

VG Hub ネットワークにおける電力供給経路の選択手法

大條海渡[†] 川喜田佑介[‡] 田谷昭仁[†] 戸辺義人[†] 横川慎二[♭] 市川晴久[♭]青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科[†]神奈川工科大学情報学部情報工学科[‡]電気通信大学 i-パワードエネルギー・システム研究センター[♭]

1. はじめに

現在私たちが利用している送電網は広い範囲の各消費地に送電を行うという集中型の送電網である。この集中型の送電網の弱点としては、送電ロスや、発電所が停止してしまった際の影響が広範囲に及ぶことなどが挙げられる。そこで近年、分散型電源を組み合わせて発電を行う分散型の送電網の研究が行われている。このような分散型の送電網として、我々はバーチャルグリッドシステムの研究を行っている¹⁾。このシステムではVirtual Grid Hub (VG Hub) を用いて太陽電池や蓄電池といったさまざまな電源からの直流電力を合成し、各端末に分配を行う。太陽光発電の発電量の変動を吸収するためには、大きな蓄電容量を達成する必要があるが、1台のVG Hub で扱うことができるバッテリーの数には限りがある。そこで本研究の目的は、複数台のVG Hub の連携を行う制御アルゴリズムの検討と比較を行うことで、本稿ではハイブリッド型の制御アルゴリズムとその実装評価について述べる。

2. 関連研究

分散型電源として利用される太陽光発電は直流で発電が行われる。また、ノートPCやスマートフォンといった端末は直流駆動である。そのため、送電網を交流で運用すると、太陽電池で発電した直流を交流に変換し、電気を端末で利用するには再び交流から直流に変換する必要性が生じ、このとき発生する変換ロスが問題となる。そこで再エネによる送電網を直流で運用する利点に関する研究がある²⁾。

分散型の送電網であるマイクログリッドは街単位での導入を想定しているのに対して、バー

チャルグリッドシステムでは利用者自身が構築を行うグリッドを単位として、それらをつなげていくという構想となっている¹⁾。またこのシステムで直流電力の分配と合成を行うVG Hubにて発生する内部損失を定量化し、その損失関数をもとに、各ポートに最適な最大電力値を割り当てる研究がある³⁾。しかし、この研究で制御の対象となるのは1台のVG Hubであり、複数台のVG Hubを対象とした制御の検討は行われていない。

3. クラウド型直流電力分配システム

本章ではAWSを用いたシステムの全体像とAWS Lambdaに記述するハイブリッド型の制御アルゴリズムについて述べる。

3.1. システムの全体像

提案手法では、複数台のVG Hubのコントローラとしてクラウドを導入する。制御の流れは、各VG Hubからのポート情報をクラウドに収集し、制御アルゴリズムをもとに各ポートの新しい役割と最大電力値を計算する。この結果をVG Hubに送信しフロー制御を行う。集中処理を行うクラウドとしてAWSを用いたシステムの全体像を図1に示す。ここでVG HubとAWSの接続、VG Hubのステータス保持にはAWS IoT Coreを、制御アルゴリズムの記述にはAWS Lambdaを用いた。

