

# 다수의 충전 소켓을 갖는 전기자동차 충전기의 충전 스케줄링

김선용, 김요한, 임혁  
광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부  
{sunyongkim, yohankim, hlim}@gist.ac.kr

## Charging Scheduling for Electric Vehicle Charger with Multiple Sockets

Sunyong Kim, Yohan Kim, Hyuk Lim

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

### 요약

전세계적인 전기자동차의 개발·보급과 더불어 효율적이고 안정적인 전기자동차 충전 기술의 구축이 필요하다. 기존의 일대일 방식의 전기자동차 충전기가 가질 수 있는 충전기 독점현상 및 전력피크 상승 등을 보완하기 위하여, 본 문에서는 새로운 일대다 방식의 전기자동차 충전기 구조를 제안한다. 이를 기반으로 FCFS(first-come first-served) 및 EDF(earliest deadline first) 충전 스케줄링 알고리즘을 적용하고, 시뮬레이션을 통해 성능을 평가한다.

### I. 서론

기후 변화에 따른 범세계적 환경 개선을 위해 각국 정부는 자동차에 대한 연비 규제, 배기가스 규제 등의 환경정책을 시행하고 있으며, 더불어 자동차 산업이 보다 친환경적인 전기자동차(electric vehicle, EV)의 형태로 변화하고 있다. 전기자동차의 활발한 보급을 위해서는 그에 비례한 전기자동차의 충전 인프라 구축이 필요하다 [1]. 하지만, 불확실성이 큰 대규모 전기자동차의 충전으로 인해 전력 그리드의 안정성을 해칠 우려가 예상되기도 한다. 따라서 다수의 전기자동차 충전으로 인한 전력 그리드의 영향을 최소화 하며, 동시에 효율적인 충전 서비스 제공이 가능한 충전 기술의 개발이 필수적이다.

기존의 전기자동차 충전기의 종류는 완속충전기와 급속충전기가 있으며, 모두 일대일(1:1) 방식의 충전 서비스가 제공된다 [2]. 즉, 충전기 당 하나의 충전 소켓(socket)을 제공하여 전기자동차와 충전기가 일대일로 접속되어 충전을 진행하는 방식이다. 공용 주차장에서와 같이 다수의 전기자동차들이 각기 다른 충전 요구량과 체류 시간을 가지고 충전을 요구할 경우, 기존의 일대일 방식의 충전기에서는 한 대의 전기자동차의 충전 소켓 선점 및 독점으로 인하여 다른 많은 전기자동차들의 충전 요구를 만족시키지 못하게 되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 완화시키기 위해 일대일 방식의 급속충전기를 한 지역에 다량으로 설치하는 경우가 종종 있다. 하지만, 다수의 충전기가 한 지역에서 동시에 충전을 진행하게 될 경우, 전력 피크값이 급격히 상승하여 해당 지역에 전력을 공급하는 전력 그리드의 안정성을 해칠 우려가 발생하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 일대일 방식의 충전기와 달리 다수의 전기자동차의 충전 요구량을 만족시킬 수 있으며, 동시에 전력 그리드의 안정성을 해치지 않을 수 있는 일대다(1:N) 방식의 충전기 구조를 제안한다. 또한, 제안한 일대다 방식의 충전기 구조 내에서 보다 효과적으로 전기자동차에게 충전 서비스를 제공할 수 있는 전기자동차 정보 활용 기반의 충전 스케줄링 기법을 적용하고 그 성능을 평가한다.

### II. 다수의 충전 소켓을 갖는 일대다 방식의 충전기 구조

기존의 일대일 방식의 전기자동차 충전기의 소켓 독점 현상 및 다수의 일

대일 급속충전기 설치로 인한 전력 피크값 상승 등의 한계점을 보완하기 위하여 다수의 충전 소켓을 갖는 일대다 방식의 새로운 충전기 구조를 제안한다.

