

オンライン機器の識別を目的とした 無線環境下における時刻ドリフト特徴の分析

安田光希^{†1}千川尚人^{†1}白木厚司^{†2}伊藤智義^{†2}国立高等専門学校機構 小山工業高等専門学校^{†1}千葉大学^{†2}

1. はじめに

IoT機器が普及する今、これらの機器は誰でも触れる場所に置かれるため耐タンパ性が低く、機器のすり替えやなりすましが容易なため、情報の漏洩や不正アクセスなどデバイスの信頼性にかかわる攻撃につながってしまうことが課題となっている。これを解決するために不正な機器の識別技術が必要となるが、その手法としてCPUクロックから抽出される特徴量、時刻ドリフトに基づいた識別手法が提案され、有線環境下で特徴量抽出に関する研究が行われている[1]。本研究ではこの識別手法のIoT機器への応用も見据え、無線環境下における時刻ドリフト特徴の分析を行った。

2. 関連研究

時刻ドリフトを利用した機器識別は特徴量の抽出をソフトウェアで行えるため特別な回路が必要なく、そのコストの低さからIoT機器の識別手法として有望である。しかし先行研究の結果は安定した有線接続環境に限られ、より実用範囲の広い無線環境下においてこの識別手法の有効性は検証されていない[1]。また時刻ドリフトの抽出はNTP通信で行われているため、十ミリ秒程度の誤差が出る可能性がある。一方で、時刻ドリフトは一秒あたり数十マイクロ秒程度と非常に小さい値なので、この誤差の影響を大きく受ける可能性がある。そのため、従来分析されてこなかった細かな誤差の評価が必要である。

3. 無線環境下における時刻ドリフト特徴の分析

前述で示した未検証の無線環境下で時刻ドリフト特徴について、本研究では無線環境下で時刻ドリフト特徴を抽出するシステムを構築し、その特性の分析を行う。またその分析にあたって細かな誤差を評価するために、NTPによる通信時の誤差をパケット解析によって評価する。

3.1 時刻ドリフト

時刻ドリフトは基準信号に対する単位時間あたりのコンピュータの時刻情報の変化量を示す。コンピュータのシステム時刻はCPUのクロックによって決定されるため、時間の経過によってマシンごとに違ったシステム時刻のずれ値を観測できる。そこで、精度の高い時刻情報を持つNTPサーバなどを基準としてその単位時間あたりの差分を時刻ドリフト値として取得し、これをマシン固有の特徴量とする。環境温度 T における具体的な時刻ドリフトの計算は、ある時刻 t での基準となるコンピュータと計測対象のコンピュータのシステム時刻の差 $D_T(t)$ について、 Δt だけ時間が経ったとして、単位時間を Δt とした時刻ドリフト d_T は(1)式で表される。

$$d_T = D_T(t + \Delta t) - D_T(t) \quad (1)$$

なお、CPUクロックから生成される時刻ドリフトはCPUコア温度に対して三次関数の形の特性をとることが分かっている[2]。

3.2 実験方法

計測対象機3台を恒温槽に入れ、環境の温度を摂氏50度からマイナス20度まで15時間かけて線形に変化させながら10分毎に時刻ドリフトを抽出する手順を無線の場合と有線の場合とで2度行う。ここで得られた温度特性の回帰曲線を求め、決定係数を算出することで誤差を評価する。また各時刻の時刻ドリフトと、そのときの基準機と計測対象機間でのSSHセッション確立から終了までの時間を比較することで、NTPによる通信誤差の影響を分析する。

3.3 実験システム

実験は図1のようなネットワークを構成し行う。また特徴量を抽出するシステムは基準機と計測対象機から構成される。計測対象機は時刻ドリ

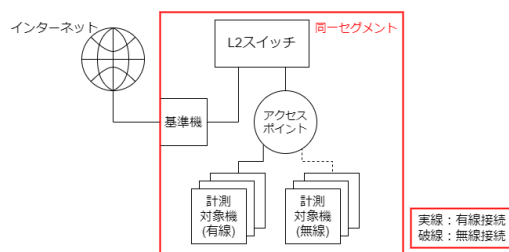


図1 実験ネットワーク

Analysis of Time Drift in a Wireless Connection Environment for Online Device Identification

^{†1}Mitsuki Yasuda, ^{†1}Naoto Hoshikawa

^{†2}Atsushi Shiraki, ^{†2}Tomoyoshi Ito

^{†1}National Institute of Technology, Oyama College

^{†2}Chiba University

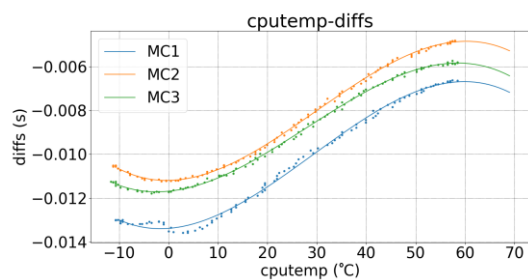


図2 温度特性 (有線)

