



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

하둡에 기반한 전기자동차 충전기
모니터링 데이터 분석

濟州大學校 大學院

電算統計學科

康大傳

2015年 8月

碩士學位論文

하둡에 기반한 전기자동차 충전기
모니터링 데이터 분석

濟州大學校 大學院

電算統計學科

康大傳

2015年 8月

하둡에 기반한 전기자동차 충전기 모니터링 데이터 분석

指導交綏 李 政 勳

康大傳

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2015年 6月

康大傳의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 박 경 린
委 原 이 정 훈
委 原 송 준 모

濟州大學校 大學院

2015年 6月

Electric vehicle charger monitoring data analysis
based on Hadoop

DaeJeon Kang

(Supervised by professor Junghoon Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the
degree of Master of Science

2015. 8.

Department of Computer Science and Statistics
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Abstract	iii
I. 서 론	1
II. 배경과 관련 연구	5
1. 국내외 스마트 그리드 현황	5
2. 관련 연구	7
III. 시스템 구축	10
1. 제주도내 충전 인프라 현황	10
2. 시스템 구성	10
3. 충전정보 처리를 위한 MDMS 구성	14
4. Hadoop	15
5. Pig	15
IV. 데이터 분석	17
1. Pig Latin	18
2. 데이터 분석	22
V. 결론	25
VI. 참고문헌	27

List of Tables

[표 1] 충전기별 이용현황	22
[표 2] 사용자별 이용현황	23
[표 3] 일별 이용현황	24

List of Figures

[그림 1] 충전 운용 흐름도 [19]	8
[그림 2] Hadoop 에코시스템 [24]	9
[그림 3] 송·수신 부호 [26]	11
[그림 4] 통신전문(프로토콜) 형식. 충전정보시스템 → 충전기로 전송하는 전문[26]	11
[그림 5] 통신전문(프로토콜) 형식. 충전기 → 충전정보시스템으로 전송하는 전문 [26]	12
[그림 6] 충전데이터 관리시스템 메인화면 [11]	13
[그림 7] 충전기 상태 이력 및 충전 진행 이력 [11]	13
[그림 8] MDMS 설계 [11]	14
[그림 9] MDMS 데이터 수집 이력 [11]	14
[그림 10] Apache Hadoop 버전	15
[그림 11] Apache Pig 버전	15
[그림 12] Apache Pig 테스트 (ex.pig)	16
[그림 13] 충전 인프라 원시 데이터	17
[그림 14] 데이터 Load 부분	18
[그림 15] Pig Latin 처리화면	18
[그림 16] Pig 전기자동차 충전기 데이터 샘플링 (cid.pig)	19
[그림 17] Pig Latin 처리화면 (cid.pig)	19
[그림 18] Pig 전기자동차 충전기 데이터 샘플링 (driver.pig)	20
[그림 19] Pig Latin 처리화면 (driver.pig)	20
[그림 20] Pig 전기자동차 충전기 데이터 샘플링 (daily.pig)	21
[그림 21] Pig Latin 처리화면 (daliy.pig)	21
[그림 22] 충전기별 이용현황 그래프	22
[그림 23] 운전자별 충전기 이용현황 그래프	23
[그림 24] 일별, 월별, 년별 충전기 이용현황 그래프	24

Abstract

지능형 전력망인 스마트그리드의 확산과 함께 다양한 전력 엔티티들의 실시간 모니터링 시스템들이 구축되고 있는데 이들은 짧은 주기로 데이터를 수집 및 저장하고 있어서 데이터의 양이 끊임없이 증가하고 있다. 이를 체계적으로 분석하고 종합하면 더욱 효율적인 관리와 새로운 비즈니스 모델을 개발할 수 있다. 본 논문에서는 현재 제주 지역에서 운영되고 있는 실시간 충전기 관제 시스템에서 산출되는 데이터를 대상으로 그 시스템과 데이터 내역을 상세히 조사하고, 오픈 소프트웨어를 통한 분석 플랫폼을 구성하며, 시간별 충전량과 사용량에 대한 흐름을 파악한다.

제주대학교 전기차사업단의 주관하에 2013년에 수행된 「제주도내 전기차 사업 촉진을 위한 운영시스템 및 충전 인프라 구축」 과제를 통해 제주도내 충전기들의 상태정보(충전 중인 차량정보, 배터리 소모량, 가격, SoC 잔량, 충전기 작동 상태, 사용자별 충전량)가 5분 주기로 환경부에서 정의한 데이터 포맷에 맞추어 충전데이터 관리 시스템이라 불리는 중앙 관제 서버에 보고되어 축적되고 있다.

빅데이터를 분석하는데 있어서는 공개 소프트웨어인 Apache Hadoop이 널리 사용되고 있다. jejuerc.jejunu.ac.kr에 하둡과 이의 스크립트 수행환경인 Pig 가 설치되었으며 처리할 데이터의 양이 많지 않기 때문에 stand-alone 모드로 수행되고 있다. 이와 아울러 MapReduce나 사용자 정의 함수를 구동하기 위해 기본적으로 Java 플랫폼도 구성에 포함되어 있다.

Pig 스크립트를 통해 충전기 상태정보에 대한 필드를 타입별로 읽어드리고 일별, 월별로 충전 중 레코드 회수와 사용량을 계산하였다. 이 과정에서 불필요한 필드와 오류를 포함한 필드들을 제거하기 위해 행을 추출하는 GENERATE 명령과 열을 추출하는 필드 선택을 사용하였으며 사용자별, 일별, 월별 그룹에 따르는 부분 COUNT, SUM 등의 내장형 함수들을 호출하였다. 정제된 데이터에 따르면 제주에서 운영 중인 50개의 대상 충전기는 2014년 8월부터 9개월 동안 21,296회 이용되었고, 최대로 많은 레코드를 갖는 충전기는 1,132번 충전 중 레코드를 발생시켰으며 이는 5,660분에 해당하는 운영시간을 나타내고 있다.

이러한 충전기 모니터링 데이터 분석은 충전소 운영에 필요한 전력량을 미리 확보하고 나아가 풍력 등과 같은 신재생 에너지의 예측 모델과 결합하거나 할인을 적용에 의한 피크부하 분산을 통해 전기자동차들이 전력시스템에 주는 영향을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract

Along with the penetration of a new-generation power network, called smart grid, many real-time monitoring systems are being built for a variety of power system entities. Those systems acquire and accumulate a series of data records having a relatively short period from a lot of entities, so the amount of them keeps growing. A systematic and integrative analysis of those streams makes it possible to efficiently operate the target system and to promisingly create a new business model. In this regard, this thesis 1) investigates the real-time charger tracking system currently running in Jeju city and the data stream it creates, 2) constructs a data analysis platform taking advantage of open software, and 3) traces the number of records as well as the amount of electricity consumption on daily, monthly, and personal basis.

Through the R&D project, 「Construction of an operation system and a charging infrastructure for the promotion of electric vehicle businesses in Jeju city」, carried out under the supervision of JNU electric vehicle research center, the real-time status information of each charger in Jeju city is concentrated on a central server. A single record includes vehicle id in charging, electricity consumption, retail price, current battery remaining, current operation status, per-user consumption, and the like. The record format is specified by the Department of Environment, Republic of Korea and each record is reported with the period of 5 minutes to MDMS (Meter Data Management System).

Apache Hadoop is a well-known software package commonly used for big data processing. We install this software and its script language processor, namely, Pig, on a Linux machine (jejuevrc.jejunu.ac.kr). They are currently running in the stand-alone mode as the amount of data does not demand parallel processing. Basically, the Java platform supports MapReduce-based programming and extends Pig by means of user-defined function implementations.

The Pig script loads the data stream into the Hadoop space according to the

type of each field and calculates not only the number of records but also the amount of energy consumption for each day and month, respectively. The Generate and field selection commands eliminate unnecessary and redundant data, while the built-in functions such as COUNT and SUM obtain the partial sums for daily, monthly, and per-charger groups. The refined data set finds 21,295 records saying that chargers are in operation and the maximum of the number of per-charger records reaches 1,132, which corresponds to the operation time of 5, 660 minutes.

After all, the analysis of charger status monitoring streams allows us to provision the sufficient amount of electricity necessary for the robust operation of charging stations as well as to integrate more renewable energy such as wind. Moreover, with the daily and hourly consumption pattern model, it is possible to shift system load stemmed from simultaneous electric vehicle charging by different discount plans on different time-of-use.

I 서 론

제2차 전력혁명이라 불리는 스마트그리드는 전기 및 정보통신 기술을 활용하여 전력망을 지능화·고도화함으로써 고품질의 전력서비스를 제공하고 에너지 이용효율을 극대화하는 차세대 전력망이다. 현재의 전력시스템은 최대 수요량에 맞춰 예비율을 두고 일반적으로 예상수요보다 15% 정도 많이 생산하도록 설계되어 있다[1]. 따라서 전기를 생산하기 위해 연료를 확보해야 하고 각종 발전설비가 추가로 필요하며, 버리는 전기량이 많아 에너지 효율도 떨어진다. 그뿐만 아니라 석탄, 석유, 가스 등을 태우는 과정에서 불가피하게 발생하는 공해물질은 환경적인 악영향을 초래한다. 이로 인해 최근에는 신재생에너지에 바탕을 둔 분산전원의 활성화를 통해 에너지 해외 의존도를 줄이고, 기존의 발전 설비에 들어가는 화석연료 사용의 절감을 통해 온실가스 배출을 감소시킬 수 있는 신재생에너지의 필요성이 증가하고 있다[2].

신재생에너지는 신에너지와 재생에너지(자연 상태에서 만들어진 에너지)를 통합한 용어로서 새로운 물질을 기반으로 하는 자기유체발전, 핵융합, 수소에너지, 연료전지 등을 의미하는 반면, 재생에너지는 기존의 석유, 석탄 등 화석연료를 변환시켜 이용하거나 물, 바람, 햇빛, 지열, 생물유기체 등을 포함한 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지이다. 신에너지 및 재생에너지에 대한 개발·이용·보급촉진법 2조에 따르면, 우리나라는 3개 분야의 신에너지(연료전지, 석탄 액화가스, 수소에너지)와 8개 분야의 재생에너지(태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지) 총 11개 에너지원을 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 에너지로 미래에 사용될 신재생에너지로 지정하였다[3].

