

令和元年5月24日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00292

研究課題名(和文) 可変構造マイクログリッドのための自律適応型運用制御機構の開発

研究課題名(英文) Autonomous and adaptive operation mechanism of variable structured microgrid

研究代表者

木下 哲男 (Kinoshita, Tetsuo)

東北大学・電気通信研究所・教授

研究者番号：20282006

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：可変構造マイクログリッドの実現に向けて、変動するシステム環境下でマイクログリッドのノード組織の動的編成により自律的運用を可能とする自律適応型運用制御機構の設計技術について検討した。本機構の中核となる仕組みは、ノードの適応的な動作制御を実現するプラグイン型エージェント、および、これらの動的な編成・再編成を行う協調機構である。本研究では、プラグイン型エージェントの設計法と組織化方式を提案し、エージェント型IoTデバイス群を利用した実験システムにより、提案手法の有効性を実験的に検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、新たに可変構造型マイクログリッドの概念を提案し、同システムの自律的な運用・制御を行う機能の実現に向けて、エージェント・マルチエージェントシステム技術に基づくマイクログリッドの自律的運用制御機構の構築技術に関する研究を行った。具体的には、可変構造型マイクログリッドのノード群の自律的制御を担当するプラグイン型エージェントを新たに導入し、同エージェントの設計技術、および同エージェント群の組織化方式を開発した、これにより、エージェント・マルチエージェントシステム技術の新しい応用分野、すなわちエージェント指向マイクログリッド・オペレーションの開拓に貢献した。

研究成果の概要(英文)：To realize variable structured microgrid, a design method of autonomous and adaptive operation mechanism of variable structured microgrid, which organizes nodes dynamically to realize autonomic operation of the microgrid under fluctuated system environment, is proposed. Essential technologies of the proposed method are the plug-in agents and the cooperation mechanism to construct/reconstruct an operation function using these agents. The design method of plug-in agents and the organization method of these agents have been proposed in this study. Usefulness of the proposed methods had demonstrated using an experimental system implemented by using agent-based IoT devices.

研究分野：知識情報学

キーワード：エージェント マイクログリッド マルチエージェントシステム 協調方式 システム運用制御

1. 研究開始当初の背景

実世界で稼働するマイクログリッドの構築を目指す際には、現状の固定的なマイクログリッドだけでなく、マイクログリッドのノード組織の構成要素、及び、それらの接続構造が動的に変化するマイクログリッド(可変構造マイクログリッドと呼ぶ)をターゲットとした研究開発に取り組む必要がある。加えて、不規則に変化するノード組織のもとで、マイクログリッドの継続的かつ安定的な運用を可能とするためには、人手による運用制御だけでは不十分と考えられるため、ノード組織の変動の検出や要因分析、更には、変動による影響に対処するオペレーションをマイクログリッド自身が能動的に実行する仕組みも工夫する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、実世界指向の可変構造マイクログリッドに着目し、そのノード組織の動的な変化に応じた制御動作を自律的に実行し、変化した環境下でのマイクログリッドの運用を適応的に維持してゆく自律適応型運用制御機構とその設計技術について検討する。すなわち、発展型システムの考え方を適用した可変構造マイクログリッドの自律適応型運用制御方式、並びにその構築技術の確立を目指して、(a)柔構造アーキテクチャ、(b)ノード能動化機構、及び、(c)ノード組織の自律適応型制御機構、の開発を目指す。更に、可変構造マイクログリッドの諸動作を模擬的に実行する実験システムを試作し、同システムを用いた評価実験を通して、提案手法の評価と改良を行う。

3. 研究の方法

前項で掲げた4つの研究課題、(1)ノード群の組織化と実行制御方式の開発、(2)ノード能動化機構の開発、(3)自律適応型運用制御機構の開発、及び、(4)実験システムによる評価、を設定し、各課題におけるサブテーマに従って研究開発を進める。

28年度は、上記の各研究課題に関する要素技術の開発、すなわち、可変構造マイクログリッドのノード群の協調動作に基づくマイクログリッド運用の実行制御機能、ノードの能動化処理で使用されるプラグイン型エージェント、及び、ノード群の動的な組織化と調整に関する動作制御方式の基本設計を進めると共に、次年度以降の詳細設計と試作のための環境整備を行った。

29年度は、当該マイクログリッドの構成要素となる機器/装置(ノード)のモデルとして種々の機能を備えたIoTデバイスを設定し、これらをエージェント化したエージェント型IoTデバイスを能動化されたノードと見なして、実験用システムの設計を進めた。すなわち、マイクログリッド内での電力需要ノードに相当するデバイスとして点灯制御可能な照明ランプ、動作制御可能なセンサーデバイスや小型ロボットなどを対象として、電力需給制御に関する情報交換と処理を担当するソフトウェアエージェントの設計と試作を行なった。また、発展型システムのアイデアを適用したマイクログリッドのノード群の自律適応型制御機構については、マイクログリッドシステム全体を一つのネットワークシステムと見なして、同システムの巨視的な動作モデルをもとに定義されるシステムの活動度に着目した状態観測手法を定式化した。

