

# 네트워크 기반 자동차용 충/방전 시스템 시뮬레이터 모델 개발

이상석, 양승호, 조상복  
울산대학교

## Development of charge/discharge simulator model for network based vehicle

Sang-Seok Lee, Seung-Ho Yang, Sang-Bock Cho,  
Ulsan University

### ABSTRACT

We propose a charge/discharge model for network based vehicle. These model include motor, alternator, lamp, brake, window brush, air conditioner, etc.. Also, we simulate these models in Matlab. The simulation results show that error range is less than 3%. So, we can adopt these model to charge/discharge simulator for network based vehicle. If this error range can be shrunk within 2%, we can use this simulator for comertial use.

### 1. 서론

현재의 자동차에는 12V 배터리를 주 전력원으로 하는 전력공급시스템이 사용되고 있지만, 연비가 좋고 안정성이 높으며, 편의성이 추구되는 차세대 자동차에는 이보다 더 많은 전력이 필요하기도 하고 전장시스템에 대한 더 많은 연구가 필요하게 된다. 따라서, 기존의 12V 전압 시스템으로서는 위의 다양한 전력 수요 조건을 충족시킬 수 없게 되기 때문에 42V 고전압 시스템 개발은 필연적이며 현재 MIT 컨소시엄 등 해외의 우수 연구기관에서 각 단품에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 전 세계의 우수한 자동차메이커 및 연구소에서도 42V 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고, 우리나라 현대자동차나 자동차 부품연구원에서도 42V 시스템에 대한 연구가 현재 국책과제로 진행 중이나 42V 충방전 시뮬레이터는 여기에 들어 있지 않다. 뿐만 아니라 텔레매틱스 시스템이나 자동차용 블랙박스 등 새로운 전장시스템들이 자동차에 장착되고 있다. 더구나 자동차용 네트워크가 첨단 자동차에 채택됨에 따라 자동차용 네트워크를 채택한 신차 개발에는 네트워크 기반 충방전 시뮬레이터 개발이 필수적이다.[1-3]

본 연구에서는 네트워크 기반 자동차에 적합한 차량

충방전 시뮬레이터에 필수적인 모델을 개발하고자 한다. 차량 충방전 시뮬레이터는 미국의 GM사에서 약 20년간 수백억원을 들여서 개발한 바 있는 방대한 연구과제이다. 이러한 시뮬레이터는 신차 및 신차 부품 개발에 반드시 필요한 중요한 시스템이다. 우리나라에서는 이에 대한 연구가 전혀 이루어지지 못하여 충방전 실험 및 검증을 위해서는 외국의 자동차 메이커나 전문 연구소에 충방전 관련 실험 및 데이터 처리를 의뢰해 왔다. 따라서 자동차 제조사의 신차 개발이나 알터네이터나 배터리 등 단품메이커 들의 부품개발에 막대한 경비증가와 시간 지연을 초래해 왔다. 본 연구팀이 97년부터 이에 대한 연구를 진행하여 2002년에 처음으로 자동차용 충방전 시뮬레이터의 프로토타입을 개발한 바 있다. 그러나 차세대 자동차에는 차량의 전자장비 증가와 자동차용 네트워크 등의 장착이 필수적으로 되어가고 있는 상황에서 이러한 네트워크 기반 자동차에 대한 충방전 시뮬레이터의 개발이 시급히 요청되고 있다. 이 시스템이 개발되지 않으면 신차의 개발이나 네트워크 기반 자동차 전자 부품 개발에 막대한 시간과 경비가 지출될 것으로 예상된다. 그러나 충방전 시뮬레이터를 개발할 수 있는 연구팀이 국내에 없을 뿐만 아니라 네트워크 기반 자동차용시스템은 더욱 어려운 실정이라 하겠다.

본 연구에서는 자동차 전장시스템 분야의 다양한 연구 경험과 충방전 시뮬레이터의 프로토타입을 개발한 경험을 살려 차세대 네트워크 기반 자동차 및 전장시스템 개발에 필수적인 도구인 네트워크 기반 자동차용 충방전 시뮬레이터에 적합한 모델을 개발하였다.

