

스마트그리드 환경에서 클라우드 컴퓨팅을 활용한 전기자동차 충전 시스템

황치광^o 홍충선*
 경희대학교 컴퓨터공학과
 {chikwang16, cshong*}@khu.ac.kr

Electric Vehicle Charging System using Cloud Computing in Smart Grid Environment

Chi Kwang Hwang^o Choong Seon Hong*
 Department of Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

전기자동차는 근미래 환경 문제 해결에 가장 적합한 운송수단이다. 세계 각국은 국민들에게 세금 감면, 보조금 지원 등 다양한 방법으로 전기자동차 보급에 힘쓰고 있으며, 그에 따라 시장규모가 성장하고 있다. 확대되는 전기자동차 시장에 발맞추어 이를 지원하는 전기자동차 충전 시스템의 보급도 필요하다. 본 논문은 스마트그리드와 전기자동차, 커넥티드 카, 그리고 클라우드 컴퓨팅을 융합하여 새로운 개념의 전기자동차 충전 시스템을 제안한다.

1. 서 론

엔진과 변속기 등 복잡한 구조의 내연기관 자동차와 달리 모터와 배터리만으로 구동되는 전기자동차는 단순한 구조와 연비 등에서 높은 효율성을 가진다. 또한 석유 자원을 사용하지 않기 때문에 배기가스를 배출하지 않아 근미래 환경 문제 해결에 가장 적합한 운송수단으로 여겨지고 있다. 이러한 이유로 세계 각국은 국민들에게 세금 감면, 보조금 지원 등 다양한 방법으로 전기자동차 보급에 힘쓰고 있으며 그에 따라 시장규모가 성장하고 있다[1][2].

사태(black out)와 같은 재난을 막을 수 있는 기술로 스마트그리드를 주목하고 있다. 스마트그리드는 정보통신 기술(ICT)과 전력분배 및 관리 기술을 융합하여 고도로 지능화된 전력망을 말한다. 기존의 전력망 보다 에너지 효율성이 크고, 분산 전원을 이용해 신재생에너지를 효과적으로 활용할 수 있어 전력 부족 문제의 대안으로 떠오르고 있다[3].

본 논문은 확대되는 전기자동차 시장에 발맞추어 이를 지원할 수 있는, 다양한 기술을 융합한 충전 시스템을 제안하고자 한다. 본 논문의 구성은 2장에서 제안과 관련된 기존 연구를 분석하고, 3장에서 새로운 충전시스템을 제안한다. 4장에서 제안 사항에 대한 평가 및 구현에 대해 설명한 후, 5장에서 결론을 맺는다.

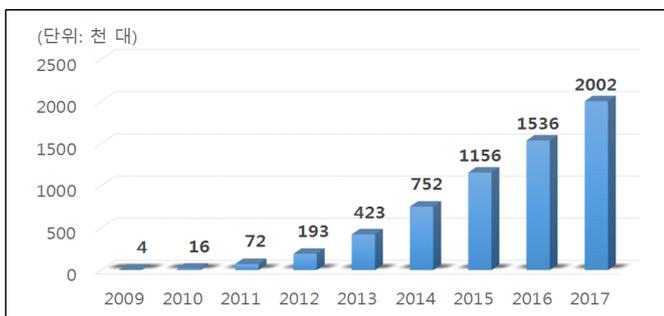
2. 관련 연구

2.1 Smart Grid Data Cloud

클라우드 컴퓨팅을 활용하면 스마트그리드 데이터를 효과적으로 운영하고 관리할 수 있다. 실시간 데이터 수집을 위한 분산 데이터 관리, 실시간 정보 검색을 위한 병렬 프로세싱, 유비쿼터스 액세스 등은 Smart Grid Data Cloud의 특징이다[4]. 본 논문의 제안은 Smart Grid Data Cloud의 장점인 효율적인 데이터 관리 기능을 활용할 뿐만 아니라, 전기자동차 충전을 위한 SaaS(Software-as-a-Service)를 제공할 수 있는 방안도 포함하고자 한다.

