

論文の内容の要旨

論文題目

ELECTRICITY DEMAND FORECAST AND DISAGGREGATION USING A SMART METER BASED ON FOG COMPUTING SCHEME

(フォグコンピューティングスキームに基づく電力需要予測と機器分離に関する研究)

氏 名 陳 浩

スマートメータの本格導入が、諸外国または日本の各電力会社により進められている。その背景に、電力自由化などの市場の変化、ビッグデータ解析の発達、自然エネルギーの普及、蓄電池の性能向上と価格低下などの環境要因が存在する。スマートメータ導入の最大の利点は、自動検針だと言える。現在日本で採用されているスマートメータは三十分間隔の計測値であり、従来の月一回の訪問検針と比べて、約千五百倍の細かさで電力需要を把握できる。そのデータを活用して、省エネを促し、経済性を高めていくサービスをスマートメータデータの分析を通して行えば、社会への貢献が大きいと考える。例えば、使用量の見える化や詳細化は省エネ・節電効果の魅力がある。見守りサービスのように、電力分野以外の新サービスへの展開も期待される。

電力データの利用を下支えする基盤技術として、電力供給者、電力需要化に対しての様々な電力データ分析技術があるが、我が国におけるデータ収集は始まったばかりであり、電力データの分析の既存研究は十分であるとは言えない。一方で、現状のスマートメータシステムは現状の電力のニーズに合わせて作られたので、処理能力や機能の限界があり、簡単なデータ解析や見える化など限られた目的にしか対応できない。特に、通信面において、莫大な量の電力関連データをローカルから回収する必要があり、通信情報量、通信速度などがボトルネックである。その解決策として、データをクラウドで処理するクラウドコンピューティングではなく、ローカルにデータがある程度計算処理、蓄積可能な計算機を取り付け、データ処理を行い、クラウドへの通信量を削減するフォグコンピューティングをベースとしたスマートメータシステムが既存研究で提案され始めている。しかしながら、既存研究は大きな枠組みでの考え方を示すに留まり、電力データの活用方法と必要条件を踏まえて十分な研究がなされていない。

この点を踏まえ、本研究では、電力データ活用の観点からさらにフォグコンピューテ

イングに基づくスマートメータの概念を具体化させた。

フォグコンピューティングをベースとしたスマートメータでは、需要家の特徴に応じて取得パラメータを自由に選定することができるため、さまざまな機能を有するソフトウェアが開発される。また、必要な計算結果のみをリアルタイムに送信することで送信データ量を削減することが可能であることからCPUやメモリを実装したハードウェア構成が必要となる。本研究ではソフトウェアとハードウェアの両方について研究を行なった。

ハードウェアの観点では、需要予測と機器分離における必要なデータを踏まえ、取得パラメータの自由度と計算能力があり、リアルタイムに通信可能なスマートメータの構成について提案し、その実装例を示した。これにより、電力データに対する分析のニーズに合わせて、電力データを活用することが可能となり、クラウドのみに頼ることなくローカルから電力データの解析が可能になった。

ソフトウェアの研究例として本論文では、「電力需要予測」と「電力需要時系列の分離」について行なった研究について記述した。

「電力需要予測」については、第一に、機械学習及び深層学習を用いた需要カーブ予測に関する研究をし、 n 個の需要家と需要予測誤差の関係を示した。過去、機械学習をベースとした様々な方法が実用化されている一方で、近年、ディープラーニングにより、画像解析等で予測精度が大きく改善可能であるという報告がある。これらを踏まえ、ディープラーニングを短期の小規模需要家群の翌日の需要カーブの予測に適用し、非常に良い結果を得た。また、需要予測の誤差を分析することで n 個の需要家の間に存在する共分散の存在が需要予測誤差に与える影響を理論的に示した。この点は従来の研究になかった視点と思われる。

第二に、ローカルのデータを活用して、ボトムアップの手法を行うことが予測精度において優位性をもつことを示した。需要予測において個々の家庭の電力需要を予測し、その予測結果を足し合わせて予測をする方法をボトムアップ手法とし、逆に、個々の需要家の需要足しあわせてから予測をする方法をトップダウン手法とした。この手法は様々な分野においてその良し悪しが議論されてきている。この二つの方法を比較、検討を行った。その結果、両者に大きな差は認められなかった。しかし、ボトムアップ手法においてローカルな追加情報を加味すると精度が向上することが明確になった。電力需要データにおいてこのような例を示した研究は初めてといえる。

次に、「電力需要時系列の分離」においては、第一に、低頻度電力需要データの応用に関しての研究を行い、教師なし学習による電力需要分離の方法を示し、その検証を行った。スマートメータのための30分値電気需要データ分析方法は、既存研究において十分に研究されていない。そのため、低解像度スマートメータデータを個々の用途別に分解する手法を提案し、教師なし学習でも十分精度ある電力需要分離が可能であることを示した。

第二に、スマートメータのみのデータを活用し家電機器のオン・オフ推定の研究を行い、データアーギュメンテーションを活用することで個別の家電の需要を直接測ることなく、合成された電力需要のみから機器分離することに成功した。過去の研究では教師あり学習を活用した手法が提案されているが、教師あり学習では常に多くの教師データを用意する必要がある。本研究では機器の稼働時のデータを活用して教師データを生成し、教師あり学習を行うことで機器分離が可能であることを示した。

本研究を通じて、現在のスマートメータシステムにおけるハードウェアとソフトウェアの問題点を浮き彫りにし、その解決策として、電力データの活用の観点からフォグコンピューティングをベースとしたスマートメータを提案し、ハードウェアの実装例を示した。次に、電力需要予測と電力需要の分離という二つのキーとなる技術を取り上げ、それぞれにおいて新規性のある研究を行った。最終的に、提案されているフォグコンピューティングに基づくスマートメータをベースとして、ローカルにある電力データをさらに取得し、高度な分析を行うことが今後スマートメータシステムにおいて重要であることを示した。