

ユーザ主導型電力網における電源機器の 優先順位を考慮した電源経路決定法

國分亮太[†] 大條海渡[‡] 川喜田佑介[‡] 横川慎二[#] 戸辺義人[†] 市川晴久[#]

青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科[†]

青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻[‡]

神奈川工科大学情報学部情報工学科[‡]

電気通信大学 i-パワーエネルギー・システム研究センター[#]

1. はじめに

近年、地球温暖化などの気候変動への対策として、再生可能エネルギーに指向した分散型の送電網の構想が挙げられている。我々はPCなどの直流駆動の端末に着目し、ユーザ主導型のマイクログリッドとして、バーチャルグリッドシステムを提案している¹⁾。このシステムでは電力ハブ装置バーチャルグリッドハブ (VG Hub) を用い、電源・負荷となる端末を繋ぎ、他のVG Hubと接続することでグリッドを構築する。グリッド上で電力供給を行う際、電源経路の候補は複数考えられる。本稿では、端末の種別を考慮した電源経路決定法について述べる。

2. 関連研究

VG Hubは内部損失を生じるため、供給の際に通過するVG Hubの数(ホップ数)が最小となるような電源経路を選択する制御アルゴリズム、Minimum-Hop Power-Path Routing (MHPPR)が提案されている²⁾。しかし、バーチャルグリッドにおいて接続される端末は多様であるため、電力供給の相手として想定されていない電源・負荷を接続する恐れがある。したがって本稿では負荷に対し相性の良い電源を優先的に選択することを目的とする。

3. 相性を考慮した電力フロー最適化

本章では端末の分類と組み合わせの相性を述べ、問題の定義を行う。

3.1. 電源と負荷の分類

電源を2つの特性について考える。1つは安定した出力が可能であるか、出力が変動するか。もう1つは供給可能な電力容量が有限か無限か。ここで、容量が無限である電源は、発電機のようにエネルギー源が枯渇しない限り際限なく電力を供給できる電源を指す。これらの組み合わせから、電源を4種類に分類する。安定した出力が可能である電源のうち、容量が有限であるものをBattery型、容量が無限であるものをGrid型とする。また出力が変動する電源のうち容量が無限であるものをSolar型とする。残る1種類はUndefined型とし、本研究では取り扱わない。負荷を供給された電力の消費の動特性について考え、2つの種別に分類する。PCのように電力を消費し仕事をする負荷をConsumption型とし、モバイルバッテリーのように、電力を供給されただけ蓄える負荷をCharging型とする。

3.2. 電源と負荷の相性

Consumption型は駆動するための電力を要求する負荷であるため、Grid型の安定した供給が望ましい。一方でCharging型は余剰電力や発電時の変動を吸収する負荷であるため、Solar型を割り当てられる。ここで、Battery型の電源は、システムの蓄電容量を最大限維持するという観点から、発電機より優先度は低い。

表 1：相性係数 a_{ij} の値

	Solar	Grid	Battery
Consumption	2	1	3
Charging	1	2	3

3.3. 目的関数

従来の制御は内部損失を減らすことを目的とし、ホップ数を変数とする目的関数を定義していた。本稿では従来の制御方針に加え、端末の種別に応じて相性を定め、係数として目的関数に組み込む。 a_{ij} を電源 j と負荷 i の相性を表す係数、 h_{ij} を電源 j と負荷 i を結び最短経路のホップ数、 v_{ij} を電源 j から負荷 i へ供給される電力値として、目的関数を以下のように定義する。また、各組合せにおける a_{ij} の値を表 1 に示す。相性が良いほど a_{ij} の値は小さくなる。 a_{ij} の値は任意性があり、本実験では簡単のため整数で表す。

$$\min \sum_j a_{ij} h_{ij} v_{ij} \quad \dots \quad (1)$$

4. 従来手法と提案手法の比較評価

本章では従来手法と提案手法の比較をし、その評価について述べる、

4.1. 実装

従来手法である MHPPR 方式と提案手法による制御プログラムを実装し、複数のモバイルバッテリーと VG Hub を用いて図 1 のようにネットワークを構築した。プログラム上でモバイルバッテリーを 3 種類の電源・2 種類の負荷として認識させ、どの電源が選択されるかをエミュレートした。また最適化を行い、求めた解を実行するまでの時間を計測した。

表 2：従来手法と提案手法の選択結果

	選択された電源	
	MHPPR	提案手法
Consumption	Solar	Grid
Charging	Battery	Solar, Battery

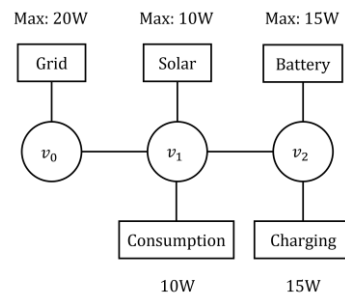


図 1：実験に用いたネットワーク

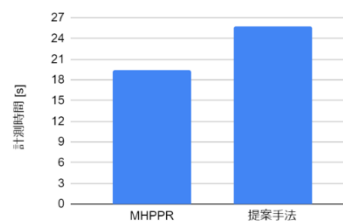


図 2：計測結果

4.2. 結果の比較評価

表 2 は選択された電源の組み合わせを、図 2 は 2 つの手法における計測時間を示す。MHPPR 方式では各負荷と同一ノードに繋がる電源が選ばれたが、提案手法では相性係数の小さい電源が優先的に選ばれた。結果から定義した a_{ij} の値が最適化においてホップ数より効果的に働いたと考えられる。しかし提案手法は計測時間が MHPPR 方式より長くなった。これは選択された電源の数の違いに起因すると考えられる。

5. むすび

本稿では VG Hub ネットワークに接続される電源・負荷について、種別に基づく分類を行ない組み合わせの相性係数を導入した電源経路決定法を提案した。また従来手法と提案手法の選択結果を比較した。今後は様々なネットワーク上における a_{ij} の値について検討したい。

参考文献

- 1) Ichikawa, H., Yokogawa, S., Kawakita, Y., et al.: An Approach to Renewable-Energy Dominant Grids via Distributed Electrical Energy Platform for IoT Systems, IEEE Int. Conf. on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids, (2019).
- 2) 田村光汰, 川喜田佑介, 戸辺義人, ほか: インターネット型直流電力流通システムにおける電力供給経路決定方法, 情報処理学会第 84 回全国大会, (2022).