

ネットワークトラフィックに基づく ICT 機器の消費電力の分析に関する一検討

阿部 隼斗^{†1} 畑 美純^{†1} Muhammad Alfian Amrizal^{†2} 和泉 諭^{†1}
阿部 亨^{†1,†3} 菅沼 拓夫^{†1,†3}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 東北大学電気通信研究所
^{†3} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

地球温暖化問題への対策として、ICT 機器の消費電力を見える化しエネルギー消費を削減する取り組みが注目されている。この手法の実施方法として、スマートタップ等の消費電力測定機器を用いて個々の ICT 機器の消費電力を直接計測する方法が一般的である。しかし、この方法では、観測対象ごとに測定機器を導入・設置するコストが高く、利用者に大きな負担がかかる。これに対して、ICT 機器の CPU 使用率などの内部統計情報を用いて消費電力を間接的に推定する手法がある [1–3]。しかし、この手法においても、個々の ICT 機器から直接情報を収集する必要があり、観測対象機器に余計な負荷がかかる課題がある。

そこで本研究では、ICT 機器が接続されているルータやスイッチでネットワークトラフィック情報を収集し、それをもとに消費電力を推定することで、低コストかつ利用者・機器の双方の負担が少ない消費電力推定手法を実現する。本稿では、推定手法の実現に向けて、ネットワークトラフィックと ICT 機器の消費電力との関係について分析する。

2 関連研究

消費電力測定機器を用いずに ICT 機器の消費電力を推定する手法として、機器の内部統計情報を用いた手法が提案されている。和泉らは観測対象機器の CPU 使用率とメモリ使用率を説明変数、消費電力を目的変数として回帰分析を行い、消費電力モデルを作成する手法を提案している [1]。Phung らは観測対象機器の CPU のエネルギー消費量を説明変数、消費電力を目的変数として回帰分析を行い、システム消費電力のモデルを作成している [2]。しかし、これらの手法では観測対象機器から直接データを取得する必要があり、手間がかかる課題がある。

また、Ohsugi らは NDN ルータ内の CPU をはじめとしたいくつかの部分の電力消費傾向を調査

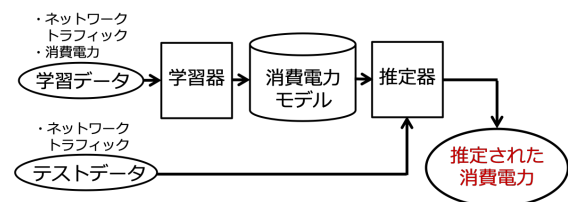


図 1: 提案手法の概要

し、それらの結果を組み合わせることで全体の消費電力モデルを作成する手法を提案している [3]。しかし、この手法を用いるには各部分について個別に消費電力を調査する必要があり、一般に適用することは困難である。一方、中山らはネットワークトラフィック情報を用いて消費電力推定を行う手法を提案している [4]。しかし、この手法ではパケットのペイロード部まで考慮しており、プライバシー上の問題がある。

3 提案

本研究では、ネットワークトラフィック情報に基づく消費電力モデルの作成手法と、それを用いた消費電力の推定方法を提案する。提案手法の概要を図 1 に示す。本手法では、ルータやスイッチから観測対象機器のネットワークトラフィック情報を収集する。また、同時に観測対象機器から消費電力データを収集し、それらを学習データとして機械学習を用いて消費電力モデルを作成する。その後、テストデータのネットワークトラフィック情報と消費電力モデルを推定器に入力し、消費電力を推定する。本手法で作成した消費電力モデルを、他の同様な仕様の観測対象機器にも適用することで、全ての機器に個別に消費電力測定機器を設置する必要がなくなり、利用者の負担を軽減することができる。また、学習データ・テストデータとして使用するネットワークトラフィック情報は観測対象機器が接続されているルータやスイッチから取得するため、観測対象機器に余計な負荷をかけることなく消費電力を推定することが可能となる。

4 実験

ネットワークトラフィック情報と消費電力の関係について調査するために実験を行った。実験環境を図 2 に示す。学習に使用するデータとして、対象機器 1 台について以下のデータを 24 時間分収集

A Study of Analysis of ICT Devices' Power Consumption based on Network Traffic

Hayato ABE^{†1}, Misumi HATA^{†1}, Muhammad Alfian AMRIZAL^{†2}, Satoru IZUMI^{†1}, Toru ABE^{†1,†3}, and Takuo SUGANUMA^{†1,†3}

^{†1} Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†2} Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

^{†3} Cyberscience Center, Tohoku University

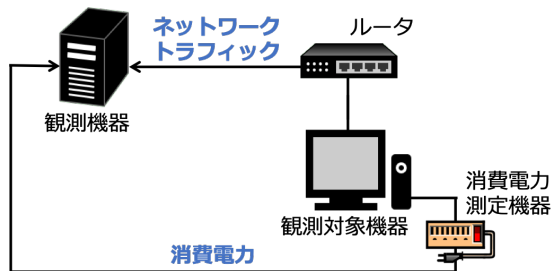


図 2: 実験環境

した。

- ネットワークトラフィック情報: ルータのポートミラーリング機能により収集した1分間の各プロトコルの送信パケット数, 送信データサイズ, 受信パケット数, 受信データサイズ
- 消費電力: 消費電力測定機器で収集した1分間の平均消費電力

収集したネットワークトラフィック情報, 消費電力データを学習データに, 同じネットワークトラフィック情報をテストデータとして使用した. 学習方法は決定木モデルを生成するアルゴリズムである C4.5 を使用した.