2.2 Smart Energy Profile 2.0

SEP 2.0(Smart Energy Profile 2.0)은 HAN(Home Area Network) 내의 스마트 미터와 기기들이 주고받는 에너지 사용에 대한 데이터를 다양한 네트워크를 통해 전송할



[그림 1] 세계 전기자동차 시장 전망 (Forest & Sullivan, 2011)

그러나 전기자동차가 보급될수록 전력 계통의 부담은 커질 수밖에 없다. 우리나라를 비롯한 전 세계 여러 나라는 전력 부족문제를 겪고 있기 때문에 대규모 정전

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014(H0301-14-1020))

*Dr. CS Hong is the corresponding author

수 있도록 하는 표준이다. SEP 2.0은 전기자동차 충전 제어 기능을 지원한다[5]. 본 논문은 전기자동차 충전 제어에 SEP 2.0 이외의 다양한 커넥티드 카 기술을 활용한 충전 시스템을 제안한다. 커넥티드 카는 3G, LTE 등의 모바일 네트워크 접속 기능을 이용하여 다양한 서비스를 지원하는 자동차로 정의된다[6]. 따라서 제안하는 시스템은 SEP 2.0의 충전 제어 기능과는 달리, 모바일 네트워크 접속이 지원되는 곳이면 어디서나 활용가능하다.

3. 제안 사항

본 논문의 제안 사항은 ‘스마트그리드 환경에서 커넥티드 카가 SaaS 기반의 충전 관리 소프트웨어를 통해 전기를 충전을 하는 시스템’으로 요약할 수 있다. 스마트그리드에서의 전기자동차 충전이 기존의 일반적인 전기자동차 충전과 다른 점은 시간에 따라 변화하는 전기 가격과 차량으로부터의 전력 역송전(Vehicle to Grid) 등이 있다. 이와 같은 차이점 때문에 기본적으로 충전 스케줄이 필요하다. 전기 가격에 따라 충전 시간, 대기 시간, 역송전 시간을 결정하는 작업을 전력 스케줄링의 한 예로 볼 수 있다. 본 장에서는 위와 같은 특성을 고려한 새로운 방식의 전기자동차 충전 시스템을 제안한다.

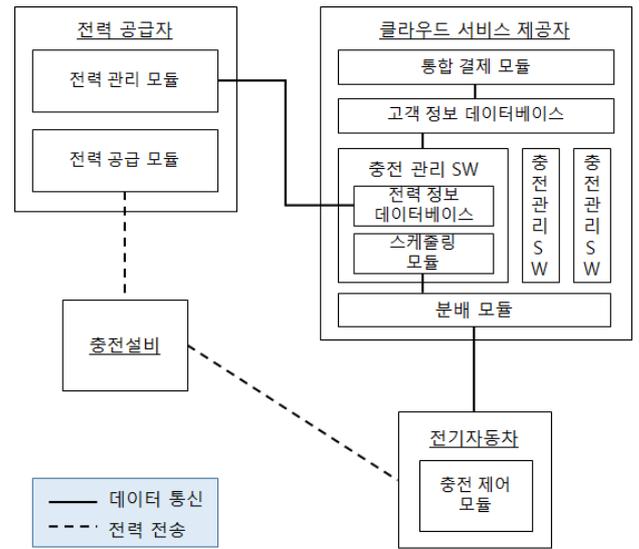
[표 1] 제안하는 충전 시스템의 엔티티

연번	엔티티	클라우드 컴퓨팅에서의 역할	전력망에서의 역할
1	전기자동차	클라우드 SW 사용	전력 소비/공급
2	클라우드 서비스 제공자	SW/스토리지 제공	고객 정보 관리
3	전력 공급자	클라우드 SW 사용	전력 공급
4	충전설비	SW 실행 트리거	전력 공급 매개

제안하는 충전 시스템에 참여하는 엔티티는 [표 1]과 같다. 본 시스템에서 전기자동차와 클라우드 서비스 제공자, 전력 공급자, 충전설비는 각각의 역할을 부여 받고 그에 따라 동작한다.

[그림 2]를 통해 전체 시스템의 구조를 살펴볼 수 있다. 전력 공급자는 전력 관리 모듈과 전력 공급 모듈로 이루어진다. 전력 관리 모듈은 클라우드 서비스 제공자의 충전 관리 소프트웨어-전력 정보 데이터베이스에 전력 정보를 전송한다. 전력 정보는 시간에 따른 전력 요금, 공급 가능한 전력량 등이 있다. 전력 공급 모듈은 충전 설비에 전력을 전송한다.

