

# USB-PD ネゴシエーションフィルタを用いた 電力波形に基づくデバイス識別

和田拓海<sup>†</sup>川喜田佑介<sup>‡</sup>青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻<sup>†</sup>神奈川工科大学情報学部情報工学科<sup>‡</sup>市川晴久<sup>§</sup>電気通信大学 i-パワーエネルギー・システム研究センター<sup>§</sup>横川慎二<sup>¶</sup>電気通信大学 i-パワーエネルギー・システム研究センター<sup>¶</sup>戸辺義人<sup>||</sup>青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻<sup>||</sup>

## 1 はじめに

USB-PD プロトコルは、スマートホンやバッテリーなどの USB デバイスの安全で高度な充放電を実現可能である。その前提としてデバイス識別情報取得が重要である。しかし、デバイス識別情報を内蔵していないデバイス、内蔵していても、USB データ通信プロトコルでのみ読み出せ、USB-PD プロトコルでは読み出せないデバイスが多い。本研究では、USB-PD ネゴシエーション [1] 中の電力波形を用いて、USB Type-C に接続されているデバイスを識別する手法を提案する。USB-PD に準拠した USB Type-C を備え、蓄電した電力をデバイスに電力供給を可能にするために開発している Virtual Grid Hub [2] を用いて提案手法を評価した。

## 2 関連研究

時間系列データの解析を通じた識別の研究が行われており、地震信号やアナログ信号などの特定の信号を解析して個人の識別や家電製品の

識別を行う研究が進んでいる [3, 4, 5]。これらの研究は USB Type-C のデバイス識別を対象としていない。

## 3 提案手法

デバイスの電力波形は、State Of Charge (SOC)、およびアプリケーションの起動状態に応じて変動する。USB-PD ネゴシエーション中は、一貫していた。USB-PD ネゴシエーションの期間は、ハードウェアやソフトウェアの構成の違いによってデバイスごとに異なり、電力供給の開始から電圧と最大電流値が確立されるまでの期間を表す。USB-PD ネゴシエーションの期間をフィルタリングする方法を以下に示す。

USB-PD ネゴシエーション期間の開始は、電圧の変化によって確認され、USB-PD ネゴシエーション期間の終了は、電圧の減少と共に起こり、その時点で電力値が最大に達する。最小二乗法を用いて、電圧の勾配を測定し、その勾配が負の軌道に移行した時点が USB-PD ネゴシエーション期間の終了とする。Algorithm 1 に提案アルゴリズムの概要を示す。浅野らの提案した方法 [6] に基づいて、ウェーブレット変換と畳み込みニューラルネットワーク (CNNs) を用いてデバイスの識別を行った。

Devices Identification Based On Power Waveform  
Using USB-PD Negotiation Filter

<sup>†</sup> Aoyama Gakuin University

<sup>‡</sup> Kanagawa Institute of Technology

<sup>§</sup> The University of Electro-Communications

<sup>¶</sup> The University of Electro-Communications

<sup>||</sup> Aoyama Gakuin University

**Algorithm 1** Proposed method

---

```

1: Initialize VoltageQueue with empty queue
2: Initialize count_time  $\leftarrow$  0
3: Initialize TIME as duration for sampling
4: Initialize THRESHOLD_VOLTAGE
   as threshold voltage value
5: Initialize MAX_QUEUE_SIZE as maximum
   queue size
6: while count_time < TIME do
7:   voltage  $\leftarrow$  SampleVoltage()
8:   enqueue(VoltageQueue, voltage)
9:   if voltage > THRESHOLD_VOLTAGE
     then
10:    slope  $\leftarrow$  calculateSlope(VoltageQueue)
11:    write_to_CSV(voltage, slope)
12:    if slope < 0 then
13:      break
14:    end if
15:  end if
16:  count_time  $\leftarrow$  count_time + sampling_time
17: end while

```

---

## 4 評価

本実験では、デバイスはすべて USB Type-C と USB PD 規格に準拠しており、それぞれのバッテリー状態は 10 % から 100 % の SOC を設定した。アプリケーションの開始状態にはホーム画面、ソーシャルネットワーキングサービス (SNS)、ゲーム、および動画再生が含まれている。また、提案手法の有効性を示すために、USB-PD ネゴシエーションフィルタを用いずに 15 秒間測定するアルゴリズムを比較手法とし、Algorithm 2 にアルゴリズムの概要を示す。提案手法を実施することで得られた結果は、Accuracy, Precision, Recall, および F1 Score が全て 99.25 % に達する性能を示した。一方、15s 間計測する比較手法の結果は、Accuracy が 95.25 % で、Precision, Recall, および F1 Score が 96.75 % から 96.77 % の範囲であった。提案手法に比べて、比較手法はわずかに劣った性能を示した。

**Algorithm 2** Comparative method

---

```

1: Initialize count_time  $\leftarrow$  0
2: Initialize TIME as duration for sampling
3: while count_time < TIME do
4:   voltage  $\leftarrow$  SampleVoltage()
5:   write_to_CSV(voltage)
6:   count_time  $\leftarrow$  count_time + sampling_time
7: end while

```

---

## 5 むすび

本稿では、USB Type-C に接続されたデバイスを電力波形によって識別する手法を提案した。USB PD プロトコルのネゴシエーション期間中の電力波形を利用することで、デバイスの識別精度が向上することを確認した。本実験では、デバイスを負荷として活用したが、今後の課題として、電源としての役割においてもこの提案手法が適用可能かどうかを検討する必要がある。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 23H01636 の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] USB IF: USB Power Delivery standard, <https://www.usb.org/usb-charger-pd> (2023/12/19 閲覧).
- [2] H.Ichikawa and et al.: 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*, pp. 1–6 (2019).
- [3] V.Abeykoon and et al.: Real Time Identification of Electrical Devices through Power Consumption Pattern Detection, *First Int. Conf. on Micro and Nano Technologies, Modelling and Simulation*, pp. 11–16 (2016).
- [4] Gerdes, R. M. and et al.: Device Identification via Analog Signal Fingerprinting: A Matched Filter Approach, *Proc. of the Network and Distributed System Security Symposium* (2006).
- [5] Algermissen, S. and et al.: Person identification by footstep sound using convolutional neural networks, *Applied Mechanics*, Vol. 2, No. 2, pp. 257–273 (2021).
- [6] Asano, M. and et al.: Indirect diagnosis methods of energy storage capability for mobile devices with USB power delivery, *IEICE Communications Express*, Vol. 11, pp. 455–460 (2022).