実験 1: 提案手法の妥当性の検討

まず, ネットワークトラフィック情報を用いた消費電力推定の妥当性を検討した. 実験結果を図 3 に示す. 結果が比較的直線状に並んでいることから, 消費電力の測定値と推定値との間に正の相関があることがわかり, ネットワークトラフィック情報から消費電力を推定できる見込みが得られた. また, 推定結果が間違っている部分を見ると, 16W と推定している箇所が多く見受けられる. これは, 16W は今回使用した観測対象機器のアイドル状態時の消費電力とほぼ同じ大きさであることから, ネットワークトラフィックが発生しない作業を行っている場合に起こる誤推定であることが考えられる.

実験 2: 推定精度の検討

次に, ネットワークトラフィック情報を用いた消費電力推定の精度を調査するために, 和泉らの手法 [1] との比較を行った. 実験結果を図 4 に示す. また, 推定結果の平方平均二乗誤差 (RMSE) と平均絶対誤差 (MAE) を表 1 に示す. この結果から, 提案手法は既存手法に劣るものの概ね精度よく推定できたことがわかった. しかし, いくつかの部分で推定精度が極端に悪く, 特に 0 時から 6 時の消費電力の変化を推定できなかった. これは前述したようにネットワークトラフィックが発生しない作業が原因であると考えられるため, 推定の際に作業内容を考慮することで推定精度が向上すると思われる.

5 おわりに

本稿では, 提案手法の妥当性について検討し, 既存研究との比較を行った. 今後は, ネットワークトラフィック情報の傾向を作業ごとに分けて調査す

ることで, 推定精度の向上に取り組む. また, 本実験では決定木を用いたが, 本来決定木は連続値である消費電力を扱う方法として適していないため, より適切な学習方法を検討する.

表 1: 消費電力の平方平均二乗誤差 (RMSE) と平均絶対誤差 (MAE)

	RMSE (W)	MAE (W)
既存手法 [1]	1.679	1.099
提案手法	2.428	0.951

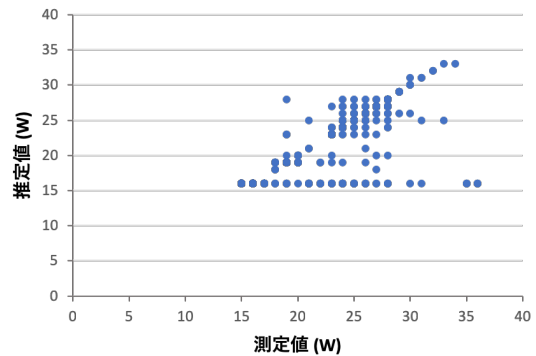


図 3: 提案手法による推定値と測定値の関係

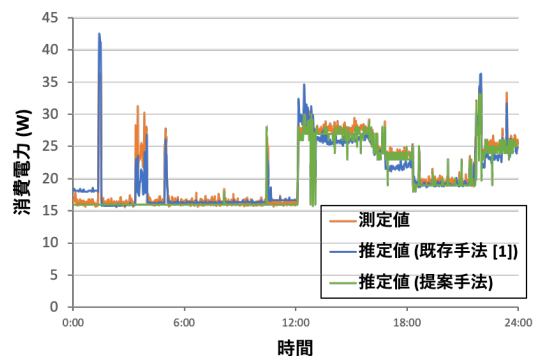


図 4: 提案手法で推定した消費電力と既存手法, 測定値との比較

参考文献

- [1] 和泉論ほか: ネットワーク情報に基づいた消費電力測定手法の提案と評価, 信学技報, Vol. 114, No. 207, pp. 13–18, (2014).
- [2] J. Phung, et al.: Modeling System-Level Power Consumption Profiles Using RAPL, *NCA2018*, pp. 1–4, (2018).
- [3] K. Ohsugi, et al.: Power Consumption Model of NDN-Based Multicore Software Router Based on Detailed Protocol Analysis, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 34, No. 5, pp. 1631–1644, (2016).
- [4] 中山心太ほか: 機械学習を利用したパケットキャプチャによる消費電力推定手法, 第 53 回プログラミング・シンポジウム予稿集, pp. 1–5, (2012).