다. 이와같은 주행 제어전략은 LA#4와 같은 특정한 표준 사이클에서 최적화된 기존의 주행제어 알고리즘이 실제 주행에 적용되었을 때에 일반적으로 야기되는 연비 및 배기가스 성능 감소를 줄이는 것을 그 목적으로 하고 있다.

본 제어 기법의 흐름도는 <그림 7>과 같다. 즉 주행 사이클을 이용한 시뮬레이션 없이 엔진과 모터의 성능 맵과 주행상황 시나리오를 바탕으로 준 최적화 제어맵을 추출한 뒤 실제 차량 탑재 가능성을 고려하여 준 최적화된 맵에 대한 파라미터화를 수행한다. 파라미터화된 제어맵들은 미리 구축된 대표주행패턴에서 상세한 주행시뮬레이션을 통해 최적화 된다.

이 때 사용하는 대표주행패턴(RDP: Representative Driving Pattern)은 HEV의 주행전략과 관련된 주행패턴 파라미터를 기반으로 하여 기존의 다양한 주행패턴에서 선택되는 방법<sup>(26)</sup>과 가상의 주행 패턴을 생성하여 사용하는 방법<sup>(27)</sup>이 있다.

위 과정은 모두 오프라인으로 진행되며, 온라인 상에서는 주행패턴인식을 바탕으로 해서 파라미터 셋을 스위칭시키며 주행하게 된다. 이와 같은 다중모드 주행제어 기법은 위에서 소개한 Global과 Local 최적화 기법과 결합되어 사용 될 수 있으며<sup>(27)</sup>, 비단 HEV의 주행제어뿐만 아니라 작동환경에 따라 성능 민감도가 심한 시스템의 적응 제어기법으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

위에서 언급한 기술적인 사항 외에 주요 메이저 자동차 회사들에서 예측한 약 3,000~3,500달러에 해당하는 추가 비용을 구매자가 부담해야 하는 것(정부 보조를 제외한다면)도 하이브리드 자동차 상용화의 큰 걸림돌로 작용하고 있다.



<그림 6> Flowchart of the Advanced Multi-mode Driving Control.

1990년대 후반 미국의 에너지 관리국(DOE)과 주요 자동차 회사들이 추진한 PNGV(Partnership of New Generation Vehicles) 프로그램에서 3배로 설정한 HEV 자동차의 목표 연비가 비현실적이라는 것이 오래 전에 판단된 것은 사실이지만 대체 자동차로 각광을 받고 있는 연료전지 자동차의 인프라 문제를 고려했을 때 그 상용화 시점이 2020년대 이후라는 예측을 기반으로 한다면 기존의 인프라를 이용 가능하며, 가솔린 HEV의 경우 약 25~80%, 디젤 HEV의 경우 20~60%의 연비 향상도와 일정 수준이상의 배기가스 저감이 가능한 하이브리드 시스템이 가장 현실적인 대안이라고 평가한다.

또한, HEV관련 기술은 미래의 고유가 시대와 점점 심화되는 배기가스 규제를 고려했을 때 순수 연료전지 자동차 및 연료전지 하이브리드 자동차, 전기자동차와 같은 대체 기술개발에 대한 시너지 효과를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

(박영일 편집이사 : yipark@duck.snut.ac.kr)

**참고문헌**

- 1) German J., "Super Fuel Efficient New Generation Car -Motor Assist Hybrid-," University of Michigan, Automotive Engineering Seminar Series, Ann Arbor, USA, 2001.
- 2) Isaya Matsuo, Takeshi Miyamoto, and Hiromasa Maeda, "The Nissan hybrid vehicle," Proceedings of the 2000 Future Car Congress, Arlington, Virginia, April 2-6, 2000.
- 3) Caraceni and G. Cipolla, R. Barbiero, "Hybrid Power Unit Development for Fiat multipla Vehicle," SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, February 23-26, 1998.
- 4) Hyeoun-dong Lee, Seoung-Ki Sul, Han-Sang Cho, and Jang-Moo Lee, "Advanced Gear-Shifting and Clutching Strategy for a Parallel Hybrid Vehicle", IEEE Industry Applications Society Annual Conference, 1998.
- 5) Philipp Dietrich, Meinrad K. Eberle and Hans Ulrich Hrler, "Results of the ETH- Hybrid III - Vehicle Project and Outlook," SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, March 1-4, 1999.
- 6) Z. Rahman, K. L. Butler, and M. Ehsani, "Designing Parallel Hybrid Electric Vehicles Using V-ELPH 2.01", Proceedings of the American Control Conference, San Diego, California, June, 1999.
- 7) Michael Duoba, Heney Ng, and Robert Larsen "Characterization and Comparison of Two Hybrid Electric Vehicles (HEVs) - Honda Insight and Toyota Prius," SAE 2001 World Congress, Detroit, Michigan, March 5-8, 2001.
- 8) Anthony G. Grabowski, Arun K. Jaura, "Ford's PRODIGY Hybrid Electric Vehicle Powertrain Weight Reduction Actions," SAE 2001 World Congress, Detroit, Michigan, March 5-8, 2001.
- 9) Michael D. Koplín, Jonathan A. Butcher, Neel K. Vasavada, Matthew P. Thiel, Brian L. Swenson, and Glenn R. Bower, "The Development of the University of Wisconsin's Parallel Hybrid - Electric Aluminum Intensive Vehicle," SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, March 1-4, 1999.
- 10) M. Salman, Niels J. Schouten, and Naim A. Kheir, "Control Strategies for Parallel Hybrid Vehicles", Proceedings of the American Control Conference, Chicago, Illinois, June, 2000.
- 11) G. Paganelli, M. Tateno, A. Brahma, G. Rizzoni, and Y. Guezennec, "Control development for a hybrid-electric sport-utility vehicle: strategy, implementation and field test results," Proceedings of the American Control Conference, Arlington, VA, June, 2001.
- 12) C. Lin, J. Kang, J. Grizzle, and H. Peng, "Energy Management Strategy for a Parallel Hybrid Electric Truck," Proceedings of the American Control Conference, Arlington, VA, June, 2001.
- 13) Miller T., Rizzoni G., and Li Q., "Simulation-Based Hybrid-Electric Vehicle Design Search," SAE Technical Paper, 1999-01-1150, 1999
- 14) Jo S. T., Jeon S. I., Lee J. M., Park Y. I., and Jo H. S., "Performance Sensitivity Analysis of the Parallel Type Hybrid Drivetrain System for the Transit Bus," Transactions of Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 8, No. 1, pp. 72-84, 2000.



