

スマートグリッド環境における 電力コスト最適化のための生活スケジュールの提示

Life schedule proposal for electricity cost optimization in a smart grid environment

中西 晴紀[†] 中小路 公通[‡] 原田 史子[†] 島川 博光[†]
Haruki Nakanishi Masamichi Nakakoji Fumiko Harada Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

近年、低炭素社会に向けてスマートグリッド環境の研究が進められている [1]. CO₂ 削減や化石燃料の枯渇などの問題を解決すべく、再生可能エネルギーの利用が注目されている。本研究では、地域の全世帯が太陽光発電を導入しており、需要と供給量に応じて価格が変動する電力を売買する環境を想定する。本稿では、現在のユーザの生活に悪影響を与えずに、電力使用と売買コストの双方を改善する生活スケジュールを提示する手法を提案する。ユーザのスケジュールを構成する行動に対し、行動時間など電力消費への影響要因を制約する方策を与える。過去の発電量、電力の価格変動、および方策に基づいて、ユーザの予定するスケジュールをコストが最適になるように変更する。ユーザは変更されたスケジュールに沿って行動することでコストを改善できる。

2. 電力市場によるユーザの生活意識変化

2.1 スマートグリッド環境における電力市場

本研究では、地域の各世帯が太陽光発電を導入し、地域内で余剰電力を売買する電力市場が存在すると考えている。各世帯では、電力需要が当該世帯の太陽光発電による電力供給を上回ったとき、他世帯の余剰の電力を市場価格で購入できる。電力市場では、取引する環境、すなわち、地域電力の需要と供給の関係によって電力の価格が変動する [2]. 需要と供給の関係とは、需要が増せば電力の価格は上昇し、供給が増せば電力の価格が減少することである。購入可能な余剰電力が存在しないとき、各世帯は電力会社から定価で購入できる。なぜなら、電力市場の価格が電力市場の定価より高いと、電力市場に需要は発生しない。本論文では、電力市場の価格は電力会社の定価より低いとする。

2.2 電力コストを考慮した生活スケジュールリング

ユーザの生活スケジュールによって、そのユーザの世帯における電力コストが変化する。生活スケジュールとは、いくつかの生活行動で構成されている一日のスケジュールである。生活行動とは、洗濯や炊事、外出などのユーザが生活する上で行う行動である。大きく電力を消費する行動を、電力の価格が最も低い時間帯に行うことで、ユーザの支払う電力コストを低減できる。そのため、ユーザは電力供給が多い時間帯に、大きく電力を消費する行動をとるであろう [3]. しかし、ユーザの行動と電力市場を意識し、電力コストが最適な生活スケジュールを考えることはユーザにとって非常に負担である。なぜなら、ユーザの電力コストを低減する生活スケジュー

ルを考えるには、供給電力や電力市場の価格を考慮する必要からである。

また、電力市場は時期により変化するため、変化にあわせスケジュールを再考することは非常に時間がかかり、ユーザにとって負担である。そのため、ユーザの負担なく、電力コストを最適化した生活スケジュールを提示する手法が必要になる。電力コストを最適化するスケジュールとは、ユーザにとって実行可能で最も電力コストが低い生活スケジュールである。

3. 電力コスト最適な生活スケジュール提示

3.1 最適生活スケジュール提示の概要

本論文では、ユーザの負担なく電力コスト最適な生活スケジュールを提示する手法を提案する。生活スケジュールを構成する生活行動には、ユーザが特定期間内に行動を終える必要があるという制約や、生活行動が始まり終わるまでの時間がパラメータとして存在する。他の生活行動が持つパラメータとしては、その生活行動が実行されたさいの消費電力がある。図1に本手法の概要を示す。

本手法は、ユーザがある程度の期間を空けた任意のタイミングで、過去の生活スケジュールをもとに、電力コストを最適化するスケジュールをシステムを利用して提示してもらうことを想定している。本手法では、ユーザの未来の生活スケジュールを、過去のユーザの生活スケジュールのログをマイニングすることにより生成する。さらに、生成された生活スケジュールに変更があれば、ユーザが変更箇所を入力する。システムはそれらの生活スケジュールを、電力コストの変動要因と生活スケジュールの制約に従って変更する。その変更は、スケジュール内の生活行動の並び替えによってなされる。電力コストの変動要因とは、消費電力と供給電力の関係、電力市場の価格である。生活行動の制約に従って生活行動を並び替

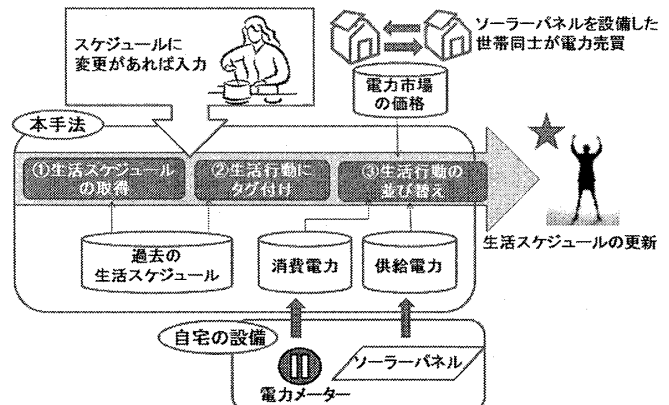


図1: 生活スケジュールの最適化概要

[†]立命館大学情報理工学部

[‡]立命館大学大学院理工学部研究科

表 1: 生活行動のプランのパラメータ

生活行動	消費電力	プラン		
		期間制約	時間制約	代替プラン
テレビ	400W	PM8:00-9:00	1h	AM8:00-PM23:00
掃除	250W	AM8:00-PM23:00	2h	1h