3.2. ハイブリッド型制御アルゴリズム

VG Hubに対して行う制御は、複数台のVG Hub

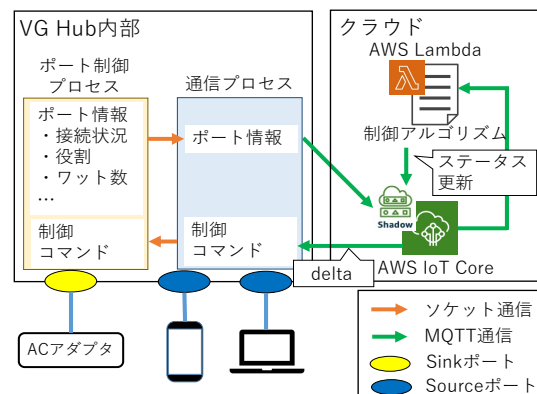


図1 システムの全体像

A Method for Selecting Power Supply Paths in VG Hub Networks

[†] Kaito Oeda, Akihito Taya, Yoshito Tobe / Aoyama Gakuin University

[‡] Yuusuke Kawakita / Kanagawa Institute of Technology

[♭] Shinji Yokogawa, Haruhisa Ichikawa / University of Electro-Communications

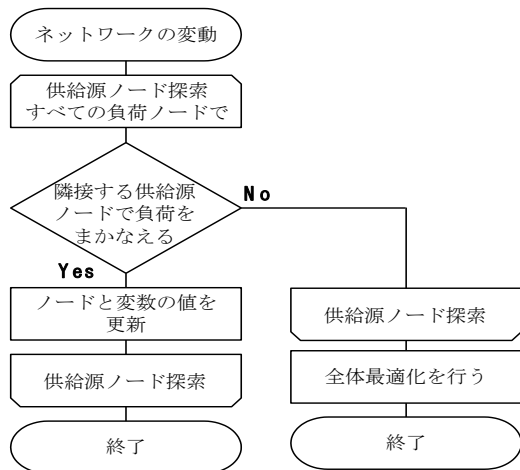


図2 ハイブリッド型制御アルゴリズム

で構成されるネットワークがあり、電源が接続されたノードから負荷が接続されたノードに対して電力を供給する際、ノード間で供給される電力が最小になるように経路と流量を選択し、その結果を反映するなどの制御である。この最適化を行う1つの方法としては、問題を最小費用流問題として全体最適化を行うものが挙げられる。しかしネットワークによっては全体最適化を行うまでもなく局所的に経路と流量を選択することができる場合がある。そこで、ハイブリッド型の制御アルゴリズムでは図2のように、ネットワークの変動があった際に、まず局所的に解を導くことができるかの判定を行い、解けるようであればそのままそれぞれで解を導く。局所的に解くことができない場合はそこで初めて最小費用流問題にもとづく全体最適化を行う。

4. 実験

本章では実験の手順と実験結果の評価を述べる。

4.1. 実験手順

実験では毎回全体最適化を行うアルゴリズムとハイブリッド型制御アルゴリズムそれぞれについて計算時間の計測を行った。ここで考えるネットワークは、図2のように3つのVG Hubが直線上に並んだもので、1番ノードには30Wの負荷が、2番ノードには60Wの電源が、3番ノードには60Wの電源がそれぞれ接続されている。AWS IoT Coreのデバイスシャドウに同様の情報を反映させたのち、AWS Lambda上でデバイスシャドウの情報を得てから更新を行うまでにかかった時間をPythonのtimeモジュールを用いて計測を行った。時間の計測はそれぞれ10回行った。

4.2. 実験結果と評価

毎回全体最適化を行う制御アルゴリズムで、

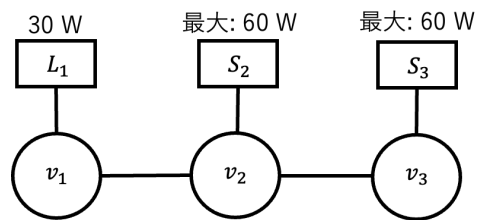


図3 実験に用いたネットワーク

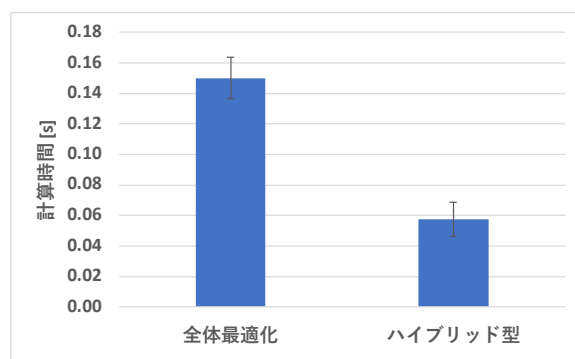


図4 計測結果

デバイスシャドウの情報を得てから更新までにかかった時間は平均で0.15秒であった。またハイブリッド型制御アルゴリズムで同様の動作に要した時間は平均で0.06秒であった。図4はこの結果を示し、エラーバーは標準偏差である。結果より今回のように局所的に解を導くことができるネットワークにおいては、提案するハイブリッド型制御アルゴリズムは全体最適化のアルゴリズムに比べて平均で40%の計算時間で経路と流量の計算を行うことができたとわかる。

5. むすび

本稿ではVG Hubネットワークにおける電力供給経路の選択の手法としてハイブリッド型制御アルゴリズムを提案し、全体最適化を行う制御アルゴリズムと計算時間の比較を行った。今後の展望としては、ノード数を増やした場合の計算時間の測定や、局所的に解を導く際のアルゴリズムの検討が挙げられる。

参考文献

- 1) Ichikawa, H., Yokogawa, S., Kawakita, Y., Sawada, K., Sogabe, T., Minegishi, A., and Uehara, H.: 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) 一井啓介, 高原勇, 谷口守: 再エネ活用に向けたスマートグリッド直流化効果の検証. 第59回土木計画学研究会・講演集 (2018).
- 3) 高家和暉, 田村光汰, 戸辺義人, 川喜田佑介, 横川慎二, 市川晴久: USB-PDハブによる電力配信の効率化に向けた制御検討. 令和3年電気学会全国大会, (2021.3).