클라우드 서비스 제공자는 충전 관리 소프트웨어와 고객 정보 데이터베이스, 통합 결제 모듈, 분배 모듈로 이루어진다. 충전 관리 소프트웨어는 클라우드 서비스를 이용하는 전력 공급자의 수만큼 존재하며, 각각의 충전 관리 소프트웨어는 해당 전력 공급자와 연결되어 있다. 충전 관리 소프트웨어는 모듈 내의 전력 정보 데이터베이스에 전력 공급자의 전력 정보를 저장하며, 스케줄링 모듈에서 이 정보를 활용해 전기자동차 충전 시간을 스

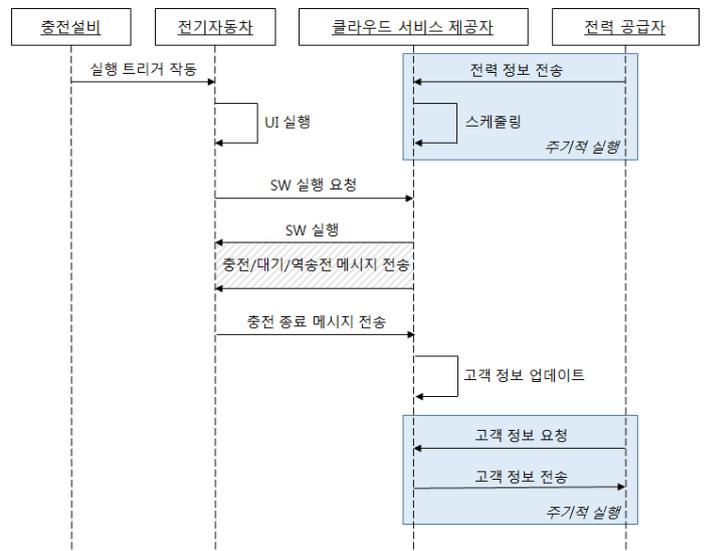


[그림 2] 시스템 구조

케줄링 한다. 클라우드 서비스 제공자는 하나의 고객 정보 데이터베이스를 이용해 전력 공급자들의 고객을 통합 관리하며, 충전 관리 소프트웨어의 전력 정보와 고객 정보 데이터베이스의 고객 정보를 활용해 통합 결제 모듈에서 고객별 전력 요금을 산정한다. 분배 모듈은 클라우드 서비스에 접속하는 전기자동차의 정보를 이용해 해당 전력 공급자의 스케줄링 서비스를 받도록 유도한다.

전기자동차는 충전 제어 모듈을 통해 클라우드 서비스를 제공한다. 커넥티드 카 기술 기반의 전기자동차는 3G, LTE, WIFI 등을 통해 클라우드 서비스 제공자와 통신할 수 있다. SaaS 방식으로, 소프트웨어는 클라우드 상에서 동작하고 전기자동차는 웹 기반으로 결과 메시지를 받아 충전 및 방전, 역송전 기능을 수행한다.

충전설비는 전력 공급자가 전기자동차에 전력을 공급할 수 있도록 하는 매개 역할을 함과 동시에 전기자동차가 충전 관리 소프트웨어를 실행하게 하는 트리거 역할을 한다.



[그림 3] 시스템 동작 과정

본 시스템은 [그림 3]의 시퀀스 다이어그램과 같은 순서로 동작한다. 전기자동차가 충전설비와 연결되면 웹기반의 유저 인터페이스가 실행되며, SaaS 방식으로 충전 관리 소프트웨어가 실행된다. 소프트웨어는 주기적으로 업데이트되는 스케줄링 정보를 기반으로 클라우드 상에서 동작한다. 충전이 완료되면 클라우드 서비스 제공자는 고객의 전력 사용량, 요금 등의 고객 정보를 업데이트 하며, 전력 공급자는 전력 운영을 위해 고객 정보를 주기적으로 제공 받을 수 있다.

4. 평가 및 구현

4.1 시스템 평가

제안한 충전 시스템은 기존에 제안된 충전 시스템과 비교해 다음과 같은 장점을 가진다.

- **데이터 통신 연결** : 스마트그리드 환경에서 기존의 전기자동차 충전 시스템을 활용하려면, 전기자동차-충전설비-전력 공급자에 이르는 데이터 통신 연결이 필수적이다. 현재, 전기자동차와 충전시설의 연결, 충전시설과 전력 공급자의 연결에 여러 기술들이 있어 표준화 및 실제 설치에 많은 시간이 소비되고 있다. 반면, 제안한 충전 시스템은 충전에 필요한 데이터 통신 연결이 전기자동차-클라우드로 단순화 되어 있고, LTE나 WIFI 등 기존의 통신 기술을 이용할 수 있다.