## 하이브리드자동차

- 15) Whitehead J.W., "Design and Performance of Derivative-Free Optimization Algorithms Used with Hybrid Electric Vehicle Simulations," ADVISOR/PSAT Vehicle Systems Modeling User Conference, Michigan, USA, 2001.
- 16) Assanis D., Delagrammatikas G., Fellini R., Filipi Z., Liedtke J., Michelena N., Papalambros P., Reyes D., Rosenbaum D., Sales A., and Sasena M., "An Optimization Approach to Hybrid Electric Propulsion System Design," Journal of Mechanics of Structures and Machines, Vol. 27, No. 4, pp. 393-421, 1999.
- 17) Fellini R., Michelena N., Papalambros P., and Sasena M., "Optimal Design of Automotive Hybrid Powertrain Systems," Proceedings of the EcoDesign '99: 1st International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tokyo, Japan, 1999.
- 18) S. I. Jeon, Y. I. Park, and J. M. Lee, "The Component Sizing for a Parallel Hybrid Electric Vehicle Based on the Fuel Economy Improvement Ratio under Random Driving Cycles," Scheduled to be presented at the 19th International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition(EVS 19), Busan, Korea, October, 2002.
- 19) C. Lin, J. Kang, J. Grizzle, and H. Peng, Energy Management Strategy for a Parallel Hybrid Electric Truck, Proceedings of the American Control Conference, Arlington, VA, June, 2001.
- 20) D. Schroeder, The Autark Hybrid Vehicle: Optimization of Design and Control, Seoul National University, Technical Seminar, Seoul, Korea, 1999.
- 21) E. D. Tate and S. P. Boyd, Finding Ultimate Limits of Performance for Hybrid Electric Vehicles, Proceedings of Society of Automotive Engineers 2000 Future Transportation Technology Conference, paper 2000-01-3099, 00FTT-50, August 2000.
- 22) C.H. Kim, E. Namgoong, S.C. Lee, T.C. Kim, and H.S. Kim, Fuel Economy Optimization for Parallel Hybrid Vehicles with CVT, SAE 1999-01-1148, 1999.
- 23) V. H. Johnson, K. B. Wipke, and D. J. Rausen, HEV Control Strategy for Real-Time Optimization of Fuel Economy and Emissions, 2000 Future Car Congress, Arlington, VA, April, 2000.
- 24) G. Paganelli, M. Tateno, A. Brahma, G. Rizzoni, and Y. Guezennec, Control development for a hybrid-electric sport-utility vehicle: strategy, implementation and field test results, Proceedings of the American Control Conference, Arlington, VA, June, 2001.
- 25) S. T. Jo, Fuel Economy Optimization of Hybrid Electric Vehicle with Single Performance Index, Ph. D. thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 2002.
- 26) S. I. Jeon, S. T. Jo, Y. I. Park, and J. M. Lee, Multi-Mode Driving Control of a Parallel Hybrid Electric Vehicle Using Driving Pattern Recognition, Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, ASME, Vol. 124, Issue 1, pp. 141~149, March 2002.
- 27) C. Lin, S. I. Jeon, H. Peng, and J. M. Lee, "Control of a Hybrid Electric Truck Based on Driving Pattern Recognition," Scheduled to be presented at the 6th International Symposium on Advanced Vehicle Control(AVEC '02), Japan, September, 2002.