그러나 미래의 에너지원으로 주목받고 있는 신재생에너지에는 분명한 한계가 존재한다. 즉, 지리적인 제한이나, 발전량, 기후조건에 크게 영향을 받는 발전 단가 등의 문제점 때문에 아직은 기존의 에너지를 대체할만한 대안이라 볼 수 없다. 반면 스마트그리드는 에너지 생산 및 소비를 최적화할 수 있고, 에너지가 필요할 때 이를 주고받을 수도 있다. 즉, 가정과 사무실, 공장, 발전소, 자동차 등 전기를 소비하는

주체끼리 실시간으로 정보를 교환해 필요한 에너지를 배분해 사용할 수 있어 에너지 효율을 향상시킨다. 또, 태양열, 지열, 조력, 풍력 등 신재생에너지를 이용하여 만들어진 전기를 스마트그리드를 활용해 에너지저장장치(Energy storage system)에 보관했다가 전력 수요가 많을 때 적정 가격에 역판매 할 수 있는 가능성도 열려있다[4]. 스마트그리드가 활성화되면 현재 전 세계인이 사용하는 인터넷처럼 전기를 사용하는 전 세계의 모든 가구가 연결되는 어마어마한 전력 네트워크가 될 것이며, 실생활에 이용되는 부분 중 전기자동차 및 충전 시스템의 이용 빈도가 높을 것으로 예상된다[5].

스마트그리드는 운송시스템(Transportation System)도 전력망의 일부로 만드는데 그 핵심에는 전기자동차가 있다. 전기자동차는 발전시스템 또는 에너지 저장 시스템으로부터 동력을 공급받아 모터를 구동시켜 작동된다. 기존의 내연 자동차(Internal Combustion Engine Vehicle)는 주 연료인 석유를 이용해 내연기관을 통해 동력을 얻는데 최근 석유의 고갈로 인한 유가 상승과 내연기관에서 배출되는 환경 오염 물질에 대한 규제 강화로 고효율 자동차에 대한 선호가 높아지고 있다. 또한, 기존의 주 연료를 대체할 에너지를 찾게 되면서 전기에너지에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이를 이용하기 위한 전기자동차와 전기자동차 충전기 역시 관심이 높아지고 있다[6].

점차 국내·외 전기자동차 산업에 관심과 중요도가 높아지면서 2010년 전기자동차의 본격적인 생산이 개시되어 이의 보급 확대 및 시장 활성화를 위한 지원도 확대되고 있다. 이에 따라, 국가 에너지 수급 및 온실가스 배출구조 역시 전기자동차의 보급과 비례하여 감소할 것으로 예상된다. 전기자동차의 에너지 효율성(연비)은 내연기관 자동차보다 4배 정도 높은 것으로 알려졌으며, 결국은 전기자동차에게 에너지 공급을 하기 위해서는 충전 인프라가 필요하다.

충전 인프라는 충전기, 운영시스템, 전기설비, 통신설비, 부가서비스 등으로 구성되어 있으며, 이 중에서 전기자동차에 전력을 공급하는 충전기의 충전방식은 직접충전방식, 비접촉식 충전방식, 배터리 교환방식으로 나누어진다. 현재 직접충전방식이

가장 많이 쓰이고 있으며, 충전은 교류에 기반을 둔 완속 충전과 직류에 기반을 둔 급속충전 방식으로 나누어지며, 완속충전의 경우 배터리가 100% 충전 될 때까지 4~6시간가량 소요되고, 급속충전의 경우 80% 충전될 때까지 20~30분 가량 소요된다. 국내는 정부 지원 하에 공공기관 중심으로 2014년 6월까지 전기자동차 1,871대, 충전기 1,971기가 보급(지자체 교부 기준) 되었으며, 2015년 현재까지 정부보조금 지원 확대 및 차종 다양화(3종→6종, 6종→7종)로 판매 성장 및 전기자동차 및 충전기 인프라 활성화에 대한 기대 효과를 높이고 있다. 국내 뿐 아니라 해외 역시 유럽 및 북미를 중심으로 전기자동차 판매시장이 급성장하고 있다[7][8]. 최근 세계 전기자동차 시장이 미국과 중국을 중심으로 급성장 추세를 보이며, 전기자동차 선도국 외에 인도를 비롯한 주요 신흥국까지 전기자동차 보급 활성화 대열에 가세하고 있다[9].

지역발전 에너지사업 제주 스마트그리드 실증단지는 구좌읍(제주 동북부 소재) 일대에서 2008년 12월 사업이 시작되어 기본 설계에서 인프라 구축까지 2011년 6월부터 본격적으로 운영되고 있으며, 환경적·산업적인 요인으로 전기자동차에 대한 관심을 고양시켰다. 현재 Carbon Free Island, 즉 「탄소없는 섬 제주」로 명명된 저탄소 녹색성장 프로젝트 수행을 통해 가파도에 2012년 8월에 시범모델 구축이 완료되었다. 가파도 내 기존 전력 부분을 풍력발전, 태양광을 이용한 신재생에너지로 100% 대체하였고, 모든 운행차량은 전기자동차만 허가되며, 농기계·어선은 단계적으로 전기화 할 예정이다. 또한, 전기자동차 시범도시 구축으로 친환경 전기자동차 보급을 기반으로 한 탄소 없는 섬 제주를 실현하고, 청정 생태관광 산업과 연계하여 지역경제 활성화를 동시에 추진한다. 이와 아울러 전기자동차 운행 최적의 조건과 스마트그리드 산업을 연계하여 제주를 세계적인 전기자동차 산업의 메카로 육성하기 위해 2020년까지 전기자동차 30% 보급, 2030년까지 100% 보급을 목표로 하고 있다[10].

이처럼 제주도에서는 전기자동차에 관련된 다양한 사업이 수행되고 있으며 특히 산업통상자원부 지원으로 「제주도내 전기차 사업촉진을 위한 운영 시스템 및 충전 인프라 구축」 사업을 통해 제주도내 충전기의 실시간 상태정보가 중앙 관리 서버

에 수집되어 축적되고 있다[11]. 실시간 충전기 모니터링의 경우 「충전기-통합운영 센터 간 연계모듈(표준 Data I/F 및 트랜잭션 모듈 통신연계)」을 통하여 시스템 사이 통신인터페이스 작동 유무 및 최소 500msec 이상의 간격으로 100회 연속적으로 통신 성공 여부를 판단한다. 그리고 충전기에서 통신상태 주기를 1초마다 충전기에서 MDMS로 패킷을 전송한다. MDMS는 송신된 패킷을 처리하며 그와 관련된 응답을 M2M 통신을 통해 충전기로 전송하고, 수집된 데이터를 관리한다. 이를 통한 빅데이터 분석은 다양한 비즈니스 모델을 창조하고 높은 부가가치를 지닐 것으로 예상된다.

본 논문은 2014년도부터 현재까지 제주특별자치도 도내에서 운영 중인 전기자동차와 충전기에서 수집된 이용현황 데이터를 효율적이고 체계적으로 분석하여 빅데이터 처리를 위하여 리눅스 운영체제에 하둡(Hadoop)을 설치하고, 피그(Pig) 스크립트를 활용하여 빅데이터 가공 및 샘플링 데이터를 처리하였다. 샘플링된 데이터를 이용하여 사용자의 충전패턴을 분석하고 효율적인 전기자동차 충전에 대한 결과 예측을 통해 전력설비 혹은 충전소 플래닝에 사용하도록 한다.

II 배경과 관련 연구

본 장에서는 배경과 스마트그리드에 대한 빅데이터 처리와 분석과 관련된 연구와 전기자동차 충전기 이용현황과 관련된 연구에 대해 고찰한다.

1. 국내외 스마트그리드 현황

국내 스마트그리드는 2009년 2월 녹색성장위원회에 사업추진의 필요성이 보고되면서 본격화되었고, 2009년 6월 실시간 전기요금 정보를 제공하는 전력관리장치 첨단 스마트 미터(Advanced Smart Meter)와 전기자동차 충전 인프라, 분산형 전원(배터리), 실시간 전기요금제, 전력망의 자기치유 기능, 신재생에너지 제어 기능, 직류(DC) 전원공급, 전력 품질 선택 등을 필수요소로 하는 「한국형 스마트그리드 비전」을 발표하였다[12]. 이처럼 스마트그리드는 에너지 효율 향상 이외에 새로운 비즈니스 및 녹색 일자리 창출을 통해 경기를 부양하고, 신재생에너지, 전기자동차 등 저탄소 녹색기술의 대량으로 보급하는 필수적인 인프라로 대두되었다. 또 2009년 7월 초 열린 G8 정상회의 기후변화포럼(MEF; Major Economies Forum on Energy and Climate)에서는 온실가스 감축을 위해 필요한 「세상을 바꾸는 7대 전환적 기술」 중 하나로 선정되었다.

대한민국은 2009년 12월부터 2014년 5월까지 2,465억 원 규모로 전력, 통신, 자동차, 가전 업계가 협력해 참여하는 세계 최대 단위의 실증사업을 제주특별자치도 구좌읍(제주 동북부 소재) 일대에서 진행하였다[13]. 실증사업은 총 5개 분야(스마트 전력망, 스마트 양방향 전력통신, 스마트 운송, 스마트 신재생에너지, 신재생 전력)로 구성되며, 실증사업을 통하여 다양한 서비스들이 개발되었는데, 그중 지능형 운송에 전기자동차가 포함된다. 전기자동차 기반 가상 발전소 운영서비스는 전기자동차의 배터리를 활용하여 전력시장에 판매를 대행하는 서비스와 전기자동차의 급·완속 충전 서비스로 주유소, 주차장, 마트 등에서 전기자동차 배터리에 전기를 충전하는 전력 재판매 서비스 및 전기자동차 이동 충전서비스로 전기자동차 배터리 방전 시 응급 구조 차량이 출동하여 급속충전 서비스를 제공하며 전기자동차 대여 서비스 등 실증사업 비즈니스 모델이 개발되었다[14].

제주특별자치도는 기후변화 대응 및 에너지 자립을 위한 제주형 저탄소 녹색성장이 라 하여 「Carbon Free Island Jeju by 2030」을 추진하고 있다. 이에는 「전기자동차 시범도시 구축, 제주 해상풍력 2GW 개발」, 「스마트그리드 거점지구 추진」 사업 등이 포함되어 있으며, 제주도를 스마트그리드 선도도시로 만들기 위해 제주도 내 스마트그리드 지역을 확대 적용하는 인프라를 구축하고, 실증단지에서 거점 지구화, 궁극적으로는 전국 확산 및 수출 산업화를 추진하고 있다. 아울러 효율적 온실가스 감축을 위한 제주 지역 운행 자동차의 전기자동차 100% 대체를 위해 제주 전역 전기자동차 충전기 등 운행 인프라 구축을 통한 전기자동차 시범도시를 구축할 계획이다. 이에 따라 2020년까지 도내 차량의 30%인 94,000대를 전기자동차로 전환하고, 2030년까지 100%인 370,000대를 모두 전환하는 것을 계획 중이며, 2017년에는 공공부문 자동차, 2020년에는 대중교통, 2030년에는 상용차를 전환할 계획이다. 또한, 전기자동차 충전 인프라 시설도 2014년 7월 기준 급속충전기 73기, 완속충전기 742기 총 815기가 설치되었고, 2020년 94,000기, 2030년 225,000기를 설치할 계획이며, 계속해서 전기자동차의 보급과 충전기가 증설될 예정이다[7][15].

