



TITLE:

Dynamical Analysis and Decentralized Control of Power Packet Network(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Baek, Seong Cheol

CITATION:

Baek, Seong Cheol. Dynamical Analysis and Decentralized Control of Power Packet Network. 京都大学, 2021, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2021-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k23203>

RIGHT:

許諾条件により本文は2022-03-23に公開

京都大学	博士 (工学)	氏名	白 成 哲
論文題目	Dynamical Analysis and Decentralized Control of Power Packet Network (電力パケットネットワークのダイナミクス解析と分散制御)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、情報タグが付与され電力単位である電力パケットの伝送方式に関して、ネットワーク上の電力フローダイナミクスの解析を行うと共に、分散制御アルゴリズムに基づいた電力フローの配分戦略を、提案アルゴリズムに基づき数値的に検討を加えたものである。本論文は6章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景、意義、関連研究の状況を述べている。特に、電力パケット伝送システムの概要とそのグラフ理論に基づく解析手法、さらにハイブリッドオートマトンによる、電力パケット伝送問題の記述についてまとめ、本論文の構成について述べている。</p> <p>第2章では、電力をパケット伝送方式の力学について、ノード間の電力パケットによる電力伝送にコンセンサスダイナミクスを導入し、ルータの動作が重み付きのコンセンサスダイナミクスで記述できることを示した。また、生体系の反応拡散モデルを擬した分散型ネットワークについて検討し、ループ状ネットワークに対して、電力パケットの配分が対称な場合と、非対称な場合に関して、負荷のランダムな電力要求がどのような拡散ダイナミクスを生むかについて、詳細な検討を与えた。</p> <p>第3章では、電力パケットのネットワークにおけるルーティングの伝送効率を、定量的に評価するための考え方を示している。電力パケットのネットワーク上の伝送は、電力のフローとして記述できるが、切替が行われるネットワーク構成に関しては、その伝送効率を評価する表現が得られていない。この課題に関して、ルーティングによる配線占有率と電力フローとの2つの関係を考慮し、定量的に最適化するための指標を検討した。</p> <p>第4章では、第2章で提案したコンセンサスダイナミクスに基づく電力パケット伝送モデルと、ハイブリッドオートマトンを用いたモデルを融合しモデルでシステム記述が可能であることを示し、さらにその結果の一般化を試みた。その結果、負荷の要求に従うボトムアップのアルゴリズムと電源の容量に基づくトップダウンのアルゴリズムの適用により、電力パケット伝送系において、需給バランスに関する評価が可能となることを示した。数値計算を木状ネットワークに適用した結果、両者のアルゴリズムの電力伝送の得失を評価できることを示した。これらをネットワークの特性に応じて使い分ける必要があることを示した。</p> <p>第5章では、第4章に導入したモデルに、通信手順によるパケット伝送のアルゴリズムを加え、電力パケット伝送ネットワークの分散制御を検討した。第2章で示した生体系に擬したループ状ネットワークに適用した結果、コンセンサスダイナミクスによる拡散に基づく結果と相似な結果が得られた。これより、電力パケット伝送の分散制御を、コンセンサスダイナミクスでモデル化することの妥当性が示された。さらに、直線状もしくはツリー状ネットワークにおいて、提案したアルゴリズムを検討した結果、物理的に妥当な結果を得た。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	白 成 哲
<p>第6章は結論であり，本論文で得られた成果について要約するとともに，本研究の将来展望を述べている．</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、情報タグが付与され電力単位である電力パケットの伝送方式に関して、ネットワーク上の電力フローダイナミクスの解析を行うと共に、分散制御アルゴリズムに基づいた電力フローの配分戦略を、提案アルゴリズムに基づき数値的に検討を加えたものである。以下に本論文で得られた結果の要旨を示す。

1. 電力パケットのネットワークにおける電力フローのダイナミクスを解析し、ストレージを経由した電力パケットの配分が物理量の拡散現象となることを明らかにした。また、ネットワーク特性に情報量、物理量の拡散現象のモデルであるコンセンサスダイナミクスを適用し、電力パケットによる配電挙動が生体の代謝の過程に倣ったエネルギー配分のモデルとして表せることを示した。
2. ネットワーク構造のスイッチングによる可変特性をハイブリッドシステムとしてモデル化し、電源から負荷に至る電力フローを可視化できる図式を与え、電力パケットの配分モデルを一般化した。このモデルに基づき、ネットワークにおける電力フローとルーティングに関する最適化問題を定義し、検討を加えた。
3. ハイブリッドシステムモデルにコンセンサスダイナミクスを導入し、電力パケット伝送をハイブリッドオートマトンで記述できることを示した。電力ルータ間のローカルな相互作用のみでネットワークの制御を行う分散制御を適用し、ネットワークにおける電力配分戦略を、電力要求に応じたボトムアップ方式と電力伝送のトップダウン方式として与え、分散アルゴリズムの適用可能性を数値的に検証した。
4. 電力パケット伝送システムにおいて、ボトムアップ方式とトップダウン方式の分散制御法の差異を明らかにすると共に、両方式の併用した電力フローの優先制御の可能性について検討した。その結果、コンセンサスダイナミクスが、電力パケット伝送ネットワークの分散制御においても有効に機能することを数値的に明らかにした。

上記のように本論文では、電力パケットを用いた電力伝送システムに関して、ネットワークの動的なモデルと電力ルータによる分散制御のアルゴリズムを与え、電力パケット伝送方式の適用可能性を検討したものである。課題提案、設定、検討および成果は極めて独創的であって、得られた結果は、電力パケット伝送システムの実現とその運用に関して、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年2月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。