- **소프트웨어 설치 및 관리** : 기존의 시스템은 충전설비에서 충전/대기/역송전 등의 기능을 관리하므로 모든 충전설비에서 각각의 충전 관리 소프트웨어를 운영해야 했다. 그러나 제안한 시스템은 클라우드 상에 충전 관리 소프트웨어가 존재하기 때문에 소프트웨어를 설치할 필요 없이 자동차 OS에 내장된 웹 브라우저를 통해 시스템에 접속할 수 있다.

- **고객 통합 관리** : 스마트그리드 환경에서는 다수의 전력 공급자가 존재하기 때문에 한 가입자의 데이터가 여러 곳에 존재하는 등의 비효율성이 있을 수 있다. 제안한 시스템은 클라우드 컴퓨팅을 활용하기 때문에 통합된 고객 관리를 실현할 수 있다.

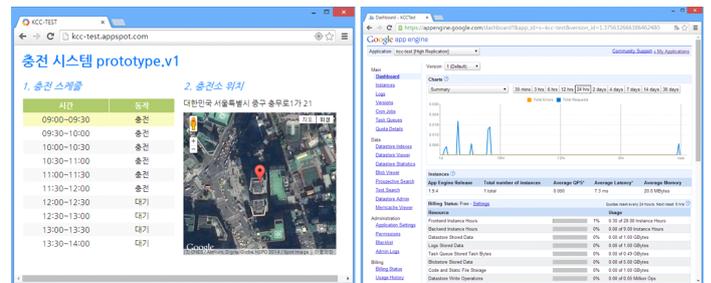
- **결제** : 기존의 시스템은 충전 후 전력 공급자에게 직접 결제하기 때문에 전력 공급자는 결제 시스템을 각각 구축해야 한다. 제안한 시스템은 클라우드 상의 데이터베이스에 고객을 통합해 관리하므로 전력 공급자는 따로 결제 시스템을 구축할 필요가 없다. 또한, 고객의 경우 여러 전력 공급자로부터 서비스를 받았더라도 일정 간격으로 한 번에 결제할 수 있다.

4.2 프로토타입 구현

클라우드 상에서 동작하는 소프트웨어를 구현하기 위해 Google에서 제공하는 PaaS(Platform-as-a-Service)인 Google App Engine을 사용하여 제안한 시스템의 프로토타입을 구현하였다. 프로토타입은 Google App Engine의

PHP Runtime Environment에서 동작하며, 웹페이지 구성에는 HTML5, JavaScript, CSS3를 이용하였다[7].

소프트웨어는 웹에서 동작하므로 전기자동차는 웹 브라우저를 통해 충전 관리 소프트웨어에 접속할 수 있다. 프로토타입은 제안한 시스템의 일부 기능을 포함하지 않고 있기 때문에, 전기자동차를 대신하여 PC 환경에서 소프트웨어를 구동하였다. 시스템의 기본적인 개념은 [그림 4]를 통해 확인할 수 있다.



[그림 4] 제안한 시스템의 프로토타입과 Google App Engine에서 제공하는 관리 페이지

5. 결론

본 논문에서는 스마트그리드 환경에서 커넥티드 카인 전기자동차가 SaaS 기반의 충전 관리 소프트웨어를 통해 전기를 충전을 하는 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 스마트그리드와 전기자동차, 커넥티드 카, 그리고 클라우드 컴퓨팅을 융합한 새로운 개념의 전기자동차 충전 시스템이다. 본 제안을 활용하면 전기자동차 충전 시스템의 설치, 운영, 관리 등 전 과정에서 기존보다 나은 효율성을 기대할 수 있다.

향후에는 전력 공급자에게 제공할 수 있는 서비스를 시스템에 포함하여 연구를 진행하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 전황수, “주요국의 전기자동차 정책 및 시사점”, 전기통신동향분석, 제27권, 제3호, 186쪽, 2012년 6월
- [2] 김광석, 박민경, “국내의 자동차-IT 융합산업의 시장 및 정책 동향”, 정보통신산업진흥원 주간기술동향, 제1572호, 15쪽, 2012년 11월
- [3] Hassan Farhangi, “The path of the smart grid”, IEEE Power and Energy Magazine, Volume 8, Issue 1, p18, February 2012
- [4] Sebnem Rusitschka et al., “Smart grid data cloud: A model for utilizing cloud computing in the smart grid domain”, Smart Grid Communications 2010, October 2010
- [5] Smart Energy Profile 2, <http://www.zigbee.org>
- [6] 김선영, “커넥티드 카(Connected Car) 서비스 동향 분석”, 정보통신산업진흥원 주간기술동향, 제1623호, 13쪽, 2013년 11월
- [7] Google App Engine, <https://developers.google.com/appengine>