국외 스마트그리드의 경우 미국은 5,000대 규모의 닛산 전기자동차에 대한 실증이 완료되었고, 주요 고속도로 부근 휴게소(트럭) 50곳에 충전 인프라를 구축하고 정부 보조금 지원까지 마친 상태이다[16]. 영국은 정부 및 런던시를 중심으로 전기자동차 구입 보조금이 지원되고 있다. 런던시가 독자적으로 전기자동차 10만대 보급계획을 수립하는 등 빠르게 실행에 옮기고 있으며 특히 2012년까지 3마일 범위를 기준의 급속 충전기 네트워크 구축 계획 및 신축 주차장 충전장치 설치 의무화를 추진하였으며, 프랑스는 2010년 기준, 유럽에서 가장 많은 전기자동차를 보유한 나라로 충전 인프라를 국유전력회사인 EDF(Electricite De France)를 중심으로 추진하고 있다. EDF는 향후 10년간 전기자동차 및 충전 인프라에 25억 유로를 투자할 계획이라 밝혔으며 전기자동차 구매자에게는 5천 유로를 환급해주는 마케팅전략 등 적극적인 움직임을 보이고 있다.

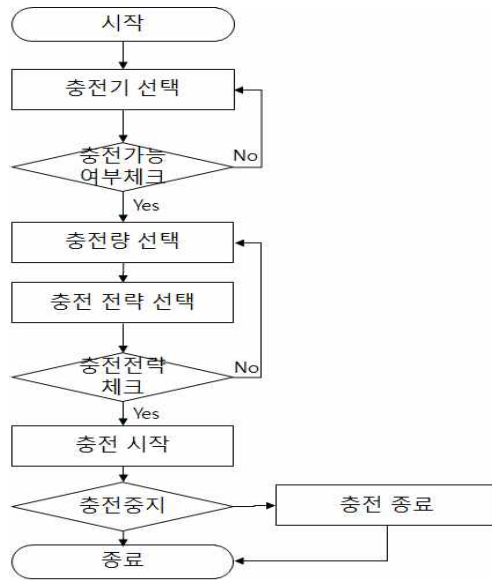
일본은 도쿄도, 가나가와 현 등 일부 지방자치단체에서는 충전 인프라 사업을 위해 독자적인 보조금을 별도 산정하여 급속 충전기 가격의 50%를 설치 보조금으로 지

급하고 있다. 또한, 정부에서는 충전서비스 모델 확립 및 확산을 위한 실증실험에 2009년에만 20억 엔의 예산을 지원하였고 시범 도시를 지정하는 등 충전 인프라 사업에 적극적인 움직임을 보이고 있다. 이스라엘 또한 2008년에 르노-닛산과의 파트너십 협약을 통해 충전소 50만 개를 설치를 확정하였고, 2011년부터 1,000개의 충전소를 설치하는 등 인프라 구축을 본격적으로 시행하고 있다.

2. 관련연구

2.1 스마트그리드 환경에서 공동거주지의 전기자동차 충전 시스템

전기자동차 충전기 보급이 단독주택 및 공공시설뿐 아니라 아파트 단지 내 얼마나 보급될 것인가를 알아보기 위한 설문조사를 분석한 결과 2020년경에는 분양아파트에서 가구당 0.26대, 임대아파트에서 가구당 0.067대가 보급될 것으로 예측되었다[17]. 이와 함께 2020년대 100만대 보급 기준으로 전기자동차의 충전에 필요한 전력은 전체 전력생산량의 12%가 예상되고 있다[18]. 충전 인프라의 경우 충전기, 운영 시스템, 전기설비, 통신설비, 부가서비스 등으로 구성되어 있다. 공동거주지 내 전기자동차는 충전 시 전력을 공유하기 때문에, 충전 시스템의 경우 전기자동차를 충전하면서 발생 가능한 시나리오를 고려해야 하는데, 여러 대의 전기자동차를 동시에 효율적으로 충전하기 위한 스케줄링 기능이 필요하다[19]. 충전 인프라 중 공동거주지 에너지 관리의 경우 통합 시스템 에너지 관리 서비스와 에너지 예측서비스, 전기자동차 충전 서비스로 구분되며, 이 중 전기자동차 충전 시스템은 충전 관리·스케줄링 서비스를 제공한다[20]. 이와 아울러 전기자동차 충전 컨트롤러는 충전기 사용자 인터페이스와 충전기 상태 정보, 충전요금 등의 정보를 제공한다. 공동거주지의 경우 실시간 요금제를 고려하며, 전기자동차 충전 환경에서 시스템은 최단시간 충전 전략, 실시간 요금제 기반 최저요금 충전 전략을 사용자에게 제공하며 이처럼 스케줄링 전략을 선택하여 전기자동차 충전을 할 수 있다[21].



[그림 1] 충전 운용 흐름도 [19]

충전 컨트롤러를 이용하여 여러 대의 전기 충전기를 효율적으로 관리할 수 있으며, 충전 방식을 사용자가 선택하는 형태의 충전을 실행할 수 있다. 그뿐만 아니라 사용자 인터페이스 및 운영시스템 알고리즘을 발전시킨다면 향후 공동거주지뿐만 아니라 모든 전기자동차 충전소에서 안정적으로 운영할 수 있을 것이다[19].

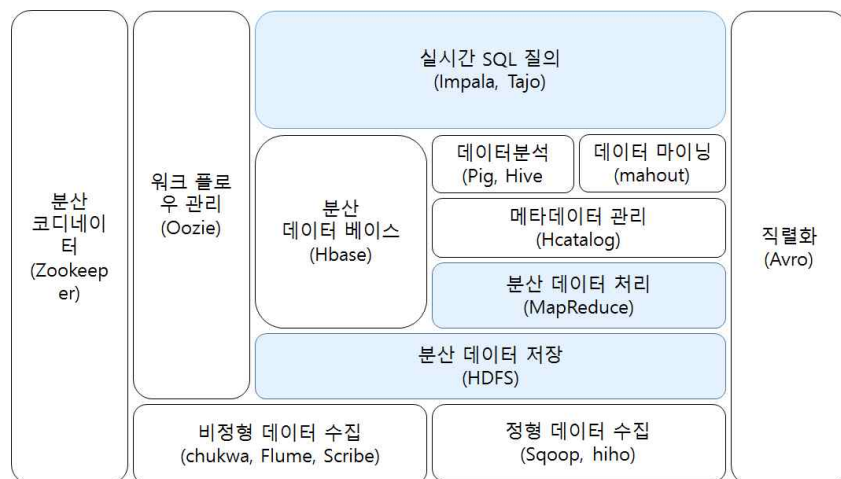
2.2 인코어드 전력 빅데이터 사업의 추진 사례

기존 전력망에 IT 기술을 접목하여 공급자와 사용자의 실시간 에너지정보를 활용, 수요/사용량 예측, 누진/피크 예측 등의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 인코어드는 2013년 「디스어그리게이션(Disaggregation)」이라는 센서를 통하여 전기 에너지를 소비하는 각종 부하의 패턴과 데이터를 수집하고 빅데이터를 분석 처리하여 사용고객에게 서비스를 제공하고 있다[22]. 빌딩 및 가정의 사용량 예측, 전력회사의 수요예측, 가전기기의 노후, 고장 상태 진단 및 수명을 예측하고, 유효/무효 최적 제어(WO, Volt-Var optimization) 기술을 바탕으로 한 에너지 절감을 위한 빅데이터 분석을 한다. 이처럼 실시간의 순간 전력량과 5분 단위의 부하별 에너지 사용량을 모니터링 서비스를 통해 제공하며, 피크예측을 위한 데이터서비스를 빌딩에너지 관리시스템과 결합하여 제공한다. 또한, 부품 하나하나에 대한 노후 및 고장상태 등

을 진단하고 악화된 에너지 효율 수준을 점검하여 부품교체 시기를 판단할 수 있게 해주며, 변전소에서 부하 단의 전압과 전류의 관계를 분석 및 흐름양을 판단하여 최적의 전압 및 전류제어를 통하여 에너지를 3% 이하로 배전계통에서 절감시켰다.

2.3 Hadoop 에코시스템

국내·외적으로 에너지 효율을 향상해 에너지 소비를 절감하고, 신재생에너지에 바탕을 둔 분산전원의 활성화를 통해 환경오염 및 온실가스 감소의 필요성이 증대되면서 「저탄소 녹색성장」, 「Carbon Free Island」 등 다양한 스마트그리드 확산 사업이 시행되었고, 특히 제주 지역에서는 현재까지 많은 전력 데이터가 수집되고 있다. 4개 지역 단지 내 약 1,880여 개소로부터 수집된 데이터는 1년에 약 400GB의 전력데이터가 수집되며, 지금까지 약 4TB의 데이터가 수집되었다. 기존 사업의 확대 및 데이터수집 양이 많아지면 관계형 데이터베이스로 저장하거나 분석하기가 복잡해지므로 병렬데이터 분석 시스템이 필요하며 분석을 위한 오픈 소스 기술인 Hadoop이 이용되었다. 관계형 데이터베이스와 Hadoop으로 처리속도의 비교 분석 통하여 Hadoop의 병렬데이터 분석 시스템이 3~5배 빠르다는 결과가 나왔다. 시간이 지나면 지날수록 데이터양이 기하급수적으로 증가할 것을 고려하면 관계형 데이터베이스로는 처리할 수 없을 것이다. Hadoop 에코시스템 중 예측모델인 마햇(mahout)은 기계 학습 알고리즘을 포함하고 있으며, 선형회귀분석을 이용하여 수요전력량 예측값과 실제 사용량을 비교 평가한 내용은 상대적으로 수요전력량 예측과 비슷한 흐름이다[23].



[그림 2] Hadoop 에코시스템 [24]

III 시스템 구축

본 장에서는 데이터 스트림의 수집구조와 특성에 대해 설명하고 이 스트림의 진화에 대해 기술한다.

