

学位論文 博士 (工学)

電力データ解析に基づく
電力需要機器制御に関する研究

2018 年度

慶應義塾大学大学院理工学研究科

今西 智哉

主 論 文 要 旨

No.1

| | | | | |
|--|-------|---|-----|-------|
| 報告番号 | 甲 乙 第 | 号 | 氏 名 | 今西 智哉 |
| 主論文題名： | | | | |
| 電力データ解析に基づく電力需要機器制御に関する研究 | | | | |
| <p>(内容の要旨)</p> <p>近年の国際的な環境意識向上に伴い、低炭素社会に向けたエネルギー効率向上に関する技術開発が進み、従来の電力網へ情報通信技術を融合した分散型電源インフラ(スマートグリッド)が注目されている。IEEE に代表される国際標準化団体によりスマートグリッドに関する技術標準が策定されつつあり、電力需要機器および分散電源の相互接続・相互運用に関する実証実験の重要性が増している。電気自動車(EV)の電力ストレージを利用した電力系統応用(V2G)や、マルチベンダからなる分散電源と電力需要機器を統合制御する管理システム(EMS)は、スマートグリッドを実現する上で重要な技術である。本研究では、これらの重要な技術に関連して以下の2種類のエネルギーサービスを提案した。一つ目は、駐車場の充電インフラ制御、二つ目は、教育施設の空調機器制御である。</p> <p>一つ目のエネルギーサービスである、駐車場の充電インフラ制御では、EV バッテリーにより電力負荷平準化の効果を評価するシミュレータを構築し、福江港ターミナルビルおよび敷地内の駐車場情報を活用して評価した。国際標準に関する議論に基づき、EV バッテリーのモジュール化に基づいた複数のバッテリー交換方式に着目した。また、当時現実的なパラメータを用いた評価が少なかったため、大容量リチウムイオン二次電池を搭載した実際の EV が持つ物理パラメータを活用した。需要側のパラメータについても現実的な値を得るため、実際にビルに導入したセンシング環境の情報を用いて決定した。バッテリーの制御手法として、ファジィを用いた制御手法、電力負荷平準化と充電量回復を考慮した逐次制御手法を使用した。シミュレーションの結果、面積 2335 [m²]、平均電力需要 26.6 [kWh]、駐車場 202 台分の福江港ターミナルビルの駐車場において、EV の導入量を決定するパラメータを、バッテリー交換が不可能な場合では 40 台、可能な場合では 31 台と設定すると、充電設備と制御コントローラを利用して充電と放電を制御することで、少なくとも1日の最大受電電力が 5 [kW]カットできる結果を示した。今後、充電設備の導入が加速する大規模な電力需要施設および公共施設にて本手法および結果が活用可能であり、スマートグリッドにおける有力なエネルギーサービスとしての提供が見込まれる。</p> <p>二つ目のエネルギーサービスである、教育施設の空調機器制御では、知的生産性の評価指標、換気管理環境下で利用可能な人数推定手法、そしてマルチベンダからなる空調制御機器を統合した、省エネ効果の実験環境を構築した。2011 年に採択された国際標準規格に基づき、マルチベンダからなるビル設備の統合制御環境を構築した。従来、温熱指標および空気質環境それぞれから独立して構築されていた知的生産性指標を統合し、快適性と CO₂ 濃度から算出する知的生産性指標を提案した。さらに、知的生産性の算出に必要な在室人数情報を取得するため、プライバシーを考慮しつつ温湿度・CO₂ 濃度センサの情報から在室人数を推定する手法を採用した。知的生産性を考慮したピークカット制御の省エネ効果を評価するため、大学教育棟にて空調制御実験を行なった。実験の結果、快適性指標を用いて同様の空調制御を行う延べ床面積が 1990 [m²] の教育施設に対し、室内の知的生産性を維持しつつ、冬季のピーク電力を 10%カット、さらに一日 9.5 [kWh]電力量削減できる結果を示した。既築の建物への構築が容易である本 EMS は、知的生産性の維持と快適性を両立する教育施設・オフィスの有効な実現手法であり、スマートグリッドの省エネ効果を底上げする上で効果的な手段と言える。</p> | | | | |

Thesis Abstract

No. _____

| | | | |
|--|---|------|-----------------|
| Registration Number | <input checked="" type="checkbox"/> “KOU” <input type="checkbox"/> “OTSU” No. _____ *Office use only | Name | Tomoya Imanishi |
| Thesis Title A study of power utilizing equipment control based on electricity usage analysis | | | |
| Thesis Summary <p>In recent years, development of technology for high energy-efficiency targeting low-carbon society advances day by day as the attention to global environmental grows. Smart grid is a new electricity grid architecture as a fusion of conventional power-grid and Information and Communication Technology (ICT). Since global standards communities such as IEEE are developing frameworks of smart grid's technology, experiments of inter-connected power demand devices and distributed energy resources are highly required. In this situation, Vehicle-to-Grid (V2G) and Energy Management System (EMS) are key technologies for attaining smart grid. V2G manages batteries of EVs for maintaining power grid, and EMS is a unified control system of electric devices. In this research, two energy services are presented: control system of charging infrastructure at a parking lot and that of heating and ventilating devices at an educational facility. For the first energy service, the effect of power demand leveling was simulated by using EV batteries based on information obtained at Fukue port terminal building and its parking lots. This simulator focused on evaluating the differences in different EV battery exchange methods from the perspective of the global issue of concerning standards. The realistic evaluation which uses actual parameters was not conducted in this kind of evaluation. Therefore, in this study, a physical parameter of actual EV batteries of a large-scale lithium-ion battery was used for the simulator. Actual demand-side parameters at the simulation were also defined according to the result of long-term observation of the target building. As the EV battery exchange methods, the fuzzy-based method and sequential-based method considering power demand leveling and SOC recovery of a battery were proposed and evaluated. The simulation results showed that at least 5 [kW] of maximum electricity usage was saved in a large building with floor space of 2335 [m²], the average power consumption of 26.6 [kWh], and the amount of 202 parking spaces and EV charging station when the EV introducing parameter was defined as 40 cars in fixed-battery type model and as 31 cars in removable battery type model. Since the proposed methods and results can be applied to commercial and public large-scale buildings of larger power demand, these methods are expected as promising energy services using smart grid.</p> <p>For the second energy service, HVAC control experiments using educational facilities were conducted by constructing experimental environment unifying the following three elements: an indoor index considering intellectual efficiency, a measuring method of counting number of people in a room which is applicable to a ventilation controlled environment, and integration of multi-vendor HVAC devices. As the integration of multi-vendor HVAC devices, the proposed control system was based on a global standard approved in 2011. This research proposes productivity measurement index using both thermal comfort and concentration of carbon dioxide that are defined individually. To obtain the number of persons in a room, which is required to measure the productivity index, an estimation method of persons by using environmental sensors of temperature, humidity, and concentration of carbon dioxide was developed for preserving privacy. The effect of energy saving method using the proposed indoor index was evaluated by conducting peak-cut control experiments at lecture room building of a university. As a result of the experiment, the intellectual productivity of the proposed index maintained enough in the target lecture room, and the method saved daily energy usage by 9.5 [kWh] and 10% of peak demand in winter compared with a method using general comfort index when applied to the educational building with floor space of 1990 [m²]. The proposed EMS has high applicability to existing educational or working facilities and shows the impact of improving energy saving effect by using smart grid.</p> | | | |