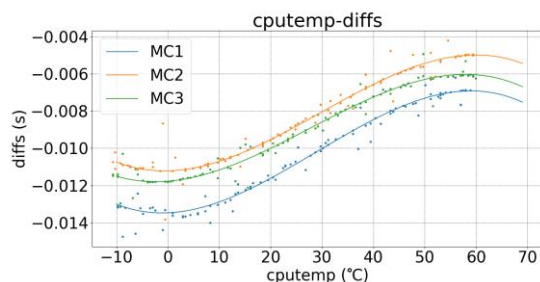


図3 温度特性 (無線)

フト特徴を抽出する対象となる機器であり、基準機は計測対象機と通信を行い、SSHで計測対象機に接続し時刻ドリフトを抽出する。この際、基準機をNTPサーバとして動作させておき、計測対象機から`ntpdate`で時刻を問い合わせることでその差分から時刻ドリフトを算出する。

4. 実験結果および考察

4.1 実験結果

有線接続時は図2、無線接続時は図3の温度特性が得られた。有線の場合だと、時刻ドリフトとCPU温度の関係は先行研究[2]の通り三次関数でよく近似される結果となった。無線の場合でも決定係数が0.9を超え、有線時と近い三次関数で近似できた。

4.2 パケット分析

時間に対するCPU温度とその時の時刻ドリフトは図4、SSHセッションにかかった時間は図5のグラフとなった。SSHセッションにかかった時間に現れる誤差は、`ntpdate`コマンドによる時刻問い合わせにおける誤差も含むが、SSHセッションの時間に現れるノイズは時間に対する時刻ドリフトのノイズと一致しない部分が多くみられた。

4.3 考察

これらの結果から、無線時は温度特性にノイズが乗るものの、有線時に現れる特性と同じ温度特性を取り、時刻ドリフトの温度特性は通信路によらないということが考えられる。これは通信路で乗る遅延が一定だと仮定すると Δt だけ時間がたった時のシステム時刻の差にも同じだ

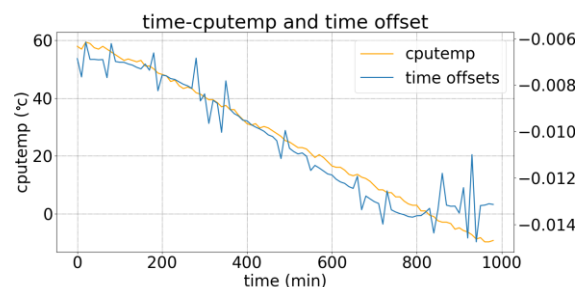


図4 時間に対する時刻ドリフト

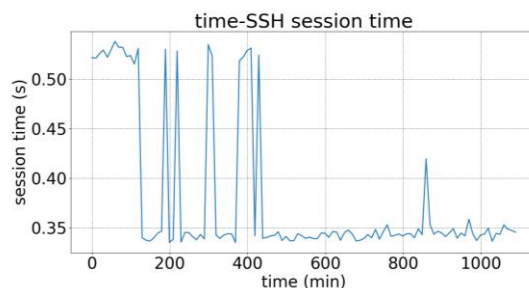


図5 SSHセッションの時間

けの遅延が現れるため、時刻ドリフト計算時、差をとる操作でその遅延が打ち消されるためだと考えられる。

5. 結論

有線でも無線でも同じ特性が得られると考えられることから、無線環境下でも時刻ドリフト特徴に基づいた機器識別が行える可能性が高い。しかし無線時の時刻ドリフト特徴の抽出においてノイズが多く、NTPによる通信の誤差が時刻ドリフトの温度特性に現れるノイズの直接的な原因ではなかったため、これらのノイズの直接的な原因の発見とノイズの除去が今後の課題となる。

謝辞

本研究は矢崎財団 (Yazaki Memorial Foundation for Science and Technology) の支援を受けて進められた。

参考文献

- [1] 干川尚人, 古井海里, 白木厚司, 伊藤智義, “時刻ドリフトの平均2乗誤差分析によるオンライン機器の識別技術”, 電子情報通信学会論文誌B, Vol.J104-B, No.10, pp.761-771 (2021)
- [2] 小林明珠, 三戸部真澄, 桂潔成, 干川尚人, 白木厚司, 伊藤智義, “恒温槽を用いたデジタル機器の時刻ドリフト特性の抽出手法”, 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会, 信学技報, vol.120, no.327, NS2020-113, pp.20-23, 2021年1月21日