1. 제주도내 충전 인프라 현황

현재 보급된 충전 인프라의 경우 제주 스마트그리드 실증사업에서 발생한 충전 인프라, 환경부 보급계획에 의해 설치된 충전 인프라 및 제주특별자치도 전기자동차 민간보급과 함께 보급된 충전 인프라로 현재 2014년 7월 기준으로 급속충전기 73기, 완속 충전기 742기로 총 815기가 설치되어 있다.

제주대학교 전기차사업단에서는 「2013년도 3차 기술료 사업」으로 2013년 12월부터 2014년 11월까지 「제주도 내 전기차 사업촉진을 위한 운영시스템 및 충전 인프라 구축」 과제를 수행하였다. 기존 제주도내 구축된 많은 충전 인프라에 비해 충전기간 상호운용성의 미비 및 충전정보 부재로 인한 전기자동차 사용자들의 충전 불편 사항이 증가하였고, 통합운영시스템 운영을 통하여 결과적으로 전기자동차 상태(차량정보, GPS 정보, 배터리소모 등), 충전소 상태(작동상태, 위치정보, 사용자별 충전 등) 모니터링 등 다양한 고부가가치의 대용량 데이터를 생산하고 있으며, 충전 인프라의 통합인증 기반 상호운용성 확보와 유료 충전서비스 체계를 구축하였다.

2. 시스템 구성

통신 패킷 포맷 설계 및 충전기와 통합운영시스템 간 통신규약 절차 정의를 바탕으로 통신 프로토콜 개발과 연계 인터페이스 모듈을 개발하였다. 그리고 민간 충전사업자 보급 충전 인프라와 충전 데이터 교환 호환성을 확보하였으며, 충전 인프라를 통해 수집되는 대규모 충전정보 처리를 위한 MDMS를 구축하였다. 프로토콜의 경우 2013년 3월 환경부에서 정의한 전기자동차 충전기 통신 규약을 분석하여 사용자인증, 충전기 상태, 충전단가, 충전기 프로그램 등 [그림 3]과 같이 프로토콜 처리를 위한 송·수신 수행절차를 시행하였다.

구분	ASCII	설명
SOH	0x01	Start of Header
STX	0x02	Start of Text
ETX	0x03	End of Text
EOT	0x04	End of Transmission
ACK	0x06	Acknowledge(데이터 정상 수신)
NAK	0x15	Negative acknowledge(수신 불량, 재 전송 요청)

[그림 3] 송·수신 부호 [26]

2013년 5월 환경부에서 정의한 충전정보시스템에서 충전기로 전송하는 프로토콜 구조는 [그림 4]와 같다.

구분	Type	Size (byte)	Description	
[HEADER]	STX	HEX	1	Start of Transaction(0x02)
	Send Date	BCD	7	전송 일시(YYYYMMDD hhmmss)
	SEQ	HEX	2	Sequence Number(0x0000 ~ 0xFFFF) 충전정보시스템과 충전기가 생성하며, 일자가 바뀌거나 충전기가 Reset되면 0x0000으로 Reset
	충전기 Type	HEX	1	충전기 종류 구분 0xFF: 전체 장비 0x01: 승용차 DC급속, 0x02: 승용차 AC완속 0x03: 승용차 비접촉, 0x04: 승용차 AC급속 0x11: 버스 DC급속, 0x12: 버스 AC완속, 0x13: 버스 비접촉, 0x14: 버스 AC급속 0x21: 이륜차 급속, 0x22: 이륜차 완속 0x31: 승용차 급속+버스 급속
	충전소 ID	ASC	8	충전소 ID(대분류 2자리, 중분류 2자리, 소분류1 2자리, 소분류2 2자리)
	충전기 ID	ASC	2	충전기의 물리적인 장비 번호
	INS	HEX	2	명령어 코드(Instruction Identifier)
	ML	HEX	2	전송 데이터 길이(Message Length) Request/Response Buffer Size : 최소 1024 bytes
[DATA]	VD	HEX	N	Variable Data
[TAIL]	CRC	HEX	2	전송일시부터 DATA까지의 Check Code로 표준 CRC-16 checksum 사용
	ETX	HEX	1	End of transaction(0x03)

[그림 4] 통신전문(프로토콜) 형식. 충전정보시스템 → 충전기로 전송하는 전문[26]

또한, 충전기에서 충전정보시스템으로 전송하는 프로토콜 구조는 [그림 5]와 같다.

구분		Type	Size (byte)	Description		
STX		HEX	1	Start of Transaction(0x02)		
[HEADER]	Send Date	BCD	7	YYYYMMDD hhmmss		
	SEQ	HEX	2	Sequence Number(0x0000 ~ 0xFFFF)		
	충전기 Type	HEX	1	충전기 종류 구분 0xFF: 전체 장비 0x01: 승용차 DC급속, 0x02: 승용차 AC완속 0x03: 승용차 비접촉, 0x04: 승용차 AC급속 0x11: 버스 DC급속, 0x12: 버스 AC완속, 0x13: 버스 비접촉, 0x14: 버스 AC급속 0x21: 이륜차 급속, 0x22: 이륜차 완속 0x31: 승용차 급속+버스 급속		
	충전소 ID	ASC	8	충전소ID(대분류 2자리, 중분류 2자리, 소분류1 2자리, 소분류2 2자리)		
	충전기 ID	ASC	2	충전기의 물리적인 장비 번호		
	INS	HEX	2	명령어 코드(Instruction Identifier)		
	ML	HEX	2	전송 데이터 길이(Message Length) Request/Response Buffer Size : 최소 1024 bytes		
[DATA]	VD	HEX	N=M+10	Type	Size	Description
				HEX	2	충전기 Mode
				HEX	8	충전기 Status
				HEX	4	충전기 전력 사용량 (일 마감 이후부터)
HEX	M	Variable Data				
CRC		HEX	2	전송 일시부터 DATA까지의Check Code로 표준 CRC-16 checksum 사용		
ETX		HEX	1	End of transaction(0x03)		

[그림 5] 통신전문(프로토콜) 형식. 충전기 → 충전정보시스템으로 전송하는 전문 [26]

충전 인프라 중 충전기에서 전송되는 메타데이터를 수집, 가공, 저장, 처리를 위한 MDMS 설계 및 구축을 통하여 충전기 제어, 충전기 운영 모니터링, 통신상태 모니터링, 시스템 관리 구분으로 서비스를 제공하며 충전데이터관리시스템(MDMS) 화면 구성은 [그림 6]과 같다.

충전데이터관리시스템 MDMS Jevuser(JEV운영자)님 [로그아웃](#)

충전기 제어 ▾ |
 충전기 운영 모니터링 ▾ |
 통신상태 모니터링 ▾ |
 시스템관리 ▾

[HOME](#) > [시스템관리](#) > [충전기 기본정보 관리](#)

충전소ID
[역링크](#)

충전기정보ID	충전기 관리번호	충전소ID	충전기ID	충전기유형	충전기제조사	충전기모델번호	기명점주명	한글충전소명	기명점주전화번호	충전기 상세정보
CH0000012	JEV0014	12023212	01	승용차 DC급속	J (일진전기)	RFN00123	홍길동	해피충전소	0647025439	보기
CH0000011	JEV0013	12023212	02	승용차 AC완속	L (LS전선)	JOA21344	김철수	해피충전소	0647239890	보기
CH0000010	JEV0012	12023212	03	승용차 비접속	I (LS산전)	SKC98900	김영희	해피충전소	0647214544	보기
CH0000009	JEV0011	12023001	04	승용차 AC급속	H (효성)	RFN00123	홍길동	할덕충전소	0647025439	보기
CH0000008	JEV0010	12023001	05	버스 DC급속	K (코디에스)	JOA21344	김철수	할덕충전소	0647239890	보기
CH0000007	JEV0009	12023001	06	버스AC 완속	P (PNE)	SKC98900	김영희	할덕충전소	0647214544	보기
CH0000006	JEV0008	12023002	07	버스 비접속	C (시그넷)	RFN00123	홍길동	광양충전소	0647025439	보기
CH0000005	JEV0007	12023002	08	버스 AC급속	N (LGCNS)	JOA21344	김철수	광양충전소	01012112234	보기
CH0000004	JEV0006	12023002	09	버스 AC급속	Y (동일제어)	SKC98900	김영희	광양충전소	01043442245	보기

Go to / 1-10 of 134

■ 충전기 상세정보

충전기관리ID	CH0000012	충전기 관리번호	JEV0014	충전소ID	12023212
충전기ID	01	충전기유형	승용차 DC급속	충전기제조사	J (일진전기)
충전기모델번호	RFN00123	M2M단말기전 화번호	01187898987	Port Number(운영)	1234
IP주소(운영)	123.123.123.12	Port Number(VAN)	8001	IP주소(VAN)	123.123.123.14
GPS좌표(위도)	126.920351	GPS좌표(경도)	37.492177	충전기제조사코드	L (LS전선)
RF단말기제조사코드	V(비전택토리)	M2M단말기제조사코드	M(M2M링크)	기명점주명	홍길동
기명점전화번호	0647025439	한글충전소명	해피충전소	영문충전소명	Happycharger

[그림 6] 충전데이터 관리시스템 메인화면 [11]

[그림 7]과 같이 MDMS는 특정 충전기의 기본 상태 값 모니터링 및 운영 모드 변경 및 모드 설정, 충전기 리셋 설정, 운영파라미터 설정 변경 및 제어 이력 확인이 가능하며 충전기가 운영에 필요한 정보에 대해 수정 및 확인할 수 있다. 또한 충전기 ID와 유형, 제조사, 충전기 모드, 충전기 상태, 사용 전력량 확인과 충전기가 충전을 시작, 진행 중 충전 진행 전문을 MDMS로 전송하고 이력 확인이 가능하며, 충전의 시작 및 완료를 하게 되면 전문을 MDMS로 전송하여 이력 확인이 가능하다.