### 2. 모델링

가장 중요한 알터네이터와 배터리에 대한 모델링 및 에어컨, 램프, stop and go 시스템, 텔레매틱스, 모터 등 전장시스템의 단품 모델링을 행하고, 이에 대한 검증을 거쳐 전체 충방전 알고리즘 작성과 모

모델링을 행하고 최종 시뮬레이터를 구성한 후 실험을 통하여 검증은 완료한다. 자동차용 전장 부품과 자동차용 네트워크에 대한 실험과 모델링을 완성하고, 이를 바탕으로 전체 충방전 시뮬레이터의 알고리즘 작성과 모델링을 거쳐 프로토타입을 구성하며, 마지막으로 이 시뮬레이터의 속도 및 정확성의 향상을 도모하고 사용하기 편리하도록 사용자 그래픽 인터페이스(GUI)를 완성하여 전체 시뮬레이터의 실용화를 도모한다. 전체적인 연구 내용의 요약은 다음과 같다.

1. 각 단품에 대한 특성 실험 및 모델링
  - ◆ 알터네이터 특성 실험
  - ◆ 배터리 특성 실험
  - ◆ 부하 특성 실험(모터, 램프 등)
2. 자동차 네트워크에 대한 특성 실험 및 모델링
3. Saber 모델 개발
  - ◆ 알터네이터 모델 개발
  - ◆ 배터리 모델 개발
  - ◆ 부하 모델 개발(모터, 램프 등)
  - ◆ 자동차용 네트워크 모델 개발
4. 전체 시뮬레이터 개발 및 실험
5. 상용화 달성(속도 및 정확도 향상, 그래픽 사용자 인터페이스<GUI> 개발)

첫째, 전장부품 및 자동차용 네트워크의 Saber 모델 개발을 위해 가장 먼저 해야 할 일은 현재까지 개발된 각 단품, 즉 알터네이터와 배터리 그리고 각종 부하에 대한 특성 실험을 통해 각 단품의 특성 데이터를 확보하고 모델링하는 것이다.

둘째, 네트워크 기반 자동차의 네트워크 프로토콜 및 시스템분석을 통하여 특성 실험 및 모델링을 완성한다.

셋째, 확보된 데이터는 Saber의 Master Language를 통해 모델링되어 충/방전 시뮬레이터의 단품으로 활용된다.

네째, 이상을 바탕으로 시뮬레이터의 알고리즘을 구성하고 검증한 후 전체 네트워크 기반 자동차용 충방전 시뮬레이터의 프로토타입을 개발한다. 모델링의 정확성을 검증하기 위해 단품 특성 실험에서 확보된 데이터와 Saber로 모델링된 단품에 대한 시뮬레이션을 수행한다. 이때 모델링의 정확성을 높이기 위해 오차 범위는 최대 3%이내로 하여 시뮬레이션한다.

다섯째, 이러한 프로토타입에 대한 상용화를 위하여 속도 및 정확성의 향상을 기하고 사용자가 시뮬레이터를 쉽게 사용할 수 있도록 편리한 사용자 인

터페이스를 구축한다. 사용자 인터페이스는 Saber와의 호환을 위해 TCL/TK를 사용한다.

### 3. 모델 라이브러리 개발

알터네이터 등 단품의 특성 실험 데이터는 연구진이 가지고 있는 데이터를 활용하였으며 필요한 경우에는 Valeo, 현대자동차, 현대에너지셀, 델파이, 케피코 등 관련 회사의 실험을 통하여 데이터를 확보하였다.

이 중에서 알터네이터와 모터의 모델링 방법을 서술하면 다음과 같고, 다른 단품들도 같은 방법으로 모델링한다.

#### 3.1 알터네이터 모델링

알터네이터 모델링 과정은 다음 그림1과 같다.