30年度は、可変構造マイクログリッドの基本アーキテクチャを基盤として、当該アーキテクチャの中核的な仕組みであるプラグイン型エージェント群によるシステム構成法の実装手法について検討した。すなわち、マイクログリッドの構成要素となる機器/装置(ノード)のモデルとして、各種のIoTデバイス群を活用して、これらをエージェント化したエージェント型IoTデバイスを構成し、これを稼働中のマイクログリッドにおける能動化されたノード(プラグイン型エージェント)と見なして、システム構成機能の実装手法の設計と試作を行った。

4. 研究成果

本研究では、可変構造マイクログリッドの自律的かつ能動的なオペレーションを支援するために、プラグイン型エージェントを利用した新しいマイクログリッド運用制御方式について検討し、どう方式の中核となる機構の設計技術を開発した。

(1) ノード能動化機構、および、ノード群の組織化と実行制御機構の設計技術

リポジトリ型マルチエージェントフレームワークを活用することにより、Java ソフトウェアを対象としたソフトウェアモジュールのエージェント化機能が適用可能であり、プラグイン型エージェントの設計開発が系統的行える環境が実現された。更に、同フレームワークが提供するエージェント相互間でのメッセージ通信、及び、拡張契約ネットに基づくエージェント群の組織化/再組織化のための協調方式(組織構成プロトコル)を適用す

ることにより、プラグイン型エージェントを用いて自律性を高めたノード群の組織化と実行制御の仕組みが実現できることを実証した。

(2) 自律適応型運用制御機構の設計技術

可変構造マイクログリッドの制御スロット毎に設定される電力の需要と供給に関する要求だけでなく、当該マイクログリッドの稼働中に生起するノード構成の動的な変化による需給状況の変動に対して柔軟に対処することが必要である。そこで、本研究では、マイクログリッドシステム全体を一つのネットワークシステムと見なして、同システムの巨視的な動作モデルをもとに定義されるシステムの活動度に着目した状態観測手法を定式化し、その観測結果に基づいて需給状況の変動を検出する方式を提案した。エージェント型 IoT デバイスを用いて、本方式を適用した可変構造マイクログリッドの模擬システムを構築し、シミュレーション実験、及び、クライアント-サーバ型の実験用ネットワークシステムを利用した実機動作の観測実験により、活動度のゆらぎの分散の振る舞いからシステム構造の変化による動作状況の変化が推定できることを検証した。これにより、稼働中の可変構造マイクログリッドで生起する異常状態（システムの構造変化による電力消費の不均衡や自然災害・故障などに起因して観測されるシステム活動度の異常な変動）を察知して、これに対処するオペレーションを発動する運用制御機能の設計が可能となることを実証した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計7件)

1. Ryota Fukutani, Shota Itagaki, Hideyuki Takahashi, Akinobu Ando, Tetsuo Kinoshita, "Development and Evaluation of a Workpiece Evaluation Support Mechanism for Students," Information Engineering Express International Institute of Applied Informatics, Vol.4, No.1, pp.63-75, 2018.3.(査読有)
2. Yusuke Tanimura, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Analysis of the Macroscopic Behavior of Server Systems in the Internet Environment," Applied Sciences, Vol.7, No.11, pp.1145, MDPI 2017.11. DOI:10.3390/app7111145 (査読有)
3. Kazuto Sasai, Yukio-Pegio Gunji, Tetsuo Kinoshita, "Intermittent Behavior Induced By Asynchronous Interactions In A Continuous Double Auction Model," Advances in Complex Systems, Vol.20, No.02n03, pp.1750005, 2017.7. DOI: 10.1142/S0219525917500059 (査読有)
4. Takumi Kato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "Multiagent-based Autonomic and Resilient Service Provisioning Architecture for the Internet of Things," International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.17, No.6, pp.36-58, 2017.6. (査読有)
5. Kazuto Sasai, Yusuke Tanimura, Hideyuki Takahashi, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "An Agent-based Data Analytics Support Tool for Network Management Intelligence," International Journal of Energy, Information and Communications, Vol. 8, No. 1, pp.51-64, 2017.2. (査読有)
6. Takahiro Uchiya, Masato Hibino, Ichi Takumi, Tetsuo Kinoshita, "Design and Implementation of Agent Environment for Developing Nash-Q Learning Agents," International Journal of Energy, Information and Communications, Vol. 8, No. 1, pp.39-50, 2017.2. (査読有)
7. Kazuto Sasai, Yukio-Pegio Gunji, Tetsuo Kinoshita, "Extremely localized interaction in a market model," Artificial Life and Robotics, pp.1-5, 2016.11. DOI:10.1007/s10015-016-0334-1 (査読有)