えることで、電力コストが最適化された生活スケジュールを提示できる。この一連の計算が自動化されるため、ユーザの負担は少ないと考えられる。そのため、ユーザにとって負担なく、電力コストが最適化された生活スケジュールを送ることが可能になる。

3.2 変更ルールを与えるプラン

生活スケジュールを構成する各生活行動は、それぞれ行動条件が異なる。たとえば、仕事であれば、行動する時間帯が決まっているが、掃除のように、時間の制約が緩い場合がある。その生活行動を並び替えるために、各行動にプランを与えることで、ユーザが実行可能な生活スケジュールを実現できる。プランとは、生活行動に対して、時間の制約を与えたり、その制約に対し自由度を与えるものである。これらのプランは、過去のユーザの生活行動を参照にして、各行動に自動的に付される。表1のように、プランのパラメータを与える。

まず、プランにおける時間制約と期間制約について述べる。期間制約とは、ユーザのある行動が可能な時間帯や期間を制約するプランである。時間制約とは、ユーザの行動が開始してから終了するまでの時間の長さを制約するプランである。

次に、制約に対する自由度を与えるプランについて述べる。これは分割プランと代替プランである。分割プランとは、合計時間が時間タグで指定された時間長になるように、さまざまな時間帯に分割して行える行動に付けるプランである。分割プランには、分割できる時間単位を指定する。代替タグとは、他の生活行動と並行できる代替手段をおくプランである。代替手段と置き替えることができる時間帯を、パラメータとして指定する。

3.3 生活行動の並び替え

最適な生活スケジュールを提示するために、電力コストを低減するための大きな要因になる、消費電力の高い生活行動を優先的に並び替える。また、プランを用い、生活行動に与えられた制約を守ったうえで並び替える。

最初に、仕事などの始まる時間と終わる時間が決まっている生活行動の時間帯を決定する。なぜなら、その生活行動は、並び替えができないので優先的に時間帯を決定せねばならないからである。その生活行動は、期間制約の時間長と時間制約が等しいかで判定する。

次に、生活行動を並び替えるために、図2のような木構造を構築する。まず、根ノードに最も消費エネルギーの高い生活行動をおく。消費エネルギー (Wh) は、消費電力 (W) と時間制約の時間長 (h) の積で求める。次に、期間制約で指定された期間内で、かつ時間制約で指定された時間単位ごとに枝を作る。それぞれの枝の子ノードに、次に消費エネルギーが高い生活行動をおく。同様の手順を各ノードに対し行う。これらを消費エネルギー最小の行動まで繰り返すことで、消費エネルギーが高い生活行動から降順に木を深さ優先で構築する。根ノードから葉ノードまでの各パスが、それぞれの生活スケジュー

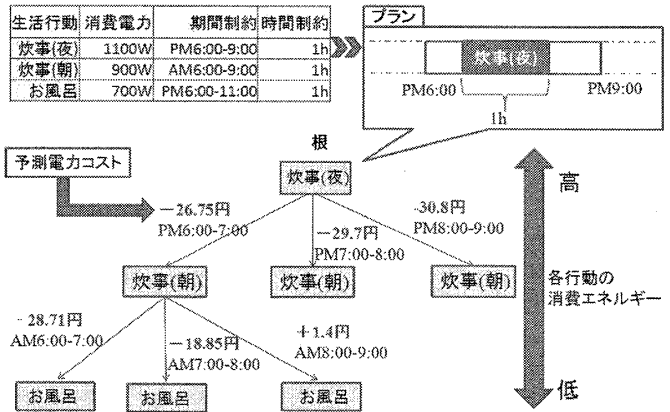


図 2: 消費電力を用いた木構造

ルを表して、あるパスを生成するための子ノードのプランによって、先祖ノード群の行動時間帯と重ならない枝を生成できない場合がある。この場合、その子ノードを根とする部分木の構築を中止し、兄弟ノードから構築にうつる。このようにして構築した木構造に対し、一番低い消費電力の生活行動まで通っているパスを見つけるために、深さ優先探索を行う。木の各ノードにおける電力コストを計算し、合計コストが最小のパスを見つける。そのパスの各ノードにおかれている生活行動に基づいてスケジュールを作成する。

3.4 電力コストの算出

各生活行動の電力コストを算出するために、入力された生活行動の消費電力、世帯に設置されたソーラーパネルの供給電力、電力市場の価格を用いる。まず、ソーラーパネルの供給電力や電力市場の価格を、同じ天候や季節の過去の記録に基づき予測する。ならびに、消費電力を過去の各生活行動によって生じる電力から計算する。設定された各時間帯の供給電力と消費電力の差分を余剰電力とする。余剰電力と市場の1W当たりの価格の積によって、各時間帯の電力コストを決定する。そして各生活行動の電力コストの合計によって、あるパスにおける一日の電力コストを算出する。

4. おわりに

本論文では、スマートグリッド環境における電力市場を想定した電力コストが最適な生活スケジュールの提示手法を提案した。今後は、本手法の有用性を検証するため、適用前と適用後の電力コストを比較する。

参考文献

- [1] 谷口 忠大, 地産地消型電力ネットワークの為の Natural Avtor-Critic を用いた自動取引エージェントの構築, 日本知能情報ファジィ学会, 2009 年
- [2] 八田 達夫, 電力競争市場の基本構造, PIETI:独立行政法人経済産業研究所, No.04-J-029, 2004 年
- [3] 省エネ行動による CO₂ 削減効果と節約効果, 経団連産業第三本部
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2008/042/sanko.pdf>