충전기 상태 이력

[HOME](#) > [충전기 운영 모니터링](#) > [충전기 상태 이력](#)

충전기ID
[역링크](#)

충전소ID	충전기ID	충전기유형	충전기제조사	충전기 모드	충전기 상태	충전기 사용 전력량	전문 발송일시
1	4000001	05	승용차 DC급속	충전제어	운영	충전 대기	Close, Connector door Close, M2M통신단말
							20140731 05:40:57

페이지 : 1 / 1

충전진행 이력

[HOME](#) > [충전기 운영 모니터링](#) > [충전진행 이력](#)

충전소ID
[역링크](#)

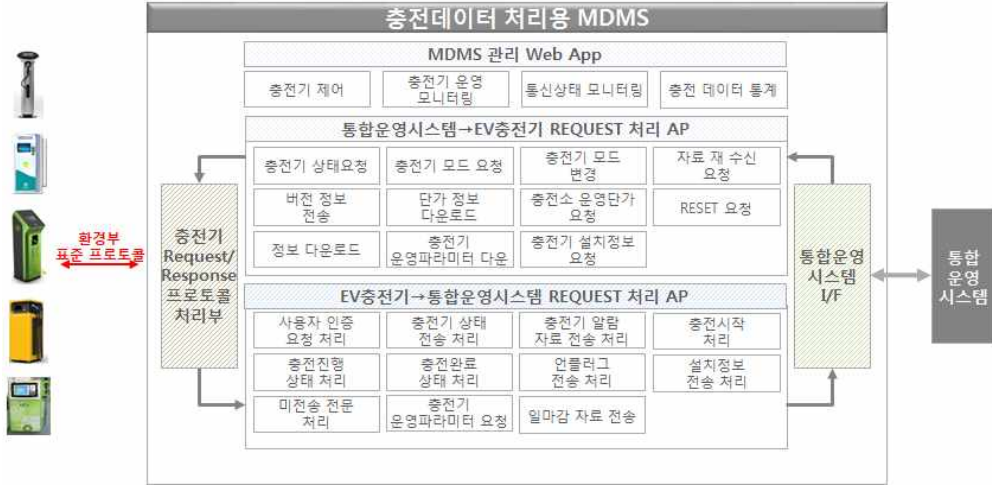
충전소ID	충전기ID	충전기유형	충전기제조사	충전기 모드	충전기 상태	충전기 사용 전력량	전문 발송일시
1	4000001	05	승용차 DC급속	충전제어	충전	충전 진행	충전 시작

페이지 : 1 / 1

[그림 7] 충전기 상태 이력 및 충전 진행 이력 [11]

3. 충전정보 처리를 위한 MDMS 구성

[그림 8]과 같이 충전정보 처리에 특화된 MDMS 커스텀 마이징 개발과 통신 프로토콜을 반영한 데이터 전송 명령을 구현하였다.



[그림 8] MDMS 설계 [11]

충전기와 통합운영시스템의 H/W 장치 및 프로토콜 처리를 위한 송·수신 데이터의 신뢰도를 높이기 위하여 500msec 이상의 간격으로 100회 연속적 통신 성공에 따라 [그림 9]의 제어이력에 대해 실측데이터로 판별한다.

MDMS 충전기 제어이력							MDMS 서버 이력
A	B	C	D	E	F	G	
MDMS 충전기 제어이력							
충전기ID	충전기ID	충전기유형	충전기제어/제어일시	제어ID	제어내용		
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 16:19:37	A000000054	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 16:19:37.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 16:18:00	A000000053	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 16:18:00.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 16:07:42	A000000052	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 16:07:42.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 16:07:31	A000000051	충전기모드 설정(Test 중 -> 충전 대기)		INFO: 2014-12-05 16:07:31.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 14:37:37	A000000050	충전기모드 설정(점검 중 -> Test 중)		INFO: 2014-12-05 14:37:37.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:56:31	A000000049	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 13:56:31.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:54:18	A000000048	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 13:54:18.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:53:59	A000000047	충전기모드 설정(충전 대기 -> 점검 중)		INFO: 2014-12-05 13:53:59.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:52:16	A000000046	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 13:52:16.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:51:14	A000000045	충전기모드 설정(점검 -> 충전 대기)		INFO: 2014-12-05 13:51:14.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:49:21	A000000044	충전기모드 설정(충전 대기 -> 문명)		INFO: 2014-12-05 13:49:21.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:48:49	A000000043	충전 파라미터 설정		INFO: 2014-12-05 13:48:49.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:48:30	A000000042	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 13:48:30.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:40:23	A000000041	충전기모드 설정(충전 대기 -> Test 중)		INFO: 2014-12-05 13:40:23.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:45:30	A000000040	충전기모드 설정(Test 중 -> 충전 대기)		INFO: 2014-12-05 13:45:30.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:37:43	A000000039	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 13:37:43.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:34:21	A000000038	MDM통신단말기 Reset		INFO: 2014-12-05 13:34:21.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:33:16	A000000037	충전기 Reset		INFO: 2014-12-05 13:33:16.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:30:29	A000000035	충전 파라미터 설정		INFO: 2014-12-05 13:30:29.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:30:04	A000000034	충전기모드 설정(충전 대기 -> Test 중)		INFO: 2014-12-05 13:30:04.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:28:29	A000000033	충전기모드 설정(점검 중 -> 충전 대기)		INFO: 2014-12-05 13:28:29.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'
01014504	05	송용차 AC결중알림제어	2014-12-05 13:27:49	A000000032	충전기모드 설정(Test 중 -> 점검 중)		INFO: 2014-12-05 13:27:49.000 [org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter] Initializing WebApplicationContext for servlet 'org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.AnnotationMethodHandlerAdapter'

[그림 9] MDMS 데이터 수집 이력 [11]

데이터의 가공으로 우선 빅데이터를 샘플링이 가능한 Hadoop 기반 데이터 처리 구조와 전기자동차 충전기에 대한 이용현황을 분석하기 위해 데이터의 중복 제거 및 통계적 분석의 최적화를 위한 정규화 작업을 수행하였다.

4. Hadoop

아파치 하둡(Apache Hadoop, High-Availability Distributed Object-Oriented Platform)은 대량의 자료를 처리할 수 있는 대용량 컴퓨터 클러스터에서 동작하는 분산 응용 프로그램을 지원하는 프리웨어 자바 소프트웨어 프레임워크이다[26]. HDFS, HBase, Hive, Pig 등의 하부 컴포넌트를 특성별로 지원하며, 데이터의 처리 방식으로는 맵리듀스(MapReduce)를 사용한다. 전기차사업단 웹서버에 설치된 Hadoop 버전은 [그림 10]과 같이 1.2.1 이다.

```
jjeonth@evrc-SERVER:~/chat$ hadoop version
Hadoop 1.2.1
Subversion https://svn.apache.org/repos/asf/hadoop/common/branches/branch-1.2 -r 1503152
Compiled by mattf on Mon Jul 22 15:23:09 PDT 2013
From source with checksum 6923c86528809c4e7e6f493b6b413a9a
This command was run using /home/jhlee/hadoop-1.2.1/hadoop-core-1.2.1.jar
```

[그림 10] Apache Hadoop 버전

5. Pig

Pig는 대용량 데이터 집합을 분석하기 위한 플랫폼으로 아파치 하둡을 이용하여 맵리듀스를 사용하기 위한 고수준의 스크립트 언어와 이를 위한 인프라로 구성되어 있으며, 본 논문에서는 Pig를 활용하여 충전 인프라의 데이터의 최적화할 방법을 제공하고 사용자가 특수 목적을 위한 자신의 함수를 만들 수 있는 확장성을 제공한다. 전기자동차사업단 웹서버에 설치된 Pig 버전은 [그림 11]와 같이 0.12.1 이며, 부족한 기능이 있을 경우 해당 기능을 사용자 정의 함수(UDF; User Defined Function)를 Java, Python, Javascript로 구현하여 신규 스크립트 명령을 추가할 수 있다.

```
grunt> jjeonth@evrc-SERVER:~/chat$ pig version
15/05/31 00:06:51 WARN pig.Main: Cannot write to log file: /home/jjeonth/chat/pig_1432998411114.log
2015-05-31 00:06:51,116 [main] INFO org.apache.pig.Main - Apache Pig version 0.12.1 (r1585011) compiled Apr 05 2014, 01:41:34
2015-05-31 00:06:51,256 [main] ERROR org.apache.pig.Main - ERROR 2997: Encountered IOException. File version does not exist.
2015-05-31 00:06:51,257 [main] WARN org.apache.pig.Main - There is no log file to write to.
2015-05-31 00:06:51,257 [main] ERROR org.apache.pig.Main - java.io.FileNotFoundException: File version does not exist.
```

[그림 11] Apache Pig 버전

[그림 12]는 Pig 테스트를 위해 샘플 데이터를 활용하여 LOAD 명령어 및 FOREACH 명령어를 통하여 데이터 값을 가져올 수 있다.

```
(log = LOAD '/home/jhlee/pig-0.12.1/tutorial/data/excite-small.log' AS (user:chararray, time:long, query:chararray);  
(grp = GROUP log BY user);  
(cntd = FOREACH grp GENERATE group, COUNT(log));  
(STORE cntd INTO 'kaka');
```

[그림 12] Apache Pig 테스트 (ex.pig)

IV 데이터 분석

본 장에서는 데이터 스트림의 수집을 통해 얻은 빅데이터에 기반한 데이터 분석에 관해 기술한다.

제주대학교 전기차사업단에서 「2013년도 3차 기술료 사업」을 통해 현재까지 운영 중인 운영시스템 및 충전 인프라 데이터를 충전기 단에서는 M2M 통신으로 중앙 서버에 주기적으로 전송한다. 원시데이터의 경우 중복된 필드와 관련 없는 필드를 포함하고 있으므로 데이터 분석을 위해 필요한 데이터에 대하여 선가공하여야 한다. [그림 13]과 같이 우선 리눅스의 텍스트 파일 형태로 저장 및 모든 공백 제거를 통해 분석하기 편리하도록 하며, ISO8601 형식에 따라 날짜 형식을 나타낸다. 그 후 하둡 Pig 스크립트를 통하여 필요한 데이터를 추출한다.

데이터 분석을 통하여 사용할 데이터는 [그림 13]과 같이 화면상에 나온 데이터 필드들의 집합이다. 진행 ID, 사용자 ID, 요구 코드, 수요 전력량, 수요 금액, 지불 코드, SOC 배터리 잔량, 전력량, 가격, 배터리 상태 코드, 총 배터리 용량, 배터리 잔량, 배터리 전압, 배터리 전류, 배터리 온도, BMS(Battery Management System) 버전, 남은 시간, 등록일, 전송 날짜, 충전기 등록 ID를 이용하여 분석한다.