[学会発表](計15件)

1. Kazuto Sasai, Takuya Hoshino, Ryota Fukutani, Tetsuo Kinoshita, "Collaboration mechanism between human administrators and agent-oriented network management systems," Proc. of the First International Workshop on Practical Issues, Systems & Applications for Disaster Risk Reduction in Smart Computing (DRRSC2019) 2019.2. (京都)
2. Yusuke Tanimura, Kazuto Sasai, Tetsuo Kinoshita, "Proactive Service Management in Disaster Recovery Phase with Non-destructive Benchmarking Technique," Proc. of the First International Workshop on Practical Issues, Systems & Applications for Disaster Risk Reduction in Smart Computing (DRRSC2019) 2019.2. (京都)
3. Kenta Katayama, Hideyuki Takahashi, Nobuhide Yokota, Kazuya Sugiyasu, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "An Effective Multi-UAVs-based Evacuation Guidance Support for Disaster Risk Reduction," Proc. of the First International Workshop on Practical Issues, Systems & Applications for Disaster Risk Reduction in Smart Computing (DRRSC2019) 2019.2. (京都)

4. Kenta Katayama, Hideyuki Takahashi, Nobuhide Yokota, Kazuya Sugiyasu, Tetsuo Kinoshita, "Cooperation Scheme of Multi-UAVs for Evacuation Guidance Support," Proc. of 2018 IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2018), pp.189-190, 2018.10. (奈良)
5. Hiroshi Matsumura, Ryota Fukutani, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Agent-based Smart Data Provisioning Mechanism for Supporting Network and System Administration Tasks," Proc. of 2018 IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2018), pp.89-90, 2018.10. (奈良)
6. Kenta Katayama, Hideyuki Takahashi, Nobuhide Yokota, Kazuya Sugiyasu, Tetsuo Kinoshita, "Design and Implementation of Multiagent-based Evacuation Guidance Support System using UAVs," Proc. of The 9th IEEE International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST 2018), pp.196-201, 2018.9. (福岡)
7. Kazuto Sasai, Takuya Hoshino, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Collective interaction between humans and agents in the network management tasks," Proc. of The Twenty-Third International Symposium on Artificial Life and Robotics 2018 (AROB2018), pp.670-673, 2018.1. (大分)
8. Takuya Hoshino, Yusuke Tanimura, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Support Mechanism for the Collaboration Between Humans and Agents in Network Management Tasks," Proc. of the 6th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2017), pp.399-400, 2017.10. (名古屋)
9. Shingo Yokoyama, Ryota Fukutani, Takumi Kato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "MATCH: MultiAgent-based Tactful Cooperation Scheme for Heterogeneous IoT Devices," Proc. of the 6th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2017), pp.150-151, 2017.10. (名古屋)
10. Kenta Katayama, Hideyuki Takahashi, Shingo Yokoyama, Karl Gäfvert, Tetsuo Kinoshita, "Evacuation Guidance Support Using Cooperative Agent-based IoT Devices," Proc. of the 6th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2017), pp.98-99, 2017.10. (名古屋)
11. Takumi Kato, Hideyuki Takahashi, Tetsuo Kinoshita, "Multiagent-based Autonomic Service Organization Scheme for the Internet of Things," Proc. of the Sixth International Conference On Advances in Computing, Control and Networking (ACCN 2017), pp.109-113, 2017.2. (BEST PAPER AWARD) (バンコック・タイ)
12. Yusuke Tanimura, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Service Oriented Network Management with Knowledge-Based Network Management System in Fluctuating Environment," Proc. of the 18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2017), pp.31-44, 2017.1. (釜山・韓国)
13. Kota Hayashi, Takahiro Uchiya, Ichi Takumi, Tetsuo Kinoshita, "Robot Utilization Method using AgentTechnology for Establishment of Wireless Communication Path in Event of Disaster," Proc. of the 5th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2016), pp.266-267, 2016.10. (京都)
14. Kazuto Sasai, Hideyuki Takahashi, GenKitagata, Tetsuo Kinoshita, "Prototypical Design and Implementation of an Intelligent Network Data Analysis Tool Collaborating with Active Information Resource," Proc. of the 29th International Conference on Industrial Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA/AIE 2016), pp.1007-1018, 2016.8. (盛岡)
15. Yoshitaka Kato, Takahiro Uchiya, Ichi Takumi, Tetsuo Kinoshita, "Development of Operations Support Mechanism for Wide-area Distributed Agent Repositories," Proc. of the 10th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS-2016), pp.321-326, 2016.7. (CISIS-2016) Best Paper Award)(福岡)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6 . 研究組織

(1)研究分担者
なし

(2)研究協力者
なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。