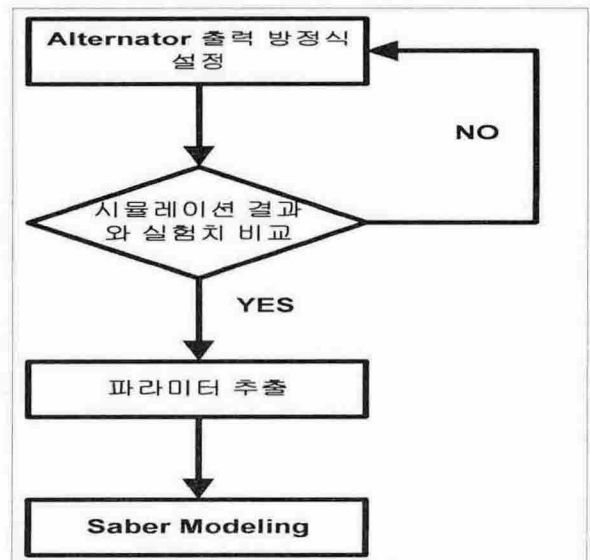


그림 1. 알터네이터 Saber 모델링 과정

먼저 알터네이터 출력(전류)방정식을 설정한 후, 임의의 파라미터를 사용하여 시뮬레이션 결과와 시험치를 비교한다. 비교된 값이 오차 범위를 벗어나게 되면 알터네이터 출력방정식의 파라미터를 재설정하며 오차 범위 내에 들어가게 되면 알터네이터 출력방정식의 파라미터를 그대로 사용한다. 이때 시뮬레이션 결과로 알터네이터 출력방정식에 들어가는 파라미터들이 출력된다. 그리고 모델링에서는 위에서 추출한 파라미터를 가지고 알터네이터 모델링을 완성하게 된다.

알터네이터의 출력특성 모델링은 Matlab을 사용하였으며 테스트 데이터로부터 직관적인 방정식을 설정하고 설정된 식과 테스트 데이터간의 오차를 줄이는 방법을 사용하여 파라미터를 추출하였다. 오차를

줄이는 방법으로는 Matlab의 함수인 fmins가 사용되며 추출된 파라미터는 Saber 모델링에 사용된다. fmins의 특징은 파라미터 초기 값에서 시작하여 지정한 횟수만큼 반복하면서 파라미터들의 값을 변화시켜 실제 데이터와 가장 유사해지는 파라미터들을 출력으로 내보낸다. 따라서 fmins 함수를 쓰기 위해서는 Driving Function과 Model Function 두 가지가 필요하다.

그림 2는 알터네이터 모델의 블록도이며 입력으로 듀티사이클(duty cycle), 전압(voltage), rpm, 토크(torque), 그리고 온도(temperature)등이 사용된다.

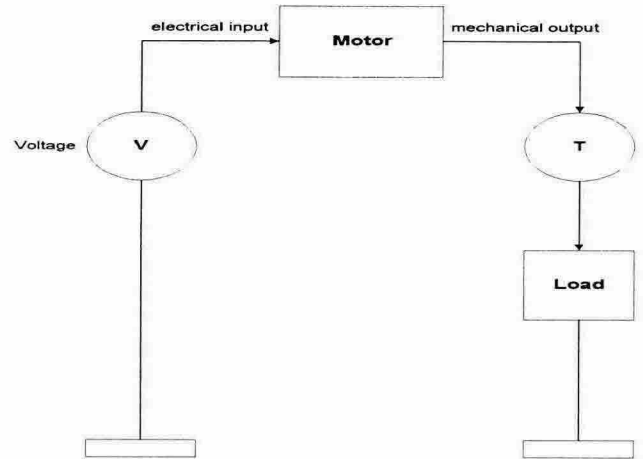


그림 3. 모터 모델 블록도

### 3.3 자동차용 네트워크 모델링

자동차용 네트워크는 다음 그림4와 같은 개념에 입각하여 Saber 모델링을 행하고 이를 통하여 충방전 시뮬레이션 알고리즘에 적용하였다.