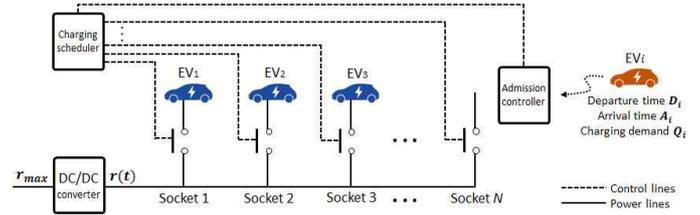


그림 1 제안하는 일대다 방식의 충전기 구조

제안하는 전기자동차 충전기의 구조는 그림 1과 같이 DC/DC converter, charging scheduler, admission controller, 그리고 N개의 충전 소켓으로 구성된다. DC/DC converter는 외부 전력 그리드로부터 오는 DC 전력을 변환하는 역할을 하며, Charging scheduler는 다수의 충전 소켓에 접속되어 있는 전기자동차들의 충전 스케줄링을 담당한다. 각 충전 소켓은 On/Off 스위치 방식으로 동작하며, 한 순간에 하나의 소켓만 On으로 동작하고 나머지 소켓은 Off 된다. 즉, 하나의 DC/DC converter를 이용하여 다수의 소켓에 스케줄링을 통해 전력을 배분할 수 있게 된다. Admission controller는 새로운 전기자동차가 충전을 시도하기 위해 충전기에 도착했을 때, 충전 스케줄링을 고려하여 충전 소켓에 새로운 전기자동차의 접속을 허가할 것 인지를 판단하는 역할을 담당한다. 이때, 각 전기자동차  $EV_i$ 는 충전 요구량  $Q_i$ , 도착 시간  $A_i$ , 떠나는 시간  $D_i$ 의 정보를 가지고 충전기에 충전 서비스를 요청한다.

### III. 전기자동차 정보 활용 충전 스케줄링 기법

제안하는 일대다 방식의 충전기 구조에서 효율적인 충전 서비스를 제공하기 위하여 각 전기자동차의 정보를 활용한 충전 스케줄링 기법을 적용한다. 여기서 활용할 수 있는 정보는 각 전기자동차( $EV_i$ )의 충전 요구량( $Q_i$ ), 도착 시간( $A_i$ ), 및 떠나는 시간( $D_i$ )이 있으며, 그림 1의 charging

scheduler에서는 이 정보들을 활용하여 전기자동차들의 충전 스케줄링 성공 확률을 높일 수 있다. 예를 들어, 전기자동차가 떠나는 시간이 가장 빠른 순서대로 충전을 제공하는 방식인 EDF(earliest deadline first) 기반 스케줄링 기법이 있다 [3]. 이 기법은 매 타임(분)에 충전 소켓에 접속되어 있는 전기자동차 중에서 떠나는 시간이 가장 빠른 전기자동차를 선택하여 충전하는 방식이다.

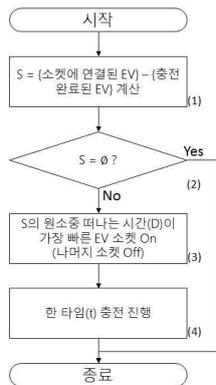


그림 2 Charging scheduler에서 매 타임(분)에 동작하는 정보 활용 EDF 충전 스케줄링 알고리즘 순서도

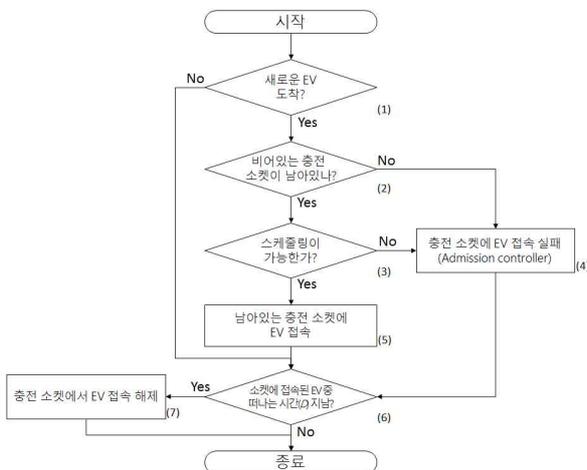


그림 3 Admission controller에서 매 타임(분)에 동작하는 알고리즘 순서도

그림 2는 charging scheduler에서 매 타임(분)마다 동작하는 스케줄링 알고리즘의 순서도를 나타내며, 전기자동차의 정보를 활용하여 현재 소켓에 연결된 전기자동차 중 떠나는 시간이 가장 빠른 전기자동차부터 충전하는 방식으로 동작한다. 그림 3은 admission controller에서 매 타임(분)마다 동작하는 알고리즘의 순서도이다. 남아있는 소켓의 존재 여부 및 충전 스케줄링 가능여부 테스트를 통해 새롭게 충전을 시도하는 전기자동차의 소켓 접속을 허가한다.

#### IV. 시뮬레이션

제한하는 일대다 방식의 충전기 구조에서 전기자동차 정보 활용 스케줄링 기법의 적용에 대한 성능 평가를 위해 매트랩 시뮬레이션을 수행한다. 각 전기자동차는 15kW-35kW의 충전 요구량을 가지며, 충전기로의 도착은 Poisson distribution을 따른다. 이때, 기대값  $\lambda$ 는 0.04(시간당 평균 2.4대의 전기자동차 도착)로 설정한다. 또한, 충전기의 충전 전력공급량은 50kWh(급속충전기)로 가정한다. 전기자동차 정보 활용 스케줄링 알고리즘으로 가장 대표적인 EDF 기반 스케줄링 알고리즘의 성능 평가를 진행하며, 정보 활용 없이 단순히 도착하는 순서대로 충전 서비스를 제공하는 FCFS(first-come first-served) 방식과의 성능 비교를 수행한다.

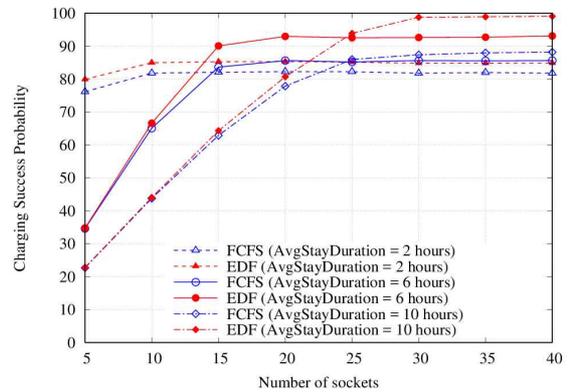


그림 4 소켓 개수에 따른 스케줄링 성공 확률(%)

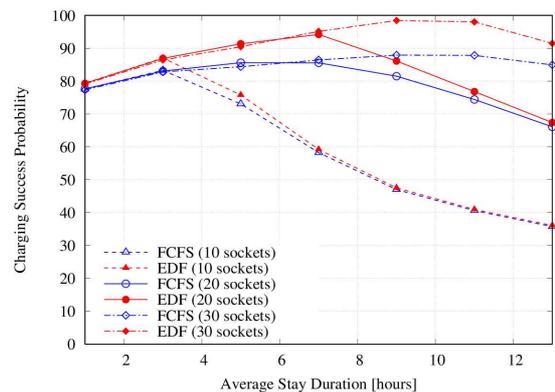


그림 5 평균 머무는 시간에 따른 스케줄링 성공 확률(%)

그림 4는 소켓 개수에 따른 충전 성공 확률을 보여준다. 두 충전방식 모두 평균 머무는 시간( $=D_i - A_i$ )에 관계없이 소켓의 개수가 증가함에 따라 충전 성공 확률이 높아지는 경향을 보인다. 또한, 평균 머무는 시간이 길수록, 소켓의 개수가 많아질수록 EDF와 FCFS의 성능차이가 커짐을 알 수 있다. 그림 5는 평균 머무는 시간에 따른 충전 성공 확률 결과이다. 소켓 개수에 따라 성능차이가 극대화 되는 평균 머무는 시간이 다르게 나타나며, 소켓 개수 30일 때, 최대 10% 이상의 충전 성공 확률 차이를 보인다.

#### V. 결론

본 논문은 일대다 방식의 전기자동차 충전기 구조를 제안하고, 이를 기반으로 전기자동차 정보 활용 스케줄링 알고리즘을 적용하였다. 시뮬레이션을 통한 성능평가 결과, EDF 알고리즘이 FCFS 알고리즘에 비해 최대 10% 이상의 높은 충전 성공 확률을 제공함을 확인할 수 있었다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2016년도 광주과학기술원의 재원인 GRI(GIST 연구원) 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

#### 참고 문헌

- [1] 환경부 전기차 충전소 (<http://www.ev.or.kr/portal>)
- [2] 정문규, 이한별, 임유석, "전기자동차용 급속충전기 시험장치의 개발," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2011년 7월.
- [3] Bertogna, Marko, and Sanjoy Baruah. "Tests for global EDF schedulability analysis." *Journal of systems architecture*, vol. 57, no. 5, pp. 487-497, 2011.