PROGRESS_HISTORY_ID	USER_ID	DEMANDS_CODE	DEMAND_POWER_AMOUNT	DEMAND_AMOUNT	PAYMENT_CODE	SOC_BATTERY
1	H000000102	1010000899040109	DE00	00000000	PA00	0.00
2	H000000104	1010000899040109	DE00	00000000	PA00	0.00
3	H000000155	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
4	H000000156	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
5	H000000157	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
6	H000000158	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
7	H000000159	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
8	H000000160	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
9	H000000161	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
10	H000000162	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
11	H000000163	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
12	H000000164	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
13	H000000165	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
14	H000000166	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
15	H000000167	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
16	H000000168	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
17	H000000169	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
18	H000000170	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
19	H000000171	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
20	H000000172	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
21	H000000173	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00
22	H000000174	1010001188596611	DE00	00000000	PA00	0.00

[그림 13] 충전 인프라 원시 데이터

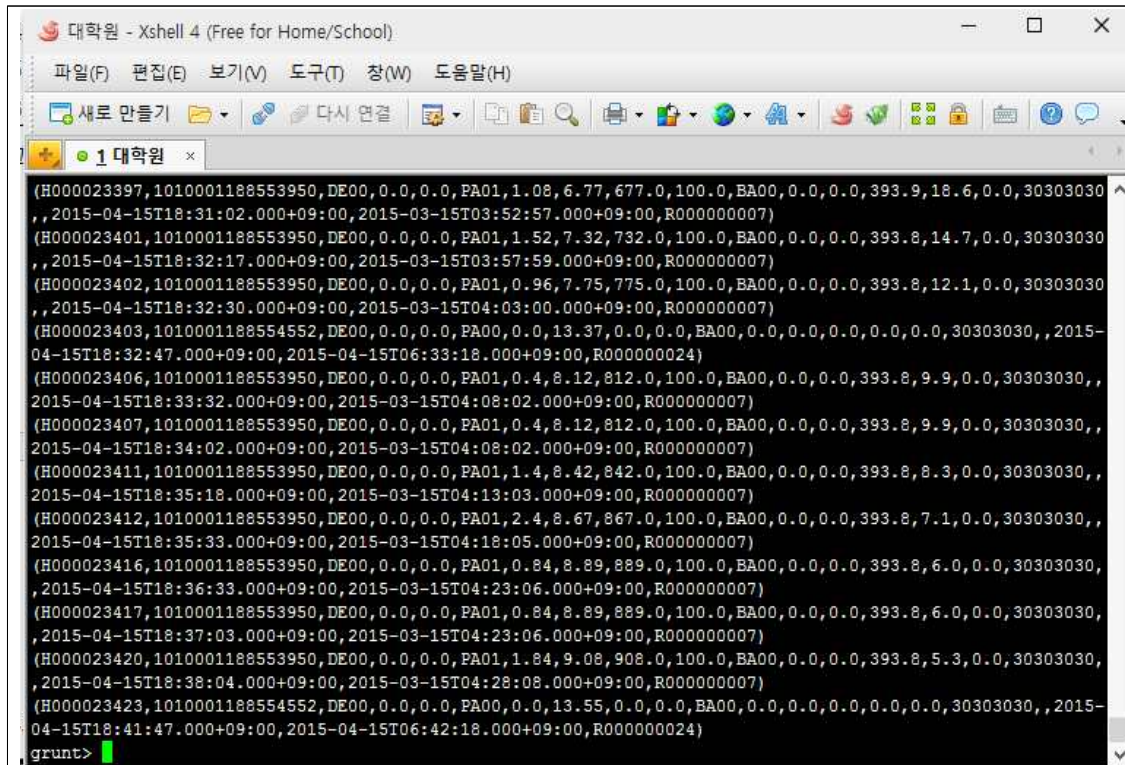
1 Pig Latin

데이터 분석을 위한 원시 데이터를 Pig Latin으로 처리하고, 충전기 이용현황을 [그림 14]와 같이 배치파일을 만들어 샘플링 한다.

```
1 jjeonth@evrc-SERVER:~/chat$ more mdms.pig
2 log = LOAD './charger' USING PigStorage('\t') AS (f1 : chararray, f2 :
    chararray, f3 : chararray, f4 : double, f5 : double, f6 :
    chararray, f7 : double, f8 : double, f9 : double, f10 : double,
    f11 : chararray, f12 : double, f13 : double, f14 : double, f15 :
    double, f16 : double, f17 : chararray, f18 : chararray, f19 :
    datetime, f20 : datetime, f21 : chararray);
```

[그림 14] 데이터 Load 부분

배치파일을 통해 Pig latin 처리결과를 실행해 보면 [그림 15]와 같이 정형화 되지 않은 데이터 값이 출력된다.



[그림 15] Pig Latin 처리화면

먼저, 정형화 되지 않은 수집된 충전 인프라 데이터 중 [그림 16]처럼 충전기 데이터를 LOAD 명령으로 호출하고 FOREACH로 데이터 값을 가져온다. 그 후 오류를 제거한 후 충전기 별로 데이터를 나눠서 파일로 저장하였다.

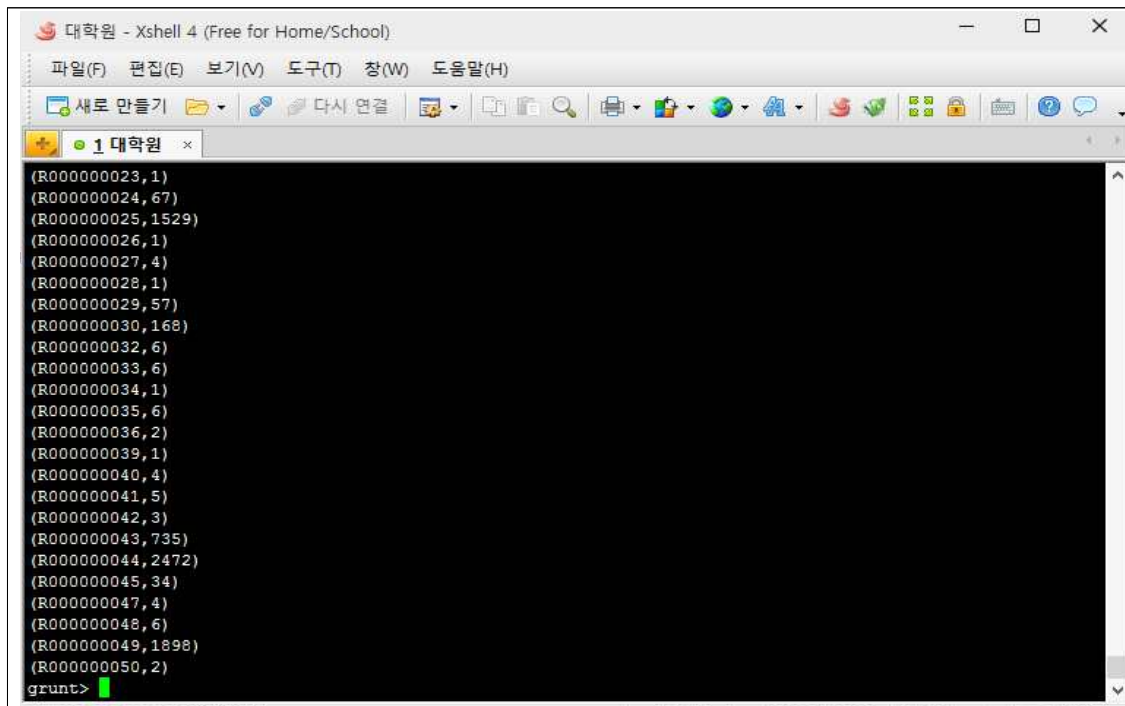
```

1 jjeonth@evrc-SERVER:~/chat$ more cid.pig
2 log = LOAD '/home/jjeonth/chat/charger' USING PigStorage('\t') AS (f1 :
    chararray, f2 : chararray, f3 : chararray, f4 : double, f5 :
    double, f6 : chararray, f7 : double, f8 : double, f9 : double,
    f10 : double, f11 : chararray, f12 : double, f13 : double, f14 :
    double, f15 : double, f16 : double, f17 : chararray, f18 :
    chararray, f19 : datetime, f20 : datetime, f21 : chararray);
3 proj = FOREACH log GENERATE $1, $6, $7, $18, $20;
4 grpᄁ = GROUP proj by f21;
5 cid = FOREACH grpᄁ GENERATE group, COUNT(proj);

```

[그림 16] Pig 전기자동차 충전기 데이터 샘플링 (cid.pig)

제주도내 운영 중인 50개의 충전기가 이용된 총 횟수는 21,296으로 적게는 1회, 많게는 6,363회로 중복 및 오류 처리가 되어 결과 값이 출력되었다.



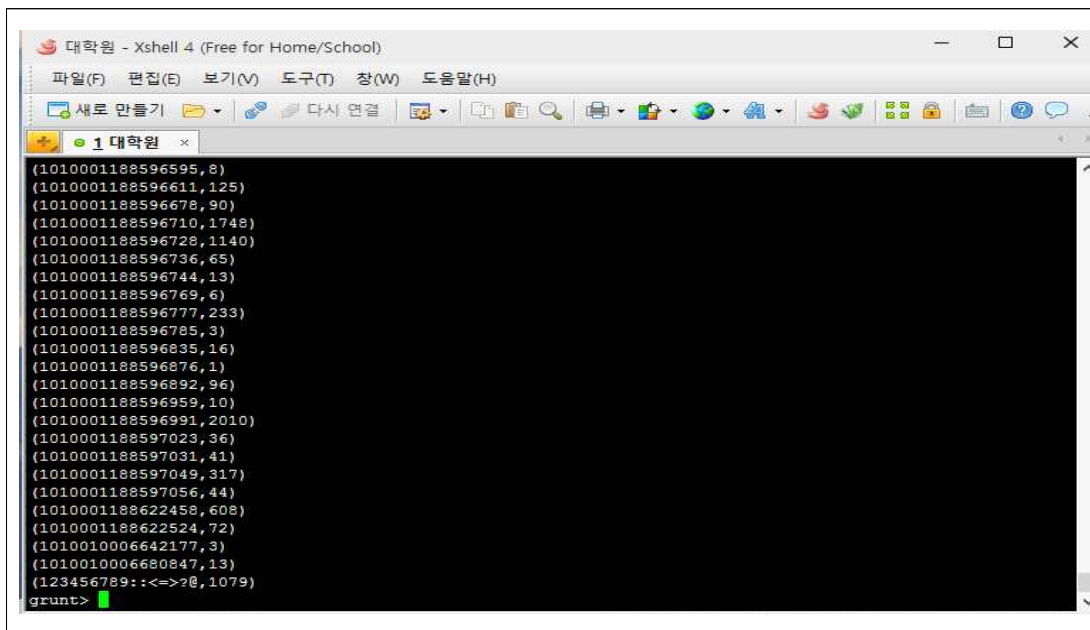
[그림 17] Pig Latin 처리화면 (cid.pig)

두 번째로, 수집된 충전 인프라 데이터 중 [그림 18]처럼 필요 부분에 대해서만 필터링하여 이용자별로 분류하고, 오류를 제거한 후 파일로 저장하였다.

```
1 jjeonth@evrc-SERVER:~/chat$ more driver.pig
2 log = LOAD '/home/jjeonth/chat/charger' USING PigStorage('\t') AS (f1 :
    chararray, f2 : chararray, f3 : chararray, f4 : double, f5 :
    double, f6 : chararray, f7 : double, f8 : double, f9 : double,
    f10 : double, f11 : chararray, f12 : double, f13 : double, f14 :
    double, f15 : double, f16 : double, f17 : chararray, f18 :
    chararray, f19 : datetime, f20 : datetime, f21 : chararray);
3 proj = FOREACH log GENERATE $1, $6, $7, $18, $20;
4 grp = GROUP proj by f2;
5 driver = FOREACH grp GENERATE group, COUNT(proj);
```

[그림 18] Pig 전기자동차 충전기 데이터 샘플링 (driver.pig)

제주도내 운영 중인 충전기를 이용한 이용자는 전체 62명이었으며, 그중 적게는 1회, 많게는 3,609회 이용하였다. 이 중 많은 이용을 한 사용자의 경우에 대해서는 법인으로 전기자동차를 구매하여 전기자동차 등록카드를 정액제로 충전하여 사용하거나 개인이 한 개의 카드를 여럿이서 이용하는 경우 나올 수 있는 결과이다.



[그림 19] Pig Latin 처리화면 (driver.pig)

세 번째로, 수집된 충전 인프라 데이터 중 [그림 20]처럼 그룹화 처리된 년, 월, 일별에 대해서만 필터링하여 년, 월, 일별로 분류하고, 오류를 제거한 후 파일로 저장하였다.

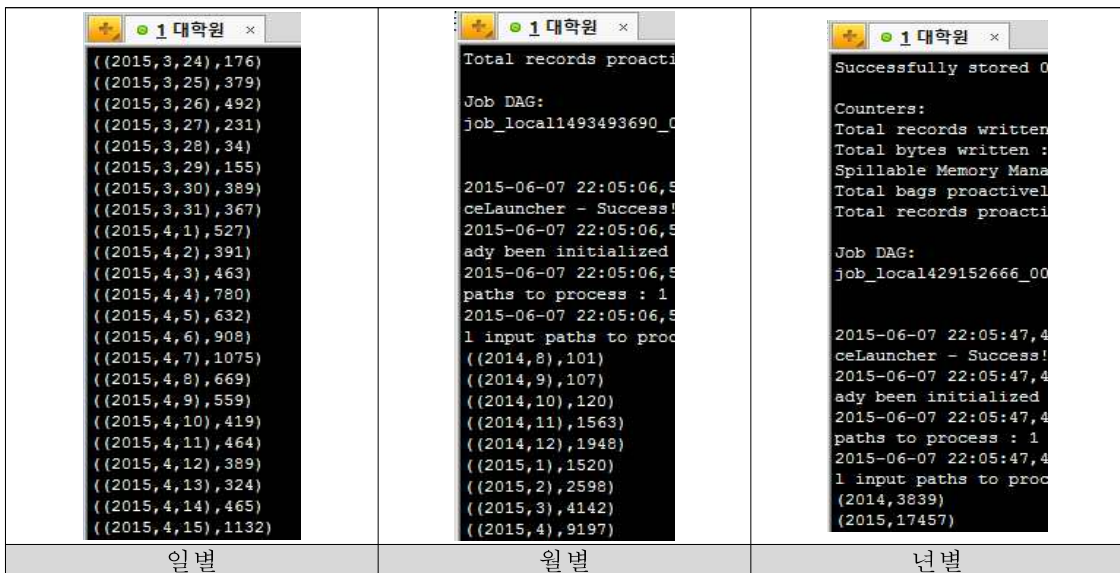
```

1 jjeonth@evrc-SERVER:~/chat$ more daily.pig
2 log = LOAD '/home/jjeonth/chat/charger' USING PigStorage('\t') AS (f1 :
    chararray, f2 : chararray, f3 : chararray, f4 : double, f5 :
    double, f6 : chararray, f7 : double, f8 : double, f9 : double,
    f10 : double, f11 : chararray, f12 : double, f13 : double, f14 :
    double, f15 : double, f16 : double, f17 : chararray, f18 :
    chararray, f19 : datetime, f20 : datetime, f21 : chararray);
3 proj = FOREACH log GENERATE $1, $6, $7, $18, $20;
4 grpD = GROUP proj by (GetYear($3), GetMonth($3), GetDay($3)); (일별)
/*grpD = GROUP proj by (GetYear($3), GetMonth($3)); (월별)*/
/*grpD = GROUP proj by (GetYear($3)); (년별)*/
5 daily = FOREACH grpD GENERATE group, COUNT(proj);

```

[그림 20] Pig 전기자동차 충전기 데이터 샘플링 (daily.pig)

제주도내 운영 중인 50개의 충전기가 2014년 8월 7일부터 2015년 4월 15일까지 일별 이용된 총 횟수는 21,296으로 적게는 1회, 많게는 1,132회로 중복 및 오류 처리가 되어 결과 값이 출력되었으며, 월별, 년별도 마찬가지로 분류되어 출력되었다.



[그림 21] Pig Latin 처리화면 (daliy.pig)

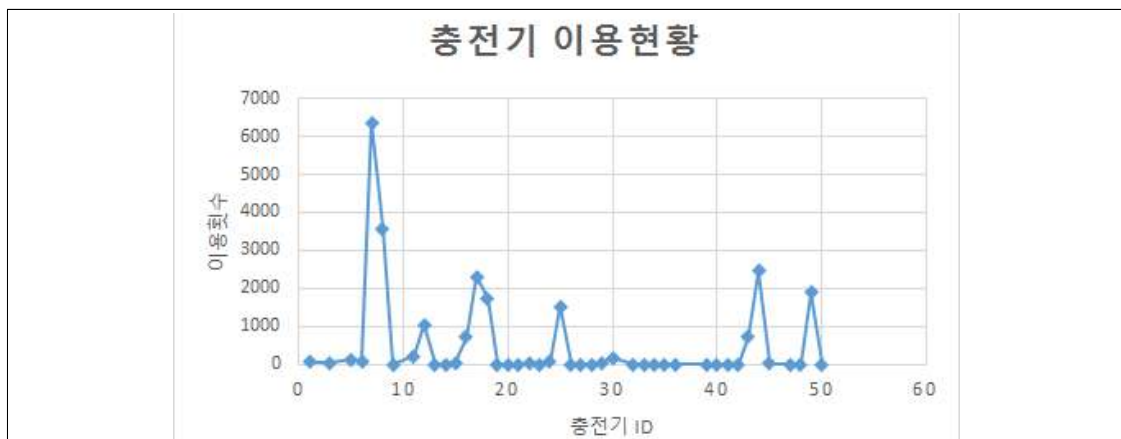
2 데이터 분석

○ 충전기별 이용현황

[표 1] 충전기별 이용현황

충전기 ID	이용현황	충전기 ID	이용현황	충전기 ID	이용현황
1	78	21	2	41	5
3	42	22	19	42	3
5	124	23	1	43	735
6	97	24	67	44	2,472
7	6,363	25	1,529	45	34
8	3,572	26	1	47	4
9	9	27	4	48	6
11	222	28	1	49	1,898
12	1,041	29	57	50	2
13	5	30	168		
14	1	32	6		
15	43	33	6		
16	722	34	1		
17	2,313	35	6		
18	1,755	36	2		
19	2	39	1		
20	3	40	4		

아래의 그래프 [그림 22]에서 세로축은 운영 중인 충전기가 이용된 횟수이며, 가로축은 충전기 ID를 나타낸다. 이를 통해 2014년 8월부터 2015년 4월까지 충전기 이용현황에 따른 변화 추이를 알 수 있으며, 충전기 50대 중에서 가장 활발하게 이용되는 충전기는 6,363 회분의 이용실적을 갖고 있으며, 이처럼 각각의 충전기가 설치된 위치에 따라 사용자의 이용이 많고 적음의 차이를 알 수 있음을 예측해 볼 수 있다.



[그림 22] 충전기별 이용현황 그래프

○ 사용자별 이용현황

[표 2] 사용자별 이용현황

사용자 ID	이용현황	사용자 ID	이용현황	사용자 ID	이용현황	사용자 ID	이용현황
1	2,918	21	536	41	90	61	13
2	566	22	152	42	1,748	62	1,079
3	210	23	3,609	43	1,140		
4	6	24	308	44	65		
5	99	25	22	45	13		
6	3	26	57	46	6		
7	109	27	567	47	233		
8	15	28	12	48	3		
9	202	29	240	49	16		
10	5	30	38	50	1		
11	30	31	158	51	96		
12	25	32	1,306	52	10		
13	10	33	9	53	2,010		
14	3	34	355	54	36		
15	5	35	1,587	55	41		
16	359	36	237	56	317		
17	197	37	709	57	44		
18	452	38	37	58	608		
19	402	39	8	59	72		
20	94	40	125	60	3		

아래의 그래프 [그림 23]에서 각각의 사용자별 고유 ID가 존재하지만 표시 제약으로 인해 ID를 표시하지 않는다. 1,000회 이상 충전기를 이용한 사용자는 8명이고, 이용실적이 최대 3,609 회분이며, 그들의 경우 개인이기 보다는 업체에서 집중적 전기자동차를 이용한 경우로 예측 가능할 수 있다는 걸 보여준다.



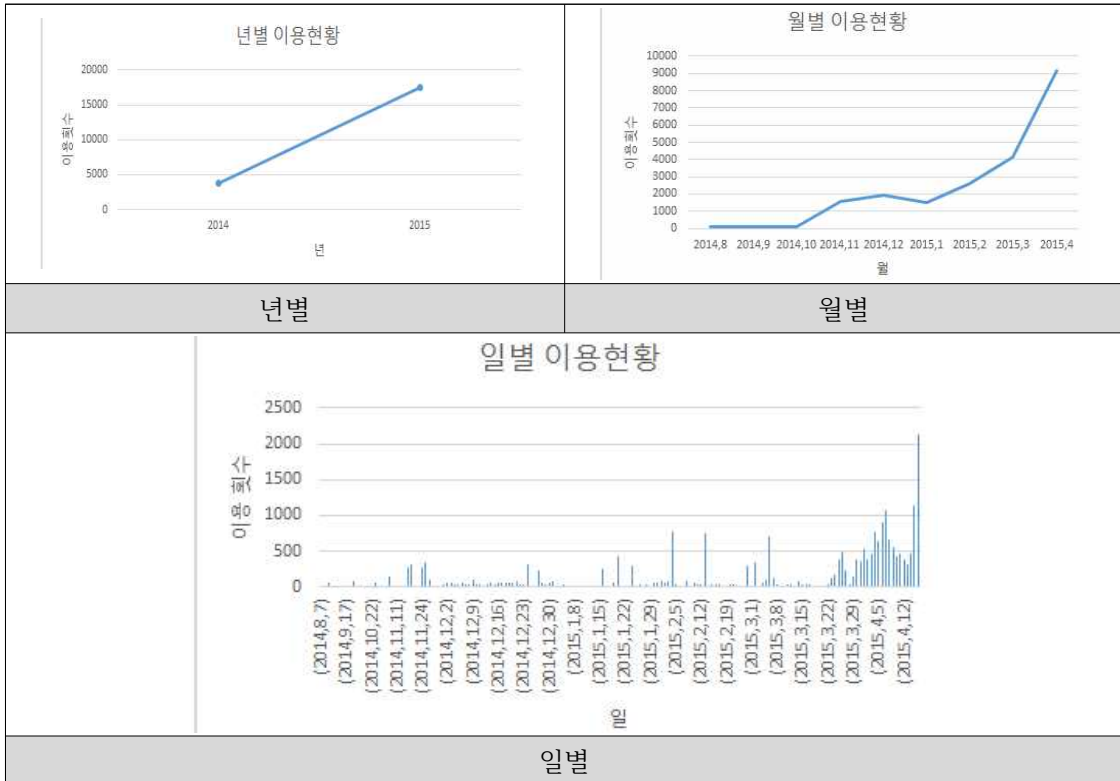
[그림 23] 운전자별 충전기 이용현황 그래프

○ 일별, 월별, 년별 이용현황

[표 3] 일별 이용현황

일별	이용현황	일별	이용현황	일별	이용현황
2014-08-07	2	2014-11-26	99	2014-12-27	232
2014-08-08	15	2014-11-27	20	2014-12-28	50
2014-08-12	49	2014-11-29	15	2014-12-29	31
2014-08-13	5	2014-11-30	13	2014-12-30	55
2014-08-14	15	2014-12-01	29	2014-12-31	88
...					
2015-02-08	76	2015-03-13	22	2015-04-12	389
2015-02-09	17	2015-03-14	73	2015-04-13	324
2015-02-10	60	2015-03-15	31	2015-04-14	465
2015-02-11	44	2015-03-16	40	2015-04-15	1,132

아래의 그래프 [그림 24]에서 각각의 일별, 월별, 년별 이용현황에 따라 충전기 이용량 증가 추이를 보이고 있다. 2014년부터 2015년까지 계속해서 지속적인 증가를 보이고 있는 것은 전기자동차의 보급에 따른 충전기 이용 증가로 예측할 수 있다.



[그림 24] 일별, 월별, 년별 충전기 이용현황 그래프

V 결론

본 논문에서는 제주도내 전기자동차의 충전기 이용 및 전력 소비 등에 대한 스트림 데이터를 처리하는 Hadoop 기반의 충전 이용현황 분석 플랫폼을 구축하였다. 이 스트림 데이터를 분석하기 위해서 Linux 운영체제를 기반으로 Hadoop과 Pig를 설치하고 Pig 스크립트를 사용하여 데이터를 분석하였다.

현재까지 이용된 데이터는 제주대학교 전기차사업단에서 「2013년도 3차 기술료 사업」을 통하여 2014년 8월부터 수집된 자료이며, 아직은 시작 단계지만 전기자동차의 증가 및 충전기 보급의 확대 구축에 따라 데이터의 양이 계속하여 축적될 것이다. 지속적인 데이터 수집을 통하여 점차 데이터의 효율성 및 신뢰성이 늘어날 것이라 기대되며, 이러한 배경을 바탕으로 불필요한 데이터의 삭제와 충전기 이용현황 및 사용자별 이용현황 그리고 일별, 월별, 년도별 충전기 이용현황에 대해 분석하였다.

먼저 현재까지 분석된 데이터를 통하여 이용량이 많은 충전기와 충전기를 이용한 사용자의 충전기 이용현황을 데이터로 알 수 있다. 충전기 이용의 증가와 함께 사용자의 이용 빈도를 파악할 수 있으며, 이러한 데이터 분석을 통하여 추가로 충전기가 설치된 위치 정보를 연계하여 사용자들의 지역별 맞춤 서비스가 가능할 것이라 여겨진다. 첫째로, 지역별로 보급된 충전기의 사용량을 분석하여 지역마다 설치할 위치를 결정하면 더욱 효과적으로 사용자가 이용할 수 있다. 두 번째로, 시간대에 따른 이용현황을 파악하여 피크타임 확인 및 전력수요에 따른 전력공급량을 미리 예측해 볼 수 있다. 세 번째로, 시간대에 따른 전력수요를 분산시키기 위해 할인율을 적용하여 피크타임의 분산을 유도할 수 있다. 마지막으로 충전기가 사용된 시간에 따른 축적된 데이터 분석을 통하여 충전기 내 부품들의 수명주기를 예측하고 문제가 발생하기 전 수리를 위한 여분의 부품 준비 및 고장에 따른 발 빠른 대응을 할 수 있을 것으로 예측된다.

궁극적으로는 제주특별자치도라는 스마트그리드 시티에서 생산되는 전기자동차 SOC스트림, 충전기 상태 모니터링 스트림, 각종 마이크로 그리드에서 생성되는 전력소비 스트림, 풍력 데이터[27] 등을 총망라한 빅데이터 분석 구조를 구축할 수 있다. 또 R과 같은 고급 통계 도구를 사용하여 다양한 분석을 할 수 있어 이들을 결합한 비즈니스 모델 개발을 추진할 예정이다.

VI 참고문헌

- [1] Junghoon Lee and Gyung-Leen Park "A heuristic-based electricity trade coordination for microgrid-level V2G services," accepted at International Journal of Vehicle Design (ISSN: 0143-3369)
- [2] KEPCO, online, <http://home.kepco.co.kr/kepco/KO/C/htmlView/KOCDHP00201.do?menuCd=FN05030502>
- [3] 한국에너지기술원, online, http://www.kier.re.kr/energy/new_energy_list.jsp
- [4] Junghoon Lee and Gyung-Leen Park, "Power load distribution for wireless sensor and actuator networks in smart grid buildings," International Journal of Distributed Sensor Networks (ISSN: 1550-1329), 2013.
- [5] 한국수력원자력, online, <http://blog.khnp.co.kr/blog/archives/8075>
- [6] Junghoon Lee and Gyung-Leen Park, 2015 "Dual battery management for renewable energy integration in EV charging stations," NeuroComputing (ISSN: 0925-2312), Vol. 148, Issue C, pp. 181-186, 2015.
- [7] 김재국, "전기자동차 충전 인프라 구축 현황 및 향후 전망 2014", Journal of the Electric World, pp. 43-48.
- [8] 환경부, online, http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do;jsessionid=E30W7EuV0ZydpCKbOuI08YqcpqgJ8YBrGzfa11aQOcfWm1Tt6seeUIBU8w19Zemv.meweb2vhost_servlet_engine1?pagerOffset=10&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10262&orgCd=&con

dition.code=A3&seq=5208

- [9] 씨에치오 얼라이언스, online, <http://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=789877>
- [10] 제주특별자치도, "제주형 저탄소 녹색성장, Carbon Free Island Jeju by 2030", 2012.5.
- [11] 제주대학교 전기차사업단 and (주)제주전기자동차서비스 and (주)두드림 and (주)인포마인트 and (주)이엔티, "제주도 내 전기차 사업촉진을 위한 운영시스템 및 충전인프라 구축", 2014.11.
- [12] ETRI, 주요 국가의 스마트그리드 정책 동향, 전자통신동향분석 제25권 제3호, pp. 89-98, 2010.6.
- [13] KEPCO, online, <http://home.kepco.co.kr/kepco/KO/C/htmlView/KOCDHP00501.do?menuCd=FN05030505>
- [14] 오호건, "(n+1) TSP 모델링에 기반한 전기자동차 투어-충전 스케줄러", 2014.12.
- [15] 지능형전력망협회 and (주)한국전력신문사, "2013 대한민국 스마트그리드 연감", 2012.12.
- [16] LS전선, online, http://www.lscns.co.kr/pr/news_read.asp?idx=2753&pageno=8&kType=&kWord=
- [17] 이기홍 and 기호영 and 변완희, "아파트에서의 전기자동차 충전인프라 설계를 위한 요소 고찰 (Review of Design Components of Recharging Infrastruct

ure for Electrical Vehicles in Apartments)", 조명·전기설비학회논문지 제 26 권 제 10 호, 2012.10.

[18] 정태영, "EV 충전 에너지 사용의 NEW 패러다임 및 충전서비스 사업 추진 현황", Smart Grid International Cooperation

[19] 김도엽 and 서시오 and 송인빈 and 조충호, 2013, "공동주택의 전기자동차 충전을 위한 스케줄링 알고리즘 연구", 2013 KSAE 부문 종합 학술대회, 2013.5

[20] Junghoon Lee and Gyung-Leen Park, "Renewable energy-combined scheduling for electric vehicle charging," International Journal of Intelligent Information and Database Systems (ISSN: 1751-5858), Vol. 8, No. 1, pp. 1-14, 2014.

[21] 김도엽 and 서시오 and 조충호 and 고려대학교 컴퓨터정보학과, "스마트 그리드 환경에서 공동거주지의 전기자동차 충전 시스템", 한국통신학회 2015년도 동계종합학술발표회, 2015

[22] (재)한국스마트그리드사업단, SG InSight, Vol11, pp. 35-37. 2014

[23] Lee, W., Lee, I., On, B., Choi, J., A Study on Big Data System to Analyze Smart Grid Energy Data , 정보과학회지 제32권 제9호, pp. 35-41, 2014.9.

[24] 정재화, "시작하세요! 하둡 프로그래밍:빅데이터 분석을 위한 하둡 기초부터 YARN까지", (ISBN: 9788998139759), 2014.12.

[25] 환경부, "전기자동차 충전기 통신 규약", 2013.03.

[26] 위키백과, online, http://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%95%84%ED%8C%8C%EC%B9%98_%ED%95%98%EB%91%A1

[27] 이동욱, "하둡 기반 제주 풍속 변화의 분석 플랫폼 구축", 2014.12.