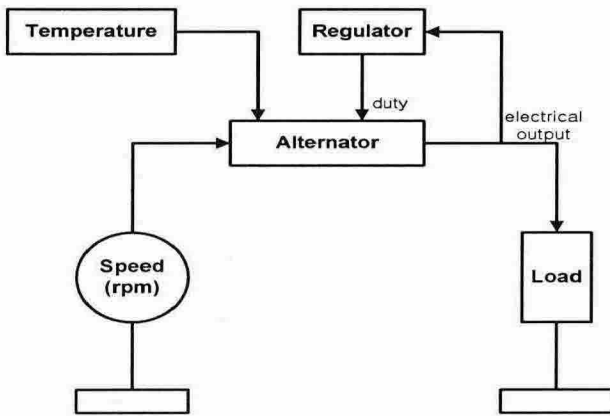


그림2. 알터네이터 모델 블록도

### 3.2 모터 모델링

알터네이터 모델링과 같이 테스트 데이터와 설정된 식간의 오차를 줄이는 방법을 사용하여 파라미터를 추출한다. 오차를 줄이는 방법으로는 Matlab의 함수인 fmins가 사용되며 추출된 파라미터는 Saber 모델링에 사용된다. Matlab 모델링은 그림 3과 같으며, Matlab에서 사용하는 모터의 물리적 방정식은 다음과 같다.

$$V = I * R + k_e * W$$

$$T = k_t * I - d * W$$

$R$  : internal resistance

$k_e$  : motor electrical constant(voltage/RPM)

$k_t$  : torque constant (Nmm/Amp)

$d$  : damping constant (loss/RPM)

모터 모델의 입력은 전류와 rpm이 들어가고 출력은 전압 및 토크가 된다. 모터 모델 함수의 일반적인 구조는 알터네이터의 모델 함수와 같으며 단지 함수 부분에 위 식만 바꾸어 사용하면 된다.

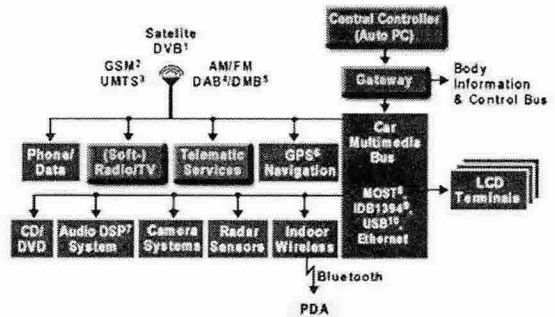


그림4. 자동차용 네트워크 개념도

### 3.4 표준 운전 패턴 개발 및 실차 테스트

운전자의 습관에 따른 엔진 RPM의 변화 데이터인 TRANMAST 데이터와 도로나 교통 상황 등 차량 운전 환경요건에 따른 운전 패턴인 DRIVING SCHEDULE 작성을 위한 기초 데이터를 수집하여 시뮬레이터 모델검증에 활용하였다.

측정 장비를 장착한 차량을 일정 코스와 모드를 정해 놓고 실차 실험을 수행하였다. 이때 측정 장비로는 AR4400 및 AR4800을 사용하며 1Hz의 샘플링 주파수로 데이터를 수집한다. 수집된 데이터는 Excel 파일형식으로 저장한다. 표준 운전 패턴 개발 및 실차 테스트 과정의 개요도는 그림 5와 같다.

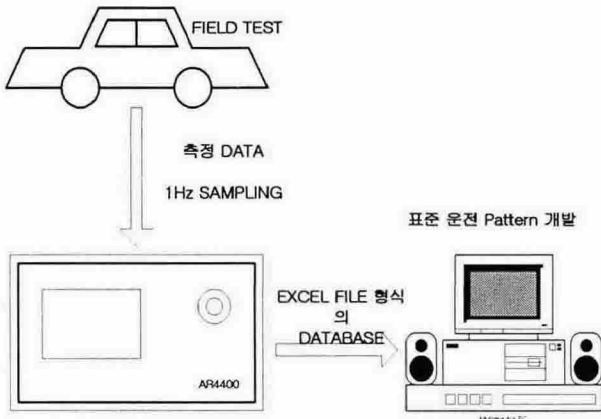


그림 5. 표준 운전 패턴 개발 및 실차 테스트 과정의 개요

Saber와 사용자 간 인터페이스는 S/W 언어(TCL/TK)를 이용하여 구성하였다. 알터네이터의 입력으로는 eng-rpm, alt-temp, pulley-ratio가 사용되고 배터리의 입력으로는 batt-init soc와 batt-temp가 사용된다. 그리고 각 단품의 on/off 조건 및 eng-rpm, alt-temp는 실차 테스트에서 수집한 데이터를 사용한다. 충방전 시뮬레이터의 전체 구조는 그림 6과 같다.

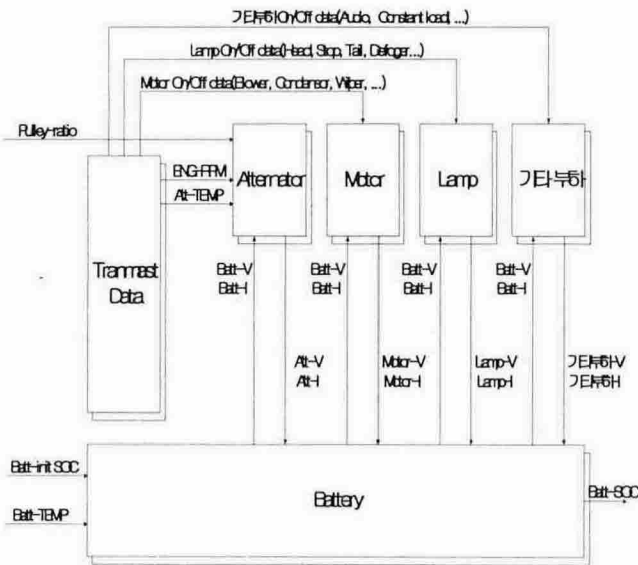


그림6. 충방전 시뮬레이터의 구조

#### 4. 실험결과

본 논문에서 제안된 모델의 유효성을 검증하기 위하여 Matlab을 사용하여 전체 시뮬레이션을 행하였고 이를 실차실험과 비교하였다. 전체 결과는 각각의 모델에 대하여 전류 및 전압에 대한 그래프로 나타나 있으나 여기에서는 배터리와 알터네이터에 대하여 그 결과를 표 1,2에 나타내었으며 오차범위는 3% 이내이다.

표 1. 차량의 실차 및 시뮬레이션 결과(알터네이터)

차량	Pulley	알터네이터					
		시뮬레이션	실차	오차	전류		
1	2.1	13.396	13.391	0.005	46.429	45.522	0.907
2	2.33	13.318	12.967	0.351	49.731	49.596	0.135

표 2. 차량의 실차 및 시뮬레이션 결과(배터리)

차량	Pulley	배터리					
		시뮬레이션	실차	오차	시뮬레이션	실차	오차
1	2.1	13.081	12.89	0.191	-0.218 8	-0.512 22	0.293
2	2.33	12.949	12.717	0.232	-1.325 3	-0.390 13	0.935

#### 5. 결론

본 연구에서는 차세대 네트워크 기반 자동차용 충방전 시뮬레이터에 필요한 모델을 개발하였다. 이 모델을 Matlab으로 검증하여 본 결과 실차실험과 3%이내의 결과를 나타내었다. 따라서 본 모델은 충방전 시뮬레이터의 모델로 사용할 수 있음이 입증되었다. 앞으로 오차를 2% 이내로 줄이며, 순간적으로 솟아오르는 전류나 전압에 대한 원인을 분석하고 없애며 시뮬레이터에 적용하여 전체 시뮬레이터를 개발하는 것이 관건이라 하겠다.

본 연구는 산업자원부·울산광역시 지원 울산대학교 네트워크 기반 자동차연구센터의 지원에 의한 것입니다.

#### 참고 문헌

- [1]Tae-Wook Lee, Jong-Hwa Lee, Sang-Bock Cho, "FPGA Implementation of 3\*3 Window Median Filter Based on a New Efficient Bit Serial Sorting Algorithm," the 7th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology, Vol. II pp.237-242, June 28-July 6 2003(University of Ulsan, Korea)
- [2]Won-Kyu Ha, Sang-Han Lee, Sang-Bock Cho, Sung-Min Park, Jong-Hwa Lee, "An Efficient design of IPCR(Image Processing Cache Register) for wavelet transformation," the 7th International Symposium on Science and Technology, Vol. II pp.335-339, June 28-July 6 2003(University of Ulsan, Korea)
- [3]김동균, 이종화, 조상복, "Micro Chip을 이용한 Tire Pressure Warning Decision Algorithm 연구," 대한전자공학회/한국통신학회/제어자동화시스템공학회 부산경남지부 2004년 추계 합동학술논문발표회 논문집, 제 13권 제 2호, pp.93-98, 2004.12.4